www.icivil.ir

پرتال جامع دانشجویان و مهندسین عمران

ارائه کتابها و جزوات رایگان مهندسی عمران

بهترین و برترین مقالات روز عمران

انجمن های تخصصی مهندسی عمران

فروشگاه تخصصی مهندسی عمران

پیش‌گفتار

منظور از نگارش این جزوه فراهم نمودن مجموعه‌ای از مطالب درسی درباره‌ی مهندسی ترافیک با نگاه کاربردی برای استفاده دانشجویان دوره‌های کاردانی و کارشناسی و کارشناسی ارشد دانشکده راهور و افسران راهنمایی و رانندگی ناجا بویژه مدیران مناطق مختلف راهنمایی و رانندگی در سطح کشور و مهندسین شاغل در شهرداریها به ویژه در حوزه‌های معاونت حمل و نقل و ترافیک و سازمانهای ترافیک و همچنین سایر زمینه‌های مهندسی عمران در دو بخش خصوصی و دولتی می‌باشد. با توجه به این که آشنایی با مهندسی ترافیک کاربردی و بکار بستن اصول این رشته از مهندسی نقش عمده‌ای در بهبود شرایط جا به جایی مسافر و کالا و کاهش زمانهای حمل و هزینه‌های مربوط مخصوصاً ارتقای ایمنی در جا به جایی داشته و اثرات مثبت زیادی بر زندگی و فعالیتهای روزانه مردم می‌گذارد. ضروری است کاربرد مهندسی ترافیک بنحوی اعمال و اجرا گردد تا ضمن تسهیل آمد و شد مردم و جریان حمل کالا به بهترین وجه انجام شود. در این راستا نکته اساسی مورد طرح معابر آن است که جاده‌ها می‌بایست بطور عمده بر اساس رفتار همه کاربران محورهای مواصلاتی از جمله اتومبیل‌رانان، رانندگان سایر وسایل نقلیه و مسافران و دوچرخه‌سواران و عابران مورد بهره‌برداری قرار گیرند البته همزمان می‌بایست همه جوانب اقتصادی، اجتماعی و عوامل زیست‌محیطی مربوط نیز مورد توجه واقع شود. با توجه به این که دانشجویان دانشکده راهور عمدتاً از فارغ‌التحصیل رشته علوم انسانی بوده و کمتر از بین فارغ‌التحصیلان رشته‌ی ریاضی و فیزیک انتخاب می‌شوند بدین جهت و برای آشنایی دانشجویان با آحاد مهندسی در سیستم SI و سیستم سنتی (انگلیسی) سعی شده است در فصول مختلف کتاب از آحاد مورد استفاده در هر دو سیستم استفاده شود ضمناً جزوه‌ی حاضر ممکن است دارای نواقص نگارشی و ادبیاتی قابل توجه باشد در این راستا ضمن تشکر قبلی از خوانندگان بابت ارشاد و راهنمایی خودشان برای رفع نقص مشاهده شده خواهشمند است نقطه نظرات اصلاحی و تکمیلی را از طریق پست الکترونیک به نشانی:

SETAYESH_VALIPOUR@YAHOO.COM

یا گروه علمی راهنمایی و رانندگی دانشکده راهور به اینجانب منعکس تا انشاءالله در چاپهای بعدی مد نظر قرار گیرد.

ضمناً کتاب حاضر را به پاس زحمات بی‌شائبه‌ی والدینم در تربیت اینجانب و همراهی همسرم در تحمل صرف وقت حقیر برای تالیف و همچنین فرزندانم به آن‌ها تقدیم می‌نمایم، از تشویقهای جناب آقای دکتر اسماعیلی ریاست محترم دانشکده‌ی راهور و از زحمات آقای حاجی‌یوسف که زحمات تایپ آن را کشیده‌اند نیز کمال تشکر را دارم

با تقدیم احترام

ستایش ولی‌پور

فصل اول

مقدمه ای بر برنامه‌ریزی حمل و نقل شهری

برنامه‌ریزی فعالیتی است که توسط انسانها و برای آنها انجام میشود. برنامه‌ریزی آینده گرا بوده و خوش بینانه است. برنامه‌ریزی شهری و منطقه ای شامل تنظیم الگوهای فضایی در راستای زمان است. آرایش فضاها هدف فرآیند دیگری است که برنامه‌ریزی نام دارد. برنامه‌ریزی حمل و نقل قسمتی از این فرایند است.

جابجایی انسانها و کالاها. نوعی فعالیت واسط است و نتیجه‌ی مشترک قابلیت کاربردی زمین و امکانات انتقال ترافیک با روشهای گوناگون حمل و نقل است. مهندسان و برنامه ریزان برای هدایت شهر یا جامعه به سمت کنترل و تسلط بر روند کار. طرحهایی را برای آینده آماده می‌کنند مثلاً نتیجه فرایند برنامه‌ریزی. تهیه و تدارک نهایی طرح حمل و نقل برای سال ۱۴۰۰ شمسی است.

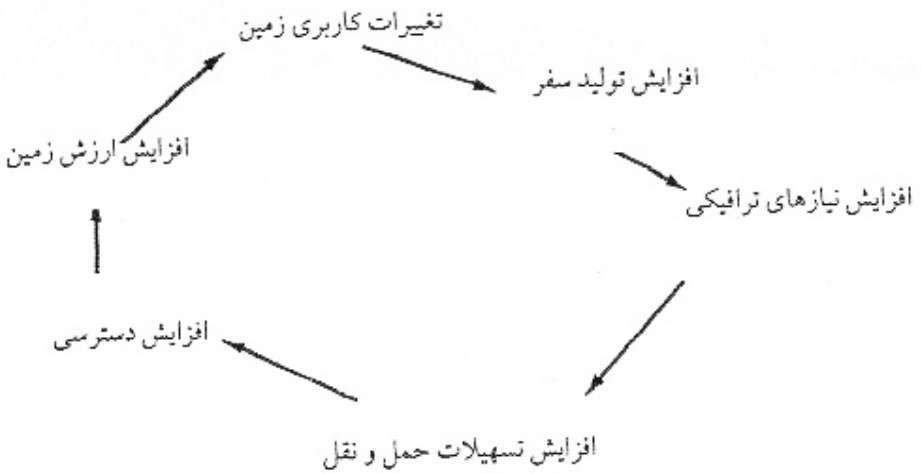
طی ۳۰ سال اخیر حجم وسیعی از اطلاعات جمع آوری شده و کتابها و مقاله‌های زیادی درباره فرایند برنامه‌ریزی حمل و نقل نوشته شده است. چند نمونه از این کتابها جزو مراجع آورده شده و به خوانندگان علاقمند توصیه می‌شود به آنها رجوع کنند.

۱–۱– لزوم برنامه ریزی:

یک سیستم حمل و نقل کار آمد نیازمند برنامه‌ریزی مداوم برای تامین نیازمندی‌ها در یک سطح قابل قبول می‌باشد. تحرک مطلوب یک جامعه باید با توجه به هزینه‌های اقتصادی، اجتماعی و محیطی و قابلیت‌های سرمایه گذاری سودمند ارزیابی شود. برنامه‌ریزی واقعی شامل اینکه چه نیازهایی باید برآورده شود. توجه به گزینه‌های ممکن. چگونگی تطبیق با گزینه‌های مناسب مورد درخواست جامعه. و گام‌های مورد نیاز برای تکمیل موفقیت است. بسیاری از مشکلات مهندسی می‌تواند با استفاده از طراحی مناسب و آسان حل شود. پیچیدگی در تدارک یک سیستم حمل و نقل مناسب باعث می‌شود که امکان برنامه‌ریزی واقعی نتواند به سادگی فراهم شود. در این خصوص احتیاج به تعیین میزان تقاضا در سیستم می‌باشد تا بتوان ظرفیت کافی با توجه به سطح تقاضای پیش‌بینی شده را طراحی نمود. یک چنین مرحله طراحی مهندسی نیازمند یک برنامه‌ریزی دقیق برای سیستم می‌باشد که معمولا باید مستقل و مجزا باشد تا در نتیجه آن مهندسین قادر به تعیین یک راه حل بهینه با توجه به نتایج از پیش تعیین شده باشند. مدل کردن یک طرح حمل و نقل به دلایل زیر به سادگی نمی تواند حاصل شود ۱- مشکلات به صورت مجزا و مستقل نمی باشد. مانند: راه حل‌های حمل و نقل درون شهری که با توجه به سیستم‌های حمل و نقل یا بر اساس راه حل‌های مهندسی ترافیک ارائه می‌شوند.

۲- سیستم حمل و نقل درون شهری. خودشان بخش کوچکی از مجموع تسهیلات زیر بنایی حمل و نقل منطقه ای هستند. لذا برنامه‌ریزی حمل و نقل مناسب. نیازمند بررسی مشکلات در سطوح مختلف می‌باشد. سیاست‌های تصمیم گیری در یک سطح ممکن است عوارض و اثرات قابل توجهی روی فرآیند برنامه‌ریزی و طرح حمل و نقل پیشنهادی نهایی داشته باشد. تعدد سطوح برای راه حل‌های در نظر گرفته شده نمی تواند قابل توجه‌ترین مشکلات در برنامه‌ریزی را در بر داشته باشد. در واقع از مهمترین ویژگیهای یک طرح حمل و نقلی آن است که روی محیط خود در هنگام تکامل. تاثیر

داشته باشد. این تغییرات در محیط. تقاضا روی سیستم را تغییر خواهد داد و امکان تغییر معیارهای مورد استفاده در مدل اصلی طرح را ایجاد می‌نماید. برای مثال. آیا ساخت یک راه جدید صرفا ظرفیت اضافی به وجود می‌آورد یا اینکه سفر اضافی نیز تولید می‌کند؟ ارتباط متقابل تسهیلات حمل و نقل و کاربردی زمین در شکل ۱-۱ شده است



شکل ۱-۱-چرخه حمل و نقل و کاربردی زمین

کاربری زمین عامل اصلی و تعیین کننده در فعالیت تولید سفر است. سطح فعالیت‌ها و تعیین جهت سفرها در داخل ناحیه مطالعاتی نیاز به تسهیلات سفر را به وجود می‌آورد. تدارک امکانات دسترسی به زمین را تغییر می‌دهد که آن خود باعث تعیین بالقوه استفاده از زمین است طراحان استفاده بالقوه از زمین را به عنوان تعیین کننده اصلی ارزش زمین می‌دانند.

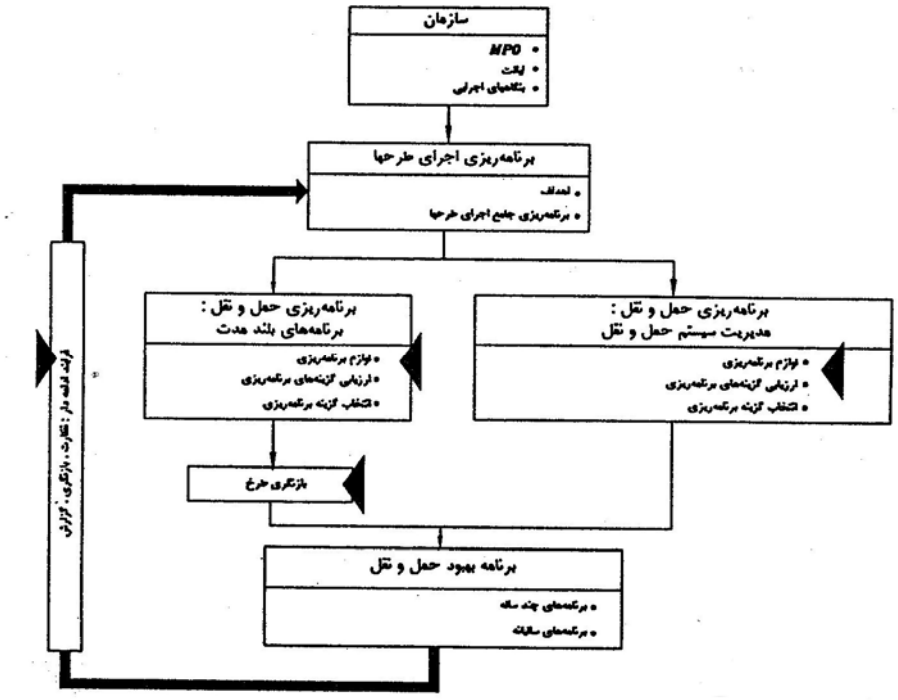
۱-۱-۱- انواع برنامه‌ریزی. حمل و نقل نیز مانند هر فعالیت مهندسی دیگر را دارای برنامه‌ریزی متفاوتی هستند، در این راستا متخصصین حمل و نقل دریافته‌اند که آنها حداقل با دو نوع متفاوت از برنامه‌ریزی روبرو هستند: برنامه‌ریزی میان‌مدت و برنامه‌ریزی بلند مدت. برنامه‌ریزی حمل و نقل میان مدت معمولا دارای پیچیدگی کمتری است. این نوع برنامه‌ریزی قصد مکان یابی تقاضا بر اساس فعالیت‌های مختلف را دارد. برنامه‌ریزی میان‌مدت در ارتباط با به دست آوردن کیفیت یا بهره برداری از تسهیلات موجود می‌باشند. طراحان در مراحل بررسی و ارزیابی بر روی محدودیت‌های معیارها بحث می‌کنند. البته تعدادی از گزینه‌های احتمالی در بین راه حل‌های پیشنهادی محدودیت‌هایی را به وجود می‌آورند و معمولا طراحان را به حرکت به سمت گزینه‌هایی که به تخصیص بودجه کمتر برای حمل و نقل اشاره دارند مجبور می‌نمایند. بنابراین مشکلات دارای محدودیت‌هایی بوده که معمولا آنالیز و ارزیابی آنها دارای ساختار ساده‌ای است. به عبارت دیگر برنامه‌ریزی حمل و نقل استراتژیک یا بلندمدت می‌تواند احتمالا دارای مشکلات پیچیده‌تری نسبت به سایر برنامه‌ریزی‌ها باشد. این نوع برنامه‌ریزی (حمل و نقل) بودجه عظیمی نیاز خواهد داشت و برنامه‌های وسیع ساخت را که بر محیط‌های اجتماعی اقتصادی و طبیعی تاثیر خواهد داشت را در بر می‌گیرد. به علاوه. راه حل‌های مطلوب فقط از طریق تصمیم گیری ساخت و ساز در سطوح مختلف دولت حاصل می‌شود. از اواخر سال ۱۹۶۰ برنامه‌ریزی حمل و نقل توانست در آمریکا به طور مؤثری مورد استفاده قرار گیرد، در این راستا آیزنهاور رئیس‌جمهور وقت آمریکا اقدام به توسعه‌ی آزادراههای بین‌شهری نمود که در یک دوره‌ی بیست ساله بیش از ۱۵۰،۰۰۰ کیلومتر آزادراه در ایالات متحده

ساخته شد. سیستم‌های ورود به برنامه‌ریزی می‌توانند به عنوان یکی از بهترین روش‌ها برای مشکلات چند وجهی که دارای پیچیدگی است مورد بهره‌برداری قرار گیرند.

برنامه‌ریزی حمل و نقل شهری فرایندی است که به تصمیم گیری درباره سیاستها و برنامه‌های حمل و نقل منجر می‌شود. هدف از این فرایند تهیه اطلاعات مورد نیاز برای تصمیم گیری درباره زمان و مکان اصلاحاتی است که باید در سیستم حمل و نقل ایجاد شود تا سفر و الگوهای توسعه زمینی. هماهنگ با اهداف و مقاصد جامعه ترفیع و بهبود یابند. شکل ۱-۲ اقدامهای اصلی را در فرایند برنامه‌ریزی نشان می‌دهد.

۱-۱-۲- برنامه کاری برنامه ریزی. بر نامه‌های کاری مرتبط با برنامه‌ریزی به طور کامل و کار آمد اجرا می‌شود توسعه می‌یابند و به کلیه مسایل مربوط می‌پردازند. شکل ۱-۲ نشان می‌دهد که این مرحله دو بخش دارد: تهیه پیش گفتار (بروشور) و تهیه برنامه هدفمند و هماهنگ بر نامه ریزی. در پیشگفتار چارچوبی چند ساله برای فرایند برنامه‌ریزی ارایه می‌شود. روشهای برنامه‌ریزی خلاصه شده و موضوعات مهمی که در طول برنامه‌ریزی به آنها پرداخته می‌شود بررسی می‌گردد. وظایف هر سازمانی که در برنامه‌ریزی شرکت می‌کند مشخص شده و جایگاه بخشها در فرایند برنامه‌ریزی ارایه می‌شود.

برنامه کاری هماهنگ دو بخش دارد. الف ـ کلیه اقدامات برنامه‌ریزی حمل و نقل شهری و وابسته به حمل و نقل را که برای دوره‌ی کوتاه‌مدت پیش‌بینی می‌شود. مشخص می‌کند ب ـ کارهایی را که با یاری دولت باید انجام شود تعیین می‌کند.



شکل ۱-۲- فرآیند برنامه‌ریزی حمل و نقل شهری

۱–۱–۳– بخش مدیریت سیستمهای حمل و نقل. کلمه کلیدی در اینجا مدیریت است. بخش مدیریت سیستمهای حمل و نقل تا آنجا که امکان دارد به مؤثرسازی سیستمهای حمل و نقل موجود و به پیش‌بینی نیازهای کوتاه‌مدت حمل و نقل می‌پردازد. خودروها. تاکسی‌ها. کامیونها. پایانه‌ها. حمل و نقل عمومی. عابران پیاده و دوچرخه‌های موتوری و غیرموتوری. همگی بخشهایی از سیستم حمل و نقل شهری هستند. چهار استراتژی اصلی برای افزایش کارایی سیستم مورد نیاز است که عبارت است از: اقدامهایی برای اطمینان از استفاده مؤثر از فضای موجود جاده، اقدامهایی برای کاهش استفاده از وسیله نقلیه در مناطق پر ازدحام، اقدامهایی برای افزایش خدمات حمل و نقل عمومی و اقدامهایی برای اصلاح کارایی مدیریت داخلی. اینها ابزار برنامه‌ریزی برای استفاده برنامه ریزان حمل و نقل به منظور تجزیه و تحلیل جزییات راه حل‌ها و ارایه توصیه‌های منطقی به تصمیم گیرندگان می‌باشند.

۱–۱–۴– بخش بلند مدت. به منظور تامین نیازهای بلندمدت حمل و نقل در منطقه‌ی شهری، بخش بلند مدت، تسهیلاتی را که باید ساخته شود و همچنین تغییرات اساسی در تسهیلات موجود و سیاستهای راهبردی بلندمدت را شناسایی می‌کند. این بخش از برنامه‌ریزی حمل و نقل برای مثال، ممکن است، سیاستهای آینده‌ی گسترش کاربردی زمین را با اضافه کردن یک مسیر بزرگراه یا با راه اندازی سیستم اتوبوس بررسی کند. همچنین در بخش مدیریت سیستم حمل و نقل، پیش از آنکه تصمیمی اتخاذشود گزینه‌های بلندمدت متعددی مورد ارزیابی قرار گیرد. بنابراین ابزار برنامه‌ریزی برای تحلیل گزینه‌های بلندمدت باید پیشرفت کند. این ابزار همچنین اطلاعاتی را ارائه می‌دهند تا به تصمیم گیرندگان کمک میکند تا بهترین راه حلها را انتخاب کنند. به عبارت دیگر تقاضای سفر نقش مهمی را به عنوان کمک کننده به ابزار برنامه‌ریزی مورد استفاده راه‌حلها بازی می‌کند.

۱–۱–۵– اصلاح طرح. پس از آنکه بخشهای طرح بلندمدت انتخاب شد، طرح مورد بررسی جزیی‌تر قرار می‌گیرد برای مثال، دالانی که قرار است توسعه در آن صورت پذیرد، با جزئیات بیشتر و همراه با فناوری (مانند اتوبوس یا حمل و نقل عمومی سریع) و همچنین مطالعات مرحله‌بندی پروژه‌ها بررسی می‌شود. پیش‌بینی تقاضای سفر در اینجا نقش مهمی را در بهبود فاکتورهایی مانند میزان مسافر، مناطق خرید و فروش، ازدحام و حرکتهای گردشی بازی می‌کند.

۱–۱–۶– برنامه‌ی بهبود سیستم حمل و نقل. برنامه بهبود سیستم حمل و نقل اطمینان می‌دهد حمل و نقل در وضعیتی بسامان و موثر تحقق پیدا خواهد کرد همچنین وضعیت بهبود حمل و نقل را در چند سال آینده نشان می‌دهد. این برنامه دو بخش اصلی دارد که شامل مرحله بندی شده‌ی چند ساله و بخش سالیانه است.

بخش مرحله بندی شده‌ی چند ساله، جنبه‌های اصلی برنامه را برای ۳ تا ۵ سال آینده در نظر می‌گیرد. این بخش در میان پروژه‌های تعیین شده اولویتها را برای اجرا مشخص نموده و بر طبق مرحله بندی مناسبی گروه بندی کرده و برآوردهای را برای ارائه می‌دهد. بخش سالیانه جزئیات پروژه‌هایی را که قرار است ظرف سال آینده اجرا شود تشریح می کند. برای هر پروژه‌ای، بخش سالیانه شامل موارد ذیل است:

۱- توضیح اصول و زیربناها ۲- هزینه‌های مورد نیاز ۳- منابع درآمد ٤- مدیران و مجریان پروژه‌ها.

با توجه به این که در سال ۱۸۵۰ چهار شهر با جمعیت بیش از یک میلیون نفر در جهان وجود داشت. در سال ۱۹۸۰ میلادی در حدود صد شهر با این جمعیت وجود داشته، ولی با نهایت تعجب در سال۲۰۰۰ میلادی به بیش از هزار شهر رسید. بدین ترتیب در دهه‌های اخیر، مهندسی حمل و نقل، مهندسی ترافیک و برنامه‌ریزی حمل و نقل شهری اهمیت ویژه ای یافت.

۱-۲- تعریف مهندسی حمل و نقل:

در فرهنگ لغت، حمل و نقل (ترابری) به معنی یک عمل، فرآیند یا به عنوان نمونه ای از شدن یا حمل و نقل کردن، تعریف شده است. مهندسی، در واقع کاربرد علوم و فنون و توجه به خواص مواد و منابع انرژی موجود در طبیعت، سازه‌ها، ماشین‌ها و فرآیندها و به طور کلی تمامی سیستم‌های مفید، برای نوع بشر است. بنابراین مهندسی را می‌توان به عنوان کاربرد علوم و ریاضیات با توجه به خواص مواد و انرژی، در کالاها به طریق مفید و مؤثر، برای بشر تعریف کرد. این تعریف ساده و مختصر، تنها اطلاعات کمی را درباره مهندسی حمل و نقل و مسائل مرتبط به آن، به دست می‌دهد. همان طور که می‌دانید مهندسی (راه، ترافیک، راه‌آهن، بندر، فرودگاه، پل و تونل)، همه و همه، زیر شاخه‌های حمل و نقل هستند. در تمامی این رشته‌ها، در واقع هدف کلی، حمل و نقل کالا و انسان است. همچنین مسئولان طراحی کانال‌ها دریاچه‌ها، خطوط لوله و حتی مهندسان آرشیتکت شاغل در طراحی کشتی‌ها و نیز بعضی مهندسان مکانیک، طراحان موتورهای وسایط نقلیه، واگن‌ها و لوکوموتیوهای راه آهن، می‌تواند به عنوان جزئی از مهندسی حمل و نقل محسوب شوند. همه این مهندسان در یک مشخصه‌ی اولیه، سهیم هستند و آن سیستم فیزیکی حمل و نقل، به عنوان مؤلفه اساسی کار آنها است. بنا به گفته پرفسور مور لاک، که از صاحب‌نظران رشته‌ی حمل و نقل است. حتی آنهایی که برای ایجاد ارتباطات بین سیارات و سفرهای فضایی در تلاش هستند، نیز به عنوان بخشی از مهندسان حمل و نقل تلقی می‌گردند.

۱-۲-۱- تعریف مهندسی ترافیک. مهندسی ترافیک، بخشی از مهندسی حمل و نقل است که درباره‌ی برنامه ریزی، طراحی و عملیات ترافیکی راه‌ها و شبکه‌ی ارتباطی آنها، گفتگو می‌کند. طبق تعریف پرفسور W.R.BLUNDEN، مهندسی ترافیک علم سنجش آمد و شد و سفر، مطالعه‌ی قوانین اساسی مربوط به جریان ترافیک و تولید ترافیک و کاربرد این معلومات به صورتی علمی و تخصصی، برای برنامه‌ریزی، طراحی و عملکرد مناسب سیستم به منظور ایجاد حرکات مؤثر و ایمن برای جا به جایی افراد و کالا می‌باشند. بنابراین مهندسی ترافیک شامل کلیه اجزایی است که به نحوی با جریان ترافیک و تولید آن در ارتباط هستند. استفاده کنندگان از راه وسایط نقلیه، مشخصات جریان ترافیک، ظرفیت جاده‌ها، حمل و نقل عمومی، پارکینگها، تابلوها، علائم و چراغ‌های راهنمایی، پایانه‌ها، تصادفات و ایمنی، کاربری اراضی، همه و همه، زیر بخش‌هایی از مهندسی ترافیک هستند. از طرف دیگر، تاثیر ترافیک بر محیط زیست با توجه به رشد سریع ترافیک در شهرها، از موارد مهم در مهندسی ترافیک است. مدیریت و کنترل ترافیک نیز در مهندسی ترافیک اهمیت ویژه‌ای دارد. وضع قوانین و مقررات ترافیکی. آیین نامه‌ها و صدور مجوزها و حتی تامین روشنایی خیابان‌ها و تابلوها اگر چه جزو وظایف اصلی مهندسان ترافیک محسوب نمی شوند، اما با توجه به ارتباط این مسائل با طراحی ترافیکی راه‌ها، به طریقی به مهندسی ترافیک مربوط هستند و باید از نظرها و توصیه‌های مهندسان ترافیک، درباره‌ی آنها استفاده مؤثر گردد.

۱-۲-۲- برنامه‌ریزی حمل و نقل شهری

بشر، برای رفع نیازهای آینده‌ی خود، برنامه‌ریزی می‌کنند برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، شامل تعیین زمان و مکان اجرای تسهیلات مختلف حمل و نقل می‌باشد. با وجود این، تعیین زمان و مکان اجرای تسهیلات، به عنوان برنامه‌ریزی تلقی نمی گردد و یک فرآیند محسوب میشود. در واقع برنامه‌ریزی حمل و نقل، قسمتی از این فرآیند است. حمل و نقل انسان‌ها و وسائل نقلیه‌ی یک واسطه ای است که به طور متوالی به پتانسیل کاربری اراضی و توانایی انتقال ترافیک برای سیستم‌های مختلف حمل و نقل، بستگی دارد.

مهندسان و برنامه ریزان، برنامه‌هایی را برای هدایت سیستم‌های حمل و نقل شهری یا نظارت و کنترل بر آنها طرح ریزی می‌کنند. برنامه‌ریزی حمل و نقل شهری، که منجر به تصمیم گیری در مورد برنامه‌ها و سیاست‌های حمل و نقل گردد. فرایند، تهیه‌ی اطلاعات لازم، برای تصمیم گیری در این مورد است که سیستم حمل و نقل چگونه و در کجا باید بهبود یابد. در این رابطه رشد سفرها و الگوهای توسعه‌ی اراضی، از شاخص‌های بسیار مهم هستند.

۱–۲–۳– برنامه‌ریزی پیوسته. مراحل برنامه‌ریزی پیوسته، به کنترل تغییراتی می‌پردازد که اصلاح آنها در برنامه‌های حمل و نقل شهری، الزامی است. این اصطلاحات، شامل اطلاعات به روز شده ای هستند که از آحاد برنامه‌ریزی محسوب می‌شوند. روش‌های به روز شده در برنامه‌ریزی حمل و نقل شامل پیش‌بینی سفر و گزارش فعالیت‌ها و یافته‌های تازه است. البته مطالعات حمل و نقل در مناطق با جمعیت بیش از ۵۰/۰۰۰ نفر قابل انجام است. برای این منظور برنامه ریزان، عوامل مؤثر در سفرهای شهری را تهیه می‌کنند. این اطلاعات شامل موارد زیر است:

جمعیت

کاربران اراضی

موقعیت‌های اقتصادی

سیستم‌های حمل و نقل شهری

تعداد سفرها

مقررات حاکم بر سیستم حمل و نقل شهری

مالی (هزینه و تأمین آن‌ها)

ارزشهای قابل قبول جامعه

برنامه‌ریزی پیوسته، اطلاعات پایه ای موجود را کنترل و در صورت نیاز، به روز می‌کند که با استفاده از عواملی مانند آمارگیری و یا بررسی نمونه‌های کوچک آماری انجام می‌شود این عمل در مقیاس بزرگ، با توجه به هزینه‌های بالای آن، معمولا امکان پذیر نیست. چگونگی کنترل تغییرات، بسیار مهم است. برای مثال، طرح اتصال یک مرکز تجاری یا ورزشگاه، در یک شهر یا نزدیک به شهر، الگوی ترافیک و در نتیجه برنامه‌ی حمل و نقل را تحت تأثیر قرار می‌دهد. البته در فرایند پیوسته، سیستم حمل و نقل و برنامه‌ی اجرایی آن تکمیل می‌گردد.

با مطالعه‌ی دقیق جزئیات مربوط به الگوی سفر افراد موارد زیر پیش‌بینی می‌شود:

۱- تعداد سفرهای تولید شده توسط افراد

۲- مقصد افراد

۳- نوع سیستم حمل و نقل و مسیر حرکت آنها

این موارد پایه‌ی پیش‌بینی تقاضای سفر هستند. در صورت لزوم در فرایند پیوسته، مصاحبه و ارزیابی مجدد انجام می‌شود. فرایند پیوسته، مطابقت برنامه‌های سیستم حمل و نقل شهری با نیازهای متغیر فضای سیستم حمل و نقل، را نشان می‌دهد. پیچیدگی مراحل فرایند پیوسته با وسعت شهر و پیچیدگی سیستم حمل و نقل آن، ارتباط مستقیم دارد.

۱–۲–۴– تهیه‌ی اطلاعات مورد نیاز. قبل از اجرای فرایند پیش بینی، جمع آوری مجموعه ای از اطلاعات، بسیار مهم است. این اطلاعات، شامل موارد کلی، مانند تعیین ناحیه‌های در نظر گرفته شده برای اجرای پیش بینی‌های لازم ؛ و موارد

خاص مانند اطلاعات مربوط به جزئیات خیابان‌ها و مسیر اتوبوس‌هاست. برای تعیین روش و مراحل پیش‌بینی سفر، داشتن اطلاعات خاصی، الزامی است. بدین منظور می‌توان اطلاعات مورد نیاز را به ٤ بخش زیر تقسیم نمود:

ناحیه‌ی مورد مطالعه

نوع فعالیت شهری

سیستم حمل و نقل شهری

آمار سفرها

یک برنامه ریز، با داشتن آمار این ٤ بخش، ابزار مورد نیاز، برای شروع پیش‌بینی تقاضای سفر را در اختیار دارد.

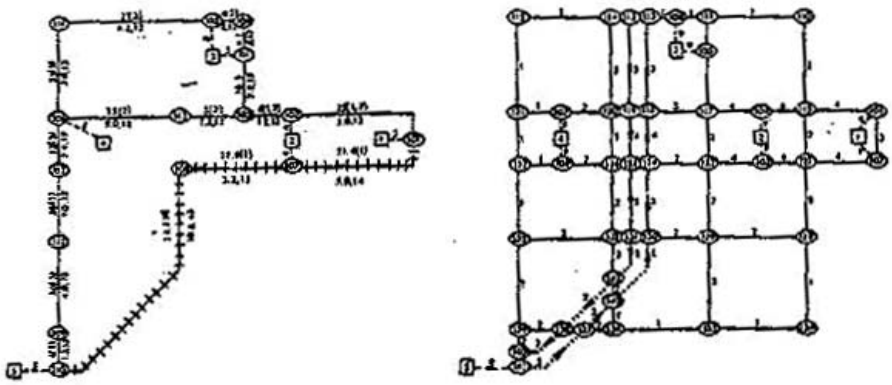
۱–۲–۵– مشخص کردن مرزهای ناحیه مطالعاتی. بدیهی است که قبل از پیش‌بینی سفر در یک ناحیه شهری، طراح باید ناحیه مورد مطالعه را با دقت تعیین کند. معمولاً ناحیه‌ی مورد مطالعه، شامل تمام اراضی توسعه یافته و اراضی ای است که دوره ۲۵ ساله در آینده، توسعه می‌یابند می‌شود. مرز ناحیه‌ی مورد مطالعه با خطوط نشانه، می‌گردد. محل خطوط نشانه با در نظر گرفتن میزان جمعیت و رشد آن در آینده، وجود اماکن آمار گیری و مرزهای طبیعی تعیین می‌گردد. برقراری ارتباط بین فعالیتهای مختلف، سفرها و حمل و نقل در مکان‌های مورد نظر برنامه ریز، ناحیه‌ی مورد مطالعه را به واحدهای جزئی‌تر تجزیه می‌کند. واحدهای جزئی تر، حوزه‌ها را تشکیل می‌دهند. وسعت حوزه‌ها با توجه به مسائلی مثل تراکم، متفاوت است. در مراکز فعالیت‌های تجاری، بعضاً حوزه‌ها به کوچکی یک بلوک است. یک شهر با جمعیت ۱ میلیون نفر به ٦۰۰ تا ۸۰۰ حوزه و یک منطقه، با جمعیت ۲۰۰۰۰ نفر به ۲ حوزه تقسیم می‌شود. انتخاب حوزه‌ها به نحوی است که در هر حوزه، فعالیت‌های یکسانی صورت می‌گیرد مثلاً مناطق، کاملاً مسکونی، تجاری و صنعتی انتخاب می‌شوند. حوزه‌ها دارای مرزهای مشخص و همراه با یک یا چند محل سر شماری می‌باشند. یک پارامتر مهم، در مرزها، سازگاری آنها با شبکه‌ی حمل و نقل شهری است. هر ناحیه می‌تواند شامل ٥ تا ۱۰ حوزه باشد. بخش‌ها اغلب از مسیرهای مورد استفاده در سفرها، محدودیت‌های مرزهای طبیعی مثل رود خانه‌ها پیروی می‌کنند. گروهی از بخش‌ها که از مراکز فعالیت‌های تجاری، منشعب می‌شوند، قطاع را تشکیل می‌دهند و از اجتماع بخش‌ها یی که محیط دایره را تشکیل می‌دهند، ؛ (حلقه) تشکیل می‌شود. تقسیم نواحی به حوزه‌ها، بخش‌ها، قطاع‌ها و حلقه‌ها در سازماندهی اطلاعات و تفسیر نتایج به برنامه ریز کمک می‌کند. در این راستا به فعالیتهای شهری نیز می‌توانیم نگرشی داشته باشیم.

فعالیت‌های شهری از تقسیم ناحیه‌ی مورد مطالعه به واحدهای کوچک (حوزه‌ها، بخش‌ها و...)، اطلاعاتی از قسمت‌های این نواحی جمع آوری می‌شود. از آنجایی که تنها اطلاعات مربوط به کالیبراسیون و فرایند پیش بینی، به جمع آوری نیاز دارد، لکن جمع آوری اطلاعات غیر قابل استفاده لزومی ندارد. پیش‌بینی فعالیتهای شهری، منبع اطلاعات فعالیت‌هایی است که سفرهای داخل یک ناحیه‌ی شهری را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این پیش بینی‌ها، در یک حوزه مبنا انجام می‌شود. با استفاده از نتیجه‌ی تحلیل‌ها و فعالیت‌های کنونی در حوزه‌ها، برنامه ریز پیش‌بینی‌هایی را برای آینده انجام می‌دهد.

۱–۳– شبکه‌ی حمل و نقل شهری:

شبکه‌ی حمل و نقل شهری، شامل مسیرهایی است که سیستم‌های حمل و نقل عمومی و خصوصی، از آن عبور می‌کنند. شبکه‌ی حمل و نقل شهری، تمام بزرگراه‌ها، راههای شریانی و جاده‌های با اهمیت را شامل می‌شود. ولی همه‌ی خیابان‌های محلی و خیابان‌های جمع آوری کننده را در بر نمی گیرد. در توصیف شبکه، به تحلیل سفر اتومبیل‌ها،

کامیون‌ها و سفرهای عبوری پرداخته می‌شود. همچنین مشخص کردن شبکه، شامل هندسه‌ی شبکه‌ی حمل و نقل است. هندسه‌ی شبکه، شامل تمام تقاطع‌های مهم و جاده‌های بین آنها است. تقاطع‌ها با گره‌ها مشخص می‌شوند، با شماره‌گذاری گره‌ها بین آنها که در واقع بیانگر جاده‌ها هستند، شناخته می‌شوند. این خطوط را پیوندها می‌نامند. برای مشخص کردن شبکه، مرکز حوزه‌ها تعیین می‌گردد. مرکز حوزه‌ها با خطوط فرضی، موسوم به متصل کننده‌های مرکزی، به هم مرتبط می‌شوند. نقشه‌های شبکه‌های حمل و نقل و حمل و نقل عمومی، برای یک شهر کوچک در شکل ۱-۳، نشان داده شده است.



شکل ۱-۳- شبکه‌های حمل و نقل یک شهر کوچک

۱-۴- مرور نیازهای اطلاعاتی:

پیش از آغاز فرایند پیش بینی، تلاش قابل ملاحظه ای برای گرد آوری اطلاعات مورد نیاز برای فرایند پیش‌بینی ضروری است. این نیازهای اطلاعاتی شامل بخش‌های متنوعی است مانند تعیین منطقه ای که برای آن پیش‌بینی انجام می‌شود و مواردی مانند اطلاعات مشروح خیابانها و مسیرهای اتوبوس‌ها. برای درک فرایند پیش‌بینی سفر و اصطلاحات آن، توضیح مختصری از اطلاعات مورد نیاز ضروری است. با توجه به موضوع بالا، نیازهای اطلاعاتی به چهار طبقه‌ی مهم تقسیم شده است که در ذیل می‌آید:

۱-ناحیه مطالعاتی

۲-فعالیت‌های شهری

۳- سیستم حمل و نقل

٤- مسافرت

با آگاهی از این چهار طبقه اطلاعات، برنامه ریز حمل و نقل، اطلاعات مورد نیاز را برای شروع فرایند پیش‌بینی تقاضای سفر در اختیار دارد.

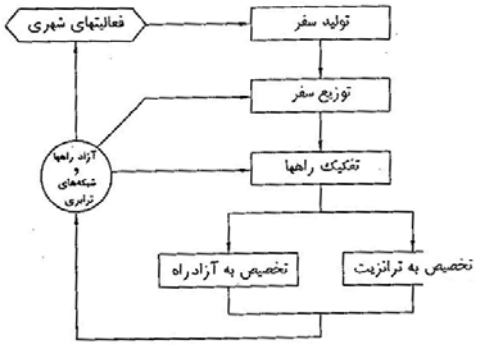
۱-۴-۱- محدوده مطالعه. تعریف مرزهای محدوده‌ی مطالعه روشن است، پیش از پیش‌بینی سفر در یک ناحیه شهری، برنامه ریز باید به دقت ناحیه مورد بررسی را تعیین کند. معمولاً منطقه مطالعه شامل کل زمین توسعه یافته به اضافه‌ی

زمین توسعه نیافته ای است که منطقه شهری در دوره‌ی ۲۵ ساله آینده آن را در بر می‌گیرد. در این باره در ۱-۲-۵ توضیح داده شده است.

۱-۴-۲- فعالیتهای شهری. وقتی محدوده مطالعه به واحدهای تحلیل مناسب (مناطق و ناحیه‌ها) تقسیم شد. فعالیتها در این حوزه‌ها قابل جمع آوری است. در این مرحله آگاهی از روش پیش‌بینی ضروری است زیرا فقط اطلاعات مربوط به درجه بندی و فرایند پیش‌بینی نیاز به جمع‌آوری دارد. نتیجه پیش‌بینی فعالیت شهری دسترسی به منبع اطلاعات درباره فعالیتهایی است که ممکن است سفر در منطقه شهری را تحت تاثیر قرار دهد. این پیش‌بینی فعالیت بر اساس تقسیم‌بندی انجام می‌شود. نتایج تجزیه و تحلیل نمونه ای از فعالیتها برای برنامه ریز حجم فعالیتهای مناطق را تعیین می‌کند که به عنوان پایه ای برای پیش‌بینی سطوح فعالیتهای آینده مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱-۴-۳- هندسه شبکه. سیستم حمل و نقل شامل شبکه‌هایی می‌شود که نماینده روشهای موجود است. توصیف شبکه یعنی برداشت از آنچه واقعاً روی زمین موجود است توصیف شبکه برای وصف کردن مسافرت با خودرو و کامیون، همراه با توصیف جداگانه‌ای از حمل و نقل عمومی در صورتی که حمل و نقل عمومی مساله ای مهم باشد مورد استفاده قرار می‌گیرد. این توصیفها شامل شکل هندسی و سیستم حمل و نقل می‌باشد. شکل هندسی شبکه ممکن است شامل شماره گذاری تقاطع‌ها باشد (گره نامیده می‌شوند).شماره گذاری گره‌ها به ما اجازه می‌دهد که اجزای بین گره‌ها را شناسایی کنیم (که مسیر نامیده می‌شوند).در شبکه‌های حمل و نقل عمومی همچنین اجزای بین آنها را تعیین می‌کنیم. این توصیف هندسی حمل و نقل، کلیه راه‌های ممکن برای مسافرت بین نقاط را در منطقه نشان می‌دهد در توصیف شبکه، مراکز منطقه (مراکز فعالیت)مشخص می‌شود: آنها به وسیله مسیرهای ذهنی که متصل کننده‌های مرکزی نامیده می‌شوند به یکدیگر وصل می‌شوند از مراکز به عنوان نقاطی استفاده می‌شود که از آنها سفرها در شبکه توزیع می‌شوند.

۱-۴-۴- پیش‌بینی سفر. پیش‌بینی تقاضای سفر، حداقل در چهار بخش برنامه‌ریزی استفاده می‌شود: مدیریت سیستم حمل و نقل، برنامه‌ریزی بلند مدت، اصلاح طرح و بروز کردن. چند روش مختلف برای پیش‌بینی تقاضا وجود دارد که بسته به شرایط تجزیه و تحلیل، یکی از آنها انتخاب می‌شود. این روشها از پیچیدگی، هزینه، سطح کار، کارائی و دقت و متفاوت برخوردار هستند.، اما هر یک از آنها جایگاه خاص خود را در پیش‌بینی سفر دارد. شکل (۱-٤) در برگیرنده چهار مدل اصلی مورد استفاده در برنامه‌ریزی حمل و نقل شهری است.



شکل ۱-٤- چهار مدل اصلی مورد استفاده در برنامه‌ریزی حمل و نقل

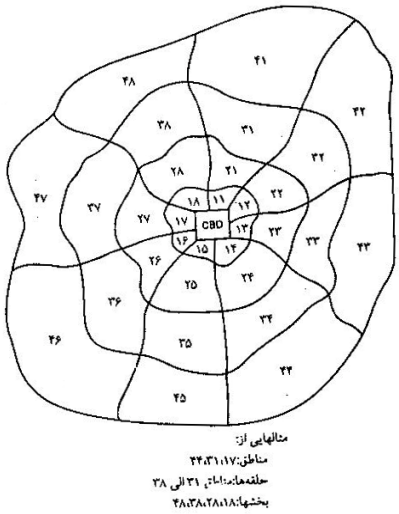
۱–۴–۵– ساماندهی‌های فعالیت شهری. فعالیتهای شهری، جاهائی را که مردم در آنجا زندگی کرده و یا خواهند کرد و همچنین جاهائی را که مراکز کار بوده و یا خواهد بود برآورد می‌کند. این برآوردها همچنین شامل فشردگی فعالیت، تعداد خانواده‌ها و تعداد کارکنان در مراکز کار است. شکل ۱–۵ ساختار مناطق، حلقه‌ها و بخشهای شهری کوچک را نشان می‌دهد. آنها کمک بزرگی برای سازماندهی اطلاعات می‌کنند. فعالیت منطقه ممکن است بر حسب معیارهائی مانند جمعیت منطقه (۱۵۰۰۰ نفر) میانگین درآمد (۳۰۰۰۰۰۰ ریال) اشتغال ۷۵۲ (۳۰۲ کارمند، ٤٥٠ کارگر) و چند عامل دیگر مانند مالکیت خودرو، تراکم منطقه مسکونی و مقدار زمین خالی باشد که به عنوان معیار فعالیت در نظر گرفته شود.

پیش بینیها برای قطعات کوچکی از زمین که مناطق نامیده می‌شود، صورت می‌گیرد. مناطق از نظر اندازه متفاوت هستند، کوچکترین اندازه تقریباً به اندازه یک ساختمان در ناحیه مرکزی است، در حالی که بزرگترین در حاشیه شهر ممکن است چند مایل مربع وسعت داشته باشند. پیش بینی‌های فعالیت شهری منطقه ای بر اساس موارد زیر انجام می‌شود:

۱– کل جمعیت منطقه شهری و میزان اشتغال

۲– رفتار مردم منطقه در زمینه سکونت و مراکز کار

۳– خط‌مشی‌های محلی در خصوص توسعه زمین، حمل و نقل، منطقه‌بندی، فاضلابها و غیره.



شکل ۱–۵– ساختارهای مناطق، حلقه‌ها و بخشها

سؤالات و مسائل مطرح:

۱- برنامه‌ریزی حمل و نقل شهری را شرح دهید؟

۲- انواع برنامه‌ریزی را در حمل و نقل بنویسید؟

۳- فرایند برنامه‌ریزی حمل و نقل را از روی شکل ۱-۱ بنویسید؟

٤- برنامه بهبود سیستم حمل و نقل چیست؟

٥- اطلاعات مورد نیاز برای برنامه‌ریزی سفرهای شهری چیست؟

٦- در رابطه با شبکه حمل و نقل شهری هر چه میدانید بنویسید؟

۷- هندسه شبکه حمل و نقل را شرح دهید؟

۸- فرایند در برگیرنده مدلهای اصلی مورد استفاده در برنامه‌ریزی حمل و نقل شهری را بنویسید؟

۹- در رابطه با ساماندهی حمل و نقل شهری هر چه میدانید بنویسید؟

۱۰- آموخته‌های خودتان از این فصل را که در امر راهنمایی و رانندگی می‌توانید بکار برید با استاد مطرح، و مورد تجزیه و تحلیل قرار دهید؟

فصل دوم

مطالعه جریان ترافیک و اجزاء آن

در جریان ترافیک شاخص‌های چندگانه‌ای تأثیرگذار میباشند. در این فصل سعی خواهد شد به هر کدام از این شاخصها بطور جداگانه پرداخته شود. این شاخص‌ها را میتوان در دو بخش شاخص‌های اصلی مانند تردد (Q)، سرعت (V)، چگالی (D) و شاخص‌های فرعی شامل شلوغی (R)، فاصله مکانی (S)، فاصله زمانی (h)، سرعت لحظه‌ای (V_0)، سرعت حرکت (V_m)، سرعت سفر (Vs) و... در نظر گرفت.

۲-۱- روشهای شناخت جریان ترافیک:

تأثیر متقابل بین وسایل نقلیه و رانندگان آنها و همچنین بین خود وسایل نقلیه، فرایندی بسیار پیچیده است. سه روش اصلی برای شناخت و تعیین مقدار جریان ترافیک وجود دارد.

اولین روش، روشی ماکروسکپی (یا کلان‌نگر) است که به جریان بعنوان مفهومی تجمعی نگاه میکند. روش ماکروسکپی بر اساس قیاسهائی فیزیکی مانند جریان حرارت و جریان سیالات مناسبترین روش برای بررسی حالت پایدار پدیده جریان است و بنابراین کارائی کلی بالقوه سیستم را به بهترین وجهی توضیح میدهد.

دومین روش، روش میکروسکپی (خردنگر) است که رفتار هر وسیله نقلیه منفرد را بصورتی غیر تجمعی مورد ملاحظه قرار میدهد. در اینجا ترکیب راننده ـ وسیله نقلیه مورد بررسی قرار میگیرد، مانند مانور وسیله نقلیه سواری. این روش کاربرد گسترده‌ای در عملیات مرتبط با ایمنی راهها دارد.

سومین روش: روش عامل انسانی است. این روش اساساً بدنبال تعریف ساز و کاری است که بوسیله آن، راننده منفرد (و وسیله نقلیه او) نتوانند موقعیت خود را نسبت به سایر وسائل نقلیه و نسبت به سیستم راهبردی راهها تعیین نمایند.

توضیحاً متذکر می‌گردد که روشهای میکروسکپی و عامل انسانی، رابطه نزدیکی با یکدیگر دارند.

یکی از راه‌های ترکیب این سه روش آنست که ابتدا فرض کنیم جریان ترافیک از وسائل نقلیه و راننده‌های یکسانی تشکیل شده است و در نتیجه به راحتی امکان یکپارچه کردن روشهای گوناگون را فراهم نماییم.

در ساده‌ترین ترکیب نیز فرض میشود که ترافیک دارای سرعتی یکنواخت است و فاصله مکانی عبور بین وسائل نقلیه، به سرعت آن‌ها بستگی دارد بعبارت دیگر، رفتار وسیله نقلیه بوسیله سایر وسائل نقلیه در جریان ترافیک به او تحمیل میشود. در واقع سرعت بعنوان تنها متغیری که بر جریان ترافیک تأثیر می‌گذارد در نظر گرفته میشود.

۲-۲- عوامل مرتبط با جریان ترافیک:

حداقل ۸ متغیر با معیار اساسی وجود دارد که برای توصیف جریان ترافیک بکار میرود. و چندین ویژگی دیگر جریان، از آنها مشتق میشود. سه متغیر اولیه عبارتند از: سرعت (V)، حجم (Q) و چگالی (D). سه متغیر دیگری که در تحلیل جریان ترافیک بکار میرود عبارتند از: فاصله زمانی عبور (H)، فاصله مکانی عبور (S) و ضریب اشغال (R). همچنین دو متغیر دیگری که متناظر است با فاصله زمانی عبور و فاصله مکانی عبور عبارتند از: فاصله مکانی (C) و فاصله زمانی (G).

الف ـ بطور کلی سرعت بعنوان آهنگ حرکت و مسافت پیموده شده در واحد زمان بر حسب مایل در سرعت (mph) یا کیلومتر در ساعت (km/hr) تعریف می‌شود. چون سرعتهای منفرد در جریان ترافیک به طور گسترده ای توزیع شده اند، لذا میانگین سرعت سفر در نظر گرفته می‌شود. بنابراین اگر زمانهای سفر... $t_1, t_2, ..., t_n$ را برای N وسیله نقلیه از قطعه ای به طول lدر نظر بگیریم، میانگین سرعت سفر به قرار زیر است:

$$V_s = \frac{L}{\sum_{i=1}^{n} t_i / n} = \frac{nL}{\sum_{i=1}^{n} t_i} \qquad (1)$$

که در آن

V = میانگین سرعت سفر یا سرعت متوسط مکانی (mph) یا (kmph)

L= طول قطعه راه (مایل) یا (کیلومتر)

T_i= زمان سفرI امین وسیله نقلیه که از قطعه عبور میکند (ساعت)

n= تعداد زمانهای سفر مشاهده شده

۲-۳- چند مثال عملی در رابطه با جریان ترافیک؛ که در آنها میانگین سرعت، سرعت متوسط مکانی، سرعت متوسط زمانی، حجم، تردد، چگالی، میانگین چگالی، میانگین فاصله زمانی عبور، ضریب اشغال، فاصله عبور مکانی و فاصله عبور زمانی مورد بررسی واقع می‌شوند در زیر آورده می‌شود.

مثال ۱- سه وسیله نقلیه در حال عبور از یک قطعه یک مایلی از یک راه هستند و مشاهدات زیر صورت گرفته است:

$t_1 = 1/2 \min, L = 1 mile \quad t_2 = 1/5 \min, L = 1 mile \quad t_3 = 1/7 \min, L = 1 mile$

میانگین سرعت متوسط $= \frac{1 \times 60}{1/5} = 40 . mile/hour$

میانگین زمان سفر $= \frac{1/2 + 1/5 + 1/7}{3} = \frac{4/4}{3} = 1/47 \min$

به میانگین سرعت سفر محاسبه شده، سرعت متوسط مکانی گفته میشود، زیرا با بکار بردن زمان متوسط سفر در این میانگین مطابق با طول زمانی که هر وسیله نقلیه در فاصله مکانی صرف کند، وزن داده می‌شود. روش دیگر تعریف (میانگین سرعت) جریان ترافیک پیدا کردن سرعت متوسط زمانی (v_t) است که عبارتست از میانگین حسابی سرعتهای اندازه گیری شده کل وسایل نقلیه ای که بعنوان مثال از یک نقطه ثابت کنار جاده در فاصله زمانی معینی عبور میکند که در این حالت، به سرعتهای منفرد، سرعتهای نقطه‌ای گفته میشود:

$$V_t = \frac{\sum_{i=1}^{n} V_i}{n} \qquad (2)$$

که در آن:

V_i= سرعت نقطه‌ای

n= تعداد وسائل نقلیه مشاهده شده

مثال ۲ – سه وسیله نقلیه به ترتیب با سرعتهای ۵۰ و ۴۰ و ۳۵/۳ مایل بر ساعت از مقابل یک علامت یک مایلی عبور میکنند، سرعت متوسط زمانی این سه وسیله نقلیه چقدر است؟

$V_1 = \frac{50 + 40 + 35/3}{3} = 41/77$ mph میانگین سرعت متوسط زمانی

میتوان ثابت کرد که سرعت متوسط زمانی میانگین حسابی سرعتهای نقطه ای است، در حالتی که سرعت متوسط مکانی میانگین همساز آنها است. سرعت متوسط زمانی همواره بزرگتر از سرعت متوسط مکانی است، بجز در وضعیتی که کل وسائل نقلیه با سرعتی یکسان حرکت کنند. مقدار تقریبی این دو سرعت متوسط را بصورت زیر میتوان نشان داد:

$$V_t = V_s + \frac{\sigma_s^2}{V_s} \qquad (۳)$$

$$V_s = V_t + \frac{\sigma_t^2}{V_t} \qquad (٤)$$

که در آن σ_s^2 واریانس سرعتهای متوسط مکانی است. برای مثال:

$V_1 = ٤١/٧٧\,mph$ واریانس $\left[\sum (V_i - V_t)\right]/n = \sigma_s^2$، برابر ۳۷/۵۸ است، آنگاه از معادله٤، برای V_s مقدار ٤٠/٩١mph بدست می‌آید.

ب ـ حجم و آهنگ جریان دو کمیت متفاوت هستند. حجم، تعداد واقعی وسائل نقلیه مشاهده یا پیش‌بینی شده است که در فاصله زمان معینی از یک نقطه می‌گذرند. نرخ جریان، عبارت است از تعداد نقلیه عبوری از یک نقطه در فاصله زمانی کمتر از یک ساعت که بصورت آهنگ ساعتی معادل بیان میشود. بنابراین حجم با ۲۰۰ وسیله نقلیه مشاهده شده در یک دوره زمانی ده دقیقه‌ای، دارای آهنگ جریان veh/hr ۱۲۰۰=۱۰/(۶۰×۲۰۰) است. توجه داشته باشید ۱۲۰۰ وسیله نقلیه، در مدت ساعت مطالعه از نقطه مشاهده عبور نمی کنند، بلکه آنها از این نقطه برای مدت ۱۰ دقیقه با این آهنگ عبور میکنند، البته فراموش نکنیم در بعضی کتب به آهنگ جریان (تردد) نیز گفته می‌شود.

مثال ۳- آهنگ جریان وسائل نقلیه را با استفاده از داده‌های زیر محاسبه کنید.

وسائل نقلیه حجم	دوره زمانی
۷۰۰	٤ :۰۰ -٤ :۱۵
۸۱۲	٤ :۱۶ - ٤ :۳۰
۱۶۳۵	٤ :۳۱- ۵ :۰۰
۳۱٤۷	کل

حل

با وجود آنکه حجم برابر veh/hr ۳۱٤۷ است، آهنگ‌های جریان برای هر یک از سه دوره زمانی بترتیب عبارتند از ۲۸۰۰ و ۳۲٤۸ و ۳۲۷۰ وسیله نقلیه بر ساعت.

ج ـ چگالی یا تمرکز، به تعداد وسائل نقلیه ای گفته میشوند که طول معینی از خط عبور یا سواره روی جاده را اشغال میکنند که بر حسب میانگین زمانی و بصورت تعداد وسائل نقلیه در کیلومتر یا مایل (mph) در نظر گرفته میشود. اندازه گیری دقیق چگالی از طریق عکس‌برداری هوائی صورت میگیرد ؛ اما در صورتیکه سرعت و آهنگ جریان معلوم باشد، با استفاده از معادله زیر محاسبه میشود:

$$Q = V \times D \qquad (۵)$$

که در آن:

Q= آهنگ جریان (veh/hr)

V= میانگین سرعت سفر (mph)

D= میانگین چگالی (veh/mi)

بنابراین یک قطعه راه با آهنگ جریان ۱۳۵۰ veh/hr سرعت سفر ٤٥ mph دارای چگالی برابر ۳۰ veh/mi است. [$D = (۱۳٥۰veh/hr)/٤٥mph = ۳۰$] نزدیکی وسائل نقلیه به یکدیگر در جریان ترافیکی، بوسیله چگالی بیان میشود که عامل بحرانی برای توصیف آزادی تحرک پذیری است.

د ـ فاصله مکانی عبور و فاصله زمانی عبور دو ویژگی دیگر برای جریانهای ترافیکی است. فاصله مکانی عبور (s) فاصله بین وسائل نقلیه متوالی در جریان ترافیک است و سپر جلو تا سپر سپر جلو اندازه‌گیری میشود. فاصله زمانی عبور متناظر با زمان بین وسائل نقلیه متوالی است که از نقطه ای از جاده عبور میکنند. فاصله مکانی عبور و همچنین فاصله زمانی عبور به سرعت آهنگ جریان و چگالی وابسته است.

$$\text{میانگین چگالی } D\,(veh/mi) = \frac{۵۲۸۰\,, ft/mi}{\text{میانگین فاصله مکانی عبور } (S)\,, ft/veh} \qquad (٦)$$

$$\text{میانگین فاصله‌ی زمانی عبور } H\,(sec/veh) = \frac{S(ft/veh)}{V(ft/veh)} \qquad (۷)$$

$$\text{میانگین آهنگ جریان } Q = (veh/hr) = \frac{۳٦۰۰\,, sec/hr}{(H)\,, sec/veh} \qquad (۸)$$

S= میانگین فاصله‌گذاری V= میانگین سرعت

فاصله مکانی عبور بین وسائل نقلیه در یک خط عبور را در عکسهای هوائی میتوان مشاهده کرد.

فاصله زمانی عبور بین وسائل نقلیه را با استفاده از زمان سنج در هنگام عبور وسائل نقلیه از یک نقطه خط عبور میتوان اندازه گیری کرد.

هـ ـ ضریب اشغال خط عبور معیاری است که برای نظارت بر آزادراه بکار گرفته میشود. اگر بتوان طول وسائل نقلیه را در قسمت معین از جاده اندازه گیری و نسبت زیر را محاسبه کرد:

$$R = \frac{\text{مجموع طولهای وسایل نقلیه}}{\text{طول بخشی از جاده}} = \frac{\sum L_i}{l} \qquad (۹)$$

آنگاه میتوان R را بر میانگین طول وسیله نقلیه تقسیم و چگالی (D) را برآورد کرد.

مثال٤- چهار وسیله نقلیه با طولهای ۱۸ و ۲۰ و ۲۱ و ۲۲ فوت در طول یک خط عبور آزاد راهی بطول ۵۰۰ فوت توزیع شده اند. ضریب اشغل خط عبور و چگالی آن چقدر است؟

حل

$$R = \frac{۱۸ + ۲۰ + ۲۱ + ۲۲}{۵۰۰} = ۰/۱٦۲$$

میانگین طول وسیله نقلیه $= ۲۰/٤٥\,ft$

$$D = ۰/۱٦۲ \times \frac{۵۲۸۰}{۲۰/۲٥} = ٤۲/۲٤\,veh/mi$$

ضریب اشغال خط عبور (Lo) را نیز میتوان بعنوان نسبت زمانی که وسائل نقلیه در یک شناسگر در یک خط عبور حضور دارند به زمان نمونه گیری، در نظر گرفت.

$$Lo = \frac{\sum t_.}{T} \qquad (۱۰)$$

$\sum t_.$:کل زمانی که شناسگر وسیله نقلیه اشغال می‌کند T : زمان مشاهده کل

شکل ۲-۱ کاربرد شناسگر را در عملیات مهندسی ترافیک نشان میدهد در اینجا داریم:

$$t_. = \frac{L + C}{V_S}$$

که در آن L میانگین طول وسیله نقلیه و C فاصله بین حلقه‌های شناسگر است.

لازم است طول مؤثر وسیله نقلیه را که بوسیله شناسگر اندازه‌گیری شده است برای محاسبه سطح اشغال در دست داشته باشیم. البته چگالی را با استفاده از عبارت زیر نیز قابل محاسبه است.

$$D = \frac{Lo \times ۵۲۸۰}{L + C} \qquad (۱۱)$$

در اغلب موارد، شناسگر به محض آنکه سپر جلوئی از مقابل آن عبور میکند بکار می‌افتد و تا زمانیکه سپر عقبی از مقابل آن می‌گذرد، روشن می‌ماند.

مثال۵ – در یک دوره زمانی ٦۰ ثانیه ای، یک شناسگر به مدتهای زیر توسط وسائل نقلیه اشغال شده است: ۰/۳٤، ۰/۳۸، ۰/٤۰، ۰/۳۵ و ۰/۵۲ ثانیه. مقادیر Qو D و V را محاسبه کنید (فرض کنید طول حلقه شناسگر برابر ۱۰ فوت و میانگین طول وسائل نقلیه برابر ۲۰ فوت است).

$$\sum t_. = ۰/۳٤ + ۰/۳۸ + ۰/٤ + ۰/۳۵ + ۰/۵۲ = ۱/۹۹$$

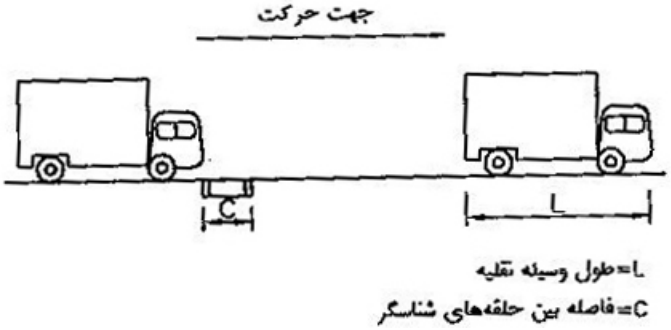
حل

$$n = ۵$$

$$Lo = ۱/۹۹ \times \frac{۱۰۰}{٦۰} = ۳/۳\%$$

میانگین طول مؤثر وسیله نقلیه به اضافه فاصله‌ی بین حلقه‌ها ۱۰ft+۲۰ft = ۳۰ft فرض می‌شود،

بنابراین:



شکل ۲-۱- شناسگر حلقه‌ای

$$D = \frac{۳/۳}{۱۰۰}\left(\frac{۵۲۸۰}{۳۰}\right) = ۵/۷۵ \text{ veh/mi}$$

$$V_s = \frac{n(L+C)}{\sum t_.} = \frac{۵ \times ۳۰}{۱/۹۹} = ۷٦/۵۵ \text{ft/sec} = ۵۲/۲۵ \text{ mph}$$

$$Q = D \times V_s = ۵/۷۵ \times ۵۲/۲۵ = ۳۰۰ \text{ veh/hr}$$

باید توجه داشت که در این مثال، از میانگین طول مؤثر وسیله نقلیه به اضافه فاصله بین حلقه‌ها ی شناسگر که در مجموع ۳۰ فوت می‌شود استفاده شده است.

و ـ فاصله مکانی و فاصله زمانی، ارتباط نزدیکی با پارامترهای فاصله مکانی عبور (ft) و فاصله زمانی عبور (sec) دارند. این چهار مقدار در شکل ۲-۲ نشان داده شده است. تفاضل فاصله مکانی عبور و فاصله مکانی به طور مشخص عبارت است از میانگین طول وسیله نقلیه بر حسب فوت. به همین ترتیب تفاضل بین فاصله زمانی عبور، و فاصله زمانی، عبارت است از هم ارز زمانی میانگین طول وسیله (L/V)

$$G = H - \left(\frac{L}{V}\right) \qquad (۱۲)$$

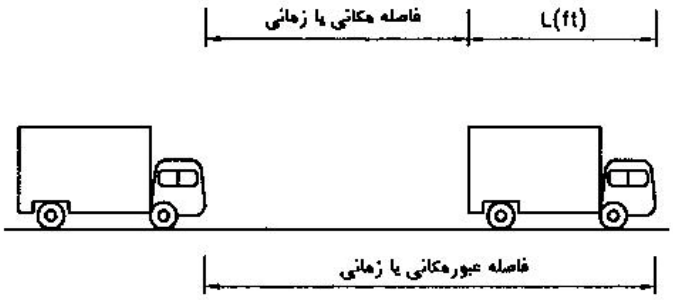
$$C = G \times V \qquad (۱۳)$$

که در آن:

G = فاصله متوسط زمانی (sec)　　L=میانگین طول وسایل نقلیه (ft)

C=میانگین فواصل مکانی (ft)　　H=میانگین فواصل زمانی(sec)

V=سرعت متوسط (ft/sec)

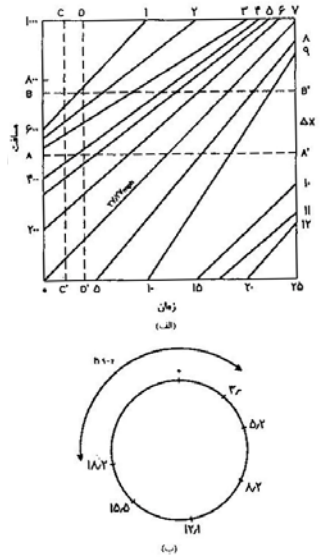


شکل ۲-۲: مفهوم فاصله مکانی ـ فاصله زمانی و فاصله مکانی عبور ـ فاصله زمانی عبور

مثال ٦- شکل ۲-۳ (الف) نمونه ای از نمودار زمان ـ مکان وسایل نقلیه را در یک محدوده معین زمان – مکان نشان می‌دهد. بر اساس اطلاعات موجود در این شکل، چند عامل را می‌توان محاسبه کرد.

الف) یک مشاهده گر، ٦ وسیله نقلیه را که از خط $A - A'$ در مدت ۲۵ ثانیه عبور می‌کنند، شمارش کرده است. جریان وسایل نقلیه را در یک ساعت (Q) محاسبه کنید.

ب) یک زمان سنج در زمان صفر شروع به کار می‌کند و تا ۲۵ ثانیه داده و زمانهایی را که سپر جلوی وسایل نقلیه از نقطه اندازه گیری $A - A'$ عبور می‌کنند، به صورت زیر نشان می‌دهد [شکل ۲-۳ (ب) بیانگر این مطلب است].



شکل ۲-۳ – داده‌های مثال ٦ الف) نمودار زمان – مکان مسیرهای وسایل نقلیه ب) فواصل زمانی

وسیله نقلیه	زمان عبور (sec)
٤	۳/۰
٥	٥/۲
٦	۸/۲
۷	۱۲/۱
۸	۱٥/٥
۹	۱۸/۲

فاصله زمانی هر یک از وسایل نقلیه و میانگین فواصل عبور چقدر است ؟ از آنجائیکه ٦ وسیله نقلیه وجود دارد، فقط ٥ فاصله عبور اولی را می‌توان به طور مستقیم تعیین کرد.

$H_{٦-۷} = ۳/۹$ $H_{٥-٦} = ۳$ $H_{٤-٥} = ۲/۲$

$H_{۹-٤} = ۹/۸$ $H_{۸-۹} = ۲/۷$ $H_{۷-۸} = ۳/٤$

کل=۲٥/۰

فاصله عبور نهایی را همانطور که در شکل ۲-۳ (ب) نشان داده شده، می‌توان محاسبه کرد:

متوسط فواصل عبور زمانی ، $H = \frac{۲٥}{٦} = ٤/۱۷ \text{ sec}$

یا $H = ۳٦۰۰ / ۸٦٤ = ٤/۱۷ \text{sec}$

ج) همانطور که در شکل ۲-۳ (الف) نشان داده شده، یک تله سرعت که شامل ثبت زمانهایی است که وسایل نقلیه از دو نقطه AA' و BB' می‌گذرند، تشکیل شده است.

میانگین سرعت وسایل نقلیه ۹ و ۸ و ۷ و ٦ و ٥ و ٤ را با فرض آنکه فاصله تله ۲٤۰ ft باشد محاسبه کنید.

میانگین زمانی سرعت $Vt = \frac{۱۶۱/۵۶}{۶} = ۳۶/۸۴ \text{ mph}$

میانگین مکانی سرعت $V_s = \frac{۶ \times ۲۴۰}{۳۸/۸} = ۳۷/۱۱ \text{ ft/sec} = ۲۵/۳۰ \text{ mph}$

وسیله نقلیه	زمان عبور AA'	زمان عبور BB'	زمان تله (sec)	سرعت (mph)
۴	۳/۰	۱۱/۵	۸/۵	۱۹/۲۵
۵	۵/۲	۱۳/۱	۷/۹	۲۰/۷۱
۶	۸/۲	۱۵/۲	۷/۰	۲۳/۳۸
۷	۱۲/۱	۱۸/۱	۶/۰	۲۷/۲۷
۸	۱۵/۵	۲۰/۷	۵/۲	۳۱/۴۶
۹	۱۸/۲	۲۲/۴	۴/۲	۳۸/۹۶
کل			۳۸/۸	۱۶۱/۰۳

توجه کنید که در محاسبه میانگین مکانی سرعت، صورت کسر، کل مسافت طی شده به وسیله ۶ وسیله‌ی نقلیه در طول جاده و مخرج کسر، کل زمانی است که این ۶ وسیله نقلیه در این قطعه از جاده گذرانده اند.

د) در زمان اندازه گیری، ۷ وسیله نقلیه در قطعه ۱۰۰ فوتی خط عبور جاده شمارش شده است.

چگالی (D) را حساب کنید.

$$D = \frac{۷ \text{ veh} \times ۵۲۸۰ \text{ ft/mi}}{۱۰۰۰ \text{ ft}} = ۳۶/۹۶ \text{ veh/mi}$$

۲-۳- سرعت‌های لحظه ای و تجزیه و تحلیل آن‌ها:

سرعت لحظه‌ای، سرعت یک وسیله نقلیه در لحظه‌ای از زمان در مقطع مشخصی از جاده است، که معمولاً توسط حسگرها و یا سرعت سنج‌های راداری تعیین می‌شود. سرعت لحظه ای را می‌توان با ابزار ساده تر، مانند آنوسکوپ نیز تعیین کرد. مقادیر اندازه گیری شده سرعت‌های لحظه ای، معمولاً دارای پراکندگی‌هایی است، که از طریق روشهای آماری می‌تواند مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گیرد به کمک تجزیه و تحلیل سرعت‌های لحظه ای، می‌توان مقادیر سرعت حداقل، حد اکثر و سرعت طراحی جاده‌ها را مشخص کرد. برای تجزیه و تحلیل سرعت‌های لحظه ای مقادیر اندازه گیری شده را در طبقات معین دسته بندی می‌کنند. در این باره اولین نکته تعیین فرجه طبقات است.

فرجه طبقات، از رابطه

$$K = ۱ + ۳/۳ \log ۳۰۷ = ۹/۲ \text{ ،} \qquad (۱۴)$$

تعیین می‌شود، در رابطه‌ی فوق K فرجه طبقات و $\sum f$ مجموع فراوانی‌ها (تعداد سرعت‌های اندازه‌گیری شده)، است. سپس جدول فراوانی تشکیل و مقادیر درصد فراوانی، درصد جمع فراوانی و انحراف از میانگین محاسبه می‌شود. مثال زیر، نحوه‌ی تشکیل جدول فراوانی و محاسبه‌های مربوط به تجزیه و تحلیل سرعتهای لحظه ای، را نشان می‌دهد.

مثال: در مقطعی از جاده، سرعت‌های لحظه ای ۳۰۷ وسیله‌ی نقلیه‌ی اندازه گیری شده است، و مقادیر سرعت‌های مشاهده شده، بین ۲۰ تا ۱۲۰ کیلومتر بر ساعت است. مقدار فرجه‌ی طبقات برابر است با $K = ۱ + ۳/۳ \log ۳۰۷ = ۹/۲ \approx ۱۰$ فرجه طبقات k مساوی ۱۰، انتخاب می‌شود. در هر طبقه تعداد سرعت‌های مشاهده شده با یکدیگر جمع و در جدول ۲-۱، درج شده است.

جدول ۲-۱- طبقه بندی سرعت‌های لحظه ای مشاهده شده

طبقات سرعت km/h	۲۰- ۲۹/۹	۳۰ – ۳۹/۹	۴۰ – ۴۹/۹	۵۰ – ۵۹/۹	۶۰- ۶۹/۹	۷۰ – ۷۹/۹	۸۰ – ۸۹/۹	۹۰ – ۹۹/۹	۱۰۰ – ۱۰۹	۱۱۰ – ۱۱۹/۹
میانگین هر طبقه x	۲۵	۳۵	۴۵	۵۵	۶۵	۷۵	۸۵	۹۵	۱۰۵	۱۱۵
فراوانی سرعت‌های مشاهده شده f	۶	۱۵	۲۸	۵۴	۷۸	۵۸	۳۲	۲۱	۱۱	۴

در گام بعدی درصد فراوانی هر طبقه را به دست می‌آوریم

$$\text{درصد فراوانی} = \frac{\text{فراوانی طبقه}}{\text{مجموع فراوانیها}} \qquad (۱۵)$$

پس از آن، درصد جمع فراوانی، از طریق حاصل جمع فراوانی‌های هر طبقه تعیین می‌شود. مقدار میانگین نتایج، از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$\overline{x} = \frac{\sum f.x}{\sum f} \qquad (۱۶)$$

بنابراین، لازم است حاصل ضرب فراوانی هر طبقه، در میانگین آن تعیین شود. همچنین برای محاسبه انحراف معیار و ضریب تغییرات، لازم است مقادیر انحراف از میانگین فرضی ($d_۱$) و حاصل ضرب فراوانی هر طبقه در انحراف از میانگین فرضی ($fd_۱$) و حاصل ضرب مربع میانگین فرضی در فراوانی هر طبقه، محاسبه شود.

جدول ۲-۲، مقادیر مربوط به محاسبات این پارامترها را نشان می‌دهد. این جدول در حقیقت جدول توزیع فراوانی سرعت‌های لحظه‌ای به منظور تجزیه و تحلیل آنها است.

جدول ۲-۲- توضیح فراوانی سرعتهای لحظه‌ای

طبقات سرعت km/h	میانگین هر طبقه	فراوانی هر طبقه f	درصد فراوانی %f	درصد مجموع فراوانی‌ها $\%\sum f$	f.x	انحراف از میانگین فرضی d_1	fd_1	fd_1^2
۲۹/۹-۲۰	۲۵	۶	۲	۲	۱۵۰	-۴	-۲۴	۹۶
۳۹/۹-۳۰	۳۵	۱۵	۴/۹	۶/۹	۵۲۵	-۳	-۴۵	۱۳۵
۴۹/۹-۴۰	۴۵	۲۸	۹/۱	۱۶	۱۲۶۰	-۲	-۵۶	۱۱۲
۵۹/۹-۵۰	۵۵	۵۴	۱۷/۶	۳۳/۶	۲۹۷۰	-۱	-۵۴	۵۴
۶۹/۹-۶۰	۶۵	۷۸	۲۵/۴	۵۹	۵۰۷۰	۰	۰	۰
۷۹/۹-۷۰	۷۵	۵۸	۱۸/۹	۷۷/۹	۴۳۵۰	۱	۵۸	۵۸
۸۹/۹-۸۰	۸۵	۳۲	۱۰/۴	۸۸/۳	۲۷۲۰	۲	۶۴	۱۲۸
۹۹/۹/۹۰	۹۵	۲۱	۶/۹	۹۵/۲	۱۹۹۵	۳	۶۳	۱۸۹
۱۰۹/۹-۱۰۰	۱۰۵	۱۱	۳/۵	۹۸/۷	۱۱۵۵	۴	۴۴	۱۷۶
۱۱۹/۹-۱۱۰	۱۱۵	۴	۱/۳	۱۰۰	۴۰۶۰	۵	۲۰	۱۰۰
حاصل جمع		۳۰۷	۱۰۰	-	۲۰۶۵۵	-	۷۰	۱۰۴۸

میانگین سرعت‌های لحظه‌ای برابر است با:

$$\bar{x} = \frac{\sum f.x}{\sum f} = \frac{۲۰۶۵۵}{۳۰۷} = ۶۷/۳ \ km/h$$

جدول فوق نشان می‌دهد ه میانگین در طبقه ۶۹/۹-۶۰ قرار دارد و بنابراین در جدول، انحراف از میانگین فرضی این طبقه، صفر در نظر گرفته می‌شود.

همچنین مقدار انحراف از معیار از رابطه‌ی زیر تعیین می‌شود.

$$S.D = K\sqrt{\frac{\sum fd_1^2}{\sum f} - (\frac{\sum fd_1}{\sum f})^2} \qquad (۱۷)$$

$$S.D = ۱۰\sqrt{\frac{۱۰۴۸}{۳۰۷} - (\frac{۷۰}{۳۰۷})^۲} = ۱۸/۳ km/h$$

ضریب تغییرات، که میزان پراکندگی از میانگین را نشان می‌دهد برابر است با:

$$C.O.V = \frac{۱۰۰(S.D)}{\bar{x}} = \frac{۱۰۰ \times ۱۸/۳}{۶۷/۳} = ۲۷/۲ \qquad (۱۸)$$

به طبقه‌ای که بیشترین فراوانی را دارد، «نما»[1] گفته می‌شود، و از رابطه‌ی زیر قابل تعیین است:

[1]- Mode

$$M_o = L_{mo} + \frac{f_m - f_{m-1}}{(f_m - f_{m-1}) + (f_m - f_{m+1})} \times k \qquad (19)$$

در رابطه بالا:

L_{mo} حد پایین طبقه‌ی نما

f_m فراوانی طبقه‌ی نما

f_{m-1} فراوانی طبقه‌ی بالایی طبقه‌ی نما

f_{m+1} فراوانی طبقه‌ی پایینی طبقه‌ی نما

با توجه به اینکه فراوانی سرعت در طبقه‌ی ۶۰-۶۹/۹ بیشترین مقدار است، لذا:

$$M_o = ۶۰ + \frac{۷۸ - ۵۴}{(۷۸ - ۵۴) + (۷۸ - ۵۸)} \times ۱۰ = ۶۵/۴۵ \text{ km/h}$$

میانه یا سرعتی که درصد جمع فراوانی آن ۵۰ درصد است، از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$M_d = L_{md} + \frac{\frac{\sum f}{2} - \sum f_{md}}{f_{md}} \times k \qquad (20)$$

در رابطه فوق:

L_{md}: حد پایین طبقه‌ی میانه

$\sum f$: مجموع فراوانی

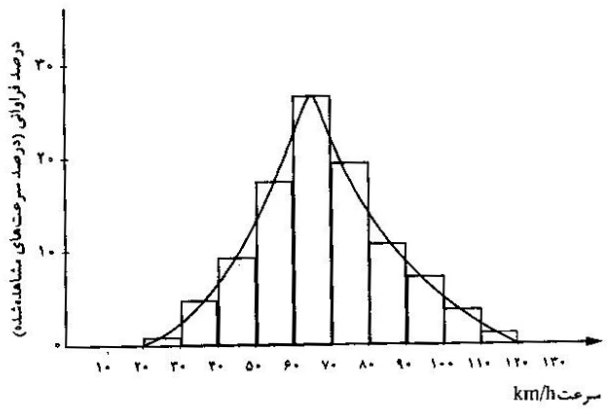
$\sum f_{md}$: مجموع فراوانی‌ها تا طبقه‌ی میانه

f_{md}: فراوانی طبقه‌ی میانه

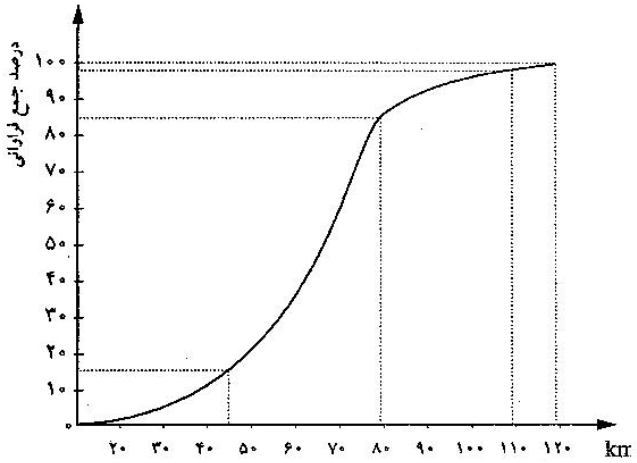
با توجه به جدول۲-۲، درصد جمع فراوانی نیز در طبقه‌ی ۶۰-۶۹/۹ به مقدار ۵۰ درصد می‌رسد، لذا:

$$M_d = ۶۰ + \frac{\frac{۳۰۷}{۲} - (۶ + ۱۵ + ۲۸ + ۵۴)}{۷۸} \times ۱۰ = ۶۶/۴۷ \text{ km/h}$$

باید توجه داشت که در این مثال، به طور اتفاقی، میانگین، نما و میانه هر سه در یک طبقه قرار گرفته‌اند به کمک رسم منحنی درصد فراوانی، نحوه‌ی توزیع سرعت‌های لحظه‌ای، قابل بررسی است. همچنین به کمک رسم منحنی جمع فراوانی، می‌توان مقادیر سرعت حداقل، سرعت حداکثر و سرعت طرح را به دست آورد. شکل۲-۴ و ۲-۵، به ترتیب، منحنی‌های درصد فراوانی و درصد جمع فراوانی را نشان می‌دهند.



شکل ۲-٤- منحنی درصد فراوانی سرعت‌های لحظه‌ای



شکل ۲-٥- منحنی درصد جمع فراوانی‌های سرعت‌های لحظه‌ای

با توجه به شکل۲-٤، ملاحظه می‌شود که منحنی درصد فراوانی سرعت‌های لحظه‌ای، منحنی زنگوله‌ای گوس است. نقطه‌ی ماکزیمم این منحنی، نما را با سرعتی که دارای درصد فراوانی است، نشان می‌دهد. با توجه به شکل۲-٤، می‌توان مقادیر میانه یا سرعتی که درصد جمع فراوانی آن۵۰ درصد است و همچنین مقادیر سرعت طرح، حداکثر و حداقل جاده را که به ترتیب، دارای درصد جمع فراوانی۹۸، ۸۵ و ۱۵ درصد هستند، محاسبه نمود در شکل۲-٥، مقدار این پارامترها برابر است با:

٪۹۸ سرعت طرح =۱۰۹Km/h

٪۸۵ سرعت حداکثر =۷۹Km/h

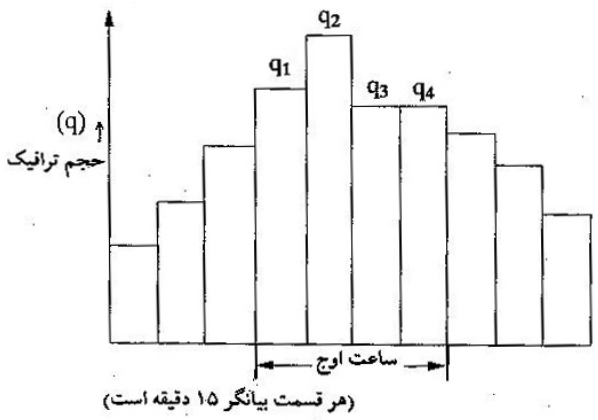
٪۱۵ سرعت طرح =٤٤/٥Km/h

۲-۴- ضریب ساعت اوج[1](P.H.F):

ضریب ساعت اوج، نسبت میزان جریان ترافیک در طول ساعت اوج است که در واقع شامل چهار حجم ترافیکی می‌باشد و در طول ٤ دوره زمانی ۱۵ دقیقه‌ای، اندازه‌گیری می‌شود، به میزان بیشترین حجم ترافیکی اندازگیری شده در طول دوره زمانی یک ساعته(٤، ۱۵ دقیقه‌ای)، می‌باشد.

$$\text{ضریب ساعت اوج(F.H.P)} = \frac{q_1 + q_2 + q_3 + q_4}{4q_2} \qquad (۲۱)$$

در واقع در صورت کسر، هر کدام از ٤ حجم ترافیکی در طول دوره زمانی ۱۵ دقیقه اندازه‌گیری شده قرار گرفته و در مخرج کسر، چهار برابر q_2، بیشترین مقدار حجم ترافیک در طول ۱۵ دقیقه قرار داده می‌شود. میزان تردد ترافیکی در طول ساعت اوج در شکل۲-٦، نشان داده شده است.



شکل ۲-٦- ضریب ساعت اوج

بیشترین مقدار ضریب ساعت اوج، برابر یک می‌باشد که نشان می‌دهد تردد در طول ساعت اوج، ثابت و یکنواخت است. حجم ترافیک در طول ساعت اوج، می‌تواند بر شرایط جریان ترافیک تاثیر قابل توجهی بگذارد. میزان جریان ترافیک، برای فواصل کوتاه زمانی، ممکن است از میزان ترافیک در زمان ساعت اوج، بیشتر شود. بنابراین لازم است ظرفیتی بیشتر از ظرفیت زمان ساعت اوج در نظر گرفته شود، تا شرایط برای عبور جریان ترافیک در این فواصل زمانی کوتاه، فراهم شود. زیرا زمانیکه میزان جریان ترافیک از ظرفیت، بیشتر شود، تراکم، در زمانی بیشتر از فاصله زمانی اوج جریان ترافیک، ادامه می‌یابد. همانطور که قبلاً نیز گفته شد حجم ترافیک و تردد، از مهم‌ترین پارامترهای مطالعه ترافیکی محسوب می‌شوند، و دارای موارد کاربردی زیادی هستند، که اهم آنها به قرار زیر است:

- تعیین اهمیت نسبی جاده‌ها و تهیه نقشه تردد.
- مطالعه تصادفات و ایمنی.
- طراحی و محاسبات چراغهای راهنمایی.
- طراحی میادین.
- تصمیم گیری در مورد تعریض، افزایش خطوط و بهسازی جاده‌ها.
- تعیین تعداد و نوع علائم کنترل ترافیکی.

[1]- Peak Hour Factor

- بررسی تأثیرات آلودگی ترافیک بر محیط زیست.
- مطالعات اقتصادی جاده‌ها.
- ساخت جاده‌های جدید.
- تعیین ظرفیت جاده‌ها و تقاطع‌ها.
- طراحی مقاطع تغییر خط
- بررسی میزان تمایل استفاده رانندگان از جاده‌ها و نحوه ی توزیع ترافیک در شبکه.
- انتخاب محلهای نصب سیستم‌های هوشمند کنترل ترافیک

با توجه به اهمیت حجم ترافیک و تردد و حجم زیاد آمار مورد نیاز، معمولاً از روشهای مختلفی برای اندازه گیری آنها استفاده می‌شود. کاربرد هر یک از روشها، به هدف مطالعه و امکانات موجود بستگی دارد. این روشها به چهار دسته تقسیم بندی می‌شوند:

۱- روشهای دستی و ساده، که شامل شمارش دستی، استفاده از شمارشگرهای ساده، ضبط صوت و نظایر آنها است.

۲- روشهای استفاده از شاخص و شمارشگر ؛ در این روشها شاخصی در سطح یا کنار جاده نصب می‌شود و در هنگام عبور وسائط نقلیه، از طریق ایجاد عارضه ناگهانی در شاخص، شمارشگر تعداد محورها و یا وسائط نقلیه را ثبت می‌کند. شمارشگرها، در واقع نوعی کنتور هستند هستند، اما شاخص‌ها انواع مختلفی دارند که از متداول‌ترین آنها می‌توان به شاخص هیدرولیکی، برقی و مغناطیسی اشاره نمود که در سطح جاده نصب می‌شوند و شاخص چشم الکتریکی، که در کنار جاده مستقر می‌شود.

۳- روش اتومبیل مشاهده.

٤- روش عکسبرداری و شناسگرها، که از طریق ضبط تصویری، جریان ترافیک عبوری از جاده‌ها و بررسی آن. حجم ترافیک و تردد تعیین می‌شود.

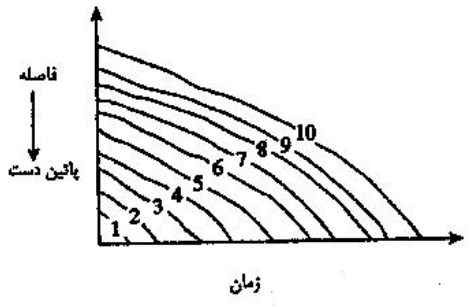
از آنجا که برای تعیین حجم ترافیک و تردد، به حجم وسیعی از آمارها نیاز است لذا می‌توان با شناخت روند تغییرات حجم ترافیک و تردد و استفاده از آن در تخمین‌های آماری آمارگیری‌های لازم را به میزان زیادی کاهش داد.

تغییرات حجم ترافیک ساعتی، در ساعتهای مختلف شبانه روز، دارای روندی تقریبا ثابت و مشخص است. این تغییرات، افزایش حجم ترافیک را ساعتهای شروع کاری و اداری در صبح‌ها، که (پیک صبح) نامیده می‌شود و نیز افزایش آن در ساعت‌های تعطیلی ادارات در عصرها و یا در ساعت‌های اولیه شب به دلیل افزایش سفرها که پیک عصر نامیده می‌شود، نشان می‌دهد. همچنین حجم ترافیک در نیمه شب و ساعتها اولیه روز به میزان زیادی کاهش می‌یابد. به همین ترتیب تغییرات حجم ترافیکی هفتگی و ماهیانه دارای روند مشخصی است. در شهرها در روزهای کاری، حجم ترافیک افزایش می‌یابد در جاده‌های بین شهری افزایش حجم ترافیک در اواخر هفته و در روزهای تعطیلات رخ می‌دهد. روند تغییرات روزانه، هفتگی و ماهیانه حجم ترافیک، از طریق آمارگیری‌های نمونه برای جاده‌ها، خیابان‌های شهری و مناطق مختلف، می‌توانند یک بار محاسبه گردند و سپس برای بررسی‌های لازم تعمیم داده شود.

۲–۵- مدلهای جریان ترافیک:

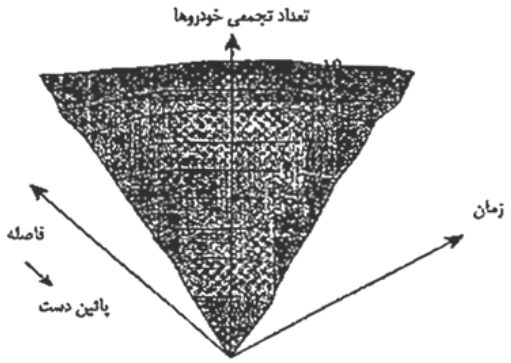
مدلهای جریان ترافیک رابطه بین مشخصات ترافیک مانند سرعت، دبی و تراکم را تعدیل می‌کند. پیچیده‌ترین مدل‌ها، تلاش می‌کنند که خط سیر تغییرات دبی جریان ترافیک در طول زمان را بر پایه‌ی بعضی روابط زیر بنایی و شرایط جدی سیستم ترسیم کنند. مدل‌های جریان ترافیک غالباً به ۲ دسته‌ی کلان نگر یا ریز نگر طبقه بندی می‌شود مدلهای ریز نگر حرکت یک وسیله‌ی نقلیه‌ی منفرد و تعامل آن با یک وسیله‌ی نقلیه‌ی دیگر را توضیح می‌دهند. مدلهای کلان نگر رابطه‌ی بین دبی، سرعت و ترکم را بیان می‌کنند. مدل‌های کلان نگر و ریز نگر جریان ترافیک از این جهت که معکوس فاصله‌ی زمانی بین خودروها را مساوی میانگین نرخ تردد و معکوس میانگین فاصله‌ی مسافتی خودروها مساوی تراکم در نظر می‌گیرند با یکدیگر مرتبط می‌شوند.

بعضی از روابط بین سرعت، تردد و تراکم مستقیماً از تعریف آنها استنباط می‌شود، مابقی آنها از رفتار رانندگان استخراج می‌شود. برای اینکه بدانیم چگونه بعضی از این روابط از تعاریف آنها قادر به استخراج است، نمودار ترسیمی مسیر حرکت خودرو را که در شکل ۲–۷ رسم شده است در نظر بگیرید.



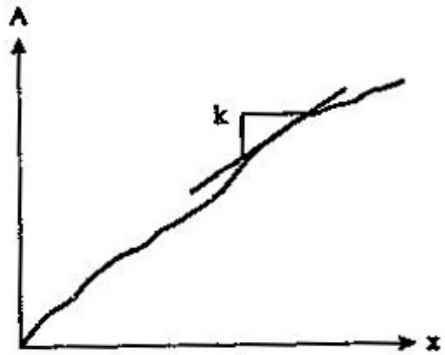
شکل ۲–۷- مسیر حرکت خودرو

در این شکل روش متداول نشان دادن مسافت برعکس شده است به طوری که از بالا به پایین نشان دهنده‌ی حرکت به جلو همراه و با جریان ترافیک است. مسیرهای حرکت به ترتیب از جلو به عقب شماره‌گذاری شده، به طوری که وسیله نقلیه شماره۱ جلوی وسیله شماره۲ و آن جلوی وسیله شماره۳ و... است. توجه کنید شماره خودروها نشان دهنده تعداد تجمعی وسایل عبور کرده از هر نقطه مشخص بعد از گذشتن یک وسیله نقلیه مرجع می‌باشد. در نتیجه این خطوط را می‌توان خطوط همترازی تعداد تجمعی خودروها در برابر زمان و مکان نیز دانست. شکل۲–۸ یک نمایش سه بعدی سطح نشان داده شده در شکل۲–۷ می‌باشد. در نمایش سه بعدی، یک صفحه قائم موازی محور زمان، یک نقطه ثابت در مکان را نشان می‌دهد. محل برخورد یک چنین صفحه‌ای با صفحه نشانگر تعداد تجمعی خودروها، منحنی تعداد تجمعی وسایل نقلیه در برابر زمان در آن نقطه را نشان می‌دهد که شبیه تابع ورود در نمودار صف می‌باشد.

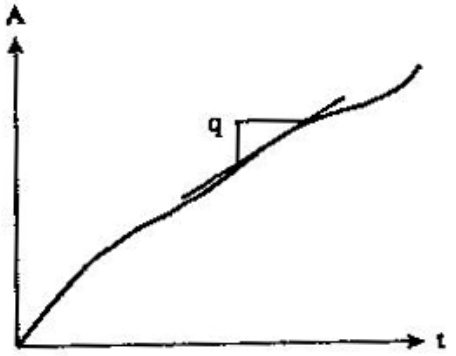


شکل ۲-۸- نمایش سه بعدی صفحه نشان‌دهنده تعداد تجمعی خودروها

به ترتیب مشابه یک صفحه قائم موازی محور مسافت نشان دهنده لحظه مشخصی از زمان و فصل مشترک چنین صفحه‌ای با سطح تعداد تجمعی خودروها، منحنی تعداد تجمعی خودروها در برابر مسافت است.
شکل ۲-۹ و ۲-۱۰ نمونه چنین منحنی‌هایی هستند.



شکل ۲-۹- منحنی تعداد تجمعی خودرو در برابر مسافت



شکل ۲-۱۰- منحنی تعداد تجمعی خودرو در برابر مسافت

۲-۶- دسته بندی جریان ترافیکی:

جریان وسایل نقلیه در تسهیلات حمل و نقلی را به طور کلی به دو دسته می‌توان طبقه‌بندی کرد:

۱- جریان غیر منقطع که در تسهیلاتی روی می‌دهد که در آنها عناصر ثابتی مانند چراغ راهنمایی – که باعث قطع جریان ترافیک می‌شوند – وجود ندارد. بنابراین شرایط جریان ترافیک نتیجه تأثیر متقابل بین وسایل نقلیه در جریان ترافیک و بین وسایل نقلیه با ویژگی؛ هندسی مسیر است. همچنین راننده‌ی وسیله نقلیه انتظار ندارد که توسط عواملی خارج از جریان ترافیک وادار به توقف شود.

۲- جریان منقطع که روی تسهیلات حمل و نقلی به وقوع می‌پیوندند که دارای عناصر ثابتی باشند که سبب انقطاع متناوب جریان ترافیک می‌شوند. این عناصر شامل چراغهای راهنمایی تابلوهای توقف و سایر انواع کنترل کننده‌ها است. این وسایل به طور متناوب سبب توقف (کاهش قابل ملاحظه سرعت) ترافیک، صرف نظر از اینکه چه اندازه ترافیک موجود است می‌گردند. طبیعتاً در این حالت، راننده انتظار دارد که عواملی سبب توقف وی شود آن هم زمانی که عواملی ثابت، بخشی از تسهیلات در بر می‌گیرند.

باید توجه داشت که جریان غیر منقطع و جریان منقطع اصطلاحاتی هستند که تسهیلات را توصیف می‌کنند و نه کیفیت جریان را. یک آزاد راه دارای تراکم که در آن جریان در حال متوقف شدن است، هنوز به عنوان یک تسهیلات غیر منقطع تلقی می‌شود، زیرا تراکم از درون جریان نشأت میگیرد. سیستم چراغ‌های راهنمایی با زمان‌بندی مناسب در شریانی می‌تواند جریان ترافیکی تقریباً غیر منقطع را ایجاد نماید اما چنین جریانی احتمالاً به دلایل مختلف در مرحله اول به عنوان بخشی از سیستم خواهد بود و در نتیجه به عنوان جریان منقطع طبقه بندی می‌شود.

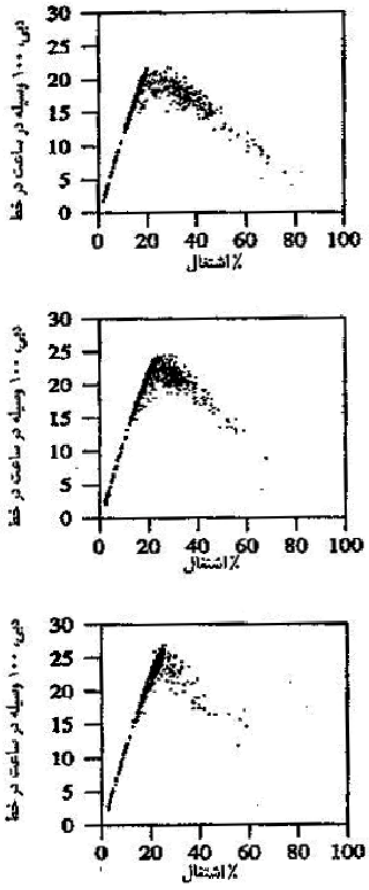
جدول ۲- ۳ نمونه ای از انواع تسهیلات را تحت طبقه بندی تسهیلات جریان غیر منقطع و منقطع نشان می‌دهد. توجه داشته باشید که این طبقه بندی تقریبی است. برای مثال آزادراهی تحت شرایط خالص‌ترین شکل جریان غیر منقطع عمل می‌کنند و راههای چندخطه و دو خطه تحت جریان تقریباً غیر منقطع عمل می‌کنند به ویژه در قطعات طولانی بین نقاط انقطاع ثابت، مانند قطاعاتی که فاصله چراغهای راهنمایی در آنها از ۲ مایل بیشتر شود.

عابران پیاده، دوچرخه‌ها و جریان حمل و نقل عمومی، عموماً به عنوان منقطع در نظر گرفته می‌شود. هر چند شرایط غیر منقطع نیز می‌تواند اتفاق بیفتد؛ به عنوان مثال در یک خط ویژه طولانی اتوبوس بدون ایستگاه. جریان غیرمنقطع می‌تواند باشد.

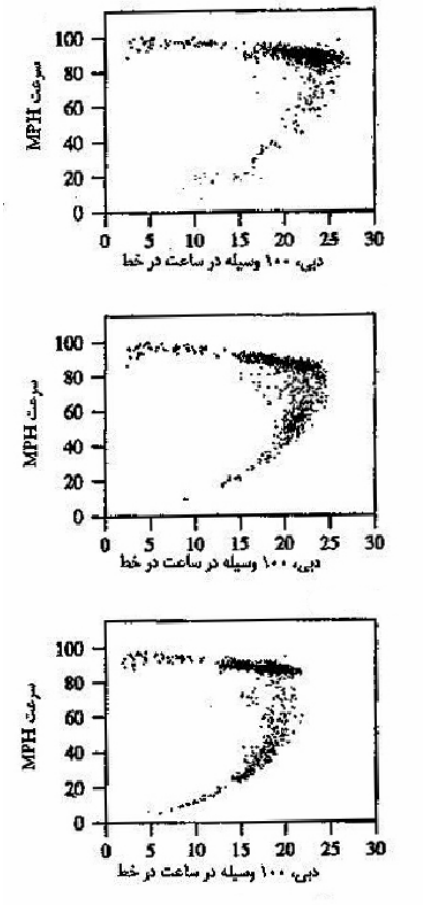
جدول ۲-۳: انواع تسهیلات حمل و نقلی

جریان غیر منقطع
آزاد راهها
جاده‌های چند خطی
جاده‌های دو خطی
جریان منقطع
خیابانهای چراغدار
خیابانهای بدون چراغ با تابلوی توقف
شریانی‌ها
تسهیلات عمومی حمل و نقل
پیاده روها
مسیرهای عبور دوچرخه

۲-۶-۱- مدل جریان غیر منقطع ترافیکی. این مدل را به بهترین وجهی به وسیله یک منحنی که در شکل ۲-۱۱ نشان داده شده می‌توان توصیف نمود. چند وسیله نقلیه را تصور کنید که به وسیله رانندگانی منطقی در طول بخشی از آزادراه هدایت می‌شوند. همچنان که سرعت و فاصله مکانی عبور وسایل نقلیه افزایش پیدا می‌کند، سرعتها به سرعت آزاد نزدیک می‌شوند و رانندگان سرعت مورد نظر خود را در حالتی که تحت تأثیر سایر وسایل نقلیه در جریان ترافیک قرار ندارند، انتخاب می‌کنند(نقطه C). شناخت وضعیت در نقطه A، که نشان دهنده حداکثر چگالی ترافیکی است که هنگامی روی می‌دهد که ترافیک تقریباً به توقف کامل رسیده باشد بسیار سودمند است، (محدوده توقفگاه خطی را به یاد می‌آورد). منحنی خط چین نشان دهنده رفتار عادی جریان است، در صورتی که تمام رانندگان باید سرعت آزاد یکسانی داشته باشند (نقطه D). مشاهده شده است که رانندگان در جریانهایی در حدود ۹۰۰ وسیله نقلیه در ساعت یا کمتر که در حدود نصف جریان ظرفیت است (نقطه B)، تحت تاثیر سایر وسایل نقلیه در خط عبور قرار نمی گیرند. توجه داشته باشیم که در ناحیه جریان تحمیلی، هر وسیله نقلیه، حداقل فاصله عبور و فاصله مکانی را اختیار می‌کند.



شکل ۲-۱۱- نمودار پراکندگی دبی ـ اشغال



شکل ۲-۱۲- نمودار پراکندگی سرعت دبی

۲–۶–۲– تحلیل رابطه سرعت، جریان و چگالی. اگر فرض کنیم که رابطه ای خطی بین سرعت ترافیک در خط غیر منقطع عبور و چگالی (veh/mi) وجود داشته باشد همانطور که در شکل ۲–۱۲ نشان داده شده، این رابطه را از نظر ریاضی می‌توان به صورت زیر بیان نمود. $V = A - BD$

که در آن:

V= میانگین سرعت وسایل نقلیه (mph)

D=متوسط چگالی وسایل نقلیه (veh/m)

A و B = پارامترهای تجربی

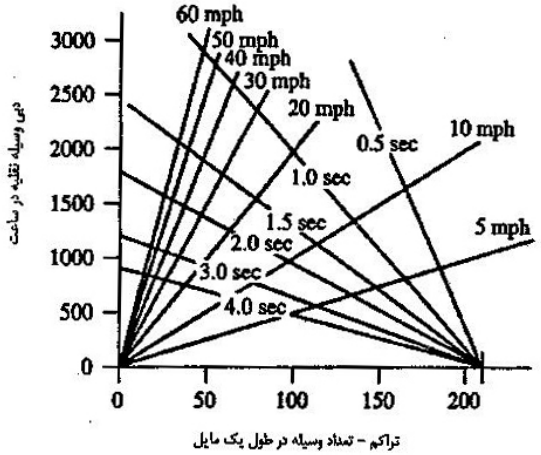
از آنجا که مقدار جریان غیر منقطع ترافیکی حاصلضرب چگالی و سرعت است می‌توان داشت:

$$Q = D.V = A.D - B.D^{۲} \qquad (۲۱)$$

$$Q = D.V = \frac{(V - A)V}{-B} - B = \frac{A}{B}V - \frac{V^{۲}}{B}$$

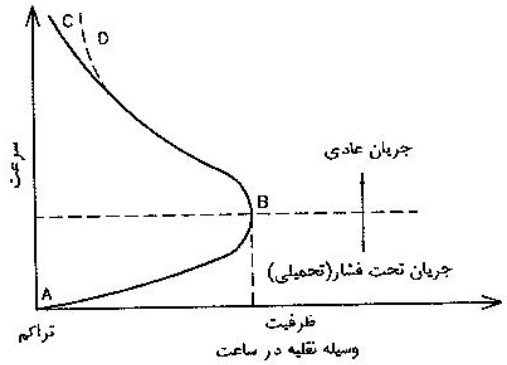
برای چگالی تقریباً صفر، میانگین سرعت آزاد = A و برای سرعت تقریباً صفر، چگالی راه بندان = A/B است. حداکثر جریانی که در حدود نصف میانگین سرعت آزاد اتفاق می‌افتد برابر است با $\frac{A^{۲}}{٤B}$.

شکل ۲–۱۳– رابطه نظری بین جریان (Q) و چگالی (D) را برای یک خط عبور نشان می‌دهد که به صورت سهمی نمایش داده شده است. هنگامی که جریان افزایش پیدا می‌کند، چگالی نیز افزایش می‌یابد، تا ظرفیت خط عبور کامل شود. نقطه حداکثر جریان (Qmax) مطابق است با چگالی بهینه (D). از این نقطه به بعد به طرف راست، جریان به ترتیبی که چگالی افزایش پیدا می‌کند کاهش می‌یابد. در حالت چگالی راه بندان (Di) جریان تقریباً صفر است. در خط عبور آزادراه، این نقطه را می‌توان به ترافیکی تشبیه کرد که در شرف توقف است و خط عبور مانند محوطه توقفگاه به نظر می‌آید. اگر از نقطه صفر شعاعهایی را به هر نقطه دلخواهی از منحنی رسم کنید، شیب این شعاعها نمایانگر میانگین سرعت مکانی است. شعاع دارای شیب Vf مطابق است با میانگین سرعت آزاد و مماس بر منحنی است. این سرعت هنگامی امکان پذیر است که چگالی نزدیک به صفر باشد. شکل ۲–۱۲– یک رابطه نظری را بین سرعت و چگالی که به وسیله یک خط مستقیم نمایش داده شده نشان می‌دهد. این رابطه واقعاً صحیح نیست اما برای مقاصد عملی بسیار سودمند است. جریانها را می‌توان به سادگی با ضرب کردن مختصات سرعتها و چگالی‌ها برای هر نقطه در روی خط مستقیم محاسبه کرد.



شکل ۲-۱۳ - نمودار دبی ـ تراکم با خطوط سرعت و فواصل زمانی ثابت

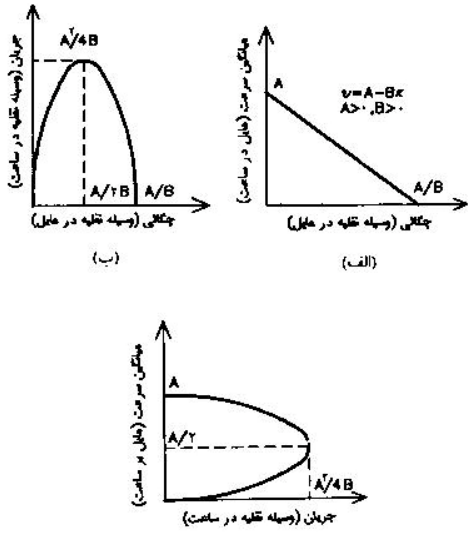
بالاخره شکل ۲-۱٤- رابطه نظری بین سرعت و جریان را نشان می‌دهد شعاع‌هایی که از نقطه صفر به طرف هر نقطه دلخواهی از منحنی رسم شده، دارای شیبهایی هستند که عکس آنها برابر با چگالی است. نمودارهای فرضیی که میانگین سرعت، چگالی و جریان را – همانطور که در شکل ۲-۱۵ نشان داده شده – به یک دیگر متصل می‌کنند و شرایط مربوط به آنها را می‌توان به بهترین وجهی به صورت زیر مورد بحث قرار داد. در نقطه A، چگالی نزدیک صفر است و تعداد بسیار کمی وسیله نقلیه بر روی جاده وجود دارد. حجم نیز نزدیک به صفر است و این تعداد کم وسایل نقلیه بر روی جاده می‌توانند سرعتهای مورد نظر خود را انتخاب کنند و یا خط عبوری خود را بدون محدودیت تغییر دهند. در نقطه B، تعداد وسایل نقلیه افزایش پیدا کرده اما شرایط جریان آزاد حاکم است و به ندرت محدودیتی وجود دارد، البته چنان محدودیت‌هایی مرتباً تا زمانی که به نقطه Cبرسیم رو به افزایش است.



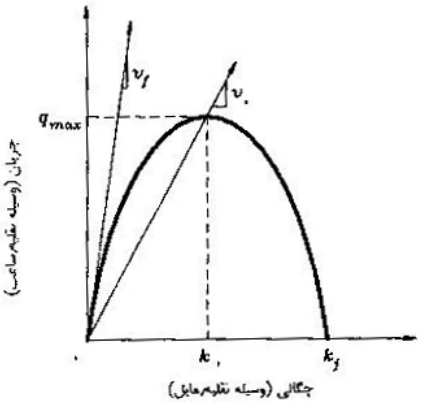
شکل ۲-۱٤- منحنی سرعت ـ جریان

شرایط جریان را از Bتا C می‌توان عادی تلقی کرد همچنان که چگالی افزایش میابد، رانندگان آزادی خود را در مانور کردن وسیله نقلیه و رسیدن به سرعت و خط عبوری که انتخاب کرده اند از دست می‌دهند. در حول نقطه C، شرایط ترافیکی علایم ناپایداری از خود نشان می‌دهند سرعتها و چگالی‌ها با کمترین تغییراتی در حجم نوسان می‌کنند. نقطه Cنقطه حداکثر حجم است و افزایش بیشتر در چگالی باعث کاهش قابل ملاحظه ای در سرعت می‌شود. چنین رفتاری جریان تحمیلی نامیده می‌شود و تقریباً در همه جا از C تا نقطه D حاکم است.

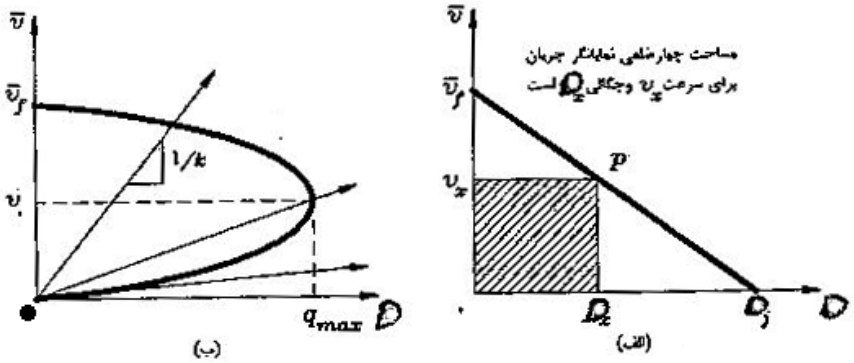
جریان در نزدیکی نقطه D تا حدود صفر کاهش می‌یابد به نحوی که خودروها سپر به سپر یکدیگر قرار می‌گیرند. نقطه D به چگالی راه بندان معروف است. هر راننده از A به B در شرایط رانندگی عالی و ازB به C در شرایط خوب رانندگی به سر می‌برد اما ازC به‌D این شرایط به طور فزاینده ای رو به اضمحلال می‌گذارد.



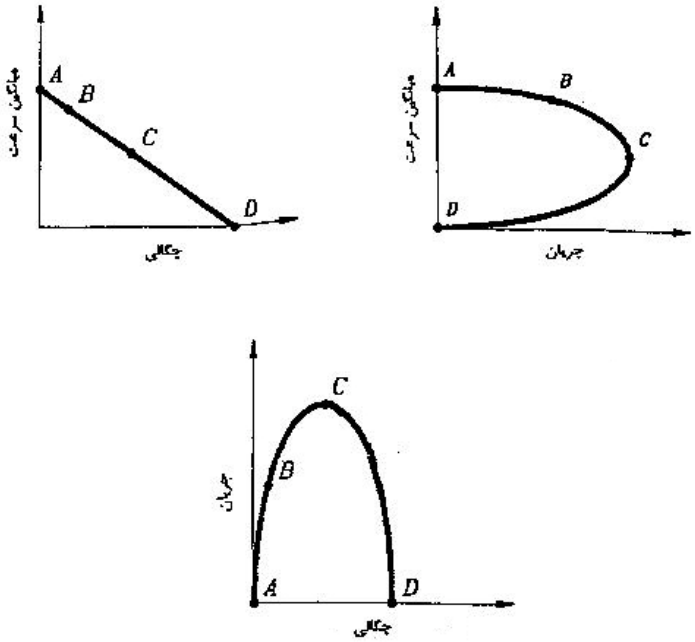
شکل ۲-۱۵- منحنی‌های سرعت ـ جریان ـ چگالی



شکل ۲-۱۶- منحنی جریان ـ چگالی



شکل ۲-۱۷- منحنی‌های سرعت ـ چگالی و سرعت ـ جریان



شکل ۲-۱۸- منحنی‌های V_ D _ q

سئوالات و مسائل مطرح:

۱- عوامل اصلی و فرعی توصیف جریان ترافیک را مورد به مورد نوشته و تحلیل نمائید؟

۲- پنج وسیله نقلیه در حال عبور از یک قطعه یک مایلی از یک راه هستند با فرض زمانهای سفر ۱/۵ و ۱/۸ و ۲ و ۲/۵ و ۳ ثانیه میانگین سرعت سفر و میانگین زمان سفر را تعیین کنید؟

۳- شش وسیله نقلیه به ترتیب با سرعتهای ۸۰ و ۷۰ و ٦۰ و ٦۵ و ۵۵ و ۸۵ مایل بر ساعت از مقابل یک علامت یک مایلی عبور می‌کنند سرعت متوسط زمانی این ٦ وسیله نقلیه چقدر است؟

٤- حجم و آهنگ جریان ترافیک (تردد) را تعریف نموده و مورد اختلاف آن‌ها را بنویسید؟

۵- در یک دوره ٦۰ ثانیه‌ای یک شناسگر به مدتهای ۰/۳۵، ۰/٤۰، ۰/۳۸، ۰/٤۵، ۰/۵۵، ۰/۲۸، ۰/٤۳ ثانیه توسط وسایل نقلیه اشغال شده است مقادیر Q و D وv را محاسبه کنید؟ (طول حلقه شناسگر را ۱۲ فوت و میانگین طول وسایل نقلیه را ۱۵ فوت در نظر بگیرید)

٦- مجموعه‌ای از سرعتهای لحظه‌ای بین ۱۰ کیلومتر بر ساعت تا ۱۳۰ کیلومتر بر ساعت ر با مجموع فراوانی ۵۰۰ وسیله در نظر گرفته ضمن تهیه جداول طبقه‌بندی سرعتهای لحظه‌ای و توزیع فراوانی سرعتهای لحظه‌ای، منحنی‌های درصد فراوانی و درصد جمع فراوانی‌های سرعتهای لحظه‌ای را ترسیم و از روی آن نقاط سرعتهای طرح، حداکثر، حداقل را مشخص و تحلیل نمائید؟

۷- بعضی از موارد کاربرد پارامترهای مطالعه ترافیکی را بنویسید؟

۸- انواع دسته بندی ترافیکی را نوشته و بیان دارید کدام یک را بر دیگری برتر می‌دانید چرا؟

۹- ضمن ترسیم منحنی‌های چگالی جریان ـ میانگین سرعت، چگالی ـ میانگین سرعت آن‌ها را تحلیل نمائید.

۱۰- آموخته‌های قابل بکارگیری خودتان از این فصل را در بهبود ترافیک از نگاه راهنمایی و رانندگی بنویسید؟

فصل سوم

علائم و تجهیزات کنترل ترافیک

با رعایت قوانین اصلی راهها و برنامه‌های زمانبندی شده، ترافیک سبک تحت سرویس مناسب بهره برداری می‌تواند به آسانی و در کمال ایمنی در هر نوع شبکه‌ی حمل و نقل حرکت کند. هر چه حجمها و چگالی‌ها افزایش یابد ضمن تقلیل سطوح سرویس به سمت سطح سرویس F با برخورد انواع جریانهای ترافیک باعث افزایش ترافیک و تصادف و بهره برداری غیر اقتصادی و ازدیاد در تأخیرات متوسط برای وسایل نقلیه در سیستم می‌شود.

وسایل کنترل ترافیک برای تأمین ۲ هدف اصلی زیر بکار برده می‌شوند:

الف ـ افزایش ایمنی

ب ـ کاهش تأخیرات و افزایش ظرفیت سیستم

متغیرهای عملیاتی مدهای مختلف و تغییرات در میزان آموزش بر افزایش سطح مهارت مورد نیاز گردانندگان هر مد، تغییراتی را در وسایل کنترل ترافیک اعمال می‌کند که می‌تواند در شرایط مختلف متفاوت باشد که در ادامه بحث به بعضی از وسایل کنترل ترافیک اشاره می‌شود.

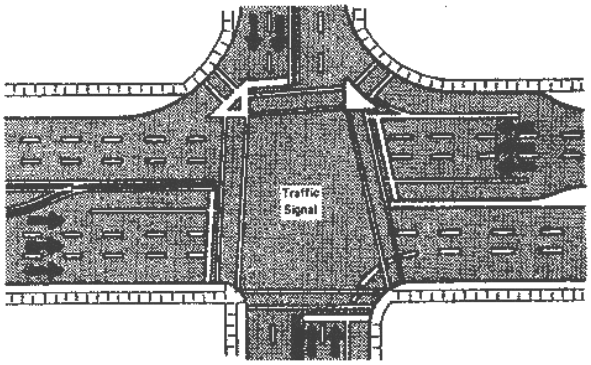
۳–۱– علامتهای افقی روی سطح رویه:

هدف اصلی علامت گذاری روسازی راهها، تنظیم و تأمین راهنمایی برای جریان ترافیک عبوری بین خطوط و ایجاد کانالی برای جداسازی حرکتها با کمترین وسایل فیزیکی و تکیه بر اثرات روانشناسی علامتها برای ارائه رفتاری که باعث به وجود آمدن واکنش مطلوب راننده می‌شود، می‌باشد. مزایای علامت گذاری روسازی راهها را می‌توان، از جمله عدم نیاز به موانع فیزیکی در ترافیک جاده‌ها، امکان استفاده از همه‌ی حجم مسیر حرکت، هزینه اولیه کم و سادگی محو آنها در مواقع مورد نیاز، ذکر نمود. به بیان دیگر، علامت گذاری روسازی راهها در شرایط برفی به راحتی قابل از میان رفتن بوده و تأثیر کمی روی کاهش دید دارند. همچنین می‌توانند به سرعت تحت شرایط ترافیک سنگین سائیده شده و عدم اجبار روی برخورد حرکتها را داشته باشند. همچنین بجهت امکان استفاده از انواع رنگهای مختلف در علامت گذاری می‌تواند حداکثر تأثیر پذیری را به استفاده کنندگان انتقال دهد.

مطابقت این علامت‌گذاریها در خارج شهرها و شهرها نسبت به استاندارد ملی باعث بوجود آمدن علائم و نشانه‌های یکسان در راههای بین شهری و شهری برای رانندگان می‌شود.

الف ـ خطوط مرکزی. خطوط منقطع یا ممتد زرد رنگ هستند که برای جداکردن جریان‌های ترافیک مخالف به کار می‌روند. در راههای چند خطه (٤خط و بیشتر) با روسازی غیر مجزا، خطوط مرکزی ممکن است از ۲ خط ممتد زرد رنگ تشکیل شده باشد.

ب ـ خطوط مربوط به هر خط از راه. خطوط سفید رنگ منقطع هستند که بر اساس استاندارد پیشنهادی ٤/٥٧ متر طول برای هر قطعه با یک فاصله ۷/٦۲ متری توصیه میشود. در تقاطعاتی که حرکت عرضی (موجی) مطلوب نیست، این خطوط را خیلی از اوقات به شکل خطوط تو پر در یک فاصله‌ی کوتاه (همانند شکل۳–۱) علامت گذاری می‌کنند.



شکل ۳-۱- کاربرد کلی از علامتگذاری مورد استفاده در خط جهت کنترل ترافیک

ج ـ ناحیه‌ی غیر قابل عبور. قسمت‌هایی از راه را روی ۲ یا ۳ خط جاده در مقاطعی که مسافت دید محدود شده یا موقعیت‌های خطرناک دیگر نیازمند منع عبور و مرور است را نشان می‌دهد.

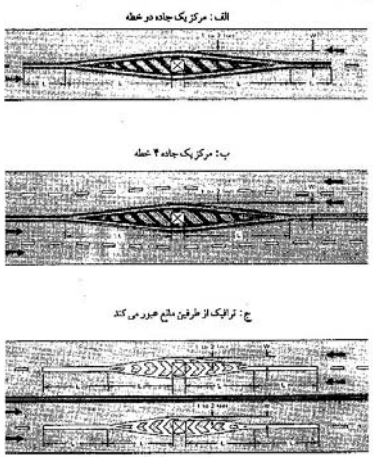
این ناحیه، به وسیله‌ی یک خط زرد رنگ تو پر در قسمت نزدیک به سمت راننده مشخص شده است. منع عبور و مرور در هر جهت به وسیله‌ی یک جفت خط مرکزی زرد رنگ موازی نشان داده شده است.

د ـ خط لبه رو سازی. خطوط سفید رنگ تو پر است که روی لبه‌ها ترسیم شده اند و برای تامین هدایت راننده در شرایطی با قابلیت دید کم به ویژه در هوای بارانی و در شب می‌باشند. بیشتر آنها سفید رنگ هستند به جز آنهایی که روی لبه‌ی سمت چپ خیابان‌های جدا شده و بزرگراه‌ها یا یک خط از جاده که به رنگ زرد می‌باشد.

هـ ـ خط کاهش دهنده حالت عبور. برای هدایت ترافیک در نقاطی که عرض رو سازی به مقدار کمتر از تعداد خطوط اصلی تغییر می‌کند، استفاده می‌شوند. این خطوط زرد رنگ بوده و طول آنها با توجه به سرعت طراحی راه که در شرایط بهره برداری با لحاظ به قابلیت دید، محاسبه می‌شود.

و ـ نزدیک شدن به موانع. به شیوه ای که ترافیک را بدون موانع هدایت می‌کند، علامت گذاری شده اند. با توجه به این که آیا موانع در بین خطوط عبور ترافیک یا خطوط حرکت مجاور در یک جفت می‌باشند، علامت‌گذاری‌ها می‌توانند به ترتیب سفید رنگ باشد.

علامت گذاری شامل یک خط مورب یا خطوط با طول تقریبی ۳۰ تا ۶۰ سانتی متر خط مرکزی مانع می‌باشد. (همانند شکل۳-۲)



شکل ۳-۲- شکل کلی علامت‌گذاری نزدیک شدن به موانع در راه‌ها

ز ـ خطوط توقف. در همه عرض ورودی تقاطع‌ها ادامه دارند. معمولاً به موازات خطوط عابرین پیاده که نازک و سفید هستند، خطوط توقف سفید پهن جهت توقف وسایل نقلیه ای که به تقاطع نزدیک می‌شوند (مطابق شکل۳-۱) می‌باشند. انواع دیگر علامت گذاری رو سازی شامل ؛ خطوط عابر پیاده، علامت گذاری فضای پارکینگ، علامت گذاری حروف و نشان‌های روسازی، علامت گذاری حق تقدم خط، علامت گذاری سنجش سرعت، علامت گذاری جدول خیابان، علامت گذاری جهت عدم توقف وسایل نقلیه است.

۳-۲- علامت گذاری موانع:

موانع درون یا نزدیک جاده نیازمند علامت گذاری واضح می‌باشند تا از خطراتی که به وسیله‌ی نزدیکی فیزیکی ناشی از حرکت وسایل نقلیه بوجود می‌آید، کاسته می‌شود. معمولاً این موانع ممکن است شامل سازه‌های مربوط به راه نظیر، نیم پایه کنار پلها، پلهای کوتاه و پایه‌ی پلهای تحت عبور و مرور یا اجزائی از سیستم کنترل ترافیک مانند، نگه دارنده‌های تابلوها و علائم، جزایر ترافیکی و چراغهای راهنمایی باشند.

همچنین موانع می‌توانند به وسیله‌ی علائم باز تاباننده نوری با اخطار در مواردی که امکان پذیر باشد علامت گذاری شوند و یا از پوشش نوارهای سیاه و سفید مورب رنگ شده استفاده شود. هنگامی که موانع در نزدیک خط ترافیک قرار دارند، از گارد ریلها باید برای منحرف کردن تصادفهای مستقیم استفاده شود و علائم هشدار دهنده اضافی به وسیله علامت گذاری جاده ارائه شوند.

۳-۲-۱- توصیف کننده‌ها. برای کمک به راننده در شرایط رانندگی در شب که قدرت دید کم می‌شود، از وسایل باز تاباننده که در کناره‌های جاده برای نشان دادن مسیر جاده نصب می‌شوند استفاده می‌شود. آنها هدایتگرتر از وسایل اخطار کننده بوده و در طول پیوسته یک راه یا در یک قسمت کوتاه که تغییرات در مسیر افقی جاده ممکن است باعث سردرگمی وسایل نقلیه شود، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۳-۲-۲- گل میخ‌ها (چشم گربه‌ای‌ها). به همان وسعتی که مصرف باز تابانندهای روسازی در تمامی کشورهای توسعه یافته استفاده می‌شود، در داخل این کشورها نیز استفاده از چشم گربه‌ای‌ها در خط مرکزی راه و روی لبه روسازی یا تقاطع‌ها یا محلهای عبور عابر پیاده استفاده می‌شود. در نواحی که بارش برف کم است گل میخ‌ها به مقدار زیاد برای شرایط رانندگی در شب استفاده می‌شود به ویژه آن که آنها برای شرایط بد آب و هوایی مناسب هستند. نوع دیگری از چشم گربه‌ای‌های مورد استفاده در کشورهای توسعه یافته "هدایت شنیداری" است که براساس صدای ناخوشایند زیر لاستیک اتومبیل در هنگام رانندگی از روی آنها عمل می‌کند. این نوع چشم گربه‌ای‌ها در شهرها برای بازداشتن اتومبیل‌ها از حرکت موجی در نواحی با حجم ترافیک بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳-۳- علائم:

قدیمی‌ترین و معمولی‌ترین روش کنترل ترافیک به وسیله علائم ترافیکی است. علائم ترافیکی کنترل حرکت وسائل نقلیه، باعث کاهش خطرات ناشی از بهره برداری وسایل نقلیه در ترافیک و افزایش کیفیت جریان می‌باشد. این اقدامات به وسیله ۳ دسته متفاوت از علائم جریان انجام می‌شود لکن با تفاوت‌هایی از نظر دید، که راننده را قادر به تعیین سریع نوع خاص هر علامت می‌کند. این ۳ دسته از علائم ترافیکی عبارتند از:

۱- علائم تنظیم کننده ۲- علائم اخطار کننده ۳- علائم هدایت کننده

۳-۳-۱- علائم تنظیم کننده. این علائم راننده را از کاربرد قوانین خاص و تنظیم شده در طول بخشی از جاده آگاه می‌کنند. اگر این علائم وجود نداشته باشند، اجرای محدودیت‌هائی که شناخته شده نیستند امکانپذیر نخواهد بود. به طور مثال با نصب تابلوی "ورود ممنوع" می‌توان نشان داد که یک خیابان یکطرفه است. مطابق قوانین پذیرفته شده بین‌المللی ضرورتی ندارد که راننده را از رانندگی روی خیابان دو طرفه آگاه کنیم. علائم تنظیم کننده در جاهائی که کاربرد آنها را باید به وضوح توصیف کرد نصب می‌شوند. علائم تنظیم کننده می‌توانند به زیر بخشهای زیر تقسیم شوند:

۱- علائم مشخص کننده حق تقدم عبور. ۲- علائم تنظیم سرعت ۳- علائم تنظیم حرکت

٤- علائم پارگینگ ٥- علائم پیاده رو ٦-علائم متفرقه

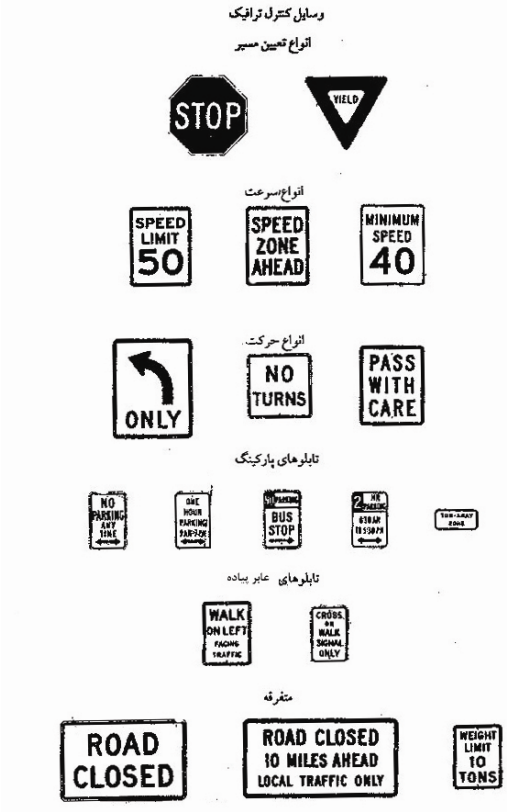
۳-۳-۱-۱- علائم حق تقدم عبور. شامل علائم ایست و احتیاط می‌باشند و در محل پیوستگی جریانهای ترافیک برای نشان دادن جریان ترافیکی که حق تقدم داشته و حرکت جریان کمتر که باید کاملاً قبل از حرکت به طرف تقاطع به اطراف دید داشته باشد، نصب می‌شوند.

۳-۳-۱-۲- علائم سرعت. محدودیتهای سرعت را در روز و شب و همچنین محدوده سرعت در آغاز و نواحی محدودیت سرعت را نشان می‌دهند.

۳-۳-۱-۳- علائم حرکت. حرکتهای مطابق مقررات، مقید و منع شده را نشان می‌دهد.

۳-۳-۱-٤- علائم پارکینگ. مقررات مربوط به توقف و ایستادن وسایل نقلیه را شامل می‌شوند.

در حالت کلی چنین علائمی ممکن است زمان‌هایی که قانون در آنها اعمال شده را نشان بدهند.



شکل ۳-۳- علایم ترافیکی تنظیم‌کننده استاندارد بین‌المللی

۳-۳-۱-۵- علائم پیاده روی. اساساً حرکتهای پیاده روی در نواحی شهری و بین شهری را نشان می‌دهد همچنین روش مکانی متفاوت آنها از سایر علائم، وظیفه اصلی آنها را به اطلاع ترافیک وسایل نقلیه می‌رساند.

۳-۳-۱-٦- علائم متفرقه. مجموعه مطالب گوناگونی از راههای انحرافی، اطلاعات راههای بسته شده و محدودیت‌های وزن را نشان می‌دهند.

۳-۳-۲- علائم اخطار کننده. راننده به وسیله علائم اخطار کننده در مواردی که نیازمند هوشیاری است (مانند موقعیت‌های که کاهش سرعت را به دنبال دارد یا هوشیاری خاص برای شرایطی که راه بسته یا باز است از نیاز دارد) آگاهی می‌یابد. این علائم ممکن است در شرایط زیر نصب شوند:

- برای نشان دادن تغییرات در مسیر افقی جاده
- برای نشان دادن یک تقاطع
- جهت اطلاع رسانی به راننده که منتظر وسایل کنترل ترافیک باشد.
- اطلاع از اینکه خطوط ترافیک به هم نزدیک می‌شوند.
- نشان دادن جاده‌های باریک.
- آگاهی دادن از شیب‌های غیر معمول و غیر منتظره
- نشان دادن تغییرات در طرح هندسی راه مانند، پایان یک راه جدا شده
- نشان دادن تغییرات ناگهانی در شرایط ظاهری یا شرایط روسازی ضعیف
- آگاهی دادن از یک تقاطع هم سطح با راه آهن
- نشان دادن ورودی غیر منتظره و تقاطع آن با جاده
- علائم دیگر همچون آگاهی از سرعت مجاز، محدودیت‌های فاصله آزاد، عبور حیوانات و...
- اطلاع رسانی در قوسهای قائم و افقی و
- منطقه محدودیت سرعت

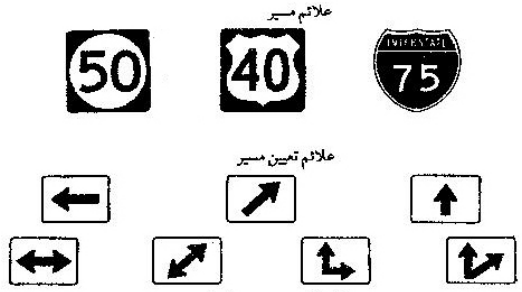
علائم آگاه کننده معمولاً به شکل لوزی‌های زرد رنگ با لبه‌های مشکی و حروف می‌باشند.البته علائم آگاه کننده از سرعت به شکل مستطیل هستند.

۳-۳-۳- علائم هدایت کننده. علائم هدایت کننده در طول راهها برای قادر ساختن مسافر به پیداکردن وادامه مسیر نواحی شهری و بین شهری نصب می‌شوند و همچنین برای تشخیص و تعیین موقعیت نیازها نصب می‌شوند، این علائم معمولاً از ۳ دسته تشکیل می‌گردند (مثالی از هر نوع در شکل‌های ۳-۳ و ۳-٤ نشان داده شده‌اند.)

۱) علامت گذاری مسیرها و علامت گذاری امدادی

۲) علائم فاصله و مقصد

۳) علائم اطلاعاتی



شکل ۳-٤- علایم هدایت کننده استاندارد

۳-۳-۴- هدایت کننده‌ها (کانالیزه کردن یک مسیر خاص). یکی از موثرترین و کارآمدترین روشهای کنترل ترافیک راهها و اتخاذ استانداردهای بالا برای طرح هندسی تقاطع‌ها می‌باشند. جزایر ترافیکی و علامت گذاری خطوط می‌توانند برای تجزیه حرکتهای متقابل، جداشونده، موجی و چرخشی که داخل هر تقاطعی به وقوع بپیوندد، مورد استفاده قرار می‌گیرند. در تعیین طرح کانالیزه کردن تقاطع‌ها بعضی از مزایای حاصل از اجراء یک طرح خوب مورد توجه قرار گرفته است که بشرح زیر می‌باشد.

۱- مسیرهایی از حرکت وسایل نقلیه می‌توانند کانالیزه شود که بیشتر از دو مسیر در یک نقطه تقاطع نداشته باشند (همدیگر را قطع نکنند).

۲- زاویه و موقعیتی که وسایل نقلیه ترکیب یا مجزا می‌شوند و یا مسیرهایی که همدیگر را قطع می‌کنند باید کنترل شوند.

۳- در نتیجه کاهش انحراف وسایل نقلیه و باریک شدن ناحیه برخورد بین وسایل نقلیه می‌توان مقدار ناحیه رو سازی شده ی خیابان را کاهش داد.

٤- نمایش واضحی از روش صحیح در حرکتی که باید به وجود آید را می‌تواند نشان دهد.

٥- برای حرکتهای متراکم مزایایی مانند افزایش ظرفیت را ایجاد می‌کند.

٦- نواحی را می‌تواند برای رفوژ پیاده روی در وسط خیابان اختصاص دهد.

۷- نواحی یا خطوط ذخیره شده مجزایی برای حرکتهای چرخشی می‌توان تعیین نماید.

۸- با جلوگیری از چرخشهای ممنوع که ضمن ارتقاء سطح قانون پذیری از تخلف‌ها جلوگیری می‌کند.

۹- فضاهایی را می‌تواند برای وسایل کنترل ترافیک تأمین نموده سطح تسهیلات را ارتقاء دهد.

۱۰- در برخی حوزه‌ها باعث می‌شود تا سرعت وسایل نقلیه کنترل گردند.

یک شکل از تقاطع‌های کانالیز شده میدان یا تقاطع مدور می‌باشد و این نوع تقاطع، وسایل نقلیه را به سمت یک مسیر چرخشی در اطراف یک جزیره مدور هدایت کرده. ورود به سیستم چرخشی هر مسیر. بوسیله تابلوهای احتیاط کنترل گردند. اولین حق تقدم به وسایل نقلیه در حال گردش داده شد طرح میدان، ترکیب وسایل نقلیه را در زوایای کوچک و سرعت‌های نسبتاً کم بی خطر می‌سازد. رانندگان وارد شده به میدان قادر به انتخاب فاصله مناسب بین وسایل نقلیه و عملیات چرخشی با ظرفیت نسبتاً بالا و سطح ایمنی مطلوب هستند.

به علت کم بودن سرعت و زاویه کوچک در هنگام چرخش به ندرت تصادفات جدی اتفاق می‌افتد. در حجم‌های ترافیک بالا، تقاطع‌ها میدانی به خوبی عمل نمی کنند. بنابراین طرح‌ها باید توانائی کنترل جریان ترافیک در ساعت‌های اوج از مسیرهای

چرخشی با استفاده از علائم کنترل ترافیک داشته باشند. از زمانی که کانالیزه کردن به عنوان یک تکنیک طراحی مطرح شده بحث‌های کاملی بر روی آن در حال انجام است.

۳-۴- چراغهای راهنمایی:

تقاطعاتی که حجم‌های زیاد وسایل نقلیه را در بر دارند بدون چراغهای راهنمایی نمی‌توانند کنترل ایمن و رضایت‌بخشی روی جریان ترافیک داشته باشند. نصب چراغهای راهنمایی مناسب در یک تقاطع می‌تواند از برخوردهای جریانها به طور مؤثرتری جلوگیری نماید. هنگامی که چراغهای راهنمایی به طور صحیح طراحی و نصب شوند می‌توانند مزایای مهمی بشرح زیر داشته باشند:

الف ـ حرکت منظم ترافیک را تعیین نموده و هنگامی که طرح و اندازه گیری کنترل فیزیکی صحیح باشد آنها می‌توانند باعث افزایش ظرفیت ترافیک در تقاطع شوند.

ب ـ برخورد انواع اصلی تصادفات (بویژه تصادفات شاخ به شاخ) را کاهش می‌دهند.

ج ـ در شرایط هماهنگی بین چراغهای تقاطع‌های متوالی می‌توانند تأمین کننده حرکت پیوسته ترافیک در یک سرعت ثابت در طول یک مسیر داده شده باشند.

د ـ چراغهای راهنمایی با قطع ترافیک سنگین در یک فاصله به جریانهای دیگر ترافیکی اجازه عبور می‌دهند.

هـ ـ مزایای اقتصادی قابل توجهی را در یک تقاطع باعث شده و ضمن تنظیم بخشی به ترافیکهای عبوری از جهات مختلف تقاطع‌ها ایمنی حرکت وسایل نقلیه و عابرین پیاده را ارتقاء می‌بخشند.

طراحی چراغ‌های راهنمایی مختلف به موقعیت و نوع ترافیک بستگی داشته و دارای انواعی مختلف مانند از پیش زمان‌بندی شده، متغیرو نیمه متغیر یا چراغهای با اولویت اتوبوس و هوشمند و... می‌باشند.

۳-۴-۱- چراغهای از پیش زمان‌بندی شده. گاهی اوقات، آنها چراغهای با زمان ثابت نیز نامیده می‌شوند، در آنها به وسیله یک موتور الکتریکی با قابلیت مکانیکی زمان‌بندی حرکت قابل تنظیم بوده و می‌توانند سیکلهای (چرخه) به طول ۳۰ تا ۱۲۰ ثانیه را ارائه نمایند. چراغهای یک زمانه، نمایش چرخه‌های به طول یکسان و فاصله ثابت را در ۲٤ ساعت تأمین می‌نمایند. غالباً کنترل کننده‌های چراغهای از پیش زمان‌بندی شده با ۳ حالت مورد بهره برداری قرار می‌گیرند که برای چرخه‌های با طول‌های متفاوت و برای ساعات اوج صبح، ساعات اوج بعد از ظهر و برای سایر ساعات شبانه‌روز برنامه‌ریزی می‌شوند.

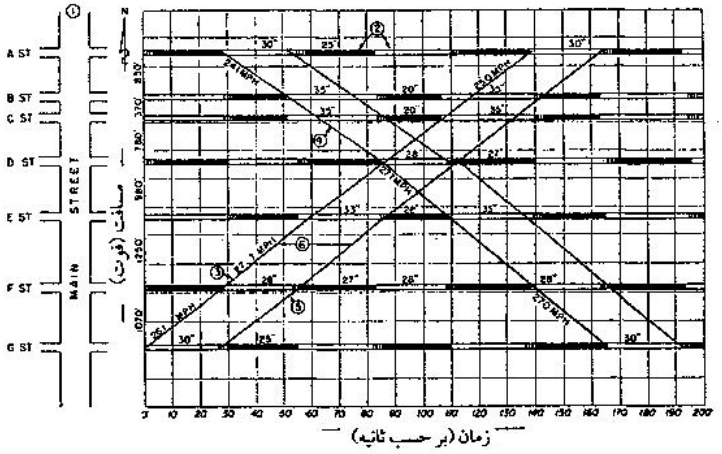
۳-۴-۲- چراغهای راهنمایی نیمه متغیر. برای بهره برداری بر اساس تامین زمان سبز برای مسیرهای اصلی تا زمانی که شناسگرها در مسیر غیر اصلی، نزدیک شدن یک تقاضای فعال را برای چراغ مشخص کنند، می‌باشد. بعد از تامین زمان سبز برای مسیر غیر اصلی، کنترل به حالت اولیه خود برای اجازه‌ی عبور ترافیک مسیر اصلی تقاطع بر می‌گردد. ترافیک نزدیک شده به مسیر غیر اصلی طولهای متغیری تا رسیدن به زمان سبز دریافت می‌کند که بستگی به تقاضا دارد. در هنگامی که طول حداکثر زمان سبز مسیر غیر اصلی نتواند همه ترافیک را از تقاطع تخلیه نماید، چراغ سبز پس از یک حداقل زمان از پیش تعیین شده‌ای به مسیر اصلی باز می‌گردد. در این روش چراغهای نیمه متغیر، حق تقدم را به مسیر اصلی می‌دهند.

۳-٤-۲-۱- چراغهای با اولویت اتوبوس. این چراغها در تقاطع‌های ویژه، مورد استفاده واقع شده، بطوری که هر گاه یک اتوبوس در جریان ترافیک به تقاطع نزدیک می‌شود چراغ راهنمایی به سرعت سبز می‌شود تا مجموع تاخیرات سرنشینان اتوبوس به حداقل برسد. بنابر این در این نوع از چراغهای راهنمایی، اتوبوسها حق تقدم دارند. این حق تقدم از طریق یک شناسگر که در زیر اتوبوس نصب می‌شود به چراغ راهنمایی اعمال می‌گردد و با عبور اتوبوس حلقه‌هایی که به صورت لایه لایه یا با یک حد الکترونیکی مشخص، در زیر سطح جاده نصب شده‌اند، نسبت به آن واکنش نشان می‌دهند. البته این عکس‌العمل امکان دارد باعث ارایه یک فاز سبز مطلوب گردد که در حال حاضر روشن می‌باشد و یا موجب قطع قبل از موقع فاز قرمز شود تا شبز شدن چراغ را برای اتوبوسی که در پشت چراغ قرمز منتظر است. تسریع کند.

۳-۴-۳ – چراغهای هوشمند. وسایل مفیدی برای جاهائی که تغییرات زیادی در تقاضای ترافیک روی برخورد دو یا بیشتر جریان ترافیک اتفاق می‌افتد، می‌باشند. توسط این چراغها حد اکثر و حداقل زمانهای فاز سبز انتخاب می‌شوند. ترافیک رسیده به شناسگرها و فاز سبزها برای بازتابی از نرخ ورودی‌ها تنظیم می‌شود. تقاطع‌ها جدا شده با تغییرات حجم زیاد تحت شرایط کاملاً هوشمند خوب کار می‌کنند. تمامی تجهیزات سیستم بطور کامل هوشمند بوده که اجازه تغییر فاز و طول چرخه را مطابق با اطلاعات ورودی می‌دهند. حس‌گرها، اطلاعات را ثبت می‌کنند تا اطلاعات ورودی‌ها، زمان انتظار و فاصله مکانی را برای همه راههای تقاطع ارائه نمایند. در این چراغها همواره طول چرخه‌ها و زمان سبزها در حال تنظیم مجدد بوده و چراغ را قادر به تامین حداکثر درجه حساسیت برای جریان ترافیک و تغییرات مینمایند.

۳-۵- سیستم‌های زمان‌بندی چراغهای راهنمایی:

در تقاطع‌های متوالی سیستم‌های زمانبندی تقاطع‌ها به هم پیوسته شده نوع سیستم زمانبندی پذیرفته شده بر کلیه متغیرهای جریان ترافیک ناحیه مربوطه تاثیر خواهد داشت. در سیستم‌های تدریجی تقاطع‌ها متوالی در طول یک خیابان طول چرخه‌های تمامی تقاطع‌ها با هم برابر جای تمامی تقاطع‌ها با هم چرخه در تقاطع‌ها مطابق با تقاضای ترافیک عبوری خیابانها تغییر میکند. با حرکت از نقطه ای که خارج از زمانبندی قرمز قرار داشته باشد، امکان حرکت یک اتومبیل با طرح سیستم برای عبور از همه تقاطع‌ها بدون برخورد با فاز قرمز وجود دارد. شکل ۳-۵، دیاگرام فاصله – زمان برای یک سیستم تدریجی زمانبندی روی یک خیابان ۲ خطه با ۷ تقاطع را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۵- دیاگرام فاصله ـ زمان در حالت کلی

با آن که سیستم‌های تدریجی برای ترافیک سبک تا متوسط خوب کار می‌کنند ولی آنها در بارگذاری سنگین ترافیک کارایی مناسب نخواهند داشت.

۳–۵–۱– سیستم‌های همزمان. اغلب در ترافیک سنگین به صورتی که همه چراغها در طول یک خیابان یکسان سبز یا قرمز هستند به کار برده می‌شوند. زمانی که همه ترافیک قصد حرکت با سرعت یکنواخت در طول خیابان را دارند، تغییرات کم سرعت بین بلوکها وجود دارد. بدیهی است که در بهره برداری از سیستم همزمان همه چراغها در طول یک خیابان دارای طول چرخه برابر باید باشند و نقطه شروع باید همزمان باشد.

۳–۵–۲– سیستم‌های متناوب. تحت شرایط جریان ترافیک سنگین بسیار موثرتر از سیستم‌های تدریجی هستند. در سیستم‌های متناوب، چراغهای مجاور یا گروهی از چراغها رنگهای مخالفی را نشان می‌دهند. تحت شرایط مطلوب این سیستم می‌تواند یک حرکت پیوسته برای دسته ای از وسایل نقلیه در طول یک خیابان را هدایت نماید.

پیچیده‌ترین سیستم‌های زمانبندی چراغهای راهنمایی دارای سیستم کامپیوتری مجهز به شناسگرها می‌باشند. شناسگرهای واقع در طول سیستم، اطلاعات شرایط فعلی ترافیک را برای کامپیوتر اصلی تامین میکنند سپس کامپیوتر بهترین ترتیب تغییرات همه سیستم را محاسبه می‌کند. در چنین سیستم‌هایی، کامپیوتر کنترل کامل و مستقیم را روی همه چراغهای سیستم دارد. بطوریکه در یک ناحیه، استفاده از سیستم کنترل کامپیوتری باعث کاهش٤٦ درصدی از تاخیرات وسایل نقلیه و افزایش ٢٤ درصدی افزایش در سرعت وسایل نقلیه را شده است.

۳–۶– آرام سازی ترافیک:

آرام سازی ترافیک ضمن نظم بخشی به تردد افزایش ایمنی و سرعت متوسط وسایل نقلیه را باعث می‌گردد به همین دلیل در سالهای اخیر روش‌های آرام سازی ترافیک به سمت کاربردی شدن پیش میروند، و با بکارگیری تکنیک‌های متنوعی به کنترل ترافیک در نواحی شهری و بین شهری تحت شرایط بحرانی و خاص می‌پردازند. اهداف آرام سازی ترافیک عبارتند از:

کاهش تعداد و شدت تصادفات

افزایش مطلوبیت محیط‌های درون شهری و بین شهری احداث شده

دور کردن کامیونها و اتومبیل‌های غیر ضروری به وسیله تشویق آنها به استفاده سریعتر و سهل تراز مسیرها

ایجاد شرایط مناسب رانندگی در مسیرهای مختلف

۳–۶–۱– برآمدگی‌های جاده با بالشتک‌های سرعت‌گیر. برآمدگی‌های جاده اجزای مورب بالا آمده از سطح روسازی با تقریباً ۵۰ تا ۱۰۰ میلیمتر ارتفاع از سطح روسازی راه هستند که باعث ایجاد یک تکان سخت در حرکت وسایل نقلیه دارای سرعت نسبتاً بالا می‌شوند. برآمدگی‌های یکنواخت ذوزنقه‌ای شکل را با نام جداول سرعت گیر می‌شناسند. این‌ها عملکردشان همانند برآمدگی‌های معمولی است. آنها می‌توانند در مکانهای عبور پیاده‌ها نیز مورد استفاده قرار گیرند. بنابراین اغلب آنها سازگاری بیشتری با محیط، نسبت به برآمدگی‌های معمولی دارند. در مواردی که اتوبوس‌ها از مسیر عمومی ترافیک استفاده می‌کنند از بالشتک‌های سرعت گیر استفاده می‌شود. این گونه بالشتک‌ها دارای یک طول مورب در جهت حرکت بوده که اتوبوس‌ها هنگام عبور از روی آنها می‌گذرند. وسایل حمل و نقل عمومی استفاده کننده از مسیر در سرعت مناسب بدون ایجاد تکان برای مسافرین از روی بالشتک عبور می‌کنند.

۳–۷– سیستم‌های هوشمند حمل و نقل (ITS):

تقریباً از دو دهه قبل مهندسین و محققین حمل و نقل ایالات متحده، اروپا و ژاپن برروی نوآوری که بتواند به یک سطح جدید از کارایی و ایمنی در سطح قابل قبول حمل و نقل با تکنولوژی پیشرفته بیانجامد، مشغول بوده اند. این فعالیت‌ها به هدایت تلاشها برای وسایل نقلیه و مسیرها که تاثیری در شکل سیستم‌های راه – وسیله نقلیه داشته باشد منجر شده است. در سال ۱۹۸۷ در ایالات متحده یک گروهی از محققین گرایشهای مختلف علاقه‌مند با تشکیل سازمان تحت عنوان «تحرک ۲۰۰۰» و با هدف توسعه نوآوری و ابتکار ملی در IVHS تلاشی را آغاز سرانجام در سال ۱۹۹۰ موفق به ثبت آن شدند که بعداً. این انجمن به عنوان بخشی از کمیته اطلاعات فدرال شناخته شد. امروزه سیستم‌های هوشمند ITS که در برگیرنده IVHS نیز می‌باشند مطرح هستند که با کاربرد تکنولوژی‌های اطلاعاتی مورد استفاده در وسایل نقلیه در روی مسیرها یا در مناطق خاص مرکزی به ثبت زمان سفر، افزایش و کاهش مصرف انرژی و کاهش آلودگی می‌پردازند. بطور خلاصه ITS را می‌توان در ٦ طبقه تشریح نمود.

۳–۷–۱– سیستم‌های مدیریت ترافیک پیشرفته (ATMS). این سیستم‌ها یکی از انواع فن‌آوریها هوشمند بوده و جزء یکی از طبقات گفته شده محسوب می‌گردد لکن این سیستم‌ها براساس اطلاعات ارسالی از خیابانها و وسایل نقلیه به مرکز کنترل ترافیک کار می‌کنند. سیستم بطور دقیق تعداد وسایل نقلیه و محاسبه تاخیرات را انجام می‌دهد.

۳–۷–۲– علائم مه گرفتگی. یکی دیگر از نمودهای کاربرد فن‌آوری هوشمند بوده و در زمانهای با قابلیت دید محدود از علائم صوتی در تکمیل وظایف چراغها استفاده می‌شود. هر ایستگاه برای کمک به رانندگان در تعیین موقعیت صحیح از انتشار علائم ویژه و مختص به خود استفاده می‌کند. هنگام همزمان شدن با چراغها، وسایل نقلیه از فاصله زمانی بین مشاهده چراغ و شنیدن علائم صوتی قادر به تعیین فاصله شان از ایستگاه می‌شوند.

۳–۷–۳– سیستم‌های کنترل آزادراه. سیستم‌های کنترل آزادراه برای کاهش راه بندان و تاخیرات ناشی از صف آزادراهها، عکس‌العمل سریع نسبت به سوانح منجر به کاهش ظرفیت، و خبر دادن به رانندگان در خصوص نقاط خطرزا استفاده می‌شوند. سیستم‌های کنترل آزادراه به طور کلی، نوعی از سیستم پیشرفته مدیریت ترافیک (ATMS) می‌باشند. تحقیقات فراوانی در حال حاضر در خصوص سیستم‌های کنترل آزادراه‌ها به عنوان بخشی از مطالعات سیستم‌ها هوشمند حمل و نقل (ITS)، در جریان است. بخشهایی از سیستم کنترل آزادراه که تاکنون ساخته شده اند، شامل کنترل شیبراهه‌ها، تابلوی پیغام رسان متغیر، شناسگر سوانح، سیستم عکس‌العمل به آنها و سیستم مخابرات رادیوئی می‌باشند. مدیریت لحظه به لحظه و کنترل آزادراه‌ها توسط سازمان‌هایی اعمال می‌شود که مرکز مدیریت حمل و نقل (TMSc) نامیده می‌شوند. سیستم‌های مخابراتی مورد استفاده در کنترل آزادراه‌ها شامل سیستم‌های مخابراتی بین مراکز TMC، پلیس و پرسنل نگهداری راهها می‌باشند. اطلاع رسانی به رانندگان از طریق علائم پیغام رسان متغیر که می‌توانند در یک محل ثابت و یا روی خودرو نصب شوند.

۳–۷–۴– شناسایی و عکس‌العمل به سوانح. سیستمهای شناسائی و عکس‌العمل به سوانح شامل: سیستم‌های توانا به شناسایی اتوماتیک وجود حادثه، سیستم‌های ویدیوئی مدار بسته برای ارزیابی سانحه، برنامه ضربتی و هماهنگی عملیات مواجه با سانحه، سیستم مخابراتی مورد استفاده پرسنل پلیس و رساندن اطلاعات در خصوص تاخیر و راههای فرار از راه بندان به رانندگان می‌شوند. عموماً سوانح توسط شاهدهای عینی و یا ماموران اطلاع داده و ارزیابی می‌شوند. علاوه

بر تلفن‌های عمومی کنار خیابانها بسیاری از رانندگان دارای تلفن همراه هستند و در کنار بسیاری از آزاد راه‌ها نیز در فواصل حدوداً ۵ کیلومتری تلفن‌های اضطراری وجود دارد، علاوه بر این مأموران پلیس و پرسنل راهداری نیز دارای بی‌سیم هستند. علی رغم توان بالقوه گزارش‌گیری سریع از سوانح توسط شاهدان عینی، اخیراً علاقه‌مندی زیادی برای ساخت سیستم‌هایی که بتوانند سانحه را به طور اتوماتیک شناسائی یا مستقیماً توسط TMC ارزیابی کنند، وجود دارد. سیستمهای اتوماتیک شناسایی حادثه تلاش می‌کنند با تحلیل داده‌های ترافیک که توسط شناسگرها برداشت می‌شوند، به وجود حادثه پی ببرند. الگوریتم‌های متعددی برای شناسایی حادثه در آزادراهها تدوین شده اند. این الگوریتم‌ها با روشهای متفاوت اطلاعاتی نظیر حجم، میزان اشغال یا سرعت را با مقادیر ی که نشان دهنده راه بندان ناشی از یک حادثه هستند، و یا اطلاعات جمع آوری شده در دو ایستگاه شناسایی مجاور را مقایسه می‌کنند. ضمناً می‌توان گفت مسایل مورد توجه در الگوریتم شناسایی حادثه زمان عکس‌العمل، نرخ شناسایی صحیح حادثه و نرخ خطا در شناسایی می‌باشند.

سؤالات و مسائل مطرح:

۱- علائم و تجهیزات کنترل ترافیک جاده ای را بنویسید؟

۲- موانع چگونه علامت گذاری می‌شوند ؟

۳- علائم به طور کلی بر چند نوع هستند ؟

٤- زیر بخش‌های علائم تنظیم کننده ترافیک را بیان دارید ؟

۵- شرایط نصب علائم اخطار کننده را بنویسید ؟

٦- انواع چراغهای راهنمایی را بیان داشته و چراغهای هوشمند را توضیح دهید؟

۷- در رابطه با سیستم‌های هوشمند حمل و نقل هر چه می‌دانید بنویسید ؟

۸- در رابطه با سیستم‌های کنترل آزادراه چه می‌دانید ؟

۹- چند سیستم مشابه سیستم شناسایی و عکس‌العمل به سوانح را شرح دهید ؟

۱۰- انواع سیستم‌های هوشمند مورد استفاده در مدیریت ترافیک و کنترل آزاد راه و شناسائی و عکس‌العمل به سوانح را شرح دهید؟

۱۱- با راهنمایی استاد مقاله‌ای درباره هر کدام از تجهیزات هوشمند کنترل ترافیک تهیه و در کلاس ارائه دهید؟

فصل چهارم

چراغهای راهنمایی و کاربرد آنها

چراغ راهنمایی، بدون شک از جمله آشناترین و مهمترین وسایل کنترل و تنظیم عبور و مرور وسایل نقلیه و افزایش ایمنی در تقاطع‌هاست. برای سطوح سرویس A و B ورودی به تقاطع‌ها در تقاطع‌ها کمتر به چراغ راهنمائی احساس نیاز می‌شود لکن با افزایش تردد و حرکت سطوح سرویس به سمت C و D و افزایش احتمال وقوع برخورد بین وسایل نقلیه گذرنده از تقاطع ضرورت نصب چراغ راهنمایی نمایان‌تر می‌شود.

چراغ راهنمایی از حرکت دائمی وسایل نقلیه در مسیرهای مختلف یک تقاطع جلو گیری می‌کند، ولی به طور کلی در صورت محاسبه‌ی صحیح زمان‌بندی آن متوسط تاخیر وسایل نقلیه کمتر از زمانی خواهد بود که تقاطع بدون چراغ راهنمایی باشد. معمولاً چراغهای راهنمایی را به طور مستقل و جداگانه برای کنترل تقاطع‌ها به کار می‌برند، ولی گاهی بر حسب ضرورت و برای بازدهی بهتر ممکن است چراغهای راهنمایی چند تقاطع یا کلیه‌ی تقاطع‌های یک مسیر را به طریقی به هم ارتباط داده و هماهنگ کرد. در سالهای اخیر متخصصین با کمک روشهای کامپیوتری چراغهای راهنمایی تقاطع‌های قسمتی از شهر یا تمام شبکه‌ی ترافیک شهر را به هم ارتباط داده و هماهنگ کرده‌اند. این روش که کنترل منطقه ای ترافیک نامیده می‌شود، نیاز به مطالعات وسیع، دسترسی به تکنولوژی پیچیده و پیش رفته و صرف هزینه‌ی زیاد دارد.

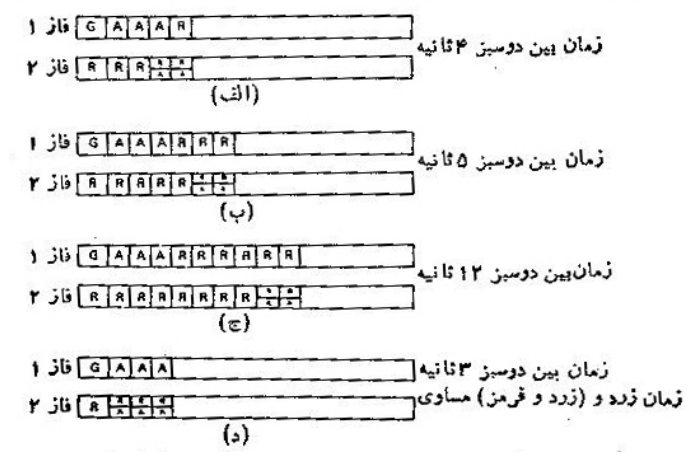
۴–۱– توالی چراغهای راهنمایی:

توالی چراغهای راهنمایی معمولاً به صورت قرمز، قرمز و زرد تواماً، سبز، و زرد می‌باشد که معمولا زمان زرد را ۳ ثانیه، و زمان زرد و قرمز را ۲ ثانیه در نظر می‌گیریم. هر دور کامل این توالی را یک چرخه‌ی چراغ راهنمایی، و مجموع زمان آن را مدت چرخه می‌نامند. در مورد یک یا چند جریان ترافیک که در مدت یک چرخه، همزمان فرمان علامتی یکسان را دریافت می‌کنند، اصطلاح فاز به کار می‌رود.

«زمان بین ۲ سبز» را فاصله‌ی زمانی از انتهای زمان سبز یک فاز تا شروع زمان سبز فاز بعدی تعریف می‌کنند. حداقل زمان بین ۲ سبز را ٤ ثانیه در نظر می‌گیرند. در این حالت زمان زرد یک فاز و زمان زرد و قرمز فاز دیگر یک ثانیه مشترک دارند (شکل ٤–۱). البته زمان بین ۲ سبز را می‌توان بر حسب ضرورت بیش از ٤ ثانیه هم در نظر گرفت شکلهای ٤–۱ (الف) و (ج). در شکل ٤–۱ (الف) زمان زرد یک فاز با زمان زرد و قرمز فاز بعدی پی در پی ظاهر می‌شود، در حالی که در شکل ٤–۱ (ب) زمان بین ۲ سبز از فازهای پی در پی برابر ۱۲ ثانیه است و هر ۲ فاز متوالی با هم زمانی برابر ۷ ثانیه قرمز دارند. زمانی را که در آن همه‌ی فازها با هم قرمز هستند، اصطلاحاً زمان تمام قرمز می‌نامند. دوره‌ی تمام قرمز را معمولاً در مواقعی که عبور و مرور پیاده‌ها زیاد باشد، جهت تسهیل در امر عبور و مرور آنها از عرض خیابانها در نظر می‌گیرند. در شکل ٤–۱ (د)، حالتی که زمان زرد و زرد و قرمز هر دو مساوی و هر کدام برابر با ۳ ثانیه است نشان داده شده است.

۴-۲ – انواع چراغ راهنمایی:

مهندسین ترافیک در طراحی‌های خود معمولاً ۲ نوع چراغ راهنمایی را به کار می‌برند ؛ چراغهای راهنمایی با زمان ثابت و چراغهای راهنمایی با زمان متغیر. در حالات خاصی از چراغهای راهنمایی «نیمه متغیر» نیز استفاده می‌نمایند.



شکل ٤-١- چند مثال مختلف برای زمانهای بین دو سبز در یک چراغ راهنمایی دوفازه.

۴-۲-۱- چراغهای راهنمایی با زمان ثابت. زمان‌بندی این چراغها که بر اساس وضعیت ترافیک محل در ساعت طرح محاسبه و اعمال می‌شوند ثابت است و تغییرات تردد وسایل نقلیه در زمانهای مختلف اثری بر آن ندارد. به عبارت دیگر هر تغییری در زمانبندی چراغهای راهنمایی با زمان ثابت جز از طریق تنظیم مجدد و یا با دست مقدور نیست.

معمولاً میزان ترددی که زمان‌بندی چراغ بر اساس آن محاسبه و تنظیم شده است تغییر می‌کند و این چراغها حساسیتی نسبت به تغییرات تردد ندارند، غالباً لازم است که در ساعات معینی از روز زمان‌بندی چراغ را با دست تغییر داد. این عمل را که پلیس راهنمایی انجام می‌دهد، در بسیاری اوقات (و بخصوص در ساعات اوج) می‌توان مشاهده کرد. در ساعاتی که تردد وسایل نقلیه از مسیرهای مختلف تقاطع بسیار سبک است، چراغ را به صورت چشمک زن در می‌آورند تا از تاخیرهای نسبتاً زیاد و بی مورد وسایل نقلیه جلوگیری شود.

چراغهای راهنمایی با زمان ثابت از نظر قیمت اولیه و هزینه نگهداری نسبت به چراغهای متغیر ارزانترند، ولی به علت عیبهایی که اشاره شد چندان مناسب نیستند. لذا در زمان‌بندی و تنظیم این چراغها باید دقت کرد تا به عیبهایی که در ساختمان و کارایی‌شان دارند افزوده نشوند. در حال حاضر، در ایران بیشتر چراغهایی راهنمایی با زمان ثابت می‌باشند لکن طی سالهای اخیر در تهران تلاش‌های در زمینه هوشمند سازی چراغها با استفاده از شاخص جهت کنترل حجم ترافیک انباشته در پشت چراغ و تنظیم زمان‌های عبور براساس آنها (نصب چراغ زمان سنج) شروع شده است که ضمن اعلام زمان توقف پشت چراغ به رانندگان فرصت برای تغییر حالت در فرم رانندگی را نیز بیان می‌دارند.

۴-۲-۲ چراغهای راهنمایی متغیر. این نوع چراغها یی راهنمایی نسبت به تغییرات تردد حساس اند و دامنه زمان سبز هر فاز که قبلاً تنظیم شده است بستگی به میزان تردد در مسیرهای آن فاز دارد. تنظیم زمان سبز با نصب شاخصها یی در فواصل معین از خط توقف و در تمام مسیرهای منتهی به تقاطع انجام می‌گیرد در این نوع چراغها، سه گونه زمان را در نظر گرفته و تنظیم می‌کنند.

الف ـ حداقل زمان عبور. این زمان حداقل زمانی است که می‌توان به هر فاز از چراغ راهنمایی اختصاص داد تا وسایل نقلیه ای که بین خط توقف مسیرهای مربوط به آن فاز و شاخص‌ها متوقف شده اند، امکان عبور از تقاطع را داشته باشند. در دستگاه‌های جدید این زمان ثابت نیست و معمولاً بین ۷ تا ۱۳ ثانیه تنظیم می‌شود. این دامنه تنظیم باعث می‌شود که وقتی در یک مسیر وسیله نقلیه ای وجود ندارد، یا تردد وسایل نقلیه در آن مسیر بسیار کم است، زمان سبز یک فاز تا حداقل ۷ ثانیه کاهش پیدا کند و برای عبور وسایل نقلیه در جهات دیگر فرصت بیشتری به وجود آید.

ب ـ زمان تمدید. در چراغهای متغیر اگر عبور وسایل نقلیه در مسیر یا مسیرهای مربوط به آن فاز ادامه داشته باشد، می‌توان زمان سبز آن فاز را تا حدود معینی تمدید کرد. به عبارت دیگر، وقتی وسیله‌ی نقلیه ای در مسیری که چراغ مربوط به آن سبز است به محل نصب شاخص‌ها می‌رسد، دستگاه زمان سبز چراغ را به اندازه ای تمدید می‌کنند که برای عبور آن وسیله کافی باشد. در چراغهای متغیر قدیمی این زمان ثابت بود، ولی در انواع جدید مدت آن بستگی به سرعت وسیله‌ی نقلیه دارد. وقت دستگاه تمدید کننده معمولاً برای سرعت‌های وسایل نقلیه‌ای که از مسیرهای دیگر به تقاطع مورد نظر می‌رسند، زمان تمدید را باید برای سرعت‌های کمتر از ۲۵ کیلومتر در ساعت کوتاه در نظر گرفت. زمان تمدید جمع شونده نیست ؛ بنابراین در مورد آن به طور مجزا عمل می‌شود، بدین معنی که زمان تمدید در دستگاه کنترل در صورتی به صفر عودت داده می‌شود که زمان تمدید لازم برای وسیله نقلیه بعدی از باقیمانده زمان تمدید وسیله نقلیه قبلی بیشتر باشد.

ج ـ حد اکثر زمان سبز. چون امکان عبور پیوسته وسایل نقلیه در یک مسیر از تقاطعی وجود دارد، برای جلوگیری از تأخیر زیاد در مورد وسایل نقلیه ای که از مسیرهای دیگر، به آن تقاطع می‌رسند، لازم است زمان سبز هر فاز به میزان معینی تمدید شود. به عبارت دیگر، باید برای زمان سبز هر فاز مدت حداکثری در نظر گرفت که پس از پایان آن مدت (حتی اگر تردد وسایل نقلیه در مسیرهای آن فاز ادامه داشته باشد) زمان سبز آن فاز تمام شود و زمان سبز فاز بعدی شروع شود. اگر تردد وسایل نقلیه در تمام جهات تقاطع زیاد باشد، به طوری که در فازهای چراغ در هر جهت، از حد اکثر زمان سبز استفاده شود، چراغ‌های راهنمایی متغیر نظیر چراغ‌های راهنمایی با زمان ثابت عمل می‌کنند. این حالت معمولاً در ساعات اوج پیش می‌آید.

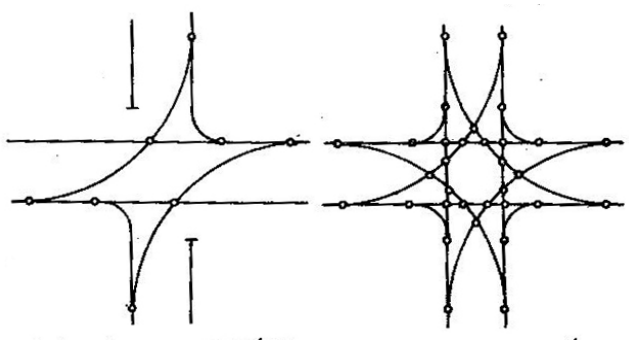
۴–۲–۳– چراغهای راهنمایی نیمه متغیر. چراغهای نیمه متغیر که ساختمانی نظیر چراغهای راهنمایی متغیر دارند و به وسیله شاخص کنترل می‌شوند، در موارد خاص، مثلاً در مواقعی که تردد وسایل نقلیه در یک جاده فرعی نسبت به جاده اصلی بسیار کم باشد، ممکن است به کار رود. شاخصها در یک جاده‌ی فرعی نصب می‌شوند و تا زمانی که وسیله نقلیه ای از جاده فرعی نگذرد، چراغ مربوط به آن مسیر قرمز می‌ماند و عبور در جاده اصلی آزاد است. زمان سبز فاز مربوط به جاده فرعی را در این چراغ می‌توان طوری تنظیم کرد که اگر احیاناً تردد وسایل نقلیه در جاده فرعی نسبتاً زیاد شود زمان سبز فقط برای مدت معین یا حد اکثر تمدید شود.

۴–۲–۴– چراغ مخصوص پیاده‌ها. در تقاطع‌هایی که با چراغ راهنمایی کنترل می‌شوند، عبور پیاده‌ها از عرض مسیرها نیز به وضعیت فازهای چراغ بستگی دارد. به پیاده‌ها با مشخص شدن رنگ سبز در پی فاز قرمز یک مسیر اجازه عبور داده می‌شود ؛ و بر عکس ؛ موقعی که فاز آن مسیر سبز باشد عبور پیاده‌ها با روشن شدن رنگ قرمز ممنوع خواهد شد. این روش معمولاً در مواقعی کاربرد دارد که تعداد وسایل نقلیه که به سمت راست یا چپ گردش می‌کنند کم باشد و عابرین پیاده امکان عبور از عرض خیابان را با ایمنی کافی داشته باشند.

روش دیگر، اختصاص فاز جداگانه و مخصوصی برای عابران پیاده است، به طوری که وقتی عابران پیاده اجازه عبور دارند، وسایل نقلیه اجازه عبور ندارند و در نتیجه امکان عبور عابرین پیاده با ایمنی کامل فراهم می‌آید. البته در این روش به علت توقف وسایل نقلیه در تمام جهات تأخیر بیشتری بر آنها وارد می‌شود. چراغ مخصوص عابران پیاده تنها دو رنگ سبز و قرمز دارد که هر کدام به یکی از دو صورت ممکن ظاهر شود. قرمز (نشانه توقف) می‌تواند با تصویر شخصی ایستاده به رنگ قرمز در زمینه چراغ یا با روشن شدن کلمه قرمز رنگی ایست در این متن مشخص شود. رنگ سبز هم ممکن است گاهی با تصویر شخصی در حال عبور و به رنگ سبز در متن سیاه یا با ظاهر شدن کلمه عبور به رنگ سبز در زمینه سیاه نمایانده شود. زمان سبز بر حسب حجم عابران ٦ تا١٠ ثانیه طول می‌کشد و پس از آن تمام چراغهای فازهای مختلف تقاطع به مدت ۲ تا ۸ ثانیه قرمز خواهد بود و در این مدت چراغ مخصوص عابران پیاده خاموش می‌شود. این زمان که به زمان تخلیه معروف است، با زمان سبز و زمان زرد و قرمز جمعاً، محاسبه می‌شود که برای عبور پیاده‌ها با سرعتی معادل ۱/۲۵ متر در ثانیه کافی باشد. تعبیه فاز مخصوص پیاده‌ها به دو صورت ممکن است انجام شود: یکی با نصب دستگاهی مجهز به دکمه ای مخصوص که با فشار دادن آن پس از مدتی معین رنگ سبز ظاهر می‌شود، و دیگری به طور خودکار، در طریقه خودکار، رنگ سبز فاز مخصوص عابران پیاده در هر دور یکبار و در موقع معین ظاهر می‌شود و به این ترتیب اگر حجم عابران پیاده کم باشد باعث تأخیر بی‌مورد وسایل نقلیه خواهد شد، در حالی که با کنترل دستی طریق اول تأخیر بی موردی بر وسایل نقلیه وارد نمی‌شود. چراغ مخصوص عابرین پیاده ممکن است بر حسب ضرورت بین دو تقاطع در یک طول یک مسیر نیز به کار رود. در این حالت معمولاً چراغ بدون استفاده از شاخص بکار میرود، یعنی چراغ در تمام اوقات قرمز است و وسائل نقلیه اجازه عبور دارند، مگر آنکه دگمه مخصوص چراغ توسط عابری فشار داده شود، که در این صورت پس از مدت معین و نسبتاً کمی با سبز شدن چراغ عابر پیاده اجازه عبور پیدا می‌کند. اگر چراغهای مخصوص عابرین پیاده بین تقاطع‌های مجهز به شاخص نسب شوند، عابرین پیاده از ایمنی بیشتری برخوردار میشوند، زیرا در صورتیکه وسیله نقلیه ای از روی شاخص عبورکند زمان سبز برای عبور آن از خط عبور پیاده‌ها تمدید میشود. بعنوان نمونه می‌توان به چراغ راهنمائی عابر پیاده مقابل درب اصلی ورودی به وزارت کشور در خیابان فاطمی اشاره نمود

۴-۳- شرایط نصب چراغ راهنمائی:

لزوم نصب چراغ در هر تقاطع را باید جداگانه و با توجه به مشخصات آن تقاطع (نظیر میزان تردد وسائل نقلیه از مسیرهای مختلف تقاطع، جهات گردش در این مسیرها، ایمنی عبور عابرین پیاده و وسائل نقلیه، میزان تأخیر وارد بر وسائل نقلیه) و جنبه‌های اقتصادی نصب چراغ بررسی کرد. از علل اساسی استفاده از چراغهای راهنمائی می‌توان به ایجاد ایمنی بیشتر در تقاطع‌ها اشاره نمود. استفاده از این چراغهای راهنمائی نقاط برخورد احتمالی وسائل نقلیه را در تقاطع‌ها بسیار کاهش میدهد. شکل‌های ٤-٢ و ٤-٣ نقاط برخورد احتمالی وسائل نقلیه را در یک چهار راه بدون چراغ راهنمائی و با چراغ راهنمائی نشان میدهند. در شکل‌های زیر می‌بینیم که تعداد نقاط برخورد در تقاطع مجهز به چراغ راهنمائی به مراتب کمتر از موقعی است که همان تقاطع فاقد این وسیله باشد، و در نتیجه میزان تصادف نیز بسیار کمتر است. بر اساس مطالعات، میزان تصادف در تقاطع‌ها پس از نصب چراغ تا ٤٠٪ کاهش می‌یابد.

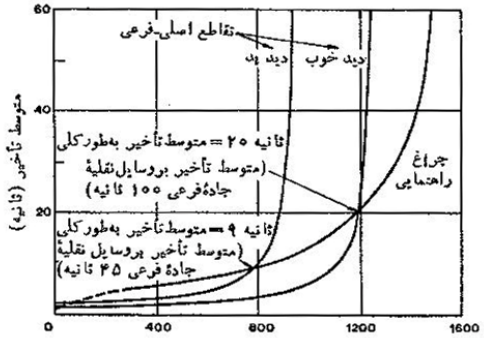


شکل ٤-٢ نقاط برخورد احتمال در چهارراه بدون چراغ راهنمایی، تعداد برخوردهای عبوری ١٦؛ تعداد برخوردهای انحرافی ٨، تعداد برخوردهای ورودی ٨.

شکل ٤-٣ نقاط برخورد احتمالی درچهارراه با چراغ راهنمایی، تعداد برخوردهای عبوری ٢؛ تعداد برخوردهای انحرافی ٤؛ تعداد برخوردهای ورودی ٢.

میزان تأخیر وارد بر وسائل نقلیه در تقاطع‌هائی که اصلی ـ فرعی به شمار می‌آیند و با تابلوها و علائمی نظیر ایست کنترل میشوند، بارها مطالعه و محاسبه شده است. امکان محاسبه میزان تأخیر وارد بر وسائل نقلیه در تقاطع‌هائی که به چراغهای راهنمائی مجهزند نیز وجود دارد و براحتی میتوان میزان تأخیر وارد بر وسائل نقلیه را در تقاطع‌ها، قبل و بعد از نصب چراغ، محاسبه و مقایسه کرد. شکل ٤-٤ نمونه ای از این مقایسه را در حالت خاصی (در تقاطع T شکل) نشان میدهد. در این نمونه، نسبت تردد وسائل نقلیه در مسیر اصلی به تردد در مسیر دیگر چهار برابر فرض شده است. در این شکل می‌بینیم وقتی میزان تردد نسبتاً کم و تقاطع مجهز به چراغ راهنمائی باشد، میزان تأخیر وارد بر وسائل نقلیه نسبت به موقعی که تقاطع فاقد چراغ است، بیشتر است. به تدریج که میزان تردد زیاد میشود، این فاصله زمانی تأخیر کاهش پیدا می‌کند تا آنجا که متوسط میزان تأخیر وارد بر وسائل نقلیه ای که به تقاطع میرسند در حالتی که چراغ راهنمائی در آن تقاطع وجود داشته باشد نسبت به موقعی که تقاطع بدون آن باشد کمتر میشود. به این ترتیب است که موقعیت مقرون بصرفه و ضروری بودن نصب چراغ راهنمائی را از نظر متوسط تأخیر وارد بر وسائل نقلیه تعیین میکنند.

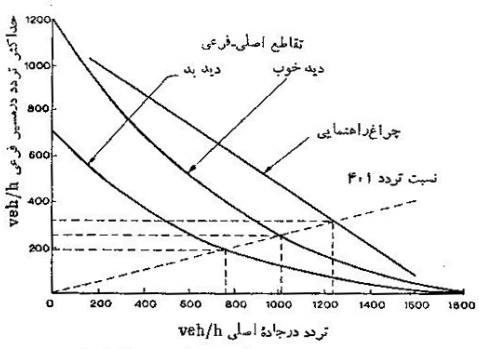
با نصب چراغ راهنمائی غالباً ظرفیت تقاطع هم افزایش می‌یابد. شکل ٤-٥ ظرفیت تقاطع T را در دو حالت مجهز به چراغ راهنمائی و بدون آن نشان میدهد. با اندازه گیری یا محاسبه پارامترهای لازم میتوان نظیر چنین نموداری را ترسیم کرد.



شکل ٤-٤- مقایسه‌ی متوسط تأخیر وارد بر وسایل نقلیه در یک تقاطع در دو حالت با چراغ راهنمایی و بدون آن

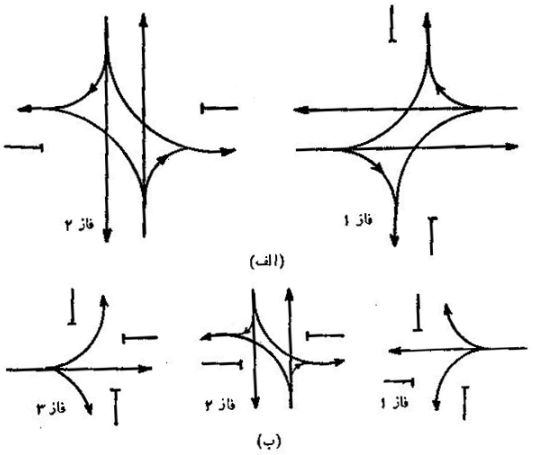
۴-۴- فازبندی چراغهای راهنمایی:

فاز عبارت از حالات متوالی است که بوسیله چراغ راهنمائی به یک یا چند جریان ترافیک در هر دور بصورت یکنواخت و مشخص اعمال شود. ترتیب و تعداد فازهای یک چراغ راهنمائی بستگی به تعداد مسیرهای تقاطع و نسبت گردش به چپ وسائل نقلیه از مسیرهای مختلف دارد. در طرح چراغهای راهنمائی، می‌کوشند تا آنجا که مقدور است تعداد فازها افزایش پیدا نکند. در تقاطع‌های ساده، نظیر چهار راههای معمولی، که گردش به چپ وسائل نقلیه نسبتاً کم (کمتر از ٦٠ وسیله نقلیه در ساعت) است، معمولاً دو فاز کافی است و وسائل نقلیه ای که میخواهند به سمت چپ گردش کنند در شرایط عادی میتوانند در فاصله زمانی بین ۲ سبز یا در فواصل عبور وسائل نقلیه مقابل (در صورت کافی بودن فاصله زمانی عبور) عبور کنند.



شکل ٤-٥- افزایش ظرفیت تقاطع در نتیجه نصب چراغ راهنمایی

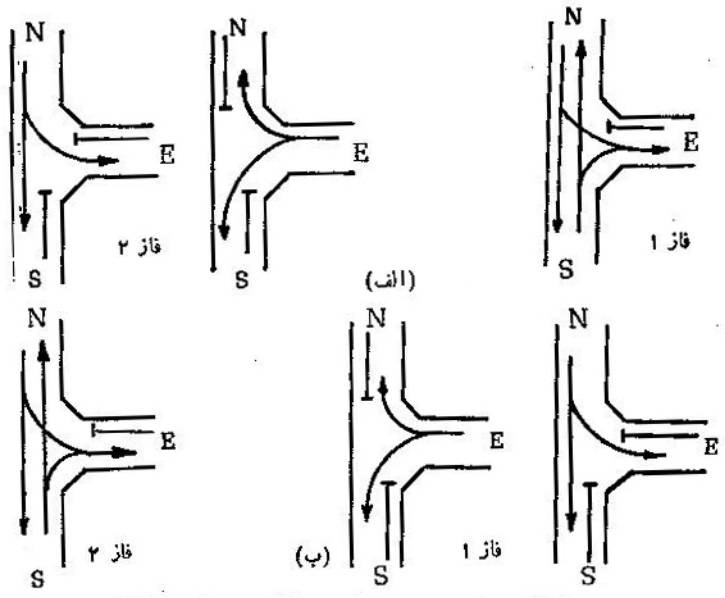
جهت گردش وسائل نقلیه در چهار راهی که با یک چراغ دو فازی کنترل میشود در شکل ٤-٦ (الف) و جهت گردش وسائل نقلیه در چهار راهی که با یک چراغ سه فازی کنترل میشود در شکل ٤-٦ (ب) نشان داده شده است. اگر تعداد وسائل نقلیه گردنده به چپ آنقدر زیاد باشد که امکان عبور و گردش آنها از طریق عادی میسر نباشد، بر حسب مورد و موقعیت میتوان یکی از روشهای زود قطع کننده، دیر آزاد کننده، توأماً زود قطع کننده - دیر آزاد کننده، استفاده کرده یا فاز مخصوصی برای گردش به چپ اختصاص داد.



شکل ٤-٦ - الف) جهت حرکت وسایل نقلیه در تقاطعی با چراغ دو فازی (سیستم دو فازی)، ب) جهت حرکت وسایل نقلیه در تقاطعی با چراغ سه فازی (سیستم سه فازی)

۴–۴–۱– روش زود قطع‌کننده. اگر تعداد وسائل نقلیه گردنده به چپ نسبتاً زیاد باشد، میتوان زمان سبز مسیر مقابل را چند ثانیه زودتر قطع کرد و به این وسائل نقلیه فرصت داد که از تقاطع عبور کنند. این روش را روش «زود قطع کننده» می‌نامند. [شکل ٤–٧ (الف)]. در این روش، اگر نخواهند هم زمان با گردش به چپ در یک مسیر، حرکت دیگر وسائل نقلیه از آن مسیر به راست و مستقیم ادامه یابد باید خط ویژه ای برای گردش به چپ در نظر گرفت.

۴–۴–۲– روش دیرآزاد کننده. در این روش زمان سبز فازی که گردش وسائل نقلیه به سمت چپ باید در آن فاز صورت بگیرد، برای وسائل نقلیه مقابل چند ثانیه دیرتر شروع میشود. به این ترتیب، در ابتدای شروع زمان سبز هر فاز، ابتدا به وسائل نقلیه ای که میخواهند به سمت چپ گردش کنند اجازه عبور میدهند و سپس عبور آنها را متوقف کرده به ترافیک مسیر مقابلشان اجازه عبور میدهند. شکل ۳–۷ (ب) نمونه ای از کاربرد روش دیر آزاد کننده را در یک تقاطع نشان میدهد.



شکل ٤–٧– به کار بردن روشهای، الف) زود قطع‌کننده، ب) دیر آزادکننده

۴–۴–۳ – روش توأماً (زود قطع کننده – دیر آزاد کننده). در مواقعی که از یکی از روشهای دیرآزادکننده یا زود قطع‌کننده برای گردش به چپ وسائل نقلیه استفاده میشود، معمولاً فرصتی جز زمان اختصاص داده شده به آنها داده نمی شود، و همین امر گاهی باعث اعمال تأخیر زیاد برای آنها میشود. برای حل این مشکل گاهی هر دو روش زود قطع کننده و دیر آزاد کننده را توأماً بکار میبرند ؛ بدین صورت که به گردش به چپ این وسائل در هر فاز چند ثانیه از ابتدای زمان سبز را و چند ثانیه از انتهای این زمان را به آنها اختصاص میدهند و حرکت وسائل نقلیه را از مسیر مقابل در این دو زمان متوقف می‌کنند.

۴–۵– تردد اشباع:

تردد اشباع در یک ورودی، حداکثر تردد در یک ساعت (برحسب PCU)، است که میتواند از یک ورودی وارد تقاطع شود و از آن عبور کند بدون آنکه هیچ ممانعتی، از طرف چراغ راهنمائی برای آن وجود داشته باشد. بهترین روش تعیین تردد

اشباع شمارش واقعی وسائل نقلیه است؛ هر چند ممکن است این اندازه گیری دقیق نباشد. همچنین میتوان بوسیله رابطه زیر که به عرض مسیر بستگی دارد، مقدار تردد اشباع را تعیین کرد.

$$S = ٥٢٥\ W\ pcu/hr \quad (W > ٥/٥m)d \qquad (١)$$

در این رابطه W، عرض ورود بر حسب متر است. در حالتی که عرض ورودی کوچکتر و یا مساوی ٥/٥ متر باشد. مقدار تردد اشباع از جدول ٤-١، قابل تعیین است.

جدول ٤-١- مقادیر اشباع برای حالت $٣ \le W < ٥/٥$

عرض ورودی (m)	تردد اشباع (pcu/hr)
٣	١٨٥٠
٣/٥	١٨٧٥
٤	١٩٧٥
٥	٢٥٥٠
٥/٥	٢٩٠٠

مقادیر تردد اشباع برای شیب، شرایط محیطی و قوسها را به طریق زیر می‌توان اصلاح نمود.

٤-٥-١- اصلاح تردد اشباع بر اساس شیب ورودی به تقاطع. شیب ورودی، بعنوان متوسط شیب بین خط توقف و نقطه ای که ٦١ متر قبل از آن است، تعریف میشود. تردد اشباع به میزان سه درصد برای هر یک درصد شیب سربالائی یا سرپایینی به ترتیب، کاهش یا افزایش می‌یابد.

٤-٥-٢- اصلاح تردد اشباع بر اساس شرایط محیطی. مقادیر تردد اشباع در موقعیتهای محیطی زیر افزایش و یا کاهش می‌یابد:

الف ـ تقاطع با شرایط محیطی خیلی خوب شامل

١- دارای قابلیت دید خوب و دو خط آمد و شد.

٢- بدون تداخل از نظر عبور عابران پیاده.

٣- شعاعهای چرخش کافی.

٤- شرایط اقلیمی مناسب

در این شرایط افزایش تردد اشباع به مقدار ٢٠٪ افزایش می‌یابد.

ب ـ تقاطع با شرایط محیطی نامناسب:

١- دارای سرعت کم، قابلیت دید کم.

٢- دارای اجزای نامناسب با چند محل تداخل از نظر عبور عابران پیاده.

٣- یخبندان یا همراه با لغزندگی مسیر

که در این شرایط تردد اشباع به مقدار ١٥٪ کاهش داده میشود.

تذکر: در حالتی که تقاطع، در شرایط محیطی بین خیلی خوب و نامناسب قرار گیرد، «تقاطع با شرایط محیطی متوسط» نامیده میشود و به تصحیح مقادیر تردد اشباع نیازی نیست.

۴–۵–۳– اصلاح تردد اشباع بر اساس قوس‌ها. در مکانهائی که فاز جداگانه ای برای گردش به چپ وسائل نقلیه در نظر گرفته می‌شود. و وسائل نقلیه بلافاصله بعد از گذشتن از خط توقف، باید یک مسیر قوسی شکل را طی کنند، مقدار تردد اشباع کاهش می‌یابد و طبق روابط زیر تعیین میگردد:

برای یک خط گردش به چپ

$$S = \frac{۱۸۰۰}{۱ + \frac{۱/۵۲}{R}} \text{ pcu/hr یا } \text{pcu/hr } ۱۶۰۰ \quad \text{(۲) الف}$$

برای دو خط گردش به چپ

$$S = \frac{۳۰۰۰}{۱ + \frac{۱/۵۲}{R}} \text{ pcu/hr یا } \text{pcu/hr } ۲۷۰۰ \quad \text{(۲) ب}$$

در این روابط، R: شعاع چرخش بر حسب متر است.

۴–۵–۴– تردد عادی و سنگینی ترافیک. جریان ترافیکی که در یک ساعت از یک تقاطع عبور می‌کند، «تردد عادی» (نرمال) نامیده می‌شود. این تردد به طور معمول، کمتر از تردد اشباع است. تردد نرمال، برحسبPCU، بیان می‌شود. نسبت تردد نرمال به تردد اشباع، «سنگینی ترافیک» نامیده می‌شود.

$$Y = \frac{Q}{S} \quad \text{(۳)}$$

در رابطه فوق:

Q: تردد عادی(PCU/hr)

S: تردد اشباع(PCU/hr)

Y: سنگینی ترافیک است.

۴–۶– دستگاه چراغ راهنمائی:

یکی از مهمترین و مؤثرترین روشهای کنترل ترافیک در تقاطع‌ها استفاده از چراغهای راهنمائی است. چراغ راهنمائی دستگاهی با زمان‌بندی الکتریکی است که حق تقدم را به یک یا چند جریان ترافیکی تخصیص میدهد به نحوی که این جریانها را بتوانند بطور مؤثر و بصورت ایمن از تقاطع عبور کند. کاربرد چراغهای راهنمائی برای به حداقل رساندن موارد زیر است:

۱- تأخیرهای بیش از حد در برابر تابلوهای توقف و احتیاط

۲- مشکلاتی که بوسیله حرکات گردشی ایجاد میشود.

۳- برخوردهای از گوشه و پهلو.

٤- تصادفات عابران پیاده

از آنجائیکه استفاده از چراغهای راهنمائی از اهمیت زیادی برخوردار است ادامه این فصل به تشریح طراحی و کاربرد آنها اختصاص داده میشود.

۴–۶–۱– چراغهای راهنمائی. کلیه دستگاههائی که با نیروی محرکه کار می‌کنند (بجز تابلوها) و برای کنترل، جهت یابی یا دادن هشدار به رانندگان یا عابران پیاده بکار میروند، در گروه چراغ‌های راهنمائی طبقه بندی میشوند. در این بخش با تعریف‌های اساسی مربوط به چراغهای راهنمائی و تقاطع‌ها شروع میشود و سپس به شرح جزئیات چند روش طراحی برای زمان‌بندی چراغها می‌پردازد.

در اینجا بخش‌های گوناگونی که درباره این موضوع ارائه میشوند فقط به اصول می‌پردازند. جزئیات بیشتر را میتوان در مراجع متعددی که در این باره چاپ شده‌اند یافت نمود.

۴–۶–۲– اهداف کاربرد چراغ راهنمائی. بطور کلی، چراغ راهنمائی در تقاطع برای منظورهای زیر نصب میشود:

۱) بهبود ایمنی کلی

۲) کاهش میانگین زمان عبور از تقاطع و در نتیجه افزایش ظرفیت

۳) یکسان سازی کیفیت سرویس برای همه یا بیشتر جریان‌های ترافیکی

اگر چه چراغهای راهنمایی بر اساس معیارهای معینی نصب می‌شوند، توجیه نصب آنها باید بر اساس ایمنی، بهبود زمانهای عبور، رعایت نسبت تأخیر، کاهش آلودگی هوا و.... باشد. یکی از مزایای اصلی چراغهای راهنمایی نسبت به تابلوها، نقشی است که در راهنمایی رانندگان و عابران پیاده بر عهده دارند، به نحوی که جایی برای تشخیص نادرست راننده باقی نمی ماند: انعطاف پذیری به این معنی است که تخصیص حق تقدم می‌تواند بر اساس حجم جریان ترافیکی صورت گیرد. قابلیت تخصیص حق تقدم به برخی حرکتها یا وسایل نقلیه، امکان کنترل هماهنگ در طول خیابانها یا شبکه‌ها، تسهیلات لازم برای پیوستگی جریان یک دسته از طریق هماهنگ سازی مناسب برای یک سرعت معین در طول یک مسیر مشخص، از دیگر مزایای چراغ راهنمایی است. از طرف دیگر، مشاهده می‌شود که چراغهای راهنمایی با طراحی نامناسب موجب افزایش تصادفها، تأخیرهای بیش از حد وسایل نقلیه در برخی رویکردها، مجبور کردن رانندگان به انتخاب مسیرهای انحرافی و سردرگمی رانندگان می‌شوند.

۴–۶–۳–تعاریف مربوط به تقاطع‌ها و چراغهای راهنمایی. برخی از اصطلاحاتی که در این فصل از آنها نامبرده شده یاد می‌شود، نیاز به تعریف جداگانه ای دارند و عبارتند از:

۱) چرخه (زمان چرخه یا طول چرخه): یک دوره‌ی کامل علامت‌دهی چراغ راهنمایی

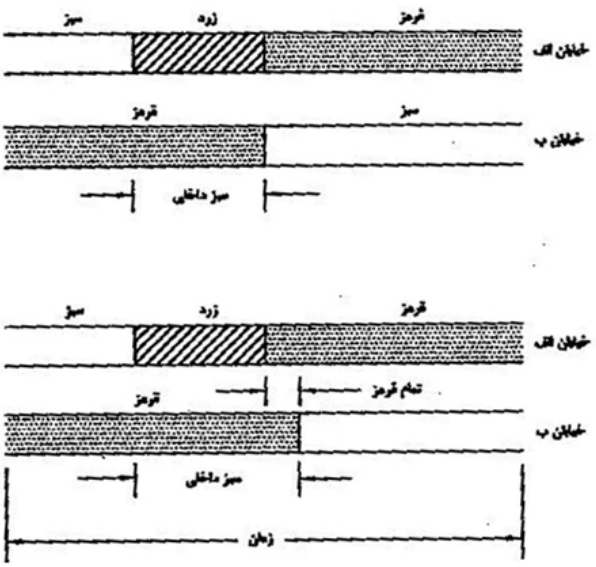
۲) فاز (فاز چراغ راهنما): بخشی از یک چرخه که به ترکیبی از حرکات به طور همزمان حق تقدم می‌دهد.

۳) (تأخیر) وقفه‌ی زمانی: بخش یا بخشهایی از یک چرخه که طی آن، علامت چراغ راهنمایی تغییر نمی کند.

٤) اختلاف دوره: فاصله‌ی زمانی (ثانیه) بین شروع یک فاز سبز در تقاطع و شروع یک فاز سبز در تقاطع بعدی.

٥) زمان تخلیه (وقفه‌ی تخلیه): فاصله‌ی زمانی بین پایان علامت سبز برای یک فاز و شروع یک علامت سبز برای فاز بعدی شکل ٤–٨

٦) وقفه‌ی تمام قرمز: فاصله‌ی زمانی که علامت قرمز را برای همه‌ی رویکردها نمایش داده و برای تخلیه تقاطع از عبور وسایل نقلیه بکار می‌رود. در برخی موارد، یک وقفه‌ی تمام قرمز منحصراً برای عابرین پیاده ای بکار می‌رود که از تقاطع‌ها بسیار عریض عبور می‌کنند.



شکل ٤-٨ – زمان بین دو سبز

۷) ضریب ساعت اوج: در مورد تقاطعهای خیابانی، به نسبت تعداد وسایل نقلیه ای که در طی ساعت اوج وارد تقاطع می‌شوند به چهار برابر ربع ساعتی از ساعت اوج که نسبت به سایر ربع ساعتهای اوج بیشترین وسایل نقلیه را وارد تقاطع کرده است می‌باشد.

۸) متوسط سر فاصله‌های زمانی وسایل نقلیه خروجی: آزمایشات و مشاهدات حاصل از انجام آن به وسیله‌ی گرین شیلدز و همکاران نشان می‌دهد که برای وقفه‌های سبز از ۲۰ تا ۳۰ ثانیه، متوسط سر فاصله‌های زمانی برای هر وسیله‌ی نقلیه تقریباً ۲/۵ ثانیه است و برای وقفه‌های بیشتر متناسباً این متوسط افزایش می‌یابد

۹) هم ارزهای خودروی سواری (PCU): برای از بین بردن آثار نامطلوب وسایل نقلیه تجاری و حرکات گردشی در زمان شروع (یا میانگین سر فاصله‌های زمانی)، وسیله‌ی نقلیه سواری را به عنوان وسیله‌ی نقلیه مبناء فرض و با اعمال ضرایبی تأثیر سایر وسایل نقلیه را بر ترافیک به هم‌ارز سواری تبدیل می‌کنند. در اینجا مناسب است به بعضی از تعاریف مرتبط با اجزاء ترافیک و سهولتهای آن از جمله رویکرد، ظرفیت، حجم بحرانی، تأخیر، زمان سبز، نسبت سبز و حجم ساعتی بپردازیم.

رویکرد: بخشی از راه منتهی به تقاطع است که به وسیله‌ی ترافیک در حال نزدیک شدن به آن مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ظرفیت: حداکثر تعداد وسایل نقلیه ای است که انتظار می‌رود به طور منطقی از یک سواره روی معین یا قسمتی از آن در یک جهت از یک خط در طی زمان معین در شرایط جاده ای و ترافیکی حاکم عبور کنند.

حجم بحرانی: حجم (یا ترکیبی از حجمها) برای خیابان معین است که موجب بیشترین استفاده از ظرفیت برای آن خیابان می‌شود (مثلاً نیاز به بیشترین زمان سبز دارد)، که بر حسب سواری یا وسیله‌ی نقلیه مختلط در ساعت در خط بیان می‌شود.

تاخیر: زمان توقف به ازای هر کدام از ورودیهای تقاطع (بر حسب ثانیه برای هر وسیله‌ی نقلیه)

زمان سبز: طول فاز سبز به اضافه‌ی زمان وقفه (بر حسب ثانیه)

نسبت سبز: نسبت زمان سبز مؤثر به طول چرخه (در چراغ راهنمایی)

حجم ساعتی: تعداد وسایل نقلیه‌ی مختلطی که از بخشی از یک خط عبوری استاندارد سواره رو طی یک دوره‌ی زمانی یک ساعتی عبور می‌کنند.

٤-٦-٣-١- سطح سرویس (تراز خدمت‌دهی): معیاری برای بیان خصوصیات تحرک پذیری تقاطع بوده که از حدود٦٥٠ وسیله‌ی نقلیه سواری در ساعت برای یک خط در یک جهت آغاز و تا ٢٠٠٠ وسیله‌ی نقلیه سواری افزایش و در شش گروه F,E,D,C,B,A بیان می‌گردد.

حجم دوره: اندازه ای برای طراحی است که بر اساس آهنگ تردد در ١٥ دقیقه اوج در یک ساعت بدست می‌آید که به حجم ساعتی معادل تبدیل شده است.

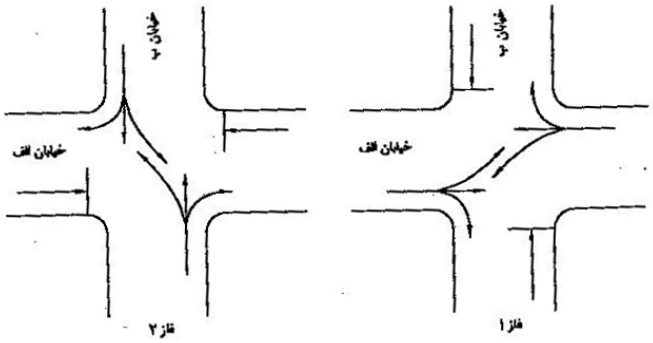
اتوبوس عبوری: اتوبوسی که برای آن در تقاطع مورد بررسی توقفی طراحی نشده است.

۴-۷- اجزای سیستم چراغهای راهنمایی:

چراغ راهنمایی شامل یک سیستم روشن کننده و یک سیستم کنترل کننده است که شامل دستگاههای شناسایی وسیله‌ی نقلیه و سایر تجهیزات نصب شده در سیستم می‌گردد و بر حسب تقاضا فعال می‌شوند (مانند تکمه ای فشاری مورد استفاده عابران پیاده برای سبز نمودن چراغ عابران در هنگام عبور از عرض خیابان). نماها یا علامت‌ها به طرق مختلف طبقه بندی می‌شوند، و هر یک، یک یا چند جریان ترافیکی را که از یک جهت می‌آیند، کنترل میکند. چراغ‌های نصب شده در بالای پایه دارای شکل و پیوستگی متفاوت هستند که رنگهای مورد استفاده در آن‌ها شامل: سبز، برای نشان دادن حق تقدم به جریان ترافیکی معین یا ترکیبی از جریانها؛ قرمز، برای جلوگیری از حرکت یا ضرورت توقف، زرد برای تنظیم تعویض حق تقدم از برخی جریانات به جریانات دیگر یا برای هشدار دادن. در صورتی که چراغ راهنمایی ویژه ای برای عابران پیاده داشته باشیم، علامتها به شکل پیامهایی حرفی یا مفهومی نورانی هستند. علامت‌های چراغ راهنمایی می‌توانند دائمی یا چشمک زن باشند. همانطور که پیش‌تر اشاره شد، چراغ چشمک زن قرمز همان معنای تابلوی توقف را می‌دهد، در حالی که چراغ چشمک زن زرد به شخص اجازه می‌دهد حرکت خود را با احتیاط ادامه دهد. کنترل کننده‌ها عبارتند از دستگاههایی الکترومکانیکی یا الکترونیکی که طول زمان و توالی علامت‌ها را در تقاطع تنظیم می‌کنند. کنترل کننده‌های ثابت برای حرکت‌های خاص ترافیکی، زمان ثابتی را با توالی ثابتی در نظر میگیرند؛ زمان‌بندی بر اساس الگوهای جریان ترافیک تقاطع در گذشته صورت می‌گیرد. کنترل کننده‌های قابل تنظیم قادر به دریافت اطلاعات درباره‌ی الگوهای جریان ترافیک از دستگاههای اندازه گیری مختلف در فواصل زمانی از پیش تنظیم شده می‌باشند. از این اطلاعات برای انتخاب یکی از چند برنامه‌ی زمانبندی که در حافظه‌ی کنترل کننده قرار دارد استفاده می‌شود. کنترل کننده‌های متغیر نیز از تعدادی دستگاههای شناسگر برای تغییر طول یا توالی نشانه‌های چراغ راهنمایی استفاده می‌کنند. اما بر خلاف کنترل کننده‌های قابل تنظیم، آنها نسبت به ورود هر وسیله‌ی نقلیه به تقاطع عکس‌العمل نشان می‌دهند تا تغییر در الگوهای تجمعی ترافیک، الگوهای زمان‌بندی متغیر مشخص شده به وسیله حداقل زمان سبز برای جریانهای مختلف محدود شوند، اینها می‌توانند با افزایش ورود وسایل نقلیه تا مقدار حد اکثر معینی افزایش پیدا کنند. هر یک از تقاطع‌ها می‌تواند بطور جداگانه کنترل شود. همچنین می‌توان تعدادی از تقاطع‌های دنبال هم را به یکدیگر متصل و به صورت گروهی کنترل کرد. شناسگرها با عبور یا حضور وسیله نقلیه فعال می‌شوند. برای شناسایی اصول فیزیکی متنوعی شامل: فشار، انحراف در میدان مغناطیسی، قطع اشعه نوری، تغییر در فرکانس امواج رادار، تغییر در خاصیت خودالقایی حلقه هادی، شناسایی

ویدئویی با استفاده از فنون پردازش تصویر و غیره انجام شود. شناسگرها را می‌توان بالاتر از سطح راه یا بر روی آن و یا در کنار یا زیر سطح راه بطور ساده روی پرده ویدئویی برای پردازش تصویر نصب کرد. شناسگرها از نظر سرمایه گذاری اولیه و هزینه‌های نگهداری و قابلیت اطمینان متفاوتند.

۴-۷-۱- اجزای سیستم زمان‌بندی چراغ راهنمایی. در تقاطع‌های چراغدار، به برخی جریانهای ترافیکی بطور همزمان حق تقدم داده می‌شود در حالی که سایر جریانها متوقف می‌شوند. ملاحظات ایمنی حکم می‌کند که در هر فاز فقط جریانهای ترافیکی عبوری از آن فاز سهیم باشند، مسیرهای آنها یکدیگر را قطع نکنند. در شکل ٤-۹، عابران پیاده و وسایل نقلیه در حال گردش به راست و چپ می‌توانند از سبز بطور هم زمان استفاده کنند. در بعضی تقاطع‌ها که در آنها تعداد عابران پیاده و همچنین تعداد و وسایل نقلیه در حال گردش بسیار زیاد است، در نظر گرفتن یک فاز مخصوص می‌تواند مفید باشد که در آن به حرکت عابران اجازه داده می‌شود در حالی که سایر وسایل نقلیه متوقف هستند از تقاطع عبور نمایند. فازهای بعدی فقط برای وسایل نقلیه در نظر گرفته می‌شوند.



شکل ٤-۹- فازهای چراغ راهنمایی

در طراحی فازهای چراغ، ترتیبی برای فازهای متعددی که بدنبال یکدیگر می‌آیند مشخص می‌شود. چرخه چراغ بخشی از آن ترتیب است. توجه کنید که ایمنی (جلوگیری از برخورد) و کیفیت خدمات، مهمترین عوامل در طراحی چراغها هستند. توسعه‌ی نمودار فازبندی با در نظر گرفتن طرح هندسی تقاطع و خطوط دلخواه حرکت در تقاطع به طور همزمان صورت می‌گیرد. ایمنی تنها معیاری است که در محاسبه زمانهای بین دو سبز در نظر گرفته می‌شود همانطور که در ادامه توضیح داده خواهد شد. عواملی که در طول زمان بین دو سبز تاثیر می‌گذارند شامل فواصل توقف ایمن، سرعت رویکردی وسایل نقلیه، سرعت پیاده روی عابران پیاده و عرض رو سازی خیابان است.

وقتی مجموع زمانهای بین دو سبز برای تمامی فازها از زمان چرخه کم شود، آنچه باقی می‌ماند کل زمان سبز در هر چرخه است. انتخاب زمانهای سبز بستگی به میانگین زمانی سفر کلی از تقاطع را به حداقل برسانیم یا تقاضا و ظرفیت را برای یک دوره زمانی معین معادل کرده یا حد اکثر زمان سفر انفرادی از تقاطع را به حداقل برسانیم.

۴-۷-۲- محاسبه دوره بین دو سبز. بررسی شکل ٤-۱۰ نشان می‌دهد که شناخت دوره بین دو سبز – که شامل یک دوره‌ی زرد به اضافه یک دوره تمام قرمز است – برای هشدار دادن به رانندگان با توجه به تغییر چراغ از سبز به قرمز ضروری است. وقتی چراغ زرد می‌شود رانندگانی که در فاصله ای روی خط توقف قرار دارند که از مسافت توقف آنها بیشتر است، براحتی قادر به توقف خواهند بود. رانندگانی که از مسافت توقف ایمنی‌شان به خط توقف نزدیکتر هستند

سرعت خود را افزایش داده و تقاطع را تخلیه خواهند کرد. آنها که در فاصله ایمن توقف یا نزدیک به آن قرار دارند (ناحیه به اصطلاح بلا تکلیفی) باید بتوانند (۱) توقف کنند (۲) یا سرعت خود افزایش داده و از تقاطع عبور کنند مسیر وسیله‌ی نقلیه مسافت زیر را در بر می‌گیرد:

$$S = W + L \qquad (۳)$$

که در آن:

S = مسافت ایمنی توقف

W = فاصله از خط توقف تا سپر جلو وسیله نقلیه

L = طول وسیله نقلیه

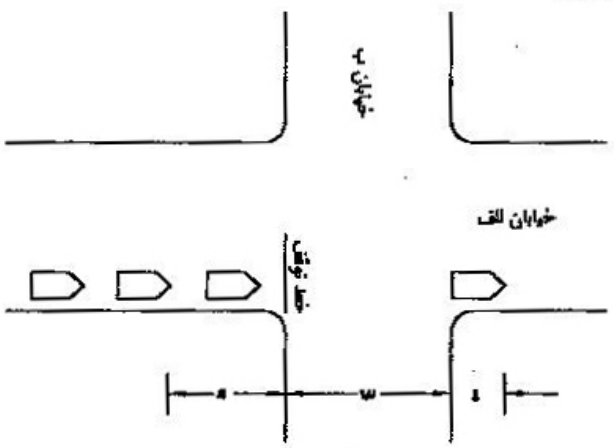
بنابراین زمان بین دو سبز برابر است با:

$$t = \frac{S + W + l}{v} = t_r + \frac{v}{2f \times g} + \frac{W + l}{v} \qquad (٤)$$

که در آن:

v= سرعت وسیله نقلیه(ft/sec) یا(m/sec)

g = شتاب ثقل (ft/sec^2) ۳۲/۲ یا (m/sec^2) ۹/۸۱



مشکل ٤-۱۰- مسافتهای تخلیه

$t_r = (۱ - ۲/۵)\sec$ زمان تشخیص عکس‌العمل

تا سرعتهای بین (۳۰ الی ٤۰) مایل بر ساعت برای جاده خشک ۶۲/. =f و برای جاده مرطوب ۳۳/. = f (ضریب اصطکاک) در اینجا w و l بر حسب فوت اندازه‌گیری می‌شوند. اگر زمان تمام قرمز را نداشته‌باشیم(a=0) فرض شده و

$$I = A \qquad (۵)$$

در نظر گرفته می‌شود

به این معنی که: زمان بین دو سبز برابر زمان زرد می‌باشد و زمان زرد را براساس سرعت حرکت عابرین پیاده و عرض خیابان و زمانهای تأخیر شروع می‌توان محاسبه نمود، فرض کنید که آخرین عابر پیاده، درست زمانی‌که چراغ زرد می‌شود، بخواهد از خیابان عبور کند، زمان تخلیه عابر پیاده عبارت‌از:

$$R_i = \frac{W_j}{v_{ped}} \qquad (٦)$$

که در آن W_j عرض خیابان تا میانه و v_{ped} سرعت پیاده‌روی عابران پیاده(٤ft/sec) است. اگر R_i بیشتر از I_i باشد از R_i به جای I_i استفاده می‌شود.

مثال ١

طول بهینه فاز زرد را برای حذف منطقه «بلاتکلیفی» در تقاطع حساب کنید. فرض می‌شود که منطقه‌ی بلاتکلیفی فقط با تنظیم زمان چراغ زرد، قابل حذف کردن باشد.

حل: برای متوقف کردن وسیله نقلیه پیش از رسیدن به خط توقف، راننده می‌بایست در فاصله S مانده به خط توقف شروع به ترمز کند:

$$S = t_r v + \frac{v^2}{2a}$$

این طول را منطقه توقف می‌گویند. در اینجا t_r زمان عکس‌العمل راننده، v سرعت سفر و a نرخ کاهش سرعت (شتاب منفی) می‌باشد.

از طرف دیگر، باید فاز زرد Y می‌بایست به صورت مناسبی در نظر گرفته شود، تا اینکه وسیله‌ی نقلیه در صورتی‌که در هنگام شروع فاز زرد به تقاطع بسیار نزدیک باشد، بتواند از تقاطع عبور کند. فاصله تا خط توقف از وسیله نقلیه‌ای که باید طی فاز زرد تقاطع را تخلیه کند، منطقه عبور آزاد نامیده می‌شود که از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$G = vY - (W + l) \qquad (٧)$$

که در آن w عرض خیابان و l طول وسیله نقلیه است.

منطقه‌ی بلاتکلیفی فاصله بین G و S است، که عبارت از:

$$D = G - S = vY - (W + l) - (t_r v + v^2/2a) \qquad (٨)$$

برای به حداقل رساندن D، از D نسبت به v مشتق گرفته و حاصل را برابر صفر قرار می‌دهیم و داریم:

$$Y = t_r + \frac{v}{2a} + \frac{W + l}{v} \qquad (٩)$$

زمان حاصل از معادل فوق که زمان بهینه برای فاز زرد است.

بحث کیفی

هدف از حذف منطقه‌ی بلاتکلیفی، کمک به رانندگان برای تعیین یک نشانه یا خطی فرضی است که عقب‌تر از آن راننده باید ترمز کند یا جلوتر از آن وسیله‌ی نقلیه باید از تقاطع عبور کند.

۴–۸– روشهای مختلف کنترل حرکت وسایل نقلیه در تقاطع‌ها:

۴–۸–۱– علائم کنترل کاربری خطوط. اینها علائمی هستند که به وسیله شکل یا کلمات انواع حرکاتی را که مجاز به گردش و یا حرکت از خطوط خاصی هستند را معین می‌نماید. علائم ممکن است روی پایه یا قاب بالای سطح جاده نصب شوند. علائم بالای سطح جاده به دلیل اینکه علامت می‌تواند در بالای خطوطی که می‌خواهد از آن استفاده کنند قرار می‌گیرند ارجح می‌باشند.

۴–۸–۲– علامت گذاری روی روسازی. کنترل کاربری خطوط با علامت گذاری روسازی باید به عنوان مکمل علائم کنترل کاربری خطوط در یک مسیر به کار رود

۴–۸–۳– جداسازی خط گردش به چپ. ضوابط پذیرفته شده مشترکی در این باره و برای ساخت رفوژ گردش به چپ موجود نمی‌باشد لکن عواملی که قبل از هر نوع طراحی باید مورد نظر قرار گیرد عبارت اند از:

الف ـ بررسی تصادفات ناشی از گردش به چپ با ترافیک روبرو، برخورد جانبی و برخورد انتهایی

ب ـ حجم ترافیک گردش به چپ و روبرو

ج ـ تاخیر در حرکات گردش به چپ و مستقیم

د ـ وضعیت فیزیکی و هندسی تقاطع

هـ ـ هزینه‌ی ساخت و ساز

۴–۹– مزایا و معایب روشهای دیرآزادکننده و زود قطع شونده:

۴–۹–۱– مزایای روش دیر آزادکننده. ۱) ظرفیت یک تقاطع با محدودیت در عرض مسیرهای مختلف را افزایش می‌دهد، ۲) تنظیم آن روی دستگاه کنترل چراغ آسانتر است. ۳) بوسیله تخلیه تقاطع از حرکات گردش به چپ در ابتدای کار برخورد بین گردش به چپ و حرکت مستقیم را حذف ودر نتیجه تراکم را کاهش می‌دهد. ٤) در این روش سرعت عکس العمل راننده افزایش می‌یابد. ٥) صرفاً در یک زمان خاص سبز یا فاز سبز تخلیه هردو مسیر همزمان پایان می‌یابد. ٦) برای محلهایی که خطوط گردش به چپ جداگانه وجود ندارد قابل قبول است.

۴–۹–۲– معایب روش دیر آزاد کننده. ۱) باعث ایجاد برخورد وسایط نقلیه و پیاده‌ها در طول زمان سبز اولیه می‌گردد. ۲) حرکات گردش به چپ ممکن است بنا حق، حق تقدم مسیر مستقیم مقابل را – به محض پایان یافتن زمان سبز اولیه – تصاحب کنند. ۳) جریان ترافیک مقابل در زمان سبز اولیه دچار اشتباه شده و شروع به حرکت می‌نماید.٤) ممکن است در زمانبندی سیستم چراغهای پیشرفته – به دلیل اینکه حرکت مستقیم زمان حرکت را زودتر دریافت کرده احتمالاً قبل از زمان سبز به تقاطع چراغدار بعدی که چراغ آن با این تقاطع هماهنگ است برسد – مشکل ایجاد نماید. ٥) این روش با قانون حق تقدم عبور تطبیق نداشته و ممکن است وقتی که زمان سبز اولیه خاتمه می‌یابد حرکت گردش به چپ را به اشتباه بیاندازد.

۴–۹–۳– مزایای روش زود قطع کننده. ۱) با قانون طبیعی حق تقدم عبور در گردش به چپ تطابق داشته و برای حرکات گردش به چپ ایجاد اشتباه نمی نماید ۲) به رفتار طبیعی رانندگی نزدیک‌تر است. ۳) زمینه را برای تفکیک حرکت پیاده از سواره فراهم می‌نماید چرا که پیاده در ابتدای فاز سبز از عرض خیابان عبور می‌نماید. ٤) زمان سبز برای هر دو

مسیر همزمان آغاز می‌گردد. ٥) امکان بالا بردن ظرفیت کلی را فراهم می‌نماید، چرا که ابتدا گردش به چپ در داخل تقاطع حرکت کرده و مسیر مستقیم را در طول زمان سبز تخلیه می‌نماید و به تبع آن فاصله زمانی مورد نیاز برای وسایط نقلیه ورودی به تقاطع در مسیر مستقیم را کاهش می‌دهد. ٦) حرکات گردش به چپ بدون دلیل حق تقدم عبور مسیر مستقیم را تصاحب نمی کنند. ٧) صرفاً گروه‌های متفرق وسایط نقلیه تقاطع هماهنگ شده مجاور را قطع می‌کنند. ٨) در محلهایی که خط جداگانه گردش به چپ وجود دارد مطلوب است.

۴–۹–۴– معایب روش زود قطع کننده. ١) به دو زمان اضافی تخلیه نیاز دارد زیرا که فاز سبز در دو زمان مختلف برای دو جهت مختلف در یک فاز به پایان می‌رسد. ٢) در ابتدای زمان سبز انتهایی بین حرکات گردش به چپ متقابل برخورد ایجاد می‌شود چون که رانندگانی که دارای حرکت گردش به چپ مقابل هستند فکر می‌کنند که هر دو حرکت در یک زمان متوقف می‌شوند. ٣) برای حرکت مستقیم در جایی که خط جداگانه گردش به چپ وجود ندارد تولید اشکال می‌نماید. ٤) انواع تابلوهای که بصورت پیوسته با کنترل زود قطع کننده و دیر آزاد کننده استفاده می‌گردند بصورت زیر قابل استفاده می‌باشند:

برای چراغ سبز منتظر بمانید.

دیر آزاد کننده، زود قطع کننده.

فقط در زمان سبز حرکت کنید.

منتظر باشید چراغ با تاخیر سبز می‌شود.

فقط از چراغ خود تبعیت نماید.

سئوالات و مسائل مطرح:

۱- انواع چراغ‌های راهنمایی را شرح دهید؟

۲- انواع چراغ‌های راهنمایی متغیر را توصیف نموده و کارکرد آنها را تحلیل نمائید؟

۳- شرایط نصب چراغ‌های راهنمایی را بنویسید؟

٤- فازبندی چیست؟

٥- تردد اشباع و اصلاح براساس شیب، شرایط محیطی و قوس‌ها را بنویسید؟

٦- در ترافیک سنگینی چیست؟

۷- کاربرد چراغهای راهنمائی باعث تقلیل بعضی از شاخص‌ها می‌شود آنها را بیان دارید؟

۸- اهداف نصب چراغ‌های راهنمایی را بنویسید؟

۹- اجزاء چراغ‌های راهنمایی را تشریح کنید؟

۱۰- فاکتورهای دخیل در تعیین مسیر وسیله‌ی نقلیه را بنویسید؟

۱۱- منطقه بلاتکلیفی و منطقه عبور آزاد را با حل یک مسئله بصورت مفهومی بیان دارید؟

۱۲- مزایا و محدودیتهای چراغ‌های زود قطع شونده و دیرآزاد کننده را بنویسید؟

فصل پنجم

محاسبه و طراحی چراغهای راهنمایی

با توجه به افزایش تردد و تعداد وسایل نقلیه در سطح جاده‌ها بویژه خیابانهای شهرهای بزرگ و ایجاد شلوغی و بعضاً تأخیرهای طولانی در زمان عبور آنها لزوم نصب چراغهای راهنمایی، بویژه آشنایی افسران راهنمایی و رانندگی با چگونگی طراحی و محاسبه انواع آنها بیش از پیش خود را نشان می‌دهد.
اما ابتداء به بحث ضوابط کاربرد این چراغها پرداخته و سپس چگونگی طراحی آنها را ملاحظه خواهیم کرد.

۵-۱- ضوابط کاربرد چراغهای راهنمایی:

به دلیل پیچیدگی تصمیم گیری در باره زمان و محل نصب چراغ راهنمایی، واضح است که برای نصب چراغ راهنمایی در محلی ویژه، ایجاد یک سیستمی برای تعیین نیازها ضروری است. چنین سیستمی با استفاده از دستورالعمل ویژه‌ای که به ضوابط توجیه چراغ راهنمایی معروف است، ایجاد شده است. ضوابط یازده‌گانه‌ای که در اینجا به اختصار شرح خواهیم داد برای ایجاد وسایل کنترل یکنواخت ترافیک برای جاده‌ها و خیابانها مورد بررسی قرار گرفته‌اند. این ضوابط باید بیشتر به عنوان راهنما برای تعیین نیاز به چراغهایی راهنمای مورد توجه قرار گیرند تا به عنوان معیارهای مطلق ؛ و کاربرد آنها می‌بایست با نگاه تخصصی و بر اساس تجربه و با در نظر گرفتن تمامی عوامل وابسته تعدیل شوند.

جدول ۵-۱: حداقل حجم وسلیل نقلیه (ضابطه ۱)

تعداد خطوط عبور برای حرکت ترافیک در هر رویکرد		تعداد وسایل نقلیه در هر ساعت در خیابان اصلی (مجموع دو رویکرد)		تعداد وسایل نقلیه در هر ساعت با حجم بالاتر در رویکرد فرعی خیابان (فقط یک جهت)	
خیابان اصلی	خیابان فرعی	شهری	روستایی	شهری	روستایی
۱	۱	۵۰۰	۳۵۰	۱۵۰	۱۰۵
۲ یا بیشتر	۱	۶۰۰	۴۲۰	۱۵۰	۱۰۵
۲ یا بیشتر	۲ یا بیشتر	۶۰۰	۴۲۰	۲۰۰	۱۴۰
۱	۲ یا بیشتر	۵۰۰	۳۵۰	۲۰۰	۱۴۰

ضابطهٔ(۱): حداقل حجم وسایل نقلیه. این ضابطه در صورتی تأمین می‌گردد که برای هر ۸ ساعت از روز متوسط، حجمها یی ترافیکی طبق جدول ۵-۱ در رویکردهای خیابان اصلی و خیابان فرعی با حجم بالاتر تقاطع موجود باشند. این حجمهای خیابان اصلی و خیابان فرعی مربوط به ۸ ساعت یکسان است. البته در هر ساعت، حجم بالاتر رویکرد در خیابان فرعی بدون توجه به جهت آن در نظر گرفته می‌شود.
ضابطه (۲) : انقطاع در پیوستگی ترافیک.
ضابطه گسیختگی ترافیک پیوسته در صورتی تأمین شود که برای هر ۸ ساعت از روز متوسط، حجم‌های ترافیکی داده شده در جدول ۵-۲ در رویکردهای خیابان اصلی و خیابان فرعی با حجم بالاتر تقاطع موجود باشند و جایی که نصب

چراغ راهنمایی به طور جدی جریان ترافیک پیش‌رونده را قطع نکند. حجم‌های خیابان اصلی و خیابان فرعی برای ۸ ساعت یکسان خواهند بود طی هر ساعت، حجم بیشتر موجود در خیابان فرعی بدون توجه به جهت آن در نظر گرفته می‌شود. می‌توان به جای حجم‌های نشان داده شده در جدول ۵-۲، از حجم کاهش یافته شبیه آنچه در ضابطه (۱) توضیح داده شد، در مسیرهای سریع السیر در حومه‌ها استفاده کرد.

جدول ۵-۲ : حداقل حجم وسایل نقلیه (ضابطه ۲)

تعداد خطوط عبوری برای حرکت ترافیک در هر رویکرد		تعداد وسایل نقلیه در هر ساعت در خیابان اصلی (مجموع دو رویکرد)		تعداد وسایل نقلیه در هر ساعت با حجم بالاتر در رویکرد فرعی خیابان (فقط ک جهت)	
خیابان اصلی	خیابان فرعی	شهری	روستایی	شهری	روستایی
۰۱	۱	۷۵۰	۵۲۵	۷۵	۵۳
۲ یا بیشتر	۱	۹۰۰	۶۳۰	۷۵	۵۳
۲ یا بیشتر	۲ یا بیشتر	۹۰۰	۶۳۰	۱۰۰	۷۰
۱	۲ یا بیشتر	۷۵۰	۵۲۵	۱۰۰	۷۰

ضابطه (۳): حداقل حجم عابر پیاده.

این ضابطه حجم‌های عابرین پیاده و شکاف‌های موجود در ترافیک وسایل نقلیه یا در محل تقاطع یا در نقاط میانی را با یکدیگر ترکیب میکند. این ضابطه زمان ارضا می‌شود که در روز به طور متوسط برای هر ٤ ساعت متوالی برای هر ساعت حداقل ۱۰۰ عابر پیاده، یا ۱۹۰ عابر پیاده در ۱ ساعت از خیابان اصلی عبور کنند. این مقادیر را در صورتی می‌توان تا ۵۰ درصد کاهش داد که سرعت عبور غالب عابران پیاده کمتر از ۳/۵ فوت در ثانیه باشد. به علاوه طی دوره ای که ضابطه تعداد عابرین پیاده تأمین می‌گردد می‌بایست کمتر از ٦۰ انقطاع (فاصله) (با طول کافی برای عبور عابران پیاده) در ساعت وجود داشته باشد. این ضابطه فقط در محلهایی به کار می‌رود که از نزدیکترین تقاطع چراغدار بیشتر از ۳۰۰ فوت یا صد متر فاصله داشته و نصب چراغ جدید، جریان پیشرونده را بیش از اندازه تحت تاثیر قرار ندهد طبق این ضابطه در نقاط میانی، پارک کردن در کنار خیابان باید حداقل ۱۰۰ فوت جلوتر از خط کشی عابر پیاده و حداقل ۲۰ فوت پس از آن ممنوع شود. در صورتی که از این نقطه میانی در شب استفاده میشود، روشنایی خیابان باید مورد توجه قرار گیرد. بر طبق این ضابطه باید علائم عادی چراغ راهنمایی برای عابران پیاده، نصب و از یک کنترل کننده متغیر چراغ راهنمایی و شناسگرهای عابر پیاده (با دکمه فشاری) استفاده شود.

ضابطه (٤): گذرگاه ویژه دانش‌آموزان.

چهارمین ضابطه، مشکلات منحصر به فرد مربوط به عبور خردسالان از خیابان اصلی در راه مدرسه و بر گشت را مورد بررسی قرار واقع (بویژه نزدیک به مدرسه) می‌توان آن را به عنوان یک مورد ویژه ای از ضابطه عابر پیاده در نظر گرفت. نصب چراغ راهنمایی در گذرگاه مدرسه می‌تواند موجه باشد، اگر مطالعه مهندسی آمار ترافیک و فراوانی و تناسب فواصل در جریان ترافیک ـ تا جائی که به تعداد و اندازه گروههای دانش‌آموزان در گذرگاه مدرسه مربوط می‌شود –

نشان دهد که تعداد شکافهای مناسب در جریان ترافیک ـ طی دوره ای که بچه‌ها از گذر گاه استفاده می‌کنند، کمتر از تعداد دقیقه‌ها در همان دوره است.

ضابطه (۵): حرکت پیش رونده.

این ضابطه زمانی بکار می‌رود که چراغ‌های راهنمایی مجاور به اندازه ای از یکدیگر دور باشند که نتوانند دسته بندی و کنترل سرعت مورد نیاز در خیابان یکطرفه یا دو طرفه را تأمین کنند. بعلاوه برای خیابان‌های دو طرفه، چراغهای راهنمایی می‌بایست نوعی سیستم چراغهایی راهنمایی پیش رونده را تشکیل دهند. بر طبق این ضابطه، نصب چراغ‌های راهنمایی می‌بایست در تقاطع‌های که فاصله طولی بین آنها از ۱۰۰۰ فوت بیشتر است نصب شوند.

ضابطه (٦): تجربه تصادفات (سابقه و نرخ تصادفات سالیانه تقاطع).

براساس معیارهای زیر در نظر گرفته می‌شود، ۱) اقدامات در تقاطع برای کاهش آمار تصادفات کافی نبوده است. ۲) حداقل پنج تصادف گزارش شده از تصادفات سالیانه، از نوع قابل پیش گیری با چراغ راهنمایی بوده است. ۳) حجم ترافیک وسایل نقلیه ای که کمتر از ۸۰٪ شرایط تعیین شده در ضابطه‌ی ۱ یا ۲ دارا بوده‌اند. ٤) نصب چراغ راهنمایی، جریان ترافیک پیش رونده را با اختلال جدی مواجه نکند

ضابطه (۷): سیستم‌ها (در تقاطع‌های اصلی به اصلی).

این ضابطه تصریح می‌کند که هماهنگ سازی چراغ‌های راهنمایی می‌تواند ۲ بعدی باشد. این بدان معنی است که پیش روندگی در امتداد یک خیابان متقاطع مهم می‌تواند به همان اندازه مهم باشد که در امتداد آنچه معمولاً خیابان اصلی نامیده می‌شود. باید به هر ۲ خیابان به عنوان مسیرهای اصلی توجه یکسانی معطوف شود. ضوابط سیستم هنگامی قابل کاربرد است که ۲ مسیر اصلی یا بیشتر در یک تقاطع عمومی به یکدیگر می‌رسند و کل حجم موجود یا پیش‌بینی شده‌ی وسایل نقلیه ورودی به تقاطع، در مدت ساعت اوج یک روز معمولی هفته یا هر ۵ تا یک ساعت متوالی دلخواه از یک روز وسط هفته، حداقل ۱۰۰۰ وسیله نقلیه در ساعت باشد.

ضابطه (۸): ترکیب ضابطه‌ها.

در موارد استثنایی، وقتی هیچ ضابطه ای به تنهایی ارضا نشود، لکن ضوابط ۱ یا ۲ تا حد ۸۰٪ یا بیشتر تأمین شده باشند ممکن است نصب چراغهای راهنمایی را توجیه پذیر نمایند. بر طبق این ضابطه، شرط ۷۰٪ برای مناطق روستایی و همچنین ٥٦٪ برای مناطق شهری به کار می‌رود. کاربرد سایر تجهیزات اصلاحی که تاخیر و ناراحتی کمتری برای استفاده کنندگان از ترافیک ایجاد می‌کنند، بر طبق این ضابطه باید مقدم بر نصب چراغهای راهنمایی باشند.

ضابطه (۹): حجم ٤ ساعتی.

بر طبق این ضابطه از حجم‌های ٤ ساعتی به جای حجم‌های ۸ ساعتی استفاده می‌شود بر اساس این ضابطه، منحنی‌های تعریف شده نشان دهنده تعداد وسایل نقلیه در ساعت در خیابان اصلی (در هر دو جهت) و رویکرد خیابان فرعی با حجم بیشتر (تنها در یک جهت) است. این ضابطه هنگامی (برای نقاط درون شهری) ارضا می‌شود که برای هریک از ٤ ساعت اوج در هر روز متوسط، نقاط رسم شده بالاتر از منحنی مربوط به ترکیب خطوط رویکردی موجود قرار گیرند. شرایط مورد نیاز در صورتی که سرعت ۸۵٪ جریان ترافیک در خیابان اصلی از ٤۰ مایل در ساعت بیشتر شود.

ضابط (۱۰): تاخیر ساعت اوج.

برای رسیدن به این ضابطه، تامین شرایط زیر الزامی است: ۱) کل تاخیر تحمیل شده بر جریان ترافیک در خیابان فرعی به وسیله یک تابلوی توقف در ساعات اوج حداقل ۵ ساعت خودرو برای یک رویکرد دو خطی و ٤ ساعت خودرو برای یک رویکرد یک خطی. ۲) حجم ترافیک در رویکردهای خیابان فرعی حداقل ۱۵۰ خودرو در ساعت برای یک رویکرد دو خطی یا ۱۰۰ خودرو در ساعت برای یک رویکرد یک خطی. ۳) در تقاطعهای اصلی با چهار خط و با حجم حداقل ۸۰۰ خودرو در ساعت و با سه خط و حجم حداقل ٦۵۰ خودرو در ساعت.

ضابطه (۱۱): حجم ساعت ـ اوج.

این ضابطه برای تقاطعهای در نظر گرفته میشود که در آن جریان ترافیک خیابان فرعی در ورود به جریان خیابان اصلی دچار تاخیر غیر موجه شده یا با خطر روبرو شود. اساس این ضابطه، ترکیب بحرانی حجم‌های ترافیکی خیابان اصلی و خیابان قطع کننده آن در طی هر یک از ٤ دوره ۱۵ دقیقه ای متوالی ساعت اوج یکی از روزهای غیرتعطیل است. برای این منظور برای حجم ترافیک خیابان اصلی (حجم کل برای هر دو جهت) و خیابان فرعی با حجم بیشتر (خودرو در ساعت فقط در یک جهت) به طور جداگانه ای برای نقاط درون شهری و برون شهری آئین‌نامه‌ی MUTCO مجموعه ای از منحنی‌ها را تعریف می‌کند. چراغ راهنمایی در صورتی موجه است که برای ترکیب معینی از خطوط رویکردی حجم‌های اندازه گیری شده، بالاتر از منحنی مشخص شده در آن آئین‌نامه قرار گیرد.

۵–۲ – هماهنگ سازی چراغهای راهنمایی:

چراغهای راهنمایی در خیابانهای اصلی با تعداد زیاد تقاطع می‌بایست به منظور تداوم جریان بدون توقف وسایل نقلیه به نوعی با یکدیگر هماهنگ گردند. این کار را به روشهای مختلفی می‌توان انجام داد، در اینجا ۳ روش رایج‌تر را که عبارتند از: سیستم همزمان، سیستم متناوب و سیستم پیشرونده انعطاف پذیر.

الف ـ سیستم همزمان

در این روش برای جریان ترافیکی معین، کل چراغهای راهنمایی در طول قطعه هماهنگ شده به طور همزمان علامت یکسان دارند. در این سیستم، ظرفیت کاهش پیدا کرده و برای عبور تعداد بیشتری از چراغ تمایل به سمت سرعتهای غیر مجاز افزایش می‌یابد. این روش برای قطعه‌های کوتاه در مرکز شهر مناسب‌تر است. همچنین اگر حجم ترافیک گردشی سبک باشد، استفاده از این روش برای تداوم جریان عابران پیاده مفید است. بدین منظور می‌توان با استفاده از شناسگرهای وسایل نقلیه کنترل کننده‌های محلی را به وجود آورد که تحت نظارت یک کنترل کننده اصلی قرار داشته و در یک زمان چرخه کلی را برای چراغها برقرار می‌کنند.

۲) سیستم متناوب

در اینجا هر یک از چراغهای راهنمایی یا گروههای از آنها، همزمان و به طور متناوب، علائم متضادی صادر می‌کند به این معنی است که اگر وسیله نقلیه ای مسافت بین تقاطعها را در نصف چرخه طی کند، نیاز به توقف ندارد. زمان چرخه برای کلیه چراغها باید یکسان باشد به نحوی که سرعت پیشروندگی ثابت بماند.

۳) سیستم پیشرونده

به طور کلی از دو نوع سیستم پیشرونده استفاده میشود. در سیستم پیشرونده سازه، چراغهای مختلف کنترل‌کننده‌ی خیابان، برای استمرار جریان دسته‌های وسایل نقلیه با سرعتی تعیین شده، مطابق با یک جدول زمانی علامت سبز می‌دهند. در سیستم پیشرونده‌ی انعطاف‌پذیر، زمانهای وقفه هر چراغ را به طور مستقل از شرایط ترافیکی می‌توان تنظیم کرد و شروع علامت سبز هر چراغ را به طور جداگانه در لحظه بیشترین تاثیر آن چراغ می‌توان معین و تنظیم کرد.

پیشروندگی دو طرفه متوازن

در طول ساعات غیر اوج در خیابان، پیشروندگی جهت‌دار متوازن اتفاق می‌افتد. در این حالت داشتن روش ساده ای برای به دست آوردن عریض‌ترین باند معادل عبور دو طرفه مطلوب است. روش پُردی یکی از این روشها است. این روش سریع و آسان را می‌توان به بهترین وجه با استفاده از مثال زیر توضیح داد.

مثال ۱:

مطلوب است طراحی پیشروندگی یک چراغ راهنمایی که حداکثر عرض باند معادل دو طرفه را برای شرایط زیر فراهم آورد: سرعت ۳۰ مایل در ساعت (٤٤ft/sec)، زمان چرخه برابر ٦٠ ثانیه، برای مسافت‌های AB=٨٠٠ft، AC=١٨٠٠ft، AD=٢٣٠٠ft، AE=٢٩٠٠ft، AF=٤١٠٠ft؛ سبز شریانی A=٦٠٪ و B = ٥٠٪، C =٧٠٪، D =٥٠٪، E =٦٠٪ و F=٧٠٪.

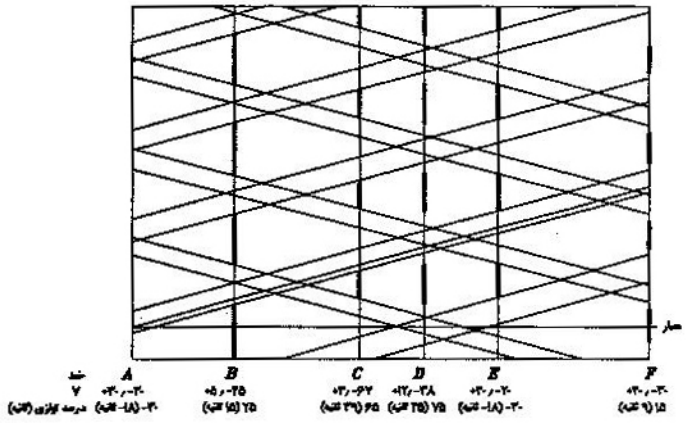
پس محاسبه جدول بشرح خواهد بود:

ردیف	تقاطع						
	A	B	C	D	E	F
١	٠	٨٠٠	١٨٠٠	٢٣٠٠	٢٩٠٠	٤١٠٠
٢	٪٠	٪٣٠	٪٦٨	٪٨٧	٪١١٠	٪١٥٥
٣	٠	-٢٠	+١٨	-١٣	+١٠	+٥
٤	٪٦٠	٪٥٠	٪٧٠	٪٥٠	٪٦٠	٪٧٠
٥	٣٠/-٣٠	٢٥/-٢٥	٣٥/-٣٥	٢٥/-٢٥	٣٠/-٣٠	٣٥/-٣٥
٦	٣٠/-٣٠	+٥/-٢٥	٥٣/-١٧	١٢/-٣٨	٤٠/-٢٠	٤٠/-٣٠
٧	٣٠/-٣٠	+٥/-٤٥	+٣/-٦٧	١٢/-٣٨	٤٠/-٢٠	٤٠/-٣٠

ردیف ۱: مسافت تجمعی از تقاطع مبنای A تا هر تقاطع؛ فوت (A تا F) ردیف ۲: سرعت برابر ۳۰ مایل در ساعت (٤٤/١ فوت در ثانیه) برای زمان چرخه برابر ٦٠ثانیه مسافت طی شده در هر چرخه برابر ٢٦٤٦ =٦٠×٤٤/١ فوت یعنی برای نقطه برابر با $\frac{٨٠٠}{٢٦٤٦}$ و نقطه C برابر با $\frac{١٨٠٠}{٢٦٤٦}$ و... ردیف ۳: تفاضل جبری بین نزدیکترین مضرب ۵۰ درصد و درصدی که در خط عبوری ۲ ظاهر می‌شود (یعنی ٥٠٪-x، ١٠٠٪-- x ، ١٥٠٪-x). ردیف ٤: درصد سبز به صورت داده شده از مثال ردیف ٥: کل سبزها در موقعیت اولیه مرجع خود نسبت به خط عمومی عبوری قرار دارند. (یعنی ٥٠٪±). ردیف ٦: خطوط ٥ و ٣ را جمع جبری کنید، (صورت و مخرج جداگانه). کوچکترین مقدار مثبت برابر ٥ و کوچکترین مقدار منفی برابر ١٧. باند عبوری در دو جهت (٢٢٪ = ١٧ + ٥ چرخه). ردیف ۷: ممکن است لازم باشد مقادیر صورت و مخرج را با جمع کردن ٥٠+ /٥٠ + یا ٥٠ - /٥٠ – به مقادیر در ردیف ٦ تعدیل کنیم تا باند عریض‌تری را بدست آوریم. برای نمونه‌ی c میتواند بدین صورت باشد: ٦٧ - / ٣ + = (٥٠ - /٥٠ -) + (١٧ - /٥٣ +) در این مورد، عرض باند به ٢٣٪ = ٢٠ + ٣ چرخه می‌رسد.

از شکل ٥-١ و روش بالا نمودار زمان ـ سرعت به شرح ذیل به دست می‌آید:

۱- نصف زمان سبز در A را بعنوان نشانه بکار برید. باند در نقطه‌ی A درصدی پایین‌تر از نشانه معادل کوچکترین مثبت و درصدی بالاتر از نشانه معادل کوچکترین منفی زمان چرخه قرار دارد. ۲- باندی را در دو جهت مطابق با سرعت مجاز وسایل نقلیه رسم کنید. ۳- زمان تاخیر را برای هر تقاطع با تعریف مقادیر ردیف ۷ از ردیف ۲ بدست آورید. اگر خط ۲ بیشتر از ۱۰۰ شد، ۱۰۰ را کم کنید و باقی مانده را بعنوان مقدار خط ۲ بکار برید. ٤- زمانهای وقفه چراغ را براساس این تأخیرها برای هر تقاطع رسم کنید. ٥- توجه کنید که تأخیرها ابتدا به در صد داده شده و سپس به ثانیه تبدیل شده‌اند.



شکل ٥-۱- روش پردی

۵-۳- طراحی چراغ‌های راهنمایی با زمان ثابت:

دوره‌ی زمانی برای چراغ‌های راهنمایی، با یکی از دو روش زیر تعیین می‌شود:

۵-۳-۱- روش میدانی یا روش آزمایشی. در این روش محاسبات زمانی براساس متوسط زمان لازم، برای تخلیه‌ی تقاطع از وسایل نقلیه و آمد و شد عابران انجام می‌شود. برای ساعت‌های غیر اوج در مقایسه با ساعت‌های اوج، به طول چرخه‌های کوچکتر نیاز است. مراحل انجام دادن این روش، به شرح زیر است:

الف ـ انتخاب یا محاسبه‌ی زمان زرد. محاسبه‌ی زمان زرد به دو صورت زیر است:

۱- براساس سرعت‌های وسایل نقلیه در ورودی تقاطع‌ها: مقادیر جدول٥-۳- برای ورودی‌های مختلف تقاطع‌ها و با توجه به سرعت‌های ترافیکی ورودی، برای انتخاب زمان زرد استفاده می‌شوند.

جدول٥-۳- مقادیر زمان زرد براساس سرعت ورود وسایل نقلیه به تقاطع

سرعت ورودی تقاطع(Km/hr) یا (Ml/hr)	زمان زرد برحسب ثانیه (S)
۳٥ml/hr یا ≤ ٥٥ Km/hr	۳/۰
٤۰ml/hr یا ≤ ٦٥ Km/hr	۳/٥
٤۲ml/hr یا ≤ ۷۰ Km/hr	٤/۰
٤٥ml/hr یا ≤ ۸۰ Km/hr	٤/٥
٥۲ml/hr ≤ یا ≥ ۸۰ Km/hr	٥/۰

۲- تعیین زمان زرد با توجه به ابعاد تقاطع و فاصله‌ی دید توقف: هنگامی که سرعت‌های وسایل نقلیه در ورودی تقاطع‌ها زیاد باشند و تقاطع دارای ابعاد بزرگ باشد، زمان زرد را می‌توان برای ایجاد امنیت بیشتر تقاطع، از فرمول زیر محاسبه کرد:

$$Y = \frac{SSD + W + L}{V}$$ یا (۱)

در این رابطه:

$$SSD = ۰/۲۸Vt + ۰۱V^{۲}$$ (۲)

Y: زمان زرد بر حسب ثانیه (S)

SSD: فاصله دید توقف بر حسب متر (m) یا ft

t: زمان عکس‌العمل رانندگان بر حسب ثانیه (S)

w: عرض تقاطع بر حسب متر(m) یا ft

L: متوسط طول وسیله‌ی نقلیه بر حسب متر(m) یا ft

V: سرعت در ورودی تقاطع بر حسب(m/sec) یا (ft/sec)

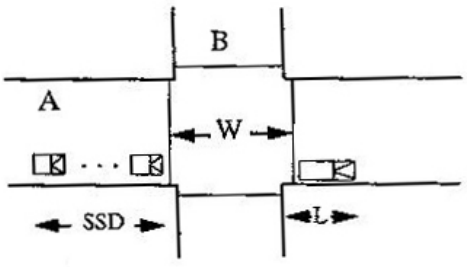
توضیح: فرمولهای ۱ و۲ بر اساس سرعت m/sec و فاصله دید توقف و طول متوسط وسیله نقلیه و عرض تقاطع به متر می‌باشد.

ب ـ تعیین زمان تخلیه‌ی عابران پیاده. زمان‌بندی برای عبور عابر پیاده، بر مبنای سرعت عابر به میزان ۱/۲ m/s یا ٤ft/sec، مشخص می‌شود.

ج ـ محاسبه‌ی زمان‌های سبز. حداقل زمان سبز، برابر است با زمان تخلیه‌ی عابر پیاده، منهای زمان زرد چراغ، به اضافه‌ی فاصله زمانی که عابران پیاده نیاز دارند تا شروع به حرکت کنند. مناسب است، حداقل زمان سبز، را بیشتر از ۱۵ ثانیه در نظر بگیرید. توزیع زمان سبز فرض شده به نسبت حاصل ضرب تعداد وسایل نقلیه و متوسط فاصله زمانی بین وسایل نقلیه از فرمول زیر به دست می‌آید. به عنوان مثال در یک سیستم دو فازه خواهیم داشت:

$$\frac{TA}{TB} = \frac{VA}{VB} \times \frac{t_a}{t_b}$$ (۳)

رابطه:



TA: زمان سبز در فاز A

TB: زمان سبز در فاز B

VA: حجم ترافیک ورودی A

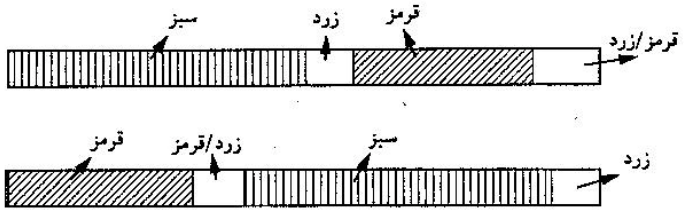
VB: حجم ترافیک ورودی B

t_a: فاصله زمانی وسایل نقلیه در ورودی A

t_b: فاصله زمانی وسایل نقلیه در ورودی B

با افزایش زمان سبز به اندازه‌ی ۵ ثانیه، طول زمان چرخه با توجه به مجموع همه زمان‌های سبز و زرد تنظیم می‌شود تا اطمینان حاصل شود که زمان سبز مناسبی در دسترس است.

دـ یافتن زمان‌های قرمز و رسم دیاگرام فازها. در تقاطع‌ها، بعد از محاسبه‌ی زمان‌های زرد و سبز می‌توان زمان‌های قرمز را محاسبه کرد. زمان سبز ورودی A تقاطع با زمان قرمز ورودی B تقاطع برابر است. همچنین زمان سبز ورودی B تقاطع با زمان قرمز ورودی A تقاطع برابر است. شکل ۳-٦، دیاگرام فاز ترتیب عملکرد چراغ راهنمایی را نشان می‌دهد.



شکل ۵-۲- دیاگرام فاز با ترتیب عملکرد چراغ راهنمایی

۵-۳-۲- روش انگلیسی TRRL یا روش حداقل تأخیر. بر اساس تعمیم تحقیقات و بستر فرمول تقریبی زیر، برای تعیین طول چرخه‌ی بهینه با توجه به دوره‌های زمانی با حداقل تاخیر ارائه گردیده است

$$C = \frac{۱/۵L + ۵}{۱ - \sum Y_{max}} \quad \text{(ثانیه)} \qquad (٤)$$

در رابطه فوق:

$$L = \sum \rho + \sum R \quad \text{یا} \quad L = n(l + R) \qquad (۵)$$

C: مناسب‌ترین زمان چرخه

L: مجموع زمان‌های تلف شده در کل چرخه

l: زمان تلف شده به دلیل شروع تأخیرات و کاهش جریان در هر فاز، که معمولاً ۲ ثانیه می‌باشد.

R: زمان تمام قرمز در طول زمان چرخه است که برای هر فاز، برابر با تفاضل زمان بین دو سبز و زمان زرد می‌باشد.

n: تعداد فازها

برای هر فاز:

$$Y_{max} = \frac{\text{تردد طراحی یا نرمال}}{\text{تردد اشباع}} \qquad (٦)$$

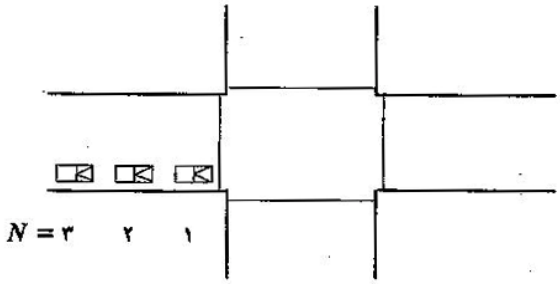
در این رابطه: Y_{max}: حداکثر مقدار سنگینی ترافیک در میان ورودی‌های مختلف تقاطع، در طول هر فاز است. زمان سبز مؤثر، برای هر یک از ورودی‌های تقاطع به نسبت مقادیر سنگینی‌های ترافیک نظیر آنها($g_۱$ برای $y_۱$ و $g_۲$ برای $y_۲$ و...)، تعیین می‌شود. کل زمان سبز مؤثر، در یک چرخه چراغ برابر است با: $G = C - L$ زمان سبز مؤثر (در یک چرخه) زمان زرد، ۳ ثانیه در نظر گرفته می‌شود و زمان قرمز و زرد تواماً، ۲ ثانیه می‌باشد. حداقل زمان بین دو سبز، ٤ ثانیه در نظر گرفته می‌شود. ولی می‌تواند با توجه به نیازمندی‌های عابران پیاده برای عبور از تقاطع افزایش یابد. زمان سبز واقعی، مساوی زمان سبز مؤثر، منهای زمان زرد، به اضافه‌ی ۲ ثانیه است.

۵-۳- ۳- نیازهای عابران پیاده. در بعضی حالت‌ها، امکان حرکت همزمان عابران پیاده و وسایل نقلیه از تقاطع وجود دارد لذا کل زمان لازم، برای عبور باید به اندازه‌ی کافی طولانی باشد تا حداقل یک زمان ۵ ثانیه‌ای به عنوان زمان شروع

عکس‌العمل برای عابران وجود داشته باشد، که آنها بتوانند با اطمینان از تقاطع عبور کنند. بنابراین حداقل زمان عبور برای عابران پیاده، باید برابر کل زمان عبور، به اضافه‌ی ۵ ثانیه، منهای زمان تخلیه‌ی وسط تقاطع، توسط وسایل نقلیه باشد. در بعضی تقاطع‌ها زمان برای عابران، در مقدار کل زمان عبور تأثیر زیادی دارد. این حالت بیشتر در مواقعی اتفاق می‌افتد که ورودی تقاطع‌ها بسیار عریض باشد و وسایل نقلیه بتوانند، تقاطع را در زمان کمی تخلیه کنند. در موقعیت‌هایی که از چراغ‌های راهنمایی عابران استفاده می‌شود، زمان عکس‌العمل عابران به مدت ۷ ثانیه به جای زمان ۵ ثانیه که در بالا ذکر شده، پیشنهاد می‌شود.

۵-۴- تحلیل تأخیر در تقاطع‌های با چراغ راهنمایی:

برای یافتن منشاء تأخیر در تقاطع‌ها به شکل۵-۲- توجه کنید. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود. تعدادی وسایل نقلیه، وقتی که چراغ قرمز می‌شود، در صف ورود به تقاطع توقف می‌کنند برای تحلیل میزان تأخیر، ابتدا به معرفی پارامترهای زیر پرداخته می‌شود.



شکل ۵-۲- یک تقاطع چهارراهه

R: فاصله زمانی قرمز

N: تعداد وسایل نقلیه‌ی متوقف در طول زمان قرمز

i: هر وسیله نقلیه غیر از وسایل نقلیه‌ی متوقف در طول زمان قرمز(N)

A: متوسط فاصله بین وسایل نقلیه در تقاطع بر حسب ثانیه

D: تأخیر شروع

di: تأخیر برای وسیله‌ی نقلیه iام بر حسب ثانیه

T: تأخیر کلی برای همه وسایل نقلیه بر حسب ثانیه

وسیله نقلیه اول، ممکن است در شروع زمان قرمز به ورودی تقاطع برسد یا وسیله‌ی نقلیه‌ی دوم ممکن است بعد از گذشت A ثانیه، از شروع زمان قرمز چراغ به تقاطع برسد. بنابراین وسیله‌ی نقلیه اول ممکن است R ثانیه، متوقف شود و وسیله‌ی نقلیه دوم ممکن است R-A ثانیه، متوقف شود. پس داریم:

$$\text{متوسط تأخیر برای وسیله‌ی نقلیه اول} = \frac{R + R - A}{۲} = R - \frac{A}{۲}$$

$$\text{به طور مشابه تأخیر برای وسیله‌ی نقلیه دوم} = R - \frac{A}{۲} - A = R - \frac{۳}{۲}A$$

$= R - \frac{۵}{۲}A - A = R - \frac{۷}{۲}A$ به طور مشابه تأخیر برای وسیله‌ی نقلیه چهارم

$= R - \frac{(۲i-۱)}{۲}A$ به طور مشابه تأخیر برای وسیله‌ی نقلیه i ام (۷)

هنگامی که نور چراغ سبز میشود وسایل نقلیه شروع به حرکت می‌کنند. وسیله‌ی نقلیه، زمانی را برای شروع حرکت، به خود اختصاص می‌دهد. فرض کنید زمان شروع حرکت برای وسیله نقلیه‌ی اول، $D_۱$ ثانیه باشد. بنابراین، زمان شروع برای دومین وسیله‌ی نقلیه، $D_۱ + D_۲$ ثانیه است و زمان شروع برای وسیلهٔنقلیه iام $\sum_{x=1}^{i} D_x$ است.

تأخیر شروع + تأخیر چراغ راهنمایی = تأخیر برای وسیله نقلیه‌ی i ام

$= \sum_{x=1}^{i} D_x$ تأخیر برای وسیله‌ی نقلیه iام

$di = R - \frac{(۲i-۱)}{۲}A + \sum_{x=1}^{i} D_x$ تأخیر برای وسیله‌ی نقلیه iام (۸)

بنابراین، تأخیر کلی برای N وسیله‌ی نقلیه برابر است با:

$$T = \sum_{X=1}^{N}(R - \frac{(۲i-۱)}{۲}A) + \sum_{i=1}^{N}\sum_{x=1}^{i} D_x \quad (۹)$$

$$= NR - \sum_{X=1}^{N}\frac{(۲i-۱)}{۲}A + \sum_{i=1}^{N}\sum_{x=1}^{i} D_x$$

$$= NR - \frac{A}{۲}[۱+۳+۵+۷+\cdots+۲N-۱] + \sum_{i=1}^{N}(D_۱ + D_۲ + D_۳ + \cdots + D_N)$$

می‌دانیم که: $۱+۳+۵+۷+\cdots+(۲N-۱) = N^۲$

اگر فرض کنیم تأخیر شروع برای کل وسایل نقلیه، مقدار ثابت D باشد، این تأخیر معمولاً فقط شامل ۵ یا ٦ وسیله‌ی نقلیه اول می‌شود.

D: شروع تأخیر برای اولین وسیله نقلیه

2D: شروع تأخیر برای دومین وسیله نقلیه

3D: شروع تأخیر برای سومین وسیله نقلیه

ND: شروع تأخیر برای Nامین وسیله نقلیه

$= \sum_{i=1}^{N} D(۱+۲+\cdots+N) = \frac{N(N+۱)}{۲}D$ تأخیر شروع برای N وسیله‌ی نقلیه

همانطور که می‌دانیم: $۱+۲+۳+\cdots+N = \frac{N}{۲}(N+۱)$

$T = NR - \frac{A}{۲}N^۲ + \frac{N(N+۱)}{۲}D$ مجموع تأخیرات بر N وسیله نقلیه (۱۰)

اگر عبارت فوق را بر N تقسیم کنیم، متوسط تأخیر برای هر وسیله‌ی نقلیه به دست می‌آید.

$= \frac{T}{N} = R - \frac{AN}{2} + \frac{(N+1)}{2}D$ متوسط تأخیر برای هر وسیله‌ی نقلیه (۱۱)

زمانی که تأخیر کلی(T)، حداکثر باشد، بیشترین تعداد وسایل نقلیه تأخیر می‌کنند. برای یافتن N وسیله‌ی نقلیه‌ی دارای تأخیر، می‌توان از معادله‌ی زیر نسبت به N مشتق گرفته و مشتق را برابر صفر قرار می‌دهیم تا تعداد وسایل نقلیه تأخیردار مشخص شود.

$$T = NR - \frac{AN^{۲}}{۲} + \frac{N(N+۱)}{۲}D$$

$$\frac{dT}{dN} = \frac{d}{dN}(NR - \frac{AN^{2}}{۲} + \frac{N^{2}D}{۲} + \frac{ND}{۲}) = ۰$$

$$R - \frac{۲AN}{۲} + \frac{۲ND}{۲} + \frac{D}{۲} = ۰$$

$$N = \frac{R + D/۲}{A - D} \qquad (۱۲)$$

بنابراین، تعداد وسایل نقلیه‌ای که تأخیر دارند(N)، با مقدار زمان قرمز و تأخیر شروع رابطه مستقیم دارند، همچنین N، با اختلاف متوسط فاصله‌ی زمانی وسایل نقلیه و تأخیر شروع رابطه معکوس دارد.

۵-۴-۱- محاسبه تأخیر در تقاطع‌ها. تأخیر متوسط برای عبور وسیله نقلیه از یک تقاطع با چراغ‌های راهنمایی به طول (چرخه) بستگی دارد. در تقاطع‌های با چراغ‌هایی که چرخه‌های زمانی کوتاه دارند، تأخیر زیاد است. با افزایش زمان چرخه، تأخیرات وسایل نقلیه کم می‌شوند. زمانی که طول چرخه به مقدار بهینه خود می‌رسد، تأخیر حداقل می‌شود، و از آن به بعد با افزایش طول چرخه متوسط تأخیر افزایش می‌یابد. زیرا زمانی که صفی از جریان، در پشت خط توقف ورودی تقاطع وجود دارد، نرخ جریان ترافیک در طول زمان سبز مؤثر، به اندازه تردد اشباع است؛ اما برای جریان ترافیکی که در طول دوره‌ی زمانی چرخه چراغ از آن عبور می‌کند، دو مقطع زمانی تلف شده وجود دارد، یکی زمان تلف شده به دلیل شروع تأخیرات و دیگری زمان تلف شده در طول زمان بین دو سبز است. دوره‌های زمانی تلف شده به زمان چرخه بستگی دارد. وقتی چرخه‌ها کوتاه‌مدت باشند، زمان قابل توجهی از چرخه تلف می‌شود. بنابراین هنگامی که زمان چرخه افزایش می‌یابد عملکرد چراغ راهنمایی بهتر می‌شود. وقتی زمان چرخه از مقدار بهینه بیشتر شود، وسایل نقلیه با فاصله‌ی زمانی طولانی، از تقاطع عبور می‌کنند و تأخیرات افزایش می‌یابد. تأخیر یک وسیله‌ی نقلیه را برحسب ثانیه در یک ورودی با چراغ راهنمایی، بصورت فرمول زیر، که به وسیله‌ی آزمایشگاه حمل و نقل و مطالعات راه لندن به دست آمده است، تخمین زده می‌شود که برای محاسبه‌ی تأخیر در تقاطع‌ها مورد استفاده واقع می‌گردد.

$$d = ۰/۹\left[\frac{s(c-G)^{2}}{2c(s-Q)} + \frac{۱۸۰۰Qc^{2}}{Gs(Gs-Qc)}\right] \qquad (۱۳)$$

در رابطه فوق:

D: تأخیر هر وسیله‌ی نقلیه(sec)

C: زمان چرخه(sec)

Q: تردد نرمال(veh/h)

s: تردد اشباع(veh/h)

G: زمان سبز مؤثر(sec)

فرمول بالا برای وسایل نقلیه در هر ساعت به کار می‌رود اما بر حسب واحد اتومبیل مسافری، معادل(pcu) قابل کاربری نیست. برای این که بصورت ضریب معادل سواری دربیاید می‌بایست با اعمال ضریب تبدیل ۱/۱ تا ۱/۳۵، وسایل نقلیه در ساعت را به معادل سواری بر ساعت تبدیل کرده و برای محاسبه‌ی تأخیر به کار گرفت. مقدار کلی تأخیرات برای همه ورودی‌های تقاطع با چراغ راهنمایی، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مثال‌هایی حل شده

مثال۲- در تقاطعی که دو جاده A و B به آن منتهی می‌شوند، چراغ‌های راهنمایی با زمان ثابت و چراغ عابر پیاده وجود دارد. با استفاده از اطلاعات زیر چراغهای راهنمایی را طراحی کنید. (توضیحاً برای آشنایی دانشجویان با آحاد SI این مثال به متر داده شده است).

	راهA	راهB
عرض راه(m)	۲۱	۱٤
تردد بحرانی(veh/h)	٤۰۰	۲۰۰
سرعت ورودی(km/h)	۸۵	۷۰

حل: الف ـ براساس سرعت وسایل نقلیه در هر ورودی و با توجه به جدول۵-۳، زمان‌های زرد هر ورودی برابر مقادیر زیر است:

$y_A = ۵$ ثانیه (زمان زرد برای ورودی A)

$y_B = ٤$ ثانیه (زمان زرد برای ورودی B)

ب- مقدار زمان تخلیه‌ی عابران با فرض سرعت ۱/۲ m/sec برای عبور عابران، برابر است با:

$$\text{زمان تخلیه‌ی عابران برای وردی A} = \frac{۲۱}{۱/۲} = ۱۷/۵S \approx ۱۸\sec$$

$$\text{زمان تخلیه‌ی عابران برای وردی B} = \frac{۱٤}{۱/۲} = ۱/٦S = ۱۲\sec$$

ج ـ فرض کنید زمان واکنش عابران ۷ ثانیه باشد. حداقل زمان قرمز برای

ترافیک در ورودی A: ۱۸ + ۷ = ۲۵ sec

ترافیک در ورودی B: ۱۲ + ۷ = ۱۹ sec

است.

د ـ حداقل زمان سبز، با توجه به یکی از دو شرط زیر تعیین می‌شود: ۱) با توجه به اینکه عابران برای عبور از زمان‌های قرمز استفاده می‌کنند، لذا مقادیر حداقل زمان سبز برابر است با:

ترافیک ورودی A $T_A = ۱۹ - ۵ = ۱٤ \sec$

ترافیک ورودی B $T_B = ۲۵ - ٤ = ۲۱ \sec$

۲) براساس حجم‌های ترافیک در نزدیکی تقاطع خواهیم داشت: G_A, G_B زمان‌های سبز در ورودی‌های A و B هستند

$$\frac{G_A}{G_B} = \frac{V_A}{V_B}$$

V_A, V_B ترددهای ورودی در A و B هستند. اگر زمان سبز در ورودی B، به عنوان حداقل زمان سبز برای عبور در نظر گرفته شود،

$$G_B = T_B = ٢١\ S$$

$$G_A = G_B \times \frac{V_A}{V_B} = ٢١ \times \frac{٤٠٠}{٢٠٠} = ٤٢\ sec$$

هـ ـ طول زمان چرخه‌ی چراغ راهنمایی برابر است با:

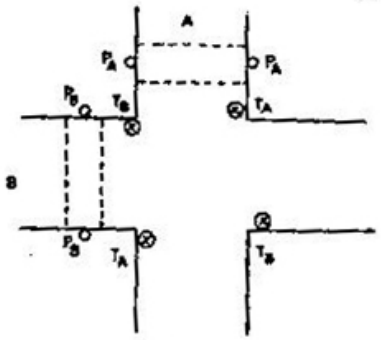
کل زمان چرخه $= G_A + G_B + Y_A + Y_B = ٤٢ + ٢١ + ٥ + ٤ = ٧٢\ Sec$

(عابران A) $T_{ra} = ٢١ + ٤ = ٢٥\ Sec$، زمان قرمز برای خط آمد و شد عابران A

(عابران B) $T_{rb} = ٤٢ + ٥ = ٤٧\ Sec$، زمان قرمز برای خط آمد و شد عابران B

و ـ زمان‌بندی چراغ‌راهنمایی عابران پیاده:

چراغ راهنمایی عابران پیاده:



T_B, T_A, P_B, P_A موقعیت چراغ‌های عابران و چراغ‌های راهنمایی را در راه‌های A و B، در ؟؟ نشان می‌دهد.

٢٥Sec = زمان«قرمز» برای چراغ راهنمایی در راه A

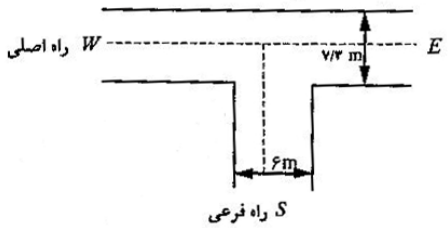
٤٧ Sec = زمان«قرمز» برای چراغ راهنمایی در راه B

٤٧ = زمان«قرمز» برای چراغ عابران پیاده در راه A

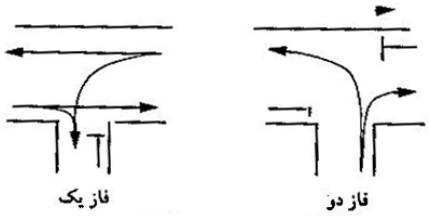
٢٥ = زمان«قرمز» برای چراغ عابران پیاده در راه B

مثال٣ ـ یک راه فرعی دو طرفه دو خطه به یک راه اصلی ٢ خط دوطرفه در یک تقاطع T شکل برخورد می‌کند. عرض راه اصلی ٧/٣m و عرض راه فرعی ٦m است. راه اصلی یک سرپایینی در جهت شرق به غرب به اندازه ٦٪ و راه فرعی یک سرپایینی به طرف راه اصلی با شیب ٣٪ در جهت شمال ـ جنوب دارد. شعاع گردش به چپ مؤثر در راه فرعی ٤٠m است. با توجه به آموخته‌های خود از فصل ٤ و این فصل کنترل چراغ راهنمایی دو فازه، برای تقاطع را طراحی نموده اگر استانداردهای طراحی هندسی و محیطی به خوبی و بدون ایجاد هیچ محدودیت در دید باشد، تردد اشباع را برای هر سه ورودی محاسبه کنید.

حل: ابتدا شکل هندسه تقاطع را نشان می‌دهند.



فازبندی چراغ راهنمایی دو فازه در شکل زیر نشان داده شده است.



محاسبات برای تردد اشباع به قرار زیر است:

الف ـ ورودی شرقی: $\text{عرض مؤثر ورودی} = \frac{۷/۳}{۲} = ۳/۶۵\,\text{m}$

از جدول تردد اشباع S $\quad w = ۳/۶۵\,\text{m} \Rightarrow S = ۱۹۰۰\,\frac{\text{pcu}}{\text{hr}}$

تصحیح برای هندسه و محیط خوب، ۲۰٪ افزایش را نشان می‌دهد.

تصحیح تردد اشباع = ۱۹۰۰ × ۱/۲ = ۲۲۸۰

تصحیح برای هر ۱٪ شیب مثبت و یا منفی ۳٪ کاهش یا افزایش در تردد اشباع. لذا برای شیب سرپایینی ٦٪، یک افزایش ۱۸ درصدی در تردد اشباع خواهیم داشت.

تردد اشباع $\hat{S}$ تصحیح شده برای شیب $= ۲۲۸۰ \times ۱/۱۸ = ۲٦۹۰\ \text{pcu/hr}$

عرض مؤثر ورودی $= \frac{۷/۳}{۲} = ۳/٦۵$

تردد اشباع «S» برای عرض ۳/٦۵ متری =۱۹۰۰

تصحیح هندسه‌ی خوب (۲۰٪ افزایش)

این ورودی دارای شیب سربالایی ٦٪ است. بنابراین برای تصحیح آن باید کاهش ۱۸= ٦×۳ درصدی انجام شود.

تردد اشباع تصحیح شده برای شیب $= ۲۲۸۰ \times ۰/۸۲ = ۱۸۷۰\,\text{pcu/hr}$

ج ـ ورودی شمالی. شعاع مؤثر برای گردش به چپ ٤۰m است. (حداقل ۱٦۰۰pcu/hr) یا $\text{تردد اشباع S} = \frac{۱۸۰۰}{۱+۱/۵۲/\text{r}}\,\text{pcu/hr}$

تردد اشباع تصحیح شده برای شرایط هندسی در شیب سر پایینی برابر است با

$$S = \frac{۱۸۰۰}{۱+\frac{۱/۵۲}{٤۰}} \times ۱/۲ \times ۱/۰۹ = ۲۲٦۹\ \text{pcu/hr}$$

مثال٤- ابعاد عرض‌های ورودی چهار ورودی A، B، C، D، و تردد واقعی جریان ترافیک بر حسب $\frac{pcu}{hr}$، از هـر جهـت در شکل برای تقاطع قایم مسیرهای AB و CD، نشان داده شده است تقاطع در شرایط محیط متوسط و بـر روی یـک زمـین مسطح قرار دارد. برای طراحی چراغ راهنمایی دو فازه در ایـن تقـاطع، زمـان بـین دو سـبز در یـک ورودی ٥ ثانیـه و در ورودی دیگر٦ ثانیه است.

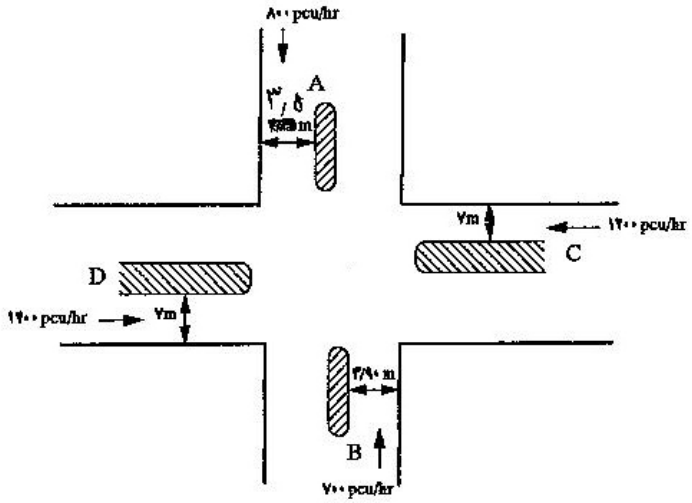
از کل زمان قرمز، زمان زرد و قرمز تواماً یک ورودی۲ ثانیه و بـرای ورودی دیگـر۳ ثانیـه در نظـر گرفتـه مـی‌شـود. بـا استفاده از اطلاعات بالا و از روش طراحی TRRL، موارد زیر را محاسبه کنید.

١- طول چرخه بهینه

٢- توزیع زمان سبز در دو راه

٣- تأخیر وسایل نقلیه در ورودی‌ها

٤- دیاگرام چرخه برای هر دو فاز را رسم کنید.



حل: الف ـ محاسبه‌ی تأخیر کلی(L)

تأخیر کلی $L = \sum l + \sum R = ٢ \times ٢ + (٢ + ٣) = ٩\ Sec$

یا $L = \Sigma$ (زمان بین دو سبز$-١) = (٥ - ١) + (٦ - ١) = ٩\ Sec$

ب ـ محاسبهٔ مقادیر سنگینی ترافیک (Y)

ویژگی‌ها	ورودی‌ها در تقاطع			
	A	B	C	D
q تردد نرمال داده شده	٨٠٠	٧٠٠	١٢٠٠	١۴٠٠
S تردد اشباع محاسبه شده با توجه به عرض ورودی‌ها	١٨٧٥	١٩٥٠	٧ × ٥٢٥ = ٣۶٧٥	٧ × ٥٢٥ = ٣۶٧٥
y = q/s سنگینی ترافیک	٠/۴٢	٠/٣۶	٠/٢٣	٠/٣٨
Y_{max} (بزرگترین سنگینی‌ها)	٠/۴٢		٠/٣٨	
$Y = \Sigma Y_{max}$	٠/٨			

ج ـ محاسبه‌ی طول چرخه

مناسب‌ترین زمان چرخه $C=\frac{۱/۵L+۵}{۱-y}=\frac{۱/۵\times۹+۵}{۱-۰/۸}=۹۲/۵\ S$

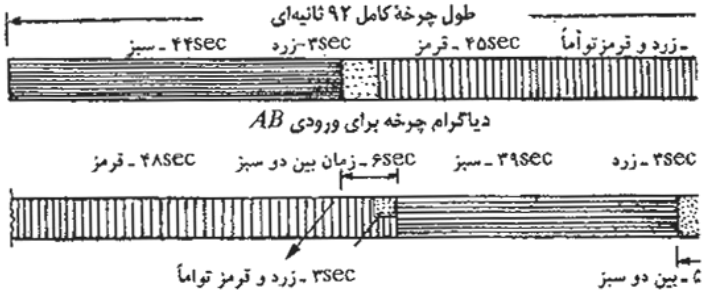
۹۲ ثانیه انتخاب می‌شود.

د ـ محاسبه‌ی زمان‌های سبز(g)، به نسبت مقادیر سنگینی ترافیک ورودی‌ها

$$G_{AB}=\frac{y_{AB}(C_o-L)}{y}=\frac{۰/٤۲(۹۲-۹)}{۰/۸}=٤٤\ Sec$$

$$G_{CD}=\frac{y_{CD}(C_o-L)}{y}=\frac{۰/۳۵(۹۲-۹)}{۰/۸}=۳۹\ Sec$$

هـ ـ رسم دیاگرام چرخه:



دیاگرام چرخه برای ورودی *CD*

وـ محاسبه‌ی تأخیر(d): با توجه به این که فرمول تأخیر برحسب وسایل نقلیه در هر ساعت است نه برحسب $\frac{pcu}{hr}$، ضریب تبدیل P.C.U می‌تواند از ۱/۱ تا ۱/۳۵ متغیر باشد.

اگر برای محاسبه تردد اشباع $\frac{Veh}{hr}$، از یک ضریب P.C.U = ۱/۱۵، برای معکوس کردن p.c.u به $\frac{Veh}{hr}$، برای ورودی‌های مختلف استفاده کنیم:

	ورودی‌ها			
	A	**B**	**C**	**D**
تردد نرمالQ	٦٩٦	٦٠٩	١٠٤٣	١٢١٧
تردد اشباعS	١٦٣٠	١٦٩٦	٣١٩٦	٣١٩٦

تأخیر در ورودی A، می‌تواند به وسیله فرمول زیر حساب شود

$$D_A=۰/۹[\frac{s(c-G)^2}{۲c(s-Q)}+\frac{۱۸۰۰Qc^2}{Gs(Gs-Qc)}]=$$

$$۰/۹[\frac{۱٦۳۰(۹۲-٤٤)^۲}{۲\times۹۲\times(۱٦۳۰+٦۹٦)}+\frac{۱۸۰۰\times٦۹٦\times۹۲\times۹۲}{٤٤\times۱٦۳۰-٦۹٦\times۹۲}]=$$

تأخیر برای هر وسیله‌ی نقلیه ثانیه $۰/۹[۲۱/۸۵+۱۹/۲۳]=۳٦$

تأخیر در ورودی‌ها دیگر B، C، D، می‌تواند به وسیله‌ی محاسبات مشابه تعیین شود.

سئوالات و مسائل مطرح:

مسئله۱- تردد اشباع و تردد ترافیکی نرمال(طراحی) در ورودی‌های جنوب، شمال، شرق و غرب در یک تقاطع چهارراه، به صورت زیر داده شده است:

	غرب	شرق	جنوب	شمال
تردد ترافیکی نرمال (PCU/hr)	۲۵۰	۳۰۰	٤۰۰	۵۰۰
تردد ترافیکی اشباع (PCU/hr)	۱۲۵۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰	۱۵۰۰

اگر زمان بین دو سبز ۸ ثانیه، زمان سبز و قرمز توأماً برابر ۲ ثانیه و تأخیر شروع در هر فاز نیز ۲ ثانیه باشد، زمان چرخه‌ی بهینه را برای نصب چراغ راهنمایی دو فازه و توزیع زمان سبز را برای ورودی‌های CD و EF، تعیین کنید.

مسئله ۲- یک چراغ راهنمایی سه فازه، در تقاطع دو خیابان یک شهر نصب شده است. شرایط محیطی تقاطع «متوسط» است. ورودی‌ها دارای عرض ۱۲m بین حاشیه‌بندی‌ها هستند. ورودی‌ها صاف هستند و پارک کردن در آنها ممنوع است. یکی از فازها یک فاز «مخصوص عابر پیاده» است که در انتهای هر چرخه اتفاق می‌افتد. تأخیر شروع ۲ ثانیه است زمان تمام قرمز، ٤ ثانیه در نظر گرفته شده تا بعد از هر فاز وسایل نقلیه گردش به چپ بتوانند آزادانه تقاطع را تخلیه کنند. تردد ساعتی طراحی برحسب $\frac{pcu}{hr}$، در جدول زیر داده شده است. زمان چرخه بهینه را برای نصب یک چراغ با زمان ثابت محاسبه کنید. لزوم نصب چراغ راهنمای را در تقاطع کنترل کنید و دیاگرام فازبندی را برای هر فاز طراحی کنید. همچنین با رسم یک دیاگرام، زمان‌بندی چراغها را برای هر سه جهت در یک چرخه کامل، نشان دهید.

فرض مناسبی را برای زمان‌های زرد ـ قرمز، زرد و برای عبور عابران در نظر بگیرید؟

از	N			E			S			W		
۳۰	E	S	W	S	W	N	W	N	E	N	E	S
تردد $\frac{p.c.u}{hr}$	٤۰	۸۰۰	۷۰	٦۰	۵۰۰	۵۰	٦۰	٦٦۰	٦۰	۷۰	٦۸۰	۵۰

۳- فهرستی از معیارهای عملکردی را که شما برای مقایسه کنترل با تابلوی توقف و کنترل با چراغ راهنما مورد استفاده قرار میدهید، نام ببرید.

٤- یک تقاطع شهرتان را که بیشترین آمار تصادف را دارد بررسی کنید. این تقاطع را دوباره با استفاده از مفاهیم اصلی جریان بندی طراحی کنید. گزارش کوتاهی از منطق و معیارهای خود را که در این مورد اتخاذ کرده‌اید بنویسید.

۵- چه معیارهایی برای انتخاب طول فازهای زرد در تقاطع باید در نظر گرفته شود؟

٦- چرخه‌های طولانی و کوتاه چراغ راهنمایی را با یکدیگر مقایسه کنید. چه معیارهایی برای انتخاب طولانی‌ترین و کوتاه‌ترین چرخه وجود دارد ؟

۷- در یک تقاطع با عرض‌های (۱۷و۱۲) متر، اگر حجم‌های خطوط بحرانی عبوری طی ساعت اوج ۳۰۰ وسیله نقلیه در ساعت و سرعتهای رویکرد برای خیابانهای اول و دوم به ترتیب برابر ۳۵ و ۲۵ مایل در ساعت باشد، طول چرخه و زمانهای سبز را محاسبه کنید. نمدار فازها برای این حالت را رسم کنید.

۸- در یک تقاطع ٤ راهه به یک چراغ راهنمای با زمانبندی ثابت جریانهای بحرانی در جهت‌های شمالی جنوبی و غربی و شرقی به ترتیب ۹۰۰ و ٤٥٠ وسیله نقلیه در ساعت و زمان تلف شده در هر فاز ٥/٦ ثانیه است. طول چرخه و توزیع زمان سبز را تعیین کنید. نمودار فازها که تقسیمات را نشان بدهد رسم کنید.

۹- اجزای کوتاه‌ترین چرخه را منحصراً بر اساس حرکات عابران پیاده توسعه دهید، با فرض آنکه چراغهای مخصوص عابربرو/ عابرنرو نداشته باشیم.

۱۰- مبنای تقسیم کل زمان سبز قابل دسترس در هر چرخه بین فازهای مختلف چیست؟ ۱۱- یک تقاطع مستقل یک خیابان به یک چراغ راهنمایی دو فازی نیاز است. خیابان اولی دارای ١٤/٥متر عرض و حجم بحرانی خط عبور ٤٥٠ وسیله نقلیه در ساعت است؛ خیابان دومی دارای ۱۱ متر عرض با حجم بحرانی خط عبور ۳۸۰ وسیله نقلیه در ساعت است. از این دو خیابان ۱۵٪ کامیون عبور می‌کند، هر دو دارای ۱۵ ٪ گردش به چپ است،PHF آنها برابر ۹۵٪ و سرعتهای رویکرد آنها Kmph ٥٥ است. یک سیستم چراغهای راهنمایی را به هر دو روشی که در متن توضیح داده شد طراحی کنید. زمان تلف شده را برای هر فاز ۳ ثانیه و میانگین سر فاصله را ٥/۲ ثانیه در نظر بگیرید.

فصل ششم

تقاطع‌ها و میادین و جزایر ترافیکی واقع در آنها

در این فصل هدف آشناسازی دانشجویان با چگونگی عملکرد تقاطع‌ها، دلایل بحرانی بودن وضعیت ترافیکی در تقاطع‌ها بوده و راههای بهبود عبور و مرور را مورد بررسی قرار داده اینکه عملکرد تقاطع‌ها را اعم از با چراغ راهنمایی و یا بدون چراغ راهنمایی چگونه می‌توان افزایش داده و هم چنین تأثیر ایجاد میادین در چهارراه‌ها و چند راه‌ها بر کاهش برخوردها همزمان با افزایش سرعت و افزایش حجم ترافیک مورد ملاحظه قرار خواهد گرفت.

۶–۱– تقاطع‌ها:

شبکه خیابانها و جاده‌های موجود با یک مجموعه مرکب از اجزاء مرتبط بهم کار می‌کنند. مشخصات کاربردی این سیستم به صورت ارگانیک به تعداد و انواع استفاده کنندگان از خدمات آن بستگی دارد. بطور خاص این موضوع در مواقعی که اجزاء این سیستم به یکدیگر می‌رسند یعنی تقاطع صحت دارد. زمانیکه حجم ترافیک افزایش و یا تغییر می‌یابد معمولاً اولین محلی که عدم توانائی خود را در دادن خدمات به تقاضای اضافه شده و یا جانشین شده نشان می‌دهد تقاطع است. این موضوع خیلی زود با افزایش تراکم و تاخیرات و مشاهده یک تصادف که وضع را بدتر می‌کند روشن می‌گردد. از آنجا که تقاطع یک نقطه برخورد فشرده است که معمولاً با ظرفیت و سطح سرویس پائین‌تر از هر یک از قطعات راهی که به آنها خدمات می‌دهد کار می‌کند این وقایع منطقی است.

۶–۱–۱– کنترل‌های تقاطع. تقاطع یک منطقه بحرانی در استفاده مؤثر از خیابانها و بزرگراه‌هاست. تقاطع نقطه مرکزی برخوردها و تراکم است زیرا که معمولاً بین دو یا چند جاده مشترک است. به موازات افزایش تناوب و تعداد برخوردها در تقاطع‌ها، کنترل و تنظیم حرکت‌ها بیشتر ضروری می‌گردد.

بعضی از تقاطع‌ها برای معرفی حق تقدم عبور وسایل نقلیه، کاهش سرعت وسایل نقلیه ورودی به تقاطع، محدود نمودن حرکات چرخشی، معرفی چگونگی استفاده از خطها و کانالیزه کردن تردد پیاده و سواره نیاز به کنترل دارند.

کنترل مناسب تقاطع برای تامین اهداف زیر بکار گرفته می‌شود:

۱) توسعه در ظرفیت تقاطع ۲)کاهش و جلوگیری از حوادث ۳)ایجاد و محافظت از خیابانهای اصلی

٦–۱–۱–۱– توسعه ظرفیت تقاطع. بدلیل اینکه برخورد حرکات مختلف در تقاطع‌ها بوقوع می‌پیوندد معمولاً ظرفیت تقاطع کمتر از مسیرهای منتهی به آن است کنترلهای تقاطع از راههای گوناگون برای افزایش ظرفیت تقاطع بکار گرفته می‌شود. بطور مثال محدودیت توقف در مجاورت تقاطع خطوط بیشتری برای وسایط نقلیه در حال حرکت تامین می‌نماید، استفاده از علائم ترافیکی برای واگذاری منظم حق تقدم عبور به حرکتهای دارای برخورد می‌تواند تأثیر این برخوردها را کاهش داده و در نتیجه ظرفیت را افزایش دهد.

٦–۱–۱–۲– کاهش و جلوگیری از حوادث. عبور، همگرایی و واگرایی حرکات جریان ترافیک در تقاطع به میزان قابل توجهی خطر ناشی از حوادث را افزایش می‌دهد. بیش از یک سوم تصادفات و حوادث ترافیکی در تقاطع‌های مناطق شهری روی می‌دهد. نزدیک به ۲۵٪ از تمام تصادفات و حدود ۱۵٪ از حوادث ترافیکی در تقاطع‌های خارج از شهر روی

می‌دهد. کنترل مناسب، سرعت، جانمایی وسائط نقلیه و زمان‌بندی حرکات می‌تواند کمک مهمی به کاهش بسیاری از انواع تصادفات در تقاطع‌ها بنماید.

٦-١-١-٣- ایجاد خیابانهای اصلی. کنترل تقاطع‌ها بیشتر حرکت ممتد در طول جاده اصلی با سرعت‌های بالاتر را تامین نموده و ایمنی را افزایش می‌دهد. ایجاد خیابانهای اصلی جریان ترافیک را به استفاده از آنها ترغیب می‌نماید این امر ایمنی بیشتری برای استفاده کنندگان از خیابانهای فرعی مجاور به واسطه کاهش و حذف وسائط نقلیه موجود در طول این خیابانها فراهم می‌نماید. وظیفه اصلی مسیر مستقیم تمرکز و تسهیل ترافیک روی یک مسیر و حفاظت این نوع ترافیک از ترافیک راه‌های هم جوار می‌باشد. بعضی مزایای مسیرهای مستقیم عبارتند از:

١) تاخیرات در ترافیک مستقیم کاهش می‌یابند ٢) کنترل ترافیک روی خیابانهای مجاور برای ترافیک کلی و اصلی مناسبتر است، به همین جهت تاخیرات را روی این نوع ترافیک کاهش می‌دهد. ٣) تناوب تصادف روی تمام مسیرها کاهش می‌یابد. ٤) بدلیل کنترل کافی، ظرفیت در مسیر افزایش می‌یابد.

معایب مسیرهای مستقیم عبارتند از: ١) افزایش سرعت در ترافیک مستقیم ممکن است باعث افزایش تصادفات شدید ترافیکی گردد. ٢) جریان حرکت وسائط نقلیه و پیاده‌های قطع کننده مسیر مستقیم ممکن است در تناوب ترافیک سنگین در مسیر مستقیم با تاخیر مواجه شوند.

۶-۲- انواع کنترل برخوردها در تقاطع:

انواع روشها برای کنترل برخورد حرکتها در تقاطع‌ها، عبارتند از روشهایی که به منظور افزایش میزان کنترل و محدودیت ارائه شده‌اند، شامل:

۶-۲-۱- قوانین اصلی حق تقدم عبور. قوانین اصلی حق تقدم عبور برای محدودیت و کنترل ترافیک وسائط نقلیه و پیاده در تقاطع‌ها کنترل نشده بکار می‌روند که شامل: ١) راننده یک وسیله نقلیه که در حال نزدیک شدن به تقاطع است باید حق تقدم وسیله ای را که از مسیر دیگر وارد تقاطع شده است رعایت نماید.٢) زمانیکه دو وسیله نقلیه از دو مسیر مختلف هم زمان وارد تقاطع می‌گردند راننده وسیله‌ای که از مسیر فرعی وارد تقاطع شده است حق‌تقدم وسیله نقلیه وارد شده از اصلی را نماید. ٣) راننده‌ای که تصمیم به گردش به چپ دارد باید حق تقدم عبور هر وسیله ای که از روبرو می‌آید را رعایت نماید. ٤) در تقاطع‌هایی که بدون علامت، عابر پیاده بعد از ورود به خط عابر پیاده خط کشی شده و یا نشده باشد حق تقدم عبور پیدا خواهد کرد.

تذکر: این نوع کنترل‌ها فقط برای تقاطع‌های فرعی که مسافت دید کافی دارند مناسب است.

۶-۲-۲- علامت حق تقدم عبور. هر راننده ای که به علامت حق تقدم نزدیک می‌گردد ملزم به کاهش سرعت و رعایت حق تقدم سایر وسایل نقلیه‌ای است که وارد تقاطع شده. و یا طوری نزدیک تقاطع نشود که در صورت ورود این راننده خطری به وقوع نپیوندد. وسایط نقلیه‌ای که بوسیله‌ی علامت حق تقدم کنترل می‌گردند فقط تا زمان مورد نیاز برای احتراز از تصادف و تداخل با وسایط نقلیه‌ای که حق تقدم عبور دارند ملزم به توقف می‌باشند.

۶-۲-۳- ایست دو طرفه. عامل اصلی برای تقاضای علائم حق تقدم سرعت مناسب و ایمنی ترافیک در مسیر فرعی است وقتیکه این سرعت از ١٦/٥ کیلومتر بر ساعت بیشتر باشد مسیر فرعی با یک علامت حق تقدم کنترل می‌گردد و در زمانی که این سرعت از ١٦/٥ کیلومتر بر ساعت کمتر باشد یک تابلو ایست به کار می‌رود. اجازه استفاده بیشتری نیز

برای علامت حق تقدم پیشنهاد شده است. این پیشنهادات مبتنی بر حجم کلی ورودی به تقاطع، محدودیت مسافت دید و خطر تصادف می‌باشند. که رعایت نکات زیر درباره‌ی علائم حق‌تقدم لازم بنظر می‌رسد علائم حق تقدم معمولاً نباید برای کنترل یک جریان ترافیک اصلی بکار رود. این علائم معمولاً نباید در بیش از یکی از مسیرهای تقاطع مورد استفاده قرار گیرد. بهمین صورت این علائم نباید برای مسیرهایی که در مسیرهای جنبی آنها در تقاطع علامت ایست بکار رفته مورد استفاده قرار گیرد. هر راننده‌ای که به علامت ایست می‌رسد تا قبل از حصول اطمینان نسبت به اینکه تقاطع برای ورود ایمن است موظف به توقف کامل است. بنابراین علامت ایست برای وسائط نقلیه موتوری محدودیت جدی ایجاد نمی‌نماید. لکن نصب این علائم در محلهای مجاز مهم می‌باشد. علامت توقف عموماً در تقاطع‌هایی که اصلی به اصلی هستند بکار می‌رود. این علامت همچنین ممکن است برای یک نوع کنترل موثر در تقاطع بدون چراغ در منطقه‌ای که ترافیک با چراغ کنترل می‌گردد باشد. عواملی مانند، سرعت بالای ورود به تقاطع، محدودیت مسافت دید و تصادفات جوی ممکن است کاربرد علامت ایست را مورد تاکید داشته باشند.

۶-۲-۴- ایست چند طرفه. این نوع کنترل به عنوان یک ابزار ایمن در بعضی نقاط مفید واقع می‌گردد عیب آن این است که تمام وسائط نقلیه‌ای که به تقاطع نزدیک می‌گردند باید قبل از عبور از تقاطع به حالت توقف کامل در آیند. هنگامیکه وسائط نقلیه در حال توقف هستند تصمیم راننده، برای حرکت توسط قانون حق تقدم تنظیم می‌گردد. ایست چند طرفه ممکن است برای تقاطعاتی که نیاز به چراغ راهنمایی دارند ـ لیکن این چراغها نمی توانند سریعاً نصب شوند به عنوان یک ابزار موقتی مورد استفاده قرار گیرد. ضوابط برای این نوع کنترل در حال نزدیک شدن به توافق هستند، به بیان بهتر، ضوابط چراغهای راهنمایی که در آنها حداقل حجم‌های ترافیک و ترکیب پیاده رو و حجم‌های ترافیکی که برای توجیه این نوع کنترل لازم است.

کنترل با افسر پلیس. کنترل حرکت در چهارراه توسط افسر پلیس پرهزینه‌ترین روش اعمال حق تقدم عبور است، در بعضی شرایط مثل قطع چراغهای راهنمایی در تقاطع‌هایی که معمولاً با این چراغها کنترل می‌گردند، تأمین عبور ایمن برای مدارس، محلهایی که در زمانهای کوتاه حجم زیادی از اتومبیل و یا پیاده غیرمعمولی برای ورود یا خروج به یک محل تجمع عمومی داریم (مانند محلهای مسابقات، استادیوم‌ها، سایر مراکز خرید) و در طول ساعت اوج ترافیک در مسیرهای انحرافی ممکن است کنترل تقاطع توسط افسر پلیس قابل توجیه باشد.

۶-۳- کنترل گردش در تقاطع‌ها:

کنترلهای گردش یکی از ابزار هماهنگ و مفید ترافیکی را بیان می‌نماید. بهره برداری از کنترلهای مناسب گردش می‌تواند اهداف زیر را تامین نماید: ۱) حذف یا کاهش برخوردها در تقاطع‌ها شامل برخورد وسیله با وسیله با پیاده ۲) کاهش خطر تصادف ۳) کاهش تاخیر با توسعه ظرفیت تقاطع

به دو دلیل جلوگیری از حرکات برخوردی انعطاف فراوانی ایجاد می‌نماید، یکی اینکه تغییرات فیزیکی مهمی ضروری نیست و دوم اینکه چنانچه این کنترل نامناسب باشد یا کنترل بهتری پیدا شود تنظیم قبلی به راحتی قابل باز گشت است.

از آنجا که تغییر مسیر و هدایت وسائط نقلیه در یک تقاطع با ممنوعیت گردش همراه است در سایر تقاطع‌ها مشکلاتی را ایجاد می‌نماید ضروری است هر منطقه به صورت کامل مورد مطالعه قرار گیرد تا معین شود که آیا مزایای ممنوعیت گردش معایبی را نیز ایجاد می‌نماید یا نه.

۶–۳–۱– انواع کنترل گردش (فازهای گردشی). کنترل گردش، در دو نوع اصلی شامل؛ ممنوعیت گردش به چپ و گردش به راست است. ضوابط مشترک پذیرفته شده‌ای برای استفاده از کنترل گردش وجود ندارد لیکن بنظر می‌رسد ضوابط زیر برای به کار گیری محدودیت در گزارشها مناسب باشند: ۱) زمانی که حجم گردش به چپ از ۲۰٪ کل حجم عبوری در مسیر تجاوز نماید. ۲) وقتی که حجم گردش‌های به چپ به ۱۰ ٪ کل حرکتها در یک خیابان بالغ شود. ۳) در جائی که حرکات گردش به چپ، با حرکت مستقیم ۱۹۰۰۰ وسیله در روز بدون توجه به تعداد خطها و در یک تقاطع چراغدار تداخل نماید. ٤) در جائی که گردش به راست یا چپ با عبور حدود ۲۰۰ پیاده‌رو در ساعت تداخل نماید. ٥) زمانی که ٦۰۰ وسیله نقلیه با ۱۰۰ یا بیشتر عابر پیاده در ساعت برخورد می‌نماید. ٦) وقتی که وسائط نقلیه گردشی به طور متوسط به ۷ وسیله در هر زمان سبز و در چند چرخه متوالی بالغ گردد. ۷) وقتی که بیش از ۳ تصادف در رابطه با حرکات گردشی در طول ۱۲ ماه در تقاطع اتفاق افتد. ۸) زمانی که تعداد خطوط ترافیکی قابل استفاده در تقاطع صرفاً برای یک حرکت در هر جهت تنظیم شده و مقدار قابل توجهی حرکات گردش به چپ داشته باشیم.

٦–۳–۱–۱– ممنوعیت به چپ. از ممنوعیت‌های گردش به چپ معمولاً در تقاطع‌ها در طول خیابانهای اصلی که بار سنگینی از ترافیک را هدایت می‌کنند استفاده می‌شوند. در هر صورت باید در استفاده نامنظم و نامشخص از ممنوعیت گردش به چپ در یک تقاطع باید با احتمال ایجاد خطرات ناخواسته در سایر تقاطع‌ها ارزیابی گردد. باید مسیرهای جانشین به سهولت در دسترس ترافیک دارای گردش به چپ قرار گیرد. برای تعیین میزان دسترسی این گونه مسیرها ضروری است که نمونه‌های جریان ترافیک و حجم آن در مجاورت منطقه محدودیت گردش مطالعه گردد. صرف حجم بالای گردش به چپ نباید ضرورتاً ممنوعیت گردش باشد لیکن باید نیاز به بررسی تمام روشهای ممکن برای هدایت حرکت را روشن سازد. در تقاطعات چراغدار اغلب هدایت گردش به چپ با یک فاز مخصوص در چراغ راهنمایی ممکن می‌شود.

٦–۳–۱–۲– محدودیت گردش به راست. ممنوعیت گردش به راست بیشتر اوقات در محلهایی که برخورد جدی بین پیاده‌رو و وسائط نقلیه وجود دارد بکار گرفته می‌شود. خطر تصادف بالقوه، و تاخیر و تراکم در حرکت گردش به راست و تناوب در حرکت مستقیم عواملی هستند که ممکن است جزء مقررات محدودیت گردش قرار گیرند. در بعضی مواقع ممکن است، فاز مخصوص چراغ و سایر لوازم کنترل محدودیت به جای محدودیت چرخش مورد توجه واقع شوند.

۶–۴– علائم محدود کننده گردش:

۶–۴–۱– تابلوهای ممنوعیت گردش. تابلوهایی با پیام‌های "گردش به راست ممنوع"، "گردش به چپ ممنوع" و "دور زدن ممنوع" ممکن است برای وادار کردن رانندگان به تبعیت از یک برنامه خاص ترافیکی مورد استفاده قرار گیرد. وقتی که محدودیت حرکت فقط در طول زمانهای معینی از روز مورد نیاز است استفاده‌کنندگان می‌بایست توصیه‌های زیر را مورد توجه قرار دهند. ۱– علایم روشن شونده که از داخل فقط در طول زمان محدودیت خصوصاً در تقاطعاتی که چراغ دارند روشن و خوانا می‌شود. ۲– تابلوهای ایستاده دائمی به همراه یک نقش برجسته اضافی که ساعات ممنوعیت را نشان می‌دهد. ۳– تابلوهای پایه دار قابل نقل و انتقال در ساعات مورد لزوم در محلهای مورد نیاز زیر نظر پلیس بکار گرفته شده و در سایر ساعات جمع آوری می‌گردند.

۶–۴–۲– چراغ شاخص ترافیک. زمانیکه محدودیت گردش در تمام مدت اعمال می‌شود منطقی است که یک چراغ سبز با پیکان (فلش) بجای چراغهای تمام سبز بکار رود. علامت گذاری روسازی. خط کشی و علامت گذاری روی روسازی بجای تابلو و چراغ مفید است.

تفکیک ترافیک. در مواقعی که ممنوعیت گردش در تمام مدت اعمال می‌گردد ابزار تفکیک و تجزیه ترافیک ممکن است برای جلوگیری عملی از انجام گردش موردنظر قرار گیرد.

۶–۴–۳– گردش به راست در زمان قرمز. به منظور کم کردن و تخلیه تراکم در تقاطعاتی که حجم بالای پیاده‌ها حرکات گردش به راست را قطع می‌کند حرکات گردش به راست اجازه داده می‌شود در زمان قرمز صورت گیرد. این روش در جائی بدون علامت گذاری موثر خواهد بود که در یک منطقه وبا مبنای متحد بکار گرفته شود هم چنین در روش دیگر به طور کلی به حرکات گردش به راست بدون اینکه وسایط نقلیه موتوری را ملزم به توقف قبل از حرکت نماید اجازه گردش داده می‌شود در این روش با استفاده از یک چراغ سبز گردش به راست همزمان با چراغ قرمز مسیر مستقیم و به گردش به چپ این امکان را فراهم می‌کند. استفاده ممتد از خط گردش به راست در یک تقاطع چراغدار به دلیل منافع فراوان آن در کاهش تاخیر در وسائط نقلیه و افزایش ظرفیت تقاطع است، این امر ممکن است برخورد جدی بین وسائط نقلیه با پیاده‌های متردد ایجاد نماید. چنانچه طرح هندسی تقاطع هماهنگی مناسب بین این دو جریان را ایجاد ننماید. یک بررسی کامل درباره حجم پیاده عبوری و وسائط نقلیه را قبل از اجازه دادن به گردش به راست باید به عمل آورید.

۶–۵– کنترل کاربردی خطوط در تقاطع‌ها:

کنترلهای کاربردی خطوط در تقاطع‌ها عموماً خطوط حرکت را فقطً برای استفاده یک حرکت بکار می‌گیرد. یک خط اختصاصی گردش به چپ یا راست فقط در جایی که حرکت گردشی سنگین داریم مجاز شمرده می‌شود. زیرا چنانچه بطور کامل از آن استفاده نشود ممکن است بطور محسوسی ظرفیت تقاطع را کاهش دهد. بصورت ایده‌ال جداسازی خطوط گردشی توسط تعویض روسازی مسیر انجام می‌گیرد تا از تداخل این مسیرها با مسیر مستقیم جلوگیری به عمل آید. در هر صورت این نوع از طراحی تقاطع برای بیشتر تقاطعات خیابانهای یکطرفه و در مسیرهای منشعب یا ورودی به آزادراهها اتفاق می‌افتد. زمانیکه حجم حرکت گردشی در ساعات اوج نیاز به بیش از یک خط دارد، خط مجاور به خط حرکتهای گردشی باید بصورت انتخابی برای حرکات گردش به چپ یا راست و یا مستقیم مورد استفاده قرار گیرد.

روشهای مختلف مورد استفاده در کنترل حرکت وسائط نقلیه در تقاطعات عبارتند از:

علایم کنترل کاربری خطوط: اینها علایمی هستند که بوسیله شکل یا کلمات انواع حرکاتی را که مجاز به گردش یا حرکت از خطوط خاصی هستند را معین می‌نماید. علایم ممکن است روی تیر یا بالای قابهای نصب شده روی جاده نصب شوند. علایم بالای سر روی جاده بدلیل اینکه علامت می‌تواند در بالای خطوطی که می‌خواهند از آن استفاده کنند قرار گیرد مؤثرتر است.

علامت گذاری روی رو سازی: کنترل کاربری خطوط با علامت گذاری رو سازی باید به عنوان مکمل علایم کنترل کاربری خطوط در یک مسیر بکار رود.

۶–۶ – جزایر کنترل ترافیک:

یک جزیره کنترل ترافیک در یک منطقه معین داخل خطوط ترافیک برای کنترل حرکات وسایط نقلیه و یا سکوی پیاده‌هاست. ترافیک وسایط نقلیه در مناطق ورودی که توسط ابزار حفاظتی جداکننده یا منحرف کننده اشغال شده از جزایر جدا می‌شود.

۶–۶–۱– طبقه‌بندی جزایر. ممکن است از نظر عملکرد فیزیکی به صورت زیر طبقه بندی شوند: الف ـ جزایر سکوی پیاده‌ها؛ یک جزیره سکوی پیاده برای استفاده و حفاظت از پیاده‌ها طراحی شده است. یک جزیره پیاده شامل منطقه امن، با منطقه انتهای مسیر ورودی، اشغال و یا مجزا شده توسط ابزار حفاظتی هشداردهنده و یا منحرف کننده می‌باشد. منطقه امن، منطقه یا فضائی است که به صورت اصولی در کنار یک جاده منظور شده است. برای استفاده جداگانه پیاده‌ها این منطقه توسط علائم کافی، به طوری که به صورت واضح در تمام اوقات قابل رویت باشد. مشخص می‌شود یک جزیره بارگیری یک جزیره پیاده است که به طور خاص برای حفاظت استفاده کنندگان از وسائط عبوری ایجاد شده است. ب ـ جزایر تقسیم ترافیک: یک جزیره ترافیکی وسیله‌ای است طولانی و باریک که در مسیر یک جاده حرکت کرده و حرکات ترافیکی در یک مسیر و یا مسیرهای متقابل را تفکیک می‌نماید. ج ـ جزایر هدایت کننده ترافیکی: این جزایر در یک جاده واقع شده و برای هدایت حرکات خاص ترافیکی و معمولاً حرکات گردشی به مسیرهای مربوطه بکار می‌روند.

۶–۶–۲– کاربرد جزایر.

٦–٦–٢–١– جزایر سکوی پیاده‌ها. جزایر سکو باید در مناطق شهری و اختصاصاً در خیابانهای عریض، در یک تقاطع بزرگ و نامنظم که در آن حجم زیاد پیاده و وسیله نقلیه امکان عبور را مشکل و خطرناک می‌سازد بکار رود. هم چنین این جزایر ممکن است در خیابانهای عریض که در آنها تقاطع با چراغ کنترل می‌گردد برای کاهش زمان تخلیه و تسریع در حرکت ترافیک مورد نظر قرار گیرد. جزایر پیاده‌ها هم چنین ممکن است در محلهایی که بررسی تصادفات نشان دهنده‌ی وقوع تعدادی تصادف عابر پیاده، از نوعی که احتمالاً با نصب جزیره از بین رفته و یا کاهش یابد، مورد استفاده قرار گیرد.

٦–٦–٢–٢– جزایر تقسیم ترافیک. جزایر تقسیم کننده ترافیک یا میانی یک بخش مهم و ضروری در طراحی یک راه اصلی در مناطق شهری برای تامین ایمنی و ظرفیت کافی است. مطالعات نشان می‌دهد در بزرگراههای بین شهری با ٤ خط نهایی یا بیشتر جزیره‌ی میانی در نظر گرفته می‌شود.

کاربردهای دیگر جزیره‌ی میانی ۱) تامین آزادی حرکت از تداخل با حرکت مقابل و در نتیجه تامین آرامش، آسایش و اطمینان بیشتر برای وسائط نقلیه موتوری و کاهش تصادفات. ۲) تامین حفاظت و کنترل برای ترافیک عبوری و گردشی و فراهم کردن امکان احداث خط جداگانه گردش برای حرکت گردشی وسایط نقلیه و افزایش ظرفیت تقاطع در معابر عریض. ۳) ایجاد پناهگاه برای پیاده‌ها و کاهش نیاز به نصب چراغ راهنمایی. ٤) ممانعت از دور زدن. ٥) تعیین محدوده و روشن نمودن مسیر مناسب وسایل نقلیه که با حرکت با آرامش بیشتر و ایمنی در سرعتهای بالاتر را ممکن می‌سازد. میانی‌ها باید به اندازه‌ی کافی عریض، با قابلیت دیده بالا و با تفاوت آشکار یا خطوط جریان ترافیک باشند به جز برای میانی‌های خیلی باریک (۱/۲ متر یا کمتر) در جایی که حفاظت پیاده‌ها کافی است، میانی‌ها باید همراه جداول مرتفع مورد استفاده می‌باشند طراحی شوند.

۶–۶–۳– جزایر هدایت کننده‌ی ترافیک. جزایر هدایت کننده عموماً در تقاطعات و برای هدایت ترافیک به مسیر مناسب در تقاطع مورد استفاده قرار می‌گیرند. جزایر هدایت کننده معمولاً برای یک یا چند هدف زیر بکار گرفته می‌شود:

۱) جداسازی برخوردها

۲) کنترل زاویه‌ی برخورد

۳) کاهش سطح اضافی

٤) تنظیم جریان ترافیک و تعیین بهره برداری بهینه از تقاطع

٥) اولویت دادن جریان گردشی غالب

٦) حفاظت از پیاده‌ها

۷) حفاظت و سازمان دهی و جمع آوری حرکات گردشی عبوری

۸) جای‌گذاری ابزار کنترل ترافیک

۹) ممانعت از حرکتهایی خاص

۱۰) کنترل سرعت

در هر تقاطع برای تعیین موقعیت محل مناسب و شکل جزایر با هدف دستیابی به کنترل مورد نظر روی حرکات ترافیکی در منطقه تقاطع نیاز به مطالعات دقیق می‌باشد.

۶–۶–۴– جزئیات یک طراحی کلی. طراحی یک جزیره باید به دقت انجام شده و شکل آن باید با مسیر طبیعی حرکت وسیله‌ی نقلیه مطابقت داشته و هم چنین یک جزیره‌ی برجسته نباید یک خطر برای جاده ایجاد نماید یک جای‌گذاری منطقی و عاقلانه جزیره در یک تقاطع روی یک خیابان عریض ممکن است نیاز به نصب چراغ راهنمایی را با هدایت جریان ترافیک به حرکتهای معمولی رفع نماید.

٦–٦–٤–۱– نور پردازی و منعکس کنندگی. جزایر باید به طور وضوح در تمام اوقات قابل دید بوده و هم چنین به میزان کافی باشند بطوری که رانندگان با حضور غیر مترقبه آن مواجه نشوند. جزایر سکو بدون نور پردازی و منعکس کنندگی کافی نباید نصب گردند. نورپردازی در هر سکو باید به قدری بزرگ باشد که تمام جزئیات ورودی‌ها و موقعیت کلی جزایر و حرکات ناگهانی وسائط نقلیه را نشان دهد. و تمرکز روشنایی می‌بایست خطرات متوجه پیاده و وسائط نقلیه را به حداقل تقلیل دهد. منعکس کنندگی برای نشان دادن وجود جزایر در شب و وقتی که روشنایی وجود ندارد ضروری است. جزایر تقسیم و هدایت کننده ترافیک و خطوط مناسب حرکت در طول آنها ترجیحاً باید توسط روشنایی مستقیم مناسب با وضوح کامل در مواقع تاریکی تأمین گردد. چنانچه وسایل نورپردازی و روشنایی در دسترس نباشد جزایر باید در حد امکان قابلیت دیده شدن بالا و ابزار نشان دهنده‌ی انتهای مسیر طراحی شود. ابعاد و شکل. جزایر عموماً باریک و طولانی و یا سه گوشه هستند و معمولاً در خارج از مسیر عبور وسائط نقلیه واقع شده اند. ابعاد و شکل آنها برای دادن خدمات به اجزا ترکیب کننده‌ی یک جاده و یا تقاطع طراحی می‌گردند. ابعاد یک جزیره وقتی متناسب با شرایط خاص طرح می‌شود باید برای جلب توجه به میزان کافی بزرگ باشند. در مقاطع بین شهری یک جزیره باید حداقل ۷/٥ متر مربع و در شرایط با محدودیت خیلی زیاد حداقل ٥ متر مربع مساحت داشته باشد. در مقاطع شهری و جایی که سرعتها پایین هستند مساحت مورد نظر باید ٥ و ۳/٥ متر مربع باشد.

۶–۶–۵– طراحی سطح. معمولاً طرح و مجزاسازی سطح جزایر به یکی از روشهای زیر صورت می‌گیرد:

۱) جزایر ممکن است با جدول مرتفع شود، و یا با روسازی، چمن و یا سایر مواد پر شوند.
۲) جزایر ممکن است با علامت گذاری روی روسازی، و یا دسته‌هایی از میله‌ها روی سطح روسازی و معمولاً در مناطق شهری که سرعت پایین و محدودیت فضا وجود دارد شکل داده شوند.
۳) سطح جزایر ممکن است بدون رویه و صاف و هم تراز و در بعضی مواقع با لوازم انعکاسی، پایه‌ها و یا سایر شاخص‌ها تکمیل گردد. این شیوه معمولاً برای جزایر بزرگ بکار می‌رود.
٦-٦-٥-١- طراحی انتهای مسیر. انتهای مسیر یک جزیره باید به دقت طراحی شود تا حد اکثر توجه و هشدار را برای وسائط نقلیه نزدیک شونده نسبت به وجود جزیره فراهم نماید و هم چنین یک شاخص را برای ادامه راه ارائه دهد. رانندگان وسائط نقلیه موتوری باید از وجود جزیره آگاه شده و بوسیله یکی از ابزارهای زیر به اطراف آن هدایت شوند:
۱) علامت گذاری روی روسازی
۲) علامت گذاری هدف
۳) علائم و تابلوها
٤) علامت خطر منعکس شونده
٥) چراغ زرد چشمک زن
٦) رو سازی با رنگ و یا بافت متفاوت
۷) گل‌میخ‌ها و قطعات برجسته
۸) ابزار نور پردازی
تعداد زیادی گل‌میخ یا میله‌های آهنی مشبک یا بتنی با چند سانتی متر ارتفاع با و یا بدون انعکاس نور ممکن است برای طراحی جزیره و یا مسیرهای ورودی عابرین و برای کمک به هدایت وسائط نقلیه در اطراف جزایر مورد استفاده قرار گیرند.
روشی دیگر استفاده از شیارهای باریک تولید صدا است که شامل قطعات بزرگ و زاویه دار از رو سازی است بطوریکه در برخورد با چرخ یک صدای وز وز رسا تولید می‌کند. نوارهای باریک سرو صدا کننده بطور گسترده برای هشدار دادن به رانندگان در مسیرهای منتهی به تقاطعات خطرناک و برای کمک به کنترل مناسب عملکرد بسیار سودمند است.
۶-۶-۶ - نگه داری جزیره ترافیکی. روش‌ها و ترتیب نگه داری جزایر بسته به ساختمان جزیره یک طیف گسترده را در بر می‌گیرد. نگه داری و تعمیر باید شامل حفظ و نگه داری جزیره در شرایط ساختمانی اصلی و مشخصات رفتاری انتهای مسیر باشد. این اقدامات شامل تجدید روسازی همراه با جزایر، جای‌گذاری جداول، نصب پست‌ها و ریل یا مسیر ایمنی، جای‌گذاری گل‌میخ‌ها و منعکس کننده‌ها و رنگ آمیزی متناوب جداول و علائم باشد. وقتی جزایر با چمن پوشیده شده‌اند باید رشد چمن به حدی باشد که آشکارا قابل دیدن باشد. گل‌میخ‌ها و سایر قطعات نصب شده در روسازی باید قابل تعویض و تنظیم باشند.

۶-۷- کنترل‌های توقف در تقاطع:

ممنوعیت و محدودیت توقف در نزدیک تقاطعات میتواند نتایج سودمندی در عملکرد تقاطع‌ها داشته باشد. حذف یا محدودیت توقف نزدیک تقاطع خصوصاً در طول ساعات اوج جریان، احتمال برخورد وسایط نقلیه ورودی با جداول خروجی را کاهش میدهد. این مقدار اضافی از تراکم در یک تقاطع از قبل متراکم اغلب در ساعات اوج قابل تحمل نیست.
با حذف پارکینگ در نزدیک تقاطعات، هم چنین عرض اضافی برای تشکیل صف وسایط نقلیه ایجاد شده از طولانی شدن صفوف جلوگیری می‌نماید.
قابل ذکر است ممنوعیت توقف باید محدود به تقاطعاتی باشد که توقف در آنها خطرات جدی و یا مانعی در جریان ترافیک ایجاد می‌کند.

۶-۷-۱- کنترل پیاده. در مناطقی که جریان سنگین وسایط نقلیه و پیاده‌ها وجود دارد، مانند تقاطعات مرکز تجاری شهر، برخوردهای ترافیکی میتواند باعث تراکم، تأخیر و خطر گردد. این شرط میتواند برای تقاطعاتی که چراغ دار هستند خصوصاً در زمانیکه حرکات گردشی سنگین با حجم سنگین پیاده‌های عبوری برخورد می‌کنند مطابقت نمایند. کنترل مناسب حرکات پیاده‌ها و سواره‌ها برای کاهش و حداقل نمودن تراکم و تأخیر ضروری است.

جدول ٦-١- حجم پیاده و سواره برای طراحی عرض پیاده‌ور

حجم پیاده در هر روز وقتی که سرعت برابر مقادیر زیر است		حجم ترافیک وسایط نقلیه
۶۰ - ۷۰ mph	۳۰ - ۵۰ mph	حجم طراحی ساعتی
۱۰۰	۱۵۰	پیاده‌رو در یک طرف
		۵۰ - ۱۰۰
۵۰	۱۰۰	> ۱۰۰
۳۰۰	۵۰۰	پیاده‌رو در یک طرف
		۵۰ - ۱۰۰
۲۰۰	۳۰۰	> ۱۰۰

پیاده‌روهای کناری. پیاده‌روهای کناری یک نیاز شناخته شده برای مناطق شهری هستند لیکن در مناطق بین شهری احداث آنها صرفاً در بعضی نقاط ضروری است. بهر حال در بسیاری از مناطق بین شهری نیاز به پیاده‌روهای کناری بدلیل سرعت بالای وسایط نقلیه و عدم وجود نورپردازی کامل ملموس‌تر می‌باشد. در مناطق شهری جائی که ساختمان پیاده رو بصورت گسترده ای منطقی و مورد نظر است شامل محلهای دارای تجمع و اجتماعات مانند: مدارس، سالنهای اجتماعات، مساجد، مشاغل عمومی و مناطق صنعتی است.
جدول ٦-١ ضوابط احداث پیاده رو کناری بر حسب حجم پیاده عبوری و وسایط نقلیه و سرعت را نشان میدهد. برای تعیین عرض مورد نیاز پیاده رو کناری فرض میشود که ظرفیت در هر ٦ سانتی متر عرض بین ١٨ تا ٢٧ پیاده در دقیقه و یا ١٠٠٠ تا ١٦٠٠ پیاده در ساعت است. توصیه دیگر در این رابطه این است که بطور عموم عرض پیاده رو تمام شده باید حداقل ١/٨ متر در مناطق شهری بوده و ترجیحاً در معابر با عرض مناسب و وجود فضای کافی افزایش عرض تا (٢/٤ الی ٣/٦) متر توصیه می‌گردد.

جدول ٦-١- حجم پیاده و سواره برای طراحی عرض پیاده‌ور

حجم ترافیک وسایط نقلیه	حجم پیاده در هر روز وقتی‌که سرعت برابر مقادیر زیر است	
حجم طراحی ساعتی	۳۰ - ۵۰ mph	۶۰ - ۷۰ mph
پیاده‌رو در یک طرف	۱۵۰	۱۰۰
۵۰ - ۱۰۰		
> ۱۰۰	۱۰۰	۵۰
پیاده‌رو در یک طرف	۵۰۰	۳۰۰
۵۰ - ۱۰۰		
> ۱۰۰	۳۰۰	۲۰۰

توصیه آیین نامه TRRL مبتنی بر ظرفیت پیاده‌ها در مناطق خرید ۰/۹ متر عرض اضافی است. به این دلیل که عرض کم برای حرکات پیاده‌ها کافی نیست. بنابراین ۰/۹ متر عرض اضافی باید به مقادیر فوق اضافه شود.

خط کشی عابر پیاده. خط عابر پیاده - خط عبور پیاده منطقه عبور پیاده‌های در یک تقاطع یا در سایر نقاط یک جاده را محدود و تعیین می‌نماید، کاملاً منطقی و ضروری است که خط کشی عابر پیاده را طوری علامت گذاری نمائیم که هم در روز و هم در شب قابل رؤیت باشند. عرض خط عابر پیاده که بوسیله دو خط پر معین شده است باید حداقل برابر و یا ترجیحاً عریض تر از عرض پیاده‌روها باشد. نورپردازی خطوط گردش به راست و یا چپ وسائط نقلیه در تقاطع بطور وضوح ظرفیت خط عابر پیاده را افزایش میدهد. استفاده از علامت گذاری رو سازی برای تعیین خط عابر پیاده به افزایش پذیرش آن توسط پیاده‌ها کمک نموده و به عدم پذیرش وسائط نقلیه برای توقف در مقابل آن کمک می‌نماید. برای افزایش بهره‌وری مناسب از خط عابر پیاده می‌توان منطقه بین دو خط پر عابر پیاده را با رنگ سبز رنگ‌آمیزی شده نشان داد که این کار باعث کاهش تخلف از حق تقدم عابر پیاده شده و عابرین در مقایسه ترجیح میدهند که از یک خط رنگ آمیزی شده عبور کنند.

توصیه آئین نامه TRRL به راه راه نمودن مسیرهای عبور عابر پیاده است.

خط عابر پیاده راه راه شامل خطوط موازی وبا فاصله مساوی و معادل عرض خود به موازات جهت حرکت وسائط نقلیه در تمام عرض خط عابر پیاده است. این خطوط معمولاً دارای ٦٠ سانتی متر عرض میباشند.

ضوابط پذیرفته شده خاصی برای خط کشی این خطوط وجود ندارد لیکن این خطوط باید مبتنی بر موارد زیر باشند:

۱) حجم عابر پیاده عبوری از خیابان.

۲) حجم، سرعت و حرکات گردشی وسائط نقلیه.

۳) تناوب حوادث در تقاطع.

٤) عرض و شکل تقاطع.

٥) استفاده بعنوان عبور دانش‌آموزان.

۶-۷-۲- حصار پیاده‌روها. حصار مانع از عبور پیاده‌ها از تقاطعی میگردد که عبور از آن نقاط باعث خطر و یا تأخیر در حرکت وسائط نقلیه میگردد.

حصارها برای هدایت پیاده‌ها به خط عبور عابر پیاده، روگذر، و یا سایر نقاطی که ضرورتند برای پیاده‌های پیش‌بینی شده تا مانع از خطر و تأخیر گردد بکار میروند. حصارها فقط بعد از مطالعه دقیق حجم وسائط نقلیه و پیاده‌ها و برخوردهای حرکات آنها و تعداد حوادث باید نصب گردند. مناطق و جزایر ایمنی پیاده‌ها. این شامل جزایر سکو، مناطق

سوار شدن، مناطق ایمنی و تمام مناطقی که رسماً برای استفاده اختصاصی پیاده‌ها منظور شده می‌گردد. روشنائی خیابان و جاده. نورپردازی و روشنائی خیابان در کاهش حوادث پیاده‌ها در شب مؤثر بوده است. تمام خیابانهای داخل شهری باید بر اساس استاندارد یکنواخت نورپردازی گردند. در آینده موضوع روشنائی خیابانها و بزرگراه‌ها را در فصل مشخصی بطور کامل مورد بحث قرار خواهیم داد.

۶-۷-۳- تونل پیاده رو ـ زیرگذر یا رو گذر. تونل‌ها و روگذرها برای حجم سواره و پیاده سنگین و حوادث و خطرات قابل توجه مورد استفاده قرار میگیرند. موارد استفاده از اینها محدود به مناطق خاصی مثل کارخانجات، مدارس، استادیوم‌های ورزشی، عبور از خط راه آهن یا آزاد راه و غیره میگردد. آنها باید متصل به حصار پیاده رو و با رمپ بجای پله (در مواقعی که امکان دارد) برای تشویق به استفاده از آنها ساخته شوند. در اینجا توصیه می‌گردد مقاله نقش سامان دهی عبور عابرین پیاده در بهبود حمل و نقل نگارش مولف مطالعه گردد.

روگذرها بدلیل هزینه کمتر، عدم نیاز به حفاری، عدم نیاز به تهویه و تسهیلات تخلیه فاضلاب نسبت به تونل‌ها ارجحیت دارند. روگذرها هم چنین از نظر انجام اعمال خلاف ایمن تر هستند. بهر حال تونل‌ها از نظر زیبایی شناسی مطلوب تر بوده و به عمق قائم کمتری در مقایسه با ارتفاع قائم رو گذر نیاز دارند و حفاظت بیشتری در مقابل سقوط اشیاء ایجاد می‌نمایند.

الف. عرض گذر عابر پیاده:

در فازبندی چراغها پیاده‌ها ممکن است از خطوط ویژه عابرین استفاده کنند لیکن وسائط نقلیه مجاز به تردد از روی آنها نیستند این خطوط بنام فاصله عبور اختصاصی پیاده‌ها یا عرض گذر عابر پیاده نامیده می‌شوند. چراغ عابرین پیاده در طول این فازها کلمه "حرکت " را نمایش میدهد. این وضعیت در شرایط زیر بکار گرفته میشود: ۱) برای مواقعی که تلاقی متراکم عابرین پیاده و وسائط نقلیه وجود داشته و گردش وسائط نقلیه از روی خط عابر پیاده در بخشی از زمان چرخش چراغ و یا در تمام طول آن است. ۲) در تقاطعات عریض با برخورد سنگین پیاده و وسائط نقلیه که در آنها زمان لازم برای فاز اختصاصی پیاده‌ها دچار محدودیت است. ۳) در بعضی از تقاطع‌ها که خطوط عابر پیاده با وسائط نقلیه دارای تلاقی است. تغییرات بکار گرفته شده عبارتند از: کنترل حرکت مستقیم، گردش به چپ و راست وسائط نقلیه با چراغهای فلش دار، در این فاز پیاده‌ها برای مدت کوتاهی که به حرکت اجازه گردش به راست داده میشود منتظر نگاه داشته میشوند. بعد از این فاصله زمان اولیه هر دو حرکت سواره و پیاده انجام می‌گیرد. رویه دیگر این است که پیاده‌ها منتظر می‌مانند تا حرکت مستقیم و گردشی وسائط نقلیه انجام شود آنگاه حرکات وسائط نقلیه متوقف و پیاده‌ها حرکات خود را انجام میدهند. این رویه هم چنین بنام تقسیم زمان سبز شناخته می‌شود.

ب. حق تقدم عبور عابر پیاده:

فاز بندی چراغها طوری است که یک زمان اختصاصی در ابتدای چراغ و قبل از حرکت وسائط نقلیه به پیاده‌ها داده شود. شاخص ابتدای یک زمان " حرکت " ثابت و سپس "حرکت" چشمک زن وقتیکه ترکیب فاز سواره و پیاده شروع میشود را به نمایش میگذارد.

ج. فاز مخصوص پیاده‌ها:

پیاده‌ها دارای فاز اختصاصی هستند که در طول آن میتوانند در هر جهتی حرکت کنند. در طول این فاز تمام وسائط نقلیه متوقف هستند. شاخص پیاده‌ها یک علامت "حرکت" ثابت را نشان می‌دهد.

۶–۸– طراحی تقاطع‌ها و میادین:

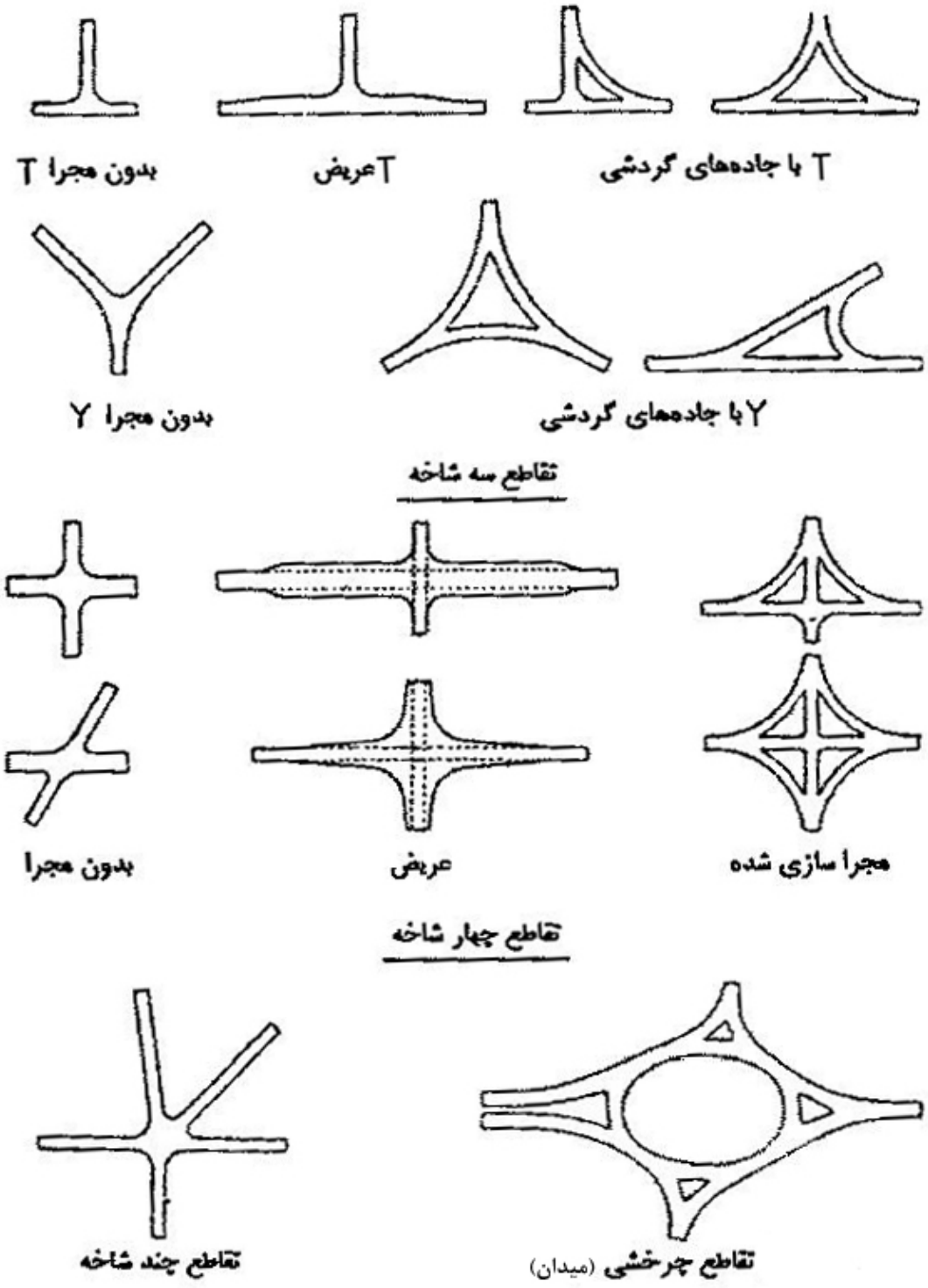
در این قسمت سعی خواهیم کرد و چگونگی ارتقای سطح ظرفیت را در تقاطع‌ها با استفاده از شاخص‌های مورد استفاده در طراحی انواع تقاطع‌ها بررسی نمائیم. بحث درباره‌ی ظرفیت تقاطع‌ها دارای دامنه وسیعی از ابعاد شکل، ظرفیت، تجهیزات، علائم و... است. در هر حال به نظر می‌رسد پیش از پرداختن به این موارد فوق، بهتر است به در ک بهتر اصول طراحی و کنترل تقاطع‌ها، بپردازیم.

۶–۸–۱– شکل تقاطع‌ها:

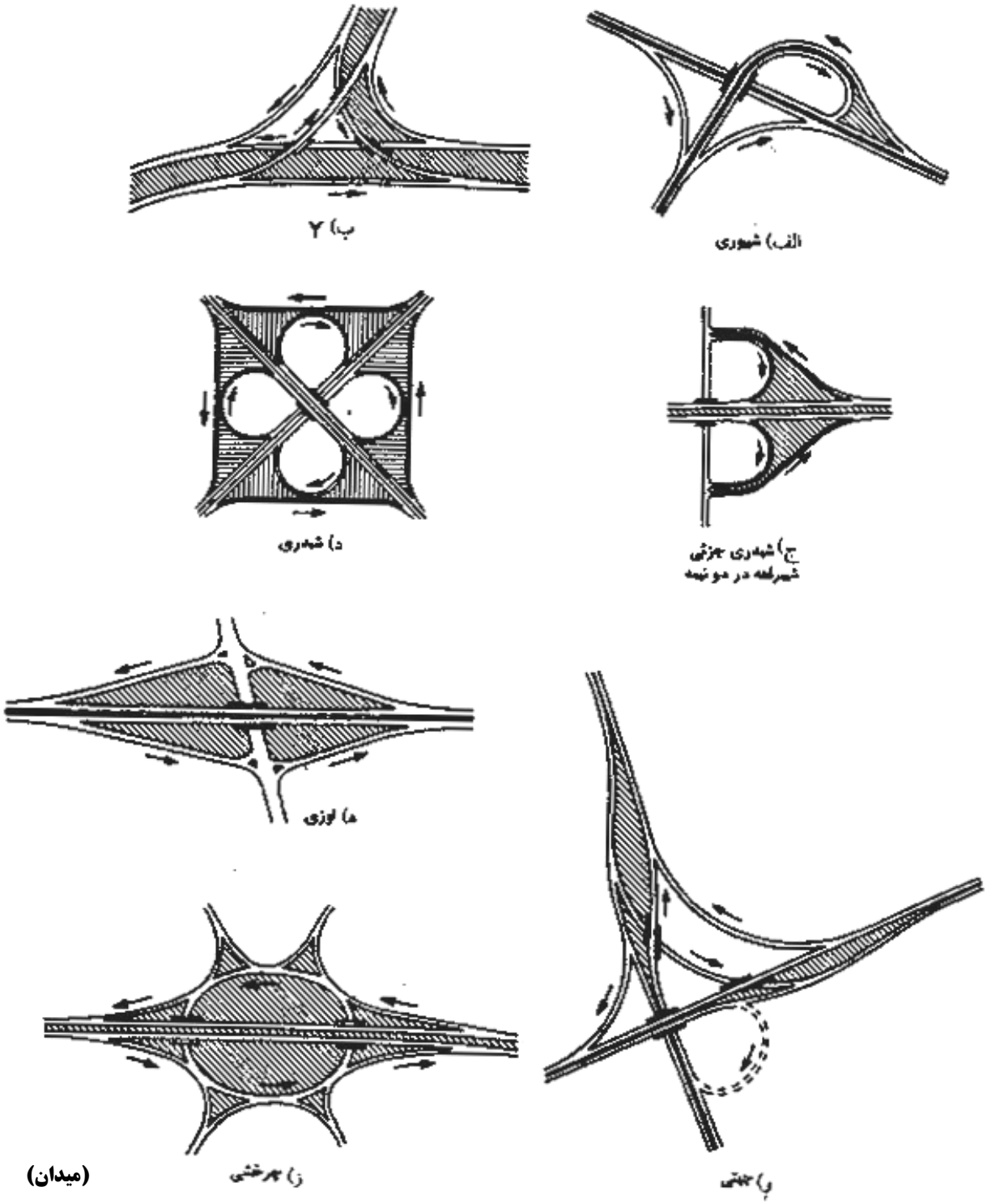
تقاطع‌ها بخش اجتناب‌ناپذیری از هر سیستم خیابانی هستند. با رانندگی در هر شهر متوجه می‌شوید که بیشتر خیابانهای شهری حداقل در یک تقاطع سهیم هستند، جائی که رانندگان می‌توانند تصمیم بگیرند که مستقیماً به مسیر خود ادامه دهند یا به خیابان دیگری تغییر مسیر دهند. تقاطع جاده ای یا خیابانی را می‌توان به عنوان منطقه ای عمومی تعریف کرد که در آن یک یا چند راه به هم دیگر ملحق شده یا یکدیگر را قطع می‌کنند البته شامل، سواره‌رو و تسهیلات ترافیکی کناره جاده ای نیز است. از آنجائیکه در تقاطع تمامی کسانی که می‌خواهند از آن استفاده کنند سهیم اند، باید در طراحی آن کارایی، ایمنی، سرعت، هزینه بهره برداری و ظرفیت در نظر گرفته شود. حرکات ترافیکی واقعی و توالی آنها را به شیوه‌های مختلفی – بسته به نوع تقاطع مورد نیاز – می‌توان کنترل نمود. به طور کلی می‌توان تقاطع‌ها را در۳ نوع تقسیم کرد (۱) تقاطع‌های هم سطح (۲) تقاطع‌های غیرهمسطح (۳) تبادلها. ۱) تقاطع همسطح معمولی جایی است که دو یا چند راه به یکدیگر ملحق می‌شوند که هر یک به صورت شعاعی از تقاطع خارج شده و قسمتی از آن را تشکیل می‌دهد که به آن شاخه‌ی تقاطع نیز گفته می‌شود. البته چنین تقاطع‌هایی محدودیتها و کاربردهای خاص خود را دارند.

نمونه‌هایی از تقاطع‌های همسطح در شکل ٦–١ نشان داده شده است. هنگامی که بخواهیم حجم بالای ترافیک را با حفظ ایمنی و کارایی مورد نظر از تقاطع عبور دهیم، یکی از روشها، جدا کردن خطوط عبوری به صورت ناهمسطح است که بطور کلی به آن تبادل گفته می‌شود. انواع اصلی تبادلها در شکل ٦–٢ نشان داده شده اند. هنگامی که دو یا چند خیابان یکدیگر را در جاده در سطوح مختلف بدون اتصال قطع می‌کنند، به آن تقاطع غیرهمسطح گفته می‌شود.

جزئیات طراحی هندسی تقاطعهای همسطح و تبادلها در آئین‌نامه طراحی هندسی راه‌ها و خیابانها که به وسیله AASHTO در سالهای ۱۹۹۰–۱۹۹٤ منتشر شده است (آورده است). برای یافتن بینش عمیق تری درباره‌ی این بعد مهم از طراحی باید به این کتاب رجوع شود.



شکل ٦-١- مثالهایی از تقاطع‌های همسطح



شکل ٦-٢-مثالهایی از تبادلها و میادین

۶–۸–۲– اهداف و ملاحظات طراحی. هدف از طراحی تقاطع، کاهش شدت برخوردهای ممکن بین وسایل نقلیه عابران پیاده است در حالی که حداکثر آسایش و سهولت حرکت برای وسایل نقلیه فراهم شود لکن در تأمین ایمنی برای عبور عابرین نیاز به تلاش بیشتری است. به طور کلی در طراحی تقاطع‌های همسطح می‌بایست چهار عنصر اصلی زیر را در نظر گرفت:

۱– عوامل انسانی مانند عادتهای رانندگی و زمان‌های تصمیم گیری و عکس‌العمل.

۲– ملاحظات ترافیکی مانند ظرفیتها و حرکات گردشی، سرعت وسایل نقلیه، ابعاد و نوع وسایل نقلیه.

۳– عناصر فیزیکی مانند ویژگی‌ها و کاربرهای زمینهای مجاور، فاصله دید و مشخصه هندسی.

٤– عوامل اقتصادی مانند هزینه‌ها، سودها و مصرف انرژی.

تا جایی که به تبادلها مربوط می‌شود، نوع و طراحی آنها تحت تاثیر عوامل متعددی مانند طبقه بندی راه، ماهیت و ترکیب ترافیک، سرعت طرح و میزان کنترل دسترسی قرار دارد. تبادل تسهیلات پر هزینه ای هستند و به دلیل تنوع گسترده شرایط محلی، حجم ترافیک و طرح تبادل ایجاب می‌کند که معیارهای توجیه تبادل برای هر محل متفاوت باشد.

آشتو جزئیات مربوط به تقاطع‌های همسطح و تبادل‌ها را ارائه کرده است. آخرین مطلب مورد توجه در هنگامی که می‌خواهیم یک تبادل را ایجاد کنیم اقتصادی و قابل توجیه بودن هزینه ایجاد تبادل است.

۶–۸–۳– آرام سازی ترافیک در تقاطع. آرام سازی عبارت است از تفکیک یا تنظیم حرکتهای برخورد ترافیکی به مسیرهای مشخص به وسیله جزایر ایمنی یا خط کشی برای تسهیل حرکتهای ایمن و منظم برای وسایل نقلیه و هم چنین برای عابران پیاده. آرام سازی (جریان‌بندی) مناسب باعث افزایش ظرفیت، بهبود ایمنی، تامین حد اکثر آسایش و تلقین اعتماد به نفس به راننده می‌شود. جریان‌بندی غالباً همراه با تابلوی توقف یا احتیاط در تقاطعهای چراغدار به کار برده می‌شود.

برخی اصول اساسی که به طراحی تقاطعهای جریان‌بندی شده کمک می‌کند عبارتند از:

۱– نیاز رانندگان به خطوط جریانی که پیدا کردن آنها آسان باشد، باید تامین شود.

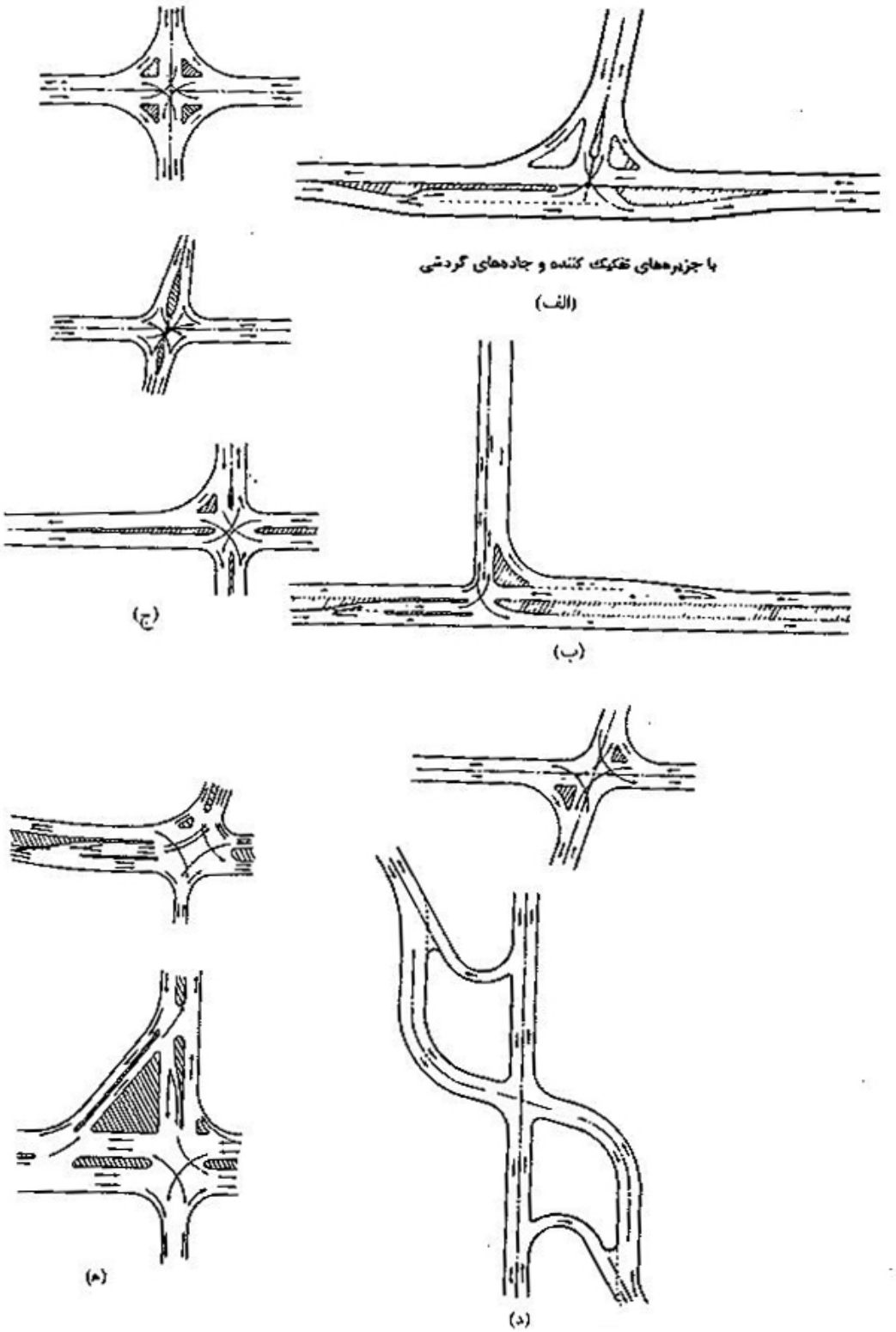
۲– از پیچهای ناگهانی و پیچهای تند بازگشتی باید خودداری شود.

۳– مناطق برخورد خودرو باید تا آنجا که امکان پذیر است، محدود شود.

٤– جریان‌های ترافیکی که بدون حرکت‌های تداخلی و همگرایی یکدیگر را قطع می‌کنند، باید با زاویه ۹۰ درجه یا نزدیک به آن برخورد کنند.

٥– جزیره‌ها باید به دقت انتخاب و تعداد آنها تا حد ممکن کم باشد.

٦– از جریان‌بندی بیش از حد باید خودداری شود، زیرا همان طور که ثابت شده، نتیجه عکس می‌دهد. شکل ٦–۳ نمونه‌هایی معمولی از تقاطع‌های جریان‌بندی شده را نشان می‌دهد.



شکل ٦-٣- مثالهای نمونه از تقاطع جریان‌بندی (AASHTO ،١٩٩٤)

۶–۹– میادین:

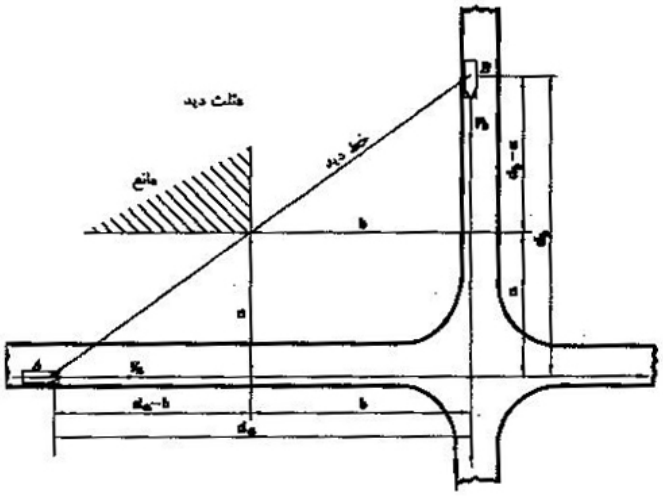
میدان‌ها و انحرافیها تقاطعهای جریان‌بندی هستند که از یک دایره‌ی مرکزی تشکیل می‌شوند که یک سواره روی یکطرفه آن را احاطه کرده است. برخی میدان‌ها به وسیله چراغ کنترل می‌شوند در حالی که در برخی دیگر ترافیک ورودی باید در برابر ترافیک موجود در میدان احتیاط کند. براساس آئین نامه جدید راهنمایی و رانندگی نیز حد تقدم ترافیک با وسیله نقلیه نزدیک به دایره مرکزی است که می‌تواند بر گرفته از موضوع فوق باشد.

معمولاً میدان‌ها (چراغدار) رفتار ایمنی خوبی نشان می‌دهند و هنگامی که حجم ترافیک پایین است وسایل نقلیه مجبور به توقف نیستند. میدان خوب طراحی شده باید مسیر وسایل نقلیه ای را که از میان تقاطع عبور می‌کنند، با استفاده از یک جزیره‌ی مرکزی به اندازه‌ی کافی با طراحی مناسب جزیره‌ها و تنظیم مسیر ورودیها و خروجیها را تغییر دهد. شکل ٦–٣.

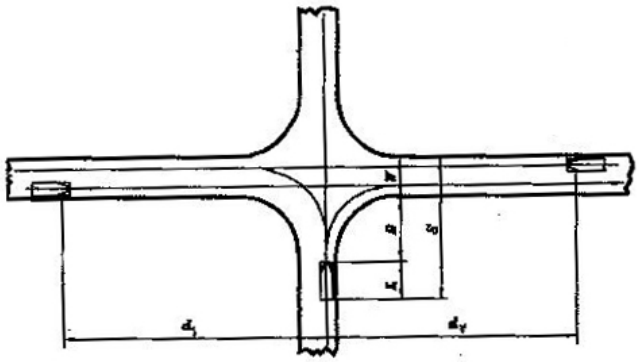
۶–۹–۱– تقاطعهای بدون کنترل. اگر تقاطع بدون هرگونه وسیله‌ی کنترل باشد، راننده‌ی وسیله‌ی نقلیه ای که در حال نزدیک شدن به تقاطع است باید قادر به درک خطر در زمان مناسب، برای تغییر سرعت وسیله نقلیه در صورت لزوم پیش از رسیدن به تقاطع باشد. زمان لازم برای شروع به کاهش سرعت، زمان تشخیص و عکس‌العمل راننده است و میتواند تا ۲ ثانیه در نظر گرفته شود. بعلاوه راننده باید پیش از رسیدن به تقاطع شروع به ترمز گیری کند. این فاصله از تقاطع، جایی که راننده بتواند برای اولین بار وسیله نقلیه در حال نزدیک شدن به خیابان متقاطع را ببیند، مطابق با ۲ ثانیه ای است که برای تشخیص و عکس‌العمل به اضافه‌ی ۱ ثانیه برای ترمزگیری برای تنظیم سرعت در نظر گرفته می‌شود. مثلث دید با رجوع به شکل ٦–٤، به وسیله‌ی حداقل مسافت‌ها در امتداد جاده تعیین می‌شود.

برای مثال اگر جاده‌ی A دارای محدودیت سرعت $\frac{۵۰\text{mph}}{۸۵\text{kmph}}$ و جاده‌ی B دارای محدودیت سرعت $\frac{۳۰\text{mph}}{٤۸\text{kmph}}$ باشد، لازم است مثلث دید بدون مانعی که ساقهای آن حداقل به ترتیب $\frac{۲۲۰\text{ft}}{۷۰\text{m}}$ و $\frac{۱۳۰\text{ft}}{٤۲\text{m}}$ باشد داشته باشیم که بر اساس میانگین مسافت طی شده در ۳ ثانیه در نظر گرفته شود. این حداقل مسافتها به وسیله‌ی نقلیه در هر جاده امکان می‌دهد پیش از رسیدن به تقاطع سرعت خود را تغییر دهد، لکن این اقدام به تنهایی تضمین تقاطع ایمن نیست.

در این تقاطع‌ها خطر بالقوه‌ای برای رانندگان وجود دارد، مخصوصاً وقتی تعدادی وسیله‌ی نقلیه پشت سر هم به تقاطع نزدیک شوند و زمان فقط برای یک وسیله‌ی نقلیه کافی باشد. از مسافت طی شده در ۳ ثانیه از ۷۰٪ مسافت توقف ایمن در سرعت ۷۰mph تغییر می‌کند.



الف) حالت ۱ و ۲ بدون کنترل یا احتیاط روی جاده فرعی



ب) حالت ۳کنترل با توقف روی جاده فرعی

شکل ٦-٤- مثلث دید (AASHTO ،١٩٩٤)

سئوالات و مسائل مطرح:

١- انواع کنترلهای تقاطع‌ها را بنویسید؟

٢- چهار شاخص از شاخصهای لازم برای نصب چراغ راهنمایی را بنویسید؟

٣- انواع کنترلهای گردش در تقاطعات را بنویسید؟

٤- عوامل مد نظر قبل از طراحی تقاطع‌ها را بنویسید؟

٥- طبقه بندی جزایر ترافیکی چگونه است؟

٦- اهداف ساخت جزایر ترافیکی را بنویسید؟

٧- ملاحظات عابران پیاده در استفاده از چراغ راهنمایی را بنویسید؟

٨- با عنایت به شکل ٦-١ و ٦-٢ میدان را تعریف کنید؟

٩- ضمن تعریف جریان‌بندی تقاطع انواع تقاطع را بنویسید؟

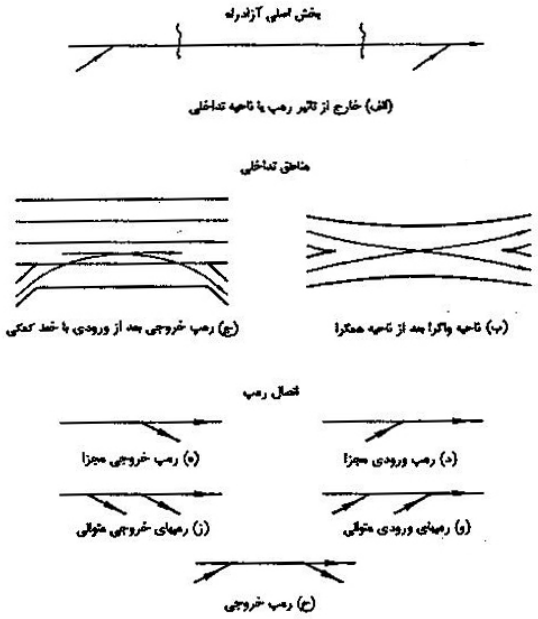
١٠- مزایای تقاطع‌های بدون کنترل ر ا بنویسید؟

فصل هفتم

آشنایی با ظرفیت و سطح سرویس

ظرفیت و سطح سرویس دو شاخص مهم در تعیین مقدار حجم عبور وسایل نقلیه و سرعت متوسط آنها و هم چنین دارای نقش ویژه‌ای در تعداد سفرهای انجام شده می‌باشد در اینجا قبل از هر چیز بهتر است نگاهی به آزاد راه و سطح سرویس داشته باشیم.

آزادراه عبارت از تسهیلات جاده‌ای تقسیم شده‌ای است که دارای دو یا چند خط عبور در هر جهت برای کاربرد انحصاری ترافیک با کنترل کامل خروجی و ورودی می‌باشد. در سلسله مراتب راهها، آزادراه تنها تسهیلاتی هستند که جریان کاملاً پیوسته‌ای را تأمین می‌کنند. آزادراه از اجزاء زیر تشکیل می‌شوند شامل قطعه اساسی آزادراه، محدوده تغییر خط و محل اتصال شیبراهه‌ها. شکل ۷-۱ این اجزا را نشان می‌دهد.



شکل ۷-۱ – بخشهای مختلف یک آزادراه آورده شود

۷-۱- ظرفیت آزادراه:

حداکثر آهنگ مستمر جریان وسایل نقلیه در ساعت است که از یک نقطه یا بخشی از قطعه‌ی آزادراه در شرایط جاده‌ای و ترافیکی حاکم صورت می‌پذیرد. ویژگیهای جاده‌ای شامل تعداد و پهنای خطوط عبور، فاصله جانبی شانه سمت راست، فاصله بین تقاطعهای غیر هم‌سطح، شیبها و آرایش خطوط عبور است. شرایط ترافیکی شامل ترکیب درصدی جریان ترافیکی براساس نوع وسیله نقلیه، ویژگیهای توزیع خطوط عبور و ویژگیهای رانندگان است (مانند رانندگانی که هر روز به محل کار می‌روند و رانندگان تفریحی). شرایط مختلفی در آزادراه است که به وسیله‌ی طیفهای سرعت ـ جریان و

چگالی می‌تواند تعریف شود جریان آزادراه نشان دهنده‌ی جریانی ترافیکی است که تحت تأثیر شرایط بالا دست و پایین دست قرار نمی‌گیرد... در جریان‌های کم تا متوسط، این نوع جریان به طور کلی در طیف سرعت حدود ۱۱۰km/h و در آهنگهای بالای جریان، ۱۰۵km/h بر ساعت تعریف می‌شود. در جریان تخلیه صف نشان دهنده‌ی جریان ترافیک پس از عبور از داخل گلوگاه و افزایش سرعت تا رسیدن به سرعت جریان آزاد در آزادراه است. عموماً این نوع جریان در داخل طیف باریکی از جریانهای عبوری تعریف شده است: حدود ۲۰۰۰ خودرو سواری در ساعت از هر خط عبور با سرعتهای ٤٨km/h تا سرعت جریان آزاد. این نوع افزایش سرعت تا سرعت جریان آزاد ممکن است در حدود ۲ کیلومتر گلوگاه روی دهد. آهنگ تخلیه‌ی صف تقریباً ۵٪ کمتر از نرخ جریان آزاد است جریان متراکم نشان دهنده‌ی جریانی ترافیکی است که تحت تأثیر گلوگاه پایین دستی قرار می‌گیرد جریان در طیف جریانها و سرعتها تغییرات بسیار گسترده‌ای می‌تواند داشته باشد. صفهایی که در آنها وسایل نقلیه توقف و حرکت می‌کنند.

جریان‌های اصلی برای شرایط ایده‌آل به صورت زیر تعیین شده است:

حداقل پهنای خط عبور ۳/٦٥ متر

حداقل فاصله‌ی جانبی شانه سمت راست بین لبه‌ی خط عبور و نزدیکترین مانع یا شیئی که سفر را تحت تأثیر قرار می‌دهد ۱/۸m و حداقل فاصله جانبی میانه ٦۰ سانتیمتر، خودروها در جریان ترافیک سواری هستند؛

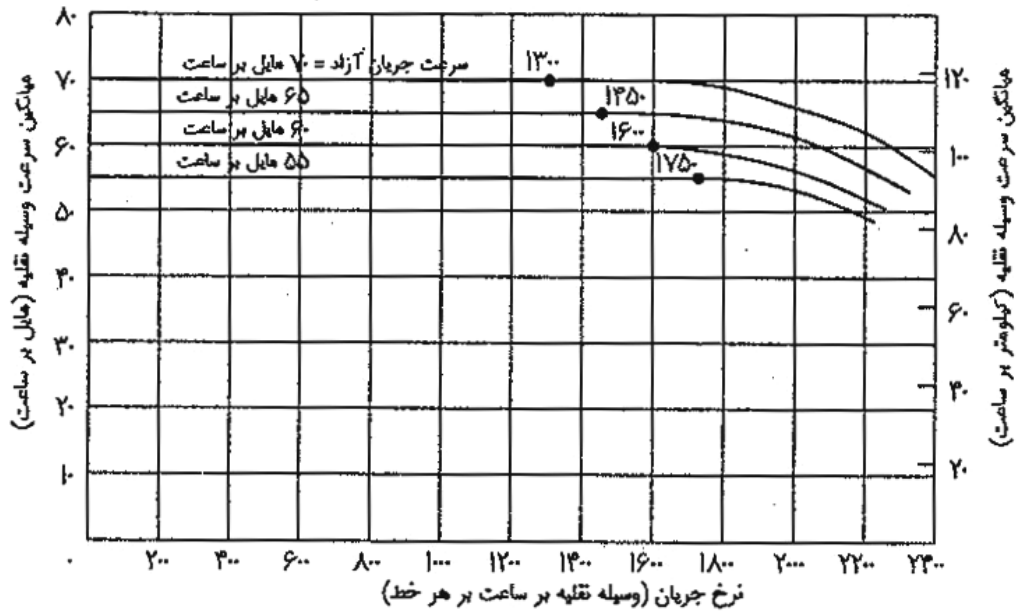
هر جهت ۲خط عبور یا بیشتر؛

فاصله بین تقاطع‌های غیر هم‌سطح ۳/۲km یا بیشتر؛

سطح زمین هموار یا با شیبهایی کمتر از ۲ درصد

شرایط فوق نشان دهنده‌ی بهترین نوع از قطعات اساسی آزادراه‌هاست، که برای آنها سرعت جریان آزاده ۷۰m/h است. شرایط ترافیکی و جاده‌ای حاکم متفاوت از شرایط ایده‌آل به نوبه خود بر سرعت جریان آزاد تأثیر می‌گذارد.

شکل ۷-۲ نشان‌دهنده‌ی روابط جریان ـ سرعت برای رژیم جریان آزاد در قطعات اساسی تحت شرایط ایده‌آل یا غیر ایده‌آل است.



شکل ۷-۲- ارتباط سرعت جریان با جریان آزاد

۷-۱-۱- سرعت جریان آزاد. سرعت جریان آزاد به عنوان سرعتی که چگالی و جریان هر دو به صفر برسد تعریف شده است. تمامی مطالعات جدید حاکی از آن است که سرعت در آزاد راهها نسبت به جریان در طیف وسیعی از آهنگ جریان غیرحساس است. شکل۷-۲ نشان می‌دهد که سرعت برای نرخهای جریان تا سقف ۱۳۰۰veh/hr/ln با سرعتهای جریان آزاد ۱۱۵ km/h ثابت است. برای آزاد راههایی با سرعتهای جریان آزاد پایین‌تر، سرعت حتی با آهنگ بالای جریان ثابت باقی می‌ماند. این اثر با ایجاد محدودیت سرعت ۹۰km/h در بزرگراه‌های شهری بسیار بااهمیت می‌شود. در عمل می‌توان سرعت جریان آزاد را در میدان بآسانی به عنوان سرعت متوسط وسایل نقلیه، هنگامی که آهنگ جریان کمتر از ۱۳۰۰veh/hr/ln باشد، اندازه‌گیری کرد. قوس مربوط به ۱۰۵km/h در شکل ۷-۲ بیانگر شرایط ایده‌آل است.

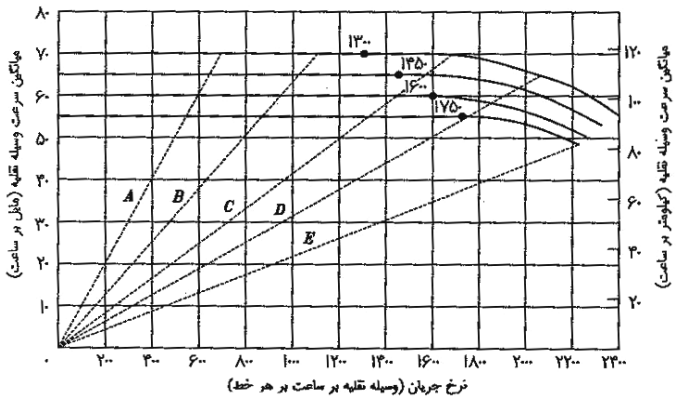
ظرفیت: منحنیهای شکل ۷-۲ دو ناحیه‌ی جریان را نشان می‌دهد: (۱) ناحیه‌ای که در آن سرعت نسبت به افزایش آهنگ جریان غیر حساس است. این طیف تا سقفveh/hr/ln ۱۳۰۰ برای مقدار ظرفیت برای آزاد راههای با شرایط ترافیکی و جاده‌ای ایده‌آل، ۲٤۰۰veh/hr/ln است.

ظرفیت با تغییر سرعت جریان آزاد در آزاد راه تغییر می‌کند. حداقل ظرفیت ۲۲۰۰veh/hr/ln می‌باشد که نشان دهنده‌ی سرعت جریان آزاد ۵۵km/h است. ظرفیتها برای سرعتهای جریان آزاد km/h ٦۵ و ٦۰ به ترتیب ۲۳۵۰ و ۲۳۰۰ veh/hr/ln است. شکل ۷-۲ نشان می‌دهد جریان ظرفیت بسته به سرعت جریان آزاد در تسهیلات ممکن است به ازای سرعتهایی از ٤۹ تا mph ۵۵ روی ندهد. کاهش سرعت، همراه با افزایش جریان، در قطعه‌ی آزاد راه با سرعت جریان آزاد پایین در مقایسه با قطعه‌ی آزاد راه با سرعت جریان آزاد بالا کمتر است. چگالی ظرفیت از ٤۳/٦Pc/mi/ln برای سرعت جریان آزاد mph ۷۰ تا ٤٦Pc/mi/ln برای سرعت جریان آزاد ۹۰km/h متغیراست.

۷-۲- سطح سرویس:

هر چند سرعت نگرانی اصلی رانندگان وسایل نقلیه موتوریی است که از تسهیلات آزادراه استفاده می‌کنند اما در طیف وسیعی از جریان‌ها تقریباً ثابت می‌ماند. آزادی تحرک در داخل جریان ترافیکی و نزدیکی به سایر وسایل نقلیه داری اهمیت یکسانی هستند و ترجیحاً به جای سرعت، برای توصیف سطح سرویس، مورد استفاده قرار می‌گیرند. بعلاوه، افزایش چگالی در سراسر طیف جریانها تا حد ظرفیت افزایش می‌یابد و بنابراین معیار کارایی بهتری را به دست می‌دهد. چگالی‌های مورد استفاده برای تعریف سطوح سرویس در قطعات اساسی آزادراهها به قرار زیر است:

سطح سرویس	حداکثر چگالی
A	≤ ۱۰ Pc/min/Ln
B	≤ ۱٦ Pc/min/Ln
C	≤ ۲٤ Pc/min/Ln
D	≤ ۳٤ Pc/min/Ln
E	≤ ٥۰ Pc/min/Ln
F	> ٦۰ Pc/min/Ln



شکل ۷-۲- نمودار سرعت و جریان

توجه: ظرفیت بر حسب سرعت جریان آزاد متغیر است

سرعت جریان آزاد(km/h)	ظرفیت (pc /hr/Ln)	تراکم در ظرفیت (pc/mi/ln)
۱۱٥	۲٤۰۰	٤۳/٦
۱۰٥	۲۳٥۰	٤٤/۳
۹٥	۲۳۰۰	٤٥/۱
۹۰	۲۲٥۰	٤٦/۰

شکل ۷-۳: معیار تعیین سطح سرویس

۷-۳- اجزاء تشکیل دهنده سطح سرویس:

تعیین سطح سرویس برای هر قطعه اساسی آزادراه به طور کلی با استفاده از سه جزء انجام می‌شود که عبارتند از: آهنگ جریان، سرعت جریان آزاد و سطح سرویس. معادله(۱) آهنگ معادل جریان سواری را نشان می‌دهد

$$v_p = \frac{V}{PHF \times N \times f_{HV}} \qquad (۱)$$

که در آن:

v_p = آهنگ معادل جریان سواری برحسب pc/hr/ln

V = حجم ساعتی بر حسب vph

PHF = ضریب ساعت اوج

N = تعداد خطوط عبور

f_{HV} = ضریب تعدیل برای وسایل نقلیه سنگین

مشاهدات جریان ترافیک همواره نشان می‌دهد که آهنگهای بدست آمده برای دوره زمانی ۱۵دقیقه‌ای در طول کل یک ساعت پایدار نمی‌ماند. ضریب ساعت اوج در معادلهٔ(۱) این پدیده را ملحوظ می‌کند. در آزادراهها ضرایب ساعت اوج از ۰/۸۰ تا ۰/۹۵ تغییر می‌کند. ضرایب ساعت اوج پایین‌تر، ویژگی آزادراههای بین شهری یا شرایط غیراوج است. ضرایب بالاتر نوعاً مخصوص شرایط ساعت اوج شهری و حومه شهری است. اگر داده‌های محلی غیر قابل دسترس باشد می‌توان برای شرایط ساعت اوج شهری، حومه شهری / بیرون شهری به ترتیب مقادیر ۰/۸۵ تا ۰/۹۰ را به کار برد. تعدیلاتی که برای وسایل نقلیه‌ی سنگین در جریان ترافیک به کار می‌رود برای در نظر گرفتن کامیونها، اتوبوسها و وسایل نقلیه‌ی تفریحی (RV_S) اعمال می‌شود. کامیونها و اتوبوسها به طور یکسان در نظر گرفته می‌شود. f_{HV} با استفاده از فرایندی دو مرحله‌ای تعیین می‌شود. معادل سواری کامیون / اتوبوس (E_T) و وسیله‌ی نقلیه‌ی تفریحی (E_R) برای شرایط ترافیکی و جاده‌ای تحت مطالعه تعیین می‌شود. با استفاده از مقادیر E_T، E_R و درصد هر نوع وسیله‌ی نقلیه در جریان ترافیک (P_T, P_R) ضریب تعادل (f_{HV}) محاسبه می‌شود. اثر وسایل نقلیه سنگین بر جریان ترافیک به ترکیب ترافیک و شرایط شیب بستگی دارد. معادل‌های سواری را می‌توان برای دو نوع شرایط زیر انتخاب کرد:

الف ـ قطعات عمومی گسترده آزادراهها:

با توجه به اینکه در آزادراه امکان اینکه قسمت طولانی از آزادراه شامل تعدادی سربالایی و سرازیری و قطعات هموار باشد به عنوان قطعه‌ای یکنواخت و واحد در نظر گرفته شود وجود دارد لذا بعنوان نوعی قاعده، از قطعات عمومی گسترده در جایی استفاده می‌شود که شیب بیش از ۳ درصد در مسیری، طولانی‌تر از ۱/٤ مایل نباشد یا طولانی‌تر از۱/۲ مایل برای شیب‌های کمتر از ۳ درصد باشد. قطعات عمومی گسترده آزادراهها نیز به انواع هموار، تپه ماهوری و کوهستانی دسته‌بندی می‌شود. منطقه‌ی هموار شامل شیبهای کوتاه کمتر از ۲ درصد است. منطقه‌ی تپه ماهوری سبب می‌شود که وسایل نقلیه‌ی سنگین به طور قابل توجهی سرعت خود را نسبت به خودروهای سواری کاهش دهند اما نه تا حد سرعتهای خزش برای زمانی قابل توجه، برای اطلاع از مقادیر E_T، E_R به جدول ۷-۱ توجه فرمائید.

جدول ۷-۱: معادل سواری برای قطعات عمومی گسترده آزادراهها

نوع	نوع منطقه		
	هموار	تپه ماهور	کوهستانی
E_T برای کامیون و اتوبوس	۱/۵	۳/۰	٦/۰
E_R برای وسایل نقلیه	۱/۲	۲/۰	٤/۰

۷-۳-۱- ظرفیت و سطح سرویس از نگاهی دیگر. مفاهیم ظرفیت و سطح سرویس برای بررسی تقاطعها مفاهیمی اساسی هستند همانطور که برای همه انواع تسهیلات می‌باشند. اما در بررسی تقاطع، این دو مفهوم به اندازه سایر تسهیلات کاملاً لازم و ملزوم هم نمی‌باشند. البته تجزیه و تحلیل تسهیلات جریان روان و بدون توقف منجر به تعیین ظرفیت و سطح سرویس می‌شود. در مورد تقاطعهای مجهز به علائم راهنمایی، این دو مفهوم جداگانه مورد بررسی قرار می‌گیرد. چون آنها کاملاً به یکدیگر وابسته نیستند. اما توجه به این نکته ضروری است که هر دو مفهوم ظرفیت و سطح سرویس باید برای ارزیابی عملکرد کلی تقاطع مجهز به علائم راهنمایی کاملاً مورد بررسی قرار گیرد. بررسی ظرفیت تقاطعها منتج به محاسبه نسبت v/c برای حرکتهای انفرادی و ترکیبv/c برای مجموع حرکتهای بحرانی یا گروههای خط عبور موجود در تقاطع می‌شود. خارج قسمت v/c اندازه واقعی یا تخمینی جریان در یک رویکرد یا گروه مشخصی از خطوط عبوری در طی مدت زمان اوج ۱۵ دقیقه‌ای است که بوسیله ظرفیت رویکرد یا گروه تعیین شده‌ای از خطوط عبوری تقسیم می‌شود. سطح سرویس دهی براساس میانگین تأخیر هر وسیله نقلیه که به دلیل حرکتهای تداخلی در تقاطع متوقف شده، محاسبه می‌شود. اگر چه میزان v/c تأخیر را تحت تأثیر قرار می‌دهد، اما پارامترهای دیگری نیز هستند که با شدت بیشتری روی میزان تأخیر اثر می‌گذارند، مثل کیفیت حرکت اتومبیلها، مدت زمان چراغ سبز و طول زمانهای سیکل.

سطح سرویس A: این سطح سرویس بیانگر تردد آزاد است در این سطح سرویس حرکت وسایل نقلیه مستقل از حضور همدیگر است. آزادی برای انتخاب سرعت دلخواه و مانور دادن بدون هیچگونه مزاحمتی، از سوی جریان ترافیک امکان‌پذیر است. سطحی راحت و مورد رضایت مسافران و سایر وسائط نقلیه تأمین است حجم تردد در حدود PCPHPL ۷۰۰

سطح سرویسB: در سطح سرویس B، تردد پایدار همیشگی است، حضور وسایل نقلیه در جریان ترافیک نسبتاً قابل توجه بوده و آزادی برای انتخاب سرعت دلخواه، نسبتاً مستقل از جریان ترافیک است، لکن کاهش کمی در آزادی جهت جابجایی تردد که حضور وسائط نقلیه در جریان ترافیک تأثیرپذیر از حرکات جمعی وسایل نقلیه در حال حرکت است. در این سطح آرامش و راحتی در مقایسه با سطح سرویس A نسبتاً کاهش می یابد. حجم تردد در حدود ۱۱۰۰PCPHPL

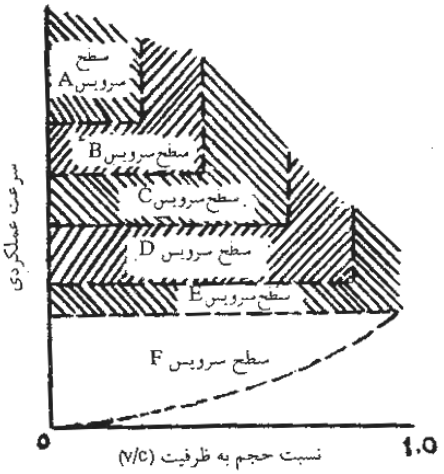
سطح سرویس C: در این سطح سرویس نیز تردد پایدار و همیشگی است اما در این سطح سرویس، حرکت هر وسیله‌ی نقلیه به طور قابل توجهی تحت تأثیر رفتارهای سایر وسایط نقلیه در جریان ترافیک قرار می‌گیرد انتخاب سرعت برای هر وسیله‌ی نقلیه وابسته به حضور سایر وسایل نقلیه است و مانور وسایل نقلیه در جریان ترافیک مستلزم مهارت زیاد رانندگان است. سطح آرامش و راحتی به طور قابل ملاحظه‌ای در این سطح، کاهش می‌یابد. حجم تردد در حدود ۱۵۰۰PCPHPL

سطح سرویس D: این سطح سرویس دارای چگالی بالاست. اما جریان ترافیک همچنان پایدار و همیشگی است. سرعت و آزادی برای مانور به میزان زیادی محدود شده است. اما رانندگان به طور کلی یک سطح سرویس ضعیف را در راحتی و آرامش نسبی تجربه می‌کنند. افزایش کم در تردد معمولاً، مشکلات عملکردی در این سطح سرویس ایجاد می‌کند. حجم تردد در حدود ۱۹۰۰PCPHPL

سطح سرویس E: در این سطح سرویس شرایط عملی نزدیک به ظرفیت سیستم است. سرعت همه‌ی وسایل نقلیه کاهش می‌یابد اما این کاهش، نسبتاً غیر یکنواخت است. آزادی برای مانور و سبقت بدون در نظر گرفتن جریان جمعی ترافیک بسیار مشکل است و عموماً این کار با مجبور کردن ماشین‌ها به «راه دادن» صورت می‌گیرد. سطح آرامش و راحتی بسیار تنزل می‌یابد و سطح بسیار ناآرامی برای افکار رانندگان ایجاد می‌شود. در این سطح، تردد عموماً ناپایدار و ناپیوسته است و این امر به جهت کاهش قابل توجه تردد و یا به سبب انیکه اختلال بسیار کم در جریان است و اختلال بسیار کم در جریان ترافیک باعث از کار افتادن تردد و جریان ترافیک می‌شود. حجم تردد در حدود ۲۲۵۰PCPHPL

سطح سرویس F: این سطح سرویس، برای تعریف یک تردد از کار افتاده به کار می‌رود. این شرایط در جایی به وجود می‌آید که مقدار ترافیک آن از میزان حجم ترافیکی که جاده می‌تواند عبور دهد، فراتر رود. صف‌های طولانی پشت سرهم، از مشخصات این سطح سرویس است. رفت و آمد در چنین سطحی به صورت حرکت و توقف است و موجی شکل روی می‌دهد. وسایل نقلیه، لحظه‌ای در حرکت و لحظه‌ای در توقف هستند و حرکت وسایل نقلیه به مقدار بسیار زیادی ناپایدار و غیر همیشگی است. همچنین وسایل نقلیه ممکن است برای چند صد متر و یا بیشتر با سرعت قابل قبولی حرکت و سپس مجبور به توقف طولانی شوند. حجم تردد در حدود ۲۲۵۰PCPHPL تا صفر در نوسان بوده و لذا مقدار مشخصی نمی‌توان پیش‌بینی نمود.

طبقه بندی سطح سرویس را می‌توان به وسیله نمودار سرعت ـ تردد شکل ۷-٤، چن نمودار حجم سرعت نشان داده شده در محور افقی آن نسبت حجم به ظرفیت آورده شده، و در محور عمودی سرعت عملکرد بیان گشته است.



شکل ۷-٤- ارتباط بین سطح سرویس، سرعت و نسبت حجم به ظرفیت

در این شکل، شرایط سطح سرویس یک اصل مهم را در آنالیز ترافیک بیان می‌کند به عبارت دیگر جاده ظرفیت خود را زمانی به دست می‌آورد که مطابق سطح سرویس E عمل کند. به بیان دیگر جاده‌ای که با ظرفیت خود عمل می‌کند از دیدگاه رانندگان، یک سطح دلخواه نیست و این شرایط است که در طراحی جاده‌ها باید از آن جلوگیری و اجتناب کرد.

۷-۴- ظرفیت آزادراه‌ها:

با توجه به اینکه دسترسی برای ورود و خروج از آزادراه‌ها، فقط با شیب‌راهه‌ها صورت می‌گیرد. طراحی شیب‌راهه‌ها، معمولاً به گونه‌ای است که هم‌گرایی و واگرایی جریان ترافیک هنگام ورود و خروج از آزادراه با سرعت بالایی انجام شود، بنابراین در خط اصلی، جریان ترافیک قطع نمی‌شود. به خاطر مشخصه فوق، شرایط عملکردی یک آزادراه در درجه اول به ارتباط داخلی حرکت وسایط نقلیه در جریان ترافیک و ارتباط بین حرکت وسایط نقلیه و مشخصات هندسی آن دارد. عملکرد حرکت وسایط نقلیه در آزادراه همچنین به عوامل محیطی، نظیر آب و هوا و شرایط روسازی بستگی دارد.
به طور کلی آزادراه را می‌توان به سه بخش عمده تقسیم کرد:
۱- قسمت اصل آزادراه که تحت تأثیر حرکت‌های واگرا و هم‌گرا در نزدیکی شیب‌راهه‌ها نیست و در واقع در آن هیچ‌گونه حرکت موجی شکل انجام نمی‌شود.
۲- مقاطع حرکت‌های موجی یا مقاطع تغیر خط که در آن قسمت قطع می‌کنند. مقاطع حرکت‌های موجی، بیشتر در قسمت‌هایی است که در آنها نقاط ورودی(هم‌گرایی) نزدیک به قسمت‌های خروجی(واگرایی) وجود دارد. همچنین مقاطع تغییر خط، مقاطعی را که به دنبال یک شیب‌راهه ورودی، یک شیب‌راهه خروجی وجود دارد و بین آنها یک خط محوری پیوسته قرار گرفته را شامل می‌شود.
۳- محل اتصال شیب‌راهه‌ها که شامل محل اتصال شیب‌راهه‌های ورودی و خروجی به آزادراه‌ها هستند. در این نقاط از آزادراه به دلیل حرکت‌های هم‌گرایی و واگرایی(ورودی و خروجی) آشفتگی در جریان حرکت وسایط نقلیه روی می‌دهد.
البته قسمت اصلی آزادراه در منطقه‌ای خارج از تأثیر شیب‌راهه‌ها و حرکت‌های موجی قرار دارد. نواحی تحت تأثیر اتصال رمپ‌ها و حرکت‌های موجی به شرح زیر است.

۱- مقاطع شیب‌راهه‌های ورودی، از ۷۵۰ متر مانده به محل اتصال تا ۱۵۰ متر بعد از آن
۲- مقاطع شیب‌راهه‌های خروجی، از ۱۵۰ متر مانده به محل اتصال تا ۷۵۰ متر بعد از آن
۳- شروع مقاطع حرکت‌های موجی، ۱۵۰ متر بعد از نقطه‌ی هم‌گرایی و خاتمه‌ی آن ۱۵۰ متر مانده به نقطه واگرایی است.

۷-۴-۱- ظرفیت قسمت اصلی آزادراه‌ها. در قسمت اصلی آزادراه جریان بدون تأثیرپذیری از اتصال شیب‌راهه‌های ورودی و خروجی است و جریان ترافیک از اضافه یا کم و یا حذف شدن تعداد خطوط راه نیز تأثیری نمی‌پذیرد. توجه به این نکته ضروری است که ظرفیت در جاده‌های مجزا شده براساس میزان تردد، در یک جهت جریان ترافیک محاسبه می‌شود برای تعیین سطح سرویس راه‌ها، باید شرایط مطلوب جاده مشخص شود. برای شرایط مطلوب به عرض باندها، رفع موانع جانبی، اثر ماشین‌های سنگین و خصوصیات رانندگان بستگی دارد. مطالعات نشان داده می‌دهد که عرض مطلوب یک خط ۳/٦۵ و فاصله موانع کنار جاده(مانند دکل برق و یا حصارها) ۱/۸ متر از کنار جاده، همچنین، تحت شرایط مطلوب در جریان ترافیک، نباید ماشین‌های سنگینی همچون اتوبوس یا کامیون وجود داشته باشند و جمعیت رانندگان باید از نوع رانندگان آشنا یا رانندگانی باشند که همواره در مسیر رفت و آمد می‌کنند برای شرایط مطلوب، حداکثر تردد سرویس(MSF) را می‌توان برای یک جاده با سطح سرویس دلخواه به صورت زیر تعریف کرد:
بیشترین جریان ترافیکی که می‌توان در یک سطح سرویس دلخواه، به دست آورد؛ در صورتی که شرایط مطلوبی که در بالا ذکر شده، برای جاده مهیا شود. اگر شرایط مطلوب فقط با ماشین‌های سواری مشخص شود MSF معرف تعداد

ماشین‌های سواری که در یک ساعت از یک باند می‌گذرند (pcphpl) است. حداکثر تردد سرویس برای سطح سرویس‌های آزاد راه‌ها و برای سرعت طراحی ۸۰، ۹۵ و ۱۱۰ کیلومتر در ساعت، در جدول ۷-۲ آمده است.

جدول ۷-۲- مقادیر حداکثر تردد سرویس و سرعت در سطوح سرویس مختلف برای آزادراهها

سطح سرویس	سرعت طراحی ۱۱۰ $\frac{km}{h}$			سرعت طراحی ۹۵ $\frac{km}{h}$			سرعت طراحی ۸۰ $\frac{km}{h}$		
	حداکثر تردد سرویس			حداکثر تردد سرویس			حداکثر تردد سرویس		
	سرعت	حجم / ظرفیت		سرعت	حجم / ظرفیت		سرعت	حجم / ظرفیت	
	$\left(\frac{km}{h}\right)$	$\left(\frac{V}{C}\right)$	(pcphpl)	$\left(\frac{km}{h}\right)$	$\left(\frac{V}{C}\right)$	(pcphpl)	$\left(\frac{km}{h}\right)$	$\left(\frac{V}{C}\right)$	(pcphpl)
A	≥ ۹۶	۰/۳۵	۷۰۰	–	–	–	–	–	–
B	≥ ۹۱	۰/۵۴	۱۱۰۰	≥ ۸۰	۰/۴۹	۱۰۰۰	–	–	–
C	≥ ۸۶	۰/۷۷	۱۵۵۰	≥ ۷۵	۰/۶۹	۱۴۰۰	≥ ۶۹	۰/۶۷	۱۳۰۰
D	≥ ۷۴	۰/۹۳	۱۸۵۰	≥ ۶۷	۰/۸۴	۱۷۰۰	≥ ۶۴	۰/۸۳	۱۶۰۰
E	≥ ۴۸	۱/۰۰	۲۲۰۰	≥ ۴۸	۱/۰۰	۲۰۰۰	≥ ۴۵	۱/۰۰	۲۰۰۰
F	<۴۸			<۴۸			<۴۵		

یکی از اساسی‌ترین روابط تعیین حداکثر تردد سرویس، به صورت زیر بیاد شود:

$$MSF_i = C_j \times (\frac{V}{C})i \qquad (۲)$$

در این معادله MSF_i، حداکثر تردد سرویس به ازای یک باند برای سطح سرویس دلخواه i، تحت شرایط مطلوب و در واحد pcphpl[1] است، $(\frac{v}{c})i$ بیشترین نسبت حجم ترافیک به ظرفیت تحت شرایط سطح سرویس دلخواه i، است. C_j برای سرعت‌های طراحی ۹۵ و ۱۱۰ کیلومتر در ساعت برابر با ۲۲۰۰pcphpl و برای سرعت طراحی ۸۰ کیلومتر در ساعت برای ۲۰۰۰pcphpl است. توجه شود که مقدار C_j برابر حداکثر تردد سرویس در سطح سرویس E، است. زیرا در این سطح سرویس نسبت حجم به ظرفیت، برابر یک است.

۷-۴-۲- میزان تردد سرویس و سطح سرویس. استفاده از مفهوم حداکثر تردد سرویس، یک ایده‌ی اساسی برای تعریف کردن سطح سرویس راه‌ها است. اما از آنجا که شرایط مطلوب در عمل به ندرت ایجاد می‌شود، استفاده از روش‌هایی برای تبدیل مقدار حداکثر تردد سرویس به مقدار معادل تردد سرویس که برای شرایط متداول به کار می‌رود، ضروری به نظر می‌رسد. در محاسبات تردد سرویس تحت شرایط موجود با استفاده از فاکتورهای تصحیح و به کمک رابطه‌ی زیر تعیین می‌شود:

$$SF_i = MSF_i \times N \times F_W \times F_{HV} \times F_P \qquad (۳)$$

SF_i مقدار تردد سرویس برای سطح سرویس i تحت شرایط موجود برای N خط در یک جهت در واحد اتومبیل سواری در ساعت وN تعداد باندها در یک جهت و F_W فاکتور تصحیح اثر کمبود عرض و موانع جانبی و F_{HV} فاکتور تصحیح

[1]- Passenger car per hour per lane

ماشین‌ها و F_P فاکتور تصحیح اثر گروه رانندگان غیر آشناست لذا با ترکیب معادلات ۲و۳ معادله کاربردی زیر بدست می‌آید

$$SF_i = C_j \times (\frac{v}{c})_i \times N \times F_W \times F_{HV} \times F_p \quad (٤)$$

که اساس آنالیز ظرفیت تراکم در آزادراه‌ها را بدست دهد.

۷-۵- عوامل تأثیر گذار بر ظرفیت و سطح سرویس:

ظرفیت آزادراه‌ها و سطح سرویس دهی آنها به شاخصها و ویژگی‌های مربوط به تسهیلات زیرساختی است در صورت استاندارد بودن طرح هندسی سهولتهای مرتبط ارتقاء یافته و در حجم ترافیک وارده بر آزادراه‌ها اثر مثبت می‌گذارد تنوع تجهیزات کنترل ترافیک و مشخصات وسایل نقلیه نیز در ظرفیت و سطح سرویس دخیل می‌باشند بویژه کاربرد روشهای جدید کنترل و چگونگی کنترل بویژه علائم تغییر و چراغهای راهنمایی که در صورت نیاز در این جا به نکاتی در این باره پرداخته می‌شود و اما شرایط راه. منظور از شرایط راه اشاره به مشخصات هندسی راه یا خیابان شامل نوع تسهیلات مورد نظر و توسعه محیط اطراف آن، خطهای عبور در هر طرف، عرض خطهای عبور و شانه‌ها، فاصله مانع کنار جاده، سرعت طرح و مسیربندی‌های افقی و عمودی است.

شرایط ترافیک. منظور مشخصات ترافیک عبور کننده می‌باشد که توسط توزیع انواع وسایل نقلیه در ترافیک، نحوه توزیع و مقدار ترافیک در خطهای عبور مختلف، و توزیع ترافیک در دو جهت تعریف می‌شود. شرایط کنترل. منظور از نوع خصوصیات طراحی وسایل کنترل و مقررات ترافیکی حاکم است. محل و زمان‌بندی چراغ‌های راهنمائی، همچنین تابلوهای ایست و احتیاط، محدودیت‌های استفاده از خط، محدودیت‌ها دور زدن و موارد مشابه در ظرفیت تأثیر دارند.

انواع تسهیلات:

به طور کلی تسهیلات به دو گروه تقسیم می‌شوند:

۱- تسهیلات با جریان غیر منقطع: این تسهیلات دارای عناصر ثابتی از قبیل چراغ راهنمائی یا عوامل خارج از ترافیک که در جریان آن اختلال ایجاد می‌کنند، نیستند. به عبارت دیگر شرایط موجود ترافیک از اثرات متقابل وسایل نقلیه موجود در ترافیک، و اثرات بین وسایل نقلیه و طرح هندسی و خصوصیات محیط اطراف ناشی می‌شود.

الف ـ بزرگراه شامل:

۱- قسمت‌های اساسی بزرگراه ۲- نواحی تغییر خط

۳- شیب‌راهه‌ها و محل‌های اتصال آنها به بزرگراه ٤- سیستم بزرگراه

ب ـ جاده‌های چند خطه

ج ـ جاده‌های دو خطه

۲- تسهیلات با جریان منقطع: این نوع تسهیلات دارای عناصر ثابتی هستند که بصورت دوره‌ای اختلال‌هایی را در جریان ترافیک ایجاد می‌کنند. این عناصر عبارتند از: چراغ‌های راهنمائی، تابلوهای ایست و سایر انواع کنترل که باعث می‌شوند ترافیک بطور متناوب متوقف شود و یا خیلی کند حرت کند، بدون اینکه حجم ترافیک در آنها مؤثر باشد. تحلیل ظرفیت در این حالت باید اثرات این عوامل را در نظر بگیرد. عبارتند از:

الف ـ تقاطع‌های داری چراغ راهنمائی

ب ـ تقاطع‌های بدون چراغ راهنمائی(با دو یا چهار تابلو ایست)

ج ـ راه‌های شریانی اصلی

د ـ سیستم حمل و نقل عمومی

هـ ـ عابرین پیاده

و ـ دوچرخه‌ها

تردد سرویس. تردد سرویس حداکثر میزان ترددی را نشان می‌دهد که با حفظ یک سطح سرویس مشخص، افراد و یا وسایل نقلیه می‌توانند بطور معقولانه انتظار داشته باشند که از یک نقطه جاده یا قسمت یکنواختی از آن، یا یک خط عبور، و در مدت زمانی مشخص، تحت شرایط موجود راه، ترافیک و شرایط کنترل، عبور می‌کنند. مانند ظرفیت، تردد سرویس نیز برای مدت ۱۵ دقیقه حداکثر در نظر گرفته می‌شود. باید توجه داشت که ترددهای سرویس مقادیر مشخصی می‌باشند، در حالی که سطح سرویس نشانگر دامنه‌ای از شرایط و وضعیت‌هاست. در واقع تردد سرویس به صورت مقدار حداکثر برای هر سطح سرویس تعریف می‌شود و مرزهای تردد را بین سطوح گوناگون سرویس تعریف می‌کند. معیار تأثیرپذیری. برای انواع تسهیلات که قبلاً نام برده شد سطح سرویس را می‌توان با یک یا چند پارامتر ترافیکی مشخص کرد که کیفیت سرویس را در آن حالت به بهترین وجه نشان می‌دهد اگر چه مفهوم سطح سرویس برای سرویس مشخص دامنه‌ای از پارامترهای مختلف را در تشریح کیفیت سرویس بکار می‌گیرد، ولی محدودیت‌های وجود داده‌ها و جمع‌آوری آنها کار با تمام پارامترهای مؤثر در ترافیک را برای انواع تسهیلات غیر ممکن می‌کند. پارامترهای انتخاب شده برای تعریف سطوح سرویس در هر نوع از تسهیلات را معیار تأثیرپذیری می‌نامند.

۷-۶- اصول اساسی جریان ترافیک:

معیارهای اندازه‌گیری جریان ترافیک. عملکرد هر جریان ترافیک توسط سه معیار اولیه زیر اندازه‌گیری می‌شود. این معیارها عبارتند از ۱- سرعت، ۲- حجم و تردد، ۳- چگالی.

سرعت بصورت شدت حرکت تعریف می‌شود و عبارت است از مسافت در واحد زمان که معمولاً بر حسب کیلومتر در ساعت یا مایل در ساعت بیان می‌شود. در مشخص نمودن سرعت جریان ترافیک یک شاخص(معیار) باید مورد استفاده قرار گیرد، زیرا معمولاً طیف گسترده‌ای از سرعت‌های منفرد و جریان ترافیک وجود دارد. در مباحث ظرفیت معیار عبارت است از متوسط سرعت سفر. این معیار به این علت مورد استفاده قرار می‌گیرد که از روی مشاهدات انجام گرفته به سادگی قابل محاسبه بوده و از نظر آماری نیز بیشترین ارتباط و نزدیکی را در مقایسه با دیگر متغیرها دارد. سرعت متوسط سفر با در نظر گرفتن یک طول مشخص از مسیر و تقسیم آن بر متوسط زمان سفر وسایل نقلیه‌ای که آن طول را می‌پیمایند بدست می‌آید. بنابراین اگر زمان‌های سفر $t_1, t_2, t_3, ..., t_n$ برای n بوسیله نقلیه که طول L را می‌پیمایند اندازه‌گیری شده باشد، متوسط سرعت صفر بصورت زیر محاسبه می‌شود:

$$S = \frac{L}{\sum_{i=1}^{n} t_i / n} = \frac{nL}{\sum_{i=1}^{n} t_n} \qquad (۵)$$

که در آن:

s: متوسط سرعت سفر، بر حسب کیلومتر یا مایل در ساعت

l: طول قطعه مسیر، بر حسب کیلومتر یا مایل

t_i:زمان سفر وسیله وسیله نقلیه i ام که طول قطعه را طی می‌کند بر حسب ساعت

n: تعداد مشاهدات زمان‌های سفر

البته چنانچه زمان تلف شده شروع هر وسیله نقلیه را به ثانیه داشته باشیم

کل زمان تلف شده شروع جمع این مقادیر است، یا:

$$l_1 = \sum_{i=1}^{N} t_1 \qquad (٦)$$

که:

l_1: کل زمان تلف شده شروع، ثانیه

t_i: زمان تلف شده برای وسیله نقله i ام، ثانیه

هر زمان که صف وسایل نقلیه چراغ سبز را دریافت می‌کند به اندازه h ثانیه برای هر وسیله نقلیه و کل زمان تلف شده شروع l_1 ثانیه، به فرض اینکه حداقل N وسیله نقلیه در صف باشد، مصرف خواهد شد.

۷-۶-۱- ظرفیت رویکردی تقاطع. برای عبور از بین وسایل نقلیه در حال حرکت در خیابان اصلی یک فاصله زمانی مناسب باید انتخاب شود. بنابراین ظرفیت رویکردی از یک تقاطع که با تابلوی ایست یا احتیاط کنترل می‌شود به دو عامل بحرانی بستگی دارد:

الف ـ فواصل موجود در جریان ترافیک خیابان اصلی

ب ـ توزیع فواصل قابل قبول برای رانندگان خیابان فرعی

توزیع فواصل موجود در جریان ترافیک خیابان اصلی به کل حجم ترافیک موجود، توزیع آنها در دو جهت، تعداد خطهای عبور در خیابان اصلی، اندازه و نوع دسته‌های ترافیکی که در مسیر هستند بستگی دارد. مشخصات فاصله قابل قبول به نوع حرکت(چپ، راست و مستقیم) که توسط وسیله نقلیه خیابان فرعی انجام می‌شود، تعداد خطهای عبور خیابان اصلی، سرعت ترافیک در خیابان اصلی، مسافت دید، مدت زمان انتظار وسیله نقلیه خیابان فرعی و خصوصیات راننده(دید چشم، زمان عکس‌العمل، سن و غیره) دارد.

ج ـ تأخیر: تأخیر یک اصطلاح کلی است که می‌توان آن را به معانی مختلف تعبیر نمود. متوسط تغییر زمان توقف معیار اصلی در تعیین سطح سرویس تقاطع‌های چراغ‌دار است.

تأخیر زمان توقف زمانی است که یک وسیله نقلیه در حال توقف در صف، وقتی که برای وارد شدن به تقاطع انتظار می‌کشد، سپری می‌کند.

متوسط تأخیر زمان توقف عبارت است از تأخیر توقف مربوط به تمام وسایل نقلیه در یک خط عبور یا رویکرد تقاطع در مدت زمان معین تقسیم بر کل حجم ترافیک وارد به تقاطع از خط عبور یا رویکرد مزبور در همان مدت زمان که بر حسب ثانیه بر وسیله نقلیه بیان می‌شود.

از این پارامتر به یک شکل کلی در تعیین سطح سرویس تقاطع‌های بدون چراغ نیز استفاده می‌شود. معیار تأثیر پذیری در این مورد «ظرفیت ذخیره» یعنی تفاوت ظرفیت تقاطع بدون چراغ و تقاضا است که در این روش فرض می‌شود به تأخیر مربوط است.

۷-۷- شرایط ترافیکی:

تنوع وسایل نقلیه و تعداد عبور هر کدام از آنها در واحد زمان از هر کدام از خطوط راه در سرعت متوسط عبور آنها تأثیر دارد، در اینجا به انواع وسایل نقلیه و خصوصیات عملکرد آنها می‌پردازیم.

الف ـ انواع وسیله نقلیه. مشخصه اصلی ترافیک که در ظرفیت، میزان تردد سرویس و سطح سرویس مؤثر است توزیع ترافیک از نظر انواع وسایل نقلیه می‌باشد. وسایل نقلیه سنگین از سه نقطه نظر در ترافیک اثر منفی دارند:

۱) از اتومبیل سواری بزرگترند و بنابراین سطح بیشتری از سطح جاده را اشغال می‌کنند.

۲) از نظر قابلیتهای عملکردی، خصوصاً شتاب‌گیری، شتاب منفی، و قابلیت حفظ سرعت در سربالائی از اتومبیل سواری ضعیف‌ترند.

۳) دارای مانورپذیری کمتری نسبت به اتومبیل هستند

وسایل نقلیه سنگین در عملکرد ترافیک در سرازیری نیز اثر می‌گذارند، مخصوصاً زمانی که سرازیری به اندازه‌ای تند است که وسایل نقلیه سنگین مجبورند با دنده سنگین حرکت کنند. در این حالت نیز این ماشینها با سرعتی کمتر از سرعت اتومبیل‌های سواری حرکت کرده و در نتیجه در جریان ترافیک فاصله ایجاد خواهد شد.

ب ـ کامیون: یک کامیون وسیله نقلیه سنگینی است که عمدتاً در حمل کالا یا توزیع یک خدمت درگیر است(البته بجز حمل و نقل عمومی). عملکرد کامیونها بسته به نوع کالایی که حمل می‌کنند متفاوت است. روشهای تحلیل برای هر یک از تسهیلات حمل و نقل بستگی به ترکیب ترافیکی دارد. در بعضی از تحلیل‌ها از کامیون متوسط استفاده می‌شود.

ج ـ اتوبوس: اتوبوس وسیله نقلیه سنگینی است که برای حمل مسافر بصورت گروهی و بر اساس مقررات موجود بصورت کرایه‌ای، دربستی یا با بلیط یارانه‌ای در سیستم اتوبوس‌رانی شهر اقدام به ارائه خدمت می‌کند که اتوبوس‌ها به دو گروه بین شهری و شهری (اتوبوس‌های عمومی) نیز طبقه‌بندی می‌شوند. اتوبوس‌های بین شهری عملکرد بهتری نسبت به کامیون‌ها دارند. اتوبوس‌های شهری به شکل کاملاً متفاوتی در ظرفیت تأثیر می‌گذارند و منحنی‌ها و جداول مخصوصی برای تعیین اثر آنها وجود دارد. براساس مطالعات شرکت مطالعات حمل و نقل جامع تهران میزان تأثیر اتوبوس‌های شرکت واحد در ترافیک حدود ۵ برابر سواری یا ۵p.c.u می‌باشد.

د ـ وسیله نقلیه تفریحی: عبارت است از یک وسیله نقلیه سنگین که توسط راننده بطور خصوصی مورد استفاده قرار می‌گیرد و برای حمل تسهیلات و تجهیزات تفریحی بکار می‌رود. وسایل نقلیه تفریحی نیز دامنه وسیعی از انواع مختلف را شامل می‌شود از جمله کاروانهای خانوادگی (بصورت یدک کش یا خود کششی)، خانه‌های موتوری، و اتومبیل‌های سواری و کامیون‌های کوچک که یکی از انواع یدکهای تفریحی مانند قایق، موتورهای مخصوص برف، و موتور سیکلت را بدنبال می‌کشند. در حالیکه وسایل نقلیه تفریحی قابلیتهای عملکردی بهتری نسبت به کامیونها دارند ولی بی‌تجربگی رانندگان سبب افت کارائی آنها شده است. در ترافیک آزادراههای کشورمان می‌توان به جهت عدم تردد وسایل نقلیه تفریحی یا نادر بودن آنها تأثیر این نوع وسیله‌ی نقلیه را در ترافیک صفر فرض نمود.

هـ- استفاده از خط و توزیع ترافیک در دو طرف آزادراه: علاوه بر توزیع ترافیک از نظر انواع وسایل نقلیه دو مشخصه دیگر ترافیک یعنی میزان استفاده از خط عبورهای مختلف و توزیع ترافیک در دو جهت نیز از عواملی هستند که بر ظرفیت تأثیر دارند. حالت بهینه زمانی اتفاق می‌افتد که توزیع ترافیک در دو جهت بصورت مساوی می‌باشد، زمانیکه تفکیک ترافیک در دو جهت نامتعادل باشد ظرفیت کاهش می‌یابد. تحلیل ظرفیت برای جاده‌های چند خطه براساس یک جهت عبور قرار داد با وجود این هر طرح طوری طراحی می‌شود که بتواند از ترافیک ساعت اوج را از خود عبور دهد. معمولاً زمان اوج در یک جهت و زمان اوج ظهر در جهت دیگر اتفاق می‌افتد. توزیع خطهای عبور؟ جاده‌های چند خطه از عوامل مهم است معمولاً خط عبور مجاور شانه یک جاده چند خطه کمتر از سایر خطهای ترافیک از خود عبور می‌دهد. روش‌های تحلیل معمولاً یک توزیع نمونه از خطهای عبور را برای بسیاری از تسهیلات در نظر می‌گیرند.

نتیجه‌گیری: از آنچه در این فصل بیان شد مشخص می‌گردد شاخصهای سه‌گانه انسان، وسیله نقلیه و مسیر حرکت بویژه محیط اطراف هر کدام به نحوی در افزایش ظرفیت سطح سرویس در معابر برونی شهری مؤثر می‌باشند بویژه اینکه طراحهای هندسی متفاوت با ویژگیهای خودروهای عبوری نقش ویژه‌ای در افزایش راحتی، آرامش همراه با سرعت سفر دارند لذا برای رسیدن به سطح سرویس دلخواه ضمن استاندارد نمودن مسیرها (توسعه آزادراه‌ها) می‌بایست ترافیک آرام نموده و میزان تأثیر هرکدام از وسایل نقلیه عبور را براساس p.c.u محاسبه تا ظرفیت واقعی یک خط از راه استاندارد را تعیین نمود.

سئوالات و مسائل مطرح:

۱- بخشهای مختلف یک آزادراه را ترسیم نموده و مورد تجزیه و تحلیل قرار دهید؟

۲- شکل ۷-۲ را تجزیه و تحلیل نمائید؟

۳- ظرفیت و سطح سرویس را بیان نموده و انواع سطح سرویس را مورد تجزیه و تحلیل قرار دهید؟

٤- سه بخش عمده آزادراه را تشریح نمائید؟

٥- تسهیلات بزرگراهها و آزادراه‌ها را بیان دارید؟

٦- معیارهای اندازه‌گیری جریان ترافیک را تحلیل نمائید؟

۷- بخشی از سهولتهای محیطی مربوط به آزادراه‌ها را بیان دارید؟

۸- در یک آزادراه راه ٦ خطه در دو طرف با عرض خطوط ۳/٦٥ متر، فاصله موانع کناری استاندارد فاکتور F_W برابر ۱ است، F_{HV} را ۰/۹ فرض کنید، F_p فاکتور تصحیح اثر رانندگان غیر آشنا نیز ۱ است. برای سطح سرویس D ماکزیمم جریان سرویس را محاسبه کنید، سپس مقدار تردد سرویس در سطح سرویس D را حساب کنید؟

۹- متوسط زمان تلف شده و متوسط تأخیر زمان توقف چه فرقی با هم دارند، ظرفیت ذخیره چیست؟

۱۰- با انجام تحقیق کلاسی میزان تأثیر اتوبوسهای درون شهری(تهران) را بر اساس p.c.u بر ترافیک شهر تعیین کنید؟

فصل هشتم

پارکـینگـهـــــــــا

هر سال حدود یک میلیون وسیله نقلیه به جمع ناوگان حمل و نقل جاده‌ای اضافه می‌شود از این تعداد حدود ۷۵٪ خودرو سواری و از تعداد خودروهای سواری حدود ٤٥٪ جذب شهر تهران می‌شود یعنی بیشی از ۳۳۵۰۰۰ دستگاه، این تعداد خودرو که عموماً شخصی محسوب می‌شوند هر ساله به جمع خودروهای تهران اضافه می‌گردند چنانچه در طول شبانه روز ۲۰۰ کیلومتر بپیمایند و سرعت متوسط حرکت آنها در شهر حدود ۵۰ کیلومتر در ساعت باشند معلوم می‌گردد که ۲۰ ساعت از شبانه روز متوقف می‌باشند هر خودروی شخصی نیز جهت توقف معمولاً به دو محل نیاز دارد یکی جهت توقف در مبدأ و دیگری در مقصد چنانچه فضای پارک هر خودروی سواری ۱۲ متر مربع فرض گردد بدین ترتیب در طول سال نیاز به ساختن حدود هشت میلیون و چهل هزار متر مربع پارکینگ است در غیر اینصورت این حجم خودرو اضافه بر افزایش تراکم ترافیک در ساعات حرکت در زمان توقف نیز بخشی از فضای خیابانها و معابر را اشغال کرده و کاهش تردد را تشدید خواهد نمود لذا می‌توان گفت پارکینگ یکی از کاربریهای اصلی زمین برای بهبود عبور و مرور در معابر است. تمامی کسانی که با رانندگی آشنا هستند از مشکل یافتن یک فضای پارکینگ در نقاط پرتراکم تجاری و مسکونی آگاه هستند. بویژه در مراکز خرید مجتمع‌ها یا مناطق مسکونی، در پارکهای صنعتی، در فرودگاهها، و استادیومها مسئله پارکینگ بطور گسترده در حال افزایش است مسئله پارکینگ با افزایش ابعاد شهرها نمایان‌تر می‌شود. شکل ۸-۱ نمایانگر تعداد فضاهای پارکینگ برای هر ۱۰۰۰ نفر جمعیت در ناحیه مرکزی تجاری در ایالات متحده است که با افزایش اندازه شهرها کاهش یافته است هر چند که تعداد کل فضاها با بزرگتر شدن شهرها افزایش یافته، معمولاً سرمایه گذاری در تسهیلات پارکینگ همگام با توسعه شهری انجام نشده و این عدم تعادل در سرمایه گذاری منتهی به تراکم ترافیکی موجود شده است که همه روزه در بیشتر مراکز با آن مواجه هستیم.

۸-۱- چرائی اهمیت موضوع:

پایانه، راه و وسیله نقلیه عوامل اصلی سیستم حمل نقل جاده‌ای را تشکیل می‌دهند. آرایش و طراحی هر یک از این شاخص‌ها در عملکرد کل سیستم مؤثر خواهد بود. لذا مسئله ترمینالها و مقررات و کنترل آنها باید در تنگاتنگ با مسائل مربوط به جریان ترافیک و خصوصیات وسایل نقلیه مورد بررسی قرار گیرد. فضای از اراضی شهری را که برای وسایل نقلیه موتوری اختصاصی یافته است می‌توان به فضای حرکت و فضای توقف تقسیم‌بندی نمود. مساحت این فضاها در نواحی پرتراکم کم‌تر می‌باشد در اینگونه مواقع وسایل نقلیه از نظر نیازهای فضایی در رقابت با خود بسر می‌برند. به عنوان نمونه‌ای از این رقابت می‌توان به مسئله پارکینگ کنار جدول خیابان و مسئله چگونگی تخصیص و تقسیم کل فضای خیابان به فضای مربوط به وسایل نقلیه متحرک و فضای مربوط به وسایل نقلیه متوقف اشاره نمود. با این وجود هیچ راه حل صریحی برای این مسئله وجود ندارد. با این وجود فلسفه‌های متفاوتی برای راه‌حلهای مختلفی که بنفع یکی از دو طرف قضیه یعنی نیازهای رقابتی وسایل نقلیه متحرک عمل می‌کنند ارائه شده است، ولی می‌توان با تلفیق آنها به اصولی رسید که باید در طراحی صحیح نیازهای وسایل نقلیه متحرک و متوقف پیگیری شوند. به عنوان مثال، شبکه

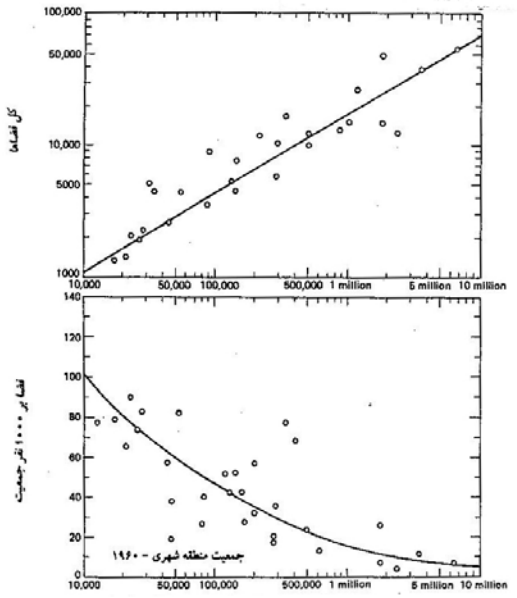
راهها را می‌توان به عنوان ترکیبی از سه زیر سیستم شریانی‌ها، جمع کننده‌ها و راههای محلی در نظر گرفت که هر یک عملکرد متفاوتی را انجام می‌دهند:

الف ـ زیر سیستم شریانی: خیابانهای شریانی برای ترافیک عبوری احداث می‌شوند. مهندس ترافیک مسئولیت تضمین حداکثر جریان در شرایط ایمن را در کلیه راههای شریانی بعهده دارد. برخورد میان وسایل نقلیه متحرک و وسایل نقلیه ساکن در شریانی‌ها باید بنفع وسایل نقلیه متحرک حل گردد.

ب- زیر سیستم جمع‌کننده: جمع‌کننده به منظور هدایت ترافیک میان زیر سیستم شریانی و زیر سیستم خیابانهای محلی احداث می‌شوند. ناگفته نماند در بعضی موارد خیابانها به کاربریهای مجاور سرویس می‌دهند. تعارض میان حرکت ترافیک و پارکینگ را نمی‌توان همواره بنفع وسایل نقلیه در حرکت حل نمود.

ج- زیر سیستم محلی: عملکرد اصلی خیابانهای محلی سرویس دادن به کاربریهای زمانی مجاور آنهاست. در اینجا تعارض میان وسیله نقلیه‌ای که قصد توقف دارد باید بنفع وسایل نقلیه ساکن حل گردد.

اگر اهداف و مقاصد هر زیر سیستم قبل از دست زدن به هر گونه اقدام اصلاحی در مورد جریان ترافیک و پارکینگ مناطق، بوضوح تعریف شده و مورد بررسی قرار گیرند می‌توان سستم گردشی خیابانها را براساس آن و با توجه به اصول اولیه هر زیر سیستم طراحی نمود. بنابراین تعارض نیازهای متضاد وسایل نقلیه متحرک و متوقف به حداقل خواهد رسید. آنچه که باید مورد تأکید قرار گیرد ضرورت تدوین معیارهای توسعه در کنترل کاربریهای زمین در امتداد هر خیابان زیر سیستم است. به عنوان مثال اگر بخواهیم عملکرد زیر سیستم شریانی بخوبی صورت گیرد کنترل کاربری زمین در امتداد زمینهای شریانی باید به گونه‌ای باشد که استفاده از این زمینها با عملکرد راه سازگار باشد. فقدان کنترل کاربری زمین در امتداد زمینهای مجاور با تسهیلات اصلی ترافیک، سهم عمده‌ای در ایجاد مشکل در جریان ترافیک این راهها بعهده دارد. در مراکز تجاری فعلی گزینه‌های محدودی می‌توان یافت، ولی موقعیتهای فراوانی برای کسب تعادل عملکردی میان نیازهای وسایل نقلیه متحرک و متوقف در نواحی حومه‌ای در حال توسعه و یا در سایر نوحی شهری تحت بازسازیهای وسیع وجود دارند.



شکل ۸-۱- فضاهای پارکینگ مرکز تجاری و جمعیت ناحیه شهری

۸–۱–۱– تسهیلات غیر خیابانی پارکینگ.

۱- مکانیکی

۲- شیب‌راهه‌ای

تقسیم‌بندی تسهیلات غیر خیابانی براساس عملکرد عبارتند از:

۱- پارکینگ خدمه‌دار

۲- پارکینگ خودسرویس:

تسهیلات غیر خیابانی بر حسب مالکیت سایر طبقه‌بندیها را بصورت زیر توسعه می‌دهند:

۱- با مالکیت و اداره خصوصی

۲- با مالکیت دولتی و اداره خصوصی

۳- با مالکیت و اداره دولتی

۸–۲– طرح هندسی پارکینگ‌های پایانه‌ای:

دو نوع اصلی پارکینگ‌های پایانه‌ای عبارتند از کنار جدولی و تسهیلات پارکینگ غیر خیابانی.

۸–۲–۱– پارکینگهای کنار جدولی. از جمله رایج‌ترین و در دسترس‌ترین نوع پارکینگ‌ها بوده و در خیابانهای عریض کم ترافیک می‌توان به صورت(زاویه دار) خودروها را در آنها پارک نمود. با وجود افزایش ظرفیت پارک زاویه‌ای، پارکینگ زاویه‌ای (مورب) بیشتر از پارکینگ موازی در جریان ترافیک ایجاد مزاحمت می‌کند و میزان تصادفات برای پارکینگ مورب بیشتر از پارکینگ موازی است. بنابراین این نوع پارکینگ فقط برای خیابان‌های محلی که دارای عرض زیاد، فاصله دید مناسب و حجم ترافیکی کم هستند قابل توصیه می‌باشد. البته لازم به تذکر است که طرح هندسی توقفگاههای اتوبوسها، کامیونها، و تاکسیها باید براساس ابعاد و خصوصیات عملکردی وسایل نقلیه مربوط صورت گیرد.

۸–۲–۲– پارکینگ‌های روباز خیابانی. پارکینگهای رو باز برای حصول اهداف زیر طراحی گردند:

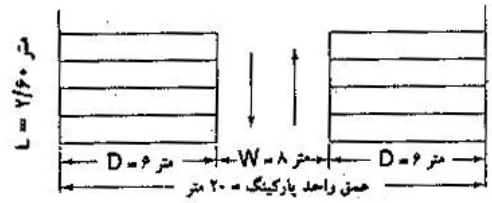
۱- تأمین حداکثر تعداد فضای پارکینگ

۲- کاهش مشکلات سفر در رابطه با پارک کردن، خارج شدن از پارک و رانندگی در پارکینگ.

۳- کاهش تداخل خطوط ورودی و خروجی با حرکت عابرین پیاده و وسایل نقلیه از پارکینگ. طرحهای مختلفی برای توقف وسایل نقلیه در یک پارکینگ جمعی وجود دارد.

جدول ۸-۱- نمونه ظرفیت پارکینگهای روباز در ایالات متحده

خطوط پارکینگ منفرد							خطوط پارکینگ چندگانه		
∝	L	D	W	A	upd	N	D_i	A_i	upd	N_i
زاویه پارکینگ (درجه)	طول جدول اتومبیل (m)	عمق پارکینگ (m)	عرض گذرگاه (m)	سطح کل برای هراتومبیل (m^2)	عمق کل پارکینگ (m)	تعداد تقریبی اتومبیل در هر $m^2$۱۰۰۰	عمق پارکینگ (m)	سطح کل برای هر اتومبیل (m^2)	عمق کل پارکینگ (m)	تعداد تقریبی اتومبیل در هر ۱۰۰۰ m^2
۰	۶/۶	۲/۴	۳/۶	۲۷/۷	۸/۴	۳۶	۲/۴	۲۷/۷	۸/۴	۳۶
۲۰	۷/۵	۴/۳	۳/۶	۴۵/۳	۱۲/۱	۲۲	۳/۰	۳۶/۱	۹/۷	۲۸
۲۵	۶/۰	۴/۶	۳/۶	۳۸/۷	۱۲/۸	۲۶	۳/۴	۳۱/۵	۱۰/۴	۳۲
۳۰	۵/۱	۴/۹	۳/۶	۳۴/۳	۱۳/۴	۲۹	۳/۸	۲۷/۹	۱۱/۲	۳۶
۳۵	۴/۴	۵/۲	۳/۶	۳۱/۰	۱۴/۳	۳۲	۴/۱	۲۶/۲	۱۱/۸	۳۸
۴۰	۴/۰	۵/۴	۳/۶	۲۸/۶	۱۴/۵	۳۵	۴/۴	۲۴/۷	۱۲/۵	۴۰
۴۵	۳/۶	۵/۶	۳/۶	۲۶/۷	۱۴/۸	۳۷	۴/۷	۲۳/۵	۱۳/۱	۴۲
۵۰	۳/۳	۵/۸	۳/۶	۲۵/۲	۱۵/۱	۴۰	۵/۰	۲۲/۶	۱۳/۶	۴۴
۵۵	۳/۱	۵/۹	۳/۶	۲۴/۰	۱۵/۴	۴۲	۵/۲	۲۱/۷	۱۳/۹	۴۶
۶۰	۲/۹	۵/۹	۴/۴	۲۳/۸	۱۶/۲	۴۲	۶/۳	۲۲/۱	۱۴/۹	۴۵
۶۵	۲/۸	۶/۰	۵/۱	۲۴/۰	۱۷/۰	۴۲	۵/۵	۲۲/۶	۱۶/۰	۴۴
۷۰	۲/۷	۵/۹	۶/۰	۲۴/۲	۱۷/۹	۴۱	۵/۵	۲۳/۰	۱۷/۰	۴۳
۷۵	۲/۶	۵/۹	۶/۹	۲۴/۶	۱۸/۷	۴۰	۵/۶	۲۳/۸	۱۸/۰	۴۲
۸۰	۲/۶	۵/۸	۷/۲	۲۴/۱	۱۸/۷	۴۱	۵/۵	۲۳/۵	۱۸/۲	۴۲
۸۵	۲/۶	۵/۶	۷/۲	۲۳/۵	۱۸/۴	۴۲	۵/۵	۲۳/۲	۱۸/۲	۴۳
۹۰	۲/۶	۵/۴	۷/۲	۲۳/۰	۱۸/-	۴۳	۵/۴	۲۳/۰	۱۸/۰	۴۳



شکل ۸-۲- نمونه یک پارکینگ روباز زاویه ۹۰°

در طرح پارکینگ‌های خود ـ سرویس عرض توقفگاهها نباید کمتر از ۲/۵ متر در نظر گرفته شوند. توقفگاههای با عرض ۲/۷ متر بسیار مطلوب هستند. برای سهولت و راحتی عملیات ورود و خروج توقفگاه، حداقل عرض گذرگاه برای حرکت یکطرفه باید ۳/٦ متر و برای حرکت دو طرفه ۷/۲ متر در نظر گرفته شود. «عمق کل پارکینگ» یک واحد سنجش مناسب برای انتخاب بهترین طرح پارکینگ در یک زمین مفروض است.

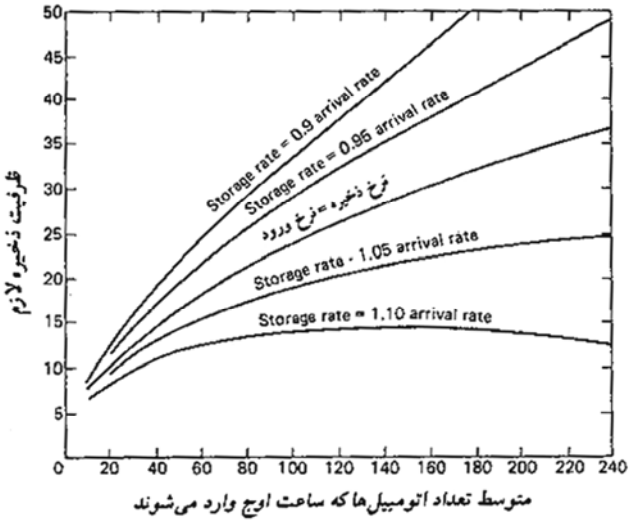
پارکینگ ۹۰ درجه: در این طرح بهترین استفاده از فضا بعمل می‌آید. اتومبیلها می‌توانند از گذرگاه در هر دو جهت استفاده کنند. در این حالت از فضاهای بن‌بست نیز استفاده بعمل آمده و لذا فضای مرده کاهش می‌یابد.

۸-۲-۲- سایر پارکینگهای مورب. در صورتی که زاویه پارکینگ کمتر از ۹۰° باشد گذرگاهها باید یکطرفه در نظر گرفته شوند. جریان یکطرفه برای پارکینگهای شلوغ مطلوب است زیرا زاویه‌های ۳۰ و ٤٥ برای پارک کنندگان سهولت دسترسی بیشتری دارند. این گونه طرحها معمولاً برای پارکینگ مشتریها و محلهایی که فضای کافی موجود باشد بکار می‌روند. با این وجود، علیرغم اینکه هر زاویه‌ای برای پارکینگ بکار گرفته شده باشد، مهندس ترافیک باید بررسی نماید

که آیا سیستم جابجایی پارکینگ امکان حرکت راحت و مناسب را برای اتومبیلها و عابرین پیاده فراهم می‌کند یا نه. ورودیها و خروجیها باید براساس حداقل شدن نقاط برخورد در درون پارکینگ و همچنین میان ترافیک پارکینگ و ترافیک دسترسی مکان یابی شوند. با این وجود انتخاب مناسب‌ترین زاویه پارکینگ عمدتاً بستگی به اندازه و شکل زمین پارکینگ دارد، می‌توان به منظور بهره‌برداری حداکثر از فضای پارکینگ، از طرحهایی با زاویه‌های مختلف استفاده نمود. در جدول ۸-۱ نمونه ظرفیت پارکینگهای جمعی روباز استاندارد به عنوان تابعی از زاویه پارکینگ نشان داده شده است. پارامترهای جدول۸-۱ در شکل ۸-۲ برای یک پارکینگ عمودی نمایش داده شده‌اند. ورودی‌ها و خروجیهای پارکینگهای جمعی باید در اواسط خیابان واقع شوند تا حداقل تداخل را با ناحیه تقاطعی خیابان که در آن حداکثر نیاز به فضای خیابانی برای وسایل نقلیه و عابرین پیاده وجود دارد داشته باشند.

سطوح پارکینگ باید ترجیحاً در زیر سیستم خیابانهای محلی واقع بوده و از قرار گرفتن پارکینگ‌ها در کنار خیابانهای شریانی اصلی که عملکرد اساسی آنها عبور ترافیک و نه سرویس دادن به کاربری زمین است اجتناب گردد.

سطح انباشت: تسهیلات پارکینگ خدمه‌دار باید به گونه‌ای طراحی گردند که در آنها فضای اثبات کافی برای جلوگیری از تشکیل صف اتومبیل در خیابان دسترسی برای وارد شدن به پارکینگ وجود داشته باشد. میزان فضای انباشت براساس نرخ ورود اتومبیل در دوره اوج، تعداد خدمه و میزان توقف وسایل نقلیه معین می‌شود. برای تعیین فضای انباشت براساس متغیرهای فوق می‌توان از شکل ۸-۳ استفاده نمود.



شکل ۸-۳- فضای انباشت

۸-۳- کاربری تسهیلات پارکینگ:

جدول ۸-۲ نشان دهنده توزیع فضای پارکینگ موجود و توزیع پارک کنندگان برحسب نوع پارکینگ است. براساس مطالعات انجام شده توسط شرکت مطالعات حمل و نقل جامع تهران فضاهای جدولی فقط ۲۵ درصد کل فضاها را تشکیل می‌دهند در حالیکه ۵۰ درصد کل پارک کنندگان از آنها استفاده می‌کنند. در تهران پارکینگ‌های همسطح ۲۰ درصد تأمین فضا می‌کنند. جدول ۸-۳ نشان می‌دهد که ایالات متحده با رشد شهر مدت زمان پارک یک وسیله نقلیه بدون در نظر گرفتن هدف از سفر به حرفه‌های خدماتی و فروشگاهی بوده و میانگین توقف برای خرید و فروش کمتر از یک ساعت و

زمان توقف کارگران بیشترین بوده است. در شهرهای کوچک سفر به مرکز شهر معمولاً کمتر از چند دقیقه بطول می‌انجامد و پارکینگ بسهولت انجام می‌شود.

۸-۴- تعاریف:

برای تحلیل کارکرد پارکینگ‌ها ضروری است که واحدهای اندازه‌گیری رایج که در توصیف حالتهای مختلف عمل پارکینگ بکار می‌آیند بیان شوند. رایج‌ترین عباراتی که بکار می‌روند عبارتند از:

فضا ـ ساعت: یک فضای پارکینگ برای یک ساعت

جمعی پارکینگ: تعداد کل وسایل نقلیه پارک شده در یک ناحیه مشخص در یک دوره معین زمانی که معمولاً برحسب وسیله نقلیه در روز بیان می‌شود.

بار پارکینگ: تعداد کل فضا ـ ساعت‌هایی که در یک دوره زمانی مفروض مورد استفاده قرار می‌گیرد. مقدار آن برابر با سطح زیر منحنی جمعی پارکینگ بوده و اوج آن به هنگامی است که ظرفیت کامل مورد استفاده واقع شود.

ظرفیت عملی: مقدار فضاهای پارک استفاده شده در طول شبانه روز به کل فضاهای پارک موجود بوده و مقدار آن همواره کمتر از ظرفیت موجود است. این بواسطه زمان تلف شده در عملیات ورود به خروج از پارکینگ و عدم آگاهی از فضاهای خالی موجود است. ظرفیت عملی معمولاً ۵-۱۵ درصد کمتر از ظرفیت نظری است.

واگردان: میانگین تعداد دفعاتی که یک فضای پارکینگ بوسیله وسایل نقلیه مختلف در یک دوره زمانی مفروض مورد استفاده قرار می‌گیرد. به عنوان مثال اگر ۱۰۰ فضا بوسیله ۱۰۰۰ وسیله نقلیه در یک دوره مطالعاتی ۱۰ ساعته مورد استفاده قرار گیرند، واگردان برابر است با: $n = \frac{۱۰۰۰}{۱۰۰} = ۱۰$

مدت توقف: میانگین زمان مصرف شده در یک فضای پارکینگ است و شاخصی است از فراوانی فضاهای پارکینگ در دسترس تعداد وسایل نقلیه‌ای که می‌توانند در یک ناحیه مفروض پارک نمایند با استفاده از رابطه زیر و برحسب میانگین مدت توقف بدست می‌آید:

$$\text{تعداد وسایل نقلیه که می‌توانند در یک ناحیه مفروض توقف کنند} = \frac{(۰/۹۵ \text{ تا } ۰/۸۵) \times (\text{تعداد فضا}) [\text{دوره پوشش(بر حسب ساعت)}]}{\text{میانگین توقف [برحسب ساعت بر وسیله نقلیه]}} \quad (۱)$$

البته مدت توقف به نوع تسهیلات پارکینگ نیز بستگی دارد. به عنوان مثال حدود ۷۵٪ پارکینگهای جدولی به مدت کمتر از یکساعت مورد استفاده واقع لکن پارکینگهای خارج خیابانی به میزان ۱۵ درصد دارای مدت زمانهای کمتر از یک ساعت می‌باشند.

جدول ۸-۲- عرضه پارکینگ و موارد استفاده

درصد توزیع تقاضای موجود فضاهای پارکینگ					درصد توزیع پارک کنندگان بر حسب نوع پارکینگ			
گروه جمعیت	جدولی	رو زمینی	گاراژ	غیر خیابانی	جدولی	رو زمینی	گاراژ	غیر خیابانی
5-10	88	12	0	12	93	7	7	7
10-25	64	32	4	36	85	14	1	15
25-50	61	35	4	39	84	15	1	16
50-100	38	38	7	45	79	19	2	21
100-250	44	42	14	56	76	20	4	24
250-500	30	54	16	70	66	28	6	34
500-1000	23	51	26	77	63	26	11	37
1,000 بالای	16	60	24	84	50	38	12	50

جدول ۸-۳- طول متوسط زمان پارک برای مقاصد مختلف سفر

گروه جمعیت	تعداد شهرها	خرید	تجارت	کار	فروش و خدمات	سایر	کل
5-10	2	0.5	0.5	2.8	0.5	0.7	1.0
10-25	14	0.6	0.6	3.1	0.6	0.9	1.1
25-50	16	0.6	0.7	3.4	0.6	1.0	1.3
50-100	5	0.7	0.7	3.8	0.6	1.1	1.4
100-250	13	1.0	0.9	3.8	0.5	1.3	1.6
250-500	6	1.3	1.1	4.8	0.7	1.4	1.9
500-1,000	4	1.3	1.3	4.8	1.0	1.4	2.2
1,000 بالای	3	1.8	1.5	5.6	1.0	1.9	3.0

۸-۴-۱- ضوابط پارکینگ کاربری و تقاضای پارکینگ. در مطالعات جامع پارکینگ، محلهای پارک رانندگان، مدت زمان پارک و مقصد بعد از پارکینگ، آمار برداری می‌شود. بنابراین تعیین تقاضای موجود در هر قطعه از مرکز تجاری شهر (CBD) برای تعداد وسایل نقلیه و فضا ـ ساعت مورد نیاز امکان پذیر خواهد بود. تقاضای کل با افزایش جمعیت افزایش می‌یابد ولی در یک روند بسیار کندتر همراه با نزول در تقاضای سرانه است. شهرهای بزرگتر دارای وسایل حمل و نقل همگانی مناسبتر و جاذبه در خارج CBD هستند. اینها دلایل افول تقاضای سرانه بوده و علاوه بر اینها میزان تأخیر ازدحام و هزینه بالای پارکینگ غیرخیابانی نیز مؤثر می‌باشند. بسیاری از مراکز تجاری دارای فضای پارکینگ در محلهای مورد نیاز نیستند. وجود مغازه‌ها بانکها و ساختمانهای اداری در مرکز شهر علت اصلی بالا بودن قیمت زمین است که از عوامل جلوگیری از احداث تسهیلات پارکینگ نیز هستند و در عین حال برای آنها تولید تقاضا می‌کنند.

۸-۵- بررسی و برآورد پارکینگهای موجود:

برای این بررسی قبلاً باید نقشه‌ای به مقیاس ۱/۱۲۵۰ از منطقه‌ی مورد مطالعه تهیه کرد. سپس کلیه‌ی امکانات پارکینگی موجود(شامل پارکینگهای خیابانی ـ طول محلهایی از خیابانها که پارک کردن در آنها در تمام طول روز و یا در ساعاتی از روز مجاز است ـ پارکینگهای خصوصی اعم از روباز یا مسقف، مسکونی یا تجاری ـ پارکینگهای عمومی اعم از همسطح یا چند طبقه ـ و هر نوع پارکینگ دیگر خواه دائمی یا موقت) برداشت و برآورد نمود. این اطلاعات جمع‌آوری شده را، با در نظر گرفتن علامت و رنگ بخصوص برای هر یک از انواع پارکینگها، برروی نقشه‌ی یاد شده ثبت و مشخص کرد. به طور کلی بهتر است که از دو نسخه نقشه، یکی برای مشخص کردن پارکینگهای خیابانی و دیگری برای مشخص کردن سایر انواع پارکینگها استفاده شود.

۸-۵-۱- تراکم پارکینگ. منظور از تراکم پارکینگ تعداد وسایل نقلیه‌ای است که در زمان مورد نظر از پارکینگهای ناحیه‌ی مطالعاتی استفاده می‌کنند. این زمان، بیشتر در ساعتی از شبانه روز است که احتمال احتیاج به پارکینگ و ایجاد تراکم در آن حداکثر باشد. ساده‌ترین روش محاسبه‌ی پارکینگ، مشاهده است؛ به این ترتیب که یک یا دو نفر آمارگر که

نقشه‌ی ناحیه‌ی مطالعاتی به مقیاس ۱/۱۲۵۰ را در اختیار دارند، به کمک اتومبیلی خیابانها و مسیرهای داخل این ناحیه را به آهستگی می‌پیمایند و تعداد وسایل نقلیه‌ای را که در کنار مسیرها پارک کرده‌اند می‌شمرند و یادداشت می‌کنند. تعداد وسایل نقلیه‌ی پارک شده در پارکینگهای غیر خیابانی را نیز با مراجعه و آمارگیری مستقیم در ساعت مورد نظر اندازه می‌گیرند. پس از جمع‌آوری اطلاعات لازم در مورد تراکم پارکینگ، آنها را با علائم مخصوص و رنگهای خاص مشخص کننده‌ی هر مورد به نقشه منتقل می‌کنند.

۸–۵–۲– مدت پارک. برای مطالعه، بررسی و حل مشکل پارکینگ دانستن مدت زمانی که وسایل نقلیه در پارکینگهای مختلف متوقف‌اند ضروری است. اندازه‌گیری مدت پارک در پارکینگهای خیابانی به صورت مستقیم و به وسیله‌ی آمارگرانی که پیاده مسیرهای مختلف را طی می‌کنند صورت می‌گیرد. آمارگیری در هر مسیر یا در هر قسمت از یک مسیر جداگانه انجام می‌شود. انتخاب مسیر(با قسمتهایی از یک مسیر) باید طوری باشد که یک آمارگر بتواند طول آن را به صورت رفت و برگشت در فاصله‌ی زمانی معینی پیماید. این فاصله‌ی زمانی معمولاً ربع ساعت، نیم ساعت یا بیشتر خواهد بود. آمارگر در این مدت شماره‌ی پلاک وسایل نقلیه پارک شده در محلهای پارک را یادداشت می‌کند. به این ترتیب می‌توان مدت توقف هر وسیله را به دست آورد. واضح است که نتایج حاصل با خطاهایی همراه است، زیرا امکان دارد که وسیله‌ی نقلیه‌ای بعد از عبور آمارگر در محل پارک کند و قبل از اینکه آمارگر مجدداً به محل برگردد رفته باشد. در این مورد می‌توان با در نظر گرفتن ضرایب و تصحیحهایی خطای مذکور را تا حدودی جبران کرد.

۸–۵–۳– برآورد پارکینگ لازم. پس از تعیین امکانات موجود، لازم است نیاز فعلی و بعدی به پارکینگ را در ناحیه مورد مطالعه برآورد و مشخص کرد تا بتوان براساس آن برنامه‌ای متناسب ریخت. در تشخیص فعلی باید توجه داشت که غالباً نیاز واقعی بیش از نیاز ظاهری است، زیرا امکان دارد به علت محدودیت پارکینگ بسیاری از مردم از آوردن وسیله نقلیه‌ی خود صرف نظر کرده و از پارک کردن آن منصرف شوند. همچنین ممکن است بعضی به علت عدم دستیابی به مکان مناسب، وسایل نقلیه‌ی خود را در محلهایی نسبتاً دور از محل مورد نظر پارک کرد.به هر حال، تعیین تعداد محل پارک لازم به وسیله‌ی روشهای آماری و از طریق پرسش‌نامه و نظایر آن امکانپذیر است. برآورد تعداد محل پارک لازم برای آینده امری نسبتاً دشوار است، زیرا به پارامترهای متنوع و متغیری نظیر آهنگ رشد جمعیت و آهنگ رشد تعداد وسایل نقلیه، چگونگی گسترش و ایجاد ساختمانها، وضعیت ترابری عمومی و اوضاع سیاسی و بستگی دارد. در هر صورت می‌توان با توجه به آمار و اطلاعات موجود از نیاز آتی به پارکینگ در ناحیه‌ی مطالعاتی، برآوردی تقریبی به دست آورد.

۸–۵–۴– اشباع پارکینگ. بسیاری از شهرها، و بخصوص مراکز و محلهای اصلی کسب و تجارت در آنها برای زمان حال و ترافیک فعلی طرح و ساخته نشده‌اند. به همین دلیل در بیشتر شهرها این مراکز نسبت به سایر نقاط شهر با مشکلات ترافیکی بیشتری روبرویند و از نظر پارکینگ نیز مضیقه‌ی بیشتری دارند. شاید منطقی به نظر برسد که مراکز شهرها و محلهای تجاری از نظر ترافیک مشکلات زیاد و ظاهراً غیر قابل حلی دارند دوباره سازی کرد، ولی با توجه می‌توان دریافت که این کار، حتی در صورت وجود اعتبارات کافی، به علل گوناگون سیاسی و فرهنگی و اقتصادی امکان ندارد. ممکن است ترغیب مردم به تغییر محل کسب و کار خود و انتقال فعالیتهای این مراکز به نقاط دیگر شهر راه حل این مشکل به نظر برسد. این عمل نیز از بسیاری لحاظ و در بسیاری موارد دشوار است، و راه حلی اصولی نیست، برعکس، حتی باید سعی کرد که بقای مراکز اصلی شهرها تقویت و خصوصیتهای ویژه و باستانی آنها حفظ شود. شاید

تصور شود که اختصاص کلیه‌ی مکانهای موجود برای پارک کردن و ساختن پارکینگهای جدید و اختصاص کناره‌ی خیابانهای مرکزی برای توقف وسایل نقلیه راه حل این مشکل باشد. اما با توجه به اینکه ظرفیت خیابانهای مرکزی در بیشتر شهرها حتی کفاف نیاز موجود را(بخصوص در ساعات تراکم) نمی‌دهد، اختصاص قسمتی از عرض خیابانها برای توقف وسایل نقلیه باعث کاهش ظرفیت آنها می‌شود و این راه حل اصولی نیست. به علاوه، وسایل نقلیه‌ای که در کنار خیابانها و پارکینگهای مجاور توقف می‌کنند، غالباً در بدترین ساعات روز از نظر تراکم ترافیک (عصرها و نزدیک غروب) به جریان ترافیک در خیابانهای مجاور وارد می‌شوند و تراکم آنها را بیشتر می‌کنند. راه حل منطقی، مطالعه‌ی جامع و دقیق ترافیک در مکانهایی است که مسئله‌ی پارکینگ در آنها حاد و دشوار است. به این ترتیب، می‌توان با تکیه بر نتایج حاصل، راه حل اصولی را که غالباً برای هر شهر، بسته به مقتضیات شهری، اقتصادی و اجتماعی آن، فرق می‌کند پیدا کرد. نتیجه آنکه این راه حلها متنوع و برحسب مورد متفاوت‌اند. یکی از این راه‌حلها، اولویت دادن به وسایل نقلیه‌ی فعال برای استفاده از امکانات پارکینگی موجود در مقابل وسایل نقلیه‌ی غیر فعال است. وسایل نقلیه‌ی فعال باید همه روزه، برحسب ضرورت، کالاهای مختلف را تخلیه و بارگیری کند. در مقابل، گروهی از وسایل نقلیه در بیشتر ساعات شبانه روز، بدون استفاده، در جایی متوقف هستند، از جمله اتومبیل کارمندان و مغازه‌داران که غالباً در تمام مدت کار اداری یا مدت کسب در محلی پارک شده‌اند. این گروه از وسایل نقلیه باید تا آنجا که مقدور است از نظر امکانات پارک کردن محدود شوند و این امکانات به وسایل نقلیه‌ای که زمان توقف کمتری دارند، نظیر وسایل نقلیه‌ی متعلق به مشتریها و مراجعه کنندگان ادارات و بانکها، اختصاص پیدا کند در این مورد می‌توان مقرراتی وضع و اجرا کرد که براساس آن هر محل پارک چندین مرتبه مورد استفاده قرارگیرد. در این مورد به محدود کردن زمان توقف می‌توان اشاره نمود. در صورت محدود بودن ظرفیت خیابانهای مجاور و لزوم افزایش ظرفیت پارکینگها باید راههایی برای افزایش ظرفیت مسیر در نظر گرفت، نظیر ممنوع کردن توقف در کنار خیابانها، جلوگیری از تخلیه و بارگیری در ساعات تراکم ترافیک و اصلاح تقاطعها.

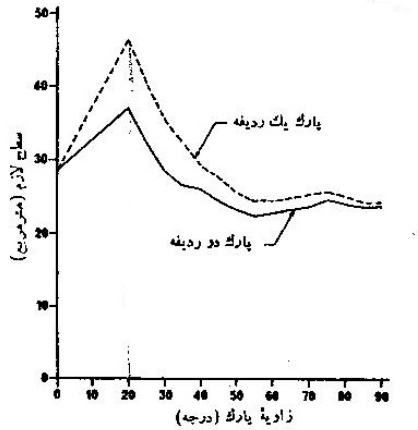
۸–۵–۵– محل پارکینگ. از نظر رانندگان وسایل نقلیه‌ی شخصی، بهترین محل پارکینگ جلو محل کار آنها و حداکثر در چند متری آن است، اما تأمین این خواست غالباً دشوار است. از نظر مهندسی ترافیک، بهترین محل برای احداث پارکینگ در شهرها نزدیک ایستگاههای اصلی و مرکزی وسایل نقلیه‌ی عمومی، نظیر اتوبوس، راه‌آهن، پایانه‌های شهری و فرودگاههاست. از مهمترین عوامل تعیین محل پارکینگ اندازه و ظرفیت آن است. پارکینگ را باید طوری طرح‌ریزی کرد. و ساخت که بتواند حداکثر ظرف نیم ساعت پنجاه درصد ظرفیت خود را تخلیه کند. بنابراین مسیرهای مجاور آن باید قدرت کشش این بار ترافیکی اضافی را داشته باشند. از این‌رو، اندازه‌ی پارکینگ در رابطه با ظرفیت آن اهمیت دارد. پارکینگ کوچک ممکن است در ساعات اوج اثر کمی بر ترافیک خیابانهای مجاور داشته باشد، اما پارکینگ نسبتاً بزرگ می‌تواند تراکم زیادی در خیابانهای مجاور ایجاد کند و سبب تأخیر قابل توجهی شود. ورودی و خروجی پارکینگها باید طوری انتخاب شود که وسایل نقلیه‌ای که به آن وارد یا از آن خارج می‌شوند ترافیک را قطع نکنند و در عین حال باعث ایجاد مشکل برای استفاده کنندگان از پارکینگ نیز نشوند.

۸-۶- انواع پارکینگ:

انواع پارکینگهایی که امروزه در کشورهای مختلف مورد استفاده‌اند، عبارتند از: پارکینگ خیابانی، پارکینگ همسطح، پارکینگ چند طبقه، پارکینگ بامی، پارکینگ مکانیکی، و پارکینگ زیرزمینی. هر یک از این پارکینگها به شرح مختصر آنها می‌پردازیم.

۸-۶-۱- پارکینگ خیابانی. قبلاً در این باره توضیح داده شده است و در اینجا فقط به پارامترهای دخیل در افزایش ظرفیت پارکینگهای خیابانی پرداخته می‌شود.

۸-۶-۱-۱- زاویه‌ی پارک کردن. طرز پارک کردن در خیابانها نیز نکته‌ی مهمی است. رانندگان برحسب مورد، وسیله نقلیه‌ی خود را موازی جدول کنار خیابان یا به حالت زاویه‌دار با آن پارک می‌کنند. هر کدام از این دو روش مزایا و معایبی دارد. در پارک موازی طولی از جدول یا کناره‌ی خیابان که برای توقف وسیله نقلیه‌ی لازم است، به حداکثر خود می‌رسد، در صورتی که اگر وسیله نقلیه با زاویه‌ای نسبت به جدول پارک شود این طول اشغال شده کمتر خواهد شد. هر چه زاویه‌ی پارک افزایش یابد، این طول کمتر می‌شود و در حالتی که وسیله با زاویه‌ی ۹۰ درجه پارک شود به حداقل خود می‌رسد. شکل ۸-٤ سطح لازم برای پارک وسایل نقلیه را با زوایای مختلف نشان می‌دهد. برای رانندگان، پارک کردن به صورت زاویه‌دار مناسب‌تر است، زیرا ورود و خروج به پارک در این حالت راحت‌تر از حالت موازی صورت می‌گیرد. اما، در طریقه‌ی موازی، برای پارک کردن و خروج از پارک چند دفعه جلو عقب کردن لازم است. در صورت عریض بودن خیابان و کم بودن حجم ترافیک آن، ممکن است قسمتی از فضای میانی خیابان را به پارکینگ اختصاص دهند. از مهمترین عیبهای این گونه پارکها عبور اجباری سرنشینان وسایل نقلیه‌ی پارک شده از عرض خیابان است بوده و احتمال تصادف را افزایش می‌دهد.



شکل ۸-٤- سطح لازم برای پارک اتومبیل با زوایای مختلف

۸-۶-۱-۲- افزایش ظرفیت پارکینگ خیابانی. اگر به علت تعدد مراجعان از نظر تعداد محل پارک محدودیت ظرفیت وجود داشته باشد، باید ترتیبی داد که از هر محل پارک چند دفعه در روز استفاده شود. در پارکینگ‌های خیابانی برای رسیدن به این مقصود می‌توان از توقف سنج استفاده کرد.

۸-۶-۱-۳- توقف سنج. یکی از رایج‌ترین راههای اخذ وجه از پارکهای خیابانی محدود کردن مدت توقف، است با استفاده از توقف سنج این موضوع اتفاق می‌افتد. از توقف سنج، که کارل مگی آن را اختراع کرده است، برای اولین بار در سال

۱۹۳۵ استفاده شد. به مرور، استفاده از توقف گسترش یافت و امروزه در اغلب شهرهای بزرگ دنیا از آن استفاده می‌شود. مهمترین نکاتی که در انتخاب محلهای مناسب برای نصب توقف‌سنج باید درنظر گرفت، عبارت‌اند از: لزوم عبور آزاد ترافیک، لزوم دسترسی به محلهای مجاور، و در نظر گرفتن ظرفیت و فاصله‌ی پارکینگهای عمومی از محل مورد نظر است. نصب توقف‌سنج در محل بدون در نظر گرفتن وضعیت مناطق مجاور، ممکن است باعث ایجاد تراکم در خیابانهای مجاور شود، زیرا رانندگان برای فرار از پرداخت وجه ممکن است به خیابانهای اطراف رو آورند به همین دلیل، برای نصب و استفاده از توقف‌سنجها باید منطقه‌ای وسیعتر از منطقه‌ی مورد نظر برای نصب توقف‌سنج را بررسی و مطالعه کرد.

۸-٦-۱-٤- مزایا و معایب استفاده از توقف‌سنجها: مزیت مهم استفاده از توقف‌سنجها آن است که علاوه بر محدود بودن زمان توقف باید وجه نسبتاً زیادی هم برای پارک کردن پرداخت صاحبان وسایل نقلیه معمولاً از توقفهای طولانی و بیجا اجتناب می‌کنند و در نتیجه از محل پارک چند دفعه در روز استفاده می‌شود. به علاوه، چون محل توقف وسایل نقلیه با خطکشی مشخص شده است، رانندگان برای پارک کردن دردسر چندانی نخواهند داشت (برخلاف پارکینگهای خیابانی بدون توقف‌سنج). از مزایای دیگر استفاده از توقف‌سنج، در درآمد قابل توجهی است که بابت حق توقف عاید می‌شود و می‌توان از آن برای بهبود وضع ترافیک استفاده کرد. استفاده از توقف‌سنج معایبی نیز دارند که مهمترین آنها از این عبارتند از: استفاده از توقف‌سنج اصولاً راه‌حل کلی و جامعی برای مسئله‌ی پارکینگ به شمار نمی‌رود؛ چون هر محل باید برای بزرگترین اتومبیلها(با حداقل قدری بزرگتر از اندازه‌ی متوسط اتومبیلها) در نظر گرفته شود، قاعدتاً از تعداد محلهای پارک در مقایسه با حالتی که توقف‌سنج وجود ندارد کاسته می‌شود؛ به ساکنان مناطق مسکونی که توقف‌سنج در مجاورت منزل آنها نصب می‌شود، از نظر پرداخت حق توقف مخارجی تحمیل می‌شود؛ به طور کلی، نصب توقف‌سنج به زیبایی شهر لطمه می‌زند. کنترل توقفهای خیابانی با توقف‌سنج وقتی قابل توجیه است که نتوان با علائمی نظیر توقف ممنوع، محدودیت زمان توقف، و نظایر آنها، از توقف وسایل نقلیه در کنار خیابانها جلوگیری کرد. لزوم استفاده از این وسیله غالباً به علت احتیاج مبرم به محل توقف برای بارگیری و تخلیه، مراجعه به سازمانها و مؤسسات، و عدم وجود پارکینگهای عمومی کافی پیش می‌آید. در این موقع، رانندگان به اجبار علائم مذکور را نادیده می‌گیرند و حتی گاهی به صورت پهلو توقف می‌کنند.

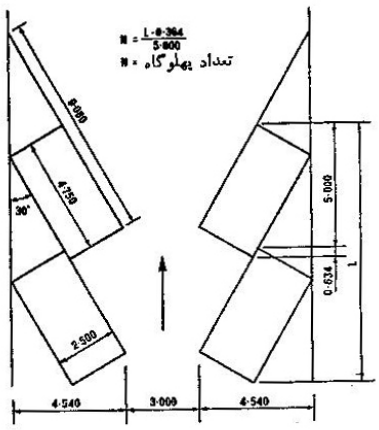
۸-٦-۱-٥- نصب توقف‌سنج. برای تعیین محل نصب توقف‌سنجها به اطلاعاتی نیاز است، از جمله محل مکانهایی که برای بارگیری و تخلیه لازم‌اند و فاصله‌ی بین آنها، نوع اجناسی که باید بارگیری یا تخلیه شوند، محل ورودی ساختمانها، محل لوله‌های سوخت منازل و ساختمانها، محل شیرهای آتش‌نشانی، فاصله تا تقاطعها که باید توقف ممنوع باشد، ایستگاههای اتوبوس و محل عبور عابران پیاده. همچنین باید نوع وسایل نقلیه‌ای که مجاز به استفاده از توقف‌سنجها هستند مشخص شود تا اندازه و محل پارک متناسب با آنها در نظر گرفته شود وسایل نقلیه دیگری نیز نظیر اتومبیلهای آتش‌نشانی، آمبولانسها، وسایل حمل و نقل ادارات و سازمانها که ناچارند در مکانهای بخصوصی توقف کنند باید مورد نظر قرار گیرد. شاید لازم نباشد که در تمام مناطق همه‌ی توقف‌سنجها را به توقفهای کوتاه‌مدت اختصاص داد. شاید بتوان بعضی از محلها را برای توقفهای کوتاه‌مدت و بعضی دیگر را برای توقفهای طولانی‌تر در نظر گرفت. در این صورت، لازم است شکل ظاهری توقف‌سنجها را برای توقفهای طولانی‌تر در نظر گرفت. در این صورت، لازم است شکل ظاهری توقف‌سنجهایی که برای دو حالت فوق در نظر گرفته می‌شوند با هم تفاوت داشته باشند تا رانندگان در استفاده از آنها

دچار اشتباه نشوند. به طور کلی، طول و عرض مناسب برای هر محل پارک را به ترتیب ٦ و ٢/٥ متر در نظر می‌گیرند اما در مواقع اضطراری می‌توان طول هر محل پارک را به ٥/٨ متر کاهش داد. همیشه باید بین هر چند محل پارک فاصله‌ای قائل شد تا امکان پیاده و سوار شدن مسافران از وسایل نقلیه‌ی دیگر وجود داشته باشد. البته لازم به ذکر است در سالهایی اخیر نوع جدیدی از روش کنترل فضاهای کنار خیابان در تهران ظهور کرده که تحت عنوان پارکبان اقدام به فروش فضاهای خالی کنار خیابانها برای زمانهای محدود می‌کند و این روش می‌تواند با توجه به نظارت مستقیم و دریافت مستقیم عوارض پارک نوع جدیدی از توقف‌سنج نامیده شود که معایب و مزایای همان توقف‌سنج‌های گفته شده را داشته لکن تعداد دفعات استفاده از یک فضا(واگردان) را افزایش دهد.

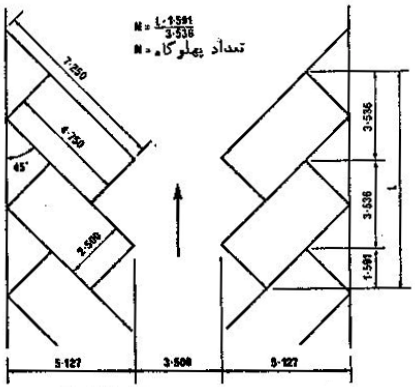
٨-٦-١-٦- پارک‌بان. از جمله روشهای جدید کنترل و هدایت پارک خودروها در توقفگاههای مجاز از نظر شهرداری تهران می‌باشد، برای سامان دهی و افزایش تعداد دورهای توقف وسایل نقلیه در مناطق مرکزی و تجاری و پرتردد خودروهای تهران کارشناسان شهرداری با پیدایش معابر شهری با شناسایی حاشیه خیابانهای مناطق مزبور و زمان‌بندی استفاده از این محل‌ها برای پارک خودرو که معمولاً از نیم ساعت به بالا بصورت مضربی از نیم ساعت می‌باشد و اختصاص هزینه ریالی بابت این توقف‌ها تلاش کرده‌اند ضمن اینکه بخشی از خودروهای سرگردان که جهت یافتن محل‌های پارک باعث اغتشاش در نظم ترافیک می‌شدند نه به این محلها هدایت شوند از زمان پارک‌های طولانی مدت نیز کاسته و میزان واگردان پارک‌ها را هر چه بیشتر افزایش دهند، مزایا و معایب این اقدام مانند مزایا و معایب توقف‌سنج‌ها بوده فقط محدودیت طول توقف را که در استفاده از توقف‌سنج‌ها شاهد آن بودیم در این رویه نخواهیم داشت.

٨-٦-٢- پارکینگ همسطح. پارکینگ همسطح به قطعه زمینی اطلاق می‌شود که صرف نظر از شکل آن بتوان از آن به عنوان پارکینگ استفاده کرد. آنچه در مورد این گونه پارکینگها اهمیت دارد این است که قواعد اساسی طرح پارکینگها در آنها رعایت شود، به طوری که از قطعه زمین موجود حداکثر استفاده حاصل شود. اندازه‌ی محلهای پارک برحسب مورد، و با توجه به اندازه‌ی اتومبیلهایی که از آن استفاده خواهند کرد، بین ٢/٥ × ٥/٥ متر مربع است. عرض مسیری که بین هر دو ردیف در محلهای پارک در نظر می‌گیرند، برحسب آنکه عبور یک طرفه یا دو طرفه باشد متفاوت است. برای عبور یک طرفه در حالتی که پارک به صورت عمودی در نظر گرفته شود عرضی برابر شش متر، و برای عبور دو طرفه با همین زاویه‌ی پارک عرضی معادل ٧/٥ متر باید در نظر گرفت. در صورتی که اتومبیلها با زاویه‌ای کمتر از ٩٠ درجه پارک شوند، عرض لازم کاهش می‌یابد. نمونه‌هایی از طرز تعبیه‌ی محلهای پارک (پهلوگاهها) عمودی یا زاویه‌دار در شکلهای٨-٥ تا ٨-١١ نشان داده شده است.

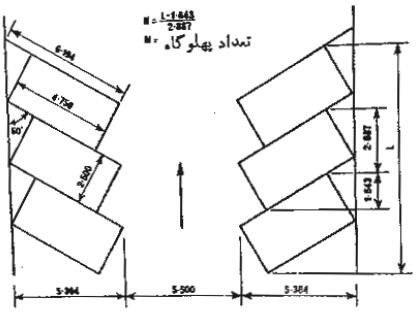
چون امکان گردش اتومبیلها در پیچهای بین محلهای پارک اهمیت دارد، به صرفه است که از چند جای پارک برای سهولت گردش صرف نظر شود. شعاع گردش برحسب مورد بین ٧/٥ تا ١٥ متر تغییر می‌کند. در عمل، دایره‌ی گردش را با قطر کمتر از ١٨ متر در نظر نمی‌گیرند.



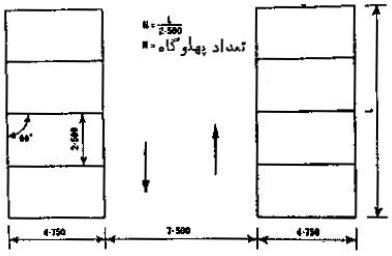
شکل ۸-۵- اندازه‌های لازم برای پارک با زاویه‌ی ۳۰°



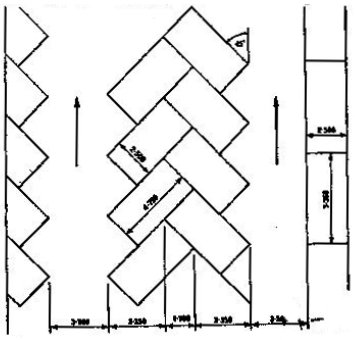
شکل ۸-۶- اندازه‌های لازم برای پارک با زاویه‌ی ۴۵°



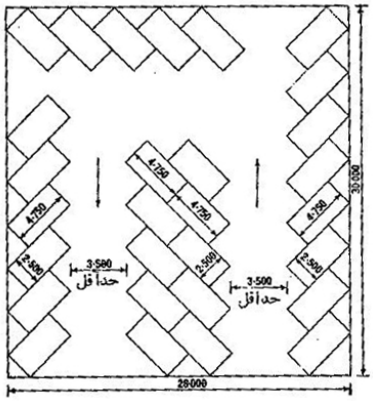
شکل ۸-۷- اندازه‌های لازم برای پارک با زاویه‌ی ۶۰°



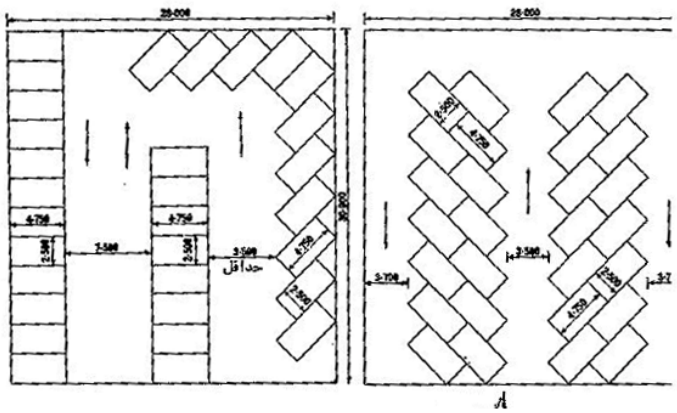
شکل ۸-۸- اندازه‌های لازم برای پارک با زاویه‌ی ۹۰°



شکل ۸-۹- نمونه‌ای از طرح و اندازه‌های لازم برای پارک (عبور یکطرفه)



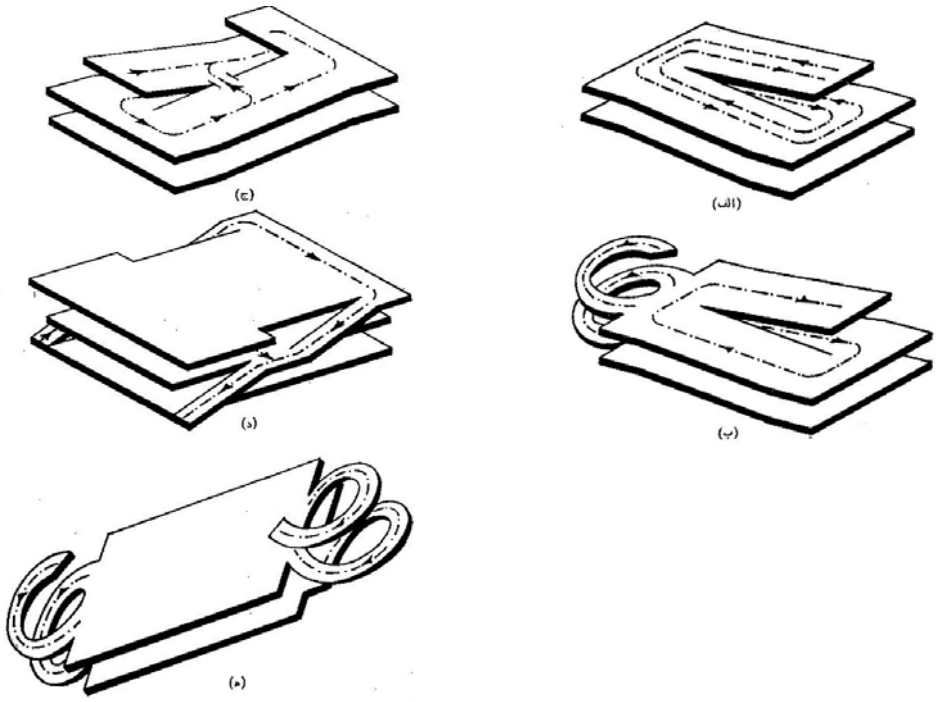
شکل ۸-۱۰- نمونه‌ای از طرح و اندازه‌های لازم برای پارک (عبور دوطرفه)



شکل ۸-۱۱- دو نمونه‌ی از طرز محلهای پارک

۸-۶-۳- پارکینگ چند طبقه. در مناطقی نظیر مراکز شهرها، که زمین کمیاب و گران است، و یا نزدیک فرودگاههای بزرگ و ایستگاههای مرکزی مسافربری عمومی که در آنها به تعداد نسبتاً زیادی محل پارک و احتیاج است، ایجاد پارکینگهای همسطح برای جوابگویی به نیازهای منطقه صلاح نیست. در این قبیل مورد، به جای پارکینگهای همسطح از پارکینگهای چند طبقه استفاده می‌کنند و در نتیجه، برحسب تعداد طبقات، از مساحت زمین موجود چند برابر استفاده می‌شود. در طرح پارکینگهای چند طبقه چهار عامل اهمیت بیشتری دارد: ۱. مشخص کردن ظرفیت براساس نیازهای پیش‌بینی شده؛ ۲. سهولت ورود و خروج وسایل نقلیه ۳. مخارج احداث و نگهداری پارکینگ؛ و ٤. رعایت هماهنگی لازم بین ساختمان پارکینگ و ساختمانهای مجاور. تعداد طبقات پارکینگهای چند طبقه تابع چهار عاملی است که ذکر کردیم. امروزه معتقدند که تعداد طبقات پارکینگهایی که اتصال طبقات آنها به یکدیگر با رابط صورت می‌گیرد، از پنج طبقه تجاوز نکند. شکل۸-۱۲ نمونه‌هایی از پارکینگهای چند طبقه را نشان می‌دهد.

۸-۶-۴- پارکینگ بامی. در محلهایی که زمین بسیار نادر و گران باشد، و ایجاد پارکینگهای مستقل نیز مقدور یا به صرفه نباشد یکی از راههای ایجاد پارکینگ استفاده از بام ساختمانهاست. بدیهی است که اگر قرار باشد از بام ساختمان به عنوان پارکینگ استفاده شود، باید در طرح و محاسبات ساختمان پیش‌بینی‌های لازم صورت گیرد. بعنوان نمونه پارکینگ بیمارستان میلاد تهران را می‌توان اشاره نمود



شکل۸-۱۲- چند نوع پارکینگ چند طبقه، الف) پارکینگ با طبقات شیبدار پیوسته و ترافیک دو طرفه، ب) پارکینگ با طبقات شیبدار پیوسته و راه خروجی حلزونی مجزا ج) پارکینگ با طبقات شیبدار و ترافیک یک طرفه با راه عبور میانی؛ د) پارکینگ با طبقات افقی و رابط مستقیم؛ هـ) پارکینگ با طبقات افقی و راههای ورودی و خروجی حلزونی

۸-۶-۵- پارکینگ مکانیکی. در مواقعی که زمین کافی برای ایجاد پارکینگهای بزرگ و مناسب وجود نداشته یا بسیار گران باشد، ممکن است استفاده از وسایل مکانیکی، نظیر بالابرهای مخصوص به جای رابط، بیشتر مقرون به صرفه باشد. این گونه پارکینگها را اصطلاحاً پارکینگهای مکانیکی می‌نامند. پارکینگهای مکانیکی را با توجه به وسایل مورد استفاده می‌توان به سه گروه تقسیم کرد: ۱. پارکینگهای مکانیکی با وسایل مکانیکی ساده؛ ۲. پارکینگهای مکانیکی با حرکت افقی؛ و ۳. پارکینگهای مکانیکی با بالابرهای ثابت و متحرک. بعنوان نمونه به پارکینگهای سه راهی ولی عصر با خ فاطمی و سه راهی جلال احمد با بزرگراه کردستان می‌توان اشاره کرد.

۸-۶-۶- پارکینگ زیرزمینی. این نوع پارکینگ پایینتر از سطح زمین ساخته می‌شود. این گونه پارکینگ را می‌توان در زیر جاده، میدان، پارک، یا زیرزمین ساختمانهای مسکونی، هتل‌ها و ساختمان‌های عمومی ساخت لکن به علت لزوم صرف هزینه‌ی زیاد برای خاکبرداری، ساختن دیوارها، شیبهای مختلف و تأسیسات گوناگون، کمتر اتفاق می‌افتد که جدا از ساختمان اصلی ساخته شود. پارکینگهای زیرزمینی خصوصیت ویژه‌ای ندارند و بیشتر در مکانهایی که زمین کم و گران باشد، با وجود ساختمانهای باستانی و موانع دیگر اجازه‌ی ایجاد پارکینگهای همسطح یا چند طبقه را ندهد، ساخته می‌شوند. به عنوان نمونه می‌توان به پارکینگهای مسجدالحرام حرم نبوی(ص) و حرم مطهر اما رضا(ع) اشاره نمود.

سئوالات و مسائل مطرح:

۱- درباره ضرورت پارکینگ در شهرهای بزرگ هر چه می‌دانید بنویسید؟

۲- انواع تسهیلات غیر خیابانی پارکینگ را بنویسید؟

۳- اهداف ایجاد پارکینگهای روباز را بنویسید؟

٤- فضا، ساعت، بار پارکینگ، ظرفیت عملی و واگردان را شرح دهید؟

٥- پارکینگهای موجود یک ناحیه شهری چگونه محاسبه و برآورد می‌شود؟

٦- اشباع پارکینگ چیست؟

۷- افزایش ظرفیت پارکینگهای خیابانی به انجام چه اقداماتی وابسته است؟

۸- مزایای و معایب توقف‌سنج‌ها یا استفاده از پارک‌بان را بنویسید؟

۹- انواع زوایای پارک را نوشته و مناسب‌ترین نوع زاویه پارک را تعیین و یک پارکینگ پارک روبرو دوطرفه را با ظرفیت یکصد اتومبیل سواری در یک طبقه طراحی کنید؟

۱۰- برای شهر تهران چه نوع پارکینگی را مناسب می‌دانید، چرا؟

منابع و مراجع مورد استفاده:

۱- جلیل شاهی ـ مهندسی ترافیک چاپ پنجم ۱۳۷۹ مرکز نشر دانشگاهی ـ تهران

۲- حسین قهرمانی ـ مهندسی ترافیک چاپ دوم ۱۳۸۱ انتشارات دانشگاه علوم انتظامی

۳- کمیته فنی بازنگری ـ آئین نامه علائم راههای ایران چاپ دوم ۱۳۸۲ مرکز انتشارات وزارت راه و ترابری.

٤- کمال بهروزی ـ مفاهیمی در مهندسی ترافیک چاپ اول ۱۳۷٤ سازمان حمل و نقل و ترافیک تهران

٥- حمید بهبهانی و همکاران مهندسی ترافیک (تئوری و کاربرد) چاپ اول ۱۳۷۳ سازمان حمل و نقل و ترافیک تهران

٦- شهریار افندی‌زاده ـ مهندسی ترابری چاپ اول ۱۳۷۹ انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران

۷- علی خدای ـ مهندسی ترابری چاپ اول ۱۳۸۱ مرکز نشر دانشگاه امیر کبیر

۸- محمود رضازاده ـ مهندسی ترابری و ترافیک جلد اول چاپ اول ۱۳۸۱ دفتر نشر آثار علمی دانشگاه تربیت مدرس

۹- محمود رضا زاده ـ مهندسی ترابری و ترافیک جلد دوم چاپ اول ۱۳۸۱ دفتر نشر آثار علمی دانشگاه تربیت مدرس

۱۰- مهیار عربانی ـ مهندسی ترافیک چاپ اول ۱۳۸۲ انتشارات دانشگاه گیلان

11- C.S.Papacostas P.D.Prevedouros Transportation Engineering and planung Third Edition university of Hawaii at manoa Honoloulu.Hawaii

12- M.U.C.D third edition 2000

13- AASHTO 1994

14- T.R.B 1985

مهندسی ترافیک

(۱)

جعفر ستایش ولی‌پور

(مؤلف)

دانشکده

هنمایی و رانندگی

مهندسی ترافیک

(۱)

مولف:

مهندس جعفر ستایش ولی‌پور

عضو هیأت علمی دانشکده راهنمایی و رانندگی

اردیبهشت ماه ۱۳۸۵

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول ۲
مقدمه ای بر برنامه‌ریزی حمل و نقل شهری ۲
۱-۱- لزوم برنامه ریزی: ۲
۱-۱-۱- انواع برنامه‌ریزی. ۳
۱-۱-۲- برنامه کاری برنامه ریزی. ۴
۱-۱-۳- بخش مدیریت سیستمهای حمل و نقل. ۵
۱-۱-۴- بخش بلند مدت. ۵
۱-۱-۵- اصلاح طرح. ۵
۱-۱-۶- برنامه‌ی بهبود سیستم حمل و نقل. ۵
۱-۲- تعریف مهندسی حمل و نقل: ۶
۱-۲-۱- تعریف مهندسی ترافیک. ۶
۱-۲-۳- برنامه‌ریزی پیوسته. ۷
۱-۲-۴- تهیه‌ی اطلاعات مورد نیاز. ۷
۱-۲-۵- مشخص کردن مرزهای ناحیه مطالعاتی. ۸
۱-۳- شبکه‌ی حمل و نقل شهری: ۸
۱-۴- مرور نیازهای اطلاعاتی: ۹
۱-۴-۱- محدوده مطالعه. ۹
۱-۴-۲- فعالیتهای شهری ۱۰
۱-۴-۳- هندسه شبکه. ۱۰
۱-۴-۴- پیش‌بینی سفر. ۱۰
۱-۴-۵- ساماندهی‌های فعالیت شهری. ۱۱
سؤالات و مسائل مطرح: ۱۲
فصل دوم ۱۳
مطالعه جریان ترافیک و اجزاء آن ۱۳

۲-۱- روشهای شناخت جریان ترافیک: ۱۳
۲-۲- عوامل مرتبط با جریان ترافیک: ۱۳
۲-۳- چند مثال عملی در رابطه با جریان ترافیک؛ ۱۴
۲-۳- سرعت‌های لحظه ای و تجزیه و تحلیل آن‌ها: ۲۰
۲-۴- ضریب ساعت اوج(P.H.F): ۲۵
۲-۵– مدلهای جریان ترافیک: ۲۷
۲-۶- دسته بندی جریان ترافیکی: ۲۸
۲-۶-۱- مدل جریان غیر منقطع ترافیکی. ۳۰
۲-۶-۲- تحلیل رابطه سرعت، جریان و چگالی. ۳۱
سئوالات و مسائل مطرح: ۳۴
فصل سوم ۳۵
علائم و تجهیزات کنترل ترافیک ۳۵
۳-۱- علامتهای افقی روی سطح رویه: ۳۵
۳-۲- علامت گذاری موانع: ۳۷
۳-۲-۱- توصیف کننده‌ها. ۳۷
۳-۲-۲- گل میخ‌ها (چشم گربه‌ای‌ها). ۳۷
۳-۳- علائم: ۳۷
۳-۳-۱- علائم تنظیم کننده. ۳۸
۳-۳-۲- علائم اخطار کننده. ۳۹
۳-۳-۳- علائم هدایت کننده. ۳۹
۳-۳-۴- هدایت کننده‌ها (کانالیزه کردن یک مسیر خاص). ۴۰
۳-۴- چراغهای راهنمایی: ۴۱
۳-۴-۱- چراغهای از پیش زمان‌بندی شده. ۴۱
۳-۴-۲- چراغهای راهنمایی نیمه متغیر. ۴۱
۳-۴-۳ - چراغهای هوشمند. ۴۲
۳-۵- سیستم‌های زمان‌بندی چراغهای راهنمایی: ۴۲
۳-۵-۱- سیستم‌های همزمان. ۴۳

۳-۵-۲- سیستم‌های متناوب. ۴۳
۳-۶- آرام سازی ترافیک: ۴۳
۳-۶-۱- برآمدگی‌های جاده با بالشتک‌های سرعت‌گیر. ۴۳
۳-۷- سیستم‌های هوشمند حمل و نقل (ITS): ۴۴
۳-۷-۱- سیستم‌های مدیریت ترافیک پیشرفته (ATMS). ۴۴
۳-۷-۲- علائم مه گرفتگی. ۴۴
۳-۷-۳- سیستم‌های کنترل آزادراه. ۴۴
۳-۷-۴- شناسایی و عکس‌العمل به سوانح. ۴۴
سؤالات و مسائل مطرح: ۴۵
فصل چهارم ۴۶
چراغهای راهنمایی و کاربرد آنها ۴۶
۴-۱- توالی چراغهای راهنمایی: ۴۶
۴-۲ - انواع چراغ راهنمایی: ۴۷
۴-۲-۱- چراغهای راهنمایی با زمان ثابت. ۴۷
۴-۲-۲ چراغهای راهنمایی متغیر. ۴۷
۴-۲-۳- چراغهای راهنمایی نیمه متغیر. ۴۸
۴-۲-۴- چراغ مخصوص پیاده‌ها. ۴۸
۴-۳- شرایط نصب چراغ راهنمائی: ۴۹
۴-۴- فازبندی چراغهای راهنمایی: ۵۱
۴-۴-۱- روش زود قطع‌کننده. ۵۲
۴-۴-۲- روش دیرآزاد کننده. ۵۲
۴-۴-۳ – روش توأماً (زود قطع کننده – دیر آزاد کننده). ۵۲
۴-۵- تردد اشباع: ۵۲
۴-۵-۱- اصلاح تردد اشباع بر اساس شیب ورودی به تقاطع. ۵۳
۴-۵-۲- اصلاح تردد اشباع بر اساس شرایط محیطی. ۵۳
۴-۵-۳- اصلاح تردد اشباع بر اساس قوس‌ها. ۵۴
۴-۵-۴- تردد عادی و سنگینی ترافیک. ۵۴

۴-۶- دستگاه چراغ راهنمائی: ۵۴
۴-۶-۱- چراغهای راهنمائی..... ۵۵
۴-۶-۲- اهداف کاربرد چراغ راهنمائی..... ۵۵
۴-۶-۳-تعاریف مربوط به تقاطع‌ها و چراغهای راهنمایی..... ۵۵
۴-۷- اجزای سیستم چراغهای راهنمایی:..... ۵۷
۴-۷-۱- اجزای سیستم زمان‌بندی چراغ راهنمایی. ۵۸
۴-۷-۲- محاسبه دوره بین دو سبز. ۵۸
۴-۸- روشهای مختلف کنترل حرکت وسایل نقلیه در تقاطع‌ها:..... ۶۱
۴-۸-۱- علائم کنترل کاربری خطوط. ۶۱
۴-۸-۲- علامت گذاری روی روسازی. ۶۱
۴-۸-۳- جداسازی خط گردش به چپ. ۶۱
۴-۹- مزایا و معایب روشهای دیرآزادکننده و زود قطع شونده: ۶۱
۴-۹-۱- مزایای روش دیر آزادکننده. ۶۱
۴-۹-۲- معایب روش دیر آزاد کننده..... ۶۱
۴-۹-۳- مزایای روش زود قطع کننده. ۶۱
۴-۹-۴- معایب روش زود قطع کننده..... ۶۲
سئوالات و مسائل مطرح:..... ۶۳
فصل پنجم ۶۴
محاسبه و طراحی چراغهای راهنمایی ۶۴
۵-۱- ضوابط کاربرد چراغهای راهنمایی:..... ۶۴
۵-۲ - هماهنگ سازی چراغهای راهنمایی: ۶۷
۵-۳- طراحی چراغ‌های راهنمایی با زمان ثابت: ۶۹
۵-۳-۱- روش میدانی یا روش آزمایشی..... ۶۹
۵-۳-۲- روش انگلیسی TRRL یا روش حداقل تأخیر. ۷۱
۵-۳- ۳- نیازهای عابران پیاده. ۷۱
۵-۴- تحلیل تأخیر در تقاطع‌های با چراغ راهنمایی:..... ۷۲
۵-۴-۱- محاسبه تأخیر در تقاطع‌ها. ۷۴

سئوالات و مسائل مطرح: ۸۰
فصل ششم ۸۲
تقاطع‌ها و میادین و جزایر ترافیکی واقع در آنها ۸۲
۶-۱- تقاطع‌ها: ۸۲
۶-۱-۱- کنترل‌های تقاطع. ۸۲
۶-۲- انواع کنترل برخوردها در تقاطع: ۸۳
۶-۲-۱- قوانین اصلی حق تقدم عبور. ۸۳
۶-۲-۲- علامت حق تقدم عبور. ۸۳
۶-۲-۳- ایست دو طرفه. ۸۳
۶-۲-۴- ایست چند طرفه. ۸۴
۶-۳- کنترل گردش در تقاطع‌ها: ۸۴
۶-۳-۱- انواع کنترل گردش (فازهای گردشی). ۸۵
۶-۴- علائم محدود کننده گردش: ۸۵
۶-۴-۱- تابلوهای ممنوعیت گردش. ۸۵
۶-۴-۲- چراغ شاخص ترافیک. ۸۶
۶-۴-۳- گردش به راست در زمان قرمز. ۸۶
۶-۵- کنترل کاربردی خطوط در تقاطع‌ها: ۸۶
۶-۶ - جزایر کنترل ترافیک: ۸۷
۶-۶-۱- طبقه‌بندی جزایر. ۸۷
۶-۶-۲- کاربرد جزایر. ۸۷
۶-۶-۳- جزایر هدایت کننده‌ی ترافیک. ۸۸
۶-۶-۴- جزئیات یک طراحی کلی. ۸۸
۶-۶-۵– طراحی سطح. ۸۸
۶-۶-۶ – نگه داری جزیره ترافیکی. ۸۹
۶-۷- کنترل‌های توقف در تقاطع: ۹۰
۶-۷-۱- کنترل پیاده. ۹۰
۶-۷-۲- حصار پیاده‌روها. ۹۱

۶-۷-۳- تونل پیاده رو ـ زیرگذر یا رو گذر.....۹۲
۶-۸- طراحی تقاطع‌ها و میادین: ۹۳
۶-۸-۱- شکل تقاطع‌ها: ۹۳
۶-۸-۲- اهداف و ملاحظات طراحی. ۹۶
۶-۸-۳- آرام سازی ترافیک در تقاطع. ۹۶
۶-۹- میادین:.....۹۸
۶-۹-۱- تقاطعهای بدون کنترل.....۹۸
سئوالات و مسائل مطرح:.....۹۹
فصل هفتم ۱۰۰
آشنایی با ظرفیت و سطح سرویس ۱۰۰
۷-۱- ظرفیت آزادراه:.....۱۰۰
۷-۱-۱- سرعت جریان آزاد.....۱۰۲
۷-۲- سطح سرویس: ۱۰۳
۷-۳- اجزاء تشکیل دهنده سطح سرویس: ۱۰۴
۷-۳-۱- ظرفیت و سطح سرویس از نگاهی دیگر. ۱۰۵
۷-۴- ظرفیت آزادراه‌ها: ۱۰۷
۷-۴-۱- ظرفیت قسمت اصلی آزادراه‌ها.....۱۰۷
۷-۴-۲- میزان تردد سرویس و سطح سرویس. ۱۰۸
۷-۵- عوامل تأثیر گذار بر ظرفیت و سطح سرویس: ۱۰۹
۷-۶- اصول اساسی جریان ترافیک: ۱۱۰
۷-۶-۱- ظرفیت رویکردی تقاطع. ۱۱۱
۷-۷- شرایط ترافیکی:.....۱۱۲
سئوالات و مسائل مطرح:.....۱۱۴
فصل هشتم ۱۱۵
پارکـینگـهـــــا ۱۱۵
۸-۱- چرائی اهمیت موضوع: ۱۱۵
۸-۱-۱- تسهیلات غیر خیابانی پارکینگ. ۱۱۷

۸-۲- طرح هندسی پارکینگ‌های پایانه‌ای:.....۱۱۷
۸-۲-۱- پارکینگهای کنار جدولی.....۱۱۷
۸-۲-۲- پارکینگ‌های روباز خیابانی.....۱۱۷
۸-۲-۲- سایر پارکینگهای مورب.....۱۱۸
۸-۳- کاربری تسهیلات پارکینگ: ۱۱۹
۸-۴- تعاریف:.....۱۲۰
۸-۴-۱- ضوابط پارکینگ کاربری و تقاضای پارکینگ.....۱۲۱
۸-۵- بررسی و برآورد پارکینگهای موجود: ۱۲۱
۸-۵-۱- تراکم پارکینگ.....۱۲۱
۸-۵-۲- مدت پارک. ۱۲۲
۸-۵-۳- برآورد پارکینگ لازم. ۱۲۲
۸-۵-۴- اشباع پارکینگ.....۱۲۲
۸-۵-۵- محل پارکینگ. ۱۲۳
۸-۶- انواع پارکینگ: ۱۲۴
۸-۶-۱- پارکینگ خیابانی. ۱۲۴
۸-۶-۲- پارکینگ همسطح. ۱۲۶
۸-۶-۳- پارکینگ چند طبقه. ۱۲۸
۸-۶-۴- پارکینگ بامی. ۱۲۸
۸-۶-۵- پارکینگ مکانیکی. ۱۲۹
۸-۶-۶- پارکینگ زیرزمینی. ۱۲۹
سئوالات و مسائل مطرح:.....۱۳۰
منابع و مراجع مورد استفاده: ۱۳۱