

TRAFFIC ENGINEERING

THIRD EDITION



ROGER P. ROESS
ELENA S. PRASSAS
WILLIAM R. MCSHANE

پیشگفتار

مهندسی ترافیک طیف وسیعی از مهندسی های مرتبط را در بر می گیرد با این تفاوت که غالب توجه آن به سیستم بزرگراهها و خیابانها معطوف می باشد . چرا که آنها (بزرگراه ها) به عنوان سیستم حیاتی شهری در یک کشور تعريف می شوند که این سیستم حمل و نقل ، بخش اعظمی از چارچوب و اساس جریانات میان شهری و داخل شهری مردم و کالاها را پوشش می دهد . از اینرو این سیستم نقش مهمی در چشم انداز و سیمای یک جامعه ایفا می کند . برای مثال در اقتصاد ، محیط ، اطمینان از امنیت و سلامت عمومی و همچنین دسترسی به مناطق دور افتاده موثر است . مهندسی ترافیک انواع متفاوتی از مهارت های مهندسی و مدیریتی از قبیل برنامه ریزی ، مدیریت ، طراحی ، ساخت و اجرا ، کنترل و نگهداری و بهینه سازی سیستم را در بر می گیرد . چون توجه کار مهندسی ترافیک بیشتر در زیرساخت های یک جامعه دیده می شود پس می توان گفت که علمی است که سیاست یک حکومت را نیز در بر می گیرد . از اینرو مهندسی ترافیک بر آن است تا طیف وسیعی از مهارت ها را بکار گیرد و برای موثر بودن باید نسبت به کلیه مشکلات و مسایل تیز بین بود . این سومین ویرایش از این کتاب می باشد که حاوی مطالب استانداردهای جدید و آنالیز تکنیک هایی از کتابهای ذیل می باشد

راهنمای شیوه کنترل ترافیک به صورت همگن «ویرایش هزاره سوم»

راهنمای ظرفیت بزرگراهها «ویرایش چهارم» ۲۰۰۰

آینه نامه طراحی هندسی بزرگراهها و خیابانها «ویرایش چهارم ۲۰۰۰» و دیگر منابعی که می توانند مورد استفاده قرار بگیرند . همانند دو ویرایش اول این متن میتوانند مورد استفاده دانشجویان لیسانس و بالاتر قرار گیرد .

این متن به چهار قسمت مهم و عملکردی تقسیم می شود :

۱- تشکیل دهنده های سیستم ترافیک و ویژگی های آنها

۲- مطالعات و برنامه هایی درباره سیستم ترافیک

۳- کاربرد سیستم آزادراه ها و بزرگراه های خارج از شهر

۴- کاربرد سیستم راههای شهری و حومه

به فصول این کتاب بخش‌های زیر نظیر سیستم های هوشمند حمل و نقل ، طراحی پارکینگ ، سیستم های علائم راهها و تحلیل تقاطع های بدون چراغ و برنامه ریزی سیستم های شریانی و مدیریت آنها اضافه گردیده علاوه بر آنها به طراحی هندسی و زیرساختها و علائم تسهیل کننده راهنمایی (چراغها و خط کشیها) اشاره شده است . همانند دو ویرایش ابتدایی متن شامل بسیاری از مسائل و تمرینات و پروژه هایی است که می تواند مورد استفاده در دروس مورد نظر باشد . حل مسائل نیز در دسترس می باشد .

نویسندها امیدوارند که این متن مفید و راهگشا جهت دانشکده ، دانشجویان و متخصصین این رشته باشد و از انتقادات شما جهت ارتقاء و تکمیل متن استقبال می نمایند . همچنین نویسندها از پیشنهادات و راهنمایی های افراد ذیل کمال تشکر را دارند . کارول مسر - دانشگاه تگزاس / امیلی پارنتلا - دانشگاه کالیفرنیا / مارک ویر کلز - دانشگاه میسوری / ویلیام اسپرول - دانشگاه میشیگان .

با احترام مولفین :

راجور روز

النا پراساس

ویلیام مک شین

۱-۱-۱- مهندسی ترافیک بعنوان یک حرفه

انجمن مهندسین حمل و نقل ، مهندسی ترافیک را بعنوان زیر مجموعه مهندسی حمل و نقل چنین تعریف می کند: مهندسی حمل و نقل ، بکارگیری تکنولوژی و اصول علمی در تصمیم گیریها ، طراحی های عملکردی ، عملیاتها و مدیریت تسهیلات در انواع مختلف حمل و نقل می باشد . تا حمل و نقلی (آمد و شدی) امن ، سریع ، راحت و اقتصادی و سازگار با محیط زیست برای مردم و کالاهای فراهم کند .

و همچنین مهندسی ترافیک فازی از مهندسی حمل و نقل می باشد که با برنامه ریزی ، طراحی های هندسی ، عملیات ترافیکی راهها ، خیابانها و بزرگراهها و همچنین شبکه های آنها ، پایانه ها و مناطق هم مرز و ارتباط با دیگر انواع حمل و نقل مرتبط می باشد .

این تعریفات جامع بودن این حرفه را با داشتن اهدافی افزون بر اهداف پیشین (امنیت و کارایی) نشان می دهد .

۱-۱-۱-۱- امنیت هدف نخستین

هدف اصلی مهندسی ترافیک ، ایجاد یک سیستم امن برای رفت و آمد در بزرگراه ها می باشد و این مسئله از اهمیت بسزایی برخوردار است . در سالهای اخیر تعداد کشته شدگان در بزرگراه های امریکا در حدود ۴۳۰۰۰ - ۴۰۰۰۰ نفر هر ساله بوده . با این وجود در مقایسه با دهه اول سال ۱۹۷۰ که تعداد کشته شدگان ۵۵۰۰۰ نفر هر ساله بوده ، هنوز این رقم قابل توجه می باشد . تعداد امریکایی هایی که در بزرگراه ها کشته شده اند از تعداد کشته شدگان تمامی جنگهای امریکا و همچنین جنگهای داخلی (مدنی) بیشتر بوده است .

در حالیکه کشته شدگان در دو دهه اخیر همچنان ثابت مانده تعداد تصادفات وسایل نقلیه کاهش یافته است و این بدین خاطر است که دارندگان وسائط نقلیه هر ساله مسافت بیشتری را با وسیله طی می کنند . با در نظر گرفتن تعداد ثابت کشته شدگان در هر سال از یک سو و از سوی دیگر افزایش مسافت طی شده توسط وسایل نقلیه ، تعداد کشته شدگان سیر نزولی دارد .

و این کاهش موثر از اجرای سبک های پیشرو مهندسین ترافیک بوده که در بیشتر آن موارد نیز موفق بوده اند . و تلاش دیگر ، حذف کردن رانندگان خطرناک از جاده ها است که این خود امنیت بیشتر جاده ها را به همراه دارد . خسارات ناشی از (رانندگی در بعد از مصرف دارو و در هنگام مستی) به مراتب کاهش یافته است . (ضبط گواهینامه ها به دلیل DUI و

وسایل نقلیه بهتر از پیش طراحی می شوند. امروزه وسایل نقلیه دارای داشبوردهای پوشش دار ، ستون های هدایت کننده اتاق ، کمربندهای ایمنی ویژه، کیسه های هوا (که در بعضی از وسایل نقلیه بیشتر از ۸ کیسه تعبیه شده) و سیستم ترمز ضد قفل و می باشند .

طراحی بزرگراه ها بدلیل توسعه و استفاده از سیستم بازدارنده (جلوگیرنده) جهت رفیوژ میانی و گاردیلهای و مناطق اطراف جاده بهبود یافته است . سیستم کنترل ترافیک ارتباط بهتر و سریعتری برای آگاهی مقامات از تصادفات و خرابیها دارد . هر چند با این وجود بیش از ۴۰۰۰۰ نفر هر ساله در تصادفات ترافیکی جان خود را از دست می دهند. به این خاطر هدف رفت و آمد ایمن همیشه در اولویت اول قراردارد .

۱-۱-۲ اهداف دیگر :

تعاریفی که از حمل و نقل و مهندسی ترافیک شد ، اهداف دیگری به شرح ذیل را نیز حائز اهمیت جلوه می دهد :

۱- سرعت ۲- راحتی ۳- در دسترس بودن ۴- اقتصادی بودن ۵- سازگاری با محیط

این اهداف ، خواسته های هر راننده یا مسافری است ، ما بیشتر می خواهیم که رفت و آمدی سریع ، راحت و سازگار با محیط داشته باشیم. همه این اهداف به هم مربوطند و باید در تعادل با اهداف دیگر و بخصوص هدف اولیه (امنیت) باشند

با وجود اینکه سرعت رفت و آمد خواسته همگان می باشد ، تکنولوژی حمل و نقل، ویژگیهای انسانی و نیاز به امنیت این خواسته را محدود می کند . راحتی و دسترسی بحث عام هستند و برداشتهای فردی از آنها کاملاً متفاوت است . راحتی شامل ویژگیهای فیزیکی راهها و وسایل نقلیه و متاثر از برداشتهای فردی از کلمه امنیت می باشد . دسترسی (سهولت سفر) مرتبط به راحتی مسافت و قابلیت سیستم حمل و نقل در رسیدگی به نیازهای ما در طول مسافت و زمان مناسب آن می باشد . مسئله اقتصاد نیز به این مقوله مرتبط است ، البته در سیستم حمل و نقل جدید چیزی " ارزان " خطاب نمی شود . بزرگراه ها و دیگر سیستمهای حمل و نقل نیازمند سازندگی های وسیع ، حفاظت و نگهداری و بکارگیری عوامل اجرایی که بیشتر هزینه آن از طریق مالیات و هزینه های دیگر تامین می شود، می باشند .

سازگاری با محیط یک مسئله پیچیده ای است که به مرور زمان مهم تر به نظر می رسد . تمامی سیستم های حمل و نقل تاثیرات منفی بر محیط دارند . همگی آلودگی صوتی و محیطی ایجاد می کنند و از منابع با ارزش زمینی استفاده می کنند . در بسیاری از شهرهای مدرن سیستم حمل و نقل ۲۵٪ از کل زمین را اشغال کرده . سازگاری از زمانی حاصل می شود که سیستم حمل و نقل موجب کاهش تاثیر محیطی منفی گردد و مهندسان نیز باید تسهیلاتی را از نظر زیبایی و تناسب با محیط فراهم نمایند که با نیازهای محیط هماهنگی داشته باشد .

مهندسين ترافيك وظيفه دارند تا تمامی اين اهداف را تحق بخشنده و با انجام تبادلات مناسب در جهت بهينه سازی سیستم حمل و نقل و استفاده بهينه از بودجه عمومي برای ساختن و نگهداري سیستم راهها تلاش کنند.

۱-۱-۳ مسئولیت، اخلاقیات و تعهد در مهندسی ترافیک

مهندس ترافیک رابطه ویژه ای با اجتماع دارد و بیش از دیگر مهندسین مسئول امنیت بخش اعظمی از جامعه می باشند. مهندسین ترافیک در دنیایی مشغول به کار هستند که تعداد کثیری از مردم از ترافیک و مشکلات حمل و نقل با اطلاعند و نمی دانند که خود تا چه اندازه بر این مسئله تاثیر گذارند. بنابراین انجام بهینه این پروژه نیازمند انتخاب افرادی با قدرت تصمیم گیری بالا و همچنین افرادی متخصص در شغلهای دیگر که با مهندسین ترافیک همکاری می کنند، می باشد. از آنجاییکه همه ما با سیستم های حمل و نقل در ارتباط هستیم و درک و فهم خود را از مسائل حمل و نقل و ترافیکی بالا می پنداریم، این وظیفه مهندسین ترافیک است تا مردم را با واقعیت این مسائل آشنا کنند. مانند تمامی مهندسین، مهندسین ترافیک باید ویژگیهای اخلاقی را بداند و اجرا کنند. شاخص های اولیه اخلاقی برای مهندسین ترافیک، شاخص هایی است که انجمن ملی مهندسین حرفه ای و انجمن مهندسین عمران در امریکا تعریف کرده است. مهندسین ترافیک باید تنها در حیطه تخصص خود مشغول به کار باشند و تمامی وظایف را کاملاً و با دقت انجام دهند و باید با مردم و کارمندان صادق باشند. و رعایت تمامی استانداردها را نیز بکنند.

مهندسين ترافیک همچنین وظیفه دارند تا با اعمال درست از عیب و نقص های جامعه جلوگیری کنند. در اینجا اشتباهاى که افراد مسئول ترافیک و حمل و نقل ممکن است مرتكب شوند را ذکر می کنیم:

۱- اتخاذ تصمیماتی که قابلیت اجرایی شدن را ندارند ۲- عدم موفقیت در حفظ شرایط بهینه ابزار، بعنوان مثال علامتهای راهنمایی و رانندگی که تیره هستند. بنابراین در اثر خرابی لامپها یا هر نوع نقص دیگری قابل تشخیص نمی باشد. ۳- عدم موفقیت در تطابق با تصمیمات گرفته شده در باره کنترل ترافیک و توسعه طرحهای تسهیلاتی و هدایت تحقیقات با استانداردهای رایج.

۴- اجرای قوانین ترافیکی بدون داشتن صلاحیت برای انجام آن.
لازم به ذکر است که یک استاندارد قدیمی بیان می دارد که همواره آماده سازی طرح ها و تصمیمات گرفته شده می بايست براساس منطق باشد نه تصمیمات فردی.

۱-۲- سیستمهای حمل و نقل و عملکرد آنها :

سیستم های حمل و نقل تشکیل دهنده های اصلی اقتصاد امریکا می باشند . و تاثیر مهمی بر شکل گیری جامعه و در مجموع عملکرد صحیح اقتصاد آن جامعه دارند .

شكل ۱-۱ بعضی از آمارهای کلیدی سیستم بزرگراه های امریکا را در سال ۲۰۰۰ نشان می دهد .

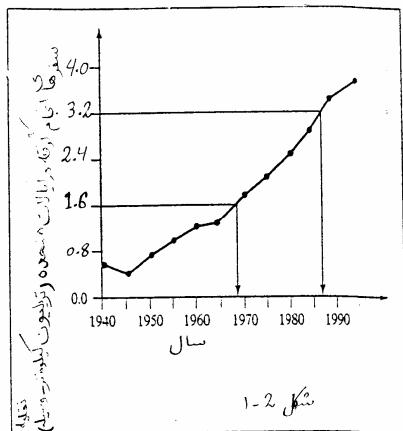
تعداد وسیله نقلیه ثبت شده	۲۲۱,۵ میلیون
تعداد رانندگان دارای گواهینامه	۱۹۱ میلیون
مسافت طی شده توسط وسائل نقلیه (کیلومتر - وسیله نقلیه)	۳,۹۴ تریلیون
طول بزرگراهها (کیلومتر)	۶,۲۷ میلیون
مالیات جمع آوری شده از بزرگراههای ایالتی	۶۱,۶ میلیارد دلار
مالیات اخذ شده توسط دولت فدرال در رابطه با استفاده از بزرگراهها	۳۰,۳ میلیارد دلار
آمار کشته شدگان اخذ شده از $\frac{2}{3}$ میلیون گزارش تصادف توسط پلیس	۴۱۴۷۱ نفر
سفر افراد با استفاده از بزرگراهها	% ۹۸

دولت آمریکا در حال گسترش و توسعه بزرگراه های خود می باشد ؛ با وجود اینکه سیستمهای حمل و نقل عمومی از اهمیت بسزایی در شهرهای بزرگ مانند نیویورک ، بستن، شیکاگو و سنفرانسیسکو برخوردار است ، با اینحال مبرهن است که بیشتر رفت و آمد های فردی و حمل و نقل کالاهای به سیستم بزرگراه ها بستگی دارد . و همین سیستم بزرگراه ها خود ، تاثیر بسزایی در اقتصاد جامعه دارد . بیش از ۹۰ میلیارد دلار هر ساله توسط کشور و دولت فدرال از استفاده کنندگان راهها (رانندگان) بعنوان ورودیه و یا مالیات گرفته می شود از این قبیل مالیاتها و ورودیه ها ، مالیات های غیر مستقیم که به بنزین و دیگر سوختها تعلق می گیرد ، مالیات وسایل نقلیه تجاری و غیره را نیز می توان ذکر کرد .

رقم نهایی ، شامل مالیاتهای جمع شده کشوری ، محلی و فدرالی نمی باشد . و همچنین مالیاتهای فروش وسایل نقلیه ، سوخت و چه در سطح کشوری و چه در سطح محلی در رقم نهایی گنجانده نشده اند . از طرف دیگر هر ساله مبلغی بالغ بر ۱۰۰ میلیارد دلار توسط بخشهای مختلف دولتی برای برنامه ریزی ، سازندگی ، حفظ و عملیاتی نمودن بزرگراه ها خرج می شود .

علاوه بر این ، اشتیاق امریکایی ها برای داشتن اتوبیل از دهه اول سال ۱۹۲۰ ، زمانی که هنری فرد ماشینی با مدل T ساخت که خرید آن برای تمامی افراد حتی با درآمد متوسط نیز ممکن بود افزایش یافت . این افزایش خود موجب ایجاد جنگها ، تحریمهای اقتصادی بنزین ، افسردگی و رکود اقتصادی و تقریباً هر چیز دیگری که در جامعه اتفاق می افتاد گردید

همانطور که در نمودار ۱-۲ می بینید مقدار مسافت طی شده توسط اتومبیل ها در سال ۱۹۶۸، ۱.۶ تریلیون و در سال ۱۹۸۷ ۳.۲ تریلیون کیلومتر می باشد . اگر این روند همچنان ادامه پیدا کند ۵ تریلیون کیلومتر نیز حتی دور از ذهن نخواهد بود . این روند رو به افزایش ، یکی از مشکلات عمدی ای است که مهندسین ترافیک با آن مواجه هستند . اهمیت بزرگراه ها از یک سو و مشکلاتی که در افزایش گنجایش سیستم ، ((مخصوصاً در مناطق شهری)) از سوی دیگر به وجود آمده باعث شده روند رو به افزایش استفاده از اتومبیل مستقیماً در افزایش تراکم در بزرگراه ها تاثیر گذار باشد .



شکل ۱-۲ آمار سفرهای انجام شده بین سالهای ۱۹۴۰ تا ۲۰۰۰ بر حسب کیلومتر-وسیله نقلیه در هر سال.

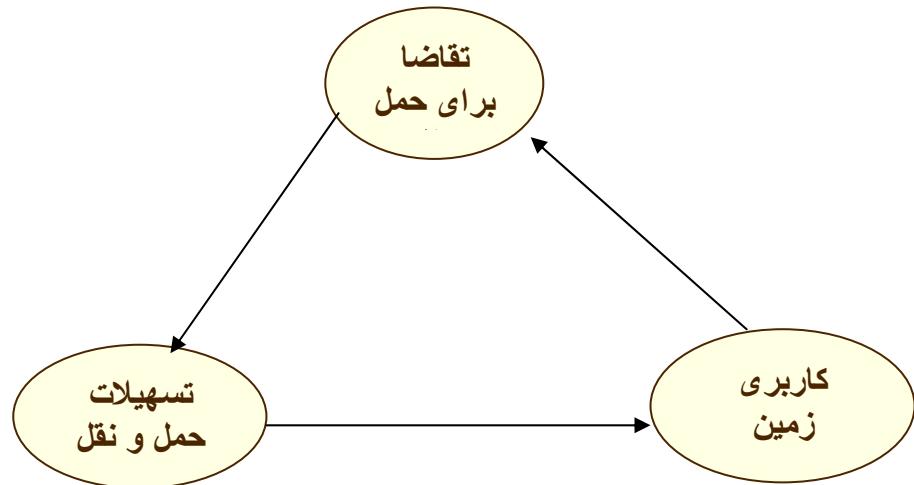
۱-۲-۱- طبیعت تقاضای حمل و نقل :

تقاضای حمل و نقل مستقیماً با کاربری زمین و تسهیلات موجود جهت سفر در ارتباط است .

شکل ۱-۳ این روابط مهم و اساسی را نشان می دهد که مدور و در حال افزایش است . تقاضای حمل و نقل با توجه به انواع ، میزان استفاده از زمینها و همچنین موقعیت مکانی آن بوجود می آید . برای مثال ، مسافتی که یک نفر برای رفتن به سر کار طی می کند از محل زندگی وی تا محل کار و تعداد دفعاتی که وی این مسیر را طی می کند نیاز به حمل و نقل را تعیین می کند .

طراحان سیستم حمل و نقل و مهندسین ترافیک سعی در ایجاد گنجایش لازم برای مسافران و استفاده کننده های پیش بینی شده دارند . بهبود سیستم حمل و نقل ، دسترسی به مناطق نزدیک و حومه را راحت تر کرده . بنابراین توسعه این زمینها نیز به مراتب راحتتر می باشد. از اینرو ساختن تسهیلات و امکانات حمل و نقل موجب افزایش استفاده از زمین های در حال توسعه می شود که این خود نیز نیاز به سیستم حمل و نقل بهتر را در بر می گیرد .

این ویژگی مدور و گردشی ، معضلی را ایجاد می کندکه افزودن گنجایش سیستم حمل و نقل خود موجب افزایش ترافیک و رفت و آمد می شود . در بسیاری از کشورها این معضل موجب شده تا مسئولان سیستمهای حمل و نقل از کاراکترهایی مانند وسائل نقلیه عمومی و کار پولینگ (که در این سیستم ، یک نفر دوستان هم مسیر خود را به مقصد می رساند) بنابراین تعداد ماشین کمتری در خیابانها خواهد بود . استفاده نمایند . در بعضی از شهرهاداشتن سیستم بزرگتر و ایجاد گنجایش افزون در بزرگراهها دیگراز اهداف سیستم حمل و نقل نیست چرا که سیستم حمل و نقل در این کشورهای پر تراکم و ازدحام و در حال غرق شدن می باشد . در این شهرها توجه بیشتر به بهینه سازی بزرگراه های موجود و حذف باریک راه ها می باشد . و روش دیگر آنکه ، تغییراتی در ساعتها و روزهای کاری انجام شود تا ترافیک پر ازدحام در ساعتهای خاص کاسته شود و راه حل دیگر توسعه مراکز اقماری ، در خارج از محدوده تجاری می باشد تا میزان رفت و آمد ها به مراکز تجاری داخل شهر کاهش پیدا کند . از طرف دیگر ، در بسیاری از شهرها تقاضا توازن ظرفیت محدود نمی گردد . و تلاش همیشگی برای سامان بخشیدن به این تقاضا عملی می باشد . واین در حالیست که اگر اقدامات لازم برای کنترل و مدیریت ظرفیت و تقاضا صورت نگیرد، این روند رو به افزایش و م دور تقاضا (شکل ۱,۳) ، همواره تراکم را افزایش می دهد .



شکل ۱-۳ طبیعت تقاضای حمل و نقل .

درک این مطلب توسط مهندسین ترافیک بسیار حائز اهمیت می باشد . این مسئله بسیار پیچیده است و در هیچ زمانی نباید آنرا نادیده گرفت . زمان استفاده و عدم استفاده از تکنیکهای پیش بینی تقاضا به نظر فردی مهندسین ترافیک بستگی دارد در تصمیمات و پیشنهادات در این زمینه ، تنها نباید به این مطلب توجه کرد ، بلکه عدم توانایی مسئولان را در پیش بینی دقیق و تاثیرات آنها را نیز باید در نظر گرفت . پیش بینی ده ساله تقاضای ترافیک که تقریباً ۲۰٪ ارزش واقعی را دارد ، خود یک موقفيت مهم می باشد . و از طرفی واقعیت این است که مسئله تراکم هیچگاه مهندسین ترافیک را به حال خود نخواهد گذاشت . ولی با وجود این ما همچنان تاثیر حمل و نقل را بر میزان مساحت اشغال شده کم اهمیت می پنداریم .) یعنی اینکه سیستم حمل و نقل زمینهای زیادی را اشغال می کند را جدی نمی گیریم .) اغلب با طراحی تسهیلات نوین در حمل و نقل ، تقاضا نیز روند رو به افزایش دارد . نمونه این مسئله را در نیویورک بخوبی می توان مشاهده کرد . زمانی که بزرگراه لانگ ایسلند ساخته شد ، تعداد ساکنین شهر نشین ، افزایش چشم گیری پیدا کرد برای مثال زمانی که خروجی ۷ بزرگراه ساخته می شد ، خانه های جدیدی در محل خروجی ۱۰ که جهت توسعه در آینده در نظر گرفته شده بود ، در حال ساخته شدن بود . و این در حالی بود که ممکن بود تسهیلات لازم برای زندگی تا سالها در آن مناطق آماده نباشد . در نتیجه بزرگراه مرحله به مرحله ساخته شد و بزرگراهی که جهت پیش بینی تقاضای سفر در ۲۰ سال آینده احداث شده بود ظرف مدت چند سال به ظرفیت اصلی رسید . این پروسه در چندین جای دیگر نیز تکرار گردیده است .

۱-۲-۱- مفهوم سیاری و دسترسی

سیستم حمل و نقل در یک جامعه بر آن است تا سیار بودن و در دسترس بودن را فراهم کند . این دو واژه به هم مرتبط هستند ولی از اجزای مختلفی تشکیل شده اند . سیاری به معنای توانایی رفت و آمد به مقاصد مختلف دسترسی به معنی سهولت رسیدن به مناطق و مقاصد مختلف می باشد .

سیاری به مسافران حق انتخاب زیادی می دهد تا به جایی که می خواهند بروند و همچنین این امکان را به خریداران می دهد تا از هر مرکز خریدی که می خواهند خرید کنند و نیز این امکان را به افراد می دهد تا برای اهداف مختلفی مانند تفریحی ، درمانی ، تحصیلی ، مسافرت کنند و یا مسیرهای طولانی برای رفتن به محل کار را طی کنند .

داشتن حق انتخاب بالا متأثر از یک شبکه کارای حمل و نقل می باشد که سفر به مقصد های مختلف را طی زمان آسايش و هزینه مناسب ممکن می سازد .

دسترسی عامل مهمی در ارزش یک زمین می باشد . وقتی زمینی قابل دسترسی از مناطق مختلف باشد ، زمینه بیشتری برای توسعه دارد . بنابراین از ارزش بالاتری برخوردار است . از اینرو نزدیک بودن به بزرگراه های اصلی و تسهیلات حمل و نقل عمومی خود یک ارزش مهم محسوب می شود . سیار بودن و در دسترس بودن را همچنین می توان در قسمتهای

مختلف یک سفر مورد بررسی قرار داد . سیاری را در کل مسیر در نظر می گیرند و آن متأثر از کارایی وسیله نقلیه ای است که مسافر را از مبدأ تا مقصد جا بجا می کند . دسترسی ، توانایی انتقال سیستم حمل و نقل به مقصد مورد نظر می باشد . پس ، دسترسی بستگی بالایی به تسهیلات حمل و نقل دارد برای مثال محل پارکینگ ، ایستگاه و محل بارگیری ، همانطور که بعد ها در فصل ۳ به آن خواهیم پرداخت ، بیشتر سیستمهای حمل و نقل به گونه ای طراحی شده اند که این دو ویژگی سیاری و دسترسی را از هم مجزا کنند بگونه ای که این دو همواره در حال رقابت می باشند و با هم سازگار نیستند . در سیستم بزرگراهها هدف سیاری با ساختن بزرگراهها ، آزاد راهها و شریانی های درجه یک و دو تامین می شود . دسترسی نیز معمولاً با شبکه خیابانی تامین می شود . یک سیستم حمل و نقل کارا باید سیاری و دسترسی را تامین کند و باید بگونه ای طراحی شود که این امنیت و کارایی را نیز به همراه داشته باشد .

۱-۲-۳- مردم کالا و وسائل نقلیه

بیشتر فعالیت مهندسین ترافیک در ارتباط با وسائل نقلیه می باشد . سیستمهای بزرگراه ها برای جابجایی امن و کار آمد وسایل نقلیه طرح ریزی و ساخته می شود . با اینکه هدف اصلی ، جابجایی وسائل نقلیه نمی باشد ولی هدف ، جابجایی مردم و کالایی است که از وسائل نقلیه برای جابجایی استفاده می کنند .
این روزه مهندسین ترافیک فعالیت خود را ب مردم و کالا ها متمرکز کرده اند .

در حالیکه برای افزایش ظرفیت جهت جابجایی وسائل نقلیه ، خطوط بزرگراهی بیشتری باید به بزرگراه ها افزوده شوند ، ظرفیت جابجایی مسافر می تواند با افزایش ظرفیت متوسط حمل مسافر افزایش یابد یک خط حرکتی بزرگراهی که دارای ظرفیت حرکتی ۲۰۰۰ وسائل نقلیه در ساعت می باشد را در نظر بگیرید . اگر هر وسیله نقلیه یک نفر را حمل کند هر خط عبوری دارای ظرفیت ۲۰۰۰ نفر در ساعت می شود . اگر بطور میانگین در هر ماشین ۲ نفر باشند ظرفیت دوبل می شود یعنی در هر ساعت ۴۰۰۰ نفر جابجا می شوند . اگر این خط حرکتی به عنوان خط ویژه اتوبوس در نظر گرفته شود ظرفیت جابجایی وسیله نقلیه آن به ۱۰۰۰ اتوبوس در ساعت کاهش می یابد حال اگر هر اتوبوس قابلیت جابجایی ۵۰ مسافر را داشته باشد ، ۵۰ هزار مسافر در ساعت در آن خط حرکتی قابلیت انتقال دارند . بازدهی جابجایی کالا امری حیاتی در اقتصاد یک کشور محسوب میشود . تولید محصولات گوناگون در صورتی سود آور می باشد که پروسه رساندن مواد اولیه به جایگاه تولید و سپس عرضه آن در کل کشور یا دنیا جهت مصرف به صورت بهینه و با حداقل هزینه انجام گیرد . با اینحال که حمل مواد اولیه و یا کالاها در مسافت‌های طولانی بوسیله ترابری دریایی، ریلی و یا هوایی انجام میگیرد ، اما در آخرین گام این فرایند جهت عرضه این محصولات به معازه های محلی و یا منازل مشتریهای خاص ما ناگزیریم که از ترانزیت کامیونی با استفاده از بزرگراهها بهره بجوییم و در این راستا عامل اصلی جهت عملکرد دسترسی مناسب ، ایجاد

تسهیلاتی میباشد که به کامیونها اجازه دهد تخلیه وبارگیری با کمترین درگیری با سیستم ترافیک صورت گیرد. به طور کلی حمل و نقل در بزرگراه ها از طریق وسایل نقلیه انجام می گیرد بدین جهت طراحی و کنترل سیستم های بزرگراه ها بستگی به ویژگی های خاص وسایل نقلیه و راننده ها دارد اما در نهایت موضوع اصلی جابجایی مردم و کالا ها است نه وسایل نقلیه .

۴-۲-۱- مد های حمل و نقل: هنگامیکه یک مهندس ترافیک بطور اصولی با مسئله بزرگراه و مسایل حمل و نقل بزرگراهی برخورد می کند ، باید همواره مسایل مهم دیگری را که با این مسایل مرتبط می باشد ، بعنوان یک عامل مهم متصل به سیستم شبکه ملی و ناحیه ای ، و منطقه ای موضوع را مد نظر قرار دهد .

نمودار شمار ۱-۱ لیست جامعی از چگونگی وضعیت حمل و نقل و عمدۀ استفاده آنها را نشان می دهد :

مهندس ترافیک باتمام این جریانات بطرق مختلف برخورد دارد اتومبیل ها ، اتوبوس ها و کامیونهای ترانزیت را می توان بعنوان استفاده کنندگان عمدۀ از این سیستم نام برد . دسترسی های بزرگراه ها به خطوط آهن ، و ترمینالهای هوایی از عمدۀ ترین مسایل مربوط به جاده ها است . طراحی مخصوص برای استفاده از این تسهیلات ، برای هر دو دسته مردم و وسایل حمل و نقل باید مد نظر قرار گیرد. راههای دسترسی عمومی ، دور برگردنهاي داخلی ، پارکینگ ها ، محوطه های پیاده رو و ترمینالهای لازم برای هر دو قشر مردم و حمل و نقل (بارها) از اصولی ترین اساس کار یک مهندس ترافیک می باشد .
علاوه طراحی یک سیستم همه جانبی سیستم حمل و نقل ، بعنوان یک هدف اصلی در حد اعلای کارائی و حداقل هزینه ها که در ارتباط به همه نوع مسافرت می باشد ، باید همواره مد نظر قرار گیرد .

جدول ۱،۱ : وضعیت مدهای حمل و نقل

وضعیت مد	وظایف عمومی	دامنه تقریبی ظرفیت
سیستم حمل و نقل عمومی شهری		
اتومبیل	حمل و نقل شخصی خصوصی قابل دسترسی برای هر نوع سفر	وسائط نقلیه ۶-۱ نفره برای هر ساعت در هر خط حرکتی بزرگراه تا ۲۰۰۰ وسیله و ظرفیت کل ۷۰۰-۴۰۰ وسیله نقلیه در ساعت برای هر خط حرکتی خیابانهای شریانی
ماشین اجاره ای / تاکسی	حمل و نقل خصوصی یا شرکتی قابل دسترسی یا با برنامه ریزی با قرار قبلی	وسائط نقلیه با جمع سرنوشت ۶-۱ نفر محدود به میزان دسترسی وسیله نقلیه
حمل و نقل اتوبوسهای محلی	حمل و نقل عمومی در طول مسیر ثابت با جدول زمانی مشخص و سرعت کم با میزان توقف متعدد	با توجه به ظرفیت ۴۰-۷۰ نفر در هر اتوبوس محدود به جدول زمانی میزان افراد افراد جابجا شده بین ۱۰۰ تا ۵۰۰۰ نفر ساعت در یک مسیر
اتوبوسهای سریع السیر	حمل و نقل عمومی با مسیرهای ثابت طبق برنامه زمانی مشخص با سرعت بیشتر و توقف های کمتر	در هر اتوبوس ۴۰-۵۰ نفر ظرفیت نشسته محدود شده در جدول زمانی
سفرهای کوتاه	حمل و نقل عمومی با مسیرهای قابل تغییر طبق فهرست و برنامه که معمولاً با درخواست انجام می شود .	ظرفیت نشستن قابل تغییر که بستگی به طراحی وسیله نقلیه دارد ظرفیت کل بستگی به تعداد وسایل در دسترس دارد .
وسایل ریلی سبک	وسایل ریلی معمولاً در حد ۱ یا ۲ کابین در طول مسیر یک شخص طبق برنامه مشخص	۱۲۰-۸۰ نفر در هر کابین و حداکثر تا ۱۵۰۰۰ نفر در هر ساعت مسیر
وسایل ریلی سنگین	وسایل نقلیه ریلی سنگین بصورت چند واگنه در مسیر مشخص جاده ای با برنامه ثابت با حق استفاده از جاده مخصوص در تونل یا در مسیرهای سطحی	۳۰۰-۱۵۰ نفر و اگن بستگی به نحوه صندلی ها و مکان های ایستادن تا ۶۰۰۰۰ نفر در هر وسیله (قطار)
معابر آبی	وسایل حمل و نقل دریایی برای مردم و وسایل نقلیه در مسیرهای مشخص با برنامه های مشخص	میزان قابل تغییر بسیار زیاد با توجه به طراحی وسایل و برنامه های آنها

سیستم حمل و نقل بین شهری عمومی

اتومبیل	حمل و نقل خصوصی بنا به نیاز برای هر نوبت مسافرت با برنامه	همانند وسائل نقلیه عمومی داخل شهری
اتوبوسهای بین شهری	حمل و نقل عمومی داخل مسیرهای مشخص بین شهری و با زمان (عمولاً محدود) با ارائه خدمات به ترمینال مرکزی واقع در هر شهر	۴۰-۵۰ مسافر در هر اتوبوس با برنامه های کاملاً متغیر
حمل و نقل ریلی	ارائه خدمات ریلی به مسافرین بین شهری در مسیرهای ثابت عمولاً می رود به جدول زمانی ثابت و ارائه خدمات از طریق ترمینال مرکزی در شهرها یا ایستگاههای بین شهری	۱۰۰۰-۵۰۰۰ مسافر در هر قطار بستگی به امکانات قطار با برنامه ریزی کاملاً متغیر
هوائی	خدمات هوایی متنوع به مسافرین بسته به نوع هوایپیما در مسیرهای ثابت و جدول زمانی مشخص	از ۳ تا ۵۰۰ مسافر به ازای هر هوایپیما بسته به اندازه و ترکیب هوایپیما و جدول زمانی بستگی به مقصد داشته و بسیار متغیر می باشد
آبی	ارائه خدمات حمل و نقل آبی که غالباً بستگی به برنامه ایام تعطیلات داشته و د مسیرها و زمان بندی های ثابت انجام می شود .	ظرفیت کشتی ها متغیر از چند صد تا ۳۵۰۰ مسافر با برنامه هاییکه عمولاً محدود است

حمل و نقل بار شهری و بین شهری		
کامیون بار تریلر های طویل	ترکیبی از تریلرهای یک ، دو تایی ، سه تایی بار کشنده بزرگ که در سطح جاده های بین شهری پراکنده می باشند که با برنامه قبلی انجام می شود	
کامیونهاي محلی	کامیونهاي کوچک تر که در کار توزيع کالاهای خدمات در نواحي شهری مشغولند	
قطار	باربری بین شهری اقلام فله همراه یا توزيع محلی به برخی از نقاطی که دارای خط بارگیری راه آهن می باشد .	
آبی	باربری بین شهری و بین المللی اقلام فله و حجمیم با استفاده از کشتیهای کاترینر بر و یدک کش ها	با توجه به نوع وسیله و چگونگی ساختمان فنی آنها و همچنین نحوه سرعت آنها و کندی حرکت و دسترسی با برنامه های قبلی
باربری هوایی	بین المللی یا بین شهری با بسته هایی با ابعاد کوچک و متوسط و حساس به زمان یا اقلام گرانها که صرف هزینه های بالا در آن مهم نباشد .	
خطوط لوله ای	برای انتقال سیالات و اقلام گازی و برای توزيع بین شهری و شبکه های محلی در حد امکانات خطوط کشیده شده .	

۳- قوانین بزرگراه و تاریخچه آن در ایالات متحده

توسعه سیستم بزرگراه ها در امریکا ، بطريق بسیار قدرتمندی بستگی به قوانین دولت فدرال و پشتیبانی آن در این فعالیت دارد . کلیه قوانین تاریخی و اعمال آنها ، در قسمت زیر آمده است :

۱-۳-۱- دروازه ملی و ایجاد قوانین ایالتی

قبل از سال ۱۸۰۰ میلادی ، جاده های احدهای کمی تمیز تر از جاده های خاکی و مال رو بود که فقط توسط ماجراجویان و محققین مورد استفاده قرار می گرفت . در اوخر سال های ۱۷۰۰ میلادی ، تازه جاده های خصوصی تازه نمایان شده بود

این جاده ها در کیفیت و طول از شبکه جاده های مال رو تا جاده هایی که بوسیله تخته مهیا و تکمیل می شد ، اتصال داشت . این جاده ها بوسیله مالکین خصوصی ساخته شده بود و اگر وجودی نیز در راه استفاده از این جاده ها بدست می آمد ، برای همین جاده ها و بهبود و تعمیرات آن مصرف می شد .

در ابتدا هنگامیکه لازم بود وجودی جمع آوری شود ، موانعی در مسیر این جاده ها توسط مالکین آن ایجاد می شد و این موانع عبور و مرور افراد را مختل می کرد . بعد از جمع آوری وجود مناسب ، مانع که معمولاً یک مانع ساده بود ، برداشته می شد و اجازه عبور و مرور به افراد و وسائل آنها داده می شد . این همان چیزی است که امروزه بصورت ایجاد مانع برای دریافت عوارض عبور و مرور از استفاده کنندگان ، ایجاد شده است .

دروازه ملی: در سال ۱۸۱۱ میلادی ، ساختمان اولین بزرگراه زیر نظر سیستم حکومت فدرال شروع شد که بنام جاده کامبرلاند و یا دروازه ملی شناخته شد . این بزرگراه به طول ۱۳۰۰ کیلومتر امپریال ام دی در شرق تا وندلیا ای ال در غرب ادامه داشت . این جاده که بصورت خاکی و تخته گذاری شده ایجاد شده بود در سال ۱۸۵۲ با هزینه ای بالغ بر ۶,۸ میلیون دلار امریکایی ، با تمام رسید . یک اقدام خوب در یک مسیر اصلی حساس که اکنون بعنوان روت ۴ شناخته شده است .

بزرگراه ها بعنوان یک حقوق ایالتی

دوره توسعه بزرگراه در امریکا به هر صورت دچار تغییرات کلی در سال ۱۸۳۲ میلادی گردید . این تغییرات توسط رئیس جمهور آندریو جکسون ایجاد گردید . پیشنهاد اصلی بعنوان حقوقی برای ایالت که توسط رئیس جمهور جکسون ابراز شده، این بود که مسئولیت ایجاد ساختمان و جاده ها و تردد و حمل و نقل ، وظیفه دولتی نیست ، بلکه بعنوان یک وظیفه اختصاصی به هر ایالت ، مربوط می شود . عملده ترین نقطه نظراتی که بعداً در این قانون بوجود آمد ، این مسئله را دنبال می کرد که ایجاد بزرگراه و قوانین مرتبط با آن باید در حیطه وظایف ایالتی باشد .

زمینه های حکومتی

اگر برنامه ریزی ، طراحی ، ساخت و ساز و نگهداری و عملیات مربوط به سیستم بزرگراه را بعنوان وظیفه ایالتی بنامیم . پس در این صورت نقش آژانس های فدرال چه خواهد شد ؟

برای مثال تکلیف اداره حمل و نقل و دواویر مربوط به آن ، مثل اداره بزرگراه فدرال ، اداره بزرگراه های ملی و دیگر ادارات و سازمانهای وابسته در این پروسه چیست ؟

دولت فدرال در رابطه با بزرگراه ها، وظایف قانونی خود را انجام می دهد . این وظایف مانند نظارت و کنترل عالیه سیستم بزرگراه های دولت فدرال ، سبب مصرف وجوده قابل توجهی از اعتبارات دولت فدرال می شد . این وجوده برای ساخت، عملیات نگهداری آنها ، بزرگراه ها و سایر سیستم های حمل و نقل به مصرف می رسید . سپس در همین راستا ، از ایالتهای خواسته شده تا استاندارهایی را در این رابطه ایجاد نمایند و تاکیدات حکومت فدرال را در این زمینه دنبال نمایند. و رویه ای را انتخاب نمایند که وجوده دولتی در مسیر صحیح بمصرف برسد.

بنا براین حکومت فدرال ایالات را برای انجام کمک به دولت فدرال در زمینه حمل و نقل تحت فشار قرار نمی دهد . اگر قرار باشد که بعنوان شریک و همکار انتخاب شوند، باید تابع قوانین مربوط به دولت فدرال باشند . اگر ایالتی توانایی ارائه این منابع عظیم مالی را به دولت فدرال نداشته باشد آنگاه حکومت فدرال کنترل بسیار جدی را بر روی این سیاست و استاندارد ها اعمال می کند .

نقش دولت فدرال در سیستم بزرگراه از ۴ مولفه عمدۀ تشکیل شده است :

۱- پذیرش مسئولیت مستقیم در سیستم های بزرگراه در روی زمین های دولتی (در مالکیت دولت) مثل پارکهای ملی و منابع بومی امریکا به عهده دولت فدرال می باشد .

۲- تهیه کمکهای مالی مطابق با قوانین وضع شده فعلی فدرال در زمینه حمل و نقل می باشد .

۳- توسعه برنامه ریزی ، طراحی و سایر استاندارد های مرتبط و خط مشی هایی که باید جهت دستیابی به دریافت وجوده که به منزله مساعدتهای مالی دولت فدرال در امر حمل و نقل هستند پی گیری شود .

۴- نظارت و اعمال فشار با در نظر گرفتن استاندارد هاو معیارهای دولت فدرال جهت استفاده از وجوده دولت فدرال در نظر گرفته شده باشد .

دولت ایالتی مسئولیت اولیه درباره برنامه ریزی ، طراحی و ساخت و نگهداری و عملیات بزرگراهها را مستقیماً بعهده دارد . این اقدامات معمولاً از طریق اداره ایالتی راه و ترابری یا آژانس های مشابه که دارای شرایط ذیل می باشند صورت می گیرد .

۱- مسئولیت پذیری کامل برای اداره سیستم بزرگراه

۲- مسئولیت کامل برای برنامه ریزی ، طراحی ، ساختمان و نگهداری و عملیات سیستم بزرگراه .

این مسئولیت ها و نحوه انجام آنها در کنفرانسها یی که در رابطه با استاندارد های اجرا شدنی و نحوه اجرای آنها می باشد ، گفته می شود .

۳- حق وکالت دادن در مورد مسئولیتهای مستقیم جاده های محلی و تفویض اختیار قانونی به آژانسها می محلی و حکومت های دارای مسئولیت عمومی و برای قانونگذاری در سیستم جاده ها.

در یک حکومت محلی ، مسئولیت برنامه ریزی ، طراحی ، ساختمان و نگهداری و کنترل سیستم جاده ای با آن حکومت می باشد. همکاری بین حکومت فدرال با حکومتهای محلی برای بهتر عملی شدن این قوانین ، همواره برقرار است . در رابطه با تقسیم و یا قطع نقاطی در بزرگراه ها و خطوط جاده ای محلی ، این حکومت ایالتی است که دارای مسئولیت و کنترل و اعمال نظر می باشد . تشکیلات محلی برای عملیات بزرگراه بدین صورت طبقه بندی می شود که از تشکیلات مربوط به حمل و نقل بزرگراه در مقیاس بالا شروع و تا مسئولیت اقدامات یک افسر پلیس و یک مهندس ترافیک ختم می شود . همچنین تعدادی شرایط خاص نیز در دور و بر این قوانین وجود دارد . برای مثال در ایالت نیویورک ، تشکیل اداره مهم (قانون منزل) که حاکم بر هر شهرداری محلی است ، وجود دارد . این اداره در شهرداریها که کلاً دارای یک میلیون نفر جمعیت و بیشتر می باشند وجود دارد . در تحت لوای این تدارک ، شهر نیویورک دارای اختیار قانونی تام بر روی کلیه بزرگراه ها در تمام مدت شباه روز است علاوه بر اینها ، مسئولیت سیستم های بزرگراه ، نیز با اوست .

۱-۳-۲- قوانین مایل استون:

قانون مساعدت های فدرال جهت بزرگراه مصوب سال ۱۹۱۶: اولین قانونی بود که در آن پیش بینی وجودی برای ساخت بزرگراه بوسیله دولت را نشان می داد . این قانون شامل تامین سیستم اولیه ، ثانویه و نهایی قانون بزرگراه ها و پیش بینی ۵۰٪ وجود مربوط به کمکهای دولت فدرال به ایالات جهت مطالعات برنامه ریزی و سایر سرمایه گذاری ها می شد . و این تسهیلات از درآمد عمومی دولت فدرال تامین می شد . و این قانون هر ۲ تا ۵ سال با افزایش مبالغ کمکی بازنگری می شد .

قانون مساعدت های فدرال جهت بزرگراه مصوب سال ۱۹۳۴: به منظور بازنگری در تامین سیستم اولیه ، ثانویه و نهایی این قانون به ایالات اجازه می داد که تا ۱/۵ درصد از کمک های دولت فدرال را جهت مطالعات و طراحی سیستم بزرگراهی صرف نمایند این خود بیانگر ورود دولت فدرال در عرصه طراحی بزرگراها می باشد .

قانون مساعدت های فدرال جهت بزرگراه مصوب سال ۱۹۴۴: این قانون حاوی نکات مهم و اساسی است که بموجب آن معلوم می شود که چه نتیجه ای از اجرای سیستم ملی بین ایالتی و بزرگراه های دفاعی ، حاصل می شود در این قانون هیچگونه اصلاحیه ای که برای برداشت وجوده ، لازم باشد پیش بینی نشده و سیستم برای ۱۲ سال آینده بهمین صورت خواهد بود . و هیچ تغییر اساسی در فرمول این کمکها تا ۴۰ سال ایجاد نگردید .

قانون مساعدت های فدرال جهت بزرگراه مصوب سال ۱۹۵۶ : در سال ۱۹۵۶ تصویب و اختصاص منابع مالی لازم برای بکارگیری و تجهیز سیستم ملی بین ایالتی و بزرگراها دفاعی صورت پذیرفت . در این قانون سهم دولت فدرال به میزان

۹۰٪ مشخص شده است که برای اولین بار از سال ۱۹۱۶، در این قانون، نحوه جمع آوری وجوه و سهم دولت تغییر یافته است.

بخاطر فشار واردہ به منابع مالی دولت فدرال، دولت در این قانون برای اولین بار نحوه تامین قسمتی از منابع مالی را پیش بینی نمود که بر اساس آن استفاده کنندگان از بزرگراه‌ها باید مالیاتی را برای این استفاده پردازند. همچنین در این قانون بر کلیه عواملی که بر این طرح بنحوی دخالت داشتند، مثل لوازم یدکی اتومبیل و بنزین و روغن و خرید اتومبیل نیز مالیاتی وضع کرد.

قسمت اعظم این مالیات، بغير از مالیات بر بنزین، در زمان ریاست جمهوری آقای نیکسون کاهش داده شد.

قانون مساعدتهای فدرال جهت بزرگراه مصوب سال ۱۹۷۰

این قانون همچنین به نام قانون امنیت بزرگ راهها در ۱۹۷۰ شناخته شد. در این قانون وجوه بلا عوض سهم دولت تا میزان ۷۰٪ جهت بزرگرهای ایالتی تعیین شد. همچنین در این قانون بكلیه ایالات امریکا توصیه شده است که آژانس هایی برای این منظور ((جهت امنیت بزرگرهایها)) و چگونگی انجام پروژه های بزرگرهایها، تشکیل شود.

قانون مساعدتهای فدرال جهت بزرگراه مصوب ۱۹۸۳

این قانون به ایالتها اجازه می داد، منابعی را جهت بهبود ترافیک شهری و شهرسازی برای شهروندان امریکا از بودجه فدرال، مصرف نمایند. این امر تاریخی برای اولین بار، این اجازه را اعطای نمود که از مالیات اخذ شده از کاربران جاده ای برای بهبود وضعیت حمل و نقل عمومی شهری استفاده شود.

ISTEA¹ AND TEA².21

این قانون، مهمترین و بزرگترین قانون پروژه بزرگ راهها در امریکا می باشد در این قانون طرق دسترسی محلی و حمل و نقل و منابع آن مشخص شده که بنام قانون (ISTEA) معروف گردیده است. که در سال ۱۹۹۱ به تصویب رسیده است. بموجب اصلاحاتی که بمور در این قانون بدست آمد، قانون حمل و نقل مناسبی با رعایت تساوی حقوق شهروندی در قرن ۲۱ (TEA21) در سال ۱۹۹۸ شناخته شد.

نکته مهم اینکه این قانون ترکیبی از قانون فدرال و قوانین اولیه می باشد که هر نوع مد حمل و نقل بطور وسیع در آن دیده شده است. و به کلیه ادارات ایالتی و دولتهای محلی آزادیهایی را جهت اخذ تصمیمات در چگونگی استفاده از مدهای حمل و نقل می دهد.

¹ - Inter modal surface transportation Efficiency act

² - Transportation equity act for the 21st century

در این قانون موارد زیر معلوم شده است :

- ۱- افزایش اختیار حکومت های محلی در نحوه استفاده از کمک های دولت فدرال.
- ۲- افزایش امکانات و جمع آوری وجوه جهت سازمانهای برنامه ریزی کلان شهرها و افزایش اهمیت و بودجه آنها (MPOs) . و با این تاکید که هرایالت دارای طرح بهبود حمل و نقل ایالتی را حفظ نماید (stip).
- ۳- جذب منابع حاصله از مالیات حمل و نقل دولت فدرال برای بهبود قانون هوای سالم و اصلاح قانون.
- ۴- اجازه مصرف اعتبار ۳۸ میلیارد دلار برای ایجاد ۲۴۸۰۰ کیلومتر سیستم بزرگراهی ملی در ایالات متحده امریکا
- ۵- اجازه مصرف ۷/۲ میلیون دلار اعتبار اضافه برای تکمیل بزرگ راههای بین ایالتی و همچنین تخصیص ۱۷ میلیارد دلار برای اصلاح آن ، به عنوان قسمتی از سیستم بزرگ راههای ملی در امریکا .
- ۶- افزایش تا میزان ۹۰٪ استفاده از وجوه دولت فدرال برای پروژه های واحد شرایط بین ایالتی.
- ۷- ترکیبی از بقیه وجوه دولت فدرال در قالب یک اعتبار واحد برای سیستم حمل و نقل ملی با ۸۰٪ از وجوه اولیه دولت مرکزی .
- ۸- ایجاد مراکز مشخصی در بزرگ راهها برای اولین بار بمنظور جمع آوری عوارض بزرگ راهها از استفاده کنندگان از بزرگ راهها از منابع دولت فدرال .

Tea 21 ((مصوبه یکسان سازی حمل و نقل)) در موارد زیر نیز طبقه بندی شده :

افزایش میزان وجوه

افزایش اختیارات در تخصیص اعتبارات توسط ایالات محلی

افزایش استانداردهای یکپارچگی سیستم حمل و نقل

تداوی ارتباط بین استانداردهای هوای سالم و اعتبارات مربوط به حمل و نقل ایالتی دولت فدرال .

ایجاد سیستم بزرگ راههای ملی. این مصوبه پاسخ لازم را به سوالی که سالها مطرح بود، بیان داشت و آن اینکه، نتیجه ایجاد این سیستم چه خواهد بود؟

ایجاد تسهیلات در روان سازی جاده ای به میزان ۳ برابر نسبت به قبل از این قانون که قسمتی از NHS می باشد .

۱-۳-۳- سیستم ملی بین ایالتی و بزرگراههای دفاعی :

سیستم روابط جاده ای بین ایالات مختلف امریکا ، به عنوان یکی از بزرگترین پروژه های مطرح در تاریخ زندگی بشریت بوده است .

در ۱۹۱۹ یک افسر جوان امریکایی بنام دوایت ایزنهاور ، که وظیفه انتقال ارتش در اختیار خود و وسایل آنها را داشت، باید این ارتش و وسایل آن را از بنادر و جاده های مختلف امریکا به موقع برای جنگ عبور می داد . بعلت نبودن جاده های مناسب ، این عبور ماهها بطول کشید و ایزنهاور را باین فکر واداشت که نیاز به بزرگ راههایی جهت عبور ارتش در امریکا می باشد . این یک اتفاق نبود که برای اولین بار در دوران حکومت ایزنهاور مسئله بزرگ راهها در امریکا مطرح شد . و اکنون نیز همزمان با قانون بزرگ راه ها ، نام ایزنهاور با آن آورده می شود .

بعد از خاتمه جنگ جهانی دوم ، حکومتهای کشور ها به این فکر افتادند که سطح کیفی زندگی مردم خود را افزایش دهند و برای این منظور بعنوان قدم اول داشتن اتومبیل یکی از ابزار های مهم دست یابی به این تفکر، احساس شد . برای این منظور افزایش تعداد اتومبیل داران مدد نظر قرار گرفت . که بمحض آن صاحبان اتومبیل بتوانند روزانه امور جاری خود را با استفاده از اتومبیل انجام دهند و در پایان هفته نیز برای تمدد اعصاب و آرامش از اتومبیل خود برای گردش استفاده نمایند . گروه هایی نیز در امریکا تشکیل شد (AAA³) آژانس هایی بودند که اساسی ترین هدف آنها برنامه ریزی بمنظور ایجاد و توسعه سیستم بزرگراه ها بود .

در همین ایام صنعت کامیون سازی و کامیون داری سعی در ایجاد و شناخت مسیرهایی بمنظور مقابله با هزینه های انحصاری و بالای حمل و نقل بین شهری در مقابل حمل و نقل ریلی را مدد نظر قرار داد . صنعت کامیون داری همچنین سعی در طی نمودن مسیرهایی برای بهره برداری از ترابان ها نمود . این رویه های به افتتاح سیستم های بین ایالتی در سال ۱۹۵۶ منجر گردید.

مفهوم سیستم

تصویب قانون بزرگراه در ۱۹۴۴ و اجرای آن در سال ۱۹۵۶ به نام قانون سیستم ملی بین ایالتی و بزرگراه های دفاعی ، عبارت است از ایجاد ۶۸۰۰۰ کیلومتر سیستم جاده بین ایالتی با امکانات محدود دست یابی محلی . این سیستم بطريقی طراحی شده بود که تمامی نواحی را که از نظر آماری دارای تمامی استانداردهای کلان شهرها هستند را به هم متصل می نمایند (SMSA⁴) با جمعیت استفاده ۵۰۰۰۰ عضو یا بیشتر و امکان دست یابی محدود محلی . اختصاص ۹۰٪ هزینه های سیستم از منابع دولت مرکزی حکومت فدرال این گونه توجیه گردید که این بزرگراهها پتانسیل استفاده ارتش در زمان جنگ جهت ترابری نظامی را داشته باشند .

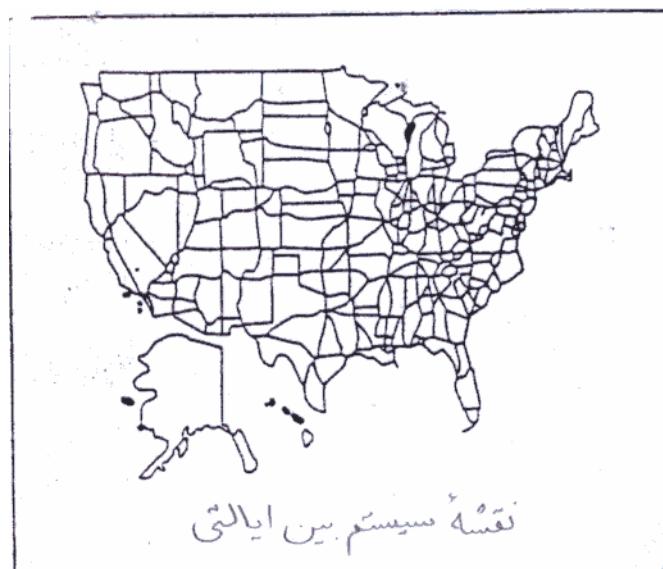
³ - American Automobile Association

⁴ - Standard metropolitan Statistical areas

ویژگیهای سیستم

مشخصات سیستم بین ایالتی شامل موارد زیر می باشد :

- ۱- تمام بزرگراه ها حداقل دارای دو مسیر مجزا در دو جهت جاده باشند. (برای عبور و مرور و ترافیک انحصاری)
- ۲- تمام بزرگراه ها دارای سیستم کنترل دسترسی جاده ای باشند .
- ۳- سیستم باید تشکیل یک حلقه بسته را بدهد . عبارت دیگر هر یک از بزرگراه ها باید دارای یک نقطه شروع و یک خاتمه باشند وکه این نقطه مرتبط با نقطه شروع بزرگراه ایالت بعدی باشد .
- ۴- مسیرهای شمالی جنوبی باید دارای کد دو رقمی فرد باشند مثل (I-۹۵)
- ۵- مسیرهای شرقی غربی باید دارای کد دو رقمی زوج مثل (I-۸۰)
- ۶- مسیرهای بین ایالتی که بعنوان حلقه های میان بر عمل می کنند یا اتصال دهنده به جاده های دسترسی اولیه بین ایالتی می باشند می بایست دارای کد مسیر سه رقمی باشند که دو رقم آخر آن نشانگر مسیر اولیه می باشد .



شکل ۱-۴ نقشه سیستم بین ایالتی آمریکا

وضعیت و هزینه ها

تا سال ۱۹۴۴ سیستم تا ۹۹,۴٪ تکمیل شد اکثر قسمتهای خاتمه نیافته به دلایل چندی ، انتظار تکمیل آنها هرگز وجود نداشت. کل هزینه های اجرایی تخمین زده شده ۱۲۵ میلیارد دلار می بود . تاثیر سیستم بین ایالتی بر روی مردم برای صرف

این بودجه ، قادر به درک نیست . این سیستم تسهیلاتی را برای قشر کارگر در امریکا ایجاد کرده بود، بطوریکه کارگران برای ایالتی که در آن زندگی می کردند، به ایالتی که در آن کاربود مراجعه مینمودند فروشگاه های ایالتی که در آن بوجود آمده بود، بضرورت از حالت سنتی خارج شده و تشکیل فروشگاه های زنجیره ای بزرگ را دادند (CBDS⁵ به . (Malls

سیستم هم چنین تاثیرات منفی جدی را از نظر محیطی بر نواحی اطراف خود وارد آورد عبور بزرگ راههای عظیم از داخل ایالات ، موانع فیزیکی ، برای تردد و دست رسی آسان اهالی به بعضی از مراکز داخل شهر ها مثل مدارس و کلیسا ها و را نا ممکن می نمود و رفتارهای نابهنجار اجتماعی در بعضی از مناطق کشور موجب شده که در نهایت بدلیل ایجاد اصلاحات اساسی در زمینه اطلاع رسانی و همچنین بدلیل وجود مخالفان ، بسیاری از پروژه های بزرگراهی متوقف شوند . بین سال های ۱۹۴۴ تا ۱۹۵۶، آرای عمومی بر احداث بزرگ راه های ارتباطی ایالتها، به دو صورت ایجاد آنها هم در داخل و هم در خارج و هم بصورت ایجاد مسیرهای کمربندي در اطراف شهرها ، اصرار داشت .

حامیان نظریه جاده های کمربندي اعتقاد داشتند که این نوع مسیرها با حضورشان در داخل و خارج شهر می توانند ترافیک سنگین شهری را موجب شوند . از طرف دیگر کلیه کسانی که از این مسیرهای ارتباطی بهره گرفتند افرادی بودند که در شهرها زندگی می کردند و به واسطه مالیاتی که می پرداختند ، انتظار سرویس دهی مناسب را نیز داشتند. نقطه نظر گروه دوم بیشتر مورد توجه قرار گرفته است اما رشد ترافیک شهری هم حقیقتی انکار ناپذیر است .

۴-۱-اجزا مهندسی ترافیک

در مهندسی ترافیک چندین اصل کلیدی وجود دارد :

۱- مطالعات ترافیک و ویژگی های آن

۲- ارزیابی عملکرد

۳- طراحی تسهیلات حمل و نقل

۴- کنترل ترافیک

۵- عملیات ترافیکی

۶- مدیریت سرویس های حمل و نقل

۷- یکپارچگی سازی روشهای هوشمند حمل و نقل

⁵ - Central business districts

مطالعات ترافیک و شناخت چگونگی آن در سنجش و تعیین کمیت ترافیک بخشهایی از بزرگراه‌ها دخیل است. این مطالعات به جمع آوری داده‌ها و بررسی آنها تمرکز دارد و در نهایت خواص ترافیکی بزرگراه‌ها از قبیل، حجم ترافیک و تقاضاهای های آن، سرعت، زمان مسافرت‌های شهری، تاخیر‌ها، حوادث، مبداء و مقصد و سایر عوامل موثر را نیز تعیین می‌کند.

ارزیابی عملکرد وسیله‌ای است که توسط که مهندسان ترافیک بخشهایی از تسهیلات حمل و نقل را بصورت کلی و جزئی مورد بررسی قرار می‌دهند. این مطالعات به جمع آوری داده‌ها و بررسی آن‌ها متمرکز است که چگونگی ترافیک مسیرهای مختلف را می‌نمایاند. این ارزش گذاری بر اساس حروف الفبای انگلیسی و بر اساس سنجش کیفیت سیستم (سطح سرویس) از A تا F مشخص می‌شود. هر کدام از این حروف معرف کیفیت سرویس دهی تسهیلات حمل و نقل و عمل کرد آن می‌باشد. رتبه A سرویس دهی بسیار عالی و F عدم موفقیت در سرویس دهی مناسب را مشخص می‌کند، توانایی حمل و نقل می‌بایست به عنوان مسئله‌ای مهم در ارزش گذاری سیستم‌های ارتباطی تعیین شود.

طراحی تسهیلات حمل و نقل، مهندسان ترافیک را به طراحی هندسی و عملکردی بزرگراه‌ها و سایر تسهیلات ترافیکی راهنمایی می‌کند. مهندسان ترافیک، مسئولیت طراحی سازه بزرگراه‌ها را بعهده ندارند، اما می‌بایست نیم نگاهی هم به ویژگیهای ساختاری و عملکرد آن در طراحی‌های خود داشته باشند.

کترل ترافیک وظیفه اصلی مهندسین ترافیک است و آن ایجاد قوانین ترافیکی است و جهت برقراری ارتباط با رانندگانی که از ابزار کترل ترافیک مانند علائم، خط کشی‌ها و چراگاه‌های راهنمایی بهره می‌برند.

عملیات ترافیکی، اثرات عملکرد کل شبکه حمل و نقل را مورد سنجش قرار می‌دهد، از جمله سیستم خیابان‌های یک طرفه، عملکرد حمل و نقل عمومی، محدودیتهای بخش مدیریت و سیستم کترل شبکه.

مدیریت سیستم شبکه حمل و نقل (**TSM⁶**) تمامی بخش‌های مهندسی ترافیک را با تمرکز بیشتر بر بهینه سازی توانایی‌های سیستم شامل می‌شود. بخشی از (**TSM**) به بررسی رفت و آمد وسائط نقلیه سنگین، سیستم تعمیرات بزرگراهی و تعیین قیمت گذاری در نیازهای مدیریتی و عملکرد های مشابه این می‌پردازد.

سیستم حمل و نقل هوشمند (**ITS⁷**) به تکنولوژی ارتباطات پیشرفته باز می‌گردد که می‌تواند ساماندهی و کترل سیستم‌های حمل و نقل را به عهده می‌گیرد.

این روشها بزرگراه‌هایی با کترول اتوماتیک، کترول عوارض اتوماتیک، سیستم ردیابی وسائط نقلیه، سیستم **GPS** در داخل اتومبیلها، سیستم چراگاه‌های راهنمایی اتوماتیک و کترول سرعت و سیستمهای هوشمند و شامل می‌شود.

⁶ - Transportation system management

⁷ - Intelligent transportation system

این روش تکنولوژی را در کنار روشهای بسیار دقیق و قانونمند قرار داده است به گونه ای که مسیر های ترافیکی را همزمان با بررسیهای متخصصان به کمک تسهیلات کترل ترافیک تعیین می کند.

این کتاب شامل موضوعاتی است که به کلیه مسائل مطرح شده بالا و حرفه پیچیده مهندسان ترافیک می پردازد.

۱-۵ مشکلات مدرن مهندسی ترافیک

ما در دنیایی پیچیده و در حال تغییر زندگی می کنیم . بنابراین مشکلاتی که مهندسان ترافیک با آن درگیر هستند ، به سرعت رو به افزایش است .

ترافیک سنگین شهری برای سالهای زیادی به عنوان موضوع اصلی مطرح بوده است . با وجود چرخه تقاضای حمل و نقل تحمیلی به ما افزایش ظرفیت همیشه راه حلی برای کاهش ترافیک سنگین حومه شهر نمی شود . بنابراین مهندسان ترافیک در گیر توسعه برنامه ها و استراتژی هایی هستند تا به نوعی زمان و مسافت و در قسمتهایی جلوی گسترش آنها را بگیرند . سوال اصلی این نیست که چه مقدار ظرفیت لازم است تا تقاضا را جواب دهد، بلکه در واقع پرسش این است که چه تعداد ماشین یا مردم مجاز ورود به مناطق پر ترافیک را در زمان مشخص دارند . مدیریت ترافیک موضوع اصلی امروز است . بعضی از ایالات قوانینی دارند که مجوز های گسترش را در سطح خدماتی در بزرگراهها و سیستم حمل و نقل محدود می کند .

در جایی که توسعه باعث پایین آمدن قابل توجه کیفیت خدمات ترافیکی می شود ، یا جلوی آن گرفته می شود یا توسعه گر مسئول بهبود ترافیک اتوبانهای عمومی می شود تا تاثیر شرایط منفی را کم کند . چنین سیاستهایی خیلی ساده تر و بهتر با شرایط اقتصادی همساز می شود . وقتی اوضاع اقتصادی در حال رکود است ، مسئله مهم تداخل بین تمایل به کاهش ترافیک سنگین و تمایل به رواج توسعه به عنوان اساس افزایش مالیات است .

باز سازی قسمتهای خدماتی اتوبانهای موجود نیز مشکلات ویژه ای را بدنبال دارد . تمام سیستم های ارتباطی بین شهری، قدیمی هستند و خیلی از قسمتهای خدماتی آنها نیازمند باز سازی های اساسی هستند .

قسمتی از مشکل مربوط به بازسازی خدمات بین شهری هست که ۹۰٪ سوبسید فدرال را دریافت می کند در حالیکه نگهداری روزمره همان خدمات جزو وظایف اولیه ایالت و دولت محلی است .

جدا کردن نگهداری روز مره این خدمات به طبع بازسازی های اساسی، نتیجه سیاستهای سرمایه گذاری فدرال در طول سالها بوده است . باز سازی های اساسی و بنیادی بار خیلی سنگینی در پی دارد که مربوط به بازسازی این خدمات نیست مثل نگهداری و حفظ ترافیک . ساختن یک قسمت خدماتی از بازسازی همان قسمت در حالیکه به ۱۰۰۰۰ خودرو یا بیشتر سرویس می دهد ، آسان تر است . بنابراین ، مسائل بازسازی های کوتاه مدت و بلند مدت مسیر های انحرافی به

همان اندازه انتقال ترافیک به مسیر های مشخص ، نیازمند طراحی اساسی توسط مهندسان ترافیک است . اخیراً ، موضوع حفاظت و امنیت قسمتهای خدماتی حمل و نقل مطرح شده است . بوجود آوردن فضاهای خدماتی و روند بازرگانی سیستماتیک و اتفاقی کامیونها و دیگر وسائل نقلیه در محلهای بحرانی راه کار دیگر است . همانطور که امنیت و حفاظت سیستم های حمل و نقل دیگر مثل راه آهن ، فرودگاه ها و سیستمهای سریع حمل و نقل انجام می شود این لیست ادامه دارد . نکته این است که مهندسان ترافیک نمی توانند انتظار داشته باشند که شغلشان را فقط با روشهای سنتی یا پروژه های سنتی تمرین کنند . مهندس ترافیک مثل سایر شغلها ، باید آماده رویارویی با مشکلات روز باشد و نقش اساسی را در حالیکه با سیستمهای ترافیک یا حمل و نقل در گیر است، بازی کند

۶- مراجع استاندارد برای مهندس ترافیک

مهندسان ترافیک برای به روز بودن و آگاه بودن باید با توسعه مدرن از طریق عضویت و شرکت در انجمنهای حرفه ای ، همراه باشد و دوره کردن معمول شرایط کلیدی دوره ای و آگاهی از آخرین معیارها و استاندارد ها برای تمرین شغلی او لازم است .

انجمنهای کلیدی شغلی مهندسی ترافیک شامل موسسه مهندسان حمل و نقل (ITE) ، کمیته تحقیقات حمل و نقل (TRB) ، شاخه حمل و نقل انجمن سیویل امریکا (ASCE) ITS امریکا و دیگران می باشد .

همه اینها، مطالب را تهیه و مجلات را نگهداری می کنند و ملاقاتهای محلی ، منطقه ای و ملی دارند . TRB شاخه ای از آکادمی ملی مهندسی است و مرجع اصلی مقالات تحقیقاتی و گزارشها می باشد .

مانند بسیاری از گرایش های مهندسی ، شغل مهندسی ترافیک دارای مراجع استاندارد و دستور العمل های زیادی است که به اغلب آنها در فصلهای این کتاب اشاره خواهد شد . مراجع اصلی شامل :

- کتاب مرجع مهندسی ترافیک (۱)

- کد مشخص وسائل نقلیه و مدل قوانین اداری ترافیک (۲)

- دستور العمل وسائل مشخص کترل ترافیک (۳)

- دستور العمل ظرفیت اتوبانها (۴)

- سیاست طراحی ژئومتریک اتوبانها و خیابانها (کتاب سبز AASHTO) (۵)

بعضی از این کتاب ها ویرایشهای اصلی به روز شده ای داشته اند مانند ویرایش ۱، ۳، ۴، ۵. بیشتر استانداردها در دوره های ۵ تا ۱۰ ساله به روز می شوند و مهندس ترافیک باید بداند که تغییرات در استانداردها ، معیارها ، روشها و دیگر قسمتهای چگونه بر روی حرفه کاری او تاثیر گذار است .

دستورالعمل های دیگر به وفور و اغلب مرتبط با ویژگیهای خاصی از مهندسی ترافیک یافت می شوند . این مراجع شرایط فعلی هنر مهندسی ترافیک را مشخص می کنند و منابعی که اخیراً مورد استفاده قرار گرفته اند باید جزو کتابخانه شخصی و حرفهای افراد در آید .

در ضمن تنوع سایت های اینترنتی که ارزشها زیادی برای مهندسی ترافیک دارند زیاد است . سایت های خاص در اینجا لیست نشده اند چون دائم در حال تغییر اند . تمام سازمانهای حرفه ای مثل سازنده های قطعات از این سایت ها دارند .
NHTA ، FHWA ، DOT و سازمانهای خصوصی وابسته به ترافیک نیز از این سایت ها دارند . تمام دستورالعمل های مربوط به تجهیزات کنترل ترافیک به صورت آنلاین در سایت FHWA قابل دسترسی اند . چون مهندسی ترافیک رشته ای است که به سرعت تغییر می کند ، خواننده نمی تواند مطمئن باشد که استاندارد و آنالیزی که می خواند به ویژه به دلیل شمار زیاد انتشارات (مانند مطالب این کتاب) به روز است . در حالیکه ناشران به چاپهای دوره ای تغییرات جدید اقدام می کنند ، مهندس ترافیک به عنوان یک مسئولیت شغلی باید آخرین تغییرات را بداند .

۱- واحد متریک در مقابل واحد امریکا

در مقدمه چاپ دوم این مقاله ، مشخص شده بود که ویرایش سوم این کتاب سیستم متریک خواهد بود . در ابتدا هدف تبدیل تمام آثارهای بزرگراه ها به واحد متریک در یک زمان کوتاه بود .

بعداً دولت از این هدف عقب نشینی کرد . بنابراین ، در حال حاضر در بعضی ایالات از سیستم امریکا و در ایالات دیگر (که تبدیل سیستم کرده اند) از واحد متریک استفاده می کنند که به سرعت در حال برگشت به سیستم امریکایی هستند . بعضی از منابع اصلی و کلیدی مثل دستورالعمل ظرفیت بزرگراهها به هر دو واحد اندازه گیری ، تهیه شده است . دیگر منابع مانند کتاب سبز ، شامل هر دو سیستم است .

واحد اندازه گیری متریک و امریکایی شبیه هم نیستند . استاندارد فاصله خط کش ۱۲ فوت تبدیل به استاندارد ۳/۶ متر می شود که از ۱۲ فوت باریکتر است . استانداردها برای طراحی سرعت ، ۷۰ مایل در ساعت است که به ۱۲۰ کیلو متر در ساعت تبدیل می شود که از لحاظ عددی برابر نیستند . دلیل این مسئله این است که در هر دو سیستم به جای اعداد اعشاری از اعداد رند استفاده می شود . به همین دلیل است که یک سری آچار با سیستم متریک برای استفاده در یک ماشین خارجی با آچارهای استاندارد امریکا فرق می کند . چون بیشتر ایالات دارای سیستم امریکایی هستند تا متریک (ایالتهای دارای متریک هم در حال بازگشت به سیستم امریکایی هستند) و نیز از دیاد حجم متن کتاب در صورتی که دارای هر دو سیستم واحد اندازه گیری می بود ، این کتاب دارای سیستم اندازه گیری امریکایی است .

۱-۸- توصیه های پایانی

حرفه مهندسی ترافیک خیلی پیچیده و گستره است . در حالیکه متکی بر اصول اولیه ثابتی است که در طول زمان دستخوش تغییرات زیادی نمی شود . این کتاب شامل استانداردها و آزمونهای اصلی و بنیادی و به روز سال ۲۰۰۳ میلادی می باشد . خواننده باید با تغییرات زیادی که بر روی مطالب آینده تاثیر گذار است ، درگیر باشد .

منابع و مأخذ

- ١- پی لاین ، جی ، مولف ، کتاب مرجع مهندسی ترافیک ، ویرایش پنجم ، موسسه مهندسی حمل و نقل ، واشنگتن ، ۱۹۹۹
- ٢- کد وسایل نقلیه و الگوی قوانین ترافیک ، کمیته ملی قوانین ترافیک ، واشنگتن ، ۱۹۹۲
- ٣- دستور العمل تجهیزات کنترل ترافیک ، ویرایش ۲۰۰۰ ، ریاست فدرال بزرگراه ، واشنگتن ، قابل FHWA درسایت دسترسی
- ٤- دستور العمل ظرفیت بزرگراه ، ویرایش چهارم ، کمیته تحقیقات حمل و نقل ، واشنگتن ۲۰۰۰
- ٥- سایت طراحی ژئومتریک بزرگراه و خیابان ، ویرایش چهارم ، انجمن امریکایی بزرگراه های ایالتی و ترافیک اداری ، واشنگتن ، ۲۰۰۱

فصل ۲

خصوصیات کاربران راه و وسایل نقلیه

:
(
)
•
(
)
•
•
•

:

.()
)
/ / .(

()

()

()

()

(...)

:

:

[]

()

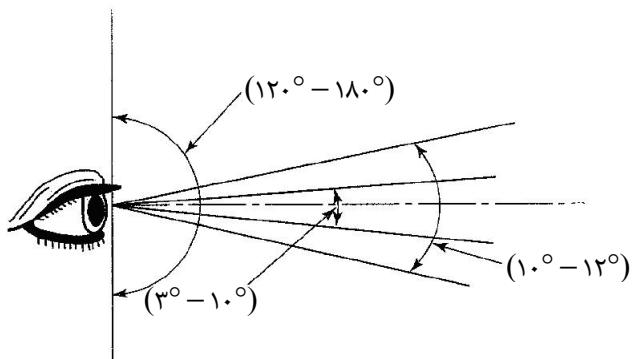
()

()

:[]

1

: ()



: ()

km/h

km/h

()

()

(PRT)

:[]

: .

: .

: .

: .

(PRT)

PRT

PIEV

PIEV

AASHTO

[]

[] /

(/ PRT)

PRT []

PRT

AASHTO

/

PRT

AASHTO

AASHTO

/ PRT PRT

/ PRT AASHTO

/ / / /

() AASHTO

PRT

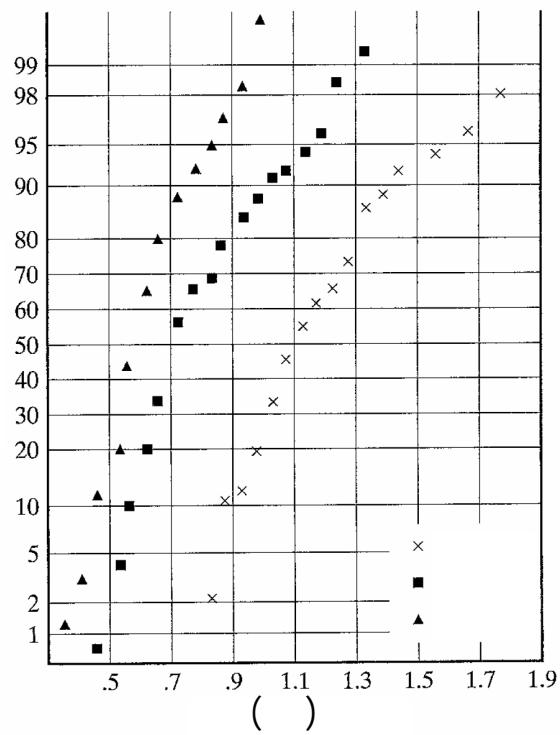
() PRT

Olsen

/

PRT

PRT



: ()

: PRT

PRT

(

(

(

(

DWI/DUI

PRT

PRT

PRT Km/h

m/s

$$\frac{km \times (\frac{m}{km})}{h \times (\frac{s}{h})} = \text{Km/h}$$

$d_r = \text{Km/h}$ s.t ()

$$\mathrm{m} = d_r$$

$$\mathrm{km/h} = s$$

$$\mathrm{s} = t$$

$$\mathrm{km/h}$$

AASHTO

/

$$d_r = \cdot / 278 \times 96 \times 2 / 5 = 56 / 11 m$$

/

)

/

$$\mathrm{km/h}$$

()

[]

[]

: ()

/ m/s

m/s

[] / m/s

()

[] : ()

(m/s)	/
/	/
/	
/	
/	
/	
/	
/ - /	
/	()

)

(

.[] /

()

[]

"DON'T WALK"

[]

"DON'T WALK"

"DON'T WALK"

()

"DON'T WALK"

DWI/DUI

/ %

/

(

)

/

DWI/DUI

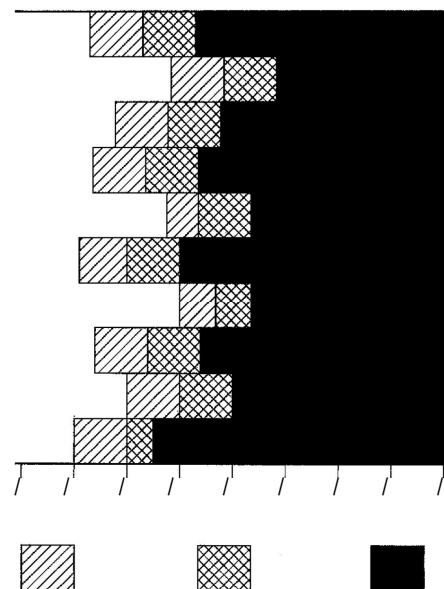
/

(/ %)

()

/)

(



:()

AASHTO []

(SUVS) •
() •
() •

)

(...

•

•

•

•

•

•

AASHTO

= P

= SU

(/)

=BUS-40

(/) =BUS-45

=CITY-BUS

=S-BUS 36

=S-BUS 40

=A-BUS

(/) =WB-40

(/) =WB-50

(/) =WB-62

(/) =WB-65

(/) =WB-67D

(/) / =WB-100T

(/) / =WB-109D

=MH

=P/T

=P/B

=MH/B

=TR/W

/

/

/

/

/

)

.

(

/

:

(\leq km/h)

•

($>$ km/h)

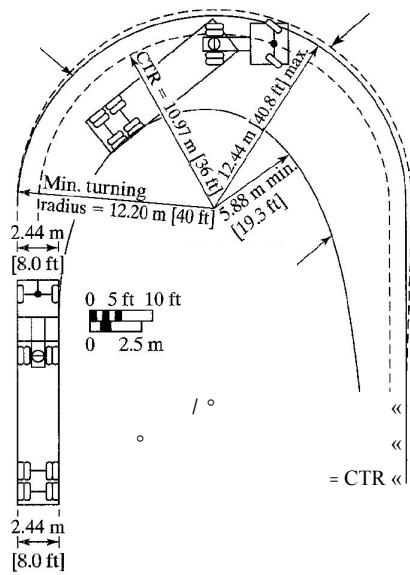
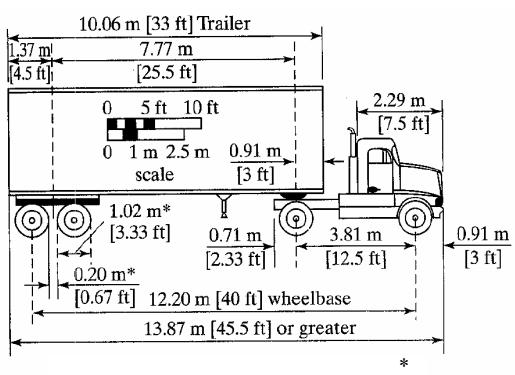
•

()

AASHTO

()

WB-40



WB-40

: ()

/ /

WB-109D

$$\frac{\cdot / \cdot e + f}{\cdot - \cdot / \cdot e.f} = \frac{S^r}{gR} \quad ()$$

(%) $= e$

$= f$

(m/sec) $= S$

(m) $= R$

(/ m/s²) $= g$

) () ()

AASHTO .(

$$/ \quad ef \quad (\quad)$$

$$\vdots \quad . \quad km/h$$

$$\frac{\cdot / \cdot \backslash e + f}{\backslash} = \frac{(\cdot / \backslash \forall \wedge S)^r}{\forall / \wedge \backslash R}$$

$$\cdot / \cdot \backslash e + f = \frac{\cdot / \cdot \forall \forall S^r}{R} = \frac{S^r}{\forall \forall R}$$

$$R = \frac{S^r}{\forall \forall (\cdot / \cdot \backslash e + f)} \quad (\quad)$$

$$km/h \quad m/s \quad S$$

/

()

(f) : ()

					km/h
/	/	/	/	/	<i>f</i>

()

km/h

f e

f= / e= %

$$R = \frac{1.4^r}{127(1/1 \times \lambda + 1/1)} = 44.8 / 127m$$

f e

()

S ()

$$S = \sqrt{127 \times 44.8 \times (1/f + 1/e)}$$

f R(m) e(%)

()

$$S = \sqrt{127 \times 44.8 \times (1/f + 1/e)}$$

$$S = \sqrt{127 \times 244 \times (./.6 + ./1)} = 7. / 4 \text{ km/h} \quad (\text{ km/h })$$

$$S = \sqrt{127 \times 244 \times (./.6 + ./12)} = 76 / 7 \text{ km/h} \quad (\text{ km/h })$$

$$S = \sqrt{127 \times 244 \times (./.6 + ./14)} = 78 / 7 \text{ km/h} \quad (\text{ km/h })$$

$$S = \sqrt{127 \times 244 \times (./.6 + ./15)} = 80 / 7 \text{ km/h} \quad (\text{ km/h })$$

/ /

:

$$S = 78 / 7 + (80 / 7 - 78 / 7) \times \left[\frac{(80 - 78 / 7)}{(80 / 7 - 78 / 7) + (80 / 7 - 84)} \right] = 78 / 7 \text{ km/h}$$

/ km/h

()

:

$$d_b = \left(\frac{S}{r} \right) \times \left(\frac{S}{a} \right) = \frac{S^2}{ra} \quad (\text{ m })$$

()

:

$$(m) = d_b$$

$$(m/s) = s$$

$$(m/s^2) = a$$

:

km/h

$$d_b = \frac{(\cdot / \gamma \eta S)^r}{\gamma a} = \frac{\cdot / \gamma \lambda \varepsilon S^r}{a}$$

/ km/h S

km/h m/s

$$/ \text{ m/s}^2 \quad g \quad F = \frac{a}{g}$$

(F)

$$d_b = \frac{\left(\frac{\cdot / \gamma \lambda \varepsilon S^r}{\gamma / \lambda \varepsilon} \right)}{\left(\frac{a}{\gamma / \lambda \varepsilon} \right)} = \frac{S^r}{\gamma \delta F}$$

F

$$d_b = \frac{S_i^r - S_f^r}{\gamma \delta F (F \pm \cdot / \cdot) G} \quad ()$$

$$(\%) = G$$

$$\text{km/h} = S_i$$

$$\text{km/h} = S_f$$

+

$$/ \text{ m/s}^2$$

()

$$F = \frac{v/v_1}{g/g_1} = \cdot / 348$$

$$d_b = \frac{S_i^r - S_f^r}{254(\cdot / 348 \pm \cdot / \cdot)G} \quad ()$$

% km/h :

(S_f = 0 km/h)

()

$$d_B = \frac{v^r - v}{254(\cdot / 348 - \cdot / \cdot) \times 3} = 114 / \cdot \quad m$$

() F

AASHTO

km/h

(F = /) (F = /)

() ()

$$d_b = \frac{S_i^r - \gamma^r}{\gamma^r (\cdot / \gamma)}$$

$$Si = \sqrt{(\gamma^r \times \gamma^r \times \cdot / \gamma) + \gamma^r} = \gamma^r / \lambda \quad km/h$$

;

$$d_b = \frac{S_i^r - \gamma^r / \lambda^r}{\gamma^r (\cdot / \gamma^r)}$$

$$Si = \sqrt{(\gamma^r \times \gamma^r \times \cdot / \gamma^r) + \gamma^r / \lambda^r} = \gamma^r / \lambda \quad km/h$$

/ km/h

()

/ kg/hp

/ kg/hp _____

:()

: (m/s ²)		(km/h)
(/ kg/hp)	(/ kg/hp)	
/	/	
/	/	
/	/	
/	/	
/	/	

$$\text{km/h}$$

$$\text{km/h} \quad \text{m/s}$$

$$d_a = \left(\frac{\cdot / \gamma \gamma \lambda S}{a} \right) \left(\frac{\cdot / \gamma \gamma \lambda S}{\gamma} \right) = \cdot / \cdot \gamma \lambda \varepsilon \quad \left(\frac{S^r}{a} \right) \quad ()$$

$$(m) \quad = d_a$$

$$(\text{km/h}) \quad () \quad = S$$

$$(\text{m/s}^2) \quad = a$$

$$\text{km/h} \quad \text{m/s} \quad /$$

$$: \quad \text{km/h} \quad / \quad \text{m/s}^2$$

$$da = \cdot / \cdot \gamma \lambda \varepsilon \left(\frac{\gamma \gamma^r}{\gamma / \gamma} \right) = \gamma \gamma / \gamma \quad m \\ : \quad \text{km/h} \quad / \quad \text{m/s}^2$$

$$da = \cdot / \cdot \gamma \lambda \varepsilon \left(\frac{\gamma \gamma^r}{\cdot / \gamma \gamma} \right) = \gamma \gamma / \gamma \quad m$$

HCM

$$(\quad) \quad d_r \quad (\quad) \quad . \quad (d_b) \quad (d_r)$$

:

 d_b

$$d = \cdot / \gamma \gamma \lambda \quad S_i \cdot t + \frac{S_i^r - S_f^r}{\gamma \delta \gamma (\cdot / \gamma \gamma \lambda \pm \cdot / \cdot) G} \quad (\quad)$$

:

$$(m) \quad = d$$

$$(km/h) \quad = S_i$$

$$(km/h) \quad = S_f$$

$$(s) \quad = t$$

$$(\%) \quad = G$$

km/h

$$S_f = \left(\frac{\cdot}{\cdot} \right) / s \quad \text{AASHTO}$$

$$d = \cdot / 278 \times 112 \times 2 / 5 + \frac{112^r - \cdot}{254(\cdot / 348)} = 77 / 84 + 141 / 91 = 219 / 75 \quad m$$

/

km/h

$$) \quad (\quad) \\ : \quad ($$

$$152 = \cdot / 278 \times 112 \times 2 / 5 + \frac{112^r - S_f^r}{254(\cdot / 348)}$$

$$152 - 77 / 84 = 74 / 16 = \frac{112^r - S_f^r}{88 / 39}$$

$$6555 = 12544 - S_f^r$$

$$S_F = \sqrt{12544 - 6555} = 77 / 39 \quad km/h$$

/ km/h

[]

AASHTO

)

(

•
•
•
•

()

/ s

km/h

/ s AASHTO %

:

$$d = \frac{0.778 \times 96 \times 14 / 5 + \frac{9.5^2 - 1^2}{254(0.778 - 0.1 \times 3)}}{378 + 114 / 1} = 0.1 / 1 \quad m$$

() () : ()

(m)					(s)	(km/h)
E ()	D ()	C ()	B ()	A ()		
/	/	/	/		(s)	
					/	
					/	
					/	
					/	
					/	
						: A
						: B
					/ /	: C
					/ /	: D
					/ /	: E

AASHTO

()

/ /

()

:

$$d = \cdot / \gamma \gamma \lambda (t_r + t_m) S_i$$

()

(s) $= t_r$

(s) $= t_m$

AASHTO

/ s s km/h

$$d = \cdot / \gamma \gamma \lambda (14/5 + 4) \times 95 = 493 / 4 m$$

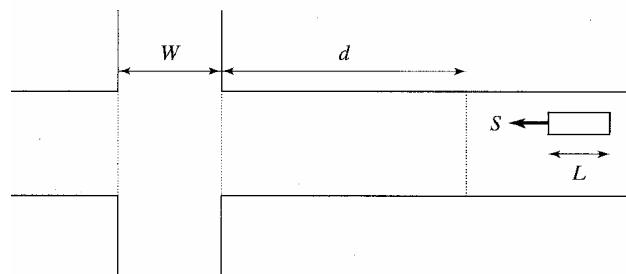
() () ()

:

AASHTO

() ()

()



:()

d ()

d

d

d (s)

(L) (w)

km/h

$$d = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} = \frac{64 - 0}{2 \cdot 34} = 9.4 \text{ m}$$

/

: km/h

$$y = \frac{64/1}{9.4 \times 34} = 0.018 \text{ s}$$

[1] Dewar, Robert, "Road Users," *Traffic Engineering Handbook, 5th Edition*, Institute of Transportation Engineers, Washington DC, 1999.

[2] Ogden, K.W., *Safer Roads: A Guide to Road Safety Engineering*, University Press, Cambridge, England, 1996.

[3] Allen, Merrill, et al., *Forensic Aspects of Vision and Highway Safety*, Lawyers and Judges Publishing Co., Inc., Tucson, AZ, 1996.

[4] Olson, Paul, *Forensic Aspects of Driver Perception and Response*, Lawyers and Judges Publishing Co., Inc., Tucson, AZ, 1996.

[5] *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, 4th Edition, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington DC. 2001.

[6] Johansson, G. and Rumar, K., "Driver's Brake Reaction Times," *Human Factors*, Vol. 13, No. 1, Human Factors and Ergonomics Society, February 1971.

[7] *Report of the Massachusetts Highway Accident Survey*, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, 1935.

[8] Norman, O.K., "Braking Distances of Vehicles from High Speeds," *Proceedings of the Highway Research Board*, Vol. 22, Highway Research Board, Washington DC, 1953.

[9] Fambro, D.B., et al., "Determination of Safe Stopping Distances," *NCHRP Report 400*, Transportation Research Board, Washington DC, 1997.

[10] *Determination of Vehicle Signal Change and Clearance Intervals*, Publication IR-073, Institute of Transportation Engineers, Washington DC, 1994.

[11] *Human Factors*, Vol. 28, No. 1, Human Factors and Ergonomics Society, 1986.

[12] Eubanks, J.J. and Hill, P.L., *Pedestrian Accident Reconstruction and Litigation*, 2nd Edition, Lawyers and Judges Publishing Co., Inc., Tucson, AZ, 1998.

[13] Perry, J., *Gait Analysis*, McGraw-Hill, New York, NY, 1992.

[14] Sleight, R.B., "The Pedestrian," *Human Factors in Traffic Safety Research*, John Wiley and Sons, Inc., New York, NY, 1972.

[15] Tidwell, J.E. and Doyle, D., *Driver and Pedestrian Comprehension of Pedestrian Laws and Traffic Control Devices*, AAA Foundation for Traffic Safety, Washington DC, 1993.

[16] Herms, B.F., "Pedestrian Crosswalk Study: Accidents; in Painted and Unpainted Crosswalks," *Pedestrian Protection*, Highway Research Record 406, Transportation Research Board, Washington DC, 1972.

[17] "Transportation in an Aging Society," *Special Report 218*, Transportation Research Board, Washington DC, 1988.

:

km/h

() / s

(

km/h

m/s²

/ s / s

%

km/h

(F= /)

(F= /)

km/h

km/h

AASHTO

%

s

km/h

AASHTO

km/h

%

km/h

/

%

فصل

۴

آشنایی با تجهیزات کنترل ترافیک

تجهیزات کنترل ترافیک رسانه هایی هستند که از طریق آنها مهندسین حمل و نقل با رانندگان ارتباط برقرار می کنند. در واقع تمامی قوانین، مقررات و دستورالعملهای عملی و عملیاتی می بایست از طریق استفاده از این ابزارها منتقل شوند. این ابزارها در سه گروه وسیع دسته بندی می شوند:

- خط کشی های ترافیکی

- تابلوهای ترافیکی

- علامت و چراگاهای راهنمایی

برای ایجاد محیط حمل و نقلی ایمن و مطمئن، ارتباط میان مهندسین حمل و نقل و رانندگان می بایست ارتباطی موثر و کارا باشد. مهندسین ترافیک دارای کنترل فردی و گروهی مستقیم برهیچ یک از رانندگان نمی باشند. اگر یک راننده از چراغ قرمز در حالیکه قطار در حال نزدیک شدن به آن است عبور کند، سیستم ترمز اتوماتیک قطار را به هر حال متوقف می کند. اگر راننده چراغ قرمز را دریک تقاطع خایبانی رد کند خطر برخورد جریان وسیله یا وسائل نقلیه با عابرین پیاده حرکت را مختل می کند. از این

رو، طراحی تجهیزات کنترل ترافیک از سوی مهندسین حمل و نقل با این منظور که پیام مورد نظر را به صورت ساده برای رانندگان بیان کنند، امری بسیار خطیر و ضروری می باشد.

این بخش، اصول اولیه و مهمی را درخصوص طراحی و مکان یابی تجهیزات کنترل ترافیک معرفی می کند. بخش های بعد، جزئیات و کاربردهای دقیق و جزئیات این ابزارها را در عرصه آزادراهها، معابر چند خطه و دو خطه، تقاطعها، معابر شریانی و خیابانها را ارائه می دهد.

۴-۱-۴- راهنمای یکپارچه تجهیزات کنترل ترافیک

استاندارد اصلی که کاربرد، طراحی و مکان یابی تجهیزات کنترل ترافیک را پوشش می دهد، ویرایش کنونی راهنمای یکپارچه تجهیزات کنترل ترافیک (MUTCD) می باشد [۱]. اداره راههای فدرال ناشر MUTCD ملی می باشد که به عنوان استاندارد حداقل به حساب آمده و مدلی برای سایر دستورالعمل هایی که در سطح ایالات مختلف تهیه می شوند محسوب می شود.

بسیاری از ایالات، دستورالعمل منتشر شده از سوی اداره فدرال را به کار گرفته و در آن تغییرات بسیار اندکی اعمال می کنند. برخی ایالات دیگر، دستورالعمل های خود را تدوین می کنند. در مواردی که ایالت ها، دستورالعمل خود را تدوین می کنند، دستورالعمل ها فدرال می بايست به عنوان استاندارد حداقل ضرورتاً رعایت شوند. لذا آنها می توانند استانداردهای سخت گیرانه تری را نیز تدوین و اعمال کنند.

۴-۱-۱- ساقه و تاریخچه

یکی از اهداف مهم و اصلی دستورالعمل MUTCD ایجاد یکپارچگی و یکدستی در استفاده، مکانیابی و طراحی تجهیزات کنترل ترافیک می باشد. هنگامیکه یک پیام یکسان در همه موقعیت ها و مکان ها به یک صورت واحد ارایه می شود، ارتباطات تسهیل شده و بهبود می یابند. تصور کنید که اگر هر ایالت تابلو "ایست" را به صورت، رنگ و جلوه ای متفاوت از سایر ایالات تهیه و طراحی می کرد چه وضعیتی پیش می آمد.

تفاوت در شکل و حالت تجهیزات ترافیکی تنها در سطح تئوری و نظری نبوده است. در سال‌های آغازین دهه ۱۹۵۰، چراغهای راهنمایی دو رنگ (سبز و قرمز)، در ایالات مختلف دارای وضعیت متفاوتی بودند. در برخی ایالت‌ها چراغ قرمز بالا بود و در برخی دیگر چراغ سبز در بالا قرار داشت. این مسئله باعث ایجاد مشکلاتی عدیده برای رانندگانی می‌شد که دچار کوررنگی بودند. شایع‌ترین نوع کوررنگی عدم توانایی تشخیص سبز از قرمز است. استانداردسازی ترتیب این چراغ‌ها اقدامی خطیر و بسیار مهم در ایجاد امنیت بود که این اطمینان خاطر را ایجاد می‌کرد که حتی رانندگان دارای کوررنگی قادر به درک و تفسیر صحیح چراغ راهنمایی بر اساس موقعیت آن باشند. اندکی بعد مقداری رنگ آبی و زرد به عدسی چراغ‌های سبز و قرمز اضافه شد تا به این وسیله قابلیت تشخیص برای رانندگان کوررنگ بهبود یابد.

تجهیزات کنترل ترافیک نخستین نیز در محل‌های مختلف و با شکل‌ها و صور گوناگون پا به عرصه خیابان‌ها گذاشتند. طراحی این ابزارها در مکان‌های مختلف متفاوت بود و حتی پیامی که آنها منتقل می‌کردند نیز در محل‌های مختلف یکسان و هماهنگ نبود. اولین خطکشی در وسط جاده در جاده‌های ایالت میشیگان در سال ۱۹۱۱ بکار گرفته شد. اولین چراغ راهنمایی الکتریکی در سال ۱۹۱۴ و در کلولند اوهايو مورد استفاده قرار گرفت. اولین تابلوی "ایست" در دیترویت در سال ۱۹۱۵ نصب شد و در همان مکان در سال ۱۹۲۰ اولین چراغ راهنمایی سه رنگ بکار گرفته شد.

اولین تلاش‌ها برای ایجاد و تدوین استانداردهای ملی در عرصه تجهیزات کنترل ترافیک در طول سالهای دهه ۱۹۲۰ انجام شد. دو سازمان مجزا، دو دستورالعمل جداگانه را در این برهه زمانی منتشر کردند. در سال ۱۹۲۷ انجمن کارشناسان رسمی جاده‌های آمریکا (AASHTO) که بعدها به تغییر نام داد) دستورالعملی را با عنوان "راهنما و خصوصیات فنی تولید، نمایش و نصب علایم و خطکشی‌های جاده‌های آمریکا" تدوین و چاپ کرد. این دستورالعمل در سالهای ۱۹۲۹ و ۱۹۳۱ نیز مورد بازبینی و تجدید نظر قرار گرفت. این دستورالعمل تنها علایم و خطکشی‌های مناطق خارج از شهر را شامل می‌شد. در سال ۱۹۳۰

کنفرانس ملی ایمنی خیابان‌ها و جاده‌ها (NCSHS)، راهنمای تابلوها، چراغها و خط‌کشی‌های خیابانی را که کاربرد شهری داشت منتشر کرد.

در سال ۱۹۳۲، این دو گروه کمیته‌ای مشترک در مورد تجهیزات یکپارچه کنترل ترافیک تشکیل دادند و اولین دستور العمل کامل و جامع MUTCD را در سال ۱۹۳۵ منتشر کردند. این راهنمای دستور العمل ۱۹۳۹ هم مورد بازبینی قرار گرفت. این گروه مسئولیت بازبینی دستور العمل مربوطه را تا سال ۱۹۷۲ حفظ کرد؛ یعنی تا زمانی که اداره فدرال راه‌ها آمریکا مسئولیت بررسی این دستور العمل را به عهده گرفت.

آخرین ویرایش MUTCD (در زمان نگارش این کتاب) که به عنوان ویرایش هزاره شناخته می‌شود، در سال ۲۰۰۰ منتشر شد. کار بر روی این ویرایش از دهه ۱۹۸۰ آغاز شد و زمان تکمیل آن بیش از آنچه انتظار می‌رفت (۲ تا ۳ سال) به طول انجامید. این فصل بر اساس ویرایش هزاره شکل گرفته است.

جدول (۴-۱) ویرایش‌های دستور العمل MUTCD و بازبینی‌های پیشین که قبل از انتشار آخرین ویرایش این دستور العمل اعمال شده است را به طور خلاصه نشان می‌دهد.

برای دستیابی به تاریخچه کاملتر و مناسبتر MUTCD و مراحل توسعه و گسترش آن به سلسله مقالات [۲-۵] Hawkins مراجعه کنید.

۴-۱-۲- اصول کلی MUTCD

دستور العمل MUTCD بیان می‌کند که هدف استفاده از تجهیزات کنترل ترافیک، بهبود ایمنی راه‌ها از طریق ایجاد حرکت تمامی کاربران در سطح خیابان‌ها و جاده‌ها می‌باشد. علاوه بر آن، این راهنمای پنج خصوصیت از خصوصیات تجهیزات کنترل ترافیک برای تاثیرگذاری بیشتر و موثرتر در انجام این ماموریت را معرفی کرده است. به این صورت که یک ابزار کنترل ترافیک می‌بایست:

- ۱- یک نیاز را برآورده کند.
- ۲- توجه کاربران را به خود جلب کند.

جدول (۱-۴). تکامل دستورالعمل MUTCD

سال	عنوان	موارد بازنگری شده
۱۹۲۷	Manual and Specification for the Manufacture, Display and Erection of U.S. Standards Road Markers and Signs Manual of Street Traffic Signs, Signals and Markings	۳۱/۱۲، ۲۹/۴ هیچ ۳۹/۲
۱۹۳۰	Manual of Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways	هیچ
۱۹۳۵	Manual of Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways – War Emergency Edition	۵۴/۹
۱۹۴۳	Manual of Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways	هیچ
۱۹۴۸	Manual of Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways	۷۳/۳، ۷۲/۴، ۷۱/۱۱ ۷۵/۶، ۷۴/۶، ۷۳/۱۰ ۷۷/۱۲، ۷۶/۹
۱۹۵۱	Manual of Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways	۸۴/۹، ۸۳/۱۲، ۷۹/۱۲ ۸۶/۳
۱۹۷۱	Manual of Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways	۹۳/۹، ۹۲/۳، ۹۰/۱ ۹۶/۶، ۹۶/۱۲، ۹۴/۱۱ ۰۰/۱
۱۹۷۸	Manual of Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways	۰۱/۶
۱۹۸۸	Manual of Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways	
۲۰۰۰	Manual of Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways – Millennium Edition	

۳- حاوی پیامی ساده و شفاف باشد.

۴- احترام کاربران را جلب کند.

۵- زمان لازم را برای ارایه پاسخ مناسب به کاربران ارایه کند.

علاوه بر معانی شفاف این شرایط و ملزومات، برخی جزئیات بسیار ظریف نیز نمی باشد از نظر دور بمانند. اولین شرط و اولین ردیف ملزومات ترافیکی به طور تلویحی بیان می کند که تجهیزات غیرضروری و اضافی نمی باشد مورد استفاده قرار بگیرند. هر یک از تجهیزات می باشد هدفی خاص داشته باشد و برای ایجاد جریان ایمن و موثر حمل و نقل ضروری باشد. این ابزارها تنها هنگامی می توانند احترام کاربران جاده ها را جلب کنند که دارای معنی و مفهومی مناسب و موثر باشند. استفاده بیش از حد و

نادرست از این علایم و نشانه‌های ترافیکی، رانندگان را ترغیب می‌کند که نسبت به آنها بی‌اعتنای باشند. این مسئله داستان چوپان دروغگو را در اذهان یادآور می‌شود. در چنین وضعیتی، رانندگان ممکن است از توجه به تابلوها و علایمی که واقعاً ضروری و مهم هستند خودداری کنند.

موارد ۲ و ۳ بر طراحی یک ابزار کنترل ترافیک تأثیر می‌گذارند. قابلیت جلب توجه، نیازمند شفافیت و تمایز طرح می‌باشد. به نحوی که توجه رانندگان در محیطی که سرشار از تصاویر و اجسامی است و حواس راننده را پرت می‌کند، جلب شود این تجهیزات شود. استفاده از رنگ و شکل استاندارد نقش بسیار مهمی را در جلب توجه رانندگان بازی می‌کند. شفافیت و سادگی پیام نیز بسیار مهم و حیاتی است. راننده بویژه هنگامیکه با سرعت بالا در حرکت است، تنها زمانی بسیار کوتاه در حد چند ثانیه را به این تابلوها و علایم نگاه می‌کند. در این حالت نیز، رنگ و شکل مشخص برای تابلو بکار گرفته می‌شود تا بیشترین اطلاعات ممکن به رانندگان منتقل و ارایه شود. حاشیه و پیام نوشته شده بر روی تابلو می‌بایست تا حداقل ممکن ساده و کوتاه باشند.

مورد ۵ در مورد مکان نصب و بکارگیری تجهیزات کنترل ترافیک بحث می‌کند. یک تابلو «ایست» به عنوان مثال، همیشه در کنار خط ایست نصب می‌شود. اما می‌بایست به صورتی نصب شود که زمان لازم را برای توقف به وسایل نقلیه بدهد. تابلوهای راهنمای مسیرها نیز که از رانندگان می‌خواهند مسیر راست و خط مناسب را انتخاب کنند می‌بایست با فاصله‌ای منطقی از محل تغییر مسیر نصب شوند تا به رانندگان امکان تغییر خط و مسیر را ارایه داده و به راحتی بتوانند مسیر مورد نظر خود را انتخاب کنند.

۴-۱-۳- محتوای دستورالعمل **MUTCD**

دستورالعمل **MUTCD** ۳ جنبه بسیار مهم از تجهیزات کنترل ترافیک را بررسی می‌کند. شامل :

- ۱- استانداردهای جزئی و مفصل طراحی تجهیزات کنترل ترافیک و تعیین خصوصیات شکل و ظاهر و نوع و اندازه پیام مورد نظر.

۲- استانداردهای دقیق و مفصل در مورد چگونگی و محل نصب تجهیزات مورد نظر بر حسب مسیرهای حرکت.

۳- شرایطی که استفاده از یک ابزار کنترل ترافیک را توجیه کند.

کامل ترین و جزئی ترین استانداردهای مربوط به طراحی فیزیکی تجهیزات کنترل ترافیک می‌باشد.

تمامی جزئیات ریز طراحی فیزیکی این ابزارها می‌بایست با دقت مورد توجه قرار گیرد. رنگ‌ها بوسیله رنگدانه‌های خاص در طراحی کاملاً مشخص شده و پیغام‌ها و نوشته‌ها نیز با فونت مشخص نوشته خواهند شد. تفاوت‌های مختصری نیز در این بین قابل اجرا است که بیشتر به اندازه تابلوها مرتبط می‌باشند. یعنی در موارد لازم است برای مشخص تر بودن تابلو، اندازه بزرگتری انتخاب می‌شود. البته کوچکترین اندازه استاندارد در این بین مشخص شده است.

دستورالعمل‌های مکان‌یابی تابلوها و تجهیزات کنترل ترافیک نیز نسبتاً مفصل و با جزئیات بحث شده‌اند. اما امکان تغییرات محدودی در محل نصب و بکارگیری این ابزارها وجود دارد. برخی اوقات استفاده از دستورالعمل نصب و مکان‌یابی با مشکلات مواجه می‌شود. یکی از مشکلات رایج در این مورد، محل نصب تابلو "ایست" است. برخی اوقات، هنگامیکه این تابلوها در محل‌های مشخص شد نصب می‌شوند، در لای درختان و سایر موانع پنهان می‌مانند و این مسئله تاثیر عملکرد آنها را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد. شکل (۱-۴) این مورد را نشان می‌دهد. از آنجائیکه تابلو ایست با ارتفاع مشخص شده نصب شده است کاملاً پشت درختی پنهان مانده است. در این موارد اگر قرار است که تابلو و سایر تجهیزات کنترل ترافیک به صورت موثر عمل کنند، باید از قوه عقل و منطق مشخصی استفاده کرد.

دستورالعمل‌ها هر یک در سطوحی متفاوت از جزئیات و نظم و ترتیب ارائه شده‌اند. فرضًا دستورالعمل‌های مربوط به چراغ راهنمایی دارای جزئیات و نسبتاً دقیق هستند. این مسئله مهمی است چرا که نصب چراغ بیانگر هرینه‌های مشخصی است، هم در حیطه هزینه‌های اولیه سرمایه‌گذاری و هم در زمینه

هزینه‌های مستمر بهره‌برداری و نگهداری. دستواعمل‌های مربوط با تابلوهای ایست و رعایت حق تقدم

کلی تر بوده و آزادی عمل بیشتری برای قضاوت‌های حرفه‌ای قائل شده است.

فصل ۱۶ به چگونگی انتخاب مناسب شیوه‌های کنترل تقاطع‌ها و نکات مختلف درباره آنها و

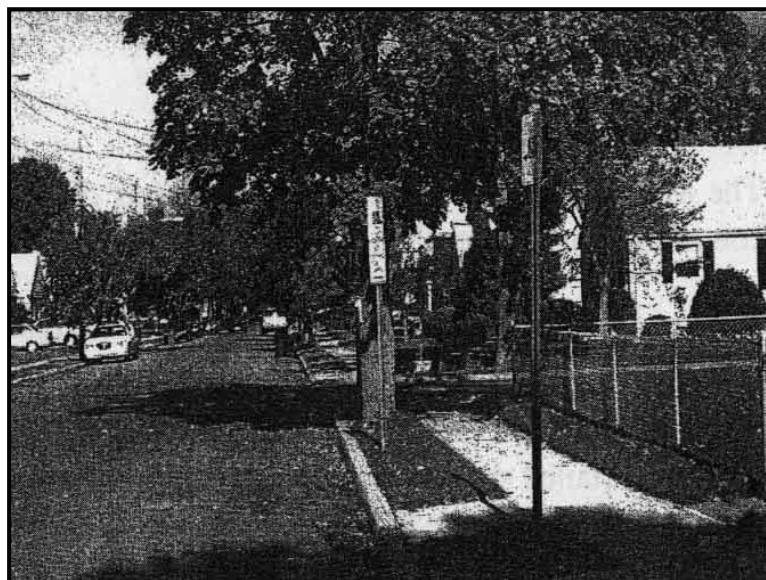
همچنین به بحث در خصوص تابلوی «ایست» در خیابان‌های دوطرفه و تابلوی «رعایت حق تقدم»

می‌پردازد. به علت هزینه‌هایی که ساخت و عملیات بکارگیری تابلوها و تجهیزات کنترل ترافیک بدنیال

دارند، مطالعات فراوانی درمورد چگونگی بکارگیری و استفاده از این تابلوها انجام شده است. نصب و

بکارگیری مناسب تابلوها و سایر تجهیزات کنترل ترافیک در چارچوب MUTCD نیازمند بررسی و مطالعات

مهندسی برای تعیین نیاز به یک وسیله یا ابزار کنترل ترافیک می‌باشد.



شکل (۴-۱). استقرار تابلوی ایست با مشکل دید بعلت وجود درخت.

۴-۱-۴- جنبه های حقوقی و قانونی MUTCD

ویرایش هزاره MUTCD توصیه ها و اطلاعاتی را در ۴ مقوله متفاوت در اختیار مخاطبان قرار

می دهد:

۱- استاندارد: یک استاندارد عبارت یا جمله ای است که عملی لازم، ضروری و اجباری را

در خصوص تجهیزات کنترل ترافیک بیان می کند. در استانداردهای معمولاً از عبارات «باید» و «ناید»

در جملات استفاده می شود.

۲- توصیه: جمله ای توصیه شده ولی غیر اجباری است که در موقعیت های خاصی بکار برده می شود.

در صورتیکه قضاوت ها یا مطالعات مهندسی تخطی از این موارد را مناسب بداند می توان از آنها چشم

پوشی و تخطی کرد. راهنمایی ها معمولاً به صورت «بهتر است» ارایه می شوند.

۳- گزینه: گزینه عبارتی است که نشان دهنده یکی از شرایط موجود و قابل استفاده است. گزینه هیچ

اجبار و توصیه ای در خود ندارد. معمولاً گزینه ها را می توان به توصیه، راهنمایی و استاندارد تغییر

داد. گزینه ها معمولاً با عبارت «ممکن است» ارایه می شوند.

۴- حمایت: این مورد صرفاً اطلاعات اضافی و کمکی به مهندس ترافیک ارایه می کند. عباراتی مانند

«باید»، «بهتر است»، «ممکن است» (و نه حالت منفی آنها) در این جملات استفاده نمی شود.

چهار نوع عبارت استفاده شده در MUTCD کاربردهای قانونی و حقوقی مختص به خود را برای

מוסسات حمل و نقلی دارند. تخطی از هر استاندارد مطرح شده در MUTCD، یک سازمان حمل و نقلی را

در برابر تصادفاتی که در اثر تخطی مربوطه رخ داده اند مسئول خواهد نمود. از این رو، نصب تابلو ایست

در محل غیر استاندارد، نهاد متولی ترافیک را درقبال تصادفاتی که در آن محدوده رخ می دهد مسئول و قابل

پیگیری می سازد. در صورتیکه راهنمایی ها و توصیه ها مورد توجه قرار نگیرند نیز، مسئله قابل پیگیری

قضایی می باشد. تغییر در توصیه ها و راهنمایی های ارایه شده تنها پس از انجام بررسی های مهندسی عملی

و اجرایی می باشد. مطالعات انجام شده باید تغییرات در دستور کار را توجیه کند. در صورت عدم وجود مطالعات مهندسی مناسب که توجیه کننده تغییرات مربوطه باشد، تصادفات حادث درمناطق مورد نظر می تواند از جنبه قضایی قابل پیگیری باشد. گزینه ها و حمایت ها از نقطه نظر قانونی و حقوقی هیچ عملکرد خاصی ندارند.

این مسئله باید درک شود که حوزه قضایی حاکم بر تسهیلات ترافیکی، به عنوان بخشی از قانون ترافیک و وسائل نقلیه آن ایالت محسوب شده و در چارچوب آن تبیین می شود. قانون معمولاً اعلام می کند که تسهیلات ترافیکی هر منطقه تحت مدیریت حوزه قانونی ایالت متبع قرار گرفته و اینکه کدام نهاد، سازمان یا موسسه، اداره این تسهیلات را بر عهده دارد را نیز مشخص می کند. علاوه بر این، مسؤولیت جاده ها و راه های موجود در مناطق استحفاظی بخش، شهرستان و سایر قسمت ها دولت محلی را مشخص و معین می کند. هر کدام از این نهادهای سیاسی، به نوبه خود، نهاد و سازمان مسؤول تسهیلات حمل و نقلی در حوزه مدیریتی و استحفاظی خود را مشخص می کند.

بسیاری از تجهیزات کترل ترافیک می بايست بوسیله قانونی مشخص و مدون که بوسیله دولت در سطوح مرتبط به اجزا گذارده شده اند حمایت شوند. شیوه های اجرای چنین قوانینی نیز می بايست مشخص و معین شوند. در بسیاری از موارد، قبل از اجرای قانونی جدید مانند حداکثر سرعت و قوانین پارک کردن، قبل از عملی و اجرایی شدن به طور کامل، موضوع می بايست به اطلاع مردم و ساکنین منطقه رسانده شود. به عنوان مثال نصب تابلوهای پارک ممنوع در طی شب و جرمیمه کردن خودروهای پارک شده در محل، بدون ارایه اخطار و شفاف سازی قانون درمنطقه فوق، به هیچ وجه جلوه و وجهه قانونی ندارد. اطلاع رسانی درمورد قوانین جدید ترافیکی درمنطقه ای خاص معمولاً به بهترین صورت از طریق روزنامه ها و نشریات محلی صورت می پذیرد.

این فصل برخی از اصول مهم و بنیادین MUTCD را بیان کرده و به طور کلی انواع تجهیزات کنترل ترافیک و کاربردهای آنها را شرح می دهد. فصل ۱۵ نیز جزئیات بیشتر استفاده از تجهیزات کنترل ترافیک در آزادراه‌ها و جاده‌های چند خطه و دو خطه را شرح می دهد. فصل ۱۹ نیز شامل اطلاعات بیشتری در مورد استفاده از تجهیزات کنترل ترافیک در تقاطع‌ها می باشد.

۴-۱-۵- ایجاد ارتباط با راننده

رانندگان به دریافت پیام شفاف و مشخص در چارچوب شکلی استاندارد، عادت دارند. این پیام‌ها معمولاً در تابلوهای مشابه تکرار می شوند. شماری از سازوکارهای خاص استفاده می شوند تا انتقال پیام به خوبی انجام پذیرد. این سازوکارها با توجه به محدودیت‌های فیزیکی انسان و عمدتاً بینایی انسان استفاده می شوند. پیام‌ها برای رساندن منظور خود معمولاً از عوامل زیر استفاده می کنند:

- رنگ : رنگ مشخص ترین خصوصیت یک ابزار کنترل ترافیک می باشد. تشخیص رنگ بسیار زودتر از شناسایی شکل عمومی تصویر یک تابلو یا خواندن پیام نوشته شده بر سطح آن اتفاق می افتد. رنگ‌های اصلی مورد استفاده در تجهیزات کنترل ترافیک عبارتند از: قرمز، زرد، سبز، نارنجی، سیاه، آبی و قهوه‌ای. این رنگ‌ها به منظور مشخص ساختن برخی انواع تجهیزات کنترل ترافیک و تقویت پیغام مربوطه استفاده می گردند.

- شکل: بعد از رنگ، شکل ابزار کنترل ترافیک فاکتوری است که درمعرض دید راننده قرار می گیرد. به ویژه در تابلوگذاری، شکل عنصری بسیار مهم از پیام می باشد. شکل یک تابلو می تواند نشان دهنده نوع خاصی از اطلاعات بوده و یا پیغام مربوط به خود را منتقل کند.

- الگو: الگو در بکارگیری خط‌کشی‌های ترافیکی استفاده می شود. در حالت کلی، خطوط ممتدا دوگانه، ممتدا و خطوط منقطع و مورب الگوهایی هستند که استفاده می گردند. هر کدام از این خطوط

بيانگر نوع خاصی از پیام است که به رانندگان منتقل شده وغلب آنها با آن آشنا هستند. استفاده مداوم و بدون تغییر از این الگوها، کارایی و قابلیت تاثیر این الگوها را تا حد زیادی افزایش می دهد.

• نوشتار: آخرین عنصری که راننده در حین رانندگی درک می کند، پیغام‌های نوشتاری مشخص می‌باشد. چراغها و خطوط ترافیکی تمام پیام خود را در قالب رنگ، شکل و الگوی خود منتقل می‌کنند.

تابلوهای ترافیکی با این وجود، به منظور انتقال جزئیات پیام مورد انتقال، از نوشتار و پیغام‌های نوشتاری استفاده می‌کنند. پیام روی تابلو می‌بایست ساده و کوتاه نگاشته شود تا توجه رانندگان را بیش از حد از امر رانندگی منحرف نکند و در عین حال محتوا پیام به رانندگان منتقل شود.

تکرار پذیری پیام‌های ترافیکی از برخی طرق می‌تواند انجام شود. به عنوان مثال تابلوی «ایست»، دارای شکل هشت ضلعی، رنگ منحصر به فرد قرمز، و کلمه مشخص «ایست» می‌باشد. هر کدام از این سه عنصر به تنها یی نیز می‌توانند پیغام مربوطه را منتقل کنند. اما تمامی آنها پیام هم‌دیگر را تکرار می‌کنند تا قابلیت تابلوی راهنمایی به حد اکثر خود برسد.

تکرار پذیری را می‌توان از طریق استفاده از تجهیزاتی که همگی یک پیام را منتقل می‌کنند، انجام داد. هر کدام از این ابزارها به درک کامل و دقیق پیام مربوطه از سوی رانندگان کمک می‌کنند. یک خط گردش به چپ ممکن است با پیکان‌ها و فلش‌هایی که در سطح آسفالت ایجاد می‌شود، پیام «این خط مختص گردش به چپ است» و چراغ راهنمایی سبزی که گردش به چپ را مجاز اعلام می‌کند مشخص شود. اینها، همه با هم احتمال ارتکاب اشتباه را بسیار بسیار ضعیف می‌کنند.

MUTCD دسته‌ای از استانداردها، دستورالعمل‌ها و راهنمایی‌های کلی را ارایه می‌دهد. هدف از اینها، ایجاد ارتباط موثر و دقیق بین تجهیزات ترافیکی و رانندگان می‌باشد. علی‌رغم تمامی این موارد، MUTCD سندي است که همواره در حال تغییر و تحول و دگرگونی می‌باشد. مهندس ترافیک همواره

می بایست در ملاحظه گزینه های کنترل ترافیک به آخرین نسخه MUTCD (با همه بازنگری های کاربردی آن) مراجعه کند.

۲-۴- خط کشی های ترافیکی

خط کشی های ترافیکی، معمول ترین و رایج ترین عالیم و تجهیزات کنترل ترافیک می باشند. آنها

نقش های مختلفی را ایفا کرده و اهداف متنوعی دارند و در سه گروه وسیع طبقه بندی می شوند:

- خط کشی های طولی

- خط کشی های عرضی

- نشانگرها و علائم راهنمای مسیر^۱

خط کشی های طولی و عرضی در سطوح سواره روها و با استفاده از مواد متنوعی به کار گرفته می شوند. رایج ترین این مواد، رنگ و مواد ترمопلاستیک هستند. خاصیت انعکاسی خط کشی های نیز از طریق اضافه نمودن لایه نازکی از دانه های بسیار ظریف و کوچک شیشه ای به رنگ حاصل می شود تا در شب مشخص باشند. هنگامیکه این مواد در داخل رنگ پیش از استفاده مخلوط می شوند، در گذر زمان و در اثر سایش لایه های رنگ بر روی آنها، حالت انعکاس پدیدار می شود. مواد ترمопلاستیک به صورت خود به خود خاصیت انعکاسی داشته و نیازی به مواد افزودنی در آنها برای دید در شب نیست.

در مناطقی که بارش برف و بر فربی به عنوان یک مسئله مطرح نمی باشد، رنگ و یا مواد ترمопلاستیک را می توان در کنار بازتاب هایی که دارای خصوصیت انعکاسی می باشند استفاده کرد. این بازتاب ها قابلیت تشخیص خط کشی ها توسط رانندگان را در شب افزایش می دهند. این بازتاب ها در هوای بارانی نیز قابل مشاهده بوده و به آسانی مستهلك نمی شوند. در مناطقی که بارش برف و بر فربی پدیده ای رایج می باشد، این بازتاب ها در حین بر فربی آسیب می بینند. نشانگرها و علائم راهنمای مسیر، اشیاء

^۱ Object Markers and Delineators

منعکس کننده کوچکی که در محل مورد نظر نصب می شوند. علاوه بر این راهنمای مسیر بر روی پایه های سبک در کناره های راه نصب می شوند تا به رانندگان کمک کنند که موقعیت خود در جاده را در شرایط آب و هوایی نامعتدل که خط کشی های استاندارد قابل رویت نیستند تشخیص دهند.

۱-۲-۴- رنگ ها و الگوها

پنج رنگ در خط کشی های ترافیکی مرسوم استفاده می شوند: زرد، سفید، قرمز، آبی، سیاه. در حالت کلی این رنگها به صورت زیر استفاده می شوند :

- خطوط زرد، جریان ترافیک در جهات مقابل را از یکدیگر جدا می کنند.
- خطوط سفید مسیرهای حمل و نقلی با جهات یکسان را از هم جدا کرده و در تمامی خط کشی های عرضی نیز استفاده می شوند.
- خطوط قرمز مشخص کننده مسیرهایی هستند بیننده خط کشی اجازه ورود و استفاده از آنها را ندارد.
- خطوط آبی نشان دهنده محل های پارک خودروی معلولان است.
- خطوط سیاه در تقابل با سایر خط کشی ها بر روی آسفالت های روشن استفاده می شوند. به منظور تأکید بر الگوی خطوط، فضای میان خطوط زرد و سفید با رنگ مشکی پر می شوند تا قابلیت تشخیص رانندگان را افزایش دهند.

خط ممتد عبور عرضی را ممنوع می کند. دو خط ممتد موازی در کنار یکدیگر نشان دهنده ممنوعیت و محدودیت شدیدتر می باشد. خط مقطع نشان می دهد که عبور و گذر از آن خط مجاز است. خطوط مقطع نقطه نقطه نشان دهنده امتداد سایر خطوط بوده و معمولاً در محل تقاطع ها استفاده می شود. عرض خطوط راهنمائی رانندگی معمولاً بین ۶ تا ۴ اینچ بوده و در خطوط عریض تر که نیاز به تأکید بیشتری در آنها وجود دارد، عرض خطوط می بایست دو برابر عرض خطوط معمولی باشد. خطوط مقطع معمولاً شامل

قطعات خط ۱۰ فوتی و فواصل ۳۰ فوتی هستند. ابعاد مشابه با نسبتهاي مشابه در موارد ضروري می توانند

به منظور کنترل سرعت رانندگان و نشان دادن مسیر استفاده شوند. خطوط نقطه نقطه معمولاً شامل قطعات

خط ۲ فوتی و فواصل ۴ فوتی یا بيشتر هستند. دستورالعمل MUTCD نسبت يك به سه را برای خطوط

نقطه نقطه به عنوان حد بيشينه معين کرده است.

۲-۲-۴ - خطکشی‌های طولی

خطکشی‌های طولی خطوطی هستند که به صورت موازی با جهت حرکت ایجاد می شوند. بخش

اعظم خطکشی‌های طولی را خطکشی وسط جاده‌ها، خطکشی جدا کننده خطوط ترافیک از همدیگر و

خطکشی نشان دهنده لبه روسازی تشکیل می دهند.

خطوط طولی ارائه دهنده راهنمائی‌هایی در مورد نحوی جایگیری خودروها در طول مسیر بوده و به

عنوان عمومی ترین و اصلی‌ترین مشخص کننده جهت مسیرها عمل می کند. مثالی که در مورد اهمیت این

خطوط می توان بیان نمود، تغییر مسیر در جاده‌هایی است که به تازگی آسفالت شده‌اند و قادر خطوط طولی

می باشند. رانندگان بدون کمک خطکشی‌های طولی نمی توانند مسیرها را بطور مرتب تشخیص دهند و در

حقیقت ممکن است بطور نامنظم رانندگی کرده و با مشکلات فراوانی روبرو شوند. خطوط طولی امکان

جريان منظم و سازمان یافته خودروها و استفاده بهینه از عرض سواره رو را فراهم می آورند.

خطوط وسط

خطوط وسط زرد رنگ از اهمیتی بسیار برخوردار بوده و به منظور جداسازی جریانهای ترافیک که

درجات های متفاوت در حال حرکت هستند استفاده می گردد. در دستورالعمل MUTCD، استفاده از خطوط

وسط در تمام تسهیلات ترافیکی اجبار نشده است. استاندارد بکار رفته عبارت است از:

خطکشی‌های وسط می بایست در سطح تمامی روسازی‌های معابر شریانی شهری و معابر جمع و

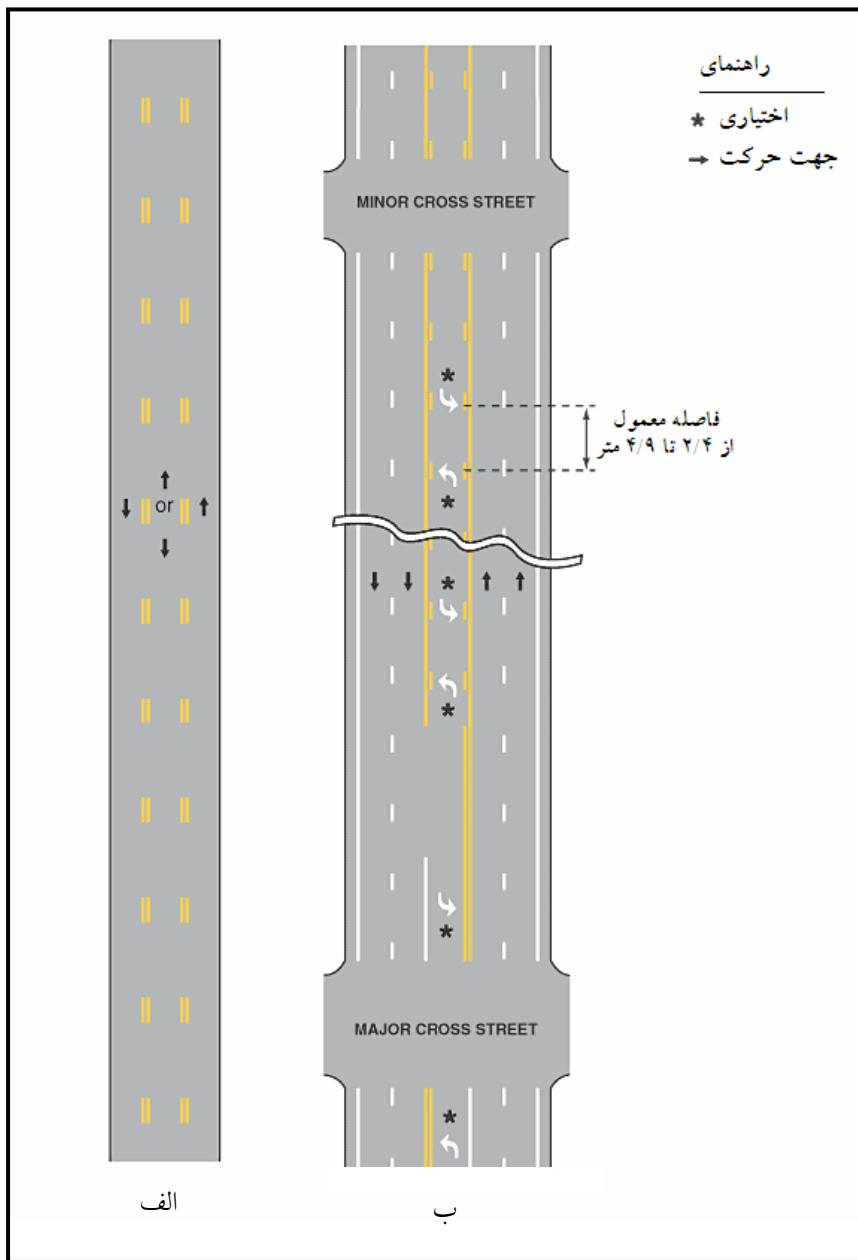
پخش کننده‌ای که عرض سواره رو ۲۰ فوت یا بیشتر دارند و یا متوسط حجم ترافیک روزانه (ADT)

آن‌ها بیش از ۶۰۰۰ وسیله نقلیه در روز است اجرا شوند. خط کشی وسط می باشد همچنین بر روی تمامی خیابان‌های دو طرفه و جاده‌های دارای روسازی که بیش از ۳ خط ترافیکی یا بیشتر هستند اجرا گردد [صفحه 3B-01 MUTCD].

راهنمایی‌های بیشتر نشان می دهد که استفاده از خطوط وسط در خیابان‌ها و شریان‌های اصلی شهری که دارای ADT به میزان ۴۰۰۰ یا بیشتر هستند توصیه شده است. در مناطق برون شهری نیز که ADT بیشتر از ۳۰۰۰ وسیله نقلیه در روز است، استفاده از خطوط وسط توصیه شده است. استفاده از خطوط وسط در جاده‌هایی که عرض کمتر از ۱۶ فوت دارند می باشد با احتیاط بسیار زیاد انجام شود. چرا که ممکن است تخطی ترافیک از مسیرهای حرکت افزایش یابد.

در جاده‌های ۲ خطه و ۲ طرفه مناطق برون شهری، خطوط وسط معمولاً وظیفه هدایت و مرتب کردن جریان ترافیک را بر عهده دارند. دو خط زرد رنگ ممتد در کنار هم نشان می دهند که عبور و تجاوز از این خطوط از هر دو جهت ممنوع می باشد. خطوط مقطع و ممتد که در کنار هم واقع می شوند، نشان می دهند که از طرفی که خط مقطع وجود دارد، عبور عرضی آزاد بوده و از طرف دیگر عبور ممنوع است. در محل‌هایی که عبور از خط وسط برای هر دو جهت ترافیک آزاد باشد، از یک خط زرد مقطع استفاده می گردد. فصل ۱۴ جزئیات بیشتری در خصوص استفاده و کاربرد خط وسط در جاده‌های دو طرفخ دو خطه برون شهری ارائه خواهد نمود.

استفاده و کاربردهای تخصصی دیگر نیز از خطوط زرد وجود دارد. بخش الف شکل (۲-۴) موارد استفاده از خطوط دوگانه مقطع زرد رنگ برای نشان دادن خطوط دارای جهت برگشت‌پذیر در معابر شریانی را نشان داده است. تابلوگذاری متناسب و یا چراغ‌های کنترل خط، جهت حرکت در این خطوط را تعیین می کنند. بخش ب شکل (۲-۴) خط کشی مورد استفاده برای خطوط گردش به چپ دو طرفه در شریانی‌ها را نشان می دهد.



شکل (۲-۴). خط کشی وسط با اهداف ویژه.

خط کشی خطوط ترافیکی

معمول‌ترین نوع خط کشی بین خطوط ترافیکی، خط کشی سفید مقطع به منظور تفکیک خطوطی از ترافیک که در جهت یکسان در حال حرکت هستند می‌باشد. استاندارد MUTCD استفاده از خط کشی بین خطوط را در تمامی آزادراه‌ها و جاده‌های بین ایالتی اجباری دانسته و برای تمامی جاده‌هایی که دارای ۲ خط

یا بیشتر در جهت یکسان باشند توصیه می کند. مقطع بودن خطوط نشان می دهد که گذر عرضی و عبور از روی این خطوط مجاز می باشد. وجود یک خط کشی ممتد بین خطوط، رانندگان را از تغییر خط منع می کند؛ هر چند که این امر غیر قانونی نیست. هر گاه تغییر خط می بایست ممنوع می باشد، این امر با ۲ خط ممتد سفید که در کنار یکدیگر اجرا می شوند نشان داده خواهد شد.

خط کشی لبه

خط کشی لبه سواره روی مسیر نیز از ملزومات آزادراه‌ها، بزرگراه‌ها و جاده‌های برون شهری با عرض مسیر حرکت ۲۰ فوت یا بیشتر و ADT برابر ۶۰۰۰ وسیله نقلیه در روز یا بیشتر می باشد. در جاده‌های برون شهری با ADT به میزان ۳۰۰۰ وسیله نقلیه در روز و مسیر حرکت با عرض ۲۰ فوت یا بیشتر نیز این خطوط توصیه شده‌اند. در صورت استفاده، خط کشی لبه راست به صورت یک خط منفرد و ممتد سفید بوده و خط کشی لبه چپ بصورت یک خط منفرد و ممتد زرد اجرا می شود.

سایر خطکشی‌های طولی

دستورالعمل MUTCD گرینه‌های بسیاری را در استفاده از خطکشی‌های طولی معرفی می کند. برای اطلاعات بیشتر به دستورالعمل مراجعه کنید. به علاوه در این راهنمای استانداردها و توصیه‌هایی در مورد سایر انواع کاربرد این نوع خطکشی‌ها شامل نواحی اتصال و انصال خطکشی‌ها در آزادراه‌ها و سایر تسهیلات، موارد افزایش خط و نیز امتداد خطکشی‌ها در طول تقاطع‌ها ذکر شده است.

فصل ۱۵ اطلاعات و جزئیات بیشتری را در مورد چگونگی بکارگیری خطکشی‌های طولی در سطح آزادراه‌ها، بزرگراه‌ها و جاده‌های برون شهری ارائه می کند. فصل ۱۹ نیز بحث‌های دیگری را در مورد خطکشی تقاطع‌ها ارائه داده است.

۴-۲-۳- خطکشی‌های عرضی

خطکشی‌های عرضی آنچنانکه از نامشان پیداست، یک بخش یا کل مسیر را قطع می‌کنند. در صورت استفاده، تمامی خطکشی‌های عرضی به رنگ سفید هستند.

خطوط ایست

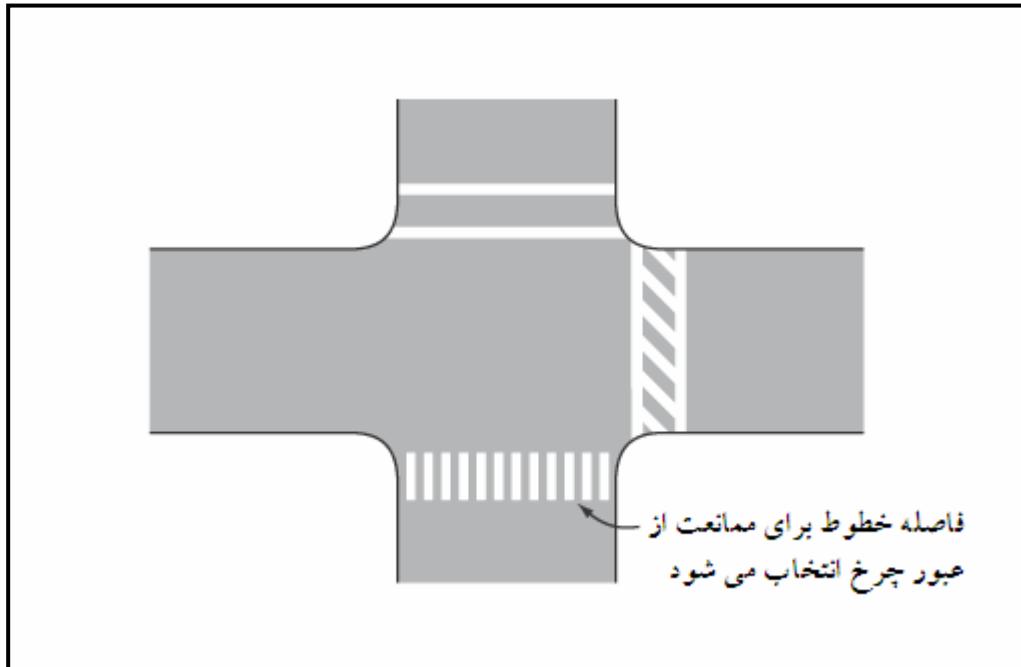
دستورالعمل MUTCD استفاده از خطوط ایست را اجباری نکرده است. در عمل، خطوط ایست قبل از خطوط عابر پیاده و در نزدیکی تابلو ایست استفاده می‌شوند. در صورت استفاده، عرض این خطوط می‌بایست بین ۱۲ تا ۲۴ اینچ باشد و امتداد آن از تمامی خطوط ترافیکی عبور کند.

خطکشی‌های عابر پیاده

با وجود اینکه وجود و ترسیم خطکشی عرضی عابر پیاده در دستورالعمل MUTCD الزامی نشده است، اما توصیه شده است که این خطکشی‌ها در تمامی تقاطع‌ها در جایی که تقابل قابل توجهی بین جریان عابران پیاده و وسائل نقلیه وجود دارد ایجاد شوند. این خطوط همچنین در نقاط تمرکز وجود عابران پیاده و در مکان‌هایی که عابرین پیاده قدرت تشخیص محل عبور خود را نداشته باشند استفاده می‌شوند. عرض خطوط عابر پیاده می‌بایست ۶ فوت و یا بیشتر باشد.

شکل (۳-۴) سه نوع خطکشی گذرگاه عابر پیاده را نشان می‌دهد. رایج ترین نوع خطکشی عابر پیاده که مورد استفاده قرار می‌گیرد، استفاده از دو خط موازی است که با فاصله معین از هم قرار گرفته‌اند. خطوط هاشور سفید رنگ نیز می‌توانند در بین این خطوط موازی رسم شده تا تمرکز و تأکید بیشتری در جریان سنگین عابران پیاده به وجود آید. استفاده از خطوط عرضی موازی نیز روشهای دیگر برای خطکشی در شرایط سنگین بودن حجم عابران می‌باشد.

این دستورالعمل همچنین جزئیات خطکشی عابر پیاده در تقاطع‌های دارای چراغ راهنمایی که دارای فاز خاصی برای عبور عابر پیاده هستند را بیان می‌کند. برای دستیابی به این جزئیات به متن دستورالعمل مراجعه نمایید.



شکل (۳-۴). خط کشی‌های مرسوم برای گذرگاه عابر.

خطکشی فضاهای پارک

خطکشی فضاهای پارک صرفاً عرضی نیستند، بلکه دارای عنصرهای عرضی و طولی هستند. معمولاً خطکشی‌های پارک در قالب خطکشی عرضی طبقه‌بندی می‌شوند، همانطور که در MUTCD نیز این امر رعایت شده است. خطکشی‌های محل پارک همواره اختیاری هستند و به عنوان مشوّقی در جهت افزایش کارایی فضاهای پارک استفاده می‌شوند. چنین خطکشی‌هایی همچنین باعث جلوگیری از تخطی خودروها و پارک در داخل محدوده شیر آتشنشانی، مناطق بارگیری، ایستگاه‌های تاکسی و ایستگاه‌های اتوبوس و سایر مناطق خاص که پارک کردن در آن‌ها ممنوع است می‌شود. این خطکشی‌ها همچنین در شریانی‌های

دارای پارک حاشیه‌ای مفید هستند چرا که آن‌ها به وضوح خط پارک را مشخص می‌کنند و آن را از خطوط رفت و آمد جدا می‌کنند. شکل (۴-۴) انواع خطکشی‌های معمول برای محل‌های پارک را به تصویر می‌کشد.

توجه داشته باشید که انتهای آخرین خطکشی فضای پارک می‌باشد حداقل ۲۰ فوت از خطکشی نزدیکترین خط عابر پیاده فاصله داشته باشد (۳۰ فوت در رویکرد تقاطع‌های دارای چراغ راهنمایی).

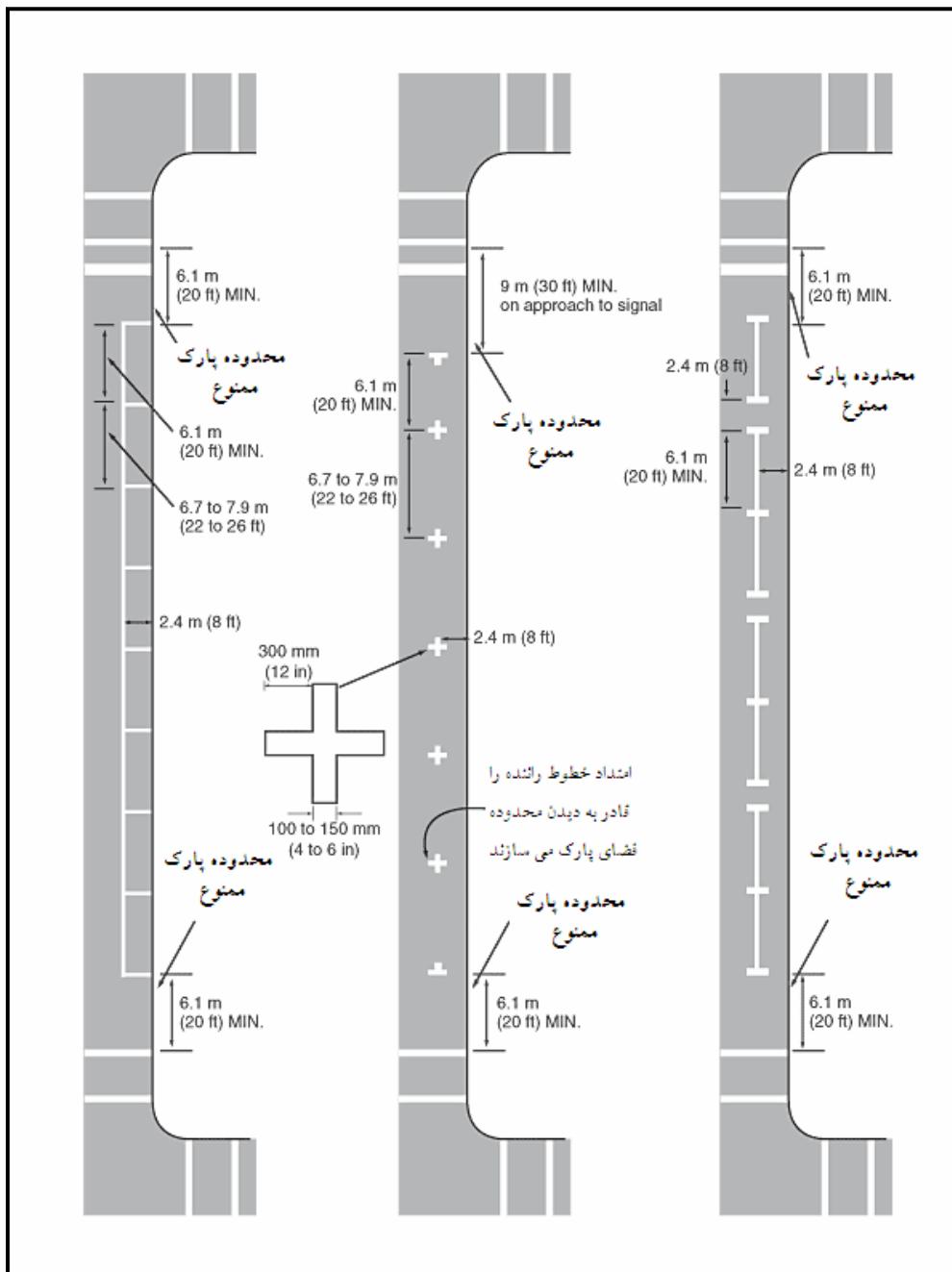
خطکشی‌های نشانه و کلمه

در دستورالعمل MUTCD تعدادی از کلمات و نشانه‌ها بصورت خطکشی تجویز شده‌اند تا به همراه تابوها و یا چراغ‌ها استفاده شوند. این نشانه‌ها شامل پیکان‌های نشان‌دهنده محدودیت استفاده از خط هستند. این پیکان‌ها (به همراه تابلوها) در مواردی که یک خط مستقیم در رویکرد به یک تقاطع تبدیل به یک خط انحصاری گردش به چپ یا گرددش به راست می‌شود اجباری هستند.

خطکشی‌های نوشتاری شامل کلمه « فقط » که به همراه پیکان‌های استفاده از خط بکار می‌رود و « ایست » که به همراه خط ایست و تابلوی ایست استفاده می‌شود می‌باشد. عبارت « مدرسه » اغلب در محل عبور دانش‌آموزان و نواحی تمرکز مدارس استفاده می‌شود. دستورالعمل MUTCD دارای فهرستی از همه کلمات مجاز که برای القاء احتیاط و رساندن پیامی خاص در موارد مورد نیاز استفاده می‌شوند می‌باشد.

سایر خطکشی‌های عرضی

برای دستیابی به سایر انواع خطکشی‌های عرضی، مستقیماً به دستورالعمل MUTCD مراجعه کنید. به عنوان مثال خطکشی خطوط دارای اولویت، خطکشی مورد استفاده در میدان‌های ترافیکی و خطکشی سرعتکاهها در این دستورالعمل ارائه شده‌اند. فصل ۱۹ شامل بحثی کامل در چگونگی استفاده از خطوط عرضی و سایر خطکشی‌های تقاطع‌ها می‌باشد.



شکل (۴-۴). خط کشی های مرسوم برای فضاهای پارکینگ حاشیه ای.

۴-۲-۴- نشانگرها

نشانگرها اشیائی هستند که در داخل و یا در مجاورت مسیر حرکت برای علامت‌گذاری و مشخص

کردن موانع مسیر مورد استفاده قرار می گیرند. محل نصب نشانگرها بر اساس استاندارد MUTCD تعیین

می شود. در حالت کلی، لبه پایین نشانگرها می بایست حداقل ۴ فوت از سطح نزدیکترین خط ترافیکی

ارتفاع داشته باشد (در مورد موانع، ۸ فوت و یا کمتر از لبه آسفالت ارتفاع داشته باشند) و یا ۴ فوت ارتفاع

از روی زمین در مورد موانعی که خارج از محدوده آسفالت قرار دارند رعایت شود..

سه نوع نشانگر مورد استفاده قرار می گیرد که در شکل (۵-۴) نشان داده شده‌اند. موانع موجود

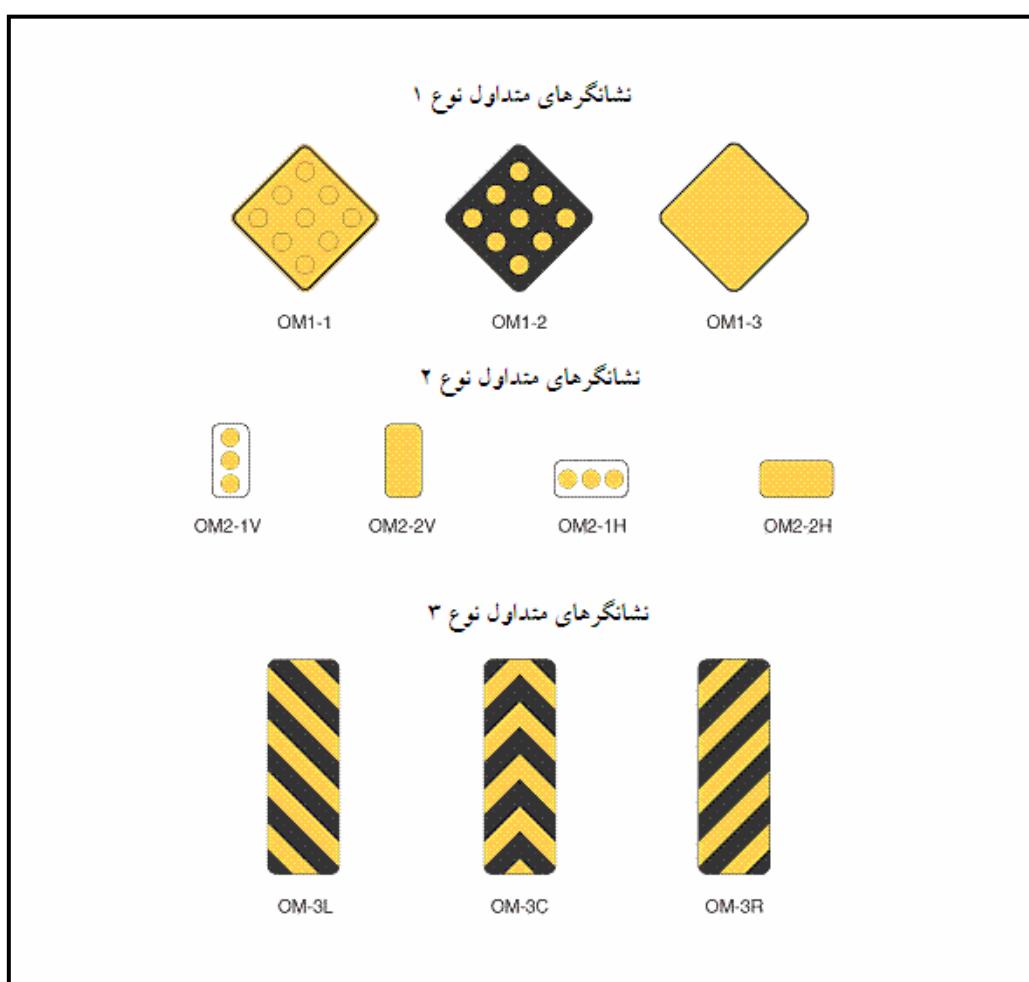
در مسیر باید بوسیله نشانگرهای نوع ۱ و یا ۳ مشخص شوند. در صورت استفاده از نشانگر نوع ۳، این

نشانگر می‌بایست دارای خطوط و نوارهای زرد و سیاه بصورت یک درمیان با زاویه ۴۵ درجه باشد. این

شیب باید به جهتی باشد که جریان ترافیک از مانع مورد نظر رد می‌شود. هنگامیکه این عالیم برای نشان

دادن موانع کنار جاده استفاده می‌شوند، لبه داخلی نشانگر می‌بایست مماس با حاشیه داخلی مانع مورد نظر

باشد.



شکل (۵-۴). نمونه هایی از نشانگرهای ارائه شده در **MUTCD**.

۴-۲-۵- علائم راهنمای مسیر

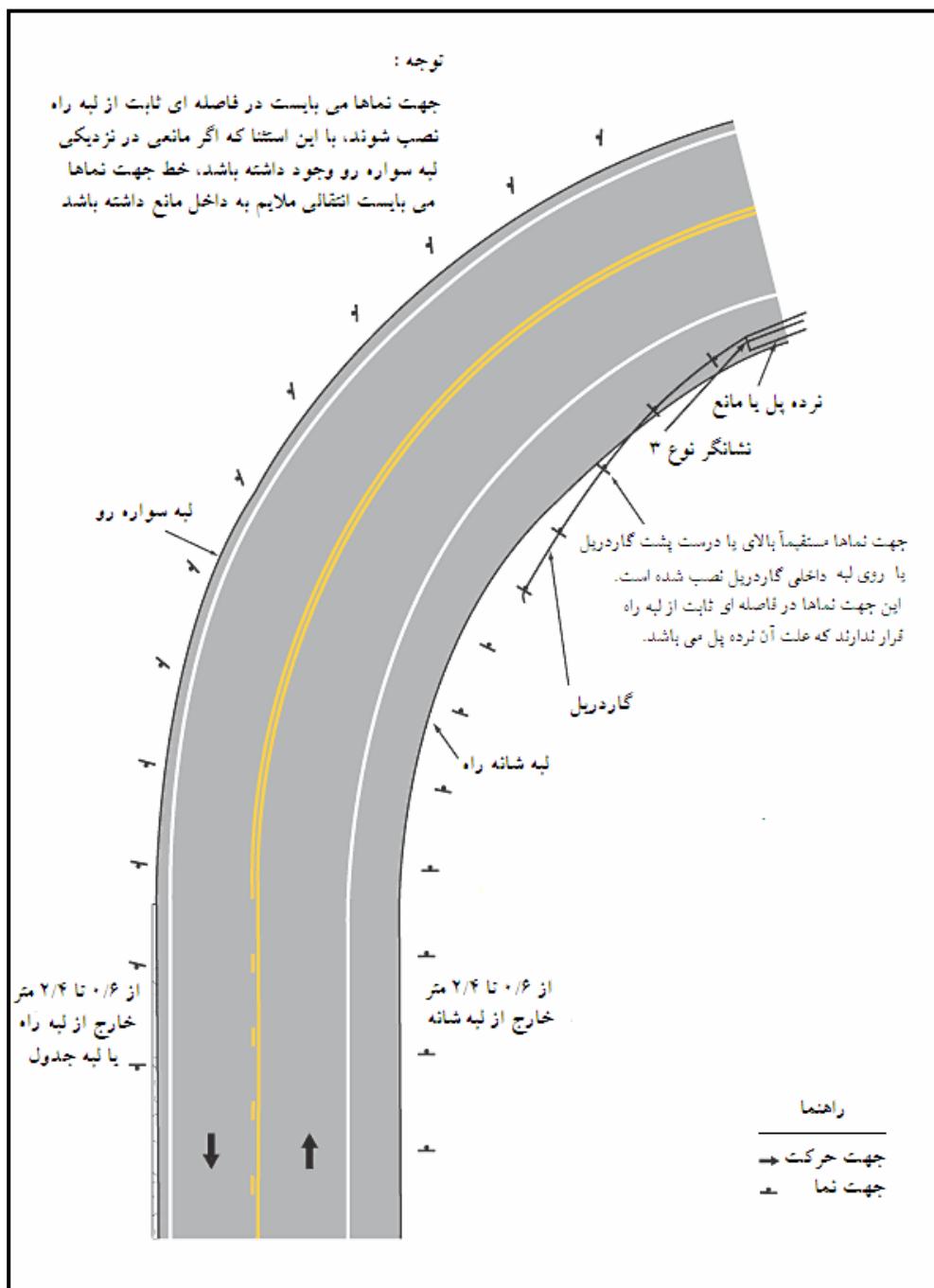
علائم راهنمای مسیر تجهیزات بازتاب کننده نور هستند که در ارتفاع ۴ فوتی کناره های جاده استفاده می شوند تا به راننده کمک کنند که حاشیه و تراز جاده را تشخیص دهد. این تجهیزات بویژه در شرایط آب و هوایی نامساعد مفید هستند. در این نوع آب و هوا، خطکشی های جاده عمدتاً قابل رویت نیستند. این علایم هنگامیکه در سمت راست جاده استفاده می شوند به رنگ سفید بوده و هنگامیکه در سمت چپ جاده استفاده می شوند زرد رنگ هستند. صفحه پشت این علایم در جاده ای یک طرفه به منظور نشان دادن عبور اشتباه به رنگ قرمز می باشد.

نصب این علایم در سمت راست آزادراهها، بزرگراهها و حدائق یک سمت تقاطع های غیر همسطح دارای شیبراهه الزامی است. البته مقاطع مماسی (تأثانت) که خطکشی های برجسته بطور پیوسته در خطوط ترافیکی آنها وجود دارد، در مکان هایی که تمامی مسیر (یا بخش اعظمی مسیر) دارای مقاطع مماسی بزرگ هستند و تمام مناطق متنهی به قوس ها که علائم راهنمای مسیر بصورت پیوسته وجود دارند از این قاعده مستثنی هستند. علایم راهنمای مسیر در محل هایی که مسیر دارای روشنایی مناسب می باشد ممکن است حذف شوند. علایم راهنمای مسیر رامی توان در قسمت های مختلف بصورت انتخابی بسته به نوع راه بکار گرفت. شکل (۶-۴) نشان دهنده چگونگی نصب علائم راهنمای مسیر می باشد.

۴-۳- تابلوهای ترافیکی

دستورالعمل MUTCD جزئیات مربوط به صدها نوع تابلوی ترافیکی که در مناطق مختلف استفاده می شوند را شرح می دهد. در حالت کلی؛ تمامی تابلوهای ترافیکی جزء یکی از سه گروه زیر تقسیم بندی می شوند:

• تابلوهای انتظامی. این تابلوها اطلاعاتی را درمورد قوانین مقررات ترافیکی ارائه می کنند. این قوانین ممکن است مربوط به حق تقدم، محدودیت های سرعت، مسیرها و کاربردهای خطوط و پارکینگ ها و گستره متنوعی از سایر عملکردها را در بر گیرند.



شکل (۶-۶). استفاده مرسوم از جهت نماها در قوس های جاده.

• تابلوهای هشداری. این تابلوها به منظور آگاه سازی رانندگان از خطرات پیش روی ایشان استفاده می شوند. این خطرها معمولاً در محدوده و گستره دید رانندگان قرار نداشته و رانندگان بوسیله تابلوها از آنها آگاه می شوند.

• تابلوهای راهنمایی. این تابلوها اطلاعاتی را درمورد مسیرها، مقاصد و خدماتی که رانندگان ممکن است بدنبال آنها باشند ارائه می دهند.

بحث در مورد تمامی تابلوهای ترافیکی و کاربردهای آنها در یک فصل ممکن نیست. در بخش های بعدی به اجمال در خصوص انواع مختلف تابلوهای ترافیکی و کاربرد آنها، اطلاعاتی ارائه شده است.

۱-۳-۴ - تابلوهای انتظامی

تابلوها انتظامی می بایست در معابر استفاده شوند تا در مورد قوانین و مقررات رترافیکی اطلاع رسانی کرده و ملزمات قانونی مورد نظر را به اطلاع رانندگان برسانند. این تابلوها می ایست در نزدیکی مکانی نصب شوند که مقررات مربوطه در آنجا کاربرد دارد. این تابلوها ملزمات قانونی را به صورت شفاف نشان داده و درجایی نصب و بکارگیری می شوند که در دید رانندگان قرار داشته و برای آنها کاملاً خوانا باشد [ویرایش هزاره MUTCD صفحه 1-2B].

انتظار می رود که رانندگان از محتوای بسیاری از مقررات ترافیکی مطلع باشند. برخی از این قوانین، مقررات بنیادی مانند رعایت حق تقدم در تقاطع ها و محدودیت سرعت را بیان می کنند. با این وجود، این تابلوها می بایست در تمام نقاط مورد نظر استفاده شوند تا حتی در صورت انتظار مطلع نبودن رانندگان از آن قوانین، مقررات به اطلاع رانندگان رسانده شود.

به جز چند تابلوی خاص مانند تابلوی ایست و تابلوی حق تقدم، سایر تابلوهای انتظامی به شکل مستطیلی بوده و عمدتاً ضلع بزرگ مستطیل بصورت عمودی واقع می شود. برخی از تابلوهای انتظامی مربع شکل بوده که عمدتاً شامل تابلوهایی می شوند که از نوشته استفاده می کنند تا اطلاعات مورد نظر را به

رانندگان منتقل کنند. استفاده از سمبول‌ها و علائم در تابلوها مطابق استاندارد بین‌المللی است که در سال ۱۹۷۱ در کنفرانس ایمنی ترافیک سازمان ملل مطرح شده‌اند. رنگ زمینه این تابلوها به استثناء چند مورد خاص معمولاً سفید بوده و نوشه‌ها و یا علائم روی آن مشکی می‌باشد. در تابلوهای حاوی سمبول، دایره‌ای قرمز رنگ که خطی از آن عبور داده شده است، از ممنوعیت حرکتی که بوسیله سمبول نشان داده شده است حکایت می‌کند. دستورالعمل MUTCD صفحات زیادی را به استانداردهای مربوطه در مورد اندازه تابلوهای انتظامی اختصاص داده است.

تابلوهای انتظامی بیان کننده حق تقدم

این تابلوها دارای طراحی خاص بوده و عدم توجه به آن‌ها خطر بسیار بزرگی را متوجه رانندگان می‌کند. این تابلوها شامل تابلوهای «ایست» و «رعایت حق تقدم» در تقاطع‌ها و تابلوی «یک طرفه» و تابلوی «مسیر نادرست» برای نشان دادن جهت حرکت می‌باشد. تابلوهای «ایست» و «رعایت حق تقدم» دارای شکل منحصر بفرد و زمینه قرمز رنگ بوده و خطر موجود را برای رانندگان روشن می‌کنند. تابلوی «مسیر نادرست» نیز به همین خاطر دارای زمینه قرمز می‌باشند. شکل (۷-۴) این تابلوها را نشان می‌دهد. قطعات مستطیلی «۴ مسیر» و «همه مسیرها» در زیر تابلوهای ایست که چند مسیر را کنترل می‌کنند نصب می‌شوند. برای کسب اطلاعات و جزئیات بیشتر در خصوص تابلوهای ایست و رعایت حق تقدم به فصل ۱۶ مراجعه کنید.

تابلوهای محدودیت سرعت

یکی از مسائل بسیار حیاتی و مهم در ایجاد جریان ترافیک روان و ایمن، تعیین حداقل سرعت مناسب در محور مربوطه است. برای اینکه محدودیت سرعت به عنوان عامل موثری در ایجاد ایمنی ترافیک عمل کند، محدودیت سرعت می‌بایست به خوبی به اطلاع رانندگان رسانده شده و بر آن تأکید گردد. روش‌های مختلفی از روش‌های اعمال محدودیت سرعت وجود دارد که عبارتنند از:

۱- محدودیت خطی سرعت.

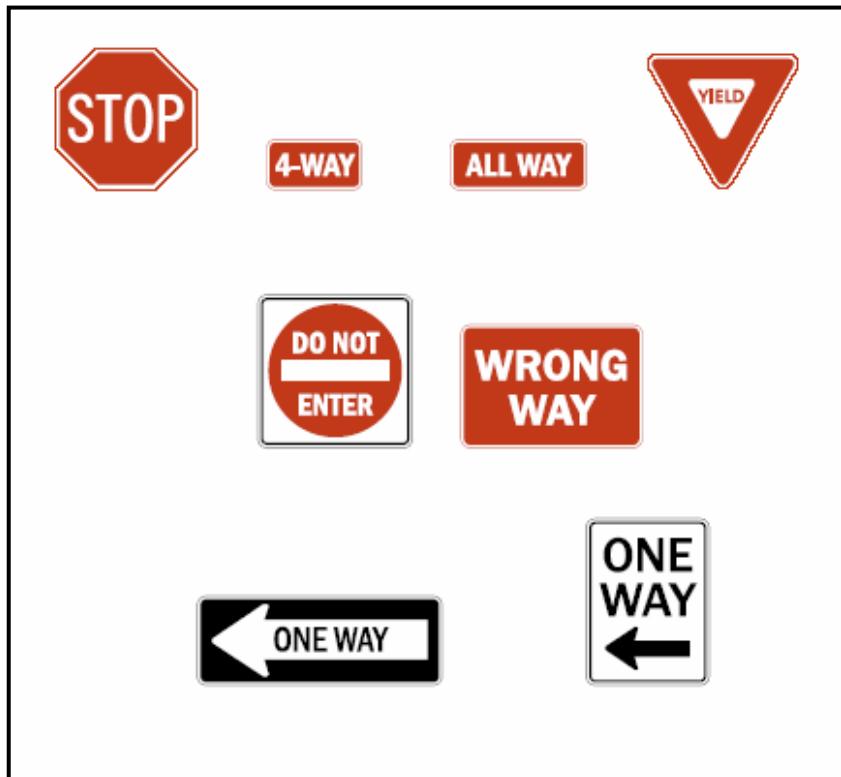
۲- محدودیت منطقه‌ای سرعت.

۳- محدودیت سرعت در شب.

۴- محدودیت سرعت وسایل نقلیه سنگین.

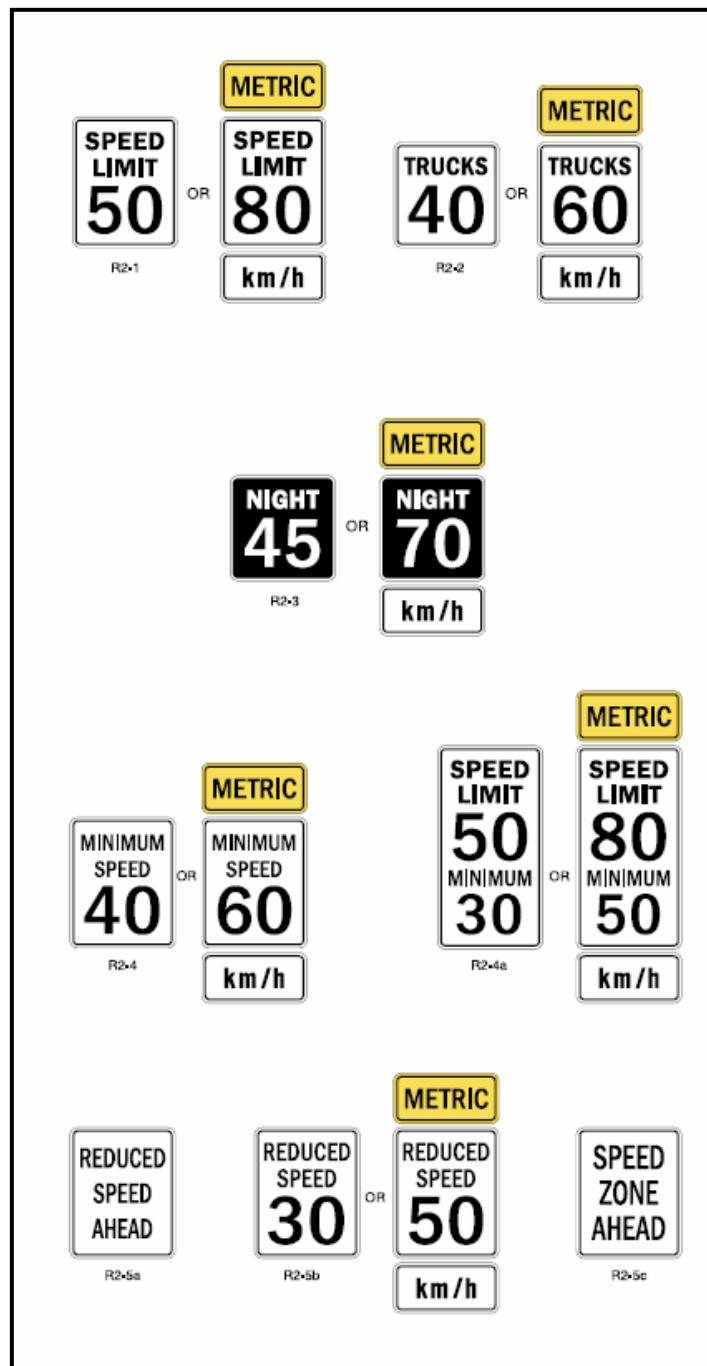
۵- محدودیت حداقل سرعت.

محدودیت سرعت می‌تواند به صورت استاندارد موجود در ایالت متحده یعنی به صورت مایل بر ساعت و یا در واحدهای سیستم متریک یعنی کیلومتر بر ساعت نشان داده شود. قوانین کنونی به هر ایالت اجازه می‌دهد تا واحد اندازه‌گیری خود را تعیین کنند. در هر جا که سیستم متریک استفاده شود، تابلوهای تكمیلی نیز برای نشان دادن واحد سرعت بکار بردہ می‌شوند.



شکل (۷-۴). تابلوهای انتظامی بر حق تقدم عبور تأثیر می‌گذارند.

شکل (۸-۴) نشان دهنده انواع مختلفی از تابلوهای محدودیت سرعت است. با وجود اینکه اکثر تابلوهای نشان دهنده حداکثر و حداقل سرعت به صورت نوشته های مشکی رنگ بر روی زمینه سفید هستند، اما تابلوهای محدودیت سرعت در شب بر عکس این حالت می باشند، یعنی نوشته های سفید بر روی زمینه سیاه. مستطیل «متریک» یک تابلوی هشداری به حساب می آید و زمینه زرد رنگ دارد.



شکل (۸-۴). تابلوهای محدودیت سرعت.

محدودیت‌های خطی سرعت بر بخش خاصی از یک مسیر اعمال می‌شوند. تابلوها می‌بایست به صورتی نصب شوند که تمامی رانندگان که وارد آن بخش از مسیر می‌شوند تابلوی مربوطه را ببینند. فاصله مربوطه تقریباً ۱۰۰۰ فوت در نظر گرفته می‌شود. البته این فاصله استانداردی از MUTCD نمی‌باشد بلکه به تجربه حاصل شده است.

محدودیت‌های منطقه‌ای سرعت در تمام جاده‌ها و مسیرهای موجود در یک منطقه معین اعمال می‌شوند. محدودیت‌های سرعت موجود در یک ایالت خاص نمونه‌ای از این قوانین می‌باشد. شهرهای بزرگ و کوچک و سایر دولت‌های محلی می‌توانند قوانینی را در مورد محدودیت‌های سرعت موجود در منطقه استحفاظی خود اعمال کنند. این محدودیت‌ها می‌بایست به وسیله تابلوهای مناسب در ابتدای هرگونه تسهیلات در مرز ورود به حوزه استحفاظی به اطلاع رانندگان رسانده شوند.

تابلوهای «از سرعت خود بکاهید» و «محدوده سرعت در مقابل» در مکان‌هایی که قضاوت مهندسی نیاز به نصب تابلو و اطلاع رسانی موثر به رانندگان را ضروری تشخیص دهد می‌بایست نصب شوند. در مورد معیارهای تعیین سرعت مجاز در جاده‌ها و مقاطع مختلف راه‌ها به فصل ۱۵ مراجعه کنید.

تابلوهای گردش ممنوع

در محله‌ای که گردش به راست و چپ ممنوع است یک یا چند نوع از تابلوهای نشان داده شده در شکل (۹-۴) استفاده می‌شود. در این مقوله، تابلوهای دارای سمبل بین‌المللی ارجح بوده و توصیه می‌شود. دایره قرمز رنگ متداول که خط به صورت مورب آن را قطع می‌کند به معنی ممنوعیت حرکت و گردش در تابلو می‌باشد.

تابلوهای استفاده از خط

تابلوهای استفاده از خط در مکان‌هایی که حرکت یا حرکت‌های خاص در خطهای ترافیکی معین، محدود یا ممنوع باشد استفاده می‌شوند. این شرایطی شامل خطوط مختص گردش به چپ یا راست،

خطوط دو طرفه گرددش به چپ در معابر شریانی و خطوط با جهت برگشت پذیر می باشد. این تابلوها ممکن است در مواردی که هیچ محدودیت قانونی وجود ندارد نیز تنها به منظور شفاف سازی پیام تابلوها استفاده شوند. هنگامیکه کاربرد یک خط ترافیکی پیچیده باشد، از علائم و تابلوهای کاربرد خط پیشرفته نیز می توان برای اطلاع رسانی به رانندگان استفاده کرد. شکل (۱۰-۴) این تابلوها را نشان می دهد.



شکل (۹-۴). تابلوهای ممنوعیت گرددش.

تابلوگذاری خطوط گرددش به چپ دو طرفه می بایست با خطکشی مناسب روی سطح آسفالت همراه باشد. تابلوهای خطوط دارای جهت برگشت پذیر می بایست بصورت بالاسری نصب شوند، به این صورت که در بالای خط یا خطوط برگشت پذیر قرار می گیرند. تابلوهای کنار جاده نیز می توانند به عنوان مکمل تابلوهای بالاسری عمل کنند. در شرایطی که تابلوگذاری برای اطلاع رسانی به رانندگان در خصوص خطوط برگشت پذیر کافی به نظر نیاید، باید از چراغهای ترافیکی بالاسری نیز استفاده نمود.

تابلوهای کنترل پارکینگ

کنترل پارکینگ حاشیه‌ای یکی از مهمترین جنبه‌های مدیریت شبکه شهری است. ارزش و اعتبار اقتصادی مناطق تجاری شهر اغلب به وجود تعداد فضاهای پارکینگ حاشیه‌ای معابر و پارکینگ‌های غیر حاشیه‌ای کافی بستگی دارد. در زمانی مشابه، پارکینگ حاشیه‌ای معمولاً برای جریان حرکتی خودروها تداخل ایجاد کرده و باعث محدود شدن مسیر می شود. فصل ۱۱ مطالبی بیشتر و دقیق‌تر در مورد پارک خودروها و برنامه‌ریزی آن ارائه می کند. بسیار ضروری است که مقررات پارک در کناره مسیرها به خوبی

توسط تابلوگذاری به اطلاع رانندگان رسانده شوند. ضروری است که این قوانین از ضمانت اجرائی بسیار

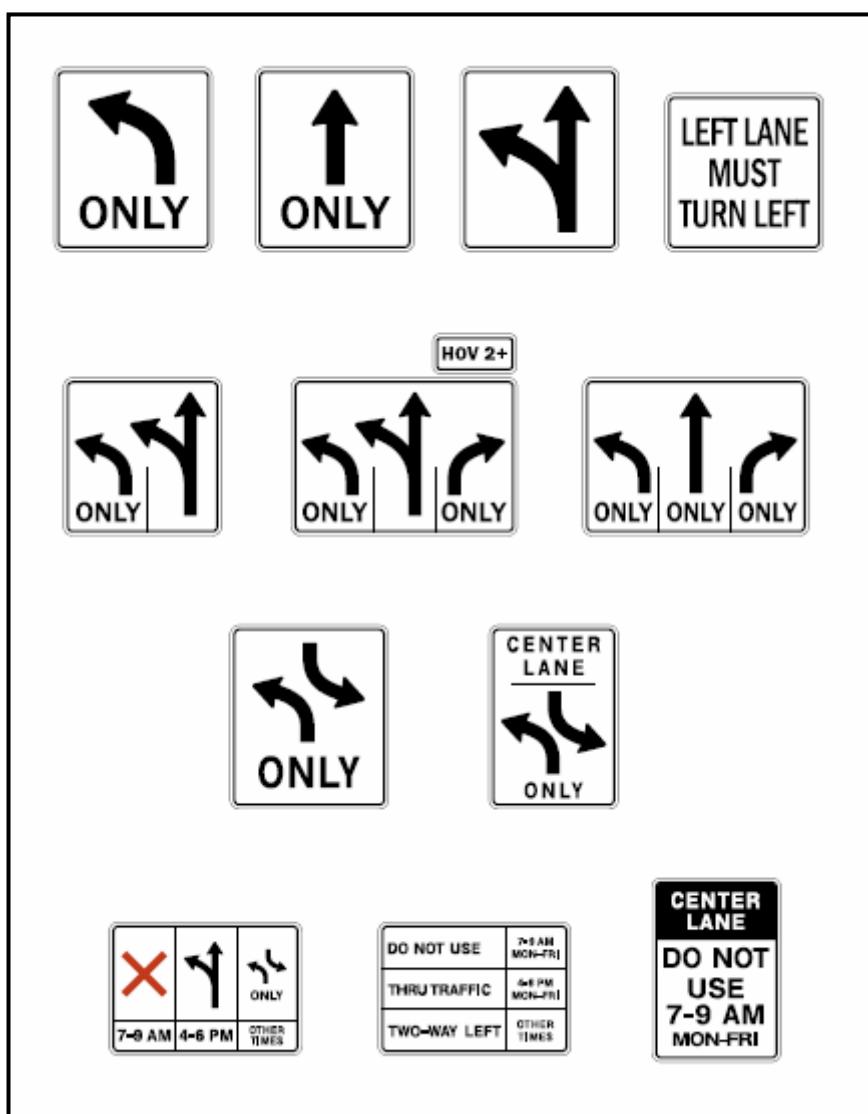
بالائی برخوردار باشند تا اینکه مورد احترام همگان قرار گیرند.

درهنگام بررسی قوانین مربوط به پارک خودروها و تابلوگذاری مناسب این مسئله سه عبارت یا

اصطلاح می باشد به خوبی درک شوند:

• پارکینگ. یک خودرو پارک شده خودروئی است که به صورت ساکن در کنار جدول متوقف بوده

و موتور آن نیز خاموش است. حضور یا عدم حضور راننده دراین تعریف هیچ تغییری ایجاد نمی کند.



شکل (۱۰-۴). تابلوهای کنترل استفاده از خط ترافیکی.

- ایستادن. یک خودروی در حال ایستادن خودرویی ثابت است که در کنار جدول متوقف است اما موتور آن روشن بوده و راننده در آن حضور دارد.
- توقف. یک خودروی متوقف خودرویی است که برای چند لحظه توقف کرده تا مسافری را سوار یا پیاده کند. این خودرو بلا فاصله پس از سوار یا پیاده شدن مسافر حرکت می کند. در این حالت راننده خودروی خود را ترک نمی کند.
- در واژگان حقوقی و قانونی، بسیاری از حوزه های قضائی سلسله مراتبی از اولویت ممنوعیت‌ها را بکار می گیرند. تابلوی «توقف ممنوع» هر سه عمل پارک، ایستادن و توقف را ممنوع می کند. تابلو «ایستادن ممنوع»، ایستادن و پارک کردن را ممنوع می کند و تابلوی «پارک ممنوع»، پارک کردن را ممنوع کرده ولی در مورد ایستادن و توقف محدودیتی ایجاد نمی کند.
- قوانين پارک یا توقف خودروها ممکن است به صورت یک ممنوعیت و یا بیان آنچه مجاز می باشد ارائه شود. در جایی که یک تابلو نشان دهنده ممنوعیتی قانونی باشد، نوشته‌های قرمز رنگ بر روی زمینه‌ای سفید استفاده می شوند. در مواردی که تابلو نشان دهنده موردی مجاز می باشد، نوشته سبز رنگ بر روی زمینه سفید ظاهر می شود. شکل (۱۱-۴) انواع مختلفی از تابلوهای مختلف کنترل پارکینگ را که معمولاً تابلوهای کنترل پارکینگ می بایست با دقت فراوان طراحی شده و در محل‌های دقیق نصب شوند تا اطمینان خاطر حاصل شود که پیام‌های این تابلوها که معمولاً حاوی پیام‌های پیچیده‌ای هستند به اطلاع رانندگان رسانده شود. دستورالعمل های MUTCD توصیه می کند که اطلاعات زیر در تابلوهای کنترل پارکینگ لحاظ شوند :
 - محدودیت یا ممنوعیت (یا شرایط مجاز بودن در صورت استفاده از تابلوی مربوطه)
 - دوره زمانی اعمال قانون تابلو در روز (اگر تمام روز نباشد)

- روزهایی از هفته که مقررات کاربرد دارد (اگر هر روز نباشد)

تабلوهای کنترل پارکینگ می بایست همیشه در ابتدا و انتهای مرز محدوده ممنوعه و در فواصل میانی آن نصب شود. در محلی که نوع محدودیت پارکینگ تغییر می کند می بایست دو تابلو در کنار هم بر روی یک پایه قرار گیرند تا هر یک از آنها با جهت فلش، محدوده اجرایی قانون ذکر شده را مشخص کند. در محل هایی که محدودیتهای منطقه‌ای اعمال می شوند، این محدودیت می بایست در تمامی مناطق و مسیرهای ورودی به منطقه مربوطه به اطلاع رانندگان رسانده شود.



شکل (۱۱-۴). نمونه‌ای از تابلوهای کنترل پارکینگ.

در بسیاری از حوزه های عملکردی محلی، تغییرات در مورد وضعیت قوانین مربوط به پارک خودروها می باشد از پیش و از طریق روزنامه های محلی و سایر رسانه ها و یا با نصب پوستر و پلاکارد در مناطق مربوطه به اطلاع مردم منطقه رسانده شود. به عنوان مثال نصب تابلوی پارک ممنوع و جریمه کردن و یا جابجا کردن خودروهای پارک شده در شب، بدون اطلاع قبلی صحیح نمی باشد.

سایر تابلوهای انتظامی

ویرایش هزاره MUTCD راهنمایی ها و استانداردهای مختلفی را در مورد بیش از ۱۰۰ تابلوی انتظامی شرح داده است. برخی از رایج ترین این تابلوها در این بخش به بحث و گفتگو گذارده شده اند. اما آنها تنها به عنوان بخشی از مجموعه بزرگ تابلوها مطرح هستند. اکنون به موازات معرفی قوانین جدید، تابلوهای جدید نیز در حال تدوین و تغییر هستند. برای اطلاعات بیشتر به دستورالعمل MUTCD مراجعه کنید.

۲-۳-۴ - تابلوهای هشداری

تابلوهای هشداری تجهیزاتی هستند که توجه رانندگان را در مورد شرایط پیش بینی نشده که در طول مسیرها یا در کنار این مسیرها اتفاق می افتد، همچنین وضعیت هایی که به سادگی در معرض دید کاربران جاده ها نیستند جلب می کنند. تابلوهای هشداری، کاربران جاده را از شرایطی که ممکن است نیازمند کاهش سرعت یا انجام عملی خاص به منظور تأمین اینمی بیشتر لازم باشند آگاه می کنند [ویرایش هزاره . صفحه 2C-1 MUTCD]

بیشتر تابلوهای هشداری لوزی شکل بوده و نوشته و علائم روی آنها با خط مشکی بر روی زمینه ای زرد ظاهر می شوند. شکل مثلث برای تابلوی «محدوده عبور ممنوع» استفاده می شود که در شرایط محدودیت عبور در جاده های برون شهری دو طرفه دو خطه کاربرد دارد . تابلوهای مستطیلی شکل نیز برای

نشان دادن برخی تابلوهای جهت نما استفاده می شود. شکل دایره‌ای نیز برای اعلان خطر درمورد تقاطع‌های راه و راه‌آهن استفاده می شوند.

دستورالعمل MUTCD حداقل اندازه استاندارد را برای بسیاری از تابلوهای هشداری در مسیرها و تسهیلات مختلف مشخص کرده است. برای تابلوی استاندارد لوزی شکل، اندازه تابلو از ۳۰ اینچ در ۳۰ اینچ تا ۳۶ اینچ می تواند متغیر باشد. ساخت تابلوهای بزرگتر نیز محدودیتی ندارد.

دستورالعمل MUTCD نشان می دهد که نصب تابلوهای هشداری می بایست تنها بر اساس مطالعات مهندسی و یا قضاوت مهندسی انجام گیرد. با وجود اینکه این مسئله یک الزام نه چندان شدید است، اما خود باعث می شود که در استفاده بیش از حد از این تابلوها جلوگیری شود. یک تابلوی هشداری می بایست تنها در صورتی مورد استفاده قرار گیرد که بتواند رانندگان را از شرایطی که به طور طبیعی انتظارش را ندارند آگاه ساخته و مطلع نماید. استفاده بیش از حد این تابلوها رانندگان را از توجه به آنها باز می دارد.

در هنگام استفاده از تابلوهای هشداری می بایست این تابلوها با فاصله کافی از محل خطر نصب شوند تا به رانندگان فرصت و زمان کافی برای اتخاذ تصمیم و عمل مناسب را بدهند. جدول (۴-۲) فواید توصیه شده را برای این تابلوها در وضعیت‌های مختلف شرح داده است. سه وضعیت مختلف در این مورد وجود دارند که عبارتند از:

- وضعیت A: نیازمندی به قضاوت مهندسی قابل توجه. این مسئله، وضعیتی را بیان می کند که در آن، کاربر جاده می بایست از زمان اضافی استفاده کند تا فرضاً سرعت خود را کم کند و یا در هنگام ترافیک سنگین بزرگراهی تغییر مسیر داده و خط مناسب را انتخاب کند. برخی از این وضعیت‌ها مانند محل‌های به هم پیوستن خطوط ترافیکی و یا کاهش یک خط از خطوط مورد استفاده کاربران

جاده را شامل می شود. زمان PIEV از ۶/۷ تا ۱۰ ثانیه فرض می شود، به علاوه ۴/۵ ثانیه برای هر مانور.

- وضعیت *B* : شرایط توقف. این وضعیت درمواردی اعمال می شود که لازم است راننده قبل از رسیدن به منطقه خطر توقف کند. انواع مختلفی از کاربردهای این وضعیت شامل تابلوهای هشداری ایست در پیش رو، حق تقدم در پیش رو و به چراغ نزدیک می شوید می باشد. استاندارد PIEV بر اساس ضوابط AASHTO برابر ۲/۵ ثانیه در نظر گرفته می شود.
- وضعیت *C* : کاهش سرعت تا حد توصیه شده برای شرایط خاص. این وضعیت در مواردی که کاربر جاده می بایست سرعت خود را تا حد مناسب منطقه خطر کاهش دهد کاربرد دارد. این کاهش سرعت باعث می شود که راننده قدرت مانور مناسب را در مقابل خطرات احتمالی داشته باشد. PIEV به میزان ۱/۶ ثانیه و شتاب کاهنده به میزان ۱۰ فوت بر مجدور ثانیه فرض می شود.

جدول (۲-۴). توصیه‌هایی برای جانمایی پیشرفتہ تابوهای هشداری.

فاصله استقرار پیشرفتہ (فوت)					سرعت (مايل در ساعت)	
شرط C کاهش شتاب تا (مايل در ساعت):					شرط B	شرط A (قضاؤت زیاد)
۵۰	۴۰	۳۰	۲۰	۱۰	«شرط ایست»	«قضاؤت زیاد»
-	-	-	-	NA	NA	۱۷۵
-	-	-	NA	۱۰۰	NA	۲۵۰
-	-	-	۱۰۰	۱۵۰	۱۰۰	۳۲۵
-	-	NA	۱۷۵	۲۰۰	۱۵۰	۴۰۰
-	-	۱۷۵	۲۵۰	۲۷۵	۲۲۵	۴۷۵
-	NA	۲۵۰	۳۰۰	۳۵۰	۳۰۰	۵۵۰
-	۲۲۵	۳۲۵	۴۰۰	۴۲۵	۳۷۵	۶۲۵
NA	۳۰۰	۴۰۰	۴۷۵	۵۰۰	۴۵۰	۷۰۰
۳۰۰	۴۰۰	۵۰۰	۵۵۰	۵۷۵	۵۵۰	۷۷۵
۳۷۵	۵۰۰	۵۷۵	۶۲۵	۶۵۰	۶۵۰	۸۵۰

در تمامی این موارد، تابلوی اخطاری می باشد از فاصله ۱۷۵ فوتی قابل رویت باشد. البته در این

بین استانداردهای تابلوهای مورد استفاده نیز می باشد مورد نظر قرار بگیرد.

تابلوهای هشداری می باشد به وسیله های تابلوهای تکمیلی استفاده شوند. این تابلوها یا فاصله تا

منطقه خطر را نشان می دهند یا سرعت مطمئنه برای عبور از آن منطقه را تعیین می کنند. این سرعت بر

اساس مطالعات مهندسی تعیین می شود. در مواردی که رهنمودها و جزئیاتی دقیقی در دسترس نیست،

سرعت مطمئنه بر اساس تجربیات محلی تعیین می شود. درصورتی که سرعت مطمئنه در عبور از منطقه

خطر ۱۰ مایل در ساعت و یا بیشتر از محدودیت سرعت محلی کمتر باشد، معمولاً این سرعت بوسیله

تابلویی به رانندگان هشدار داده می شود.

تابلوهای شهداری درمورد خطرات بالقوه فراوانی از جمله موارد زیر اطلاع رسانی می کنند. برخی از

این موارد عبارتند از:

• تغییرات در تراز افقی

• تقاطع ها

• اخطار پیشرفته برای تجهیزات کنترل ترافیک

• همگرایی خطوط ترافیک

• راههای باریک

• تغییر در طراحی جاده ها

• تغییر در درجه راه

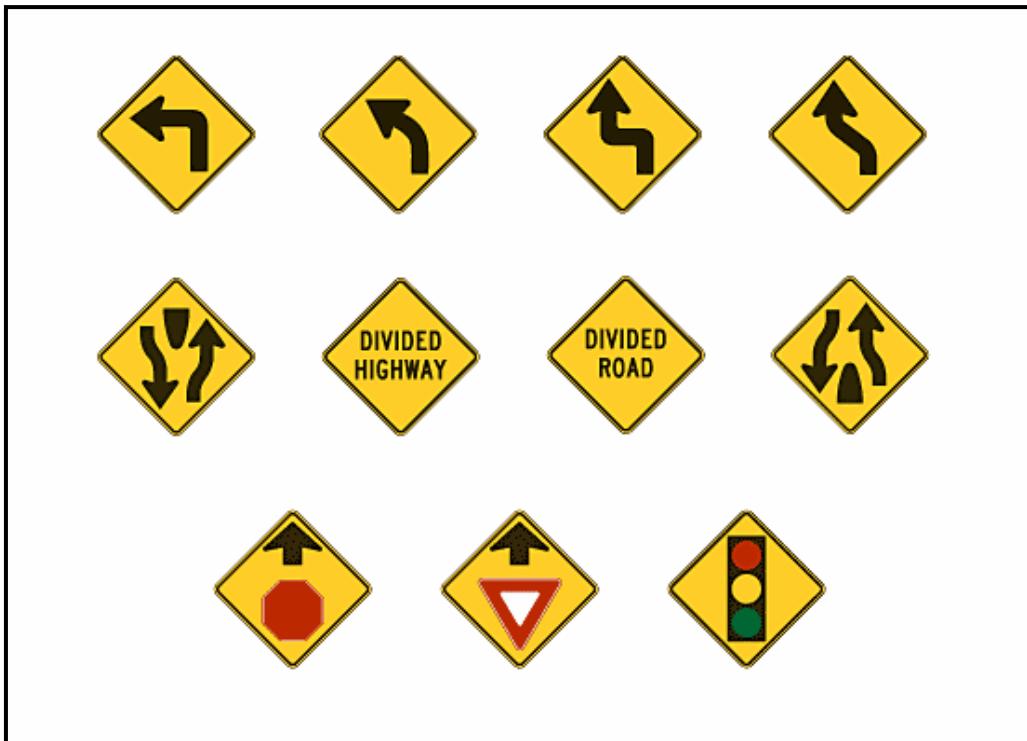
• شرایط سطح جاده

• عبور از خط آهن

• ورودی ها و محلهای عبور.

• موارد متفرقه

شکل (۱۲-۴) برخی از تابلوهای هشداری از این گروه را نشان می دهد.
علی رغم اینکه در اینجا نشان داده نشده است اما دستورالعمل MUTCD شامل تابلوهای هشداری دیگری نیز هست که در مناطق خاص و ویژه مانند نواحی نزدیک مدارس و مناطق عبور از ریل آهن استفاده می شوند. به منظور کسب اطلاعات بیشتر در خصوص این موارد مستقیماً به متن دستورالعمل مراجعه کنید.



شکل (۱۲-۴). نمونه از تابلوی هشداری.

۳-۳-۴- تابلوهای راهنمایی

این تابلوها اطلاعاتی مبنی بر مقاصد، خدمات موجود، تسهیلات و مکانهای تفریحی و تاریخی را در اختیار کاربران جاده قرار می دهد. این تابلوها عمدتاً اطلاعات ارزشمندی را در اختیار کاربران ناآشنای جاده قرار می دهند. آنها نقش بسیار مهمی نیز در اینمی جاده ها دارند. یک راننده که در انتخاب مسیر خود دریک تقاطع به مشکل برخورده و گنج شده است خود خطری بالقوه برای سایر رانندگان ایجاد می کند.

تابلوهای راهنمایی به صورت مستطیلی شکل هستند به حالتی که ضلع بزرگ مستطیل افقی واقع شود.

نوشته‌ها و حاشیه این تابلوها سفید می‌باشد. رنگ زمینه نیز بر حسب اطلاعات موجود در تابلو متغیر

می‌باشد. اطلاعات در مورد جهت مسیرها و مقاصد مسیرها بر زمینه سبز ظاهر می‌گردد. اطلاعات در مورد

خدمات و تسهیلات رفاهی مسیرها بر تابلوهایی با زمینه آبی ظاهر می‌شوند. اطلاعات ارائه شده در مورد

مکانهای فرهنگی، تاریخی و تفریحی بر تابلوهایی با زمینه قهوه‌ای ظاهر می‌شوند. علائم و نشانه‌های

نمایانگر مسیرها بر حسب حوزه استحفاظی و نوع تابلو دارای اشکال و رنگ‌های متنوع و متفاوتی می‌باشند.

دستورالعمل MUTCD اطلاعاتی را در مورد تابلوهای راهنمایی برای سه نوع از تسهیلات ارائه می‌دهد:

جاده‌های معمولی، آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها. مورد تابلوهای راهنمایی تا حدی با سایر انواع تابلوها متفاوت است

زیرا که استفاده بیش از حد از این تابلوها مشکل خاصی را ایجاد نمی‌کند، مگر شرایطی که منجر به

سردرگمی رانندگان و کاربران می‌شود. وضعیت و ثبات پیام منتقل شده دو عامل بسیار مهم برای این تابلوها

می‌باشند. چندین اصل و قاعده کلی را در مورد این تابلوها می‌توان به کار گرفت:

۱- اگر یک جاده به چند مقصد متفاوت خدمت رسانی می‌کند، مهمترین این مقاصد می‌بایست بر

تابلو نگاشته شود. فرضًا اگر بزرگراهی به فیلادلفیا می‌رسد و همچنین از چند منطقه متفاوت حومه‌ای

نیز گذر می‌کند، تابلوهای راهنمایی می‌بایست مرتبًا «فیلادلفیا» را به عنوان مقصد اصلی مسیر مطرح

کنند و بنویسند.

۲- هیچ تابلوی راهنمایی نمی‌بایست عنوانی بیش از سه مقصد را ارائه کند (البته در برخی مواقع چهار

مقصد نیز پذیرفته شده است). این اصل به همراه اصل اول انتخاب اولویت مقاصد را به عنوان

شاخصی از کارایی تابلو محسوب می‌شود.

۳- در مواردی که مسیرها هم دارای اسم هستند و هم دارای شماره، در صورت امکان وجود فضای

مناسب در تابلو، هر دوی این اطلاعات می‌بایست ذکر شوند. در موقعی که تنها ذکر یکی از این دو

مقدور است، تابلوهای راهنمای عمدتاً شماره مسیر را ذکر می کنند. بر روی نقشه های مسیر نیز معمولاً شماره مسیرها قید می گردد. این بدان خاطر است که رانندگان نا آشنا با مسیر معمولاً شماره مسیر را به ذهن می سپارند تا نام آنها را.

۴- هر جا که ممکن باشد، پیش از تقاطع های مهم می بایست از تابلو گذاری پیشرفتہ استفاده نمود. این امر در جاده های معمولی مشکل باشد؛ زیرا که در این نوع از مسیرها، تعداد تقاطع ها فراوان بوده و با فاصله کمی از هم واقع هستند. در آزادراه ها و بزرگراه ها، این مسئله به عنوان مسئله ایمنی بسیار مهمی مورد توجه قرار می گیرد که دلیل آن، سرعت بالای وسایل نقلیه و خطرات تغییر مسیر آنها در تقاطع ها می باشد.

۵- به هر قیمتی که ممکن است نباید اجازه دارد که رانندگان در تعیین مسیر خود با مشکل رو برو شده و دچار سردرگمی شوند. اولویت و ترتیب تابلوهای راهنمای می بایست مناسب بوده و رانندگان را در تعیین به موقع مسیر و انتخاب خط مناسب یاری دهد. در موارد که ممکن است باید سعی شود که تابلوهای راهنمای همپوشانی نداشته باشند. تقاطع هایی که در آنها امکان گردش به چپ وجود داشته باشد می بایست با دقت و توجه بسیار بالای طراحی شوند و تابلوهای راهنمای نیز به طور کلی عاری از خطأ باشند.

اندازه، موقعیت و شیوه نوشتن بر روی تابلوهای راهنمای می تواند بسیار متغیر باشد. از این رو دستورالعمل MUTCD اطلاعاتی مفید در مورد گزینه های متعدد را در اختیار دست اندکاران قرار می دهد. از آنجا که عواملی چند بر اصول نصب و تهیه این تابلوها در موقعیت های مورد نظر تأثیر می گذارند، لذا باید گفت که در این موارد تعدد گزینه ها و انتخاب های موجود برای مهندسین حمل و نقل نسبت به سایر تابلوها بیشتر است. در این موارد حتماً می بایست برای کسب اطلاعات دقیق به دستورالعمل MUTCD مراجعه شود.

نشانگرهای مسیرها

شکل (۱۳-۴) نشانگرهای مسیر را نشان می‌دهد که در تمامی مسیرهای دارای شماره استفاده می‌گردند. این تابلوها دارای طرح منحصر بفرد بوده و نوع مسیر مربوطه را نشان می‌دهند. جاده‌های بین ایالتی دارای طرح سپر بوده، نوشته روی آنها سفید است و دارای زمینه قرمز و آبی می‌باشند. همین طراحی در مورد لوپ‌های تجاری نیز استفاده می‌گردد. این لوپ‌ها معمولاً جاده‌هایی مهم هستند که جزء سامانه بین ایالتی نمی‌باشند، اما معمولاً به صورتی هستند که یک منطقه تجاری را به یک تقاطع غیر همسطح در جاده‌های بین ایالتی متصل می‌کنند. نشانگرهای مسیر در ایالات متحده عددي مشکى رنگ هستند که بر روی یک طرح سپر با زمینه سفید ظاهر می‌شوند و در روی یک تابلوی دایره‌ای با زمینه سیاه قرار می‌گیرند.

نشانگرهای مسیر ایالتی نیز، بوسیله دولت‌های محلی این ایالت‌ها تعیین و طراحی شده و از این رو با هم متفاوت می‌باشند. با وجود این تمامی نشانگرهای مسیر در بخش‌های یک ایالت دارای طرحی استاندارد هستند که در آنها، حروف و اعداد با رنگ زرد بر زمینه آبی در قالب شکلی منحصر به فرد نقش می‌بنندند. اسم بخش مربوطه نیز بر تابلوی مورد نظر نیز نوشته می‌شود. نشانگرهای مسیر در پارک‌ها و جنگل‌های ملی نیز دارای شکل خاص بوده و نوشته‌های سفید آنها بر زمینه قهوه‌ای ظاهر می‌شود.

نشانگرهای مسیر ممکن است بوسیله برخی تابلوهای دیگر که نشان‌دهنده جهات اصلی و برخی اهداف دیگر هستند همراه باشند. این مستطیل‌ها شامل «ALT»، «JCT»، «مسیر جایگزین»، «کنارگذر»، «منطقه تجاری»، «کامیون»، «به»، «پایان» و «مسیر موقت» می‌باشند. پانل‌های کمکی بر اساس الگوی تابلوی اصلی طراحی می‌شوند.

فصل ۱۵ مباحثی کامل در مورد چگونگی استفاده از نشانگرهای مسیر و ترکیب‌های مختلف این تابلوها در بزرگراه‌ها و جاده‌ها را ارائه می‌دهد.

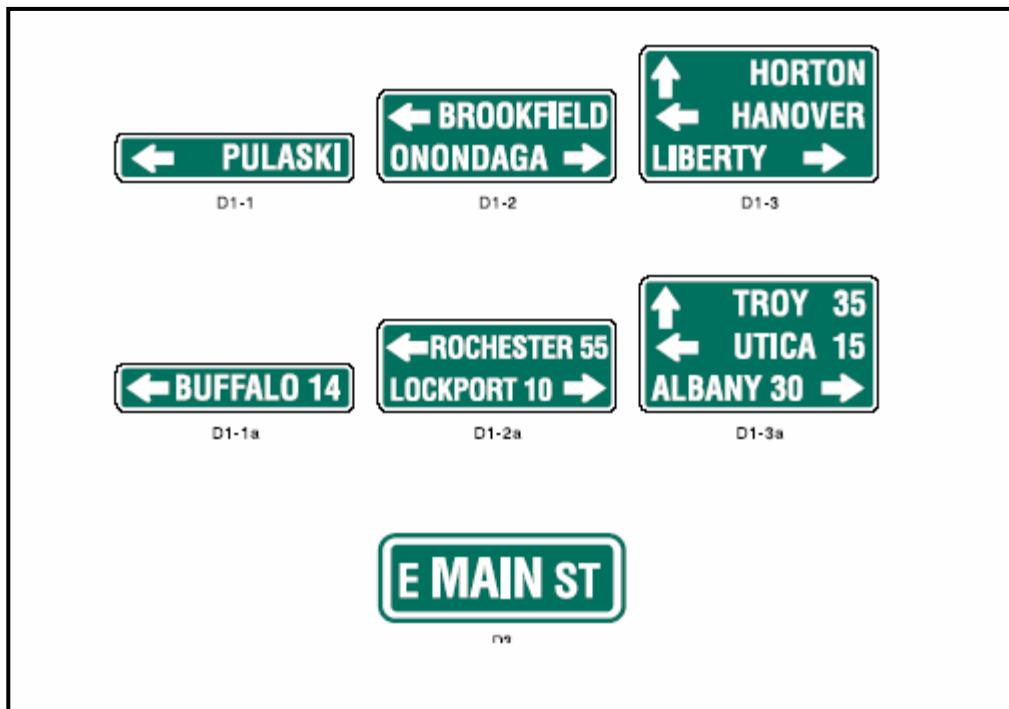


شکل (۱۳-۴). نمونه‌ای نشانگرهای مسیر.

تабلوهای راهنمای مقصد - جاده‌های معمولی

تابلوهای راهنمای مقصد در انواع راه‌ها استفاده می‌شوند و اطلاعاتی را در مورد فاصله باقیمانده تا مقصد و همچنین برخی از شهرها و مقاصد مهم در طول مسیر در اختیار رانندگان قرار می‌دهند. در جاده‌های معمولی، تابلوهای فاصله تا مقصد با استفاده از حروف بزرگ به رنگ سفید بر روی زمینه‌ای سبز ظاهر می‌گردند. فاصله باقیمانده تا مقصد در واحد مایل تعیین شده و در سمت راست نام مقصد نگاشته می‌شود. تابلوهای راهنمای مقصد معمولاً در تقاطع‌های بین راه‌های درون ایالتی دارای شماره و راه‌های بین ایالتی و آغاز راه‌های فرعی و مجزا استفاده می‌شوند. تابلوهای فاصله عموماً در مسیرهای مهم که از شهرها خارج می‌شوند و وارد جاده‌های دارای شماره می‌گردند نصب می‌شوند.

تابلوهای راهنمای نام خیابان‌ها و جاده‌ها برای تمامی تقاطع‌های شهری و حومه شهری توصیه می‌شوند. همانطور که برای تقاطع‌های اصلی برون شهری نیز توصیه شده‌اند. تابلوهای راهنمای نام محلی خیابان‌ها در گروه تابلوهای راهنمای مقصد طبقه بندی می‌شوند. شکل (۱۴-۴) تعدادی از این تابلوها را نشان می‌دهد.



شکل (۱۴-۴). تابلوهای راهنمای مسیر در راه‌های معمولی.

تابلوهای راهنمای مقصد-آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها موقعیت این تابلوها، ملزماتی وجود دارد که در دستورالعمل MUTCD مشخص شده است. این تابلوها از جهاتی با تابلوهای راهنمای مقصد در جاده‌های معمولی متفاوت هستند:

- حرف اول نام مقصد با حرف بزرگ و سایر حروف بصورت کوچک نوشته می‌شوند.
- مسیرهای دارای شماره با نشانگر مناسب بر روی تابلو همراه می‌باشند.

• شماره خروجی توسط پانل های کمکی در بالا و سمت راست تابلوی راهنمای آورده می شوند.

• در تقاطع های بزرگ و اصلی، عناصر هندسی می توانند بر روی تابلوها ظاهر شوند.

همانند جاده های معمولی، تابلوهای نشان دهنده فاصله تا مقصد در مسیر به دفعات استفاده می شوند.

هر گونه تقاطع غیر همسطح و همسطح مهم در بزرگراهها بوسیله تابلوهای فراوان و با هزینه زیاد بصورت پیشرفتہ تابلوگذاری می شود.

فاصله میان تقاطع های غیر همسطح از یم迪گر، مسئله ای بسیار تعیین کننده در چگونگی بکارگیری

تابلوهای راهنمایی باشد. در موقعی که تقاطع های غیر همسطح از هم فاصله زیادی داشته باشند می توان با فواصل ۵ مایل یا بیشتر از تابلوهای راهنمایی مسیر استفاده کرد و به موازات نزدیک شدن به محل تقاطع، تعداد تابلوها را افزایش داد.

در شرایط شهری و حومه شهری، که تقاطع های غیر همسطح از یم迪گر فاصله چندانی ندارند، استفاده از تابلوهای راهنمایی پیشرفتہ بیش از مشکل می شود. تابلوگذاری پیشرفتہ غالباً اطلاعاتی را در مورد محل تقاطع غیر همسطح بعدی ارائه می کند. این مسئله به خاطر اجتناب از ایجاد ابهام به وسیله همپوشانی تابلوها راهنمای اعمال می شود. تنها استثنای این مسئله، تابلوهای راهنمایی فاصله تا مقصد تا چند تقاطع غیر همسطح بعدی می باشد. بنابراین در مناطق شهری و حومه شهری که تقاطع های غیر همسطح در آنها نزدیک هستند، تابلوی پیشرفتہ برای تقاطع غیر همسطح بعدی، درست پس از اتمام رمپ خروجی تقاطع قبلی قرار می گیرد.

گستره وسیعی از انواع تابلوهای راهنمای در آزادراهها و بزرگراهها استفاده می شوند. برخی از این تابلوها در شکل (۱۵-۴) نشان داده شده است.

بخش (الف) شکل (۱۵-۴) نشان دهنده یک تابلوی پیشرفتہ خروجی است. این تابلوها بر اساس

الگوی تابلوگذاری مربوطه در فواصل مناسب و متفاوت نصب می شوند. تعداد و محل تابلوهای راهنمای

عمدتاً بر اساس فواصل میان خروجی‌ها تعیین می‌شود. بخش (ب) شکل (۱۴-۵) پانل خروجی بعدی را نشان می‌دهد. این پانل‌ها می‌توانند در زیر تابلوی خروجی و یا قبل از آن نصب شود. تابلوهای خروجی نشان داده شده‌در بخش (ج) شکل (۱۵-۴) در مواردی استفاده می‌شوند که برای هر مسیر خروجی یک رمپ مجزا وجود داشته باشد. این تابلوها معمولاً بعد از خروجی قبلی و در ابتدای خود خروجی نصب می‌شوند. تابلوی خروجی که در بخش (د) شکل (۱۵-۴) نشان داده شده است، آخرین تابلویی است که در محل اتصال رمپ خروجی نصب می‌باشد. این تابلوها معمولاً برپایه‌های شکننده نصب می‌شوند تا در صورتی که خودرویی در از مسیر خارج شد آسیب جدی نمایند. بخش (ه) شکل (۱۴-۵) نیز نشان‌دهنده تابلوی جهت خروج می‌باشد. این تابلو در محل خروجی و انفصال نصب می‌شوند و شامل پانل شماره خروجی نیز می‌شود. تابلوی «به طرف مستقیم» که در بخش (و) شکل (۱۴-۵) نشان داده شده است عمدتاً در مناطق شهری و یا مناطقی که فاصله خروجی‌ها از یکدیگر بسیار کم است استفاده می‌شود. این تابلوها معمولاً بر روی پانل‌های بالاسری کنار خروجی‌ها نصب می‌شوند. این تابلوها رانندگان را از ادامه مسیر انتخابی مطمئن می‌سازند. آخرین تابلویی که در بخش (ز) شکل (۱۵-۴) دیده می‌شود تابلویی دارای عناصر هندسی می‌باشد که در خروجی‌های پیچیده نصب و بکارگیری می‌شود. این تابلوها بویژه در محل‌هایی که مسیر خروجی پس از خروج از مسیر اصلی دو یا چند شاخه می‌شود مفید هستند. این تابلو رانندگان را به شیوه‌ای مستقیم و ساده از مسیری که برای مقصد مورد نظر خود می‌بایست استفاده کنند آگاه می‌کنند.

فصل ۱۵ به بررسی دقیق تابلوهای راهنمای درآزادراه‌ها، بزرگراه‌ها و جاده‌های معمولی می‌پردازد.



الف) تابلوی پیشرفته تقاطع غیر همسطح

NEXT EXIT
9 MILES

ب) پانل خروجی بعدی

US 56
Newport
EXIT 1 MILE

Lincoln Ave
EXIT 1/2 MILE

ج) تابلوی خروجی
چندگانه مکمل



د) تابلوی خروجی
در ناحیه دماغه



ه) تابلوی جهت خروج



و) تابلوی به طرف مستقیم



ز) تابلوی پیشرفته برای خروج از چپ با عناصر هندسی

شکل (۱۵-۴). نمونه ای تابلوهای راهنمای مسیر در آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها.

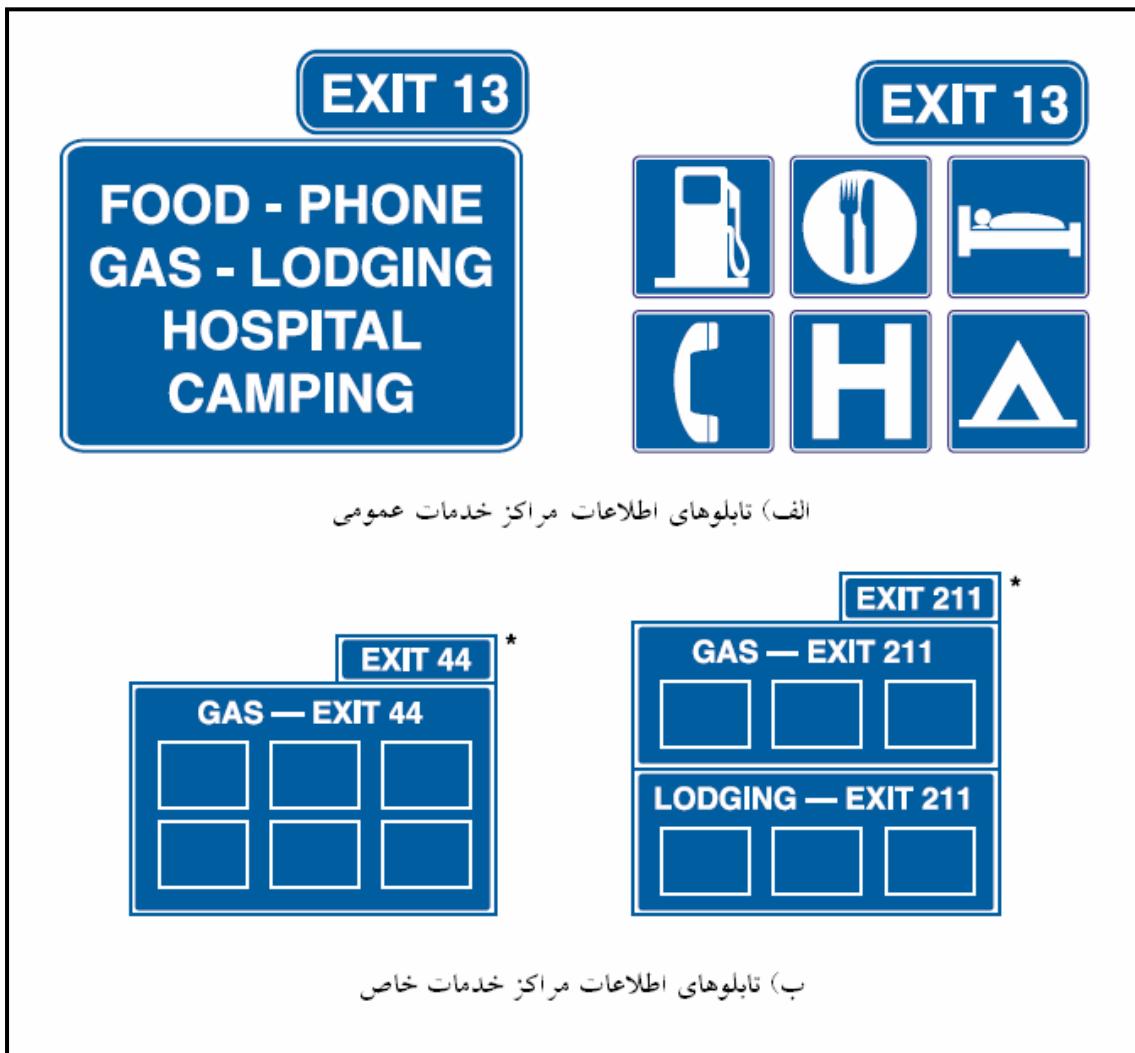
تабلوهای راهنمای خدمات

یکی دیگر از جمله اطلاعات مورد نیاز رانندگان، اطلاع از محل هایی است که خدمات خودرویی و سایر خدمات به رانندگان ارائه می شود. رانندگان، بویژه آنها که با مسیر آشنایی کافی ندارند نیاز دارند که از محل های خدمات رسانی مانند پمپ بنزین، غذاخوری ها، محل های استراحت، محل های ارائه خدمات پزشکی و خدمات مشابه مطلع شوند. دستورالعمل MUTCD از گستره وسیعی از تابلوهای راهنمای برای انتقال این اطلاع استفاده می کند. این تابلوها همگی نوشته هایی سفید رنگ بر زمینه آبی دارند. در بسیاری از موارد نشانه و سمبل هایی به منظور نشان دادن نوع خدمات موجود استفاده می شود. در آزادراه ها، تابلوهایی بزرگ دارای پیام های نوشتاری در کنار تابلوهای خروجی ظاهر می شوند تا اطلاعات مورد نظر را به رانندگان منتقل کنند. کاملترین اطلاعات این تابلوها را می توان در سطح آزادراه ها یافت که در آنها نام شرکت و سازمان ارائه دهنده خدمات مذکور نیز ذکر می شود (شرکتهای فروشنده بنزین، نام رستوران ها وغیره). شکل (۴-۱۶) اطلاعاتی را در مورد تابلوهای اطلاع رسانی به رانندگان در مورد خدمات ارائه شده نشان می دهد.

در نصب این قبیل تابلوها نکات و دستورالعمل هایی چند وجود دارد. به عنوان مثال محل های خدمات رسانی که بیش از ۳ مایل با خروجی های آزادراه فاصله دارند نمی بایست در این تابلوها ذکر شوند. به علاوه محل های خدمات رسانی که امکان بازگشت آسان رانندگان به مسیر اصلی بزرگراه را فراهم نکرده اند نمی بایست در این تابلوها ذکر شوند.

اطلاعات ارائه شده در تابلوها می بایست دارای اطلاعات دیگری مانند ساعت کار مراکز خدمات رسانی نیز باشند. تمامی این خدمات می بایست از قوانین فدرال، ایالتی و محلی مناسب با نوع بهره برداری خود پیروی کنند. برای اطلاع از جزئیات دقیق تر این قوانین و ملزومات به دستورالعمل MUTCD مراجعه کنید.

تابلوهای اطلاع رسانی در مورد مراکز خدماتی در جاده‌های معمولی نیز مانند آن مواردی است که در شکل (۱۶-۴) نشان داده شده‌اند. با این تفاوت که در این تابلوها در جاده‌های معمولی از شماره خروجی و یا پانل‌های کمکی شماره خروجی استفاده نمی‌کنند.



شکل (۱۶-۴). تابلوهای اطلاعات خدمات.

تابلوهای راهنمای مراکز فرهنگی و تفریحی اطلاعات لازم درمورد مراکز تاریخی، فرهنگی و تفریحی و مقاصد مربوط به این محل‌ها، بر تابلوهای با نوشته یا نشانه‌های سفید رنگ در زمینه قهوه‌ای مشخص می‌شوند. برای نشان دادن نوع فعالیت مراکز فوق، از نشانه‌ها استفاده می‌شود، اما ممکن است از تابلوهایی بزرگتر که نوشته‌هایی روی آن‌ها موجود است

نیز استفاده شود. شکل (۱۷-۴) نمونه‌هایی از این تابلوها را نشان می‌دهد. ویرایش هزاره دستورالعمل MUTCD سمبول‌ها و نشانه‌های متعددی را در این موارد ارائه کرده است که می‌بایست برای اطلاعات بیشتر به آنها رجوع شود.



شکل (۱۷-۴). تابلوهای مرکز تفریحی و فرهنگی.

تابلوهای راهنمای مسافت طی شده

این تابلوها، مستطیل‌هایی کوچک عمودی با اندازه‌های ۶ اینچ در ۹ اینچ هستند که اعداد روی آنها سفید بوده و بر زمینه‌ای سبز نوشته می‌شوند. این تابلوها مسافت طی شده در مسیر را به رانندگان نشان می‌دهند و آنها را قادر می‌سازند که میزان طی مسیر خود را تخمین زده و در موقعیت‌های اضطراری و

تصادفات، امکان اطلاع رسانی در مورد محل مربوطه را به اورژانس و یا سایر مراکز مربوطه فراهم آورند. ارائه این اطلاعات در طول مسیرها بصورت پیوسته انجام می شوند. به این ترتیب که در ابتدای مسیر، مسافت طی شده معادل صفر بوده و در طول مسیر افزایش می یابند. در مواردی که مسیرها دارای همپوشانی باشند، این اطلاع رسانی در مورد یکی از مسیرها انجام می شود که از ابتدای مسیر فاصله گذاری شده است. در برخی آزادراه‌ها، این پانل‌های اطلاع رسانی به فاصله یک دهم مایل از هم قرار می گیرند تا امکان اطلاع رسانی دقیق و موثر فراهم آید.

۴-۴- چراغهای ترافیکی

دستورالعمل MUTCD نه نوع مختلف از چراغ‌های ترافیکی را تعریف می کند :

- چراغهای کنترل آمد و شد
- چراغهای عبور عابران پیاده
- چراغهای کنترل ترافیک خودروهای امدادی
- چراغهایی کنترل آمد و شد برای مسیرهای یک خطه دو طرفه
- چراغهای کنترل آمد و شد در رمپ‌های ورودی آزادراه‌ها
- چراغهایی کنترل آمد و شد برای پل‌های متحرک
- چراغهای کنترل استفاده از خط
- چراغهای چشمک زن
- چراغهای روشنایی راه‌ها

raig ترین نوع چراغ‌های ترافیکی، چراغ چراغ کنترل ترافیک می باشد که در تقاطع‌های شلوغ و پر ازدحام برای توقف و حرکت متناوب جریان ترافیک استفاده می شود.

۱-۴-۴- چراغ‌های کنترل ترافیک

دستورالعمل MUTCD دو استاندارد بسیار مهم را راجع به چراغ‌های کنترل ترافیک ارائه می‌کند :

• چراغ کنترل ترافیک می‌بایست در تمام ساعت شبانه‌روز بصورت ثابت (ایست و حرکت) و یا

بصورت چشمک زن عمل کند [نسخه هزاره MUTCD صفحه 4D-1 .]

• تابلوهای ایست در تقاطع‌هایی که دارای چراغ راهنمایی باشند نمی‌بایست استفاده شود. دو مورد

زیر از این قاعده استثنای استند : (۱) اگر چراغ مربوط به جریان ترافیکی یک مسیر همواره بصورت

قرمز چشمک زن عمل کند. (۲) در صورتی که در منطقه تحت کنترل چراغ راهنمایی، خیابان‌ها و

مسیرهای کوچک دیگری نیز وجود داشته باشند ولی نیازمند نصب چراغ راهنمایی مجزا نباشند. دلیل

آن این است که احتمال ایجاد مشکل در جریان ترافیک در این محل‌ها بسیار کم می‌باشد [نسخه

هزاره MUTCD صفحه 4D-1 .]

اجرای اولین شرط مستلزم این است که چراغ راهنمایی در همه ساعت شبانه روز بصورت فعال

باشد. هیچ چراغ راهنمایی نمی‌باید هرگز خاموش باشد. چرا که این مسئله می‌تواند برای رانندگان گیج

کننده باشد و به تصادف منجر شود. مسئولیت هرگونه تصادفی که در زمان خاموش بودن چراغ راهنمایی

اتفاق بیافتد بر عهده سازمان و نهادی است که مسئولیت این چراغ‌ها را بر عهده دارد. در صورتی که یک

چراغ راهنما خراب بوده و عملیاتی نباشد، قسمت رأس چراغ می‌بایست پوشانده شده و یا اینکه باز شده

و پائین آورده شود. در زمان‌های قطع برق می‌بایست از افراد پلیس و یا ماموران مجاز برای هدایت جریان

Traffیک استفاده گردد.

شرط دوم در واقع مربوط به شرط اول بوده و مربوط به عملی است که در گذشته انجام می‌شده

است. به این صورت که چراغ‌های راهنمایی در شب خاموش می‌شدند و از تابلوی ایست استفاده می‌شد.

مشکلی که در این مورد وجود داشت این بود که رانندگان در طول روز با چراغ سیز و نیز تابلوی ایست

مواجه می شدند که در بسیاری از موارد باعث سردرگمی رانندگان می شد. لذا استفاده از تابلوی ایست و چراغ راهنمایی امروزه به کلی ممنوع است.

استفاده از تابلوی ایست در تقاطع‌هایی که وضعیت چراغ راهنمایی در آنها همواره به صورت قرمز چشمک زن است ممکن و مجاز می باشد. دلیل آن این است که معنی قانونی چراغ چشمک زن قرمز مانند تابلوی ایست می باشد.

ویژگی‌های مثبت چراغ‌های راهنمایی

چراغهایی راهنمایی وقتی در محل‌های مناسب نصب و در موقع مناسب بکارگیری شوند فواید بسیار مهم و فراوانی دارند. برخی از این فواید عبارتند از:

- با استفاده از طراحی فیزیکی مناسب، اقدامات کترلی و زمانبندی مناسب، ظرفیت انتقالی یک تقاطع به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می یابد.
- تناوب و شدت تصادفات کاهش یافته و تصادفات محدود به تصادفات گردش به راست، دور زدن و تصادفات عابران پیاده می شود.
- وقتی چراغ‌های راهنمایی به طرز مناسبی هماهنگ و مدیریت شوند، این چراغها می‌توانند امکان جریان ترافیکی مستمر و بیوسته را در معابر شریانی در شرایط ترافیکی دلخواه بوجود آورند.
- چراغ‌های راهنمایی در شرایط ترافیک سنگین می‌توانند فرصت را برای عبور خودروها و عابران پیاده از تقاطع بصورت گذر ایمن و مطمئن را فراهم آورند.

در عین حال، چراغهای راهنمایی که بصورت مناسب تنظیم نشده اند و یا بصورت نامناسب و ضعیف طراحی شده اند می‌توانند منجر به تاخیرهای طولانی، ایجاد زمینه تخلف از مقررات چراغ راهنمایی از سوی رانندگان و افزایش تعداد تصادفات (بویژه تصادفات از پشت خودروها) و تغییر مسیر رانندگان به مسیرهای نامناسب شود.

دستورالعمل MUTCD ویژگی‌های بسیار دقیقی را در مورد چگونگی بکارگیری از چراغ‌های راهنمایی ارائه کرده است. این موارد بسیار دقیق‌تر و جامع‌تر از اطلاعاتی است که در مورد سایر تجهیزات کنترل ترافیک ارائه شده‌اند. دلیل این امر در هزینه بسیار بالای آن‌ها نسبت به سایر تجهیزات کنترل ترافیک می‌باشد. دلیل دیگر نیز اثرات بسیار منفی است که بکارگیری نادرست چراغ‌های راهنمایی می‌تواند در پی داشته باشد. از این‌رو، چراغ‌های راهنمایی تنها در محل‌هایی نصب می‌شوند که براساس مطالعات مهندسی تعیین شده‌اند و شروط ذکر شده در دستورالعمل MUTCD، اینمی و ظرفیت تقاطع مورد نظر را افزایش دهد. دستورالعمل مربوطه حتی پا را فراتر از این گذاشته و اعلام می‌دارد که اگر یک چراغ راهنمایی که اکنون در تقاطعی نصب شده است، هیچ یک از کاربردهای مورد نظر دستورالعمل MUTCD را دارا نیست می‌بایست برداشته شده و با وسایل کنترل ترافیک دیگر جایگزین شود.

ویرایش هزاره MUTCD، ۸ مورد از ویژگی‌های مرتبط با چراغ‌های ترافیکی را به صورت مبسوط ذکر کرده است. این شرایط ویژگی‌های نصب مناسب و موفق چراغ‌های ترافیکی رانشان می‌دهند. فصل ۱۶، مبحث کامل و دقیق اجرای این شرایط را ارایه کرده و فرآیند کلی استفاده و اجرای مناسب کنترل تقاطع‌ها را در شرایط مختلف ارائه کرده است.

شاخص‌های چراغ راهنمایی

دستورالعمل MUTCD شاخص‌های هر چراغ کنترل تقاطع را به شرح زیر ارائه می‌کند:

- چراغ سبز. چراغ سبز به خودروهایی که در مسیر آن قرار گرفته اند اجازه می‌دهد که به حرکت خود به درون تقاطع ادامه دهند و یا احیاناً به سمت راست و چپ گردش کنند. البته استثنای این مورد هنگامی است که مسیرهای گردشی خود بوسیله علائمی ممنوع شده باشند یا چراغ مربوط به گردش‌ها سبز نباشد. خودروهایی که در حال گردش هستند می‌بایست حق تقدم را نسبت به خودروهای دیگری که در جهت مقابل در حرکت هستند و همچنین عابران پیاده‌ای که در حال عبور

هستند رعایت کنند. در صورتیکه چراغ راهنمایی برای عابران پیاده وجود نداشته باشد، آنها محقق هستند که از مناطق خط کشی شده و خط کشی نشده عبور کنند.

• چراغ زرد. حالت تغییر بین چراغ سبز و چراغ قرمز را نشان می دهد. این چراغ به رانندگان هشدار می دهد که زمان چراغ سبز و عبورآزاد تمام شده است و چراغ بلافصله قرمز خواهد شد. در حالت کلی، رانندگان مجازند در صورت زرد بودن چراغ وارد تقاطع شوند. البته این مسئله هنگامیکه چراغ قرمز است به هیچ عنوان صدق نمی کند. در صورت عدم وجود چراغ مخصوص عابر، عابران پیاده مجاز نیستند که در هنگام زرد بودن چراغ راهنمایی برای خودروها، شروع به عبوری از خیابان نمایند.

• چراغ قرمز. این چراغ تمامی جریان خودروها و عابران پیاده را که با آن رو برو هستند ملزم به توقف پشت خط ایست یا خط عابر می کند. در تمامی ایالات ها مقررات بگونه ای است که پس از قرمز شدن چراغ، خودروها مجازند که با رعایت احتیاط و پس از توقف، به سمت راست گردش کنند. البته این بدان شرط است که گردش به راست توسط نماد یا تابلو گذاری ممنوع نشده باشد. در برخی ایالات ها، گردش به چپ خودروها از یک خیابان یک طرفه به خیابان یک طرفه دیگر نیز پس از توقف و رعایت احتیاط مجاز است. لیکن این مسئله با مقررات بین المللی فاصله بسیار دارد.

• چراغ چشمک زن: چراغ چشمک زن زرد رانندگان را مجاز می کند که با رعایت اصول احتیاطی مناسب، از تقاطع رد شوند. چراغ چشمک زن قرمز بدان معناست که رانندگان پس از توقف کامل و با رعایت احتیاط کامل از چراغ رد شوند.

• چراغ های دارای فلاش. تمامی چراغ های دارای فلاش بسته به رنگ های خود دارای همان معانی هستند که چراغ های سبز و قرمز و زرد القاء می کنند. تنها تفاوت در آن است که این چراغ ها فقط برای مسیر های مشخص شده کاربرد دارند. چراغ سبز دارای فلاش سبز برای گردش به چپ فقط هنگامی استفاده می شود که گردش به چپ حالت حفاظت شده و دارای خط عبور انحصاری باشد

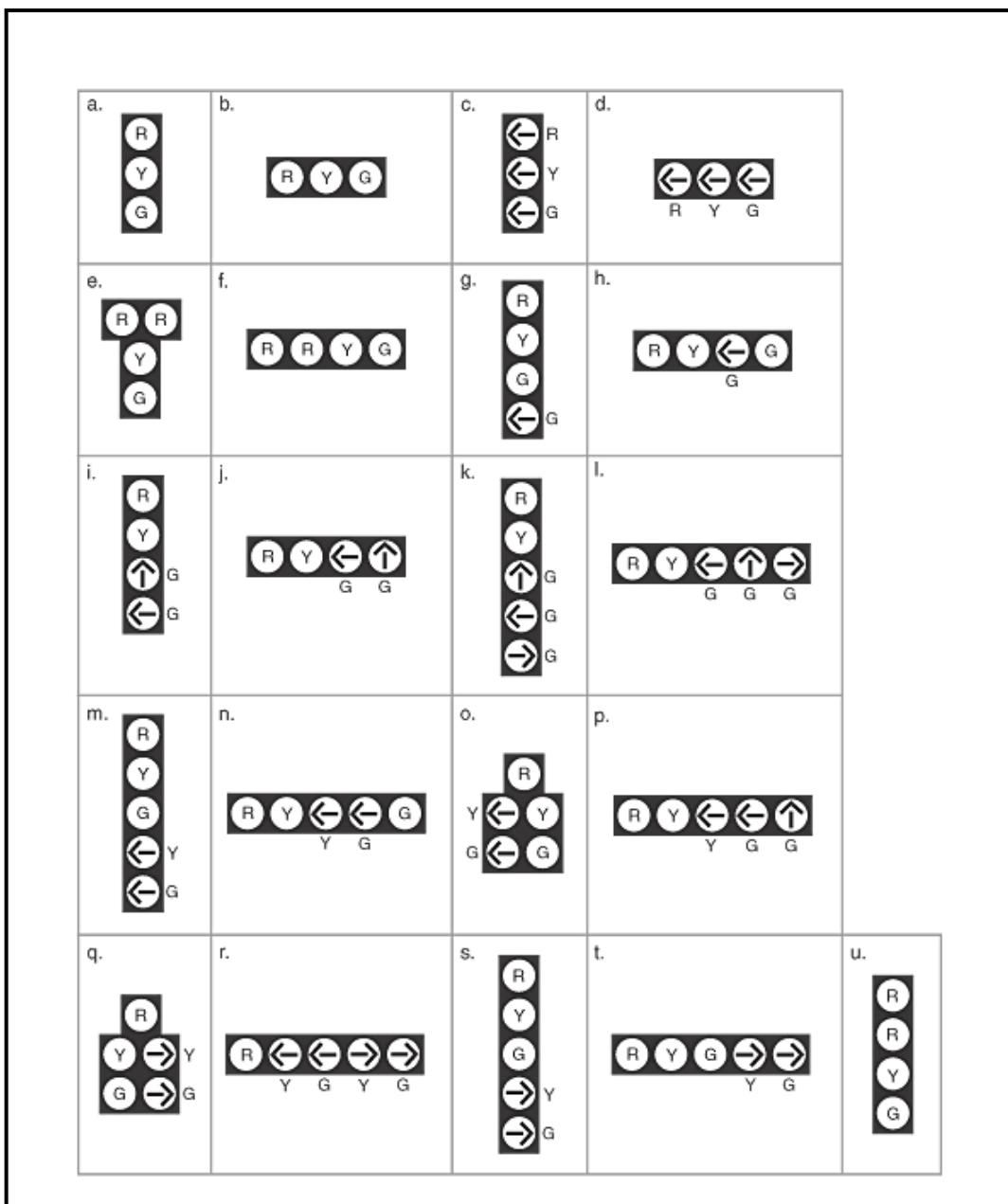
(به این معنی که خودروهای در حال گردش به چپ با خودروهای عبوری از جهت مقابل هیچ تقابل و برخوردی نداشته باشند). این خودروها ممکن است با جریان عابران پیاده که به صورت صحیح و قانونی در حال گذر از عرض خیابان هستند مواجه شوند. آنها مسلماً باید حق تقدم را در قبال عابران پیاده رعایت کنند. چراغ سبز گردش به راست تنها در صورتی روشن می شود که با جریان عابران پیاده که به صورت صحیح و قانونی در حال گذر از عرض خیابان هستند تقابلی پیدا نکند. چراغ دارای فلاش زرد نیز به رانندگان اخطار می دهد که زمان چراغ سبز درحال پایان است. بعد از چراغ زرد دارای فلاش ممکن است چراغ سبز روشن شود. این مسئله در موقعي اتفاق می افتد که حرکت و گردش به راست و چپ جزء گردش های حفاظت شده باشند. گردش به چپ «مجاز» در تقابل با جریان خوروهای عبوری از مسیر مقابل انجام می شود. گردش به راست «مجاز» نیز در تقابل با جریان عابران انجام می گیرد. چراغ زرد دارای فلاش در مکانهایی که حرکت می بایست متوقف شود با چراغ قرمز دارای فلاش پیگیری می شود.

دستورالعمل MUTCD جزئیات و ویژگی های فنی دیگری را نیز راجع به پیآیی و ترکیب شاخص های مربوط به چراغ های راهنمایی ارائه نموده است.

ملزومات دید و ظاهر چراغ های راهنمایی

در حالت کلی، چراغ راهنمایی متشکل از ۳ تا ۵ لنز یا فانوس می باشد (شکل ۱۸-۴) را ببینید). البته در برخی موارد استثنایی تا ۶ فانوس نیز مجاز است. فانوس ها در دو اندازه استاندارد با قطر ۸ اینچ ۱۲ اینچ بکار می روند. MUTCD استفاده از فانوس های با قطر ۱۲ اینچ را در شرایط ذیل مورد الزام قرار می دهد :

- هنگامی که کاربران جاده چراغ کترل ترافیک تقاطع و چراغ استفاده از خط را به صورت همزمان می بینند.



شکل (۱۸-۴). آرایش‌های مرسوم برای فانوس چراغ‌های ترافیکی.

- در مکان‌هایی که فاصله چراغ راهنمایی از خط ایست بین ۱۲۰ تا ۱۵۰ فوت باشد؛ مگر آنکه از چراغ در کرانه نزدیک هم استفاده شده باشد.
- در مکان‌هایی که فاصله چراغ راهنمایی از خط ایست بیش از ۱۵۰ فوت باشد.
- وقتی که حداقل فاصله دید (جدول (۳-۴) را ببینید) تأمین نشود.
- برای تمامی فانوس‌های دارای فلش.

علاوه بر موارد فوق، دستورالعمل MUTCD استفاده از فانوس‌های با قطر ۱۲ اینچ را در موارد زیر

توصیه می‌کند:

- در صورتی که سرعت ۸۵ درصد از جریان ورودی بیش از ۴۰ مایل در ساعت باشد.
- در مواردی که موقعیت چراغ بگونه‌ای است که برای رانندگان حالت غیرمنتظره دارد.
- در تمامی مسیرهای فاقد نهر و جدول که چراغ بر روی پایه نصب شده است.
- در محلهایی که درصد بالایی از رانندگان را افراد مسن تشکیل می‌دهند.

فانوس قرمز می‌تواند هم اندازه و یا بزرگتر از فانوس‌های سبز و زرد باشد. بنابراین فانوس‌های سبز و زرد با قطر ۸ اینچ می‌توانند به همراه فانوس قرمز با قطر ۱۲ اینچ بکار روند. لیکن در محلهایی که قطر فانوس‌های سبز و زرد ۱۲ اینچ باشد، قطر چراغ قرمز نیز باید ۱۲ اینچ باشد.

جدول (۳-۴). حداقل مسافت دید برای رویارویی با چراغ راهنمایی.

حداقل مسافت دید (فوت)	سرعت ۸۵ درصد (مایل در ساعت)
۱۷۵	۲۰
۲۱۵	۲۵
۲۷۰	۳۰
۳۲۵	۳۵
۳۹۰	۴۰
۴۶۰	۴۵
۵۴۰	۵۰
۶۲۵	۵۵
۷۱۵	۶۰

جدول (۳-۴) حداقل فاصله برای قابل رویت بودن چراغ‌های راهنمایی را نشان می‌دهد. حداقلی از

دو رویارویی چراغ می‌بایست برای حرکت اصلی هر مسیر فراهم شود، حتی اگر حرکت اصلی حرکتی گردشی باشد. این ملزومات شاخصی برای فرآوانی خرابی‌های فانوس چراغ می‌باشد. در مواردی که حداقل

فاصله قابل رویت ذکر شده در جدول (۴-۳) نمی تواند اجرا و لحاظ شود، می بایست از فانوس های با

اندازه قطر ۱۲ اینچ استفاده شود و بهره گیری از تابلوهای هشداری «به چراغ راهنمایی نزدیک می شود»

الزامی است. به همراه تابلوی مذکور می توان از مخروطهای ایمنی نیز استفاده نمود.

ترتیب مکانی فانوس ها در چراغ راهنمایی مشخص می باشد. در حالت کلی، در چراغ های عمودی،

فانوس قرمز بالاتر از سایر فانوس ها نصب می شود و در چراغ های افقی، فانوس قرمز در سمت چپ سایر

فانوس های قرار می گیرد. پس از فانوس قرمز، فانوس های زرد و سبز قرار می گیرند. در هنگامی که

فانوس های دارای فلاش به همراه سایر فانوس ها در چراغ راهنمایی قرار دارند، این فانوس ها می بایست به

عنوان پایین ترین فانوس در چراغ های عمودی و در سمت راست چراغ های افقی بکار گرفته شوند. شکل

(۴-۱۸) مرسوم ترین ترتیب مورد استفاده در چراغ های راهنمایی را نشان می دهد. دستورالعمل MUTCD

نیز در این باره حاوی مطالب و موارد بسیاری است که چگونگی بکار گیری و ترتیب چراغ های راهنمایی را

مشخص می کند.

شکل (۴-۱۹) الگوی ترجیحی و توصیه شده برای مکانیابی چراغ های راهنمایی را نشان می دهد.

حداقل یکی از دو چراغ راهنمایی مورد نیاز برای یک حرکت اصلی می بایست در فاصله ۴۰ تا ۱۵۰ فوتی

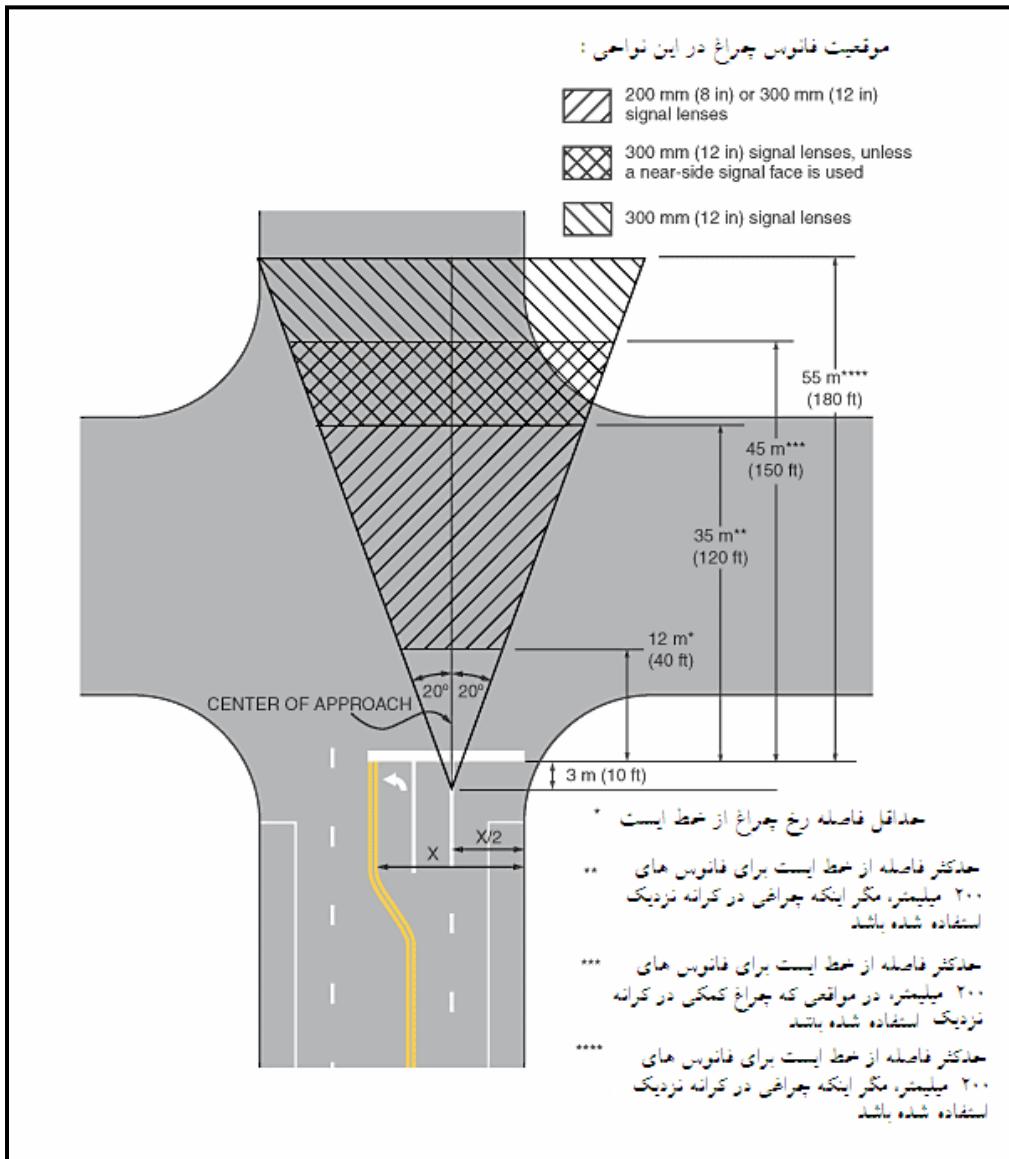
خط ایست قرار گیرد، مگر اینکه طرح فیزیکی تقاطع مورد نظر مانع از این امر شود. چراغ های افقی نیز

می بایست با زاویه ۲۰ درجه نسبت خط وسط و در مقابل مسیر مستقیم باشد.

شکل (۴-۲۰) استانداردی را برای بکار گیری و استقرار عمودی چراغ های راهنمایی ارائه می دهد که

در فاصله بین ۴۰ تا ۵۳ فوت از خط ایست قرار دارند. این استاندارد بالاترین ارتفاع ممکن برای چراغ

راهنمایی از سطح آسفالت را خواستار شده است.



شکل (۱۹-۴). موقعیت افقی رخ چراغ‌های راهنمایی در تقاطع.

محدودیت‌های عملیاتی

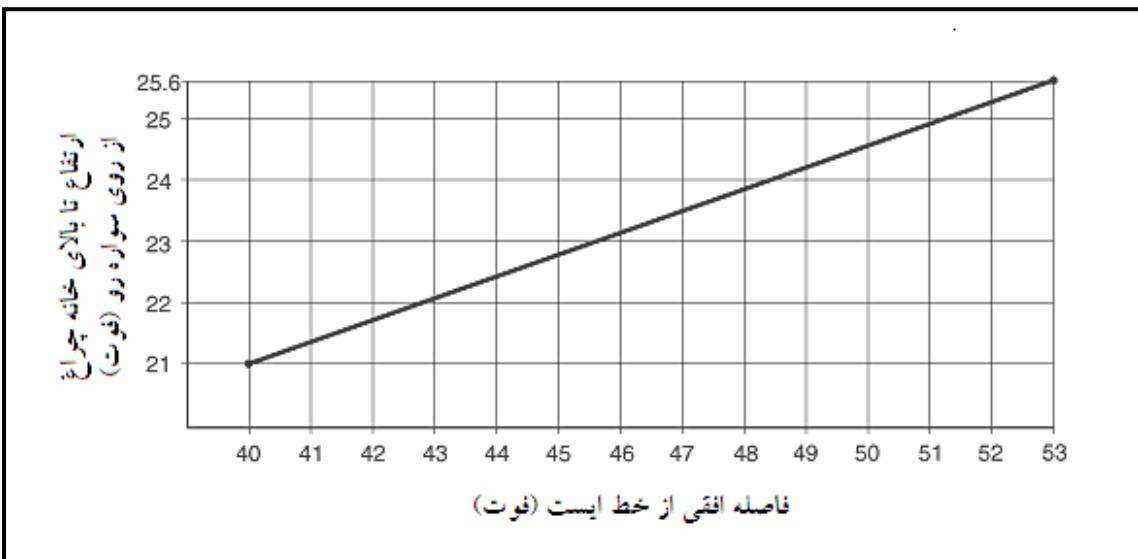
عملکرد پیوسته و مداوم چراغ‌های راهنمایی از اهمیت بسیار بالایی در ایجاد ایمنی برخوردار است.

هیچ چراغ راهنمایی هرگز نمی‌بایست خاموش باشد. در مواردی که وجود چراغ راهنمایی در طول شب

ضروری به نظر نمی‌رسد، این چراغها می‌توانند به صورت چشمک زن عمل کنند (زرد چشمک زن برای

یک خیابان و قرمز چشمک زن برای خیابان دیگر). سامانه تنظیم چراغ‌هایی راهنمایی باید به صورتی

طراحی شود که حتی در مراحل تعمیر و نگهداری، کنترل کننده آن به صورت چشمک زن فعال باشد.



شکل (۲۰-۴). موقعیت عمودی چراغ‌های راهنمایی در تقاطع.

در شرایط نصب، چراغ‌های راهنمایی می‌بایست بوسیله پوشش مناسب پوشانده شوند و برای رانندگان مشخص شود که این چراغ‌ها در وضعیت عملیاتی نیستند. چراغ‌های راهنمایی پس از نصب می‌بایست در اولین فرصت ممکن به صورت عملیاتی در آمد و روشن شوند. هدف از این امر، به حداقل رساندن احتمال سردرگمی رانندگان می‌باشد.

نگهداری از لامپ‌های چراغ‌های راهنمایی نیز از اهمیت قابل ملاحظه‌ای برخوردار است. زیرا که در صورت سوختن لامپ، چراغ‌های راهنمایی خاموش می‌شوند. برنامه تعویض و جایگزینی چراغ‌های راهنمایی می‌بایست در دستور کار گنجانده شود. معمولاً لامپ‌های چراغ‌های راهنمایی پس از اینکه ۷۵ تا ۸۰ درصد عمر مفید مورد انتظار خود را سپری کردند تعویض می‌شوند تا از مشکلات ناشی از سوختن این لامپ‌ها جلوگیری شود. برخی دیگر از ضعف‌های عملکردی در چراغ‌های راهنمایی نیز می‌تواند به مشکلات دیگر منتهی شوند. البته بیشتر کنترل‌های چراغ‌های راهنمایی به صورتی تعییه می‌شوند که در صورت بروز مشکل فنی، به صورت خودکار به حالت چشمک زن تبدیل می‌شوند. البته بسیاری از سازمان‌های مسئول و متولی چراغ‌های راهنمایی با پیمانکاران بخش خصوصی در ارتباط هستند که ملزم به

پاسخگویی بسیار سریع به مشکلات در حدود ۱۵ تا ۳۰ دقیقه بعد از بروز مشکل می باشند. موسسات مربوطه حتی می توانند گروهها و تیم‌های فنی نگهداری خود را تحت قوانین مشابه بکار گیرند. هرگونه تصادفی که در زمان عملکرد نامناسب و یا خرابی چراغ‌های راهنمایی رخ دهد، مسئولیت آن متوجه نهاد مربوطه بوده و قابل پیگیری قضایی از سوی دولت محلی می باشد.

۲-۴-۴ - چراغ‌های عابر پیاده

ویرایش هزاره دستورالعمل MUTCD استفاده از چراغ‌های جدید عابر پیاده را اجباری کرده است. استفاده از چراغ‌های دارای نوشته «راه بروید» و «راه نروید» متوقف شده است و شاخص‌های زیر جایگزین این دو حالت شده اند:

- فرد در حال حرکت (ثابت). چراغ حرکتی جدید دارای تصویر فردی درحال عبور به رنگ سفید می باشد. این چراغ نشان‌دهنده آن است که عابران پیاده می‌توانند وارد گذرگاه شده و از عرض معبر عبور کنند.

- دست بالا آمده (چشمک زن). این شاخص بصورت دستی بالا آمده به رنگ نارنجی با مفهوم ممانعت از عبور عابران می باشد. حالت چشمک‌زن این شاخص نشان می دهد که عابرین پیاده‌ای که در ابتدای خط عابر ایستاده‌اند نمی‌توانند از عرض معبر عبور کنند؛ اما آن‌هایی که در حال عبور از گذرگاه عابر هستند می‌توانند به عبور خود ادامه دهند.

- دست بالا آمده (ثابت). این شاخص نشان می دهد که هیچ عابر پیاده‌ای نمی‌تواند عبور از گذرگاه عابر را آغاز کند و همچنین هیچ عابر پیاده‌ای نمی‌باشد در سطح گذرگاه عابر وجود داشته باشد.

در دستورالعمل‌های قبلی، چراغ «راه بروید» بصورت چشمک زن، گزینه‌ای بود که می‌توانست استفاده شود و دارای این معنی بود که جریان گردش به راست و سایل نقلیه ممکن است با جریان عبوری عابران

پیاده در تقابل باشد. دستورالعمل جدید استفاده از چراغ چشمک زن «فرد در حال عبور» را مجاز ندانسته و آن را منع کرده است.

شکل (۲۱-۴) چراغ‌های عابر پیاده را نشان می‌دهد. توجه شود که سمبول مورد استفاده در چراغ «دست بالا آمده» و چراغ «فرد در حال عبور» هر دو می‌توانند بصورت توخالی و یا توپر باشند. این چراغ‌ها می‌توانند کنار یکدیگر بر روی پایه مشترک نصب شوند و یا بصورت قائم بر روی دو قطعه از چراغ نصب شوند. چراغ «دست بالا آمده» در بالا و یا سمت چپ قرار می‌گیرد. در هنگامی که این چراغ‌ها خاموش هستند تصویر روی آنها نیز نمی‌بایست برای عابران پیاده قابل رویت باشد. فصل‌های ۱۸ و ۱۹ استفاده و کاربرد چراغ‌های عابر پیاده را در شرایط عمومی کنترل تقاطع نشان می‌دهد. این فصول شامل مواردی در خصوص محل و زمانی که بکارگیری از چراغ عابر پیاده به عنوان بخش از طراحی چراغ راهنمایی الزام است می‌باشند.

۳-۴-۴- سایر چراغ‌های ترافیکی

دستورالعمل MUTCD معیارهای دقیقی را در مورد طراحی، مکانیابی و استفاده از تعداد دیگری از چراغ‌های راهنمایی را شامل موارد زیر ارائه کرده است:

- چراغ‌های هشداری^۱

- چراغ‌های روشنایی داخل مسیر

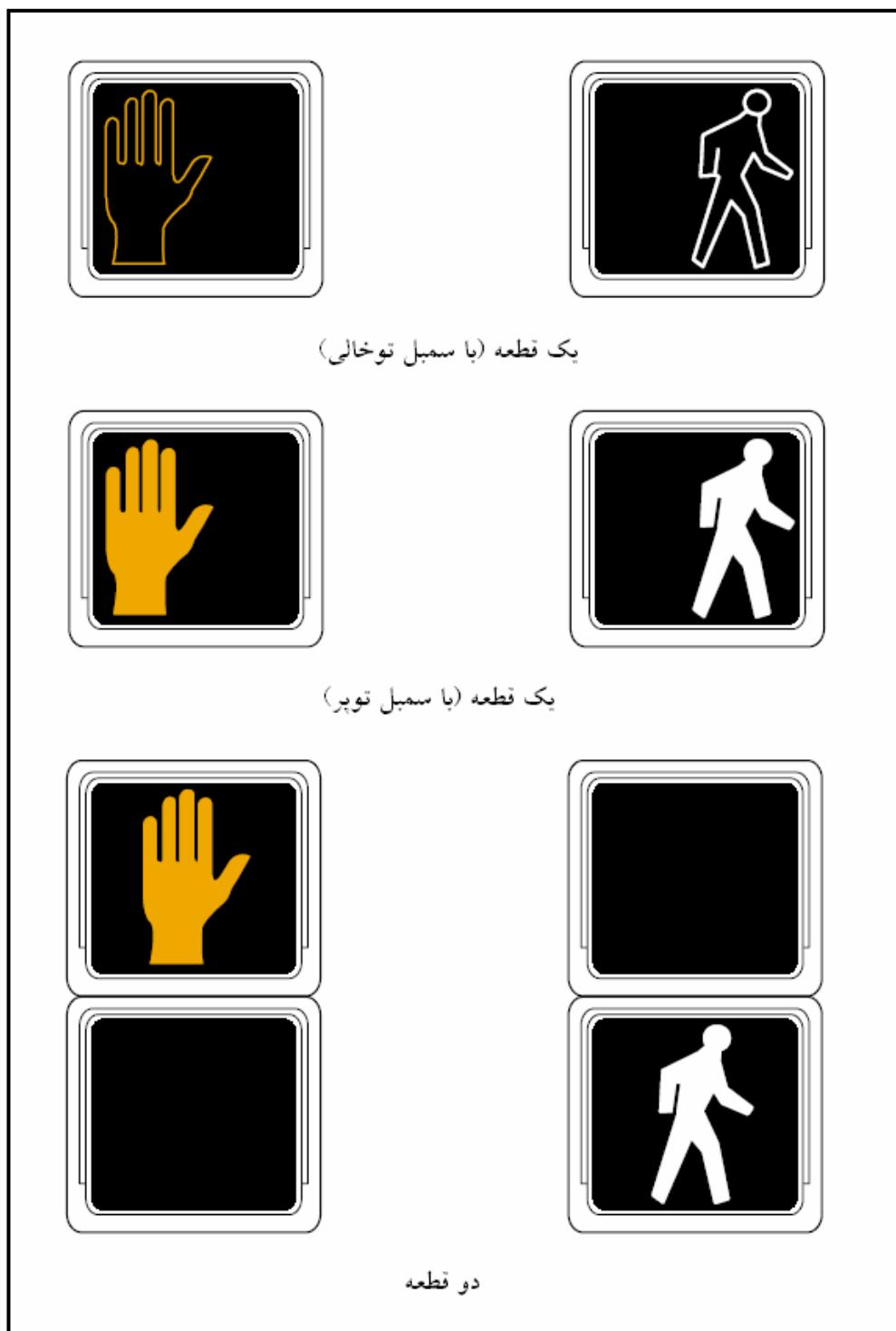
- چراغ‌های کنترل استفاده از خطوط ترافیک

- چراغ‌های کنترل ترافیک در رمپ‌ها

چراغ‌های هشداری معمولاً برای شناسایی و اعلام خطر و جلب توجه رانندگان به تجهیزات کنترلی مهم مانند تابلوی محدودیت سرعت، تابلوی ایست یا رعایت حق تقدم و یا تابلوی ورود ممنوع استفاده

^۱ Beacons

می شوند. چراغ های کنترل خطوط ترافیک به منظور کنترل آمد و شد در خطوط با جهت برگشت پذیر در پل ها، در تونل ها و در خیابان ها و جاده ها استفاده می شوند.



شکل (۲۱-۴). شاخص های نمایشی چراغ های عابر پیاده.

۴-۴-۴- کنترل‌های چراغ ترافیکی

کنترل‌های مدرن چراغ‌های راهنمایی متشکل از سخت افزارها و نرم افزارهایی هستند که عمل زمانبندی چراغ‌های راهنمایی را بر عهده داشته و این اطمینان را ایجاد می‌کنند که چراغ‌های راهنمایی به صورت پیوسته و بر اساس برنامه‌های مشخص شده عمل می‌کنند. هر تقاطع دارای کنترل کننده‌ای است که عملکرد چراغ‌های راهنمایی در آن تقاطع را کنترل و تنظیم می‌کند. علاوه بر این، کنترل‌های مرکزی نیز امر هماهنگی چراغ‌های راهنمایی را در طول مسیرهای شریانی و در سطح یک شبکه بر عهده دارند. هدف از فعالیت این سیستم‌ها ایجاد جریان سریع و موثر ترافیک در سطح این تسهیلات می‌باشد.

کنترل‌های منفرد می‌توانند بصورت پیش زمانبندی شده^۱ و یا القایی^۲ عمل کنند. در عملکرد پیش زمانبندی شده، توالی و زمانبندی هر چراغ راهنمایی از قبل تنظیم شده و این برنامه در هر چرخه زمانی تکرار می‌شوند. در عملکرد القایی، توالی و زمانبندی برخی یا تمامی شاخص‌های سبز یک چراغ در هر چرخه ممکن است متناسب با تقاضا و نیاز جریان وسائل نقلیه و یا عابران پیاده متغیر باشد. فصل ۱۸ درمورد زمانبندی و طراحی چراغ‌های پیش زمانبندی شده بحث می‌کند. فصل ۲۰ نیز در مورد عملکرد چراغ‌های القایی و نیمه القایی مطالبی ارائه می‌نماید.

کنترل‌های ترافیکی، طراحی و زمانبندی چراغ‌های راهنمایی را اجرایی می‌سازند. این کنترل‌ها متصل به سخت افزارهای نمایشگر هستند که به رانندگان و عابرین پیاده اعلام می‌کنند که چه زمانی می‌تواند از تقاطع رد شوند. این سخت افزارهای نمایشگر معمولاً دارای سازه‌ای حمایتی هستند. در مواردی که کنترل‌های منفرد تقاطع‌ها دارای عناصر حساس به تقاضا هستند، کنترل‌ها می‌بایست به حسگرهای شناسگری مربوطه متصل باشند تا اطلاعاتی را در مورد حجم جریان خودروها و عابرین پیاده در اختیار

^۱ Premised

^۲ Actuated

قرار می دهند. فصل ۱۹ جزئیات اطلاعاتی در خصوص سخت افزارهای خیابانی، شناسگرها و موقعیت آنها در طرح تقاطع ها را ارائه می کند.

دستورالعمل تجهیزات کنترل ترافیک [۶] و کتاب راهنمای شناسگرها ترافیک [۷] منابع استانداردی هستند که بر اساس مطالعات مهندسی تدوین شده اند و اطلاعات کاملی را در مورد سخت افزارهای کنترل ترافیک ارائه می دهنند.

استانداردهای مربوط به کنترلر های چراغ های ترافیکی

انجمن ملی تولید کنندگان محصولات الکتریکی (NEMA) مهم ترین گروه تجاری در عرصه صنعت و تولید محصولات الکتریکی در ایالات متحده می باشد. بخش سامانه های کنترل ترافیک در این انجمن، رهنمودها و استانداردهای مربوطه در مورد سخت افزارهای کنترل ترافیک را ارائه می کند [۸]. فلسفه این گروه در تشویق به پیروی از استانداردهایی است که :

- بر اساس طراحی های اثبات شده باشند

- با تجهیزات کنونی مطابقت و سازگاری داشته باشند

- بیانگر آخرین سطح از قابلیت اعتماد و عملکرد باشند

- احتمال عملکرد نامناسب را به حداقل برسانند

استانداردهایی که بوسیله NEMA ارائه شده اند، محدود به طراحی محصولات نبوده بلکه توصیف ها و معیارهایی عملکردی هستند که در مورد بسیاری از گروه های محصولات الکترونیکی اجرا می شوند. این استانداردها محصولاتی از نوع کنترل های منسجم، سوئیچ های بار، مانیتورهای تقابل، شناسگر های حلقوی، چشمک زن ها، ترمینال ها و تسهیل کننده ها را پوشش می دهنند. مرجع [۹] جزئیات بیشتری را از مفاهیم و کاربردهای استانداردهای NEMA ارائه می کند.

انجمن NEMA هیچ تولید کننده‌ای را از تولید محصولاتی که با استانداردهای تعیین شده آن تطابق ندارند را منع نمی‌کند. اما بسیاری از موسسات اعتباری، شرکت‌های طرف قرارداد خود را ملزم به رعایت استانداردهای NEMA می‌کنند.

دو استاندارد دیگر در این عرصه وجود دارند. در ایالت نیویورک استانداردهایی برای کنترلرهای نوع ۱۷۰ تدوین شده و به طور وسیعی به کار گرفته شده‌اند. در کالیفرنیا نیز استانداردهایی برای کنترلهای نوع ۲۰۷۰ به همین منوال تدوین و مورد استفاده قرار گرفته است. هر دوی این استانداردها دارای خصوصیات مشترک بوده ولی از سخت افزار و نرم افزارهای متفاوتی استفاده می‌کنند.

کنترلرهای الکترومکانیکی

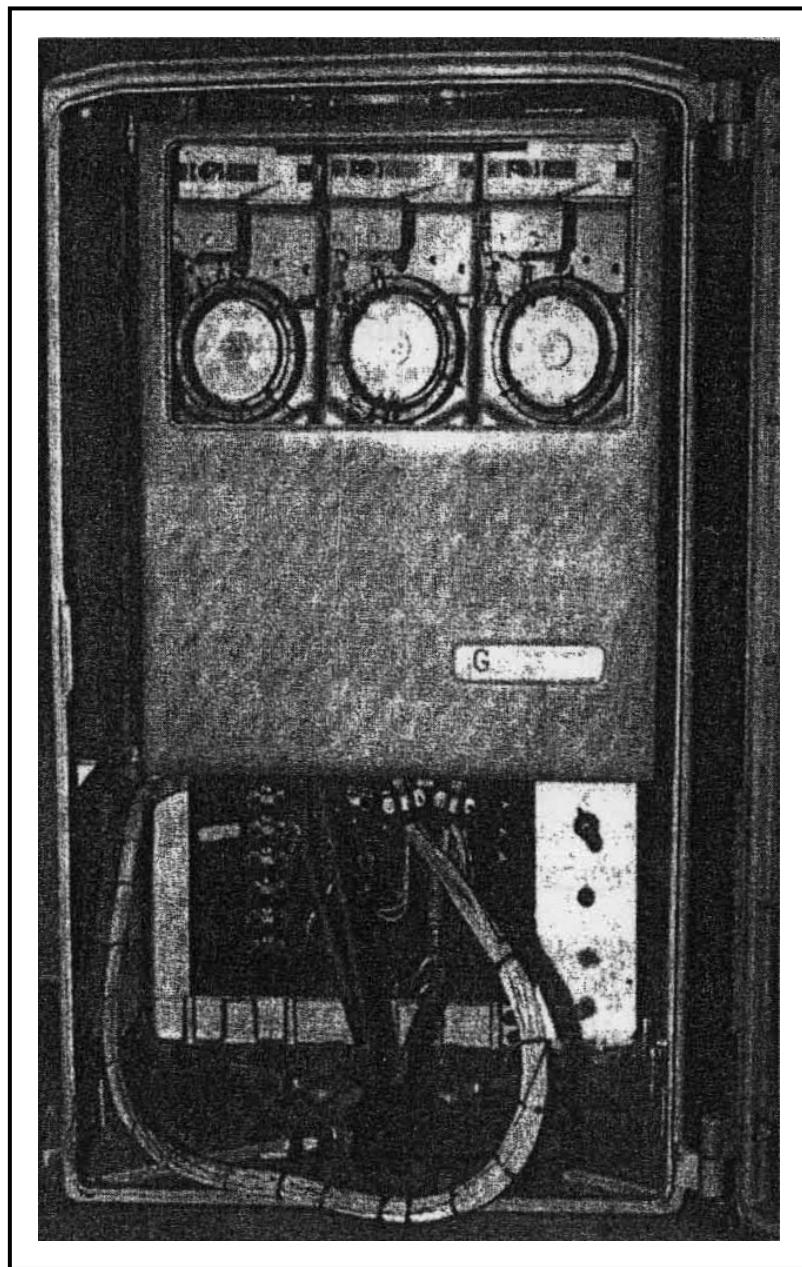
از نقطه نظر تاریخی، کنترلرهای پیش زمانبندی شده، تجهیزاتی الکترو-مکانیکی بودند که خصوصیات عمدۀ آن‌ها، قابلیت اعتماد پذیری، سادگی و هزینه مناسب بود. عناصر اصلی عملکردی کنترلرهای الکترو-مکانیکی در شکل (۴-۲۲) نشان داده شده‌اند.

کنترل نشان داده شده از نوع «سه عقربه‌ای» می‌باشد. این ابزار امکان سه نوع زمانبندی را برای چراغ‌های راهنمایی در ساعت مختلف شبانه روز فراهم می‌آورد. برنامه ساعت آن تعیین می‌کند که هر برنامه در کدامین ساعت شبانه روز اجرا می‌شود. معمولاً برنامه زمانبندی برای ساعت اوج ترافیک صبح، ساعت اوج ترافیک عصر و دوره‌های زمانی غیر اوج تنظیم می‌شود.

هر عقربه زمانبندی، استوانه‌ای دارای ۱۰۰ سوراخ می‌باشد که کلیدهای زائد در آن‌ها قرار می‌گیرند. طول چرخه متناسب با سرعت و متعاقب با چرخاندن استوانه تعیین می‌شود. یک چرخه کامل معادل است با یک دور چرخیدن عقربه زمانبندی. کلیدها در داخل سوراخ‌ها وارد می‌شوند. سوئیچ‌های دندانه‌ای به هنگام چرخیدن، باعث تغییر در شاخص (رنگ) چراغ می‌شود. در عمل این نوع کنترل‌ها امکان تنظیم پیش زمانبندی شده برای هر شاخص را تا نزدیکترین ۱۰۰ امین طول چرخه را فراهم می‌آورد.

شاخص چراغ راهنمایی به آن علت روشن می شود که دندانه مورد نظر در بین ردیف دندانه‌ها حالت شکسته دارد و به علت نزدیک شدن به مدار امکان عبور جریان به چراغ داده می شود. دندانه‌ها بگونه‌ای شکسته شده‌اند که امکان توالی منطقی سبز-زرد-قرمز را ابتدا در یک فاز و سپس فاز بعدی می دهند.

با وجود اینکه فن آوری این سیستم قدیمی است، قابلیت اعتماد و هزینه‌های کنترلرهای الکترو-مکانیکی مناسب می باشد. برخی از این کنترل‌ها کماکان در برخی سیستم‌های کنترل ترافیک باقی مانده‌اند.



شکل (۲۲-۴). کنترلر الکترو-مکانیکی در درون یک قاب استاندارد.

کترلرهای پیشرفته

آنچنانکه درقبل نشان داده شد، کترلرهای امروزی و پیشرفته، ترکیبی پیچیده از سخت افزار و نرم افزار هستند. اکثر آنها از قسمت های کوچکی تشکیل شده اند که بسیاری از این قسمت ها را می توان به آسانی در محل تعویض و جایگزین کرد.

از آنجا که فناوری چراغ های راهنمایی به سرعت درحال پیشرفت است، جزئیات هر مدل ارائه شده به سرعت قدیمی می شود. دانشجویان دراین موارد می بایست به سایت های اینترنتی شرکت های تولید کننده مراجعه کرده و جدیدترین اطلاعات در این زمینه را کسب کنند.

۴-۵- موارد خاص کترل

با وجود اینکه این مطلب در این فصل گنجانده نشده است اما با این حال باید گفت که دستورالعمل MUTCD مطالب بسیار مهمی را در مورد انواع شرایط خاص کترل ارائه کرده است شامل :

- نواحی مجاور مدارس
- عبور از خط آهن
- نواحی در دست تعمیر و نگهداری
- کترل های عابر و دوچرخه

این شرایط شامل ترکیبی از تابلوگذاری، خط کشی و یا چراغ راهنمایی می باشند تا بتوانند کترل را بصورت تمام و کمال به اجرا درآورند. به منظور دریافت اطلاعات کاملتر و مفید تر به دستورالعمل MUTCD مراجعه کنید.

۶-۴- خلاصه و نتیجه گیری

این فصل به معرفی و ارائه نگاهی کلی در خصوص طراحی ، مکانیابی و استفاده از تجهیزات کترل ترافیک پرداخته است. دستورالعمل MUTCD سندی ثابت و غیر قابل تغییر نبوده و ویرایش های جدید آن

به صورت پیوسته و مداوم درحال تدوین می باشند. لذا ضروری است که استفاده کنندگان به آخرین ویرایش این دستورالعمل مراجعه کنند. برای راحتی بیشتر کاربران، این دستورالعمل را می توانید بصورت آنلاین در آدرس mutcd.fhwa.gov/knomillennium.htm و یا سایت اداره راههای فدرال به آدرس www.fhwa.dot.com مشاهده کنید. این روش راهی مناسب و راحت برای استفاده از دستورالعمل فوق می باشد. درحقیقت هر تولید کننده چراغ راهنمایی خود دارای وب سایتی می باشند که به منظور اطلاع از جزئیات و کم و کیف کالاهای تولیدی می توان به آن مراجعه کرد. فهرستی از این محصولات را می توان در آدرس www.traffic-signals.com یافت.

چگونگی و استفاده از این دستورالعمل در بخش‌های دیگری از این کتاب آمده است. فصل ۱۶ ویژگی‌ها و خصوصیات چراغ‌های راهنمایی و تابلوهای ایست و رعایت حق تقدم را ارائه داده است. فصل ۱۵ بکارگیری تجهیزات کنترل ترافیک درسطح آزادراه‌ها و جاده‌های برون شهری را به بحث گذاشته است و فصل ۱۹، کاربرد تجهیزات کنترل ترافیک را به عنوان بخشی از طراحی تقاطع‌ها مطرح کرده است.

منابع

1. *Manual of Uniform Traffic Control Devices*, Millenium Edition, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, Washington DC, 2000.
2. Hawkins, H.G., “Evolution of the MUTCD: Early Standards for Traffic Control Devices”, *ITE Journal*, Institute of Transportation Engineers, Washington DC, July 1992.
3. Hawkins, H.G., “Evolution of the MUTCD: Early Editions of the MUTCD”, *ITE Journal*, Institute of Transportation Engineers, Washington DC, August 1992.
4. Hawkins, H.C., “Evolution of the MUTCD: The MUTCD Since WWII”, *ITE Journal*, Institute of Transportation Engineers, Washington DC, November 1992.
5. Hawkins, H.C., “Evolution of the MUTCD Mirrors American Progress Since the 1920's”, *Roads and Bridges*, Scranton Gillette, Communications Inc., Des Plaines, IL, July 1995.

6. Kell, J. and Fullerton, I., *Manual of Traffic Signal Design*, 2nd Edition, Institute of Transportation Engineers, Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, NJ, 1991.
7. *Traffic Detector Handbook*, 2nd Edition, JHK & Associates, Institute of Transportation Engineers, Washington DC, nd.
8. Parris, C., "NEMA and Traffic Control", *ITE Journal*, Institute of Transportation Engineers, Washington DC, August 1986.
9. Parris, C., "Just What Does a NEMA Standard Mean?", *ITE Journal*, Institute of Transportation Engineers, Washington DC, July 1987.

مسائل

- ۱-۴. بر اساس تعابیر موجود در ویرایش هزاره دستوالعمل MUTCD موارد زیر را تعریف کنید :
- استاندارد، توصیه، گزینه و پشتیبانی.
- ۲-۴. توصیف کنید که چگونه رنگ، شکل و نوشتار برای رساندن پیام و اعمال قانون در تجهیزات کنترل ترافیک استفاده می شود.
- ۳-۴. چرا استفاده بیش از حد از تابلوهای انتظامی و هشداری منع شده است؟ چرا این مسئله برای تابلوهای راهنمای مسیر مطرح نمی باشد؟
- ۴-۴. تابلوهای هشداری زیر در چه فاصله‌ای از نقطه خطر می بایست نصب شوند؟
- الف) تابلوهای هشداری «به ایست نزدیک می شوید» در راهی با سرعت مجاز ۵۰ مایل در ساعت.
- ب) تابلوهای هشداری «به پیچ نزدیک می شوید» با سرعت توصیه شده ۳۰ مایل در ساعت در راهی با سرعت مجاز ۴۵ مایل در ساعت.
- ج) تابلوهای هشداری «به نقطه اتصال نزدیک می شوید» در شیبراههای با سرعت ۸۵ درصد ۳۵ مایل در ساعت.

۴-۵. قطعه‌ای به طول یک مایل از آزادراهی در نزدیکی خود را انتخاب کنید. در یک جهت این تسهیلات به

همراه یک دوست یا همکار رانندگی کنید. مسافر همراه می‌بایست تعداد و نوع تابلوهای ترافیکی مورد

مواجه را شمارش کرده و یادداشت نماید. آیا برخی از آن‌ها گیج کننده هستند؟ بهبودهای مناسب را توصیه

کنید. در خصوص کیفیت تابلوگذاری در قطعه انتخابی تفسیری ارائه نمایید.

۴-۶. یک تقاطع دارای چراغ و یک تقاطع دارای کترل با تابلوی ایست یا رعایت حق تقدم را در همسایگی

خود انتخاب کنید. موقعیت تمامی تجهیزات در هر تقاطع را یادداشت کنید. آیا آن‌ها استانداردهای

MUTCD را برآورده کرده‌اند؟ آیا قابلیت دید تجهیزات به حد کفایت می‌باشد؟ در خصوص کارایی

کترل ترافیک در هر تقاطع تفسیری ارائه نمایید.

فصل پنجم :

”مشخصات جریان ترافیک“

جریانهای ترافیکی ناشی از رفتار متقابل خاص رانندگان و وسائل نقلیه با یکدیگر و عناصر فیزیکی جاده و محیط عمومی خود هستند. زیرا هر دو عامل رفتار رانندگان و مشخصات وسائل نقلیه مختلف هستند ، خودروها در جریان ترافیک کاملاً ازیک رفتار مشابه پیروی نمی کنند. بعلاوه ، دو جریان ترافیکی هم در شرایط مشابه در یک راه عیناً بطور همسان رفتار نخواهد کرد ، زیرا رفتار راننده بسته به مشخصات محلی و عادات رانندگی متفاوت است .

در ترافیک با یک عناصر تغییر پذیر سرو کار داریم . یک جریان آب در طول کانالها یا لوله هایی با مشخصات تعریف شده بصورت یک اسلوب کاملاً پیش بینی براساس قوانین سیالات و جریان مایعات رفتار خواهد کرد. یک جریان ترافیکی در طول خیابانها و بزرگراههایی با مشخصات تعریف شده براساس زمان و موقعیت متفاوت اند. بنابراین ، بحرانی ترین دغدغه

مهندسی ترافیک ، برنامه ریزی و طراحی برای یک واسطه است که نه کاملاً قابل پیش بینی است تحت تاثیر هم محدودیتهای فیزیکی و هم مشخصات پیچیده رفتاری شخصی انسانی است .

خوبختانه ، در حالیکه تمام مشخصات متغیرند، محدوده معقولی برای رانده و بنابراین برای جریان ترافیک وجود دارد. در اتوبانی که برای سرعت ایمنی ساعت/کیلومتر ۶۰ طراحی شده رانندگان سرعتهایی را در محدوده ای باز انتخاب میکنند (شاید ۴۵ تا ساعت/کیلومتر ۶۵) ، هر چند تعداد کمی با سرعتهای ساعت/کیلومتر ۸۰ یا ساعت / کیلومتر ۲۰ حرکت خواهد کرد.

در توصیف جریان های ترافیکی از لحاظ کمی ، منظور فهمیدن تغییرات اصلی در مشخصات آن و تعریف محدوده های عادی رفتار است و همچنین باید پارامترهای کلیدی تعریف شده و اندازه گیری گردند. مهندسین ترافیک ، تحلیل و ارزیابی کرده و سرانجام به برنامه ریزی بهبود امکانات ترافیکی را بر مبنای اینگونه پارامترها و اطلاع از محدوده های عادی رفتار آن برنامه ریزی خواهد پرداخت .

این بخش بر تعریف و توصیف پارامترهایی متمرکز می شود که غالباً بیشترین کاربرد را بدین منظور و بر مشخصاتی که عموماً در جریان ترافیک دیده می شود دارد. در نتیجه ، این پارامترها اندازه گیری مهندسین ترافیک از واقعیت است ، و آنان بدینوسیله زبانی را ایجاد کرده اند که جریان های ترافیک با آن توصیف و تفہیم می شوند.

۱-۵- انواع تسهیلات

تسهیلات ترافیکی بطور کلی به دو دسته اصلی تقسیم می شوند :

جریان غیر منقطع



● جریان منقطع

تسهیلات جریان غیر منقطع هیچ وقفه خارجی در جریان ترافیک ندارند. جریان کاملاً غیر منقطع اصولاً در آزاد راهها، که هیچ تقاطع همسطح ، چراغ راهنمایی، علائم توقف یا احتیاط یا دیگر وقفه های خارجی در خود جریان ترافیک نیست ، وجود دارد. زیرا این امکانات از لحاظ دسترسی تحت کنترل کامل هستند، در آنها هیچ تقاطع همسطح یا معابر یا هیچ نوع دسترسی مستقیمی به زمینهای مجاور وجود ندارد. بنابراین مشخصات جریان ترافیک منحصراً بر تعامل بین وسایل نقلیه با خیابان و محیط بنا شده است .

با وجود اینکه جریان کاملاً غیر منقطع فقط در آزاد راهها وجود دارد ، همچنین در مقاطعی از سطح بزرگراهها، در اغلب نواحی روستایی که در آن فاصله زیادی بین وقفه های ثابت است ، ممکن است وجود داشته باشد. بنابراین جریان غیر منقطع می تواند در برخی مقاطع از بزرگراههای دو خطه روستایی و بزرگراههای چند خطه برون شهری و روستایی می تواند بوجود آید. بصورت یک راهبرد خیلی کلی ، گفته می شود جریانهای غیر منقطع می تواند در شرایطی وجود داشته باشد که فاصله بین چراغهای راهنمایی و یا دیگر وقفه های ثابت مهم ، بیشتر از ۲ کیلومتر باشد.

باید یاد آور شد که عبارت " جریان غیر منقطع " به یک نوع تسهیلات اشاره می کند نه کیفیت عملکرد تسهیلات . بنابراین ، یک آزاد راه که دچار توقف گردیده و در طول ساعات اوج دارای تأخیرهای طولانی است نیز تحت جریان غیر منقطع کار می کند. علل توقف ها و تأخیرها بیرون از جریان ترافیک نیستند بلکه کاملاً ناشی از رفتارهای متقابل داخلی جریان ترافیک هستند.

امکانات جریان منقطع آنهایی هستند که شامل وقفه های بیرونی ثابتی در طراحی و عملکرد شان باشند. بیشترین و از لحاظ عملکردی مهمترین وقفه بیرونی ، چراغ راهنمایی است . چراغ راهنمایی متناویاً با آغاز و متوقف کردن یک جریان ترافیکی گروههایی از وسایل نقلیه را که باعث رکود پیشرفت در امکانات میگردند، ایجاد می کنند. دیگر وقفه های ثابت شامل علائم توقف و احتیاط ، تقاطعات همسطح بدون چراغ ، معابر، پارک کردن های حاشیه ای و دیگر عملکردهای دسترسی به زمین است . در واقع تمام سطح خیابانها و بزرگراههای شهری ، امکانات جریان منقطع هستند.

تفاوت اصلی بین امکانات جریان غیر منقطع و منقطع فشردگی زمان است . در امکانات غیر منقطع ، امکانات فیزیکی در هر زمان برای رانندگان و وسایل نقلیه قابل دسترسی است . در یک امکانات جریان منقطع ، حرکت بصورت دوره ای با چراغ " قرمز " مسدود می گردد. بنابراین زمانبندی چراغ دسترسی به بخشهای خاصی از امکانات را در زمان محدود می کند. بعلاوه ، در چراغهای راهنمایی بیشتر ازیک جریان ترافیکی غیر منقطع در حرکت، جریان ترافیک بصورت دوره ای متوقف شده و دوباره آغاز میگردد.

بنابراین ، جریان منقطع ، پیچیده تر از جریان غیر منقطع است . در حالیکه بسیاری از پارامترهای جریان ترافیکی مسروچ در این بخش در هر نوع از امکانات بکار می روند، این بخش اصولاً بر مشخصات جریان غیر منقطع تمرکز می کند. بسیاری از این مشخصات همچنین ممکن است در محدوده حرکت گروهی از وسایل نقلیه در یک امکانات جریان منقطع نیز بکار برد شود. مشخصات ویژه وقفه های ترافیک و اثر آنان بر جریان در فصل ۱۷ بدقت مورد بحث قرار می گیرد.

۲-۵- پارامترهای جریان ترافیک

پارامترهای جریان ترافیک به دو قسمت کلی تقسیم می شوند . پارامترهای ”درشت نمود“ که جریان ترافیک را بطور سراسری توصیف می کنند ، پارامترهای ”ریز نمود“ که رفتار منحصر بفرد وسایل نقلیه را یا یک جفت وسیله نقلیه را در جریان ترافیک توصیف می کنند . سه پارامتر اصلی درشت نمود که جریان ترافیک را توصیف می کنند عبارتند از :

(۱) حجم یا نرخ جریان ،

(۲) سرعت و

(۳) چگالی .

پارامترهای ”ریز نمود“ شامل :

(۱) سرعت هر کدام از وسایل نقلیه ،

(۲) سر فاصله زمانی و

(۳) سرفاصله مکانی .

۱-۲-۵- حجم و نرخ جریان

حجم ترافیک بصورت تعداد وسایل نقلیه عبوری از یک نقطه از جاده یا یک خط یا جهت مورد نظر از جاده ، در طول مدت زمان مشخص تعریف می شود . واحد اندازه گیری حجم در واقع ”وسیله نقلیه“ است ، اگر چه اغلب بصورت ”وسیله نقلیه بر واحد زمان“ بیان می شود . برای واحدهای زمان اغلب ”روز“ یا ”ساعت“ بکار می رود .

احجام روزانه برای بدست آوردن تقاضا در زمان و اهداف برنامه ریزی کلی بکار می روند. طراحی جزئیات و تصمیم گیری برای کنترل ها نیازمند اطلاع از احجام ساعتی در ساعات اوج روز است.

نرخ های جریان عموماً با واحد " وسیله نقلیه در ساعت " بیان می شود، ولی بیانگر جریانهایی که دوره های زمانی کمتر از یک ساعت بوجود آمده . حجم ۲۰۰ وسیله نقلیه که در دوره ۱۵ دقیقه ای دیده شده می تواند بصورت نرخ $= 800 \times 4 = 200$ وسیله نقلیه در ساعت بیان گردد، درست مثل ۸۰۰ وسیله نقلیه که مشاهد نشده اگر در یک ساعت کامل شمارش شوند ، ۸۰۰ وسیله نقلیه در ساعت نرخ جریانی است که در طول ۱۵ دقیقه وجود دارد.

احجام روزانه

همانطورکه ملاحظه شد، احجام روزانه بعنوان ملاک تقاضای سالانه استفاده از جاده بکار می روند. پیش بینی های انجام شده براساس تقاضای مشاهده شده را می توان برای کمک به برنامه ریزی بهبود یا ایجاد امکانات جدید برای تطبیق افزایش تقاضا بکار برد.

۴ پارامتر حجم روزانه وجود دارد که در مهندسی ترافیک کاربرد گسترده ای دارد:

- ترافیک متوسط روزانه در سال (AADT) متوسط حجم ۲۴ ساعته در

مکانی مشخص در طول کل ۳۶۵ روز سال با تعداد وسائل نقلیه عبوری از یک نقطه در طول سال تقسیم بر ۳۶۵ روز (۳۶۶ روز در سالهای کبیسه).

- ترافیک متوسط روز کاری هفته در سال (AAWT) متوسط حجم ۲۴ ساعته در

ساعته که در طول روزهای کاری هفته در کل ۳۶۵ روز سال اتفاق می افتند ، تعداد وسائل

نقلیه عبوری از یک محل در روزهای کاری هفته در یک سال تقسیم بر تعداد روزهای کاری

طول سال (معمولاً ۲۶۰ روز).

● ترافیک متوسط روزانه (ADT) متوسط حجم ۲۴ ساعته در یک محل و

دروه زمانی مشخص کوتاه تر از یک سال و یک کاربرد عادی آن اندازه گیری ترافیک
متوسط روزانه برای هر ماه از سال است .

● ترافیک متوسط روز کاری هفته (AWT) متوسط حجم ۲۴ ساعته

روزهای کاری هفته در یک محل و دوره زمانی مشخص کمتر از یکسال و یک کاربرد عادی
آن اندازه گیری ترافیک متوسط روز کاری هفته برای هرماه از سال است .

تمامی این احجام بر مبنای وسیله نقلیه بروز (reh/day) هستند . احجام روزانه عموماً

براساس جهت یا خط عبور تفکیک نمی شوند بلکه مجموعی برای کل امکانات در محل طرح
هستند.

جدول ۱-۵ تلفیقی از این احجام روزانه را بر حسب اطلاعات شمارش در یک محل

نمونه در طول یکسال ، نشان می دهد. اطلاعات جدول ۱-۵ بطور کلی از یک محل شمارش ثابت

بدست آمده است (مثلاً محلی که بصورت خودکار حجم را شناسایی کرده و شمارش را بصورت

الکترونیکی به یک کامپیوتر مرکزی در نقطه ای مخابره می کند). ترافیک متوسط روزکاری هفته

(AWT) برای هر ماه با تقسیم حجم کل روز کاری هفته در ماه بر تعداد روزهای کاری ماه است

(ستون ۵ تقسیم بر ستون ۲) بدست می آید . ترافیک متوسط روزانه روزانه ، کل حجم ماهانه

ترافیک تقسیم بر تعداد روزهای ماه است (ستون ۴ تقسیم بر ستون ۳)، ترافیک متوسط در سال

کل حجم مشاهده شده در طول سال تقسیم بر ۳۶۵ روز سال است . ترافیک متوسط روز کاری هفته در سال کل حجم مشاهده شده در روزهای کاری تقسیم بر ۲۶۰ روز کاری سال است .

اطلاعات نمونه جدول ۵-۱ توصیف خلاصه ای از عناصر امکاناتی که اندازه گیری شده را ارائه می کند. قابل توجه آنکه AWT ها بطور قابل ملاحظه ای از ADT ها در هر ماه بیشتر است . این نشان می دهد که امکانات دریک ناحیه تفریحی یا تعطیل سرویس دهی می کند که ترافیک آن بشدت در ایام تعطیل هفته به اوج می رسد. همچنین ، هر دوی AWT ها و ADT ها در طول ماههای تابستان بیشتر است ، که نشاندهنده آن است که امکانات دریک ناحیه آب و هوایی گرم و تفریحی - تعطیل سرویس دهی می کند. بنابراین ، اگر مطالعات جزئیات را برای توسعه اطلاعات جهت ارتقاء درجه امکانات بخواهیم ، دوره زمانی مورد توجه باید ایام تعطیل طول تابستان را هم شامل شود.

جدول ۵-۱: تشریح پارامترهای حجم روزانه

.۱ ماه	.۲ تعداد روزهای کاری هفته در	.۳ تعداد کل روزهای ماه	.۴ حجم کل ماهانه	.۵ حجم کل هفتگی	.۶ AWT ۵/۲	.۷ ADT ۴/۳
Jan	22	31	425,000	208,000	9,455	13,710
Feb	20	28	410,000	220,000	11,000	14,643
Mar	22	31	385,000	185,000	8,409	12,419
Apr	22	30	400,000	200,000	9,091	13,333
May	21	31	450,000	215,000	10,238	14,516
Jun	22	30	500,000	230,000	10,455	16,667
Jul	23	31	580,000	260,000	11,304	18,710
Aug	21	31	570,000	260,000	12,381	18,387
Sep	22	30	490,000	205,000	9,318	16,333
Oct	22	31	420,000	190,000	8,636	13,548
Nov	21	30	415,000	200,000	9,524	13,833
Dec	22	31	400,000	210,000	9,545	12,903
Total	260	365	5,445,000	2,583,000	—	—

$$AADT = 5,445,000/365 = 14,918 \text{ veh/day}$$

$$AAWT = 2,583,000/260 = 9,935 \text{ veh/day}$$

احجام ساعتی

هر چند احجام روزانه برای اهداف برنامه ریزی مفید است اما به تنها بمنظور طراحی و تحلیل عملکرد نمی‌تواند کار برد داشته باشد. حجم آشکارا در ۲۴ ساعت روز، همزمان با موقع ایجاد بیشترین جریان سفرهای روزانه صبح و عصر در "ساعت ازدحام" تغییر می‌کند. ساعتی از روز که دارای بیشترین حجم ساعتی باشد به "ساعت اوج" اشاره دارد. حجم ترافیک در طول این ساعت بیشترین بهره را برای مهندسین ترافیک جهت کاربرد در طراحی و تحلیل‌های عملکردی دارد. حجم ساعت اوج عموماً بصورت جهتی بیان می‌شود (یعنی هرجهت جریان بطور جداگانه شمارش می‌شود).

جاده‌ها و کنترل‌ها باید متناسب با سرویس دهی به حجم ترافیک ساعت اوج در جهت اوج جریان طراحی شوند. از این‌رو ترافیک جاری در یک مسیر در هنگام اوج صبحگاهی به مسیر مقابل در هنگام اوج عصر گاهی منتقل می‌شود، هر دو طرف یک امکانات بایستی عموماً برای مطابقت با جریان جهت اوج در ساعت اوج، طراحی شده باشد. در جایی که اختلاف جهتی قابل ملاحظه باشد، مفهوم خطوط قابل نقض بعضی اوقات مفید است. بعنوان مثال، شهر واشنگتن، از خطوط قابل نقض (تغییرات جهتی با اوقات روز) بعضی از خیابانهای پهن و بعضی از آزاد راهها استفاده وسیعی می‌کند.

گاهی اوقات در طراحی، حجم ساعت اوج از پیش‌بینی AADT تخمین زده می‌شود. پیش‌بینی‌های ترافیکی اغلب بصورت AADT هایی براساس روزهای مستند و یا مدل‌های پیش‌بینی انجام می‌شود. زیرا از پیش‌بینی احجام روزانه، نظری AADT که پایدارتر از احجام ساعتی هستند، بصورت مطمئن‌تری می‌توان استفاده کرد. AADT‌ها به حجم ساعت اوج در جهت

اوج جریان تبدیل می شود. این امر اشاره به " حجم جهتی ساعت طرح " (DDHV) دارد و با

$$\text{DDHV} = \text{AADT} * K * D$$

که در آن : K =نسبت ترافیک روزانه که در ساعت اوج رخ می دهد و

D =نسبت ترافیک ساعت اوج عبوری در جهت اوج جریان است .

برای طراحی ، ضریب K اغلب نسبت AADT ایجاد شده در طول سی امین ساعت اوج

سال را بیان می کند. اگر ۳۶۵ حجم ساعت اوج سال در محلی مشخص بصورت نزولی لیست

گردد، ساعت اوج سی ام ، سی امین ردیف بوده و بیانگر حجمی است که فقط ۲۹ ساعت از سال از آن بیشتر بوده است .

سی امین ساعت اوج برای امکانات برون شهری ممکن است افت قابل ملاحظه ای در

حجم نسبت به بدترین ساعت سال داشته باشد، همانطور که نقاط اوج بحرانی ممکن است بندرت

رخ دهد. در اینگونه موارد سرمایه گذاری سنگین برای ایجاد ظرفیت اضافی که تنها در ۲۹ ساعت

سال استفاده شود مقرر بصرفه بنظر نمی رسد. در موارد شهری که ترافیک مکرراً در اوج سفرهای

روزانه شهری در سقف ظرفیت قرار دارد، سی امین ساعت اوج اغلب با بیشترین ساعت اوج

سالانه اختلاف چندانی ندارد.

ضرائب K و D براساس مشخصات محلی و منطقه ای در محلهای موجود تعیین می

شود. اغلب ادارات رأء استانها ، بطور مثال بر این مشخصات نظارت کرده ، و مقادیر مناسب جهت

کاربرد در نواحی مختلف استان را منتشر می کنند. ضریب K با افزایش متراکم توسعه در نواحی

تحت سرویس دهی امکانات ، کاهش می یابد. در نواحی متراکم ، در طول دوره های غیر اوج

تفاضلی زیادی وجود دارد. این بطور موثری نسبت ترافیک رادر طول ساعت اوج روز کاهش می

دهد. حجم تولید شده ناشی از توسعه نواحی متراکم عموماً بیشتر از حجم تولید شده ناشی از نواحی کم تراکم است . لذا باید بخاطر داشت بالا بودن نسبت ترافیک ایجاد شده در ساعت اوج بیانگر این نیست که حجم ساعت اوج زیاد است .

ضریب D وابسته به متغیر های بیشتری بوده و تحت تاثیر تعدادی از ضرائب است . باز هم با افزایش تراکم توسعه ، ضریب D به سوی کاهش می رود. با افزایش تراکم ، احتمال تقاضای دو طرفه زیاد می شود. راههای شعاعی (یعنی آنها که به جابجایی های بسمت داخل و خارج مراکز شهرها یا دیگر نواحی فعال سرویس دهی می کنند) ، دارای توزیع جهت قوی تری (مقدار D بیشتر) نسبت به مسیرهای پیرامونی (یعنی گذرنده از اطراف نواحی مرکزی کاری) هستند.

جدول ۲-۵ محدوده عمومی تغییرات ضرائب K و D را نشان می دهد . اینها کاملاً گویا هستند ، اطلاعات خاص در این مشخصات بایستی توسط دارات راه محلی یا استانی در دسترس باشند یا بایستی قبل از کار برداشته شوند.

جدول ۲-۵ : محدوده عمومی برای ضرایب K و D

محدوده طبیعی مقادیر		نوع تسهیلات
ضریب D	ضریب K	
۰،۸۰ - ۰،۶۵	۰،۲۵ - ۰،۱۵	برون شهری
۰،۶۵ - ۰،۵۵	۰،۱۵ - ۰،۱۲	حومه شهری
		شهری
۰،۶۰ - ۰،۵۵	۰،۱۲ - ۰،۰۷	راه شعاعی
۰،۵۵ - ۰،۵۰	۰،۱۲ - ۰،۰۷	راه پیرامونی

نمونه ای از یک راه غیر شهری را که دارای AADT پیش بینی شده معادل ۳۰۰۰۰

وسیله نقلیه / ساعت است در نظر بگیرید. براساس جدول ۲-۵ چه محدوده ای از حجم ساعتی

جهتی طرح می تواند در اینجا مورد توقع باشد ؟ با استفاده از مقادیر جدول ۵-۲ برای یک راه غیر شهری ، محدوده ضریب K از ۰/۱۵ تا ۰/۲۵ بوده و محدوده ضریب D بین ۰/۸ تا ۰/۶۵ میباشد .

بنابراین محدوده احجام ساعتی جهتی طرح عبارتست از :

$$\text{ساعت / وسیله نقلیه } DDHV = \frac{30000}{0/65} \times 0/15 = 2925 \text{ کم}$$

$$\text{ساعت / وسیله نقلیه } DDHV = \frac{30000}{0/25} \times 0/8 = 6000 \text{ زیاد}$$

محدوده مورد انتظار DDHV وابسته به این معیارها ، کاملاً باز است . بنابراین ، تعیین مقادیر مناسب K و D برای امکانات در مساله جهت چنین پیش بینی ای بحرانی است .

این مثال ساده ، دشواری پیش بینی دقیق تقاضای ترافیک در آینده را مورد توجه قرار می دهد . نه تنها احجام در طول زمان تغییر می کنند، بلکه مشخصات اساسی تغییرات حجم نیز ممکن است همینطور تغییر یابند. پیش بینی های دقیق نیازمند تعیین روابط اصلی است که نسبت به زمان پایدار بمانند. اینگونه روابط بسختی در پیچیدگی رفتار سفر مورد مشاهده قابل تشخیص است . پایداری این روابط در زمان رادر هر رویدادی ، با استفاده از پیش بینی حجم با بهترین پردازش تقریبی ، نمی توان تضمین نمود.

احجام زیر ساعتی و نرخ جریان

هنگامیکه احجام ساعتی ترافیک زمینه را برای چند روش تحلیل و طراحی تفکیکی تشکیل می دهد، تغییرات ترافیک در طول یک ساعت مشخص نیز نفع زیادی دارد. کیفیت جریان ترافیک اغلب در یک دوره کوتاه نوساناتی در تقاضای ترافیک دارد. یک امکانات ممکن است دارای ظرفیت کافی را برای سرویس دهی به تقاضای ساعت اوج داشته باشد اما پیک های کوتاه مدت جریان در طول ساعت ممکن است بیشتر از ظرفیت شده و یک پارگی جریان ایجاد نمایند.

احجام مشاهده شده در دوره های کمتر از یک ساعت عموماً بصورت نرخ های معادل جریان بیان میگردند . بعنوان مثال ، ۱۰۰۰ وسیله نقلیه در فاصله ۱۵ دقیقه شمارش شده می تواند بصورت

$$\text{نرخ} = \frac{\text{وسیله نقلیه}}{\text{ساعت}} = \frac{1000}{0.25} \text{ vph}$$

نرخ جریان ۴۰۰۰ برای آن ۱۵ دقیقه ای که ۱۰۰۰ وسیله نقلیه در آن مشاهده شده صحیح است . جدول ۳-۵ تفاوت بین حجمها و نرخهای جریان را نشان می دهد.

جدول ۳-۵ : تشریح احجام و نرخ های جریان

نرخ جریان در بازه زمانی (veh/h)	حجم در بازه زمانی (veh)	بازه زمانی
$1,000/0.25 = 4,000$	1,000	5:00 – 5:15 PM
$1,100/0.25 = 4,400$	1,100	5:15 – 5:30 PM
$1,200/0.25 = 4,800$	1,200	5:30 – 5:45 PM
$900/0.25 = 3,600$	900	5:45 – 6:00 PM
	$\Sigma = 4,200$	5:00 – 6:00 PM

حجم ساعتی کامل ، حاصل جمع ۴ حجم ۱۵ دقیقه ای مشاهده شده یا ۴۲۰۰ وسیله نقلیه / ساعت است . نرخ جریان در فاصله هر ۱۵ دقیقه ، حجم مشاهده شده در این فاصله تقسیم بر ۱۵ ساعتی است که در آن مشاهده صورت گرفته میباشد. در بدترین دوره زمانی و ۳۰ تا ۴۵:

۵ بعد از ظهر ، نرخ جریان ۴۸۰۰ است . این نرخ جریان است نه حجم آن . حجم حقیقی این ساعت تنها 4200 vph است .

وضعیتی را در نظر بگیرید که ظرفیت آن موقعیت در مساله دقیقاً 4200 vph باشد. در حالیکه این برای پاسخگوئی تقاضا در یک ساعت کامل نشان داده شده در جدول ۳-۵ کافی است ، نرخ جریان تقاضا در طول دو دوره ۱۵ دقیقه ای نشان داده شده (۱۵:۵ تا ۳۰:۵ بعد از ظهر و ۳۰:۵ تا ۴۵:۵ بعد از ظهر) بیشتر از ظرفیت است . مشکل در اینجاست که در حالیکه تقاضا در طول یک ساعت مشخص می تواند متغیر باشد، ظرفیت ثابت است . در هر دوره ۱۵ دقیقه ای ، ظرفیت معادل $\frac{4200}{4} = 1050$ وسیله نقلیه است . بنابراین ، در ساعت اوج نشان داده شده ، در دوره نیم ساعته بین ۱۵:۵ و ۴۵:۵ بعد از ظهر که تقاضا از ظرفیت تجاوز می کند، صفت تشکیل خواهد شد . بعلاوه ، هنگامیکه در دوره ۱۵ دقیقه اول (۱۵:۵ تا ۵۰:۰ بعد از ظهر) که تقاضا از ظرفیت کمتر است، ظرفیت استفاده نشده نمی تواند در دوره بعدی مورد استفاده قرار گیرد. جدول ۴-۵ تقاضا و ظرفیت را در طول هر ۱۵ دقیقه مقایسه می کند. طول صفت در انتهای هر دوره از طریق طول صفت در ابتدای دوره بعلاوه وسایل نقلیه وارد شده منهای وسیله نقلیه خارج شده ، قابل محاسبه است .

هر چند ظرفیت این قطعه در کل ساعت مساوی با حجم تقاضای ساعت اوج (۴۰۰ ساعت / وسیله نقلیه) است ، در انتهای ساعت ، صفت بطول ۵۰ وسیله نقلیه که سرویس دهی نشده اند باقی می ماند. در حالیکه این مثال نشان می دهد که یک صفت در سه دوره ۱۵ دقیقه در ساعت اوج

وجود دارد، پویایی تخلیه صف ممکن است برای فواصل طولانی تری تاثیرات منفی ترافیکی را در پی داشته باشد.

جدول ۴-۵ : تحلیل صف برای داده های جدول ۵,۳

طول صف در انتهای دوره (vehs)	وسایل نقلیه خروجی (vehs)	وسایل نقلیه ورودی (vehs)	بازه زمانی
0	1,050	1,000	5:00 – 5:15 PM
$0+1,100-1,050=50$	1,050	1,100	5:15 – 5:30 PM
$50+1,200-1,050=200$	1,050	1,200	5:30 – 5:45 PM
$200+900-1,050=50$	1,050	900	5:45 – 6:00 PM

بخاطر اینگونه مسائل ، اغلب لازم است طراحی امکانات و تحلیل اوضاع ترافیکی برای یک دروغ بیشترین نرخ جریان در هنگام ساعت اوج صورت پذیرد. برای اغلب اهداف کاربردی ، ۱۵ دقیقه بعنوان کمترین دوره زمانی که اوضاع ترافیکی بلحاظ آماری پایدار است در نظر گرفته می شود. در حالیکه نرخ جریان برای هر دوره زمانی قابل محاسبه است و پژوهشگران اغلب نرخ را برای دوره هایی از یک تا ۵ دقیقه‌ای بکار می بندند، نرخ جریان برای دوره های کوتاهتر غالباً بیانگر شرایط ناپایداری است که نمایه های ریاضی ثابت را تحریک می کند هر چند در سالهای اخیر کاربرد نرخهای پنج دقیقه ای افزایش یافته و عقاید مختلفی وجود دارد که اینها ممکن است

برای کار برد در طراحی و تحلیل به اندازه کافی پایدار باشند . با این وجود، اغلب کارهای تحلیلی و طراحی استاندارد به کار برد فاصله ۱۵ دقیقه ای بعنوان دروغ پایه ادامه می دهند.

رابطه بین حجم ساعتی و بیشترین نرخ جریان در طول ساعت ، " ضریب ساعت اوج "

تعريف شده و عبارت است از :

حجم ساعتی

$$(PHF) = \frac{\text{ضریب ساعت اوج}}{\text{بیشترین نرخ جریان}}$$

برای دوره طراحی استاندارد ۱۵ دقیقه ای ، عبارتست از

$$PHF = \frac{V}{4 \times V_{15\text{ دقیقه ای}}}$$

که در آن : V = حجم ساعتی (وسیله نقلیه) ، $V_{15\text{ دقیقه ای}}$ = بیشترین حجم ۱۵ دقیقه

ای در طول ساعت (وسیله نقلیه) و PHF = ضریب ساعت اوج . برای اطلاعات مثال در

جدول ۳-۵ و ۴-۵ عبارتست از :

$$. PHF = \frac{4200}{4 \times 1200} = 0.875$$

بیشترین مقدار ممکن برای PHF ، ۱ است ، که زمانی اتفاق می افتد که حجم در هر
 فاصله ثابت باشد . هر دوره ۱۵ دقیقه ای باید حجمی دقیقاً برابر یک چهارم حجم کل ساعت داشته
 باشد . این بیانگر شرایطی است که در آن واقعاً در طول یک ساعت تغییراتی در جریان نداشته
 باشیم . کمترین مقدار هنگامی ایجاد می شود که تمام حجم ساعتی در طول یک ۱۵ دقیقه ایجاد
 گردد . در این حالت PHF ، ۰/۲۵ می گردد و بیانگر حالت بیشترین تغییرات حجم در طول ساعت
 است . در عمل عموماً PHF بین کمتر از ۰/۷ و برابر مناطق غیر شهری و کم توسعه یافته تا ۰/۹۸
 در مناطق تراکم شهری متغیر است .

ضریب ساعت اوج توصیفی از الگوهای تولید سفر بوده و ممکن است برای یک منطقه یا قسمتی از سیستم یک خیابان یا جاده اعمال گردد. وقتی مقدارش مشخص باشد ، می تواند برای تخمین بیشترین نرخ جریان در طول بکار رود:

$$V = \frac{V}{PHF} \text{ که در آن :}$$

$V =$ بیشترین نرخ جریان در طول ساعت ،

و $V =$ حجم ساعتی ،

$PHF =$ ضریب ساعت اوج است . این تبدیل به کرات در تکنیکی ها و روش‌های سراسر این متن بکار رفته است .

۲-۴-۵- سرعت و زمان سفر

سرعت دومین پارامتر درشت نمودی است که وضعیت جریان ترافیک را توصیف می کند.

سرعت بصورت نرخ حرکت در مسافت در زمان واحد تعریف می شود. زمان سفر ، زمان لازم برای پیمودن مقطوعی مشخص از راه است . سرعت و زمان سفر باهم رابطه معکوس دارند :

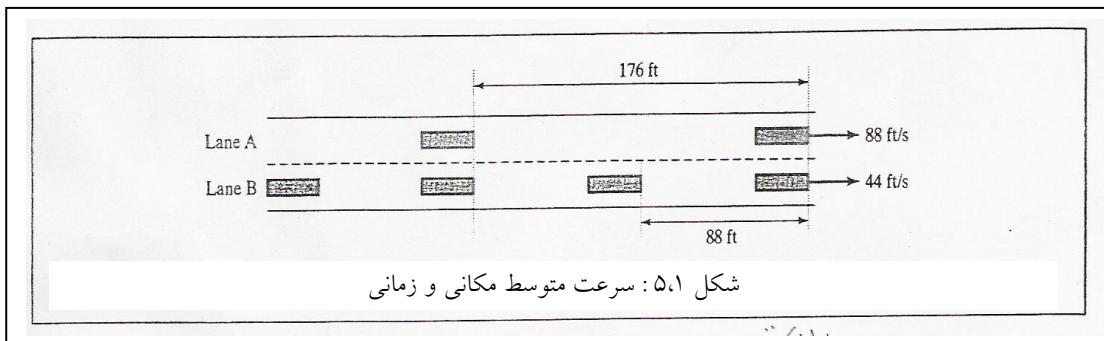
$S = d/t$ که در آن $S =$ سرعت ، کیلومتر / سرعت یا متر / ثانیه . $d =$ فاصله طی شده ، کیلومتر یا متر و $t =$ زمان پیمودن فاصله d ، ساعت یا ثانیه .

در یک جریان روان ترافیک ، هر وسیله نقلیه با سرعتی مختلف حرکت می کند. لذا ،

جریان ترافیک دارای یک مقدار مشخص نیست اما ترجیحاً توزیعی از سرعتهای منحصر بفرد است . جریان ترافیک که همه را در بر می گیرد با استفاده از میانگین یا نوع سرعت قابل توصیف است .

دو روش برای محاسبه سرعت متوسط برای یک جریان ترافیکی وجود دارد:

- سرعت متوسط زمانی (TMS) . سرعت متوسط تمام وسایل نقلیه عبوری از نقطه ای از جاده یا خط عبوری در طول یک دوره زمانی مشخص .
- سرعت متوسط مکانی (SMS) سرعت متوسط تمام وسیله نقلیه ای که مقطعي از جاده یا خط عبوری را اشغال کرده اند در طول یک دوره زمانی مشخص . در واقع ، سرعت متوسط زمانی اندازه گیری نقطه ای است در حالیکه سرعت متوسط مکانی طولی از جاده یا خط عبوری را توصیف می کند . شکل ۱-۵ مثالی را نشان می دهد که تفاوت بین اندازه گیری دو سرعت متوسط فوق را تشریح می کند.



برای اندازه گیری سرعت متوسط زمانی (TMS) ، باید یک شخص بیننده در کنار مسیر ایستاده و سرعت هر وسیله نقلیه عبوری را ثبت نماید . با توجه به سرعتها و فواصل نشان داده شده در شکل ۱-۵ یک خودرو از بیننده در خط A هر ۲ ثانیه عبور می نماید . همینطور یک وسیله نقلیه از بیننده خط B هر ۲ ثانیه عبور می کند . بنابراین تا وقتیکه جریان ترافیک در شرایط نشان داده شده باشد برای هر n وسیله نقلیه عبوری با سرعت $s^{fl/s}$ ، بیننده هم n وسیله نقلیه را

با سرعت عبور fl/s ۴۴ شاهده میکند. TMS به اینصورت قابل محاسبه است:

$$TMS = \frac{88 + 44n}{2n}$$

برای اندازه گیری سرعت متوسط مکانی (SMS)، بیننده نیاز به محلی بالاتر نیاز دارد که بتواند تمام محدوده مقطع را ببیند. باز B دو برابر خط A خواهد بود . بنابراین SMS به اینصورت محاسبه می گردد:

$$SMS = \frac{88n + 44 \times 2n}{3n} = 85 \text{ mi/n}$$

در نتیجه ، سرعت متوسط مکانی بر این واقعیت محاسبه می شود که وسیله نقلیه ای که در سرعت fl/s ۴۴ حرکت می کند برای پیمودن مقطعی مشخص ، زمانی دو برابر وسیله نقلیه ای با سرعت fl/s ۸۸ صرف می کند . سرعت متوسط مکانی براساس مقدار زمانی که برای پیمودن مقطع راه صرف می کنند برای وسایل نقلیه کنдрوت از لحاظ وزنی سهم بیشتری قائل است . بنابراین ، عموماً سرعت متوسط مکانی در شرایطی که وسایل نقلیه سهم مساوی داشته باشند، کمتر از سرعت متوسط زمانی متناظرش است . اگر تمام وسایل نقلیه در مقطع مورد نظر باسرعتی کاملاً مساوی حرکت کنند، تساوی دو سرعت متوسط فوق امکانپذیر است .

هر دو سرعت متوسط زمانی و مکانی از طریق تکثیری زمانهای سفراندازه گیری شده در طول فاصله ای مشخص با استفاده از روابط ذیل قابل محاسبه اند :

$$TMS = \frac{\sum_i (d / t_i)}{n} \quad SMS = \frac{d}{\left(\sum_i t_i / n \right)} = \frac{nd}{\sum_i t_i}$$

که در آن :

$TMS = \text{سرعت متوسط زمانی ، متر/ ثانیه} ، SMS = \text{سرعت متوسط مکانی ، متر/ ثانیه} ،$

$D = \text{فاصله پیموده شده ، متر} ، n = \text{تعداد وسایل نقلیه مشاهده شده} ، t_i = \text{زمان لازم برای عبور}$

وسیله نقلیه ام از مقطع ، ثانیه .

TMS با یافتن سرعت هر وسیله نقلیه و یک میانگین گیری ساده از نتایج محاسبه می

SMS با یافتن زمان متوسط سفر برای پیمودن مقطع توسط یک وسیله نقلیه و با استفاده از

زمان متوسط سفر محاسبه میگردد. جدول ۵-۵ یک مساله ساده را در محاسبه سرعت متوسط زمانی

و مکانی نشان می دهد.

جدول ۵-۵ : تشریح محاسبه TMS و SMS

سرعت (m/s)	زمان سفر t (s)	فاصله d (m)	شماره وسیله نقلیه
1000/18=55.6	18	1,000	1
1000/20=50	20	1,000	2
1000/22=45.5	22	1,000	3
1000/19=52.6	19	1,000	4
1000/20=50	20	1,000	5
1000/20=50	20	1,000	6
303.7	119	6000	جمع کل
303.7/6=50.6	119/6=19.8	6000/6=1,000	میانگین

$$SMS=1,000/19.8=50.4 \text{ m/s}$$

$$TMS=50.6 \text{ m/s}$$

٣-٣-٥ - چگالی و اشغال

چگالی ، سومین مقیاس اصلی از مشخصات جریان ترافیک که بصورت " تعداد وسایل نقلیه عبوری از طولی مشخصی از جاده یا خط عبوری " تعریف شده ، عموماً براساس تعداد وسایل نقلیه در هر کیلومتر یا تعداد وسایل نقلیه در هر کیلومتر از خط عبور بیان می گردد.

اندازه گیری مستقیم چگالی ، بواسطه اینکه یک نقطه مساعد مرتفع بری مشاهده کل مقطع جاده تحت مطالعه لازم است ، دشوار است . چگالی اغلب با اندازه گیری های سرعت و نرخ جریان محاسبه می گردد (بخش ۳-۵ از این فصل را ملاحظه کنید).

بهر حال چگالی شاید بین سه پارامتر اصلی جریان ترافیک مهمترین پارامتر باشد ، زیرا مقایسی است که بیشترین ارتباط مستقیم را به تقاضای ترافیک دارد. ترافیک از کاربری های مختلف زمین که تعداد از وسایل نقلیه را به فاصله محدودی از جاده وارد می کنند، تشکیل گردیده است . رانندگان سرعتی را انتخاب می کنند که بر میزان نزدیکی با دیگر وسایل نقلیه استوار است . با ترکیب سرعت و چگالی ، نرخ جریان مشاهده شده بدست می آید.

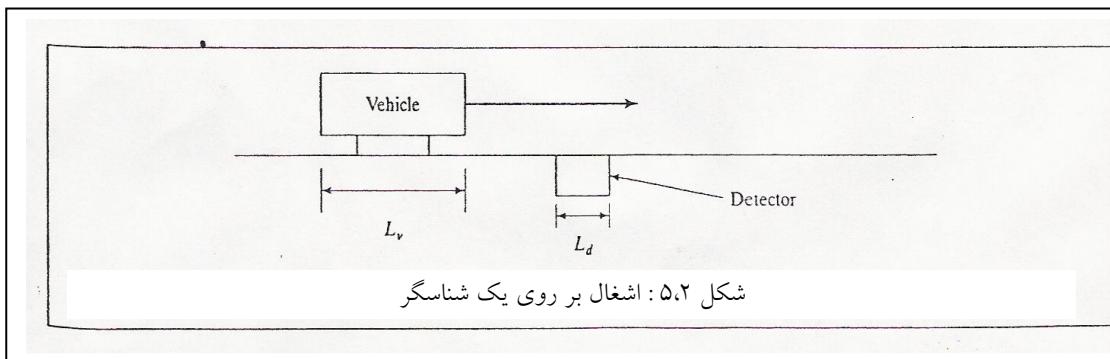
همچنین ، چگالی مقیاس مهمی برای کیفیت جریان ترافیک است زیرا مقیاسی از نزدیکی وسایل نقلیه به یکدیگر ، ضریبی موثر بر میزان آزادی و مانور حرکت و آرامش روانی رانندگان است .

اشغال

در حالیکه اندازه گیری مستقیم چگالی دشوار است ، شناسگرهای پیشرفته می توانند اشغال را که پارامتری مرتبط است اندازه گیری نمایند. اشغال بصورت نسبت زمانی است که شناسگر در یک دوره زمانی مشخص توسط وسیله نقلیه ای " اشغال " یا پوشیده شده ، تعریف می شود.

در شکل ۵-۲ ، L_v طول متوسط یک وسیله نقلیه (به متر) است ، L_d نیز طول شناسگر است (که عموماً یک حلقه شناسگر مغناطیسی است). اگر " اشغال " یک شناسگر مورد نظر " O " باشد ، چگالی بصورت ذیل قابل محاسبه است :

$$D = \frac{5280 * O}{L_v + L_d}$$



طول متوسط وسیله نقلیه با شناسگر جمع گردیده ، همانطور که شناسگر عموماً وقتی سپر جلوی خودرو از ظل عبور می کند فعال می شود و هنگامیکه سپر عقبی خودرو ضلع عقبی شناسگر را ترک می کند غیر فعال می گردد .

موردی را در نظر بگیرید که شناسگر برای یک دوره تحلیلی ۱۵ دقیقه ای اشغالی معادل ۰/۲۰۰ را ثبت کرده باشد اگر طول متوسط وسیله نقلیه ۲۸ متر بوده و طول شناسگر ۳ متر باشد چگالی چقدر است ؟

$$D = \frac{5'280 \times 0/200}{28 + 3} = 34/1$$

اشغال ، برای یک شناسگر مشخص در یک خط عبور مشخص اندازه گیری می شود . بنابراین واحد چگالی تخمینی از اشغال وسیله نقلیه بر کیلومتر خط عبور است . اگر شناسگرهای

مجاوری در خط عبورهای دیگر هم موجود باشد . برای بدست آوردن چگالی بصورت برای یک جهت مشخص جریان در چندین خط عبور مختلف می توان چگالی هر خط عبور را با یکدیگر جمع نمود.

۲-۴- سر فاصله مکانی و زمانی : پارامترهای ریز نمود

در حالیکه جریان ، سرعت و چگالی بیانگر اوصاف درشت نمود تمام جریان ترافیکی هستند ، می توانند به پارامترهای ریز نمودی که بصورت فردی خودروهای موجود در جریان ترافیک یا یک زوج خودروی مشخص در جریان ترافیک را توصیف می کند، مرتبط باشند.

سرفاصله مکانی

سر فاصله مکانی که بصورت فاصله بین وسایل نقلیه متولی در یک خط ترافیک تعريف می شود، از طریق چندین نقطه متعارف بر وسایل نقلیه نظیر سپر جلو یا چرخهای جلو ، اندازه گیری می شود. فاصله متوسط مکانی در یک خط ترافیکی می تواند مستقیماً به چگالی خط وابسته باشد :

$$D = \frac{5'280}{d_d} \text{ که در آن :}$$

$$d_d = \text{فاصله بین وسایل نقلیه در یک خط ، متر .} \quad D = \text{چگالی ،}$$

سرفاصله زمانی

سر فاصله زمانی که بصورت فاصله زمانی بین وسایل نقلیه متواالی که از نقطه ای در طول خط عبور می گذرند ، تعریف می شود نیز از بین نقاط متعارف بر وسایل نقلیه اندازه گیری می شود. سرفاصله زمانی متوسط در یک خط مستقیماً به نرخ جریان مرتبط است :

$$V = \frac{3600}{h_a} \quad \text{که در آن :}$$

V = نرخ جریان خط عبور / ساعت / وسیله نقلیه و h_a = سرفاصله زمانی متوسط

در خط عبور ، ثانیه .

کاربرد اندازه گیری ریز نمود

اندازه گیری های ریز نمود برای بسیاری از اهداف تحلیلی سودمند هستند . چون یک سرفاصله مکانی و یا زمانی قابل تعیین برای هر جفت از وسایل نقلیه است ، مقدار اطلاعاتی که می توان در یک دوره کوتاه زمانی جمع آوری گردد نسبتاً زیاد است . جریان ترافیکی با حجم ۱۰۰۰ وسیله نقلیه در یک دوره زمانی ۱۵ دقیقه ای از یک مقدار از نرخ جریان ، سرعت متوسط مکانی و چگالی که مشاهده شده متنج می گردد . اما در این ۱۰۰۰ اندازه گیری سرفاصله زمانی ومکانی داریم با این فرض که تمام جفت وسایل نقلیه مشاهده شده باشند .

همچنین کاربرد اندازه گیری های ریز نمود اجازه می دهد تا انواع مختلف وسایل نقلیه در جریان ترافیک مجزا گردند . جریانها و چگالی های خودروهای عبوری ، بطور مثال می توانند از سرفاصله های مکانی و زمانی مجزای زوج های خودروهای عبوری پشت سرهم ، استنتاج گردد

. بطور مشابه وسایل نقلیه سنگین قابل تفکیک و مطالعه برای مشخصات مخصوص خود هستند .

فصل ۱۲ کالیبره کردن متغیرهای تحلیل اساسی ظرفیت را بصورت یک فرآیند شرح می دهد.

همچنین سرعت متوسط از اندازه گیری های سر فاصله زمانی و مکانی قابل محاسبه است

به اینصورت قابل محاسبه است :

$$S = \frac{da/h_a}{1047} = 0.78 \left(\frac{da/h_a}{1047} \right)$$

که در آن :

S = سرعت متوسط ، d_a = سر فاصله مکانی متوسط، متر ، h_a = سرفاصله

متوسط زمانی، ثانیه.

یک مساله نمونه :

Traffیک در یک خط عبور از جاده چند خطه تراکمی دارای سر فاصله مکانی متوسط ۲۰۰

متر ، سر فاصله زمانی متوسط $3/8$ ثانیه مشاهده گردیده است . نرخ جریان ، چگالی و سرعت

Traffیک در این خط عبور را برآورد نمایید.

حل : خط عبور / ساعت / وسیله نقلیه $V = \frac{3600}{3/8} = 947$ ، خط عبور / ساعت / وسیله

نقلیه $S = 0.78 \left(\frac{200}{3/8} \right) = 35/8$ ، ساعت / کیلومتر $D = \frac{5'280}{200} = 36/4$

۳-۳- روابط بین نرخ جریان ، سرعت و چگالی

سه مقیاس درشت نمود از وضعیت یک جریان ترافیکی مشخص - جریان ، سرعت و

چگالی - بصورت زیر رابطه دارند ،

$$=S \quad \text{یا} \quad V=S \times D \quad \text{که در آن :} \quad V=\text{نرخ جریان ،}$$

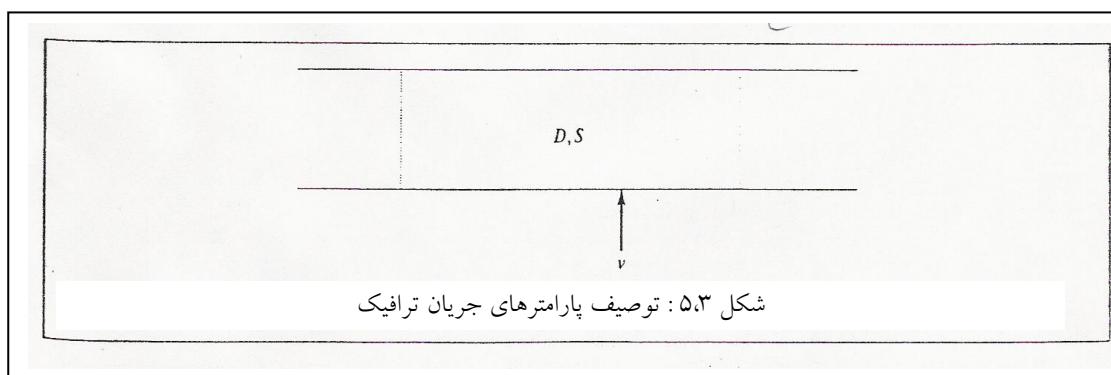
سرعت متوسط

$$\cdot \quad \text{یا} \quad D=\text{چگالی ،} \quad \text{و} \quad S=\text{مکانی ،}$$

سرعت متوسط مکانی و چگالی مقیاسهایی هستند که به قطعه ای مشخص از یک خط

عبوری یا جاده اشاره دارند در حالیکه نرخ جریان یک مقیاس نقطه ای است . شکل ۵-۳ رابطه را

شرح می کند.



مقیاسهای سرعت متوسط مکانی و چگالی بایستی بر قطعه ای که بطور مشابه تعریف شده

اعمال گردند . شرایط جریان تحت پایدار (یعنی جریان ورودی و خروجی به قطعه همان بوده ،

در قطعه صفر تشکیل نشود) نرخ جریان که با رابطه ۱۱-۵ محاسبه می شود بر هر نقطه ای از

قطعه اعمال میگردد . در جاییکه عملکردهای ناپایداری وجود داشته باشند (صفری در قطعه ایجاد

میگردد) . نرخ جریان محاسبه شده بیانگر میانگینی از تمام نقاط داخل قطعه است .

اگر یک خط آزاد راه دارای سرعت متوسط مکانی ۵۵ و چگالی ۲۵ باشد،

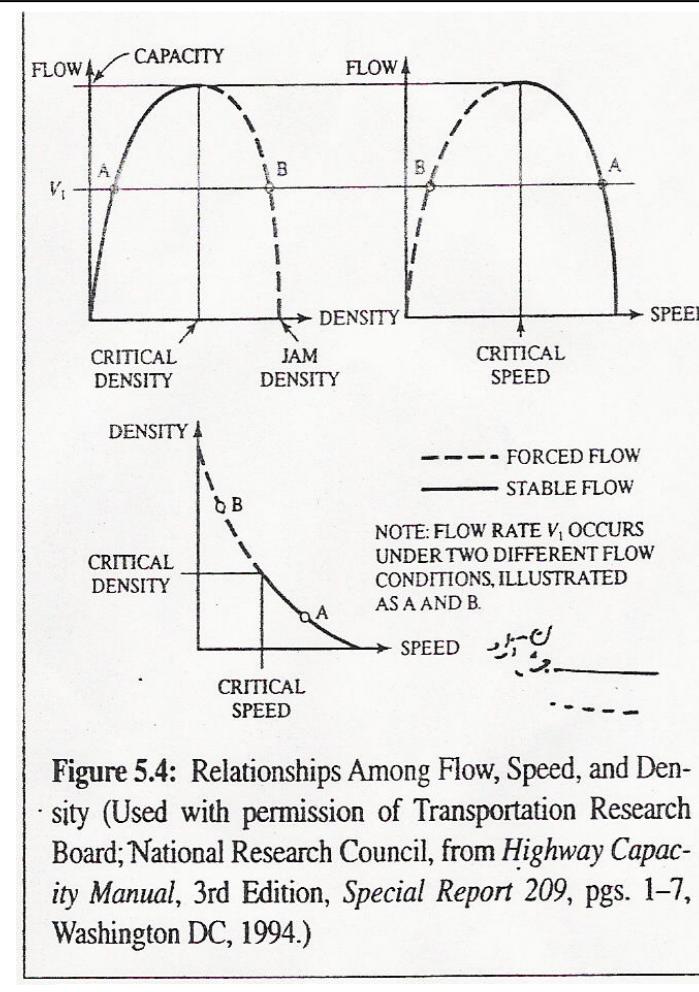
نرخ جریان در این خط به اینصورت قابل تخمین است :

$$V = \frac{S}{D} = \frac{55}{25} = 1375$$

همانطورکه قبل اشاره شد ، این رابطه غالباً در برآورد چگالی که اندازه گیری مستقیم آن از مقادیر اندازه گیری شده نرخ جریان و سرعت متوسط مکانی دشوار است ، کار برد دارد . یک خط آزاد راهی را در نظر بگیرید با سرعت متوسط مکانی ساعت/کیلومتر ۶۰ و نرخ جریان خط/ساعت/وسیله نقلیه ۱۰۰۰ چگالی از رابطه ۱۱-۵ به اینصورت قابل تخمین است :

$$D = \frac{V}{S} = \frac{1000}{60} = 16.7$$

رابطه ۱۱-۵ اشاره به این دارد که برای یک نرخ جریان مشخص (V) با تعداد نامحدودی از زوچهای سرعت (S) و چگالی (D) به نتیجه یکسانی می توان رسید. با کمال تشکر ، آنچه که رخ می دهد بصورت توصیف ریاضی از جریان پیچیده ترافیک نیست . روابط دیگری بین این جفت متغیرها وجود دارد که تعداد ترکیباتی که می تواند در محل واقع شود را محدود می کند. شکل ۴-۵ شکل عمومی این روابط را شرح می کند.



شکل ۵.۴ : روابط بین جریان ، سرعت و چگالی

شكل درست و درجه بندی این روابط به شرایط حاکمی وابسته است که از محلی به محل دیگر و زمانی به زمان دیگر در یک محل متغیر است باید توجه کرد که نرخ جریان

$"oVeh/h"$ دیگر و زمانی به زمان دیگر در یک محل متغیر است باید توجه کرد که نرخ جریان

در دو شرایط مختلف روی می دهد . زمانی که هیچ وسیله نقلیه ای در جاده نباشد ، چگالی

$"oVeh/h"$ است و هیچ وسیله نقلیه عبوری از یک نقطه مشاهده نمی شود. در اینجاست ،

سرعت قابل اندازه گیری نیست و به "سرعت جریان آزاد" رجوع می شود که مقداری تئوری

است بصورت بسطی ریاضی از رابطه بین سرعت و جریان (یا سرعت و چگالی) در شرایط

عملی ، سرعت جریان آزاد می تواند سرعتی باشد که یک وسیله نقلیه منفرد هنگامیکه هیچ وسیله

نقلیه دیگری در مسیر وجود ندارد به آن دست می یابد و یک راننده حتی المقدور با سرعتی ناشی از وضعیت هندسی جاده و محیط اطراف خود می تواند رانندگی کند.

هنگامیکه آنقدر وسیله نقلیه در مسیر باشد که تمام " $oVeh/h$ " همچنین جریان حرکات متوقف شود نیز رخ می دهد . این در چگالی بسیار بالایی رخ می دهد که " چگالی اشباع " نامیده شده و هیچ جریانی مشاهده نمی گردد چرا با توجه به توقف وسائل نقلیه هیچ خودروی از یک نقطه عبور نمی کند تا شمارش گردد.

بین این دو نقطه حدی در رابطه ها، یک وضعیت اوج وجود دارد. اوج منحنی های جریان - سرعت و جریان - چگالی بیشترین نرخ جریان یا " ظرفیت " راه است . مقدار آن نیز مثل دیگر موارد در این روابط بستگی به شرایط ویژه زمانی و مکانی حاکم بر اندازه درجه بندی ها دارد. البته ، بهره برداری در ظرفیت بسیار ناپایدار است . در ظرفیت که هیچ فاصله قابل استفاده ای در جریان ترافیکی نباشد، آشفتگی ناچیزی در اثر یک ورود یا تغییر خط وسیله نقلیه ایجاد می شود ، یا ترمز گرفتن ساده یک راننده باعث زنجیره ای از عکس العملها می گردد که نمی توان آنرا آرام کرد. آشفتگی به بالا دست منتشر شده و تا وقتی ادامه می یابد که فاصله کافی در جریان ترافیک اجازه پراکنده شدن موثر رویداد را بدهد .

قسمت خط چین منحنی بیانگر جریان ناپایدار یا تحمیلی است . این قسمت بیانگر جریان در صفری است که در پشت یک محل گسیختگی تشکیل شده است . یک گسیختگی در هر نقطه ای که جریان ورودی از ظرفیت پایین دست تسهیلات تجاوز کنی، رخ خواهد داد. نقاط معمول برای اغلب گسیختگی ها رمپهای ورودی در آزاد راهها را شامل می شوند اما تصادفات و حوادث

نیز عموماً کمتر قابل پیشگویی در ایجاد صفها هستند. قسمتی از نمودار که با خط پر نشان داده

شده بیانگر جریان پایدار است (یعنی جریانهای ترافیکی جاری قابل بقا در یک دوره زمانی)

برای ظرفیت جریان هر نرخ جریان در دو شرایط می تواند وجود داشته باشد:

۱- وضعیتی با سرعت نسبتاً بالا و چگالی پائین (در روابط بخش پایدار جریان)

۲- وضعیتی با سرعت نسبتاً پائین و چگالی بالا (در روابط بخش ناپایدار جریان)

واضح است که مهندسان ترافیک ترجیح خواهند داد که تمام تسهیلات در قسمت کار کرد

پایدار منحنی ها باقی بمانند.

بدلیل آنکه یک حجم یا نرخ جریان مشخص می تواند تحت دو وضعیت بسیار متفاوت از

شرایط عملکردی رخ دهد، این متغیرها نه می توانند کاملاً شرایط جریان را توصیف کنند و نه می

توان از آنها بعنوان مقایسهایی از کیفیت جریان ترافیک استفاده کرد . البته مقادیر سرعت و یا

چگالی باید نقاط منحصر بفردی را در هر رابطه از شکل ۴-۵ تعریف کنند و هردو جنبه هایی از

کیفیت را توصیف می کنند که برای رانندگان و عابرین پیاده قابل درک است .

در طول سالها محققان مختلف روابط بین سرعت - جریان - چگالی را مورد مطالعه قرار

داده و تلاش کردند توصیفهای ریاضی بسیاری را برای این منحنی ها ارائه نمایند. در سال ۱۹۳۰

Bruce Greenshields اولین مطالعات رسمی جریان ترافیک را بعده گرفت . او فرض کرد

رابطه سرعت - چگالی خطی باشد [1] بعد ها Ellis [2] روابط خطی تکه ای را پیشنهاد کرد.

با استفاده از دو یا سه رابطه خطی برای قطعات منحنی سرعت - چگالی ، این رویکرد منحنی (

غیر پیوسته ای را همراه با انفصالی بحرانی در نقاط مجاور، در ظرفیت ایجاد کرد . [3]

Greenderg یک منحنی لگاریتمی برای سرعت - چگالی فرض کرد ، در حالیکه

یک مدل exponential را برای این رابطه بکار برد. Edie [5] Underwood [4] یک پیوسته ای را برای سرعت - چگالی با استفاده از هردو رابط لگاریتمی و exponential پیشنهاد کرد و May [6] یک منحنی زنگوله ای شکل را پیشنهاد نمود. مرجع ۵ گزارشی از مطالعات کلاسیک بر تمام این توضیحات ریاضی را ارائه می کند که مقایسه ای با استفاده از یک مجموعه اطلاعات مشخص از Mernitt Parkwong در جدول سال ۱۹۵۸ ، انجام داده است . برای اطلاعات مطالعه ، Eide بهترین برآورد را بر مشاهدات محلی در نظر گرفت .

تمام این مطالعات تاریخی بر درجه بندی رابطه سرعت - چگالی متوجه شوند . در اینجا رابطه اصلی رفتاری رانندگان و انتخاب سرعتهایی براساس نزدیک آنها با دیگر وسائل نقلیه (و طرح هندسی و شرایط عمومی جاده) در نظر گرفته شد . نرخ جریان از این رابطه متنبی می گردد . از لحاظ ریاضی ، یکباره رابطه سرعت - چگالی برقرار شد ، روابط سرعت - جریان و جریان - چگالی را نیز می توان بدست آورد . مدل خطی سرعت - چگالی Greenshield را که بخارط سادگی اش انتخاب شده در نظر بگیرید . فرض کنید که یک مطالعه سرعت چگالی رابطه درجه بندی شده زیر را نتیجه داده باشد :

$$S = 55/0-0/54D$$

با دانستن رابطه عمومی $V=S \times D$ ، روابط سرعت - جریان و جریان چگالی را با جایگذاری می توان نتیجه گرفت :

$$V = 122/2 S - 2/22 S^2 , \quad S = 55/0-0/45 \frac{V}{D}$$

$$V = 55/0 D - 0/245 D^2 , \quad \frac{V}{D} = 55/0-0/45 D$$

همانطور که نشان داده شده ، یک فرض خطی سرعت - چگالی به روابط سهموی سرعت - جریان و جریان - چگالی منجر می شود.

مدلهای ریاضی سرعت - چگالی را همچنین برای تعیین (۱) سرعت آزاد جریان ، (۲) چگالی اشباع و (۳) ظرفیت می توان دست کاری کرد. سرعت آزاد جریان زمانی رخ می دهد که چگالی اشباع . باشد . بنابراین :

$$S = 55 - 0.45 \times D \quad \text{به عنوان} \quad "o Veh/h" \quad \text{بطور مشابه ،}$$

چگالی اشباع زمانی که سرعت $"o mi/h"$ است رخ می دهد .

$$D = \frac{55}{0.45} = 122/2 \quad S = 0 = 55 - 0.45 \quad \text{یا :}$$

ظرفیت با تعیین نقطه اوچ منحنی های سرعت - جریان و جریان - چگالی بدست می آید . نقطه اوچ وقتی رخ می دهد که مشتق اول رابطه صفر باشد . با استفاده از منحنی جریان - چگالی

داریم :

$$V = 55 - 0.45 D \quad \frac{dv}{dD} = 0 = 55 - 0.9 D$$

$$D = \frac{55}{0.9} = 61/1$$

بنابراین ، ظرفیت وقتی چگالی است بدست می آید (که این دقیقاً نصف چگالی اشباع برای یک منحنی خطی است) . با استفاده از منحنی سرعت - چگالی وقتی چگالی به برسد، سرعت قابل تعیین است :

$$S = 55 - 0.45 \times 61/1 = 27/5 \quad mi/h$$

که این دقیقاً نصف سرعت آزاد جریان برای یک رابطه خطی است . حال ، برای پیدا کردن نرخ جریانی که از این ترکیب سرعت و چگالی بدست آمده ، رابطه اساسی جریان بکار می

رود:

$$V = S \times D = 27/5 \times 61/1 = 1680$$

این ظرفیت مقطع براساس رابطه خی درجه بندی شده سرعت - چگالی برای این مقطع است .

باید توجه کرد که اجماع عمومی بر بهترین توصیف ریاضی که یک جریان ترافیکی غیر مقطع را توصیف نماید وجود ندارد . در واقع مطالعات نشان می دهد که بهترین شکل می تواند براساس مکانهای مختلف و زمانهای مختلف برای یک مکان متغیر باشد . مدل خطی Bruce که در سال ۱۹۳۰ بصورت ابتکاری درجه بندی شد ، رفتار ترافیک مدرن را بطور خاص درست بیان نمی کند . ویرایش چهارم [7] Highway Capacity Manual مدلهای سرعت - جریان بسیار مختلفی را بعنوان اساس در روشهای تحلیل تسهیلات جریان غیر مقطع بکار برده است . اینها براساس دهه های اخیر و مطالعه مقایسه ای مشخصات جریان آزاد راهی هستند [8] . فصل ۱۲ شامل تشریح جزئیات زیادی از نتایج این مطالعه و کاربرد آن در تحلیل ظرفیت و سطح سرویس میباشد.

مسائل :

۱-۱- حجم ۹۰۰ در یک تقاطع مشاهده گردید . اوج نرخ جریان در طول یک ساعت

برای این ضرائب ساعت اوج باید : ۱/۰۰ ، ۰/۹۰ ، ۰/۸۰ ، ۰/۷۰ . نتایج را ترسیم کرده و توضیح دهید.

۲- یک جریان ترافیکی متوسط سر فاصله زمانی وسایل نقلیه را ۲/۲ در mi/h

نشان می دهد . چگالی و نرخ جریان را برای این جریان محاسبه نمائید.

۳- یک شناسگر بزرگراهی سطح اشغال ۰/۲۵۵ را یک دوره ۱۵ دقیقه ای ثبت کرده

است . اگر طول شناسگر fi ۳/۵ و طول متوسط وسایل نقلیه fi ۲۰ باشد ، براساس این
مقادیر چگالی چقدر است ؟

۴- در یک مکان مشخص ، سرعت متوسط مکانی mi/h ۴۰ و نرخ جریان ۱۶۰۰

اندازه گیری شده است . چگالی در این مکان برای دوره تحلیل جقدر است ؟

۵- AADT برای مقطع مشخصی veh/day ۲۵۰۰۰ است اگر جاده بصورت یک

جاده شعاعی شهری طبقه بندی شده باشد ، چه مقدار حجم جهتی ساعت طرح خواهد بود.

۶- زمان سفرهای ذیل برای وسایل نقلیه که یک قطعه ۲ کیلومتری از جاده ای را طی

می کنند ، اندازه گیری شده است . سرعت متوسط زمانی (TMS) و سرعت متوسط مکانی

(SMS) را برای این اطلاعات محاسبه کنید . چرا همیشه SMS از TMS بیشتر است .

وسیله نقلیه	زمان سفر (s)
۱	۱۵۶
۲	۱۴۴

۳	۱۴۴
۴	۱۶۸
۵	۱۲۶
۶	۱۳۲

۷-۵- شمارش های ذیل در یک تقاطع در طول یک ساعت اوج صبحگاهی بدست آمده

است . اولاً حجم ساعتی ، ثانیاً بیشترین نرخ جریان در طول ساعت و ثالثا ضریب ساعت اوج را تعیین نمایید.

دوره زمانی	حجم
8:00-8:15AM	150
8:15-8:30AM	155-
8:30-8:45AM	165
8:45-9:00	160

۸-۵- داده های شمارش ترافیکی ذیل از یک شناسگر ثابت در یک راه اصلی بدست آمده

۱. ماه	۲. تعداد روزهای کاری هفته در ماه	۳. تعداد کل روزهای ماه	۴. حجم کل ماهانه	۵. حجم کل هفتگی
Jan	22	31	200,000	170,000
Feb	20	28	210,000	171,000
Mar	22	31	215,000	185,000
Apr	22	30	205,000	180,000
May	21	31	195,000	172,000
Jun	22	30	193,000	168,000
Jul	23	31	180,000	160,000
Aug	21	31	175,000	150,000
Sep	22	30	189,000	175,000
Oct	22	31	198,000	178,000
Nov	21	30	205,000	182,000
Dec	22	31	200,000	176,000

با استفاده از این اطلاعات اولاً AADT برای هرماه ، ثالثاً AAWT برای هر ماه را تعیین نماید با استفاده از این اطلاعات ، در خصوص نوع تسهیلات رابعاً AWT برای این راهی را تعیین نماید که سرویس دهی می کند چه تشخیصی می توان داد ؟

۹-۵- از یک مطالعه جریان آزاد راهی در محلی شاخص رابطه درجه بندی شده سرعت -

چگالی ذیل بدست آمده :

برای این رابطه ، اولاً سرعت آزاد جریان ، ثالثاً چگالی $S = 57/5(1-0.008D)$

اشباع ، ثالثاً رابطه سرعت - جریان ، رابعاً رابطه جریان - چگالی و خامساً ظرفیت را بدست آورید.

۱۰-۵- تمام سوالات مساله ۹-۵ را برای رابطه درجه بندی شده سرعت - چگالی ذیل

$$S = 61.2e^{-0.015D} \quad \text{پاسخ دهید :}$$

:

(ITS)

: ()

: ()

: ()

.(ITS)

(ITS)

(ITS America)

(ISTEA)

(ITS)

(GPS)

)

.(

(ITS America)

(

(

(HOV)

) .

(.

« »

(ITS)

(ITS)

(ITS)

[] []
[] []
[] []
[] []

TRB

[] •

[] •

(ITS)

. (ATMS) (ATIS)

(ITS America)

(ITE)

. (Traffic Technology) (ITS International)

(www.(ITS)international.com)

(ITS)

)

(

(

(

« »

(...)

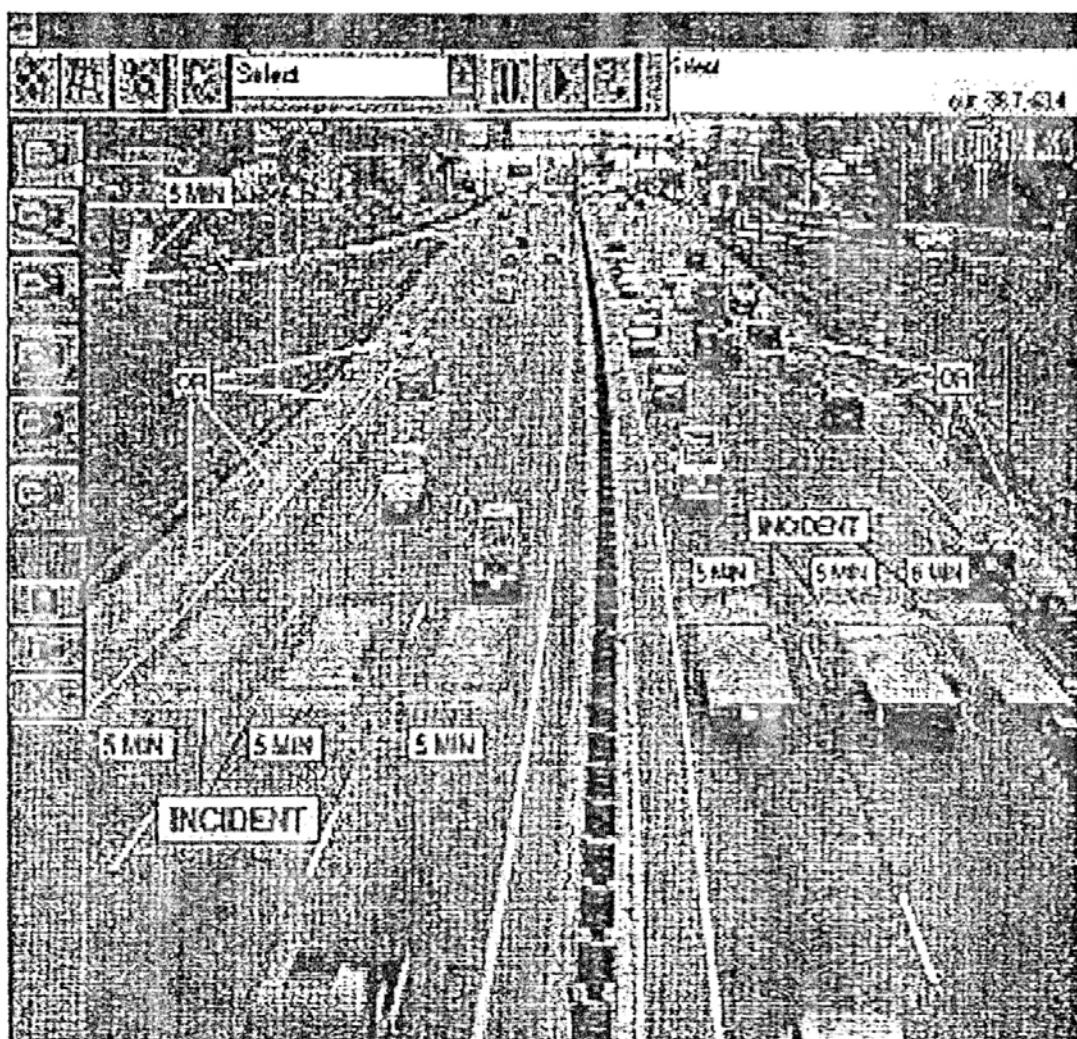
)

(

()

(Auto Scope)

(ITS)



(

)

: ()

(FHWA)

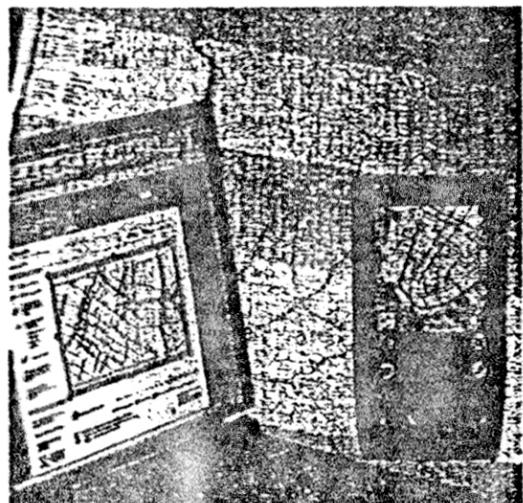
(GPS)

()

%

()

(Yahoo)



: ()

(ITS)

(ALB)

(on – board)

(GPS)



(ETC)

(.)

(E - Z pass)

(E - Z pass)

(E – Z pass)

(E – Z pass)

(E – Z pass)

%

(E – pass)

(

)

(ORANGES)

(ETC)

(ETC)

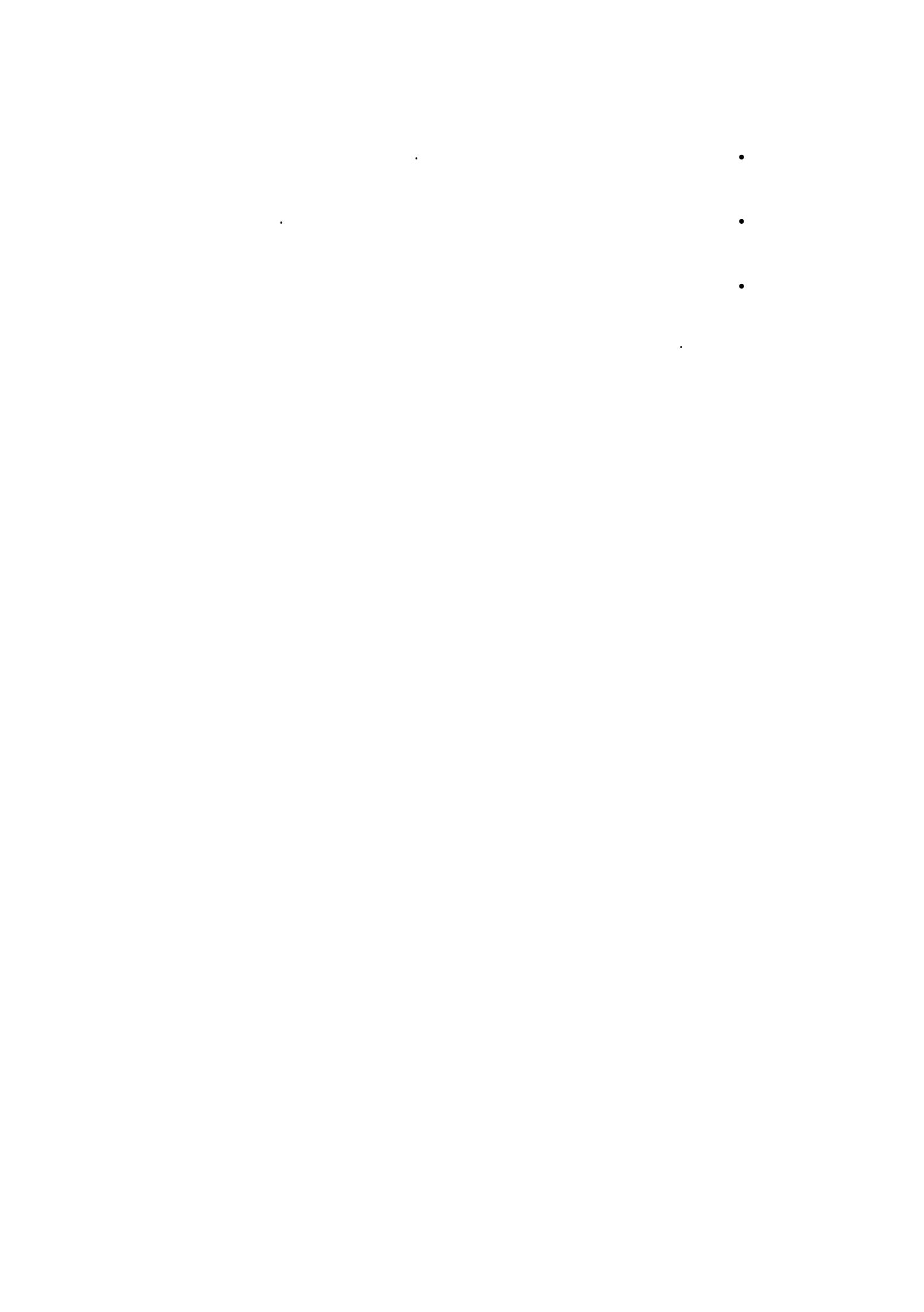
)

(

(ORANGES)

« » « »

()



()



: ()

()

()

()

[]

(ITS)

(ETC)

()

()

(ITS)

»

«

(ITS)

(ITS)

(ITS)

(ITS)

((ITS))

()

()

)

(

:

()

()

()

()

()

()

().

()

()

()

()

()

:

:

:

:

Poisson

:

:

F

f(x)

: Chi – Square

: ()

: ()

P = / N = : ()

P = / N = : ()

P N : ()

$\beta - \alpha$: ()

Y : ()

Y : ()

: ()

: ()
: ()
: ()
P = / N = : ()
m = : ()
(t) : ()
f : ()
:
Chi-Squares : ()
x^r : ()
Chi-Square : ()

:

%

)

(

(

)

)

(

)

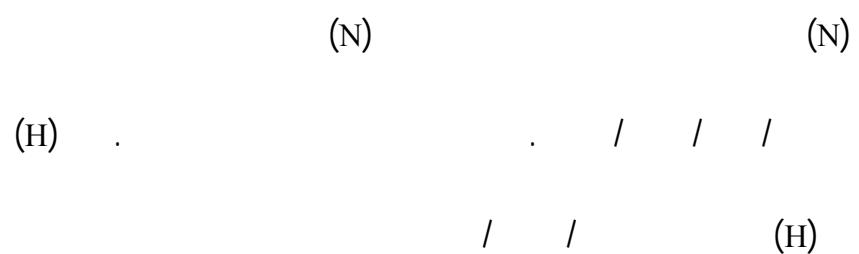
(

[]

[]

()

()



-
- ¹ - Poisson Distribution
 - ² - Binomial Distribution
 - ³ - Bernouli Distribution
 - ⁴ - Exponential Distribution
 - ⁵ - Normal Distribution

(P)

» :

, «

) .

(.

()

: ()

t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t
t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t
t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t
t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t
t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t
t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t
t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t
t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t
t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t
t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t
t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t

()

: ()

()	
/ /	
/ /	
/ /	
/ /	
/ /	

μ

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad ()$$

: \bar{X}

i : x_i

¹ - Central Tendency

² - The Arithmetic Mean

$$x_i : N$$

$$\vdots$$

$$\left(\frac{km}{h}\right)$$

$$(\qquad)$$

$$:(\quad)$$

$$\bar{x} = \frac{1}{\lambda} (\lambda \Delta + 66 + 1 \cdot 1 + \lambda 4 + 66 + 63 + \lambda 9 + \Delta \Delta) = 76 / 13$$

$$76\left(\frac{km}{h}\right)$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_j f_j m_j}{N} \qquad \qquad \qquad (1)$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_j f_j m_j}{N} \qquad \qquad \qquad (1)$$

$$\vdots$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_j f_j m_j}{N} \qquad \qquad \qquad (1)$$

$$j \qquad \qquad \qquad = F_j$$

$$j \qquad \qquad \qquad = m_j$$

$$= N$$

$$\vdots \qquad \qquad (1)$$

$$\bar{x} = \frac{1/04\Delta(\Delta) + 1/62 \cdot (1\lambda) + 1/7 \cdot \Delta(42) + 1/78 \cdot (27) + 1/\lambda \Delta(\lambda)}{1 ..} = 1/71 \text{ (m)}$$

)

.(

)

(

)

(

) .

%

.(

(

)

(

)

(

) .

$$S^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N-1} \quad (1)$$

$$= S^2$$

$$= N$$

$$(2)$$

$$S^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^2 - \left(\frac{N}{N-1} \right) \bar{x}^2 \quad (3)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum f m^2 - N(\bar{x})^2}{N-1}} \quad (4)$$

¹ - Dispersion

² - Variance

³ - Standard Deviation

(STD)

$$S_{est} = \frac{P_{85} - P_{15}}{2} \quad (1)$$

$$\% \quad) = P_{85}$$

(.

$$\% \quad) = P_{15}$$

(.

X

X

P₈₅

$$P_{50} \quad \%$$

$$\left[\frac{(مدى - ميانه)}{\text{انحراف معيار}} \right]$$

^١ - Coefficient of Variation

.()

$$\left(. \qquad \qquad \left(\quad \right) \qquad \right).$$

$$f(x)$$

$$P(40 < x < 50)$$

$$f_{(x)}=\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}e^{-\left[\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right]} \qquad \qquad \left(\quad \right)$$

$$= x$$

$$= \mu$$

$$= \sigma$$

$$/ \quad = \pi$$

$$x_2 - x_1$$

$$\sigma^2 \qquad \qquad \mu$$

$$\pi(\quad)$$

$$\mu \qquad x \qquad x:N[\mu,\sigma^2]$$

$$\sigma^2\cdot$$

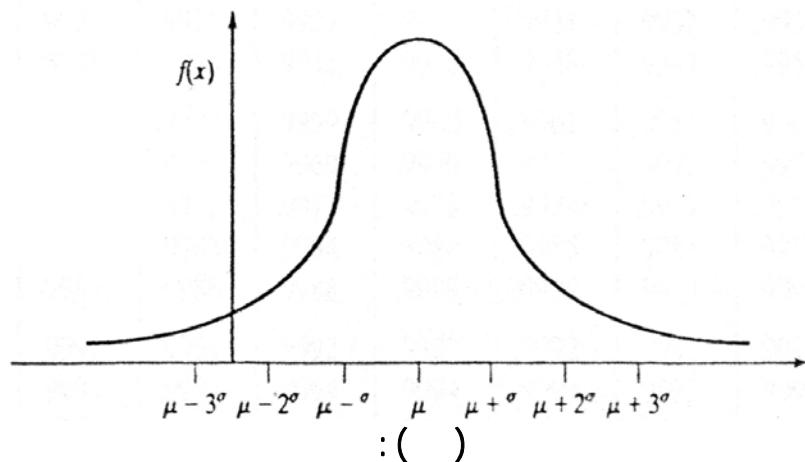
$$f(x)$$

$$\left(\sigma^2=1\right) \qquad \qquad \left(\mu=0\right)$$

$$(\quad)$$

$$x \qquad z:N[0,1]$$

$$x:N[\mu,\sigma^2]$$



Z

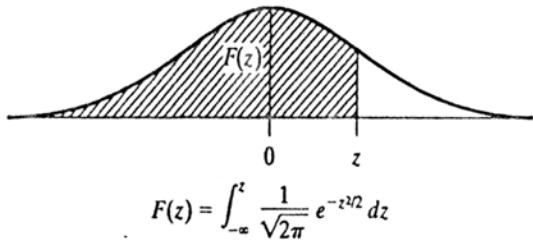
X

()

$= Z$

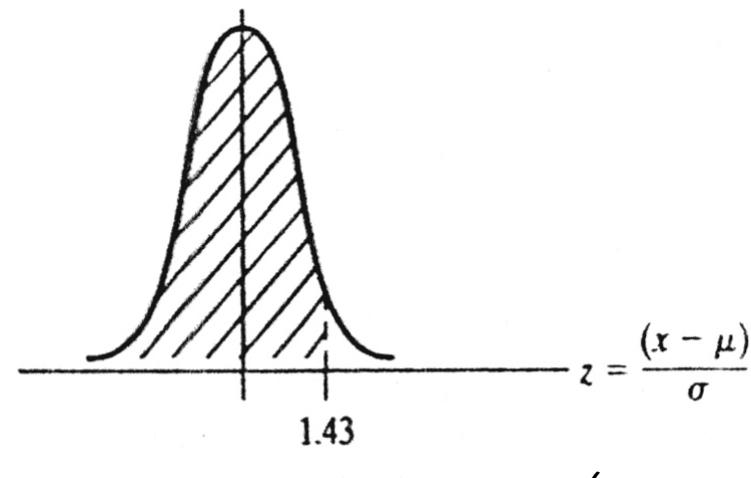
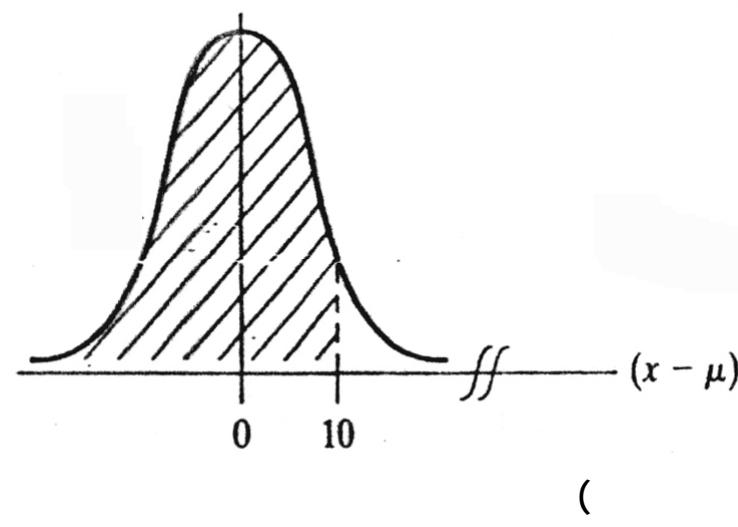
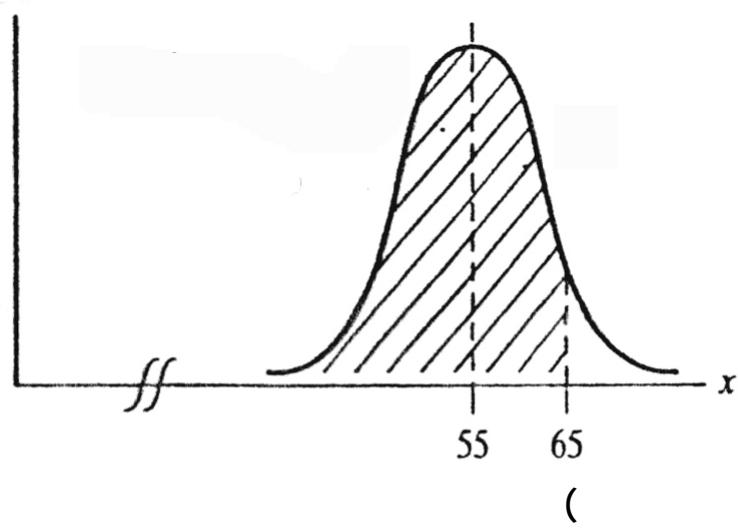
$= X$

: ()



$$\left(\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}\right) \qquad \qquad \qquad (\quad)$$

$$z \qquad \qquad \qquad \left(\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}\right)$$



: ()

$$x:N^{[55,49]}()$$

$$\left(\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}\right)$$

$$() \qquad \qquad \mathbf{x}$$

$$:\qquad () \qquad \qquad Z:[0,1]$$

$$\vdash$$

$$z=\frac{\sigma\omega-\Delta\omega}{\gamma}=1/\tau_\text{r}$$

$$\% \qquad \qquad / \qquad \qquad ()$$

$$\% \quad / \quad \quad / \quad \qquad \qquad / \qquad \qquad z$$

$$z=\frac{\Delta\omega-\delta\omega}{\gamma}=\cdot$$

$$\% \qquad /$$

$$(/ \qquad /)$$

$$\% \quad /$$

/

()

Z

$\frac{\Delta\phi - \Delta\phi}{\gamma} = -\phi/\gamma$

+ /

/

(/)

(/ / = /) ()

.% /

:

()

()

() ()

Z

Z

$$\left(\mu=\pm/\cdots\delta~\sigma\right) \qquad \qquad \mathrm{x}$$

$$\% \quad /$$

$$\vdots$$

$$\left(\mu=\pm\backslash~\sigma\right) \qquad \qquad \% \quad /$$

$$\left(\mu=\pm\backslash/\mathfrak{n}\varepsilon\sigma\right) \qquad \qquad \%$$

$$\left(\mu=\beth~\sigma\right) \qquad \qquad \% \quad /$$

$$\left(\mu=\pm\beth~\sigma\right) \qquad \qquad \% \quad /$$

$$/$$

$$\mathrm{X}$$

$$\pm\infty$$

()

()

) . (N)

(.

(E)

E = $\frac{\sigma}{\sqrt{N}}$ ()

$$\sigma \qquad \qquad s$$

$$\mu \qquad \qquad \overline{x}_n$$

$$\mu = \overline{x} \pm E \qquad \qquad /$$

$$\mu = \overline{x} \pm 1.96E$$

$$\mu = \overline{x} \pm 3E \qquad \qquad /$$

$$e \qquad \qquad \pm$$

$$/\;\; \left(\frac{km}{h}\right)$$

$$/\;\; \left(\frac{km}{h}\right)$$

$$P\Big|76/96 - 1/96 * \Big((12/56)/\sqrt{54}\Big)\Big| \leq \mu$$

$$\leq \Big|76/96 + 1/96 * \Big((12/56)/\sqrt{54}\Big)\Big| = ./.95$$

$$P\big(73/81 \leq \mu \leq 80/83\big) = ./.95$$

$$/\qquad /\qquad$$

$$^1\text{ - Tolerance}$$

(N)

$$\left(\mathrm{N} \right)$$

$$\left(\mathrm{N} \right)$$

$$N\geq \frac{1/\mathfrak{N}\mathfrak{s}^{\mathfrak{r}}}{e^r} \quad \quad \quad (1)$$

$$/ \quad \quad \quad (/ \quad)$$

$$(/ \quad) \quad (/ \quad)$$

$$\vdots$$

$$/ \quad \quad \quad /$$

$$/ \quad \left(\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}\right)$$

$$N=\frac{\mathfrak{r}^r\times \gamma/\mathfrak{r}^r}{\mathfrak{r}^r}\cong \mathfrak{N}\gamma$$

$$(\quad \quad \quad / \quad \quad \quad)$$

$$N=\frac{\left(1/\mathfrak{N}\mathfrak{s}^{\mathfrak{r}}\right)\times\left(\gamma/\mathfrak{r}^{\mathfrak{r}}\right)}{\left(1/\mathfrak{N}\mathfrak{r}^{\mathfrak{r}}\right)}\approx\gamma\ldots$$

$$(\quad \quad \quad)$$

$$\pm \quad / \quad \left(\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}\right)$$

$$/ \quad \left(\frac{\text{km}}{\text{h}} \right)$$

$$(\qquad \qquad)$$

$$N = \frac{(1/95 \times (\lambda/\cdot\delta)^r)}{(\cdot/324)^r} = 24 \cdot 1$$

$$/ \quad \left(\frac{\text{km}}{\text{h}} \right)$$

$$N = \frac{(1/95)^r \times (\lambda/\cdot\delta)^r}{(\cdot/\lambda\cdot\delta)^r} = 384$$

$$/ \quad \left(\frac{\text{km}}{\text{h}} \right)$$

$$\mathbf{S}$$

$$(N)$$

$$(\qquad S \qquad S \qquad) \qquad (N) \qquad .$$

$$\pm$$

$$N = \left(1/96\right)^r \left(1\Delta\right)^r/\left(\Delta^r\right) \quad (\quad)$$

$$\mathrm{S}$$

$$\pm 1/96 \times 22/\sqrt{3\delta}$$

$$N \geq \left(1/96\right)^r \left(22\right)^r/\Delta^r = 7\Delta$$

$$Y = a_1 X_1 + a_2 X_2$$

$$Y = \sum a_i X_i \quad (1)$$

$$\ldots n \quad i$$

$$Y \quad \mu_Y \left(\quad \right)$$

$$\vdots$$

$$\mu_Y = \sum a_i \mu_{xi} \quad (2)$$

$$Y \quad S^2_Y \quad x_i$$

$$\vdots$$

$$\sigma_y^r = \sum a_i^r \sigma_{xi}^r \quad (3)$$

$$a_1$$

:

:

() ()

$$(1^r \times 2^r) + (1^r \times 6^r) + (1^r \times r) = 49$$

$$\vdots$$

$$/ \quad$$

$$X_{\alpha}:=$$

$$\mu_x = \sigma_x(\mu_x)$$

$$\big)\,.$$

$$a_{\alpha}(x)(y)=\langle x,y\rangle$$

$$\mathbf{Y}$$

$$\mu_y=\gamma\times\gamma=\gamma\gamma$$

$$\vdots$$

$$\sigma_y^r = (\gamma)^r \left(\gamma/\varepsilon \right)^r = \gamma \gamma \varepsilon$$

$$\sigma_y=\gamma\varepsilon$$

$$\vdots$$

$$\mathbf{n}$$

$$X_i \qquad Y = \Sigma X_i$$

$$\langle\!\langle \qquad\qquad\qquad \rangle\!\rangle \qquad\qquad\qquad \langle\!\langle \qquad\qquad\qquad \rangle\!\rangle$$

$$\mathbf{Y}$$

$$\left(\frac{\partial}{\partial x^1},\frac{\partial}{\partial x^2},\ldots,\frac{\partial}{\partial x^n}\right)$$

$$\mu_y=\Delta\times 1.0=1.0\cdot$$

$$\left(a_i\sigma_i^2\right) \qquad\qquad\qquad \left(a_i\mu_i\right)$$

$$\left(\frac{\partial}{\partial x^1},\frac{\partial}{\partial x^2},\ldots,\frac{\partial}{\partial x^n}\right)$$

$$\left(\frac{\partial}{\partial x^1},\frac{\partial}{\partial x^2},\ldots,\frac{\partial}{\partial x^n}\right)$$

$$\left(\frac{\partial}{\partial x^1},\frac{\partial}{\partial x^2},\ldots,\frac{\partial}{\partial x^n}\right)$$

$$\sigma_y^r = 15 \times \left(1 \times 3 / 5^r \right) = 183 / 75 \quad ()$$

$$/ \sigma_y$$

)

$$: \quad (\quad / \quad) \quad (\pm / \quad) \quad ($$

$$X_y = 15 + (1/95 + 1/85)$$

)

(.

$$(n = \quad) \quad (\mu_i = 45 \quad a_i = 1) \quad (\quad)$$

$$(\quad) \quad 15 \times 1 \times 45 = 540$$

$$.12 \times 1^r \times 7^r = 588 \quad (\quad) \quad (n = \quad \sigma_i = 7 \quad a_i = 1)$$

$$/\,\left(\right)$$

$$)\qquad\left[\delta\epsilon\cdot\pm1/96\left(2\epsilon/2\cdot\right) =\delta\epsilon\cdot\pm4\gamma\right]$$

$$\left(.\right)$$

$$\frac{\sigma}{\mu}$$

$$\left[\frac{4\gamma}{\delta\epsilon}=\cdot/\cdot\wedge\gamma\right]\qquad\left[\frac{\gamma}{4\delta}=\cdot/1\delta\epsilon\right]$$

$$\langle \psi_{\rm in} | \psi_{\rm out} \rangle = \langle \psi_{\rm in} | \psi_{\rm in} \rangle$$

$$\langle \psi_{\rm in} | \psi_{\rm out} \rangle = \langle \psi_{\rm in} | \psi_{\rm in} \rangle$$

$$\langle \psi_{\rm in} | \psi_{\rm out} \rangle = \langle \psi_{\rm in} | \psi_{\rm in} \rangle$$

$$\langle \psi_{\rm in} | \psi_{\rm out} \rangle = \langle \psi_{\rm in} | \psi_{\rm in} \rangle$$

$$\langle \psi_{\rm in} | \psi_{\rm out} \rangle = \langle \psi_{\rm in} | \psi_{\rm in} \rangle$$

$$\langle \psi_{\rm in} | \psi_{\rm out} \rangle = \langle \psi_{\rm in} | \psi_{\rm in} \rangle$$

$$\langle \psi_{\rm in} | \psi_{\rm out} \rangle = \langle \psi_{\rm in} | \psi_{\rm in} \rangle$$

$$\langle \psi_{\rm in} | \psi_{\rm out} \rangle = \langle \psi_{\rm in} | \psi_{\rm in} \rangle$$

$$\langle \psi_{\rm in} | \psi_{\rm out} \rangle = \langle \psi_{\rm in} | \psi_{\rm in} \rangle$$

$$\langle \psi_{\rm in} | \psi_{\rm out} \rangle = \langle \psi_{\rm in} | \psi_{\rm in} \rangle$$

$$\langle \psi_{\rm in} | \psi_{\rm out} \rangle = \langle \psi_{\rm in} | \psi_{\rm in} \rangle$$

$$\langle \psi_{\rm in} | \psi_{\rm out} \rangle = \langle \psi_{\rm in} | \psi_{\rm in} \rangle$$

$$\langle \psi_{\rm in} | \psi_{\rm out} \rangle = \langle \psi_{\rm in} | \psi_{\rm in} \rangle$$

$$\langle \psi_{\rm in} | \psi_{\rm out} \rangle = \langle \psi_{\rm in} | \psi_{\rm in} \rangle$$

$$\langle \psi_{\rm in} | \psi_{\rm out} \rangle = \langle \psi_{\rm in} | \psi_{\rm in} \rangle$$

$$\langle \psi_{\rm in} | \psi_{\rm out} \rangle = \langle \psi_{\rm in} | \psi_{\rm in} \rangle$$

$$\mathbf{n}_1$$

$$\mathbf{n}_2$$

$$\mathbf{n}$$

P

$$(1-p=q)$$

$$P(X=1)=p$$

$$P(X=0)=1-p=q$$

(N)

X

$$(1-P)$$

P

(N)

$$\boldsymbol{X}$$

$$(\mathrm N)$$

$$\rangle\hspace{0.2cm} \langle\hspace{0.2cm}\rangle\hspace{0.2cm} \hspace{0.2cm}\rangle\hspace{0.2cm}$$

$$P=0.25 \hspace{10cm} \langle\hspace{0.2cm}\rangle$$

$$\langle\hspace{0.2cm}\rangle\hspace{0.2cm} \hspace{0.2cm}\rangle\hspace{0.2cm}$$

$$N = 8$$

$$(P=0.25)$$

$$\left(\gamma^\wedge=\gamma \Delta \varepsilon \right)$$

$$\boldsymbol{X}$$

$$X=2$$

$$\texttt{TATAAAAAA} \quad \texttt{TTAAAAAA}$$

$$P^2(1-P)^2$$

$$\boldsymbol{\rm P}$$

$$P(X=x)=\frac{N!}{(N-x)!x!}p^x(1-p)^{N-x} \hspace{10cm} ()$$

$$(q=1-p) \hspace{1.5cm} (N_{pq}) \hspace{1.5cm} N_P$$

$$(P=0.25) \hspace{10cm} ()$$

() . (N = 8)

$$(\mu = N_p = \lambda \times \cdot / \gamma \Delta = \gamma / \cdot)$$

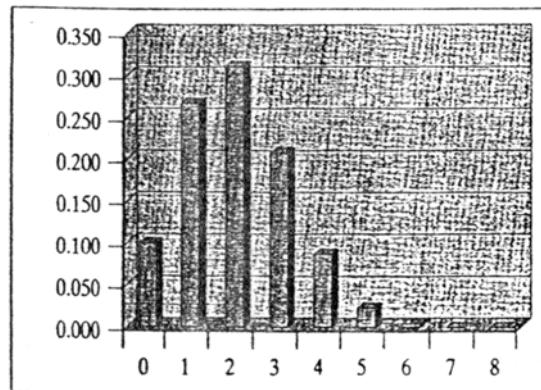
$$(\sigma = N_{pq} = \lambda \times \cdot / \gamma \Delta \times \cdot / \gamma \Delta = 1 / \Delta)$$

() . P () .

X = X =

/ X = /

() ()



P = / N = : ()

P = / N = : ()

(X)	(X)
	/
	/
	/
	/
	/
	/
	/
	/

:

(X = 0)

P . (X=)

()

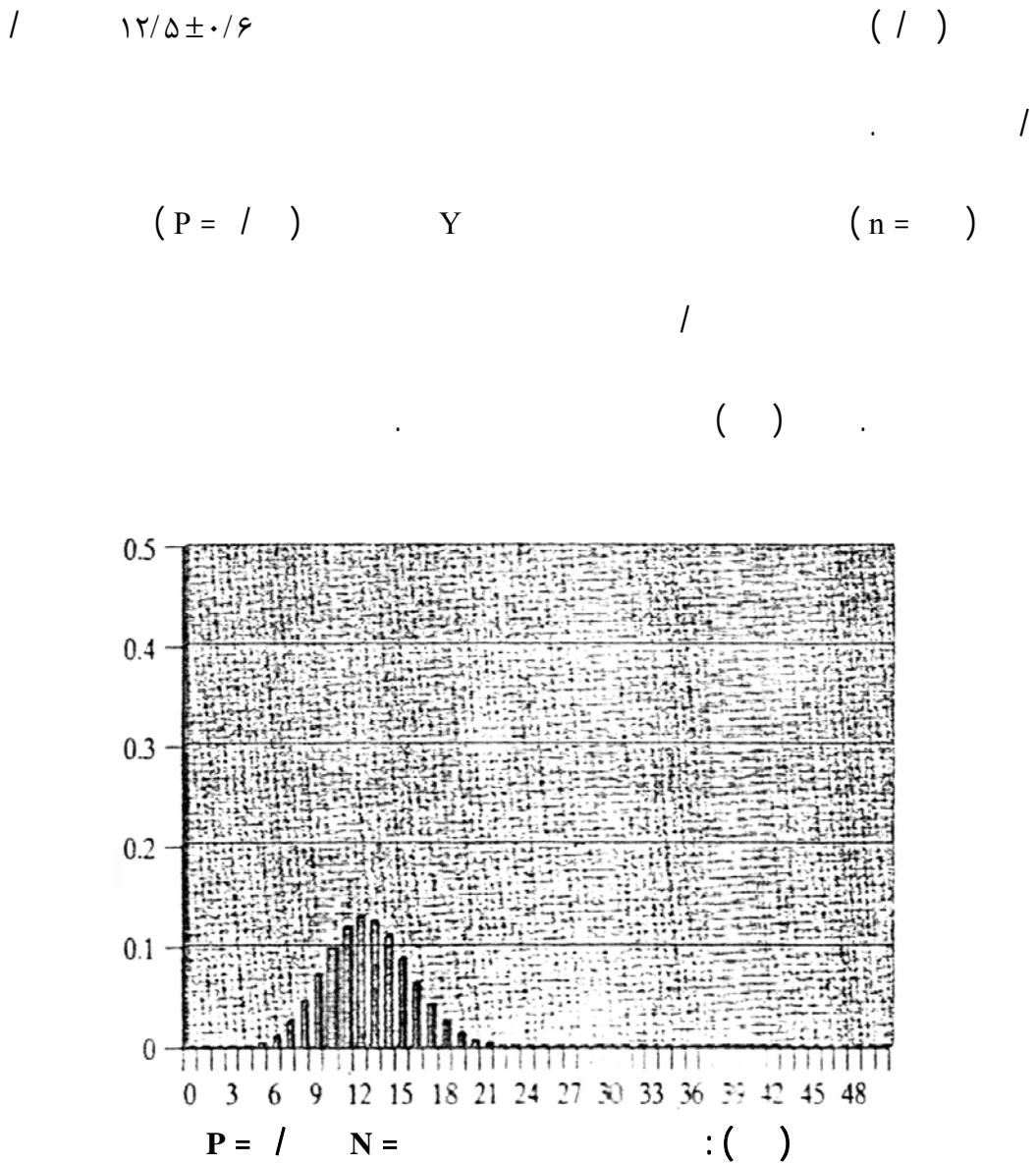
X (X) (N =)

()

P = /

() « Quick Facts »

(/ * (* / * /)) (/ * (* /))



)

: (

p N

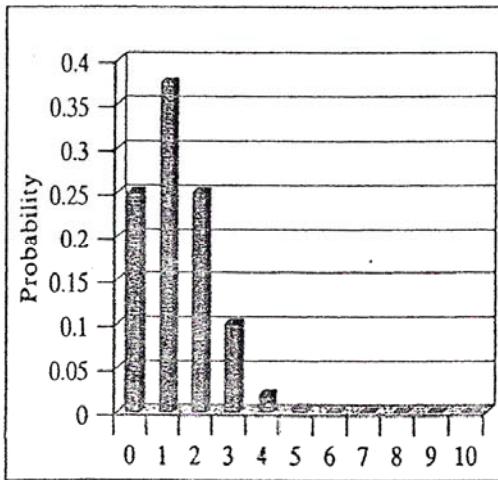
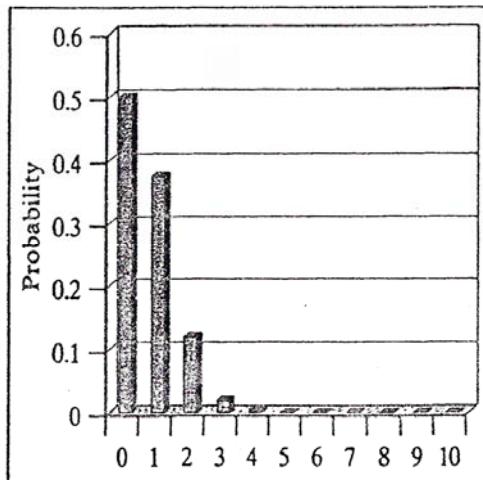
()

$$n = \cdot / \gamma \times (1 +)^{-\delta}$$

$$n = \gamma \times (1 +)^{\delta} \quad n = \gamma^{\delta}$$

$$\left(\frac{np}{(1-p)} \geq q \right)$$

()



: ()

Poisson

« »

T X

:

$$P(X=x) = e^{-m} \frac{m^x}{x!} \quad ()$$

$$(\sigma^r = m) \quad (\mu = m)$$

m

.

.

.

$$\mu = \frac{1}{\lambda}$$

$$(\mu = m = \lambda T)$$

T

.

.

.

()

$$(X \leq x) \quad P$$

.

.

m = : ()

(H_o)

(H_v)

:) ()

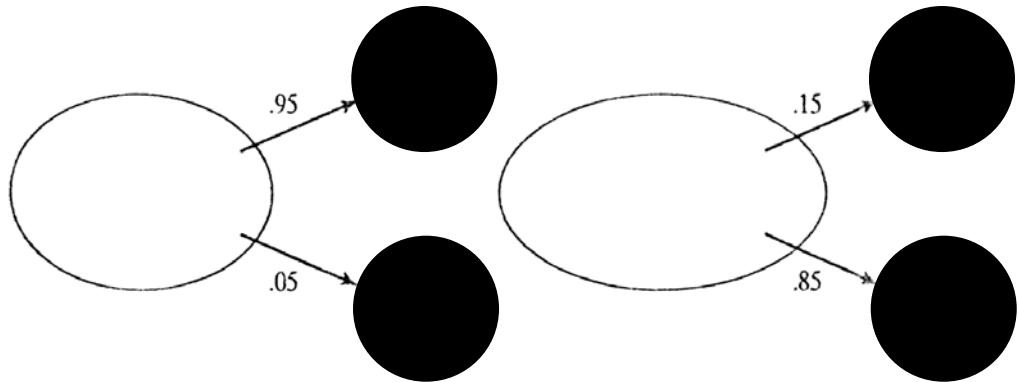
(I) (I) .(

α

.() ()

β (II)

()



$\beta \quad \alpha : ()$

H_o

$: H_1$

(I)

$\alpha \qquad \qquad \langle \qquad \qquad \rangle$

$, \alpha = \cdot / \cdot \Delta$

(II)

β

(I) $/$

II

:

()

()

() (km)

()

()

()

(II) (I)

H₁ » « H_o »

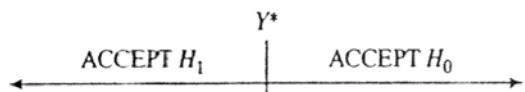
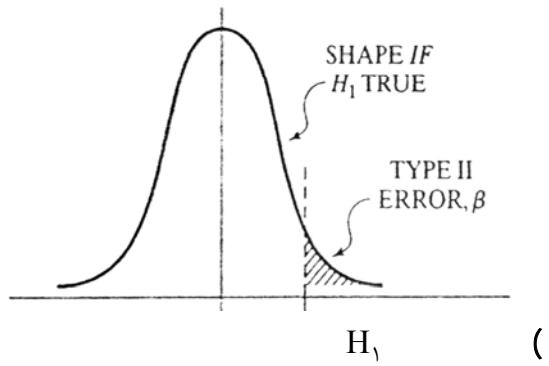
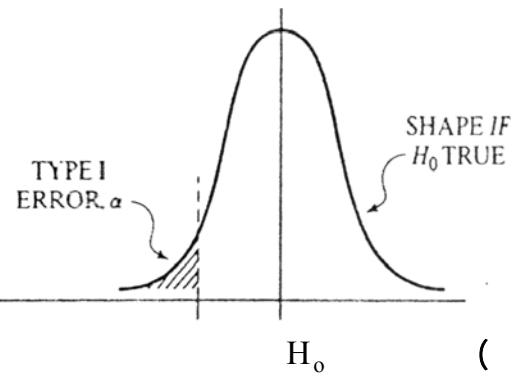
«

:

Y

)

Y ()



Y^*

Y : ()

Y : H_0

Y : H_1

()

() : H_1

(II) (I)

Y : n

$$\mathbf{Y}^*$$

$$\mathbf{Y}$$

$$\mathbf{n}$$

$$\mathbf{Y}^*$$

$$\mathbf{Y}^*$$

$$(\mathrm{II}) \quad (\mathrm{I})$$

$$)\left(\mathrm{I}\right)$$

$$/ \qquad (\mathrm{II}) \quad (\mathrm{I})$$

$$)$$

$$\mathbf{Y}^*\left(\quad\right)$$

$$/$$

$$\mathbf{Y}^*$$

$$\left(\quad \quad \right)$$

$$\mathbf{Y}^* \qquad /$$

$$/$$

$$\left(\quad \quad \quad \right) = \quad) \qquad n \geq \left(\gamma / 84 \delta \right) \left(\lambda ^r \right) / \gamma / \delta ^r$$

/) (= /)

) / Z / (

/ (. Z < ∙ / ∙ ∙

/ « » .

/ « » .

/

« » .

/ β α

» .

«

« » .

$$Y_1 \qquad \qquad \qquad \langle n_1 \rangle$$

$$\left(n_{\gamma}\right) \qquad \qquad \qquad \left(\frac{\sigma_{\gamma}}{n_{\gamma}}\right) \qquad \qquad \qquad \left(\mu_{\gamma}\right)$$

$$(\qquad) \mu_2 \qquad \qquad Y_2 \qquad \qquad \langle \qquad \rangle$$

$$\left(\frac{\sigma_{\gamma}}{n_{\gamma}}\right)$$

$$Y=\left(Y_{\gamma}-Y_{\nu}\right)$$

$$\left(\sigma^r=\frac{\sigma_{\gamma}}{n_{\gamma}}+\frac{\sigma^r}{n_{\nu}}\right) \qquad \qquad \left(\mu_{\gamma}-\mu_{\nu}\right)$$

$$Y \qquad (\quad)$$

$$\langle \qquad \rangle$$

$$\langle \qquad \rangle \quad \langle \qquad \rangle$$

$$(n_\nu=n_\gamma)$$

$$n_1 \qquad \qquad \qquad \langle \qquad \rangle \qquad \qquad \qquad \left(S_i^r\right)$$

$$(\; n_2 \;)$$

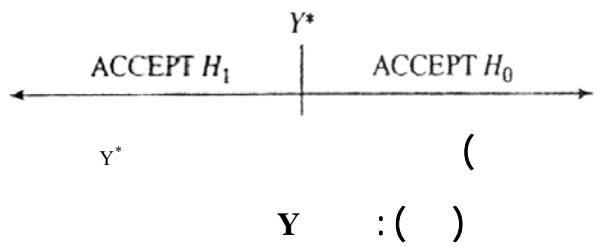
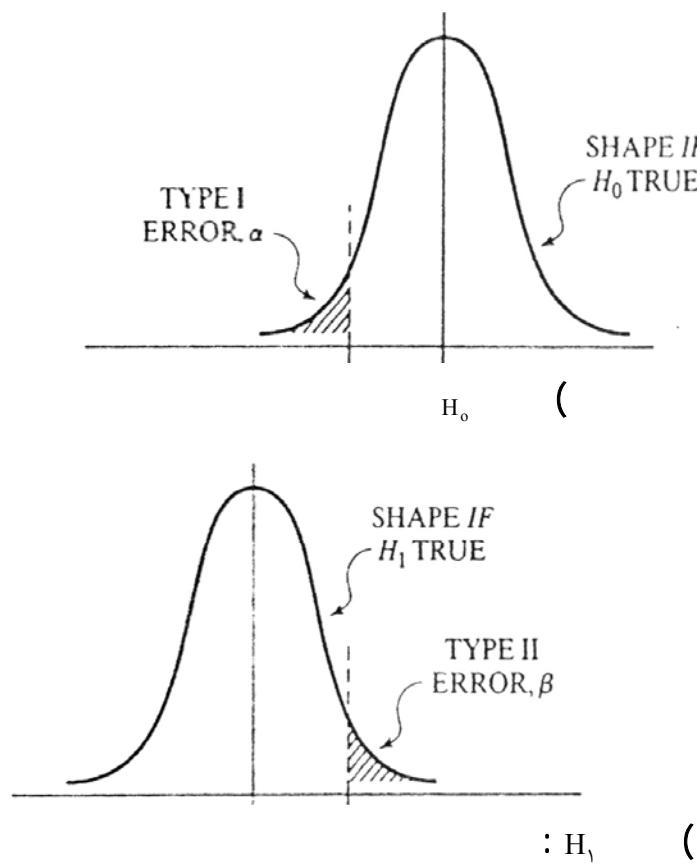
$$\alpha = \cdot / \cdot \Delta$$

$$n_1 \geq 2 \times (1.645^2) \quad (n_1 = n_\gamma) \quad \lambda^\gamma$$

$$(n_\gamma > \Delta \Delta)$$

$$) \quad (\quad)$$

.(



»

« » « » «

« »

$(\mu_1 \neq \mu_2)$ « » $(\mu_1 = \mu_2)$

() . /

« »

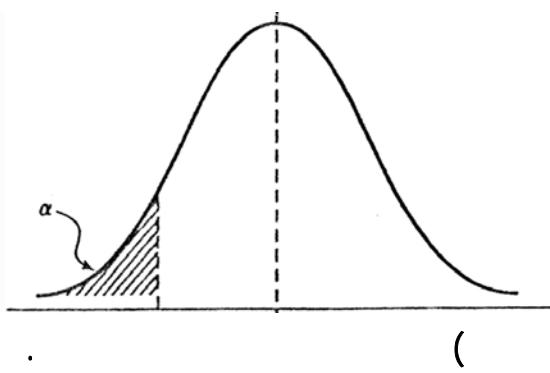
I

« »

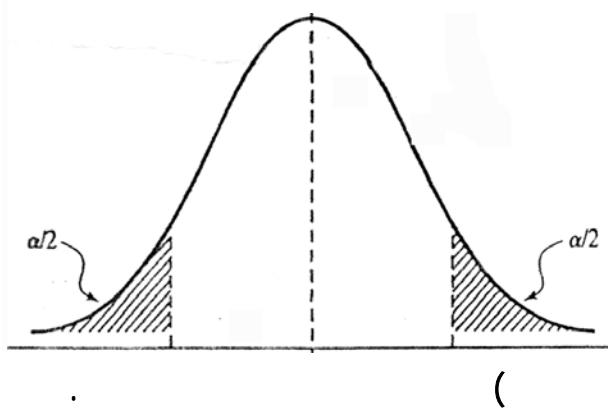
(I)

»

«



(



(

: ()

:

()

n_i

$a = /$

$$Y^* = -\gamma/\Delta \quad \left(n_1 = n_2 = \dots \right)$$

$$Y= \dots /$$

$$\ll \dots \gg$$

$$(H_1)$$

$$/ \dots Y$$

$$/ \dots$$

$$Y= \dots /$$

$$/ \dots$$

$$\sigma_y=\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1}+\frac{\sigma_2^2}{n_2}}$$

$$=\sqrt{\frac{\lambda^r}{\Delta\Delta}+\frac{\lambda^r}{\Delta\Delta}}=1/\Delta^r$$

$$z=\frac{r/11}{1/\Delta^r}=r/\cdot\Delta^r$$

$$/ \dots Y= /$$

$$n_\gamma \geq 3\cdot, n_\gamma \geq 3\cdot$$

$$\langle\!\langle \qquad\qquad\rangle\!\rangle$$

$$\,\,\,)$$

$$.($$

$$\mathbf{\Gamma}/$$

$$\frac{\cdot/\cdot\Delta}{\gamma}=\cdot/\cdot\gamma\Delta$$

$$\left(N < \mathfrak{N} \cdot \right) \qquad \qquad : t$$

$$t \qquad \qquad t \qquad \qquad x_2 - x_1$$

$$\vdots$$

$$t = \frac{x_{\mathfrak{y}} - x_{\gamma}}{s_p \sqrt{\textcolor{brown}{v}/n_{\mathfrak{y}} + v/n_{\gamma}}} \qquad \qquad \qquad (\qquad)$$

$$\mathbf{s}_{\mathfrak{p}}$$

$$s_p = \sqrt{\frac{(n_{\mathfrak{y}} - \mathfrak{v})s_{\mathfrak{y}}^2 + (n_{\gamma} - \mathfrak{v})s_{\gamma}^2}{n_{\mathfrak{y}} + n_{\gamma} - \gamma}} \qquad \qquad \qquad (\qquad)$$

f t

x₂ x₁ t .

: .

f = N_y + N_r - r ()

() t

t

t (/) (I)

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

:

	—x	
	S	
	N	

$$\vdots$$

$$s_p=\sqrt{\frac{(1+1)\epsilon^r+(1+1)\delta^r}{1+1-2}}=\epsilon/\Delta\varsigma$$

$$t=\frac{\gamma\omega-\gamma\gamma}{\epsilon/\Delta\varsigma\sqrt{1/1+1/1}}=1/\epsilon\lambda$$

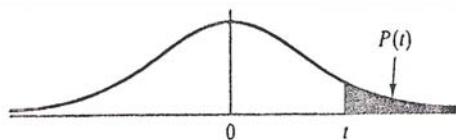
$$f = 1 + 1 - 2 = 1 \lambda$$

$$/ \qquad / \qquad t \geq 1/\epsilon\lambda$$

$$/ \qquad .$$

(t)

: ()



$$P(t) = \int_t^{\infty} \frac{(f - 1/2)!}{(f - 2/2)! \sqrt{\pi f}} (1 + t^2/f)^{-(f+1)/2} dt$$

Deg. of Freedom <i>f</i>	Probability of a Value Equal to or Greater Than <i>t</i>										
	0.40	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005	0.0003
1	0.325	0.727	1.000	1.376	1.936	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	636.619
2	0.289	0.617	0.816	1.061	1.386	1.886	2.290	4.303	6.965	9.925	31.598
3	0.277	0.584	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	12.924
4	0.271	0.569	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	8.610
5	0.267	0.559	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	6.869
6	0.265	0.553	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.959
7	0.263	0.549	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	5.608
8	0.262	0.546	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	5.401
9	0.261	0.544	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.781
10	0.260	0.542	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.587
11	0.260	0.540	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.437
12	0.259	0.539	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	4.318
13	0.259	0.538	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	4.221
14	0.258	0.537	0.692	0.866	1.076	1.345	1.761	2.143	2.624	2.977	4.140
15	0.258	0.536	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	4.073
16	0.258	0.535	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	4.015
17	0.257	0.534	0.689	0.865	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.965
18	0.257	0.534	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.922
19	0.257	0.533	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.883
20	0.257	0.533	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.850
21	0.257	0.532	0.686	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.819
22	0.256	0.532	0.686	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.792
23	0.256	0.532	0.685	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.767
24	0.256	0.531	0.685	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.745
25	0.256	0.531	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.735
26	0.256	0.531	0.684	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.707
27	0.256	0.531	0.684	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.690
28	0.256	0.530	0.683	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.674
29	0.256	0.530	0.683	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.659
30	0.256	0.530	0.683	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.646
40	0.255	0.529	0.681	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.551
60	0.254	0.527	0.679	0.848	1.046	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.460
120	0.254	0.526	0.677	0.845	1.041	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	3.373
Infinity	0.253	0.524	0.674	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.291

F

$$\cdot \sigma_1 = \sigma_2$$

t

:

F

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2} \quad ()$$

()

F

F

F

.

$$() \quad F \quad .(f_r = n_r - 1) \quad (f_v = n_v - 1)$$

:

t

$$\therefore \Delta \geq (F \geq F)$$

$$\therefore \Delta \leq (F \geq F)$$

:

	\bar{x}	
	s	
	(N)	

$$F = \frac{\Delta_r}{f_r} = 1/\Delta r$$

$$f_1=1+1=1.$$

$$f_7=21-1=2.$$

$$\mathbf{f}$$

$$\vdots$$

$$p=\cdot/1\cdot,\; F=1/94$$

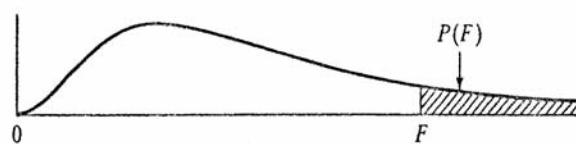
$$p=\cdot/\cdot \delta,\; F=2/3\delta$$

$$p=\cdot/\cdot 2\delta,\; F=2/22$$

$$\left[F\geq 1/5\delta\right]\qquad\qquad\qquad F$$

$$\mathcal{I}$$

f : ()



$$P(F) = \int_F^{\infty} \frac{(f_1 + f_2 - 2)/2!}{(f_1 - 2)/2! (f_2 - 2)/2!} f_1^{f_1/2} f_2^{f_2/2} F^{(f_1-2)/2} (f_2 + f_1 F)^{-(f_1+f_2)/2} dF$$

(a) All $P(F) = 0.10$

Deg. of Freedom f_2 Denom.	Degrees of Freedom f_1 (Numerator)								
	1	5	10	20	30	40	60	120	Infinity
1	39.86	57.24	60.20	61.24	62.26	62.53	62.79	63.06	63.33
5	4.06	3.45	3.30	3.21	3.17	3.16	3.14	3.12	3.10
10	3.28	2.52	2.32	2.20	2.16	2.13	2.11	2.08	2.06
20	2.97	2.16	1.94	1.79	1.74	1.71	1.68	1.64	1.61
30	2.89	2.05	1.82	1.64	1.61	1.57	1.54	1.50	1.46
40	2.84	2.00	1.76	1.61	1.57	1.51	1.47	1.42	1.38
60	2.79	1.95	1.71	1.54	1.51	1.44	1.40	1.35	1.29
120	2.75	1.90	1.65	1.48	1.45	1.37	1.32	1.26	1.19
Infinity	2.71	1.85	1.00	1.42	1.39	1.30	1.24	1.17	1.00

(b) All $P(F) = 0.05$

Deg of Freedom f_2 Denom.	Degrees of Freedom f_1 (Numerator)								
	1	5	10	20	30	40	60	120	Infinity
1	161.45	230.16	241.88	248.01	250.09	251.14	252.20	253.25	254.32
5	6.61	5.05	4.74	4.56	4.50	4.46	4.43	4.40	4.36
10	4.96	3.33	2.98	2.77	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54
20	4.35	2.71	2.35	2.12	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84
30	4.17	2.53	2.16	1.93	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62
40	4.08	2.45	2.08	1.84	1.79	1.69	1.64	1.58	1.51
60	4.00	2.37	1.99	1.75	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39
120	3.92	2.29	1.91	1.66	1.55	1.50	1.43	1.35	1.23
Infinity	3.84	2.21	1.83	1.57	1.46	1.39	1.32	1.22	1.00

(c) All $P(F) = 0.025$

Deg of Freedom f_2 Denom.	Degrees of Freedom f_1 (Numerator)								
	1	5	10	20	30	40	60	120	Infinity
1	647.79	921.85	968.63	993.10	1,001.40	1,005.60	1,009.80	1,014.00	1,018.30
5	10.01	7.15	6.62	6.33	6.23	6.18	6.12	6.07	6.02
10	6.94	4.24	3.72	3.42	3.31	3.26	3.20	3.14	3.08
20	5.87	3.29	2.77	2.46	2.35	2.29	2.22	2.16	2.09
30	5.57	3.03	2.51	2.20	2.07	2.01	1.94	1.87	1.79
40	5.42	2.90	2.39	2.07	1.94	1.88	1.80	1.72	1.64
60	5.29	2.79	2.27	1.94	1.82	1.74	1.67	1.58	1.48
120	5.15	2.67	2.16	1.82	1.69	1.61	1.53	1.43	1.31
Infinity	5.02	2.57	2.05	1.71	1.57	1.48	1.39	1.27	1.00

« » « »

()

()

« »

$s_1 = 1.747$

$s_2 = 7/26$

$N_1 = N_2 = 1.5$

$$s_Y = \sqrt{\frac{7/74^2}{1.5} + \frac{7/26^2}{1.5}} = 7/74$$

() /

.() $1/65 \times 4/46 = 7/36$ /

$$\gg \quad / \quad \left(\frac{\text{km}}{\text{h}} \right)$$

«

:

	$\left(\frac{\text{km}}{\text{h}} \right)$	$\left(\frac{\text{km}}{\text{h}} \right)$	$\left(\frac{\text{km}}{\text{h}} \right)$	D^2
/	/	/	/	/
/	/	/	/	/
/	/	/	/	/
/	/	/	/	/
/	/	/	/	/
/	/	/	/	/
/	/	/	/	/
/	/	/	/	/
/	/	/	/	/
/	/	/	/	/
/	/	/	/	/
/	/	/	/	/
/	/	/	/	/
/	/	/	/	
/	/	/	/	

s = /

N =

$$E = \frac{V/F}{\sqrt{\Delta}} = \cdot/622$$

/

$$/ \left(\frac{km}{h} \right) Y^* = 1/65 \times \cdot/662 = 1/\cdot 3$$

« »

f(x) : Chi – Square

« »

(Chi - Square)

: H_o »

«

()

) .

Chi-Squares

: ()

()	
/ - /	
/ - /	
/ - /	
/ - /	
/ - /	
/ - /	
/ - /	
/ - /	
/ - /	

f_i

$$f_i = \frac{y_{\cdot i}}{\chi_{\cdot i}}$$

x₂

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(n_i - f_i)^2}{f_i} \quad ()$$

(N)

()

x^r : ()

()	n	F	X ²
- /			$(4 - 1 \cdot)^r / 1 \cdot = 3 / 6 \cdot$
/ - /			$(5 - 1 \cdot)^r / 1 \cdot = 1 / 6 \cdot$
/ - /			$(11 - 1 \cdot)^r / 1 \cdot = 8 / 6 \cdot$
/ - /			$(14 - 1 \cdot)^r / 1 \cdot = 1 / 6 \cdot$
/ -			$(21 - 1 \cdot)^r / 1 \cdot = 12 / 6 \cdot$
/			$(18 - 1 \cdot)^r / 1 \cdot = 6 / 6 \cdot$
/ - /			$(16 - 1 \cdot)^r / 1 \cdot = 3 / 6 \cdot$
/ - /			$(8 - 1 \cdot)^r / 1 \cdot = 2 / 6 \cdot$
/ - /			$(4 - 1 \cdot)^r / 1 \cdot = 3 / 6 \cdot$
/ -			$(1 - 1 \cdot)^r / 1 \cdot = 1 / 6 \cdot$
			/

X²

X² (Chi-Squared)

) .

(()) (Chi-Square) .(

. $\alpha = \cdot / \cdot \Delta$ %

(df = (N) - 1 - g) df

$$g\left(N\right) .$$

$$x^r \qquad \qquad \qquad (g=\cdot)\qquad \qquad 0$$

$$\left(\mathrm{d}f=\qquad\qquad\qquad= \right)$$

$$\mathrm{d}f=\qquad \alpha =\cdot /\cdot \delta \quad \left(\qquad \right)$$

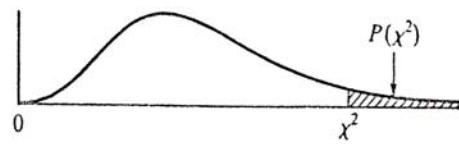
$$43/2>18/92 \qquad \qquad \qquad x^r=18/92$$

$$\left(x^2\right)$$

()

Chi-Square

: ()



$$P(x^2) = \int_{x^2}^{\infty} \frac{1}{(f - 2/2)12^{1/2}} (x^2)^{(f-2)/2} e^{-x^2/2} d(x^2)$$

<i>df</i>	.995	.990	.975	.950	.900	.750	.500	.250	.100	.050	.025	.010	.005
1	3927×10^{-2}	1571×10^{-7}	9821×10^{-7}	3932×10^{-8}	0.01579	0.1015	0.4549	1.323	2.706	3.841	5.024	6.635	7.879
2	0.01003	0.02010	0.05064	0.1026	.2107	.5754	1.386	2.773	4.605	5.991	7.378	9.210	10.60
3	.07172	.1148	.2158	.3578	.5844	1.213	2.366	4.108	6.251	7.815	9.348	11.34	12.34
4	.2070	.2971	.4844	.7107	1.064	1.923	3.357	5.585	7.779	9.488	11.14	13.28	14.86
5	.4117	.5543	.8312	1.145	1.610	2.675	4.351	6.626	9.236	11.07	12.83	15.09	16.75
6	.6757	.8721	1.237	1.635	2.204	3.455	5.348	7.841	10.64	12.59	14.45	16.81	18.55
7	.9893	1.259	1.690	2.167	2.833	4.255	6.346	9.037	12.02	14.07	16.01	18.48	20.28
8	1.344	1.646	2.180	2.733	3.199	5.071	7.344	10.22	13.36	15.51	17.63	20.09	21.98
9	1.735	2.088	2.700	3.325	4.168	5.899	8.343	11.39	14.68	16.92	19.02	21.67	23.59
10	2.150	2.558	3.247	3.940	4.865	6.737	9.342	12.55	15.99	18.31	20.48	23.21	25.19
11	2.603	3.053	3.816	4.575	5.578	7.584	10.34	13.70	17.28	19.68	21.92	24.72	26.76
12	3.074	3.571	4.404	5.226	6.304	8.458	11.34	14.85	18.55	21.03	23.34	26.22	28.30
13	3.565	4.107	5.009	5.892	7.042	9.299	12.34	15.98	19.81	22.36	24.74	27.69	29.82
14	4.075	4.660	5.629	6.571	7.790	10.17	13.34	17.12	21.06	23.68	26.12	29.14	31.32
15	4.601	5.229	6.262	7.261	8.547	11.04	14.34	18.25	22.31	25.00	27.49	30.58	32.80
16	5.142	5.812	6.908	7.962	9.312	11.91	15.34	19.37	23.54	26.30	28.85	32.00	34.27
17	5.697	5.408	7.564	8.672	10.09	12.79	16.34	20.49	24.77	27.59	30.19	33.41	35.72
18	6.265	7.015	8.231	9.390	10.86	13.68	17.34	21.60	25.99	28.87	31.53	34.81	37.16
19	6.844	7.644	8.907	10.12	11.65	14.56	18.34	22.72	27.20	30.14	32.85	36.19	38.58
20	7.434	8.260	9.591	10.85	12.44	15.45	19.34	23.83	28.41	31.41	34.17	37.57	40.00
21	8.034	8.897	10.28	11.59	13.24	16.34	20.34	24.93	29.62	32.67	35.48	38.93	41.40
22	8.643	9.542	10.98	12.34	14.04	17.24	21.34	26.04	30.81	33.92	36.78	40.29	42.60
23	9.260	10.20	11.69	13.09	14.85	18.14	22.34	27.14	32.01	35.17	38.08	41.64	44.18
24	9.886	10.86	12.40	13.85	15.66	19.04	23.24	28.24	33.20	36.42	39.35	42.98	45.58
25	10.52	11.52	13.12	14.61	16.47	19.94	24.34	29.34	34.38	37.65	40.65	44.31	46.93
26	11.16	12.20	13.84	15.38	17.29	20.84	25.34	30.43	35.56	38.89	41.92	45.64	48.29
27	11.81	12.88	14.57	16.15	18.11	21.75	26.34	31.53	36.74	40.11	43.19	46.96	49.64
28	12.46	13.56	15.31	16.93	18.94	22.66	27.34	32.62	37.92	41.34	44.46	48.28	50.99
29	13.12	14.26	16.05	17.71	19.77	23.57	28.34	33.71	39.09	42.58	45.72	49.59	52.34
30	13.79	14.95	16.79	18.49	20.60	24.48	29.34	34.80	43.26	43.77	46.98	50.89	53.67
40	20.71	22.16	24.43	26.51	29.05	33.66	39.34	45.62	51.80	55.76	59.34	63.69	66.77
50	27.99	29.71	32.36	34.76	37.69	42.94	49.33	56.33	63.17	67.50	71.42	76.15	79.49
60	35.53	37.48	40.48	43.19	46.46	52.29	59.33	66.98	79.08	79.08	83.30	88.38	91.95
70	43.28	45.44	48.76	51.74	55.33	61.70	69.33	77.58	85.53	90.53	95.02	100.42	104.22
80	51.17	53.54	57.15	60.39	64.28	71.14	79.33	88.13	96.58	101.88	106.63	112.33	116.32
90	59.20	61.75	65.65	69.13	73.29	80.62	89.33	98.65	107.56	113.14	118.14	124.12	128.30
100	67.33	70.00	74.22	77.93	82.36	90.13	99.33	109.14	118.50	124.34	129.56	135.81	140.17
	-2.576	-2.326	1.960	-1.645	-1.28	-0.6745	0.0000	+0.6745	+1.282	+1.645	+1.960	+2.326	576

(ANOVA)

[]

$$/ \quad \left(\frac{\text{km}}{\text{h}} \right) \quad / \quad \left(\frac{\text{km}}{\text{h}} \right)$$

/

(

(HOV)

() (HOV) (

(

()

()

N =

$$S^2 = P(1 - P) / N$$

B A (N)

P = / A P

n = n = (N) X

« »

« » (

/

() « t » (

/	/
/	/
/	/
/	/
/	/
/	/
/	/
/	/
/	/
/	/
/	/
/	/
/	/
/	/
/	/
/	/
/	/

$$/ \quad \left(\frac{\text{km}}{\text{h}} \right) \quad \left(\frac{\text{km}}{\text{h}} \right)$$

$$\left(\frac{\text{km}}{\text{h}}\right)$$

$$\langle \qquad \rangle \qquad (\qquad)$$

$$/ \qquad \qquad \text{II} \quad \text{I}$$

$$(N) \qquad \qquad ($$

$$/ \quad \left(\frac{\text{km}}{\text{h}} \right) \quad \left(\frac{\text{km}}{\text{h}} \right)$$

$$/ \quad \left(\frac{\text{km}}{\text{h}} \right) \quad \left(\frac{\text{km}}{\text{h}} \right) \quad (\quad) \qquad ($$

فصل ٨

مطالعات و خصوصیات حجم ترافیک

...

(

E-Z PASS)

(GPS)

B A

: ()

:

•

•

•

•

()

()

()

()

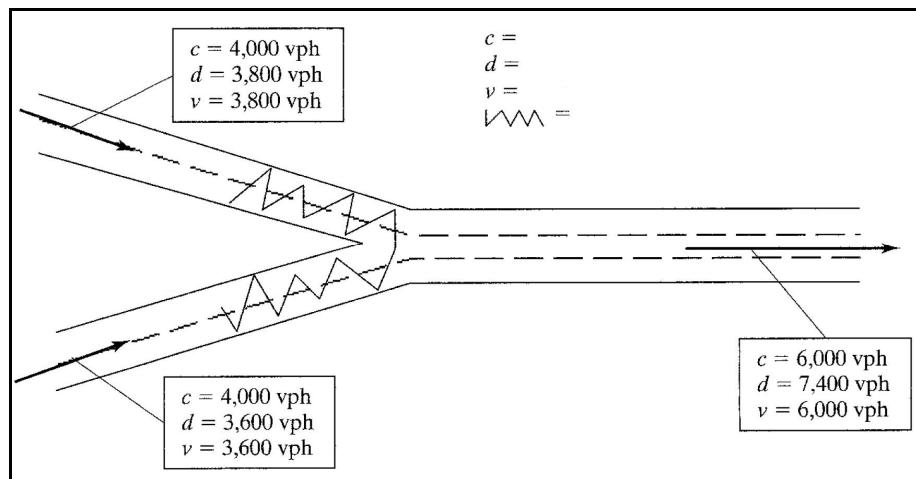
()

(c) (d) (v)

veh/h () .

veh/h .

veh/h



: ()

veh/h veh/h veh/h

veh/h .

veh/h .

veh/h

+ = veh/h

veh/h

veh/h

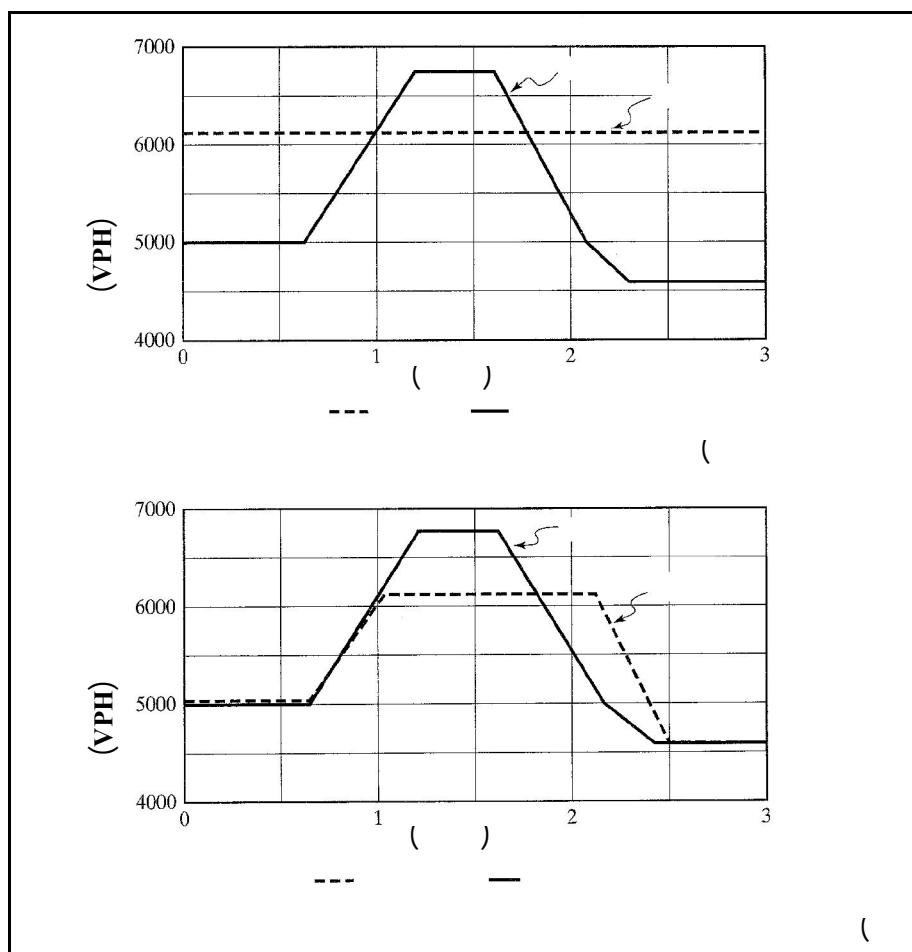
veh/h

veh/h

()

()

.()



: ()

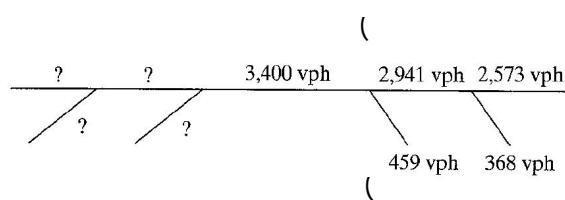
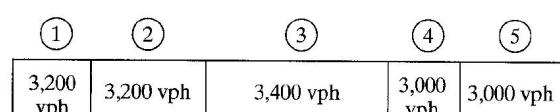
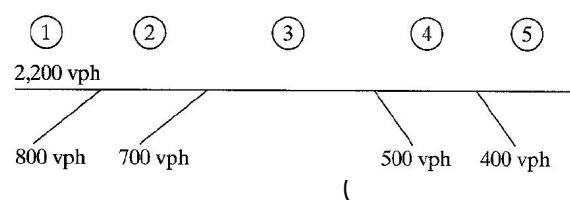
()

()

()

()

()



(vph)
(vph)
(vph)

(
:()

veh/h ()

veh/h . . . veh/h

veh/h . . .

veh/h

veh/h . . . veh/h

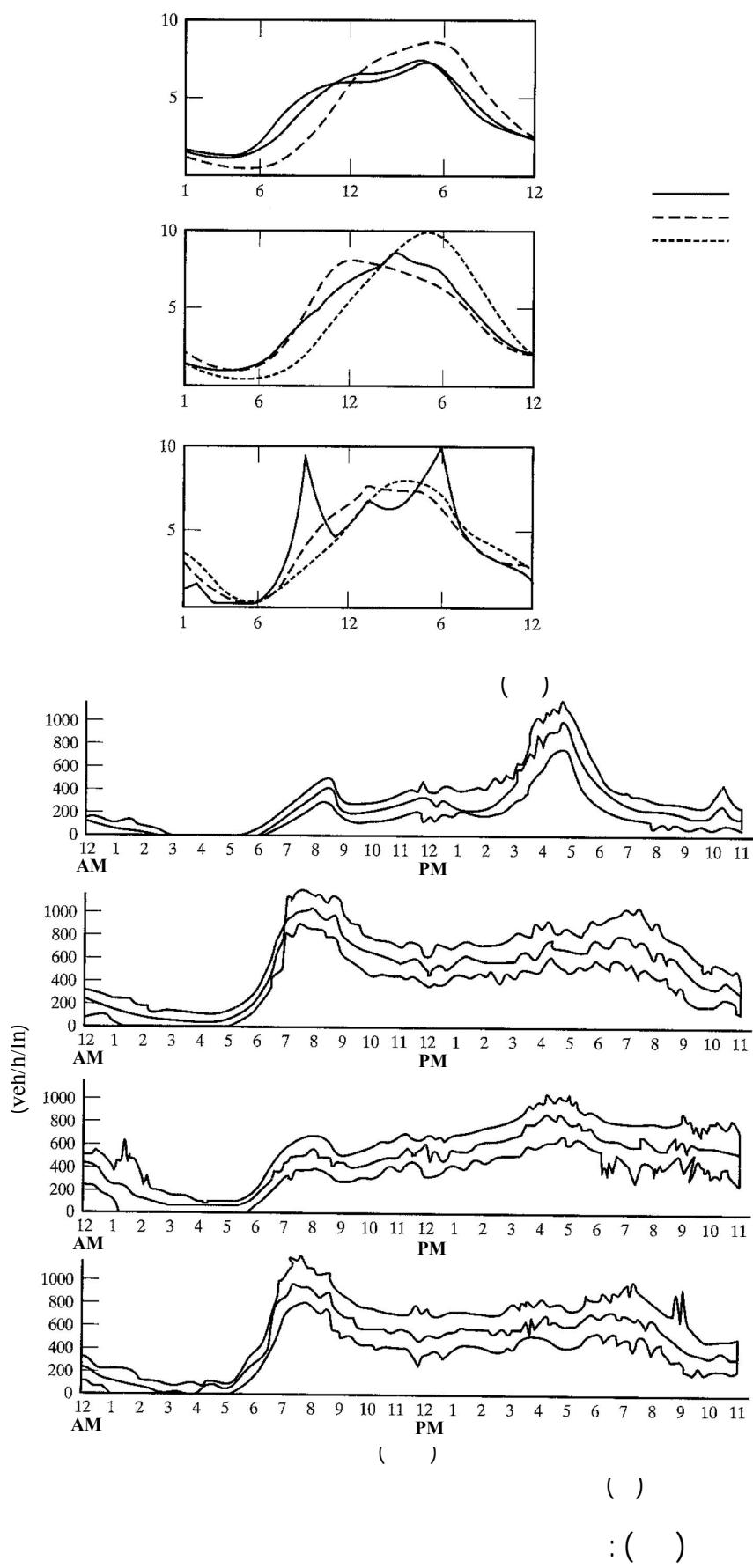
" " " "

()

(ITS)

ITS

" " :
() :



()

() () . (HCM)

()

((I-459) Long Island)

()

) ()

(

(AADT) ()

()

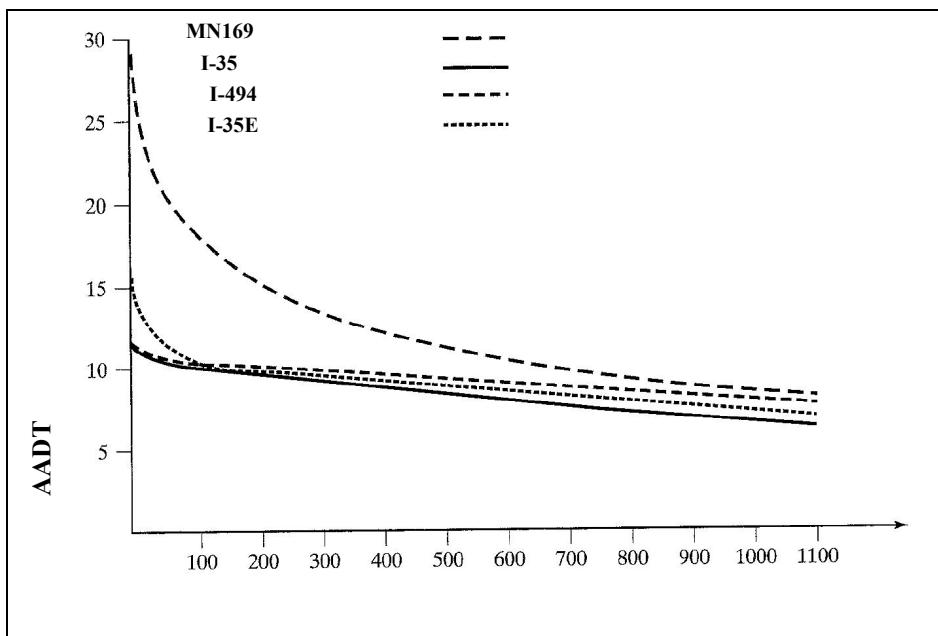
AADT ()

/

/

•

•



[] AADT : ()

() : ()

i AADT				
%	%	%	%	
%	%	%	%	
/ %	%	/ %	/ %	
/ %	%	/ %	/ %	

()

AADT

AADT

/

veh/h

veh/h

:

(PHF)

()

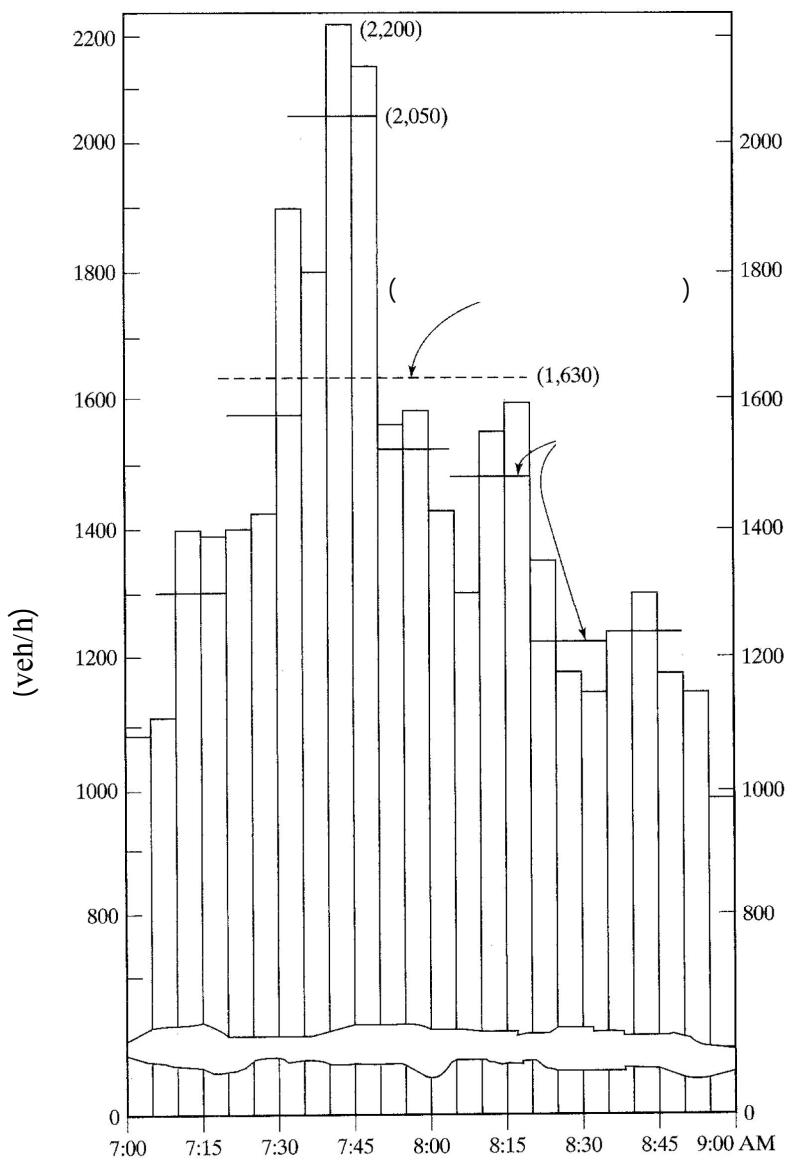
()

veh/h/ln

veh/h/ln

veh/h/ln

veh/h/ln ()



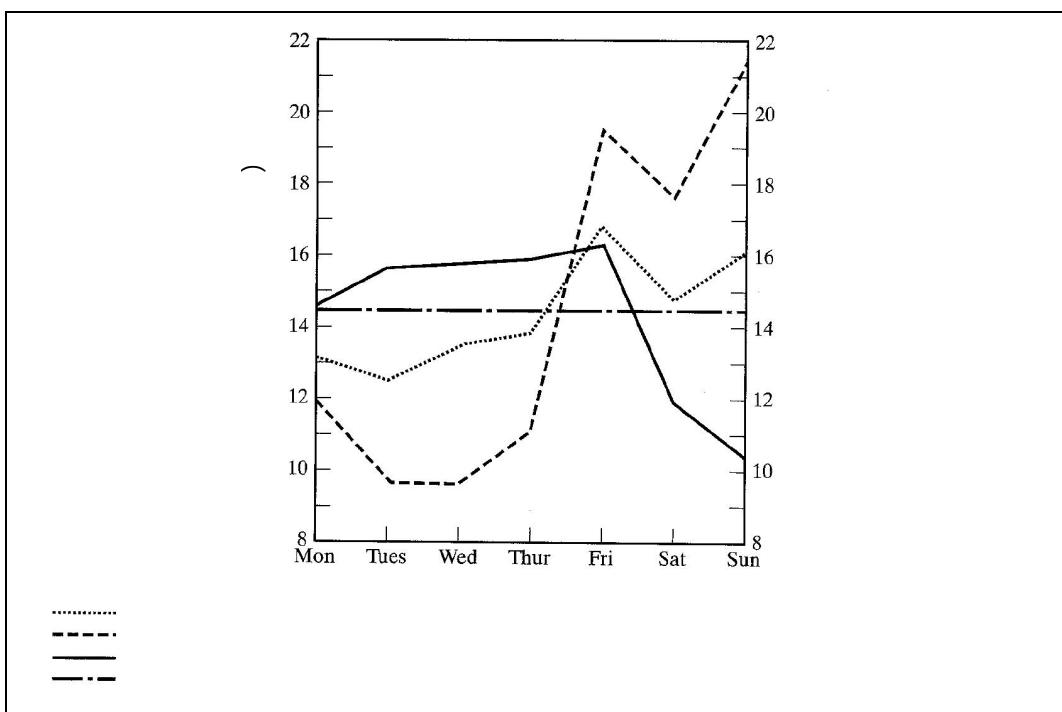
[]

:()

:

()

()



: ()

()

)

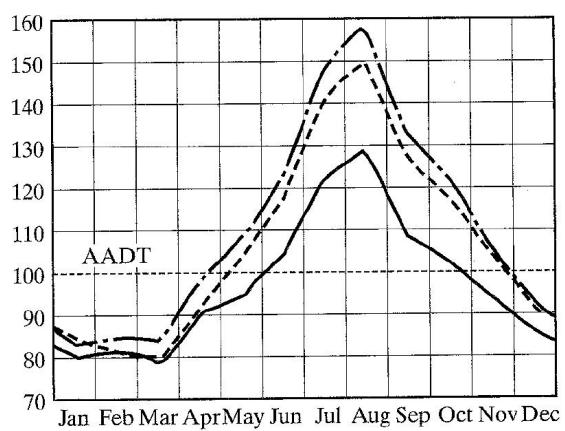
()

AADT

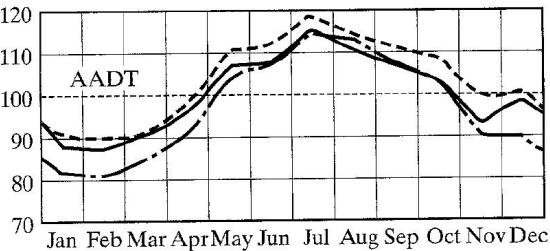
ADT

ADT

AADT



AADT



:()

)

(

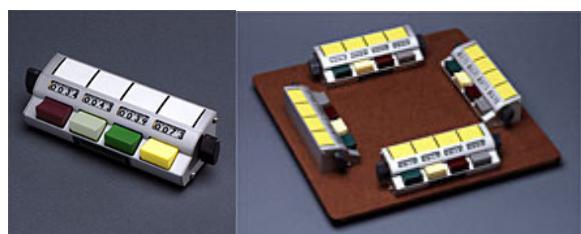
AADT

AADT

()
 (PM)

•
•
•

()



: ()

()

()



: ()

)

(

.)

)

)

(

)

(

 $V_{cp} = V_i \times CF$

()

$$CF = \frac{()}{()}$$

 $= V_{cp}$

(i)

 $= Vi$ $= CF$

()

$$CF = \frac{\lambda}{\lambda} = 1 / 1$$

 $\lambda \times 1 / 1 = \lambda \text{veh}$

()

()

()

:()

		(vehs)		(* /)		(vehs)		(PM)	
				/	/			:	
				/	/			:	
				/	/			:	
				/	/			:	
				/	/			:	
				/	/			:	
				/	/			:	
				/	/			:	
				/ %	/ %	/ %	/ %	/ %	/ %

)

(

(

)

/ %

/ %

/ % / %

(

)

•

•

•

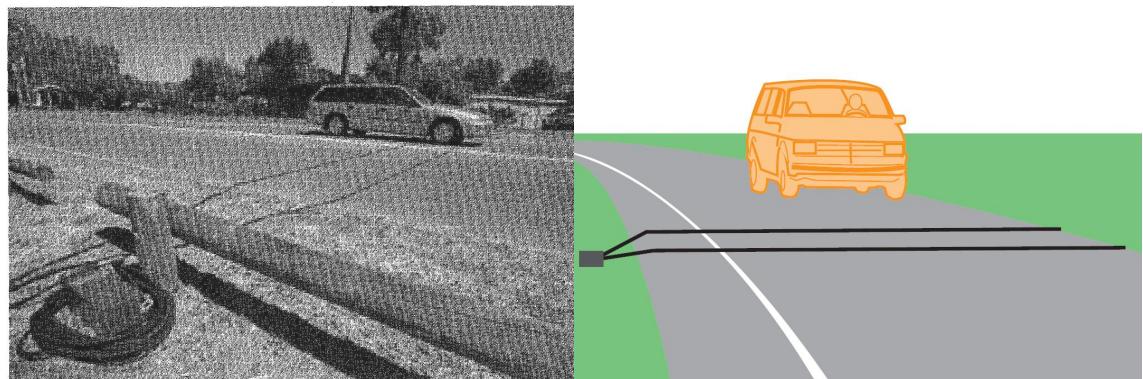
y x

•

•



() .



: ()

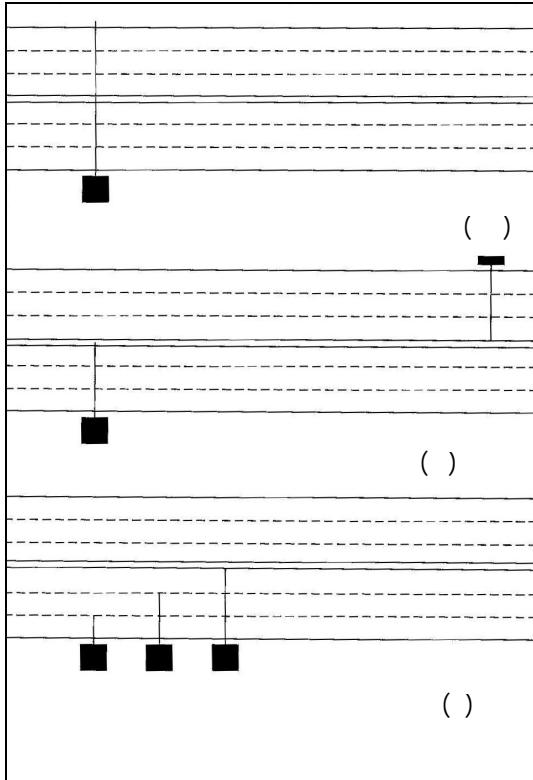
() .

: ()

$$\frac{100}{2/33} = 33333$$

$$\frac{1193}{300} = 2/33$$

()



: ()

/

()

* =

()

:

)

(

" " "

" " "

$$V_{ai} = V_{di} + N_{qi} - N_{q(i-1)}$$

$$(vehs) \quad i \quad = V_{ai}$$

$$(vehs) \quad i \quad = V_{di}$$

$$(vehs) \quad i \quad = N_{qi}$$

$$(vehs) \quad (i-1) \quad = N_{q(i-1)}$$

$$()$$

$$\frac{\gamma\Delta}{\cdot/\gamma\Delta} = \gamma\lambda \cdot veh/h$$

$$\frac{\gamma\Delta}{\cdot/\gamma\Delta} = \gamma\lambda \cdot veh/h$$

()

() : ()

(vehs)	(vehs)	(vehs)	(PM)
			:
			:
+ =			:
+ - =			:
+ - =			:
+ - =			:
=			:
			:
			:

)
(

()

(/)

/

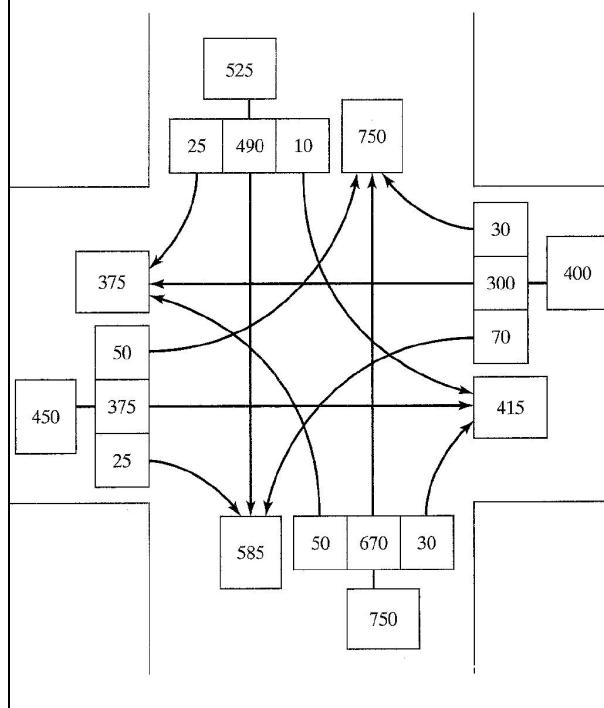
() ()

()

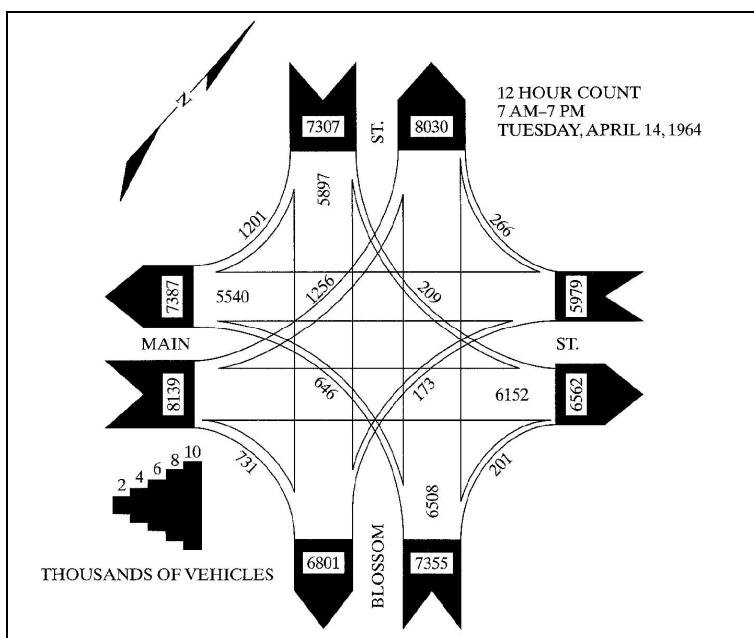
()

)

Intersection: *McShane Blvd and Prassas Ave*
Date: 20 May 97 Time/Day: *Monday, 4-5 PM*
Observer: *R. Roess*
City: *Metrotech City*



: ()



: ()

(

)

(

)

(

• . . .

(...)

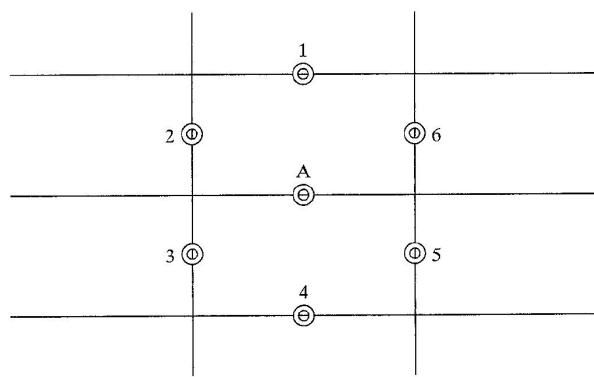
)

()

(

()

()



: ()

A

()

()

(/) /

÷ / =

(/) /

/ × =

$$V_a = V_i \times F_{vi} \quad ()$$

=V_a

i =V_i

i =F_{vi}

:

$$F_{vi} = \frac{V_a}{V_i} \quad ()$$

()

() ()

.

.

:

()

(VMT)

(VMT)

()

VMT

()

VMT

VMT

()

()

AADT

ADT

(PMT)

[]

()

/

(AADT < veh/day)

AADT

()

()

()

)

) .(...

(

AADT

AADT

) (.(

/) / .(

(MF) ()

ADT

(/) ADT ADT ()

ADT

)

ADT

.

.(

)

()

()

/

/

± /

()

)

.(± /

(DF <)

()

± /

()

AADT

AADT = $V_{rij} \times DF_i \times MF_j$ ()

:

vehs /day = AADT

vehs $j \quad i$ = V_{rij}

i = DF_i

j = MF_j

()

/ (DF) () .

: . . / (MF)

AADT = $120 \times 1 / 120 \times 1 / 913 = 1.23$ vehs/day

()

/ /

F_j	V_j	T_j					T_i	V_i	F_i
/									
/									
/									
/									
			/	/	/	/			

()

F_j	V_j	T_j					
/							
/							
/							
							T_i
							V_i
			/	/	/	/	F_i

()

()

F_j	V_j	T_j					
/							
/							
/							
/							
							T_i
							V_i
			/	/	/	/	F_i

()

F_j	V_j	T_j					
/							
/							
/							
/							
							T_i
							V_i
			/	/	/	/	F_i

()

(CBD)

)

(

$$A_i = A_{i-\gamma} + V_{Ei} - V_{Li} \quad ()$$

$$(\quad)_i = A_i$$

$$(\quad) \ i = A_{i-}$$

$$(\quad) \ i = V_{Ei}$$

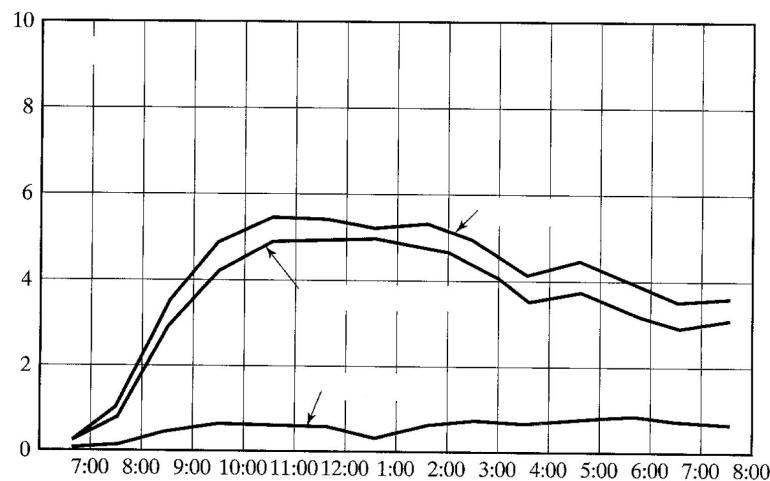
$$(\quad) \ i = V_{Li}$$

: ()

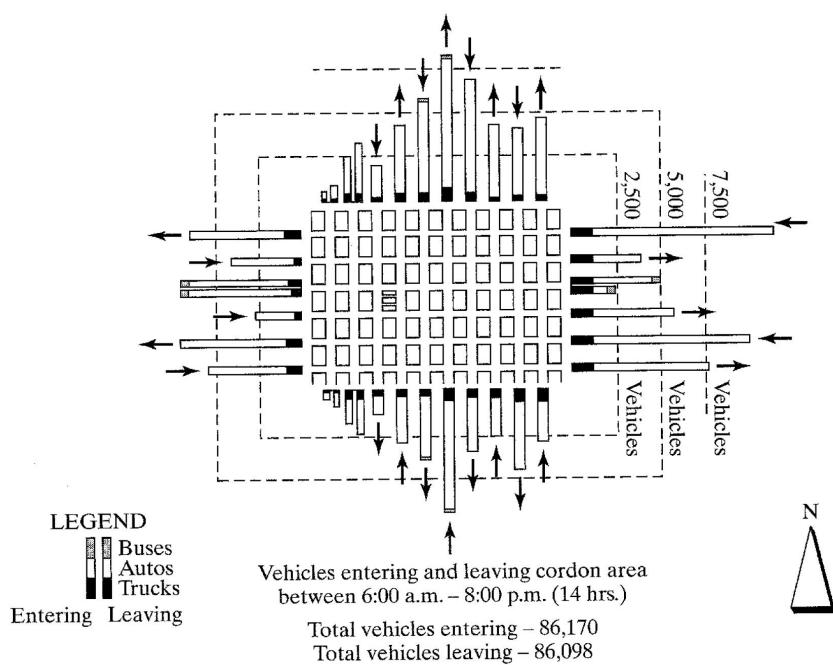
()

()

() .



: ()



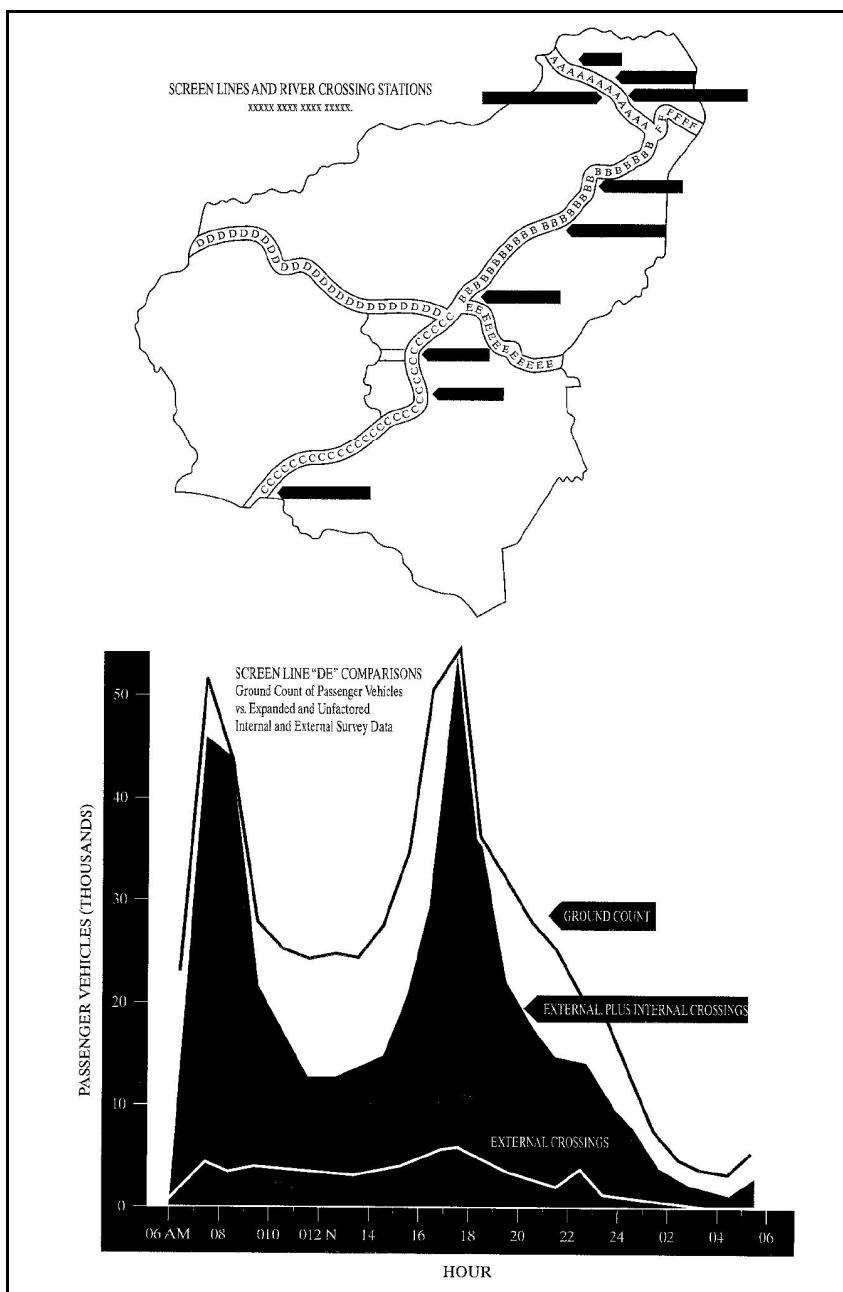
: ()

(Screen – Line)

)

(

()



: ()

-
-
- [1] *Highway Capacity Manual, 4th Edition, Transportation Research Board, National Research Council, Washington DC, 2000.*
- [2] *Transportation and Traffic Engineering Handbook, 2nd Edition, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1982.*
- [3] *McShane, W. and Crowley, K., "Regularity of Some Detector-Observed Arterial Traffic Volume Characteristics," Transportation Research Record 596, Transportation Research Board, National Research Council, Washington DC, 1976.*
- [4] *Traffic Monitoring Guide, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, Washington DC, 1985.*

(vph)	(vph)	()
		:
		:
		:
		:
		:
		:
		:
		:
		:
		:
		:
		:
		:
		:
=		:
		:
		:
		:

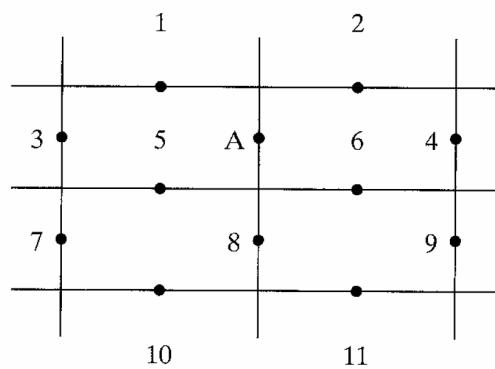
()

()

()

A

()



A

	:		
	:		
	:		
	:		
	:		
	:		
	:		
	:		
	:		
	:		
	:		

()

/	/	/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	/	/	
	/	/	/	/	/	/	

()

VMT

(Vehs)		(Km)	
		/	
		/	
		/	
		/	
		/	

فصل ۹

مطالعات سرعت، زمان سفر و تاخیر

۱-۹ - مقدمه

سرعت، زمان سفر و تاخیر، شاخص‌های وایسته‌ای هستند که معمولاً به عنوان نشانه عملکرد تسهیلات ترافیکی مورد استفاده قرار می‌گیرند. همه این شاخص‌ها به عاملی مربوط می‌شوند که مستقیماً توسط رانندگان احساس می‌شود: چقدر طول می‌کشد تا از A به B بروند؟ رانندگان مایلند سفر خود را در حداقل زمان ممکن و با اینمی کامل به پایان برسانند و عملکرد تسهیلات ترافیکی اغلب به صورت کیفیت دستیابی به هدف فوق، تشریح می‌شود. برای مثال، در کتاب ظرفیت جاده [۱]، از سرعت سفر به عنوان شاخص کارآیی معابر شریانی و جاده‌های دوخطه برونشهری استفاده شده است. تاخیر کنترل نیز شاخص کارآیی تقاطع‌های چراغدار و دارای تابلو کنترل توقف است. شاخص اصلی کارآیی آزادراه چگالی است، با این حال سرعت هم نقش مهمی در ارزیابی عملکرد سیستم آزادراهی دارد.

بنابراین، لازم است مهندسان ترافیک با نحوه اندازه‌گیری و تفسیر داده‌های سرعت، زمان سفر، و تاخیر به منظور درک کیفیت عملکرد تسهیلات ترافیکی و معیارهای تعریف شده برای عملکرد آن، آشنا باشند. به علاوه، سرعت عامل مهمی در ارزیابی نقاط پرتصادف و سایر مطالعات مربوط به اینمی است.

سرعت به طور معکوس با زمان سفر رابطه دارد. اما اندازه‌گیری سرعت یا زمان سفر به دلایل مختلف در محل‌های متفاوتی انجام می‌پذیرد. اندازه‌گیری سرعت معمولاً در یک نقطه (یا یک قطعه کوتاه) از مسیر در شرایط جریان آزاد انجام می‌شود. هدف آن است که سرعت انتخابی توسط رانندگان در شرایط بدون ازدحام، اندازه‌گیری شود. این اطلاعات برای تعیین روند کلی سرعت، تعیین سرعت مجاز مناسب و ارزیابی اینمی مورد استفاده قرار می‌گیرد. چون این مطالعات در یک نقطه از مسیر انجام می‌شود، به آن "مطالعات سرعت نقطه‌ای" گفته می‌شود.

زمان سفر باید در طولی از مسیر اندازه‌گیری شود. در حالی که می‌توان سرعت نقطه‌ای را از تقسیم زمان سفر بر طول کوتاهی از مسیر (معمولًاً کمتر از ۳۰۰ متر) بدست آورد، اندازه‌گیری زمان سفر باید در طول قابل توجهی از مسیر انجام شود. این مطالعات معمولاً در ساعات پر ازدحام برای اندازه‌گیری شدت و علت ازدحام انجام می‌پذیرد.

به بیان کلی، تاخیر، بخشی از کل زمان سفر است. این بخش از زمان سفر، به طور خاصی توسط رانندگان احساس شده و باعث ناراحتی شدید آنها می‌گردد. برای مثال، تاخیر در طول یک

راه شریانی، ممکن است شامل زمان توقف ناشی از چراغ راهنمایی، موانع موجود در مسیر حرکت یا سایر عوامل ازدحام باشد.

تاخیر در تقاطع‌های دارای چراغ راهنمایی یا کنترل توقف، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند، چون تعریف زمان سفر برای یک نقطه، بسیار دشوار است. متاسفانه، تعاریف مختلفی برای تاخیر در تقاطع، به ویژه تقاطع‌های چراغ‌دار وجود دارد و مهندسان ترافیک باید از روش‌های اندازه‌گیری و معیارهای مرتبط به یک تعریف واحد برای تاخیر استفاده کنند. برخی از انواع تاخیر در تقاطع عبارتند از:

- تاخیر زمان توقف - زمانی که خودرو به صورت متوقف و در انتظار برای عبور از تقاطع دارای چراغ یا کنترل توقف، صرف می‌کند.
- تاخیر رویکرد - تاخیر مربوط به کاهش و افزایش سرعت ناشی از توقف را به تاخیر زمان توقف اضافه می‌کند.
- تاخیر در صفحه - فاصله بین زمانی که وسیله نقلیه به انتهای صفحه پشت تقاطع دارای چراغ یا کنترل توقف می‌رسد، تا زمانی که از خط توقف تقاطع، عبور می‌کند.
- تاخیر کنترل - کل تاخیر ناشی از سیستم کنترل تقاطع (چراغ یا تابلوی توقف)، شامل تاخیر در صفحه و تاخیر ناشی از افزایش و کاهش سرعت.

تاخیر کنترل که اولین بار در کتاب ظرفیت جاده ۱۹۸۵ معرفی شده، به عنوان شاخص کارآیی تقاطع‌های دارای چراغ راهنمایی یا کنترل توقف، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

تعریف دیگری از تاخیر را می‌توان در طول مسیر مورد استفاده قرار داد: تاخیر زمان سفر، اختلاف بین زمان سفر واقعی در یک نقطه از مسیر با زمان سفر دلخواه یا مورد نظر راننده است. این پارامتر، بیشتر جنبه فلسفی دارد، زیرا روش دقیقی برای تعیین زمان سفر مورد نظر رانندگان وجود ندارد. به همین دلیل، به ندرت از آن برای ارزیابی ازدحام در طول یک قطعه از مسیر استفاده می‌شود. از آنجا که سرعت معمولاً در یک نقطه از مسیر در شرایط جریان آزاد اندازه‌گیری می‌شود، اما زمان سفر و تاخیر در طول قطعه‌ای از راه مطالعه می‌شوند، روش‌های مربوط به اندازه‌گیری هر یک کاملاً متفاوت است. بخش عمده‌ای از این فصل به تشریح روش‌های موجود برای انجام مطالعات فوق می‌پردازد.

۲-۹- مطالعات سرعت نقطه‌ای

سرعت نقطه‌ای به صورت متوسط سرعت وسایل نقلیه گذرنده از یک نقطه مسیر، تعریف شده است. با عنایت به مباحث اولیه اندازه‌گیری سرعت در فصل ۵، تعریف فوق معادل سرعت متوسط زمانی است. از آنجا که مهندس ترافیک مایل است مطالعات سرعت نقطه‌ای را شرایط جریان آزاد (یعنی شرایطی که سرعت مشاهده شده تحت تاثیر حجم یا چگالی قرار ندارد) انجام دهد، این

مطالعات در صورتی که حجم تردد آزادراه از $veh/h/ln$ ۱۰۰۰-۷۵۰ و در سایر معابر با جریان غیرمنقطع از $veh/h/ln$ ۵۰۰ تجاوز کند، انجام نخواهد شد.

۹-۲-۱- تعاریف مربوط به سرعت

هنگامی که سرعت تک تک وسایل نقلیه در یک نقطه خاص اندازه‌گیری می‌شود، توزیع سرعت به دست می‌آید، زیرا هیچ دو وسیله نقلیه‌ای با سرعت یکسان حرکت نمی‌کنند. بنابراین، نتیجه مطالعه باید توزیع سرعت را با دقت کافی ارائه کند. پارامترهای آماری مختلفی برای تشریح توزیع سرعت نقطه‌ای بکار می‌روند:

- سرعت متوسط زمانی یا سرعت متوسط - متوسط سرعت کلیه وسایل نقلیه گذرنده از نقطه مورد مطالعه در طول مدت مطالعه.
 - انحراف استاندارد - به بیان ساده، انحراف استاندارد سرعت. متوسط اختلاف بین سرعت مشاهده شده و سرعت متوسط زمانی در طول مدت مطالعه است.
 - سرعت ۱۵ درصد - سرعتی که ۸۵ درصد وسایل نقلیه با سرعتی کمتر از آن حرکت می-کنند.
 - میانه - سرعتی که توزیع سرعت نقطه‌ای را به دو قسمت مساوی تقسیم می‌کند، ۵۰٪ سرعت‌های مشاهده شده بیش از میانه و ۵۰٪ آنها کمتر از میانه هستند.
 - گام: دامنه سرعت به میزان $15 km/h$ که شامل بیشترین تعداد از سرعت‌های مشاهده شده است (در مقایسه با هر کاهش دیگری به مقدار $15 km/h$).
- هدف از مطالعات سرعت نقطه‌ای، تعیین هر یک از شاخص‌های فوق و ارائه توصیف ریاضی مناسبی برای توزیع سرعت‌های مشاهده شده است.

۹-۲-۲- کاربرد داده‌های سرعت نقطه‌ای

نتایج مطالعات سرعت نقطه‌ای برای هدف‌های مختلفی توسط مهندسان ترافیک مورد استفاده قرار می‌گیرد، از جمله:

- شناخت موثر بودن سرعت مجاز موجود یا جدید در معبر و روش‌های نظارتی.
- تعیین سرعت مجاز عملی.
- شناخت روند سرعت در سطح محلی، استانی و ملی برای ارزیابی موثر بودن سیاست‌های ملی در مورد سرعت مجاز و روش‌های نظارتی.
- کاربردهای خاص طراحی شامل فاصله دید مناسب، رابطه بین سرعت و طرح هندسی راه، و تاثیر شدت و طول شبیب بر سرعت.

- کاربردهای خاص کنترلی برای تعیین زمان "زرد" و "تمام قرمز" در چراغهای راهنمایی، جانمایی صحیح تابلوها و طراحی مناسب چراغها برای حرکت دسته‌ای وسایل نقلیه.
 - مطالعه نقاط پر تصادف که سرعت در آن‌ها به عنوان یک عامل مطرح شده است.
- فهرست فوق کامل نیست و حالت‌های زیاد دیگری وجود دارد که نیازمند تحلیل دقیق داده-های سرعت هستند. این مطالعات اهمیت زیادی داشته و عموماً توسط مهندسان ترافیک انجام می-شوند.

۳-۲-۹- روش‌های اندازه‌گیری سرعت نقطه‌ای

اندازه‌گیری سرعت نقطه‌ای، عموماً به دو روش زیر صورت می‌گیرد:

- اندازه‌گیری زمان سفر عبور وسایل نقلیه از یک طول کوتاه و معین از معبّر،
- استفاده از دستگاه‌های راداری دستی یا ثابت

در مطالعات پیچیده‌تر از شناسه‌گرهایی که قابلیت ثبت سرعت و برخی پارامترهای دیگر را دارند استفاده می‌شود. روش‌های فیلمبرداری ویدئویی نیز به سرعت پیشرفت کرده و در مطالعات ترافیکی طولانی مدت و یا برای کنترل دائم یک نقطه خاص مورد استفاده قرار می‌گیرند.

زمان سفر عبور از یک طول کوتاه و معین

در روزهای نخست نظارت بر سرعت وسایل نقلیه، روش اولیه مورد استفاده توسط پلیس استفاده از دو لوله در فاصله کوتاهی از هم بود که به کمک یک درجه، زمان بین عبور وسیله نقلیه از دو لوله متواالی و در نتیجه سرعت آن تعیین می‌شد. فاصله کوتاه بین لوله در جاده، "تله" نامیده می-شود. این روش، مبدأ پیدایش "تله سرعت" شد که در حال حاضر در محلهایی که پلیس سرعت را کنترل می‌کند، به کار می‌رود.

ساده‌ترین، ارزان‌ترین و آسان‌ترین روش اندازه‌گیری در مطالعات مهندسی ترافیک، شامل استفاده دستی از زمان سنج برای اندازه‌گیری زمان عبور وسایل نقلیه از یک قطعه مشخص (تله) است. محدوده تله را می‌توان توسط یک نوار پهن و یا مرزهای موجود در حاشیه راه مشخص نمود. بنابراین، می‌توان به عنوان مثال زمان عبور وسایل نقلیه را از فاصله بین دو ترک آسفالت یا دو پایه چراغ روشنایی، اندازه گرفت. به منظور انجام مطالعه به این روش، مشاهده‌گر در محل یکی از مرزهای تله (عموماً مرز ورودی) می‌ایستد. به این ترتیب مشاهده‌گر قادر خواهد بود وسیله نقلیه گذرنده از مرز را بدون خطا مشاهده کند، اما مرز خروجی به صورت زاویه‌دار دیده می‌شود. این مساله مطابق شکل ۱-۹ باعث بروز خطای سیستماتیکی به نام "خطای انحراف" می‌شود. مشاهده گر هنگامی وسیله نقلیه را در حال عبور از مرز خروجی به فاصله d_{eff} مشاهده می‌کند، که در حقیقت آن وسیله نقلیه به فاصله d قرار گرفته است. این خطأ ممکن است در مواردی که قطعه مورد نظر از

یک نقطه مرتفع مشاهده می‌شود نیز رخ دهد. برای رفع این خطا در صورت معلوم بودن زاویه مشاهده، ϕ ، فاصله d_{eff} از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$d_{\text{eff}} = d_1 \tan \phi \quad (1-9)$$

سپس سرعت هر وسیله نقلیه به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$s_i = \frac{d_{\text{eff}}}{t_i} \quad (2-9)$$

که در آن:

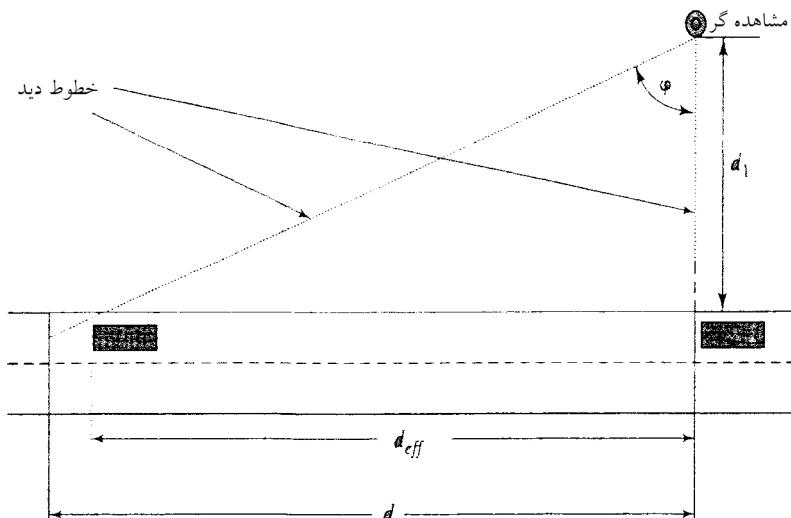
$$m/s = s_i = \text{سرعت وسایل نقلیه}$$

$m = d_{\text{eff}}$ = متوسط فاصله‌ای که زمان سفر وسیله نقلیه i در آن اندازه‌گیری می‌شود،

$$s_i = \text{زمان طی فاصله } d_{\text{eff}} \text{ توسط وسیله نقلیه } i$$

$d_1 = \text{فاصله عمودی بین مشاهده‌گر و خط شروع حرکت}$

$$\phi = \text{زاویه بین خطوط دید، درجه}^{\circ}$$



شکل ۱-۹ - خطای انحراف خطوط دید

در حالی که خطای سیستماتیک انحراف را می‌توان به روش فوق اصلاح نمود، خطای بزرگ‌تر دیگری نیز به دلیل عملکرد فردی که کلیه زمان‌سنج را پس از عبور از وسایل نقلیه از یک مرز فشار می‌دهد، بوجود می‌آید. ممکن است مشاهده‌گر کلیه زمان زمان سنج را کمی زودتر یا دیرتر فشار دهد. خوب‌بختانه، این خطا تصادفی است (و پس از تعدادی مشاهده) مقدار متوسط آن رقم صحیحی می‌شود. برای به حداقل رساندن این خطا، می‌توان طول تله را آن قدر زیاد کرد، که خطای حاصل درصد کمی از نتیجه نهایی شود.

فرض کنید خطای مشاهده‌گر به هنگام ورود یا خروج وسیله نقلیه از تله، ۰/۲۰ ثانیه باشد. در نتیجه، کل خطا $۰/۲۰ + ۰/۲۰ = ۰/۴۰$ ثانیه خواهد بود. اگر متوسط زمان عبور وسیله نقلیه از تله، ۱/۰ ثانیه باشد، مقدار خطا به $۰/۴۰ \times ۱/۰ = ۰/۴۰$ هر اندازه‌گیری بالغ خواهد شد. اگر طول تله سه برابر افزایش یابد، متوسط زمان سفر $۳/۰$ ثانیه می‌شود. حداقل خطا نیز در این حالت $(۰/۴۰ \times ۳/۰) / ۱۰۰ = ۰/۱۳$ ٪ خواهد بود.

خطای تصادفی ایجاد شده توسط کاربر را می‌توان با استفاده از درجه سرعت‌سنج و لوله‌های مربوطه در ابتدا و انتهای تله، از بین برد. این روش در گذشته مورد استفاده قرار می‌گرفته، ولی در حال حاضر، به جای استفاده از لوله، نوارهایی از سیم روی سطح روسازی کشیده شده و به درجه سرعت سنج متصل می‌شود.

سرعت‌سنج راداری

ساده‌ترین روش برای اندازه‌گیری سرعت، استفاده از سرعت‌سنج راداری دستی و یا نصب شده روی یک خودرو است. این دستگاه، سرعت را مستقیماً و به کمک اندازه‌گیری اختلاف بسامد تابش و بازتابش یک موج رادار بر خودرو، تعیین می‌کند. این اختلاف بسامد را "اثر داپلر"^۱ می‌نامند که با سرعت خودروی در حال حرکت، متناسب است.

سرعت‌سنج‌های راداری به لحاظ عملی دارای محدودیت‌های زیر هستند:

۱. چون امواج رادار در محدوده طول موج و بسامدهای رسمی دولتی هستند، باید از کمیسیون ارتباطات فدرال، برای هر دستگاه مجوز اخذ شود.
۲. دقت این سرعت‌سنج‌ها بین $۱/۵$ تا $۳/۰$ کیلومتر در ساعت است.
۳. محققی کردن آن دشوار است و ممکن است رانندگان با مشاهده آن، سرعت خود را کاهش دهند که بر نتایج اندازه‌گیری تاثیر خواهد گذاشت.
۴. اندازه‌گیری صحیح سرعت فقط هنگامی انجام خواهد شد که موج رادار مستقیماً در طول محور حرکت خودرو بازتابش شود، برای تصحیح اخطای انحراف، باید زاویه انحنای موج به دقت اندازه‌گیری شود.
۵. استفاده از آن در جریان‌های ترافیک چند خطه دشوار است.

در شکل ۹-۲، دو نمونه از تجهیزات راداری مدرن برای اندازه‌گیری سرعت را به همراه مساله دشوار بودن استفاده از آن در جریان ترافیک چند خطه نشان می‌دهد. چون زاویه بازتاب باید تا حد امکان کوچک باشد، ممکن است موج تابش شده با خودروهای در حال حرکت در سایر خطوط

^۱ Doppler Effect

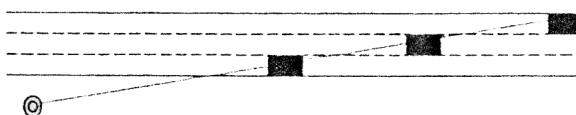
برخورد کند. اگر جریان ترافیک متراکم باشد، تعیین سرعت یک خودروی خاص با دشواری همراه است.



(الف) سرعت سنج راداری روی خودرو



(ب) سرعت سنج راداری دستی



(پ) سرعت سنج راداری در جریان ترافیک چند خطه

شکل ۲-۹ - اندازه‌گیری سرعت با سرعت‌سنج‌های راداری

برخی نکات مهم در اندازه‌گیری سرعت

در هنگام جمع‌آوری داده‌های سرعت، توجه به نکات عملی زیر ضروری است:

- کلیه پرسنل آمارگیری باید خود و وسائل تقلیل خود را تا حد ممکن مخفی نمایند. اگر رانندگان متوجه شوند که سرعت آن‌ها کنترل می‌شود، ممکن است تصور کنند پلیس قصد اعمال مقررات و جریمه دارد، در نتیجه سرعت خود را کاهش خواهند داد. در این صورت، اندازه‌گیری‌ها دیگر شرایط واقعی محل را نشان نمی‌دهد. مخفی کردن تجهیزات به ویژه در صورت استفاده از سرعت سنج‌های راداری بسیار دشوار است زیرا این دستگاه‌ها نیازمند یک مسیر بدون مانع برای تابش و بازتابش امواج رادار هستند.
- در بهترین شرایط هم، اندازه‌گیری سرعت کلیه خودروهای عبوری از محل مورد مطالعه، غیرممکن است. بنابراین، ضروری است نمونه انتخاب شده واقعاً نشانگر کل جریان ترافیک باشد. اشتباهاتی نظیر تلاش برای اندازه‌گیری سریع‌ترین یا کندترین سرعت‌ها، سرعت همه کامیون‌ها، و غیره باعث بروز خطا در نمونه‌گیری شده و باعث جمع‌آوری آماری می‌شود که نماینده جریان ترافیک به عنوان یک مجموعه کلی، نخواهد بود. نمونه‌ها باید به طور تصادفی انتخاب شود. بنابراین اگر احتمال می‌رود که فقط می‌توان سرعت $\frac{1}{3}$ خودروها را اندازه گرفت، باید از روش ثبت سرعت برای سومین خودروی عبوری در هر خط، یا سایر روش‌های مشابه استفاده کرد (یعنی از هر سه خودروی عبوری، سرعت خودروی سوم را اندازه گیری کرد).
- حتی در ترافیک سبک هم امکان تشکیل دسته‌های خودرویی وجود دارد. در جریان دسته‌ای، فقط اولین خودرو در هر دسته قادر به حرکت با سرعت دلخواه خودش است و سایر

خودروها مجبور به پذیرش سرعت وی هستند. بنابراین، در شرایط حرکت دسته‌ای، فقط می‌توان سرعت خودروی اول را اندازه‌گیری نمود. به عنوان یک ضابطه کلی، هنگامی یک خودرو عضو دسته‌ای از خودروها خواهد بود که فاصله آن از خودروی جلویی کمتر از ۶۰ متر در سرعت‌های کمتر از 60 km/h و یا کمتر از 105 m در سرعت‌های بیشتر از 60 km/h باشد.

ثبت داده‌های میدانی در محل

در طی مطالعات میدانی، معمولاً داده‌های سرعت تک تک خودروها ثبت نمی‌شوند. این مساله دو علت دارد: (۱) اغلب روش‌های اندازه‌گیری (به جز استفاده از دو شناسه‌گر بسیار نزدیک به هم) دقیق کمی برای اندازه‌گیری سرعت یک خودروی منفرد دارند (بین $1/5$ تا 3 کیلومتر در ساعت)، و (۲) بین ریاضی داده‌ها (فصل ۸) قادر به تشریح رخداد یک مقدار منفرد در یک توزیع پیوسته نیست، بلکه نسبت (یا احتمال) رخدادها را بین "x" و "y" در توزیع، نشان می‌دهد. به بیان دیگر، یک توزیع ریاضی پیوسته، قادر به بیان احتمال حرکت یک خودرو با سرعت $54/8 \text{ km/h}$ نیست، اما می‌تواند احتمال حرکت خودرو را بین سرعت‌های $54/0$ و $55/0$ کیلومتر در ساعت برآورد نماید.

به دلیل مسایل فوق، داده‌های سرعت معمولاً به صورت فراوانی رخداد در محدوده پیش تعیین شده‌ای از سرعت، ثبت می‌شوند. فرم نمونه جمع‌آوری داده‌های سرعت در شکل ۳-۹، این فرآیند جمع‌آوری و خلاصه کردن داده‌ها را نشان می‌دهد. در دو ستون سمت چپ، سرعت در دسته‌هایی به اندازه 3 km/h تعریف شده است. معمولاً محدوده سرعت مورد استفاده در اغلب مطالعات، بین 2 km/h تا 8 km/h است. استفاده از دسته‌های کوچک‌تر عملی نیست و دسته‌های بزرگ‌تر هم روی صحت و دقیقت مطالعات تاثیر منفی می‌گذارد. هر مشاهده سرعت (مثلاً با استفاده از سرعت سنج رادرای) به عنوان یک "چوب خط" در خانه مرتبط با دسته سرعت، وارد می‌شود، به طوری که سرعت خودروهای سواری، کامیون‌ها و سایر خودروها به صورت جداگانه ثبت شود. پس از اتمام مطالعات میدانی، "چوب خط‌ها" با هم جمع شده و در ستون‌های راست فرم، درج می‌شود.

در مثال ارایه شده در شکل ۳-۹، اندازه نمونه برای کامیون و سایر خودروها به منظور تحلیل جداگانه، بسیار کوچک است، بنابراین فقط مجموع کل خودروها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در سایر بخش‌های این فصل از داده‌های شکل ۳-۹ به عنوان یک مثال نمونه برای تشریح روش انجام محاسبات و تفسیر نتایج مطالعات استفاده می‌شود.

فرم داده‌های میدانی در شکل ۳-۹، در صورت اندازه‌گیری زمان سفر در طول یک تله کوتاه نیز مفید خواهد بود. هر یک از مرزهای سرعت را می‌توان به یک مقدار زمان سفر معادل، تبدیل کرد.

برای مثال، اگر تله‌ای به طول ۳۰۰ متر مورد استفاده قرار گرفته، مرز سرعت ۶۰ km/h برای یک دسته را می‌توان به زمان سفری به شرح زیر تبدیل کرد:

$$t = \frac{300 \times 3 / 6}{60} = 18 / .$$

ثانیه

زمان‌های معادل مربوط به هر دسته را می‌توان در مجموعه دوم ستون‌های سمت چپ فرم داده‌های میدانی وارد نمود. به این ترتیب، "چوب خط‌ها" را می‌توان مستقیماً و بر اساس قرائت زمان‌سنج در فرم‌ها وارد کرد.

محل: خیابان ۱۰ @ ۱۰:۰۰-۱۱:۰۰ pm				تاریخ: July 10, 2003				وضع هوای خوب-صفاف-خشک			
جمع				سایر	کامیون	خودروی شخصی	خودروی شخصی	دسته زمان		دسته سرعت	
جمع	سایر	کامیون	خودروی شخصی					حد پایین (kph)	حد بالا (kph)	حد پایین (kph)	حد بالا (kph)
									۴۸		۴۵
									۵۱		۴۸
									۵۴		۵۱
									۵۷		۵۴
									۶۰		۵۷
									۶۳		۶۰
									۶۶		۶۳
									۶۹		۶۶
									۷۲		۶۹
									۷۵		۷۲
									۷۸		۷۵
									۸۱		۷۸
									۸۴		۸۱
									۸۷		۸۴
									۹۰		۸۷
									۹۳		۹۰
									۹۶		۹۳
									۹۹		۹۶
									۱۰۲		۹۹
									۱۰۵		۱۰۲
روش اندازه‌گیری				امضا				× سرعت‌سنج راداری			
..... اندازه‌گیری زمان سفر در طول متر			 زمان‌سنج دستی			 لوله در سطح جاده			
..... سیم‌های الکترونیکی											

شکل ۳-۹- داده‌های میدانی برای نمونه‌ای از مطالعات سرعت نقطه‌ای

۴-۲-۹- خلاصه کردن و تحلیل داده‌های سرعت نقطه‌ای

داده‌های ارائه شده در شکل ۳-۹، نتایج مطالعات سرعت نقطه‌ای را به صورت خام نشان می‌دهد. برای درک کامل نتایج، روش‌های مختلفی برای ارائه و تحلیل این داده‌ها به گونه‌ای سیستماتیک وجود دارد.

جدول توزیع فراوانی

داده‌های شکل ۳-۹ را می‌توان در جدول توزیع فراوانی، مشابه جدول ۱-۹ ارایه نمود. در این جدول، تعداد کل خودروهای مشاهده شده در هر دسته سرعت، دیده می‌شود. برای تسهیل در کاربردهای بعدی، یک دسته سرعت به ابتدا و انتهای جدول اضافه شده که قادر خودروی عبور با آن سرعت است. "حد متوسط سرعت" (S). در ستون سوم، برابر مقدار متوسط سرعت در هر دسته است. کاربرد این مقدار در بخش بعدی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

ستون چهارم جدول، تعداد خودروهای مشاهده شده، در هر دسته سرعت را نشان می‌دهد.

این مقدار که فراوانی دسته نامیده می‌شود، از داده‌های شکل ۳-۹ بدست می‌آید.

جدول ۱-۹- جدول توزیع فراوانی برای مطالعه سرعت نقطه‌ای نمونه

ns ^{2**}	ns ^{**}	درصد فراوانی جمعی [*] (%)	درصد فراوانی در دسته [*] (%)	فراوانی مشاهده شده در دسته n	حد وسط سرعت (s) (kph)	دسته سرعت	
						حد پایین (kph)	حد بالا (kph)
۰	۰	۰	۰	۰	۴۹/۵	۵۱	۴۸
۱۳۷۸۱/۳	۲۶۲/۵	۱/۸	۱/۸	۵	۵۲/۵	۵۴	۵۱
۱۵۴۰۱/۳	۲۷۷/۵	۳/۵	۱/۸	۵	۵۵/۵	۵۷	۵۴
۲۲۹۵۵/۸	۴۰۹/۵	۶/۰	۲/۵	۷	۵۸/۵	۶۰	۵۷
۴۹۱۶۹/۳	۷۹۹/۵	۱۰/۶	۴/۶	۱۳	۶۱/۵	۶۳	۶۰
۸۷۳۶۵/۳	۱۳۵۴/۵	۱۸/۰	۷/۴	۲۱	۶۴/۵	۶۶	۶۳
۱۵۰۳۵۶/۳	۲۲۲۷/۵	۲۹/۷	۱۱/۷	۳۳	۶۷/۵	۶۹	۶۶
۲۲۸۶۳۱/۵	۳۲۴۳	۴۵/۹	۱۶/۳	۴۶	۷۰/۵	۷۲	۶۹
۳۳۴۹۳۹/۵	۴۵۵۷	۶۷/۸	۲۱/۹	۶۲	۷۳/۵	۷۵	۷۲
۲۱۶۵۳۳/۳	۲۸۳۰/۵	۸۰/۹	۱۳/۱	۳۷	۷۶/۵	۷۸	۷۵
۱۵۱۶۸۶/۰	۱۹۰۸	۸۹/۴	۸/۵	۲۴	۷۹/۵	۸۱	۷۸
۹۰۲۸۷/۵	۱۱۰۵	۹۴/۳	۴/۹	۱۴	۸۲/۵	۸۴	۸۱
۶۵۷۹۲/۳	۷۶۹/۵	۹۷/۵	۳/۲	۹	۸۵/۵	۸۷	۸۴
۳۹۱۶۱/۳	۴۴۲/۵	۹۹/۳	۱/۸	۵	۸۸/۵	۹۰	۸۷
۱۶۷۴۴/۵	۱۸۳	۱۰۰/۰	۰/۷	۲	۹۱/۵	۹۳	۹۰
۰	۰	۱۰۰/۰	۰	۰	۹۴/۵	۹۶	۹۳
۱۴۸۸۸۰۴/۸	۲۰۴۱۹/۵		۱۰۰	۲۸۳			

* درصد فراوانی تا یک رقم گرد شده است؛ بنابراین ممکن است باعث مشاهده خطای ظاهری در محاسبه فراوانی تجمعی شود.

** بهتر است محاسبات به نزدیکترین عدد صحیح گرد شود.

در ستون پنجم، درصد کل مشاهدات در هر دسته سرعت به شرح زیر محاسبه می‌شود:

$$\% = 100 \frac{n_i}{N} \quad (3-9)$$

که در آن:

n_i = تعداد مشاهدات (فراوانی) در دسته سرعت i ،

N = تعداد کل مشاهدات در نمونه.

از کل ۲۸۳ مشاهده انجام گرفته، ۱۳ مشاهده در دسته سرعت $60-63 \text{ km/h}$ قرار دارد.

بنابراین، درصد فراوانی این دسته $\frac{13}{283} \times 100 = 4.6\%$ است.

درصد فراوانی تجمعی ($\text{cum} \%$) برابر درصد خودروهای عبوری با سرعت مساوی یا کمتر

از سرعت دسته است:

$$\text{Cum}\% = 100 \frac{\sum_{1-x} n_i}{N} \quad (4-9)$$

که در آن:

X = شماره ردیف دسته سرعتی که قرار است درصد فراوانی تجمعی برای آن محاسبه شود

(شماره ردیف از کمترین دسته سرعت شروع می‌شود).

مجموع فراوانی دسته سرعت‌هایی که در حد بالای سرعت آنها 42 km/h یا کمتر باشد

برابر است با: $= 30 = 30 + 5 + 5 + 7 + 13 = 40$. بنابراین، درصد فراوانی تجمعی برای دسته سرعت 63 km/h

برابر است با: $10.6\% = \frac{10.6}{283} \times 100 = 3.7\%$.

دو ستون آخر جدول توزیع فراوانی سرعت، حاصل ضربهای ساده‌ای هستند که در محاسبات آتی مورد استفاده قرار خواهند گرفت.

منحنی‌های توزیع فراوانی و فراوانی تجمعی

شکل ۹-۴، دو نمودار استاندارد را نشان می‌دهد که معمولاً از جدول توزیع فراوانی، ترسیم می‌شود. این نمودارها عبارتند از:

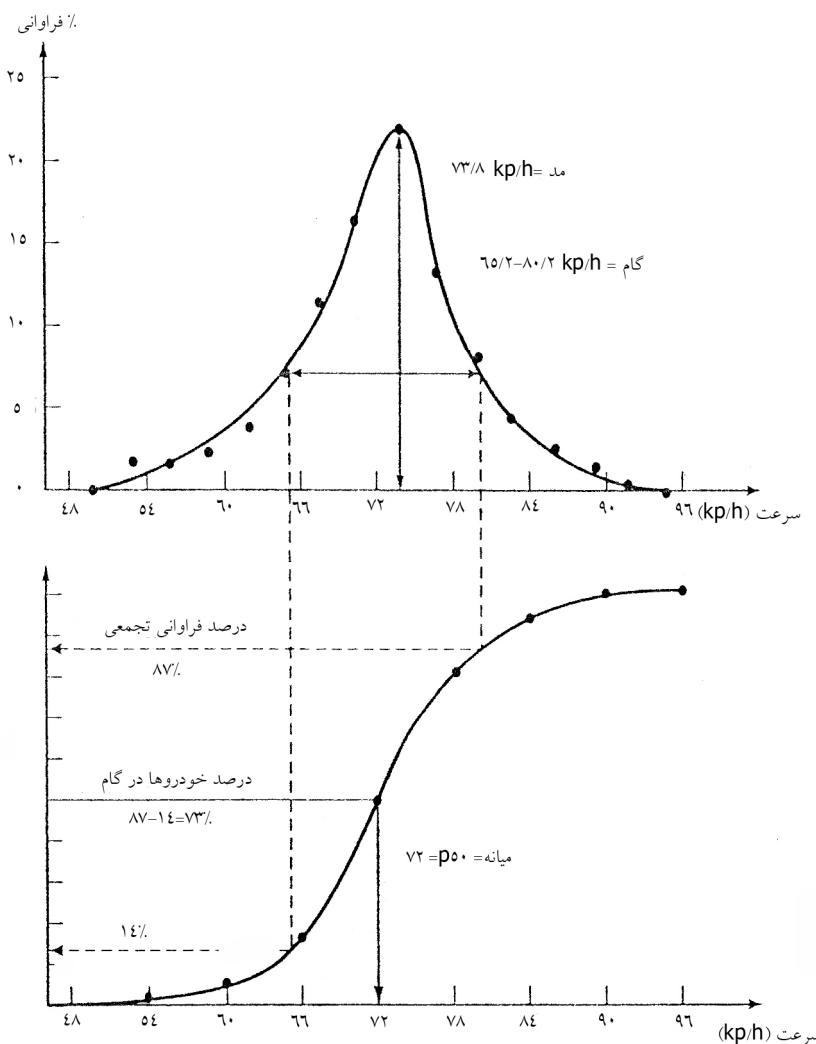
- منحنی توزیع فراوانی. برای هر دسته سرعت، درصد فراوانی‌های مشاهده شده به صورت نموداری در مقابل حد وسط سرعت دسته (S)، ترسیم می‌شود.

- منحنی توزیع فراوانی تجمعی. برای هر دسته سرعت، درصد فراوانی تجمعی مشاهدات به صورت نموداری در مقابل حد بالای سرعت دسته، ترسیم می‌شود.

توجه شود که این دو فراوانی، در مقابل دو مقدار مختلف سرعت ترسیم می‌شوند. حد وسط سرعت در منحنی توزیع فراوانی به کار می‌رود. از سوی دیگر، منحنی توزیع فراوانی تجمعی، نتایج خوبی را از ترسیم سرعت در برابر تعداد خودروهایی که با سرعتی برابر یا کمتر از سرعت مورد نظر می‌گذرند، ارائه می‌دهد. به همین دلیل، از حد بالای سرعت دسته، برای ترسیم آن استفاده می‌شود.

در هر دو حالت، نقاط به کمک یک منحنی ملایم به هم وصل می‌شوند که با حداقل فاصله (در جهت محور قائم) نسبت به نقاط بالا و پایین خود قرار می‌گیرد. منظور از ملایم بودن منحنی ملایم، عدم وجود شکستگی در شیب منحنی است. برآش منحنی به نقاط، معمولاً به صورت چشمی و تقریبی انجام می‌شود.

بهتر است منحنی توزیع فراوانی را مستقیماً در بالای منحنی توزیع فراوانی تجمعی و با مقیاس یکسان روی محور افقی ترسیم نمود. به این ترتیب، تعیین پارامترهای کلیدی از این دو نمودار، ساده‌تر خواهد شد. منحنی‌های توزیع فراوانی و فراوانی تجمعی داده‌های شکل ۳-۹ و جدول ۱-۹ در شکل ۹-۴ ترسیم شده‌اند.



شکل ۹-۴- منحنی‌های توزیع فراوانی و فراوانی تجمعی برای داده‌های سرعت نقطه‌ای نمونه

برخی پارامترهای کلیدی در شکل ۹-۴ نشان داده شده که برای تشریح توزیع مشاهده شده به کار می‌روند. این پارامترها در بخش‌های بعدی مورد بررسی قرار می‌گیرند.

پارامترهای آماری

پارامترهای مهم آماری را می‌توان بر اساس جدول توزیع فراوانی یا منحنی‌های توزیع فراوانی و فراوانی تجمعی محاسبه نمود. این پارامترها برای تشریح دو خصوصیت مهم توزیع سرعت به کار می‌روند:

- مرکزگرایی^۱ - شاخص‌هایی که محدوده تقریبی وسط یا مرکز توزیع را مشخص می‌کند.
- پراکندگی^۲ - شاخص‌هایی که محدوده بیرونی توزیع را نسبت به مرکز آن مشخص می‌کند.

شاخص‌های مرکزگرایی عبارتند از: سرعت متوسط یا میانگین، سرعت میانه، سرعت مد و گام.^۳ شاخص‌های پراکندگی نیز عبارتند از سرعت ۸۵ درصد و ۱۵ درصد و انحراف معیار استاندارد.

سرعت متوسط: شاخص مرکزگرایی. سرعت متوسط یا میانگین در یک توزیع، معمولاً به سادگی و از طریق تقسیم مجموع مقادیر مشاهده شده بر تعداد مشاهدات بدست می‌آید. اما در مطالعه سرعت نقطه‌ای، مقادیر سرعت ثبت نمی‌شود، بلکه فراوانی مشاهده دسته‌های سرعت ثبت می‌گردد. برای محاسبه سرعت متوسط فرض می‌شود که سرعت میانگین در هر دسته سرعت، برابر حد وسط سرعت، S ، در آن دسته است. به همین دلیل فاصله حد بالا و پایین دسته سرعت باید بیش از ۸ km/h باشد، زیرا با افزایش فاصله دسته، اعتبار فرض فوق کاهش می‌یابد. اما فرض مذکور برای فاصله دسته 3 km/h که در مطالعه نمونه به کار رفته، کاملاً مناسب است. به این ترتیب، مجموع همه سرعت‌ها در هر دسته سرعت، به شرح زیر محاسبه می‌شود:

$$n_i s_i$$

که در آن:

$$n_i = \text{فراوانی مشاهدات در دسته سرعت } i$$

$$s_i = \text{حد وسط سرعت در دسته سرعت } i$$

مجموع همه سرعت‌ها در توزیع، از جمله حاصل ضرب فوق برای تمام دسته‌های سرعت بالا می‌آید.

$$\sum_i n_i s_i$$

سپس سرعت متوسط یا میانگین، از تقسیم حاصل جمع فوق بر تعداد مشاهدات، به دست می‌آید:

¹ Central tendency

² Dispersion

³ Pace

$$\bar{x} = \frac{\sum_i n_i s_i}{N} \quad (5-9)$$

که در آن:

\bar{x} = سرعت میانگین مشاهدات نمونه، km/h

N = تعداد کل نمونه.

برای داده‌های مطالعه نمونه در شکل ۳-۹ و جدول ۱-۹، متوسط سرعت یا میانگین عبارت است از:

$$\bar{x} = \frac{20419/5}{283} = 72/15 \text{ km/h}$$

که در آن، $\sum n_i s_i$ برابر مجموع ستون ماقبل آخر جدول توزیع فراوانی‌ها از جدول ۱-۹ است.

سرعت میانه: شاخص مرکزگرایی. سرعت میانه، سرعتی است که توزیع را به دو قسمت مساوی تقسیم می‌کند. (یعنی، تعداد مشاهدات برای سرعت‌های بیشتر از آن، برابر تعداد مشاهدات برای سرعت‌های کمتر از آن است). این مقدار، تحت تاثیر مقادیر مطلق مشاهدات قرار ندارد.

اختلاف بین میانه و میانگین را می‌توان با توجه به مثال زیر بررسی نمود. سه سرعت مشاهده شده عبارتند از: ۶۰ km/h، ۷۵ km/h، ۸۰ km/h. مقدار سرعت میانگین برابر است با: $\bar{x} = \frac{45+60+75}{3} = 60$ km/h. مقدار میانه نیز $\bar{x} = \frac{45+60+105}{3} = 60$ km/h است، زیرا توزیع سرعت را به صورت مساوی تقسیم می‌کند، به طوری که یک سرعت کمتر از ۶۰ و یک سرعت بیشتر از آن وجود دارد. حال سه سرعت دیگر در نظر می‌گیریم: ۴۵ km/h، ۸۰ km/h، ۱۰۵ km/h. مقدار سرعت میانگین برابر است با: $\bar{x} = \frac{45+60+105}{3} = 70$ km/h. در حالی که میانه، هنوز همان ۶۰ km/h است، زیرا در مشاهدات، یک سرعت از آن بیشتر و یک سرعت از آن کمتر است. مقدار میانگین از بزرگی مشاهدات تاثیر می‌پذیرد، در حالی که میانه تحت تاثیر تعداد آن‌ها است.

از آنجا که مقدار تک سرعت‌ها در داده‌های جدول ۱-۹ آورده نشده، تعیین "مقدار وسطی" با دشواری همراه است، اما می‌توان آن را به راحتی از منحنی و توزیع فراوانی تجمعی شکل ۹-۴ تعیین نمود. بنا به تعریف، میانه توزیع را به دو قسمت تقسیم می‌کند. بنابراین، ۵۰٪ کلیه سرعت‌های مشاهده شده باید کمتر از مقدار میانه باشد. این، دقیقاً همان چیزی است که در منحنی توزیع فراوانی تجمعی ترسیم می‌شود. اگر از مقدار ۵۰٪ در روی محول قائم، خطی رسم شود، سرعت میانه مطابق شکل ۹-۴ بدست می‌آید. در مطالعه نمونه:

$$P_{\bar{x}} = 72 \text{ km/h} (48 \text{ mi/h})$$

که در آن، $P_{\bar{x}}$ مقدار میانه برای سرعت ۵۰ درصد است.

گام: شاخص مرکزگرایی. گام، شاخصی در مهندسی ترافیک است که کمتر در سایر تحلیل‌های آماری، مورد استفاده قرار می‌گیرد. این پارامتر به صورت زیر تعریف می‌شود: محاوده‌ای از مقادیر سرعت به فاصله 15 km/h که بیشترین درصد خودروهای مشاهده شده را در خود جا دهد. مقدار گام را می‌توان از منحنی توزیع فراوانی شکل ۴-۹ بدست آورد. روش حل بر این مبنای است که سطح زیر منحنی توزیع فراوانی بین هر دو مقدار سرعت، تقریباً برابر درصد خودروهای عبوری با سرعتی بین آن دو مقدار است، به طوری که سطح کل زیر منحنی، مساوی 100% خواهد بود.

برای تعیین مقدار گام، به شرح زیر عمل می‌شود: شابلنی به عرض 15 km/h بر اساس مقیاس محور افقی، تهیه می‌شود. سپس یک انتهای آن را روی گوش سمت چپ منحنی قرار داده و آن را به صورت افقی روی منحنی حرکت می‌دهیم. هنگامی که سمت راست شابلن با سمت راست منحنی برخورد نمود، محل گام مشخص شده است. در این روش، تلاقی اوج منحنی با فاصله 15 km/h تعیین می‌شود که سطح زیر منحنی در آن، بیشترین مقدار را دارد. در نتیجه بیشترین درصد خودروها را شامل می‌شود. مقدار گام، در شکل ۴-۹ عبارت است از:

$$65-80 \text{ Km/h}$$

سرعت مدل: شاخص مرکزگرایی. مدل، به صورت مقدار سرعتی تعریف می‌شود که بیشترین احتمال رخداد را دارد. چون مقدار سرعت مستقیماً اندازه‌گیری نمی‌شود، سرعت مدل از منحنی توزیع فراوانی و به صورت ترسیمی بدست می‌آید. یک خط عمودی از قله منحنی به طرف پایین ترسیم شده و مقدار سرعت از روی محور افقی خواند می‌شود. سرعت مدل در مطالعه نمونه برابر است با:

$$49/2 \text{ Km/h}$$

انحراف معیار استاندارد: شاخص پراکندگی. معمول‌ترین شاخص آماری پراکندگی یک توزیع، انحراف معیار استاندارد است. این شاخص میزان پراکندگی داده‌ها را در اطراف مقدار متوسط، نشان می‌دهد. به بیان ساده، انحراف معیار استاندارد، مقدار متوسط اختلاف بین تک تک مشاهده‌ها با مقدار متوسط مشاهده‌ها را نشان می‌دهد. اگر مقادیر منفرد مربوطه به هر متغیر موجود باشد، انحراف معیار استاندارد از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{N-1}} \quad (6-9)$$

که در آن :

$$S = \text{انحراف معیار استاندارد}$$

$$x^i = \text{مشاهده شماره } i$$

$$\bar{x} = \text{متوسط همه مشاهده‌ها}$$

$$N = \text{تعداد مشاهده‌ها}$$

اختلاف بین مقدار متوسط داده‌ها با مقدار آن‌ها در یک نقطه، شاخص مستقیمی برای میزان پراکندگی است. این اختلاف‌ها برای ختی کردن غلامت مثبت یا منفی، به توان ۲ می‌رسند، سپس مجموع آن برای تمام نقط محاسبه و بر $N-1$ تقسیم می‌شود. یک درجه آزادی آماری، به دلیل معلوم بودن مقدار متوسط و استفاده از آن در محاسبات، از معادله کاسته شده است. نکته قابل توجه آنکه مجموع اختلاف و مقدار متوسط داده‌ها با مقدار آن‌ها برای تمام نقاط، مساوی صفر خواهد بود، به عنوان مثال، اگر داده از ۳ عدد تشکیل شده‌اند که اختلاف بین مقدار متوسط با دو تای اول آن‌ها، ۲ و ۳ باشد، اختلاف بین مقدار متوسط با عدد سوم، حتماً ۵ - خواهد بود، زیرا مجموع همه اختلاف‌ها باید مساوی صفر شود. جذر مجموعه فوق نیز به این دلیل گرفته می‌شود که در ابتدای محاسبات، همه آن‌ها به توان ۲ رسیده بودند.

از آن جا که مقدار سرعت مستقیماً ثبت نمی‌شود، رابطه ۶-۹ باید برای در نظر گرفتن اثر فراوانی دارد، اصلاح گردد:

$$S = \sqrt{\frac{\sum n_i^2 (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$$

که پس از انجام عملیات ریاضی، می‌توان آن را بصورت زیر نوشت:

$$S = \sqrt{\frac{\sum n_i S_i^2 - N\bar{x}^2}{N-1}} \quad (7-9)$$

اولین عبارت در رابطه فوق، مجموع ستون آخر جداول ۱-۹، یعنی جدول توزیع فراوانی است. بنابراین، انحراف معیار استاندارد در مطالعه نمونه برابر است با:

$$S = \sqrt{\frac{1488804 / 8 - (283)(72/15)^2}{283-1}} = 7/44 \text{ km/h}$$

انحراف معیار استاندارد توزیع سرعت‌های مشاهده شده

مقدار انحراف معیار استاندارد در اغلب توزیع‌های مربوط به سرعت مشاهده، در حدود $7/5 \text{ km/h}$ است که نشانگر الگوی رفتاری رانندگان است. بر خلاف سرعت متوسط و سایر سرعت‌های مربوط به شاخص مرکزگرایی، که از محلی به محل دیگر تفاوت می‌کند. مقدار انحراف معیار استاندارد در اغلب مطالعات سرعت نقطه‌ای، تقریباً ثابت است.

سرعت‌های ۸۵ و ۱۵ درصد. مقادیر سرعت ۸۵ و ۱۵ درصد، توصیفی کلی از حد بالا و پایین سرعت‌های مشاهده شده را در مورد رانندگان معمولی ارایه می‌کند. اعتقاد عمومی بر این است که ۱۵٪ بالایی یا پایین نمودار توزیع سرعت، بیانگر سرعت‌هایی است که برای شرایط موجود، بیش از اندازه کم یا زیاد هستند. این مقادیر به صورت ترسیمی از نمودار توزیع فراوانی تجمعی شکل ۴-۹ بدست می‌آیند. از مقادیر ۱۵٪ و ۸۵٪ روی محور عمودی، یک خط افقی ترسیم می‌شود تا نمودار را

قطع کند. سرعت متناظر نقطه تقاطع از روی محور افقی، مقدار متغیرهای فوق را نشان می‌دهد. در مطالعه نمونه، این سرعت‌ها عبارتند از:

$$P_{85} = 79 \text{ km/h}$$

$$P_{15} = 65/5 \text{ km/h}$$

مقدار انحراف معیار استاندارد را می‌توان به طور تقریبی، به کمک سرعت‌های ۱۵ درصد و ۸۵ درصد تخمین زد، اما در در صورت وجود داده‌ها برای محاسبات دقیق‌تر، این کار توصیه نمی‌شود:

$$Sest = \frac{P_{85} - P_{15}}{2} \quad (8-9)$$

در مطالعه نمونه، مقدار تقریبی انحراف معیار استاندارد از رابطه ۸-۹، نزدیک به مقدار حاصل از محاسبات دقیق‌تر (یعنی $7/44 \text{ km/h}$) بدست آمده است:

$$Sest = \frac{79 - 65/5}{2} = 67.5 \text{ Km/h}$$

مقادیر سرعت ۸۵ درصد و ۱۵ درصد، در شناخت مرکزگرایی و پراکنده‌گی توزیع مفید هستند. هر چه این مقادیر به مقدار متوسط نزدیک‌تر شود، پراکنده‌گی کمتر شده و مرکزگرایی توزیع افزایش می‌یابد.

درصد خودروها در گام گام، شاخص برای تعیین مرکز توزیع است. درصد خودروهای عبوری در محدوده سرعت‌های گام، شاخصی از مرکز گرایی و پراکنده‌گی است. هر چه درصد خودروها در گام کمتر باشد، پراکنده‌گی توزیع، بیشتر خواهد بود.

درصد خودروها در گام، به صورت ترسیمی و با استفاده از منحنی‌های توزیع فراوانی و توزیع فراوانی تجمعی در شکل ۹-۴ تعیین خواهد شد. محدوده سرعت در گام، قبل از منحنی توزیع فراوانی بدست آمد. از این مقادیر سرعت، دو خط عمودی به طرف منحنی توزیع فراوانی تجمعی ترسیم می‌شود. درصد خودروهای عبوری با سرعتی برابر یا کمتر از این سرعت‌ها را می‌توان از محور عمودی منحنی توزیع فراوانی تجمعی تعیین نمود. بنابراین:

درصد خودروهایی که سرعتی کمتر از 80 km/h دارند = ۸۷٪

درصد خودروهایی که سرعتی کمتر از 65 km/h دارند = ۱۴٪

درصد خودروهایی که سرعتی بین 65 km/h و 80 km/h دارند = ۷۳٪

هرچند محدوده سرعت مشاهده شده برای خودروها، در این مطالعه بین 51 km/h تا 93 km/h تغییر می‌کند، اما بیش از ۷۰٪ خودروها با سرعتی بین 65 km/h تا 80 km/h حرکت می‌کرده‌اند و این وضعیت رفتار عادی ترافیک را مقدار تقریبی انحراف معیار استاندارد $7/5 \text{ km/h}$ نشان می‌دهد.

استفاده از توزیع نرمال برای تحلیل داده‌های سرعت نقطه‌ای

توزیع سرعت، اغلب به لحاظ آماری نرمال است (یعنی می‌توان آن را با یک توزیع نرمال نمایش داد). در فصل ۷، توزیع نرمال و مشخصات آن ارایه شده که باید به همراه این بخش مورد مطالعه قرار گیرد.

اگر فرض شود که سرعت‌های مشاهده شده به صورت نرمال توزیع شده‌اند، می‌توان تحلیل-های دیگری نیز بر روی داده‌ها انجام داد. به خاطر دارید که نمایش استاندارد $N[40,25]$ نشان می‌دهد که متغیر "X" به صورت نرمال توزیع شده و دارای مقدار متوسط "40" و واریانس "25" است. انحراف معیار استاندارد، جذر واریانس بوده و در اینجا مساوی "5" خواهد بود. به علاوه به خاطر دارید که هر مقدار "X" در یک توزیع نرمال را می‌توان به مقدار معادل "Z" روی توزیع نرمال استاندارد تبدیل کرد که در آن:

$$Z_i = \frac{x_i - \mu}{\sigma} \quad (8-9) \quad : Z:N[0,1]$$

که در آن :

x_i = عددی در یک توزیع نرمال $X : N(\mu, \sigma^2)$

μ = مقدار متوسط واقعی مقادیر توزیع x_i

σ = مقدار انحراف استاندارد واقعی مقادیر توزیع x_i

Z_i = مقدار معادل در توزیع نرمال استاندارد $Z:N[0,1]$

در حالت عملی، مقادیر واقعی μ و σ معلوم نیست. آنچه که از مطالعه سرعت نقطه‌ای نتیجه می‌شود، بر آوردهایی از مقدار متوسط \bar{x} و انحراف معیار استاندارد واقعی s است که بر اساس اندازه‌گیری نمونه، بدست آمده‌اند. جدولی از مقادیر توزیع نرمال استاندارد در فصل ۷، جدول ۳-۷ ارایه شده و در محاسبات نمونه این فصل مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مقادیر دقت و سطح اطمینان. پس از انجام مطالعات سرعت نقطه‌ای، یک مقدار برای سرعت متوسط محاسبه می‌شود. در مطالعه نمونه این فصل، مقدار متوسط $72/15 \text{ km/h}$ که بر اساس ۲۸۳ مشاهده بدست آمده است. در عمل، از این مقدار که بر اساس اندازه‌گیری سرعت تعداد محدودی خودرو بدست آمده، برای برآورد مقدار سرعت متوسط واقعی توزیع کلیه خودروهای گذرنده از محل، در شرایط بدون ازدحام، استفاده می‌شود. تعداد این خودروها برای کلیه اهداف عملی یا آماری، نامحدود (بینهایت) است. مقدار اندازه‌گیری شده برای \bar{x} برای برآورد μ به کار می‌رود. نخستین پرسش آماری که در این حالت باید پاسخ داده شود، این است که این برآورد، تا چه اندازه مناسب است؟

در فصل ۷، خطای استاندارد مقدار متوسط، E ، تعریف شده اگر متغیر X به طور نرمال توزیع شده باشد:

$$X : N[\mu, \sigma^2]$$

می‌توان نشان داد که توزیع مقدار متوسط نمونه‌هایی از آن (مجموعه‌ای از مقادیر متوسط برای نمونه‌هایی با اندازه ثابت n)، نیز دارای توزیع نرمالی به صورت زیر است:

$$\bar{x} : N\left[\mu, \left(\frac{\sigma}{n}\right)^2\right]$$

فرض کنید مقدار متوسط 100 سرعت مشاهده شده، 75 km/h باشد. حال این سرعت‌ها به 10 گروه، با مقدار متوسط که هر کدام دارای 10 سرعت مشاهده شده هستند، تقسیم می‌شود. مقدار متوسط مقادیر متوسط 10 گروه، همچنان 75 km/h خواهد بود، زیرا متوسط توزیع مقدار متوسط نمونه‌ها با مقدار متوسط توزیع اولیه برابر است. با این حال، مقدار انحراف معیار استاندارد، متفاوت خواهد بود، زیرا فرآیند متوسط‌گیری و گروه‌بندی، رخداد مقادیر حدی را کاهش می‌دهد. برای مثال، در توزیعی که مقدار متوسط آن 75 km/h است، احتمال دارد برخی مشاهدات 105 km/h یا بیشتر باشند. با این حال، خیلی بعید است که در همان محل، متوسط 10 سرعت مشاهده شده برابر km/h باشد. 105 شود.

- خطای استاندارد مقدار متوسط، E ، برابر انحراف معیار استاندارد توزیع مقدار متوسط نمونه‌هایی با اندازه ثابت n است:

$$E = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (9-9)$$

که در آن :

E = خطای استاندارد مقدار متوسط

s = انحراف معیار استاندارد توزیع اولیه

n = تعداد نمونه‌ها در هر دسته مشاهده.

مشخصات توزیع نرمال در فصل ۷ ارایه شده است. این مشخصات به همراه خطای استاندارد مقدار متوسط، برای کمی کردن کیفیت برآورد نمونه و مقدار متوسط واقعی توزیع، به کار می‌رود. در واقع، تمام مطالعه سرعت نقطه‌ای نمونه (که اندازه نمونه آن 283 عدد داشت)، به عنوان یک نقطه در توزیع مقدار متوسط نمونه‌هایی با اندازه 283 عدد، در نظر گرفته می‌شود. با فرض یک توزیع نرمال، معلوم شده که 95% کلیه مقادیر، بین (انحراف معیار استاندارد $\times 1.96$ ± مقدار متوسط) 99.7% کلیه مقادیر بین (انحراف معیار استاندارد $\times 3.00$ ± مقدار متوسط) قرار گرفته‌اند. بنابراین، تا 95% می‌توان مطمئن بود.

که مقدار متوسط نمونه $(72/15 \text{ km/h})$ در محدوده (انحراف معیار استاندارد $\times 1/96$) مقدار متوسط واقعی) قرار خواهد گرفت. انحراف معیار استاندارد در این حالت، برابر خطای استاندارد مقدار متوسط است. بنابراین در ۹۵٪ موضع:

$$\bar{x} = \mu \pm 1/96 E \Rightarrow \mu = \bar{x} \pm 1/96 E \quad (10-9)$$

به درصد فوق، سطح اطمینان گفته می‌شود، در حالی که دقت اندازه‌گیری از عبارت $E/96$ بدست می‌آید. برای مطالعه سرعت نقطه‌ای نمونه:

$$\begin{aligned} E &= \frac{7/44}{\sqrt{283}} = 0.442 \text{ km/h} \\ \mu &= 72/15 \pm 1/96(0.442) = 72/15 \pm 0.866 \\ \mu &= 71/284 \text{ km/h} - 73/476 \text{ km/h} \end{aligned}$$

به این ترتیب، با ۹۵٪ اطمینان می‌توان گفت که مقدار متوسط واقعی برای توزیع سرعت، بین $71/2 \text{ km/h}$ تا $73/0 \text{ km/h}$ قرار دارد. برای سطح اطمینان ۹۹٪:

$$\begin{aligned} \bar{x} &= \mu \pm 3/0.0 E \Rightarrow \mu = \bar{x} \pm 3/0.0 E \\ \mu &= 72/15 \pm 3/0.0(0.442) \\ \mu &= 72/15 \pm 1/326 \\ \mu &= 70/824 \text{ km/h} - 73/476 \text{ km/h} \end{aligned}$$

به این ترتیب با ۹۹٪ اطمینان می‌توان گفت که مقدار متوسط واقعی برای توزیع سرعت، بین $70/8 \text{ km/h}$ تا $73/5 \text{ km/h}$ قرار دارد.

جمله‌های فوق، دقت اندازه‌گیری و سطح اطمینان برآوردها را به صورت کمی، بیان می‌کنند. توجه شود که با افزایش سطح اطمینان، دقت برآورده، کاهش می‌یابد (یعنی محدوده برآورد انجام شده، افزایش می‌یابد). با فرض آن که سرعت نرمال توزیع شده باشد، می‌توان ۱۰۰٪ مطمئن بود که سرعت متوسط واقعی در محدوده $72/15 \text{ km/h} \pm 00$ قرار دارد.

البته از دیدگاه مهندسی ترافیک، جمله فوق ارزش ندارد. چون مطالعات سرعت نقطه‌ای در مورد نمونه‌ای از یک جمعیت نامحدود و بی نهایت انجام می‌شود، اندازه‌گیری مقدار متوسط به طور کاملاً دقیق و با اطمینان ۱۰۰٪، امکان ندارد. معمولاً از سطح اطمینان ۹۵٪ برای محاسبه دقت و اطمینان مقدار متوسط نمونه و استفاده از آن در برآورد مقدار متوسط واقعی برای توزیع کلی، استفاده می‌شود.

برآورد اندازه نمونه مورد نیاز. هر چند دانستن سطح اطمینان و دقت اندازه‌گیری مقدار متوسط یک نمونه آماری پس از انجام آمارگیری مفید است، دانستن اندازه نمونه مورد نیاز برای دستیابی به سطح اطمینان و دقت از پیش تعیین شده، بسیار مفیدتر خواهد بود. با توجه به اینکه دقت یا رواداری (e) یک برآورد، برابر محدوده اطراف مقدار متوسط است، می‌توان گفت:

$$95\% : e = 1/96 \quad E = 1/96 \left(\frac{s}{\sqrt{n}} \right)$$

$$99/7\% : e = 3/100 \quad E = 3/100 \left(\frac{s}{\sqrt{n}} \right)$$

با حل این معادلات برای اندازه نمونه، n ، روابط زیر بدست می‌آید:

$$95\% : n = \frac{3/84s^2}{e^2} \quad (11-9)$$

$$99/7\% : n = \frac{9/10s^2}{e^2} \quad (12-9)$$

مسئله زیر را در نظر بگیرید: چه تعداد سرعت باید اندازه‌گیری شود تا متوسط سرعت در توزیع کلی با 95% اطمینان، دارای دقتی برابر $1/5 \text{ km/h}$ باشد؟ اگر مقدار دقت به $\pm 0.75 \text{ km/h}$ و سطح اطمینان به $99/7\%$ تغییر یابد، نتایج چه تغییری خواهد کرد؟

مسئله نخست، در اختیار نداشتن انحراف معیار استاندارد (s)، توزیع است. زیرا مطالعات هنوز انجام نشده است. در این حالت می‌توان از مقدار تقریبی $7/5 \text{ km/h}$ استفاده کرد که برای اغلب توزیع‌های سرعت، به عنوان انحراف معیار استاندارد، صدق می‌کند. نتایج محاسبه در جدول ۲-۹ مشاهده می‌شود.

برای دستیابی به دقتی برابر $1/5 \text{ km/h}$ با سطح اطمینان 95% ، باید نمونه آماری شامل اندازه‌گیری سرعت 96 خودرو باشد. برای دستیابی به دقت 0.75 km/h با سطح اطمینان $99/7\%$ ، اندازه نمونه آماری را باید در حدود 10 برابر افزایش داد. در اغلب مطالعات مهندسی ترافیک، دقت $1/5 \text{ km/h}$ و سطح اطمینان 95% کافی است.

جدول ۲-۹ - محاسبه اندازه نمونه

سطح اطمینان		دقت $e(\text{km/h})$
99/7\%	95\%	
$n = \frac{9/10(7/5)^2}{(1/5)^2} = 225$	$n = \frac{3/84(7/5)^2}{(1/5)^2} = 96$	1/5
$n = \frac{9(7/5)^2}{(0.75)^2} = 900$	$n = \frac{3/84(7/5)^2}{(0.75)^2} = 384$	0.75

مطالعات سرعت نقطه‌ای قبل و بعد^۱

در شرایط مختلفی لازم است سرعت موجود خودروها در یک محل کاهش یابد. این وضعیت به ویژه در شرایطی که تعداد یا شدت زیاد تصادفات ناشی از سرعت زیاد باشد، وجود دارد.

^۱ Before and After Spot Speed Studies

همچنین، در مواردی که سرعت تعداد زیادی از رانندگان از سرعت مجاز تجاوز کند، نیز انجام مطالعات قبل و بعد لازم است.

روش‌های مختلفی در مهندسی ترافیک، برای کاهش سرعت خودروها وجود دارد، از جمله کاهش سرعت مجاز، افزایش نظارت نیروی انتظامی، علایم هشدار دهنده، اجرای خط‌کشی برجسته و غیره. با این حال، باید با انجام مطالعاتی نشان داد که واقعاً از سرعت خودروها کاسته شده است.

این کار خیلی ساده نیست. شرایط زیر را در نظر بگیرید: فرض کنید به منظور کاهش سرعت به میزان $7/5 \text{ km/h}$ ، یک تابلوی جدید سرعت مجاز، در محلی نصب شده است. مطالعات سرعت نقطه‌ای قبل از نصب تابلوی جدید و چند ماه بعد از نصب آن انجام شد. توجه شود که مطالعات "بعد" از اجرا، معمولاً چند ماه پس از اعمال تغییرات انجام می‌شود، تا بتوان رفتار عادی و پایدار راننده را فارغ از تاثیر اولیه تغییرات مشاهده نمود. ملاحظه شد که سرعت متوسط در مطالعات "بعد" از اجرا، در حدود $5/25 \text{ km/h}$ کمتر از سرعت متوسط در مطالعات قبل از اجرا بود. به لحاظ آماری، پاسخ به دو پرسش در این خصوص لازم است:

- آیا کاهش سرعت مشاهده شده در سرعت متوسط، واقعی است؟
- آیا کاهش سرعت مشاهده در سرعت متوسط، به اندازه مورد نظر یعنی $7/5 \text{ km/h}$ است؟

هر چند پاسخ پرسش‌های فوق ظاهراً معلوم است، اما در واقع چنین نیست. دو دلیل برای کاهش سرعت متوسط خودروها وجود دارد:

- (۱) تابلوی جدید سرعت مجاز، باعث کاهش سرعت متوسط واقعی توزیع کلی شده و در نتیجه، سرعت متوسط مشاهده شده به مقدار $5/25 \text{ km/h}$ کاهش یافته است.
- (۲) کاهش سرعت مشاهده شده به میزان $5/25 \text{ km/h}$ ، ممکن است ناشی از انتخاب دو نمونه آماری متفاوت از توزیع کلی باشد، در حالی که توزیع کلی ثابت مانده است.

به بیان آماری، حالت اول از لحاظ آماری کافی است، اما حالت دوم از لحاظ آماری کافی نیست. پرسش دوم به همان اندازه دو پهلو است. فرض کنید کاهش سرعت مشاهده شده به مقدار $5/25 \text{ km/h}$ ، از لحاظ آماری کافی باشد، لازم است تعیین شود که آیا سرعت متوسط واقعی توزیع کلی به میزان $7/5 \text{ km/h}$ کاهش یافته یا خیر. برای پاسخ به این پرسش‌ها، باید از آزمون‌های آماری استفاده کرد. در ضمن، نمی‌توان به این پرسش‌ها با سطح اطمینان 100% پاسخ داد.

در فصل ۷، مفهوم و روش‌های آزمون کافی بودن اختلاف مشاهدات در مطالعات قبل و بعد مورد بررسی قرار گرفت. این آزمون‌های آماری ممکن است چهار نتیجه را حاصل کنند:

- (۱) اختلاف واقعی، کافی است و آزمون آماری این کافی بودن را نشان می‌دهد،
 (۲) اختلاف واقعی، کافی نیست و آزمون آماری این کافی نبودن را نشان می‌دهد،
 (۳) اختلاف واقعی، کافی است ولی آزمون آماری، کافی بودن آن را نشان می‌دهد،
 (۴) اختلاف واقعی، کافی نیست ولی آزمون آماری، کافی بودن آن را نشان می‌دهد.

دو نتیجه اول، منجر به ارزیابی صحیح نتیجه مطالعات می‌شود، در حالی که دو نتیجه دوم، باعث بروز خطا در مطالعات خواهد شد. به بیان آماری، نتیجه (۴) باعث خطای I یا α و نتیجه (۳) باعث خطای II یا β می‌شود.

در عمل، مهندس ترافیک نباید مرتكب خطای I شود. در این حالت، به نظر می‌رسد که مشکل (سرعت زیاد) حل شده است، در حالی که هنوز حل نشده است. این مساله باعث می‌شود تصادفات خسارتخی، جرحی و یا فوتی همچنان ادامه یابد. تا زمانی که "واقعیت" مساله، مشخص گردد. در صورت بروز خطای II، تلاش‌های بیشتری برای کاهش سرعت به عمل خواهد آمد. هرچند این مساله باعث هزینه‌های اضافی می‌شود، اما باعث به بار آمدن نتایج منفی نخواهد شد. آزمون آماری مورد استفاده در ارزیابی کافی بودن کاهش در سرعت متوسط مشاهده شده، روش تقریب نرمال است. همان‌طور که در فصل ۷ اشاره شد، از این آزمون می‌توان در مطالعات قبل و بعد با شرط اینکه اندازه نمونه از ۳۰ بیشتر باشد، استفاده کرد. به منظور اطمینان از کافی بودن کاهش در سرعت‌های مشاهده شده، سطح اطمینان ۹۵٪ در نظر گرفته می‌شود. به بیان دیگر، احتمال بروز خطای I، کمتر از ۵٪ است.

روش تقریب نرمال به کمک تبدیل کاهش مشاهده شده در سرعت‌های متوسط به مقدار Z روی توزیع نرمال استاندارد به کار می‌رود:

$$z_d = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - 0}{s_y} \\ s_y = \sqrt{\frac{S_1^2}{N_1} + \frac{S_2^2}{N_2}} \quad (13-9)$$

که در آن:

Z_d = مقدار توزیع نرمال استاندارد معادل اختلاف مشاهده شده در سرعت‌ها

\bar{x}_1 = سرعت متوسط در نمونه قبل از اجر، km/h

\bar{x}_2 = سرعت متوسط در نمونه بعد از اجر، km/h

S_y = انحراف معیار استاندارد توزیع اختلاف سرعت متوسط نمونه‌ها

S_1 = انحراف معیار استاندارد نمونه قبل از اجر، km/h

S_2 = انحراف معیار استاندارد نمونه قبل از اجر، km/h

اگر مقدار متوسط هر دو نمونه از یک توزیع کلی باشند، جدول توزیع نرمال استاندارد (جدول ۷-۳) از فصل ۷ برای تعیین احتمال اینکه مقداری مساوی یا کمتر از Z_d رخ دهد، به کار می-رود.

بنابراین:

- اگر احتمال $(Z \leq Z_d) \geq 95\%$ باشد، کاهش مشاهده شده در سرعت به لحاظ آماری کافی است.
- اگر احتمال $(Z \leq Z_d) < 95\%$ باشد، کاهش مشاهده شده در سرعت به لحاظ آماری کافی نیست.

حالت اول بدین معنی است که در واقع ۵٪ موقع، از اختلاف مشاهده شده در سرعت‌های متوسط نمونه، تجاوز خواهد شد، البته مشروط به آن که هر دو نمونه از یک توزیع کلی بدست آمده باشد. در صورتی که چنین مقداری مشاهده شود، می‌توان آنرا به این صورت تفسیر کرد که کمتر از ۵٪ احتمال دارد اختلاف مشاهده شده، از همان توزیع کلی قبلی بدست آمده باشد، بلکه بیشتر از ۹۵٪ احتمال دارد که ناشی از تغییری در توزیع کلی باشد.

توجه شود که یک ازمون یک طرفه انجام شده است (یعنی کافی بودن کاهش مشاهده در متوسط نمونه‌ها آزمایش شده است، نه اختلاف متوسط نمونه‌ها). اگر مشاهدات نشان دهد که متوسط نمونه‌ها افزایش یافته است، هیچ آزمونی انجام نمی‌شود، زیرا نتیجه دلخواه از اقدامات مهندسی ترافیک به دست نیامده است.

اگر کاهش مشاهده شده از لحاظ آمار کافی باشد، نوبت به پاسخگویی به پرسش دوم می-رسد (یعنی آیا سرعت به اندازه مورد نظر کاهش یافته است؟). به این منظور، فقط از نتایج توزیع بعد از اجرا، استفاده می‌شود. توجه شود که بر اساس مشخصات توزیع نرمال، ۹۵٪ احتمال دارد که متوسط واقعی توزیع، مقدار زیر باشد:

$$\mu = \bar{x} \pm 1/96 E$$

اگر سرعت مورد نظر در این محدوده قرار گیرد، می‌توان فرض کرد که به کاهش سرعت مورد نظر بدست آمده است.

نتایج زیر را از مطالعات قبل و بعد سرعت نقطه‌ای، که برای ارزیابی موثر بودن یک سرعت مجاز جدید و کاهش سرعت متوسط به 90 km/h انجام شده، در نظر بگیرید:

نتایج بعد		نتایج قبل
$94/5 \text{ km/h}$	\bar{x}	90 km/h
$9/0 \text{ km/h}$	S	$7/5 \text{ km/h}$
۶۰	N	۵۰

آزمون تقریب نرمال برای تعیین کافی بودن کاهش مشاهده شده در متوسط نمونه‌ها به لحاظ آماری، مورد استفاده قرار می‌گیرد:

گام ۱: انحراف معیار استاندارد کل، محاسبه شود:

$$S_y = \sqrt{\frac{7/5}{50} + \frac{9/0}{60}} = 1/57 km/h$$

گام ۲: Z_d محاسبه :

$$Z_d = \frac{(98/0 - 94/5) - 0}{1/57} = 2/23$$

گام ۳: تعیین احتمال $2/23 \leq Z$ از جدول $7/9857 = 3-7$

گام ۴: مقایسه نتایج با مقدار ۹۵٪

چون $95\% > 98/57\%$ است، نتایج نشان می‌دهد که کاهش مقدار متوسط نمونه از لحاظ آماری کافی است.

اکنون می‌توان دستیابی به کاهش سرعت تا $90 km/h$ را در نمونه بعد از اجرا، بررسی نمود.

محدوده متوسط سرعت واقعی توزیع کلی، در سطح اطمینان ۹۵٪، برابر است با:

$$E = \frac{9/0}{\sqrt{60}} = 1/62 km/h$$

$$\mu = 9/45 \pm 1/62 (1/162) =$$

$$\mu = 9/45 \pm 2/227$$

$$\mu = 92/223 km/m - 96/777 km/h$$

چون سرعت مورد نظر $90 km/h$ است و در محدوده فوق قرار ندارد و نمی‌توان گفت که کاهش سرعت به مقدار مورد نظر بدست آمده است.

در این حالت، هرچند کاهش سرعت قابل توجه بوده، ولی به اندازه مورد نظر، یعنی $90 km/h$ نرسیده است. بنابراین لازم است مطالعات دیگری انجام شود و اقدامات دیگری نیز به منظور کاهش بیشتر سرعت و دستیابی به مقدار مورد نظر، انجام پذیرد.

معیار سطح اطمینان ۹۵٪ برای اطمینان از کافی بودن کاهش در سرعت‌های مشاهده شده، باید کاملاً درک شود. اگر مطالعات قبل و بعد نشان می‌دهد که سطح اطمینان $94/5\%$ است، نتیجه به لحاظ آماری کافی نخواهد بود. به این ترتیب، احتمال بروز خطای I به ۵٪ محدود می‌شود. با این حال، هنگامی که گفته می‌شود اختلاف مشاهده شده در سرعت متوسط به لحاظ آماری کافی نیست، اقدامات مربوط به کاهش سرعت، باید نمونه بزرگتری مورد بررسی قرار گیرد تا مشخص شود که آیا با اطلاعات بیشتر، می‌توان به سطح اطمینان ۹۵٪ رسید یا خیر.

آزمون نرمال بودن: آزمون نیکویی بازش کای دو

به طور کلی، در تمام تحلیل‌های این بخش فرض می‌شود که توزیع سرعت را می‌توان به صورت نرمال نشان داد. به این دلیل، ضروری است به کمک یک آزمون آماری، صحت این فرض بررسی شود. همان‌طور که در فصل ۷ شرح داده شد، آزمون کای دو برای تعیین اینکه اختلاف بین توزیع مشاهده شده و شکل ریاضی فرض شده برای آن، قابل توجه است یا خیر، به کار می‌رود. برای داده‌های دسته‌ای، پارامتر کای دو به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\chi^2 = \sum_{N_G} \frac{(n_i f_i)^2}{f_i} \quad (14-9)$$

که در آن:

χ^2 پارامتر آماری کای دو

n_i = فراوانی مشاهدات در دسته سرعت i .

f_i = فراوانی نظری در دسته سرعت i ، با فرض وجود توزیع فرض شده.

N_G = تعداد دسته‌های سرعت در توزیع.

جدول ۳-۹ این محاسبات را برای مطالعه سرعت نقطه‌ای نمونه، نشان می‌دهد. دسته‌های سرعت قبل‌اً تعریف شده و فراوانی‌های مشاهده شده مستقیماً از جدول ۱-۹ استخراج شده‌اند.

برای سادگی، دسته‌های سرعت از بیشتر به کمتر مرتب شده‌اند، تا با جدول توزیع نرمال استاندارد (جدول ۳-۷) که شامل احتمال $Z_d \leq Z$ است، سازگار باشد. حد بالای بزرگ‌ترین دسته، "بی‌نهایت" فرض شده است، زیرا توزیع نرمال نظری تا مثبت و منهای بی‌نهایت امتداد می‌یابد. بقیه ستون‌های جدول ۳-۹، به تعیین فراوانی نظری f_i و مقدار نهایی χ^2 اختصاص یافته‌اند. فراوانی نظری، تعداد مشاهداتی است که در صورت کاملاً نرمال بودن توزیع، برای دسته‌ها بدست می‌آمد. برای تعیین این مقادیر، احتمال یک رخداد در هر دسته سرعت، باید از جدول نرمال استاندارد برای تعیین این مقادیر، احتمال رخداد در هر دسته سرعت، باید از جدول نرمال استاندارد (جدول ۳-۷) تعیین شود. ستون‌های ۴ تا ۷ از جدول ۳-۹، این موضوع را به شرح زیر نشان می‌دهند:

۱. حد بالای هر دسته با استفاده از رابطه ۸-۹ به مقدار معادل Z تبدیل می‌شود. مثلاً برای حد

بالای دسته برابر 90 km/h داریم:

$$Z_d = \frac{90 - 72 / 15}{\sqrt{44}} = 2 / 40$$

برای انجام محاسبه فوق، از سرعت متوسط و انحراف معیار استاندارد مطالعه سرعت نقطه‌ای استفاده می‌شود.

جدول ۳-۶ آزمون کای دو برای نرمال بودن داده‌های سرعت نقطه‌ای مطالعه نمونه

اندازه نمونه = ۲۸۳			انحراف معیار استاندارد = ۷/۴۴ km/h			سرعت متوسط = ۷۲/۱۵ km/h		
χ^2 گروه	گروههای ترکیب شده f	گروههای ترکیب شده n	فراوانی نظری	احتمال رخداد در دسته	احتمال $Z \leq Z_d$ جدول ۳-۷	حد بالا (نرمال استاندارد) Z_d	فراوانی مشاهده شده n	دسته سرعت
								حد پایین km/h
-	-	-	۲/۳۲۰۶	۰/۰۰۸۲	۱/۰۰۰۰	∞	۲	۹۰ ∞
۰/۰۴۶۵	۷/۴۵۲۴	۷	۴/۱۳۱۸	۰/۰۱۴۶	۰/۹۹۱۸	۲/۴۰	۵	۸۷ ۹۰
۰/۰۱۴۴	۹/۳۶۷۳	۹	۹/۳۶۷۳	۰/۰۲۳۱	۰/۹۷۷۲	۲/۰۰	۹	۸۴ ۸۷
۰/۶۲۶۵	۱۷/۲۹۱۳	۱۴	۱۷/۲۹۱۳	۰/۰۶۱۱	۰/۹۴۴۱	۱/۰۹	۱۴	۸۱ ۸۴
۰/۴۸۸۶	۲۷/۶۷۷۴	۲۴	۲۷/۶۷۷۴	۰/۰۹۷۸	۰/۸۸۳۰	۱/۱۹	۲۴	۷۸ ۸۱
۰/۰۸۶۰	۳۸/۸۲۷۶	۳۷	۳۸/۸۲۷۶	۰/۱۳۷۲	۰/۷۸۵۲	۰/۷۹	۳۷	۷۵ ۷۸
۷/۲۱۸۸	۴۴/۱۴۸۰	۶۲	۴۴/۱۴۸۰	۰/۱۵۶۰	۰/۶۴۸۰	۰/۳۸	۶۲	۷۲ ۷۵
۰/۱۰۹۶	۴۳/۸۰۸۴	۴۶	۴۳/۸۰۸۴	۰/۱۵۴۸	۰/۴۹۲۰	-۰/۰۲	۴۶	۶۹ ۷۲
۰/۶۳۲۰	۳۷/۸۹۳۷	۳۳	۳۷/۸۹۳۷	۰/۱۳۳۹	۰/۳۳۷۲	-۰/۴۲	۳۳	۶۶ ۶۹
۱/۱۷۹۷	۲۶/۶۰۲۰	۲۱	۲۶/۶۰۲۰	۰/۰۹۴۰	۰/۲۰۳۳	-۰/۸۳	۲۱	۶۳ ۶۶
۰/۶۷۸۷	۱۶/۳۲۹۱	۱۳	۱۶/۳۲۹۱	۰/۰۵۷۷	۰/۱۰۹۳	-۱/۲۳	۱۳	۶۰ ۶۳
۰/۳۴۸۱	۸/۷۴۴۷	۷	۸/۷۴۴۷	۰/۰۳۰۹	۰/۰۵۱۶	-۱/۶۳	۷	۵۷ ۶۰
۲/۹۲۸۵	۵/۸۵۸۱	۱۰	۳/۷۹۲۲	۰/۰۱۳۴	۰/۰۲۰۷	-۲/۰۴	۵	۵۴ ۵۷
-	-	-	۰/۰۶۵۹	۰/۰۰۷۳	۰/۰۰۷۳	-۲/۴۴	۵	۵۱ ۵۴
۱۴/۳۵۷۴	۲۸۳	۲۸۳	۲۸۳	۱/۰۰۰۰				جمع
$\chi^2 = ۱۴/۳۵۷۴$								
درجه آزادی: ۹								

۲. مقدار متناظر Z از جدول ۳-۷ تعیین و احتمال $Z \leq Z_d$ در ستون ۵ جدول ۳-۶ ثبت می‌شود.

۳. دسته سرعت h km/h را در جدول ۳-۶ در نظر بگیرید. از ستون ۵، احتمال رخداد

سرعت کمتر از 75 km/h در توزیع نرمال 72 km/h و احتمال رخداد سرعت کمتر از 72 km/h

برابر $0/4920$ است. بنابراین، احتمال رخداد سرعت بین $72-75$ km/h برابر است با

$0/1560 = 0/4920 - 0/6480$. احتمالات ستون ۶، از تفاصل‌های متوالی، مشابه حالت فوق بدست

آمده‌اند. نتیجه حاصل، احتمال وجود سرعت در یکی از دسته‌های سرعت با فرض توزیع نرمال است.

۴. فراوانی‌های نظری ستون ۷ از حاصل ضرب اندازه نمونه در احتمال رخداد و در دسته

سرعت، بدست آمده‌اند. در مورد فراوانی نظری، کاربرد رقم‌های اعشاری مجاز است.

۵. استفاده از آزمون کای دو فقط هنگامی مجاز است که مقدار فراوانی نظری بزرگتر یا مساوی ۵ باشد. به این منظور، باید دو دسته سرعت اول و دو دسته سرعت آخر جدول را با هم ترکیب نمود. فراوانی‌های مشاهده شده نیز باید به طور مشابه با هم جمع شود.

۶. مقدار کای دو برای هر دسته سرعت به صورت زیر محاسبه می‌شود. مثلاً محاسبه مربوط به دسته سرعت ۶۰-۶۳ Km/h چنین است:

$$\chi^2 = \frac{(n_i - f_i)^2}{f_i} = \frac{(13 - 16/3291)^2}{16/3291} = 0.6787$$

این مقادیر با هم جمع می‌شود تا مقدار نهایی χ^2 را برای توزیع بدست دهد که برابر ۱۴/۳۵۷۴ است.

برای ارزیابی نتایج، از جدول کای دو، یعنی جدول ۱۱-۷ فصل ۷ استفاده می‌شود. مقادیر احتمالات روی محور افقی جدول نشان داده شده است. محور عمودی هم درجات آزادی را نشان می‌دهد. در یک توزیع کای دو، تعداد درجات آزادی برابر است با تعداد دسته‌های داده‌ها (پس از ترکیب برای داشتن فراوانی‌های مساوی یا بزرگتر از ۵)، منها ۳. علت حذف سه درجه آزادی آن است که در محاسبه χ^2 باید سه ویژگی توزیع اندازگیری شده معلوم باشد: متوسط، انحراف معیار استاندارد و اندازه نمونه. بنابراین برای مطالعه سرعت نقطه‌ای نمونه، تعداد درجات آزادی برابر است با $9 = 12 - 3$.

مقادیر χ^2 در جدول ۱۱-۷ مشاهده می‌شود. برای داده‌های نمونه، مقدار χ^2 ، بین مقادیر ۱۱/۳۹ (با احتمال ۰/۲۵) و ۱۴/۶۸ (با احتمال ۰/۱۰) قرار می‌گیرد. توجه شود که احتمالات نشان داده شده در جدول ۱۱-۷، مربوط به احتمال بزرگتر یا مساوی بودن از مقدار χ^2 هستند. از درون‌یابی برای تعیین سطح دقیق احتمال مربوط به مقدار ۱۴/۳۵۷۴ روی توزیع کای دو با درجه آزادی استفاده می‌شود.

احتمال	مقدار
۰/۲۵	۱۱/۳۹۰۰
P	۱۴/۳۵۷۴
۰/۱۰	۱۴/۶۸۰۰

$$\begin{aligned} P &= \Pr(\chi^2 \geq 14/3574) \\ &= 0/10 + (0/15) \left[\frac{14/6800 - 14/3574}{14/6800 - 11/3900} \right] \\ &= 0/1147 \end{aligned}$$

به این ترتیب، اگر توزیع به لحاظ آماری نرمال باشد، ۱۱/۴۷٪ احتمال دارد که مقداری مساوی یا بزرگتر از ۱۴/۳۵۷۴ وجود داشته باشد. معیار تصمیم‌گیری، مشابه سایر آزمون‌های آماری

است (یعنی برای بیان اینکه داده‌ها و توصیف ریاضی فرض شده برای آن، به اندازه کافی اختلاف دارند، باید سطح اطمینان ۹۵٪ باشد). در مورد جداولی که احتمال مقداری کمتر یا مساوی پارامتر آماری محاسبه شده را ارایه می‌کنند، باید مقدار احتمال ۹۵٪ یا بیشتر باشد تا از کافی بودن اختلاف، اطمینان حاصل شود. در مورد آزمون تقریب نرمال، این وضعیت وجود دارد. به طور مشابه، نقطه تصمیم‌گیری در هنگام استفاده از جدولی که احتمالات بزرگتر یا مساوی پارامتر آماری محاسبه شده را ارایه می‌کند، باید مقدار احتمال ۵٪ یا کمتر باشد تا از کافی بودن اختلاف، اطمینان حاصل شود. در مورد داده‌های نمونه، احتمال مقداری مساوی یا بزرگتر از $14/3574$ ، برابر $11/47\%$ است، که از ۵٪ بیشتر است. بنابراین، اختلاف بین داده‌ها و توصیف ریاضی فرض شده برای آن کافی نیست و نرمال بودن آن با موقوفیت نشان داده شده است.

در عمل از آزمون کای دو به ندرت در مورد نتایج سرعت نقطه‌ای استفاده می‌شود، زیرا توزیع سرعت معمولاً نرمال است. اگر داده‌ها به طور جدی اریب باشد، یا شکلی کاملاً متفاوت نسبت به توزیع نرمال داشته باشد، می‌توان از این آزمون استفاده کرد. به علاوه می‌توان داده‌ها را با انواع دیگر توزیع‌ها مقایسه نمود. برخی توزیع‌ها دارای شکلی کلی مشابه توزیع نرمال هستند، اما در ابتدا یا انتهای توزیع، حالتی اریب پیدا می‌کنند. همچنین ممکن است مجموعه‌ای از داده‌ها با استفاده از توزیع‌های مختلفی توصیف شوند. این مساله، اعتبار توزیع نرمال را مخدوش نمی‌کند. تا هنگامی که داده‌های سرعت را می‌توان با توزیع نرمال، توصیف کرد، کلیه موارد ذکر شده در این بخش، معتبر هستند.

اگر توزیع سرعت نرمال نباشد، می‌توان از توزیع‌های دیگری برای توصیف آن استفاده کرد و آزمون‌های آماری دیگری را روی آن انجام داد. این موارد در این کتاب آورده نشده و برای آشنایی بیشتر با آن‌ها باید به کتاب‌های آمار و احتمالات مراجعه نمود.

۹-۵-۲-۹- محل مناسب برای مطالعات سرعت نقطه‌ای

بیشتر بحث‌های قبلی در مورد مطالعه سرعت نقطه‌ای، به تحلیل آماری و تفسیر نتایج آن مربوط بود. لازم به یادآوری است که مطالعات سرعت با اهدافی کاملاً منطقی برای تعیین تاثیر اقدامات مهندسی ترافیک در موارد معین، انجام می‌شود.

محلی که اندازه‌گیری سرعت در آن انجام می‌شود، باید با هدف مطالعه سازگار باشد. اگر سرعت رویکرد در یک ایستگاه عوارضی زیاد به نظر می‌رسد، اندازه‌گیری آن باید در نقطه‌ای قبل از محل کاهش سرعت رانندگان انجام شود. به طور مشابه، اگر تصور می‌شود سرعت زیاد در طول یک قوس، باعث تصادفات و خروج از خط می‌شود، اندازه‌گیری سرعت باید قبل از قوس و قبل از نقطه کاهش سرعت رانندگان انجام پذیرد. با این حال، شاید مناسب باشد که اندازه‌گیری سرعت در محل

وقوع تصادفات هم انجام شود تا امکان مقایسه آن با سرعت رویکرد، به این ترتیب، مهندس ترافیک قادر خواهد بود تعیین کند که آیا سرعت زیاد رویکرد فراهم گردد. به این ترتیب، مهندس ترافیک قادر خواهد بود تعیین کند که آیا سرعت زیاد رویکرد باعث بروز مشکل است یا عدم کاهش کافی سرعت توسط رانندگان در طول جزء هندسی مورد نظر و یا هر دو. مطالعه سرعت رویکرد در تقاطع‌ها هم باید در محلی قبل از نقطه کاهش سرعت رانندگان انجام شود. این نقطه با توجه به کاهش یا افزایش طول صفحه در ساعت مختلف روز، قابل تغییر است.

فلسفه مطالعه سرعت نقطه‌ای آن است که اندازه‌گیری‌ها باید در شرایطی انجام پذیرد که رانندگان سرعت خود را آزادانه انتخاب کرده و تحت تاثیر ازدحام قرار نداشته باشند. بنابراین، مطالعه سرعت نقطه‌ای به ندرت در شرایط ترافیک سنگین و حتی متوسط انجام می‌شود.

۳-۹- مطالعات زمان سفر

مطالعات زمان سفر، در طول قابل توجهی از تسهیلات ترافیکی یا مجموعه‌ای از آن‌ها که تشکیل یک مسیر را می‌دهند، انجام می‌شود. در این مطالعات، اطلاعات مربوط به زمان سفر بین دو نقطه کلیدی تعیین شده و برای شناسایی قطعاتی که نیازمند اصلاح هستند، به کار می‌رود. مطالعات زمان سفر، اغلب با مشاهده تاخیر در نقاط پر ازدحام در طول مسیر مورد مطالعه همراه است.

اطلاعات زمان سفر برای اهداف برای اهداف مختلفی به کار می‌رود، از جمله:

- شناسایی محل‌های مساله‌دار در تسهیلات حمل و نقل با توجه به زمان سفر و یا تاخیر زیاد.
- اندازه‌گیری سطح خدمت راه شریانی، بر اساس متوسط سرعت سفر و زمان سفر.
- فراهم کردن اطلاعات لازم برای مدل‌های تخصیص ترافیک، که مساله زمان سفر در یک پیوند را به عنوان عامل کلیدی انتخاب مسیر بررسی می‌کند.
- فراهم کردن داده‌های زمان سفر برای ارزیابی اقتصادی بهسازی‌های حمل و نقل.
- تهیه نقشه‌های زمان سفر و سایر ترسیمات مربوط به ازدحام ترافیک در یک ناحیه یا منطقه.

۱-۳-۹- روش‌های مطالعه میدانی

چون مطالعه زمان سفر در طول قابل توجهی از خیابان‌ها انجام می‌شود، مشاهده مستقیم خودروهای در حال عبور از محدود مطالعه دشوار است. معمول‌ترین روش برای انجام مطالعات زمان سفر، استفاده از خودروی آزمون است که در طول محدوده مورد مطالعه حرکت می‌کند و یک مشاهده‌گر از درون آن، زمان صرف شده در طول محدوده و نقاط کلیدی میانی را

ثبت می‌کند. مشاهده‌گر فرمی در اختیار دارد که در آن، زمان سفر تا نقاط میانی مورد نظر را ثبت می‌کند. وی، از زمان سنجی استفاده می‌کند که با ورود خودروی آزمون به محدوده مورد مطالعه آغاز به کار کرده و زمان رسیدن به هر نقطه میانی و انتهای مسیر را نیز ثبت می‌نماید. مدت زمان توقف در تقاطع و سایر نقاط غیرتقاطعی هم توسط زمان‌سنج دیگری ثبت می‌شود. محل این توقف‌ها نیز معین شده و در صورت امکان دلیل وقوع آن‌ها ذکر می‌گردد.

برای حفظ سازگاری نتایج، به راننده خودروی آزمون گفته می‌شود که به یکی از

صورت‌های زیر حرکت کند:

۱. روش خودروی شناور. در این روش، از راننده خودروی آزمون خواسته می‌شود از همان تعداد خودرویی که از روی سبقت گرفته‌اند، سبقت بگیرد. به این ترتیب، موقعیت نسبی آن در جریان ترافیک بدون تغییر باقی می‌ماند و خودروی آزمون رفتار متوسط خودروها را در جریان ترافیک با تقریب خوبی نشان می‌دهد.

۲. روش خودروی بیشینه. در این روش، از راننده خواسته می‌شود تا با بیشترین سرعت ایمن در جریان ترافیک حرکت نماید، اما از سرعت طراحی تجاوز نکند.

۳. روش خودروی متوسط. در این روش، از راننده خواسته می‌شود تا با سرعت متوسط جریان ترافیک، حرکت کند.

روش‌های خوروی شناور و خودروی متوسط، برای تخمین زمان سفر متوسط در طول مقطع به کار می‌روند. روش خودروی شناور، معمولاً فقط برای راه‌های دوخطه که سبقت‌های کمی در آن رخ می‌دهد و امکان شمارش تعداد آن‌ها به سادگی وجود دارد، به کار می‌رود. در یک آزادراه چندخطه، این روش رانندگی بسیار دشوار بوده و ممکن است خطراتی را در پی داشته باشد. روش خودروی متوسط، نتایج مشابهی را بدست می‌دهد، ضمن اینکه مانع از اعمال استرس و نگرانی به راننده خودروی آزمون می‌شود.

روش خودروی بیشینه، شرایط متوسط در جریان ترافیک را نشان نمی‌دهد، بلکه، زمان سفر اندازه‌گیری شده در این روش، نماینده حد پایین توزیع زمان سفر است. این زمان سفر، بیشتر نشانگر ۱۵ درصد خودروهای تا تعداد متوسط آن‌ها. سرعت محاسبه شده بر مبنای این زمان سفر نیز تقریباً نماینده سرعت ۸۵ درصد است.

بنابراین، ضروری است کلیه خودروهای آزمون یک یک مطالعه خاص، از روش یکسانی پیروی کنند، مقایسه زمان سفرهایی که از روش‌های مختلفی بدست آمده‌اند، نتیجه معتبری ارایه نخواهد کرد.

مسایل مربوط به اندازه نمونه، مشابه مطالعات سرعت نقطه‌ای است. اگر از روش خاصی برای رانندگی استفاده شود، انحراف معیار نتایج تقریباً محدود بوده و نمونه‌های کمتری لازم است. این مساله بسیار مهم است. اگر تعداد زیادی خودروی آزمون در مدت کوتاهی وارد جریان ترافیک شوند، بر عملکرد آن تاثیر گذاشته و نتایج مشاهده را تغییر خواهند داد. در اغلب کاربردهای عملی، تعداد خودروهای آزمون که منجر به اندازه‌گیری زمان سفر با سطح اطمینان کافی و دقت مناسب خواهد شد، بین ۶ تا ۱۰ خودرو و حداقل ۵۰ خودرو، بسته به نوع راه و حجم ترافیک، متغیر است. حالت آخر معمولاً باعث تاثیر بر جریان ترافیک می‌شود و لازم است که در بازه زمانی بیشتری، مثلاً طی ساعت اوج عصر چندین روز مختلف، انجام شود.

روش دیگری نیز برای جمع‌آوری آمار زمان سفر وجود دارد. یک مشاهده‌گر در کنار جاده، می‌تواند شماره پلاک خودروهای عبوری از یک نقطه معین در طول مسیر را ثبت کند. ساعت عبور هم به همراه شماره پلاک ثبت می‌شود. در این روش، امکان جمع‌آوری اطلاعات مربوط به تاخیر در نقاط میانی وجود ندارد. نمونه‌گیری بسیار دشواره بوده و ثبت زمان و شماره پلاک همه خودروها ممکن نیست. فرض کنید که نمونه‌ای شامل ۵۰٪ همه شماره پلاک‌ها در تمام محل‌های آمارگیری ثبت شود. احتمال آن که یک شماره پلاک در دو محل مشاهده شود، $= 0.25 \times 0.5 = 0.125$ است. احتمال آنکه یک شماره پلاک در سه محل مشاهده شود نیز، $= 0.125 \times 0.5 = 0.0625$ است. به علاوه، روش رانندگی رانندگان یکسان نیست و برای دستیابی به نتایج دقیق و مطمئن، باید شماره پلاک‌های بسیار زیادی نسبت به حالت خودروی آزمون ثبت شود.

در برخی مواقع، می‌توان تمام محلوده مورد مطالعه را از یک نقطه مرتفع مشاهده و حرکت تک تک خودروها را در جریان ترافیک مستقیماً بررسی نمود. در این روش، معمولاً از فیلم‌برداری استفاده می‌شود و می‌توان زمان سفر تقریباً همه خودروها را مشاهده و ثبت نمود.

روش دیگری به جای مشاهده مستقیم، تجهیز خودروی آزمون با دستگاه‌های مختلفی است که همزمان با حرکت خودرو در طول مقطع مورد مطالعه، نمودار سرعت را نسبت به زمان ترسیم می‌کند. به این ترتیب می‌توان داده‌های مربوطه به زمان سفر نقاط کلیدی و محل و مدت تاخیر ناشی از توقف را از نمودار استخراج نمود.

جدول ۹-۴، نمونه‌ای از فرم جمع‌آوری داده‌های زمان سفر را به خودروی آزمون نشان می‌دهد. داده‌های نمونه‌ی نشان داده شده در جدول ۹-۴، مربوط به یک طول ۱۰/۵ کیلومتری از بزرگراه لینکلن است که یک بزرگراه ۶ خطه شهری محسوب می‌شود. نقاط کلیدی به صورت هر ۱/۵ کیلومتر از حاشیه بزرگراه تعریف شده‌اند. البته می‌توان از تقاطع‌ها و یا سایر نقاط هم به عنوان نقاط کلیدی استفاده نمود. زمان رسیدن به هر نقطه کلیدی ثبت می‌شود. داده‌های هر قطعه، فاصله بین نقطه کلیدی

قبلی تا نقطه مورد نظر را نشان می‌دهد. بنابراین، برای قطعه‌ای که به صورت mp16 نامگذاری شده، داده‌های قطعه مربوط به قطعه بین نقاط ۱۶ و ۱۷ است. کل تاخیر ناشی از توقف در هر قطعه، به همراه تعداد توقف‌ها ثبت می‌شود. در ستون "ملاحظات"، نظر مشاهده گردد مورد علت تاخیر ذکر می‌گردد. زمان سفر در کل مقطع بر اساس اختلاف زمان سفرهای تجمعی بین نقاط کلیدی محاسبه می‌شود.

جدول ۹-۴ نمونه‌ای از فرم آمارگیری زمان سفر

محل شروع: نقطه ۱۵		شماره حرکت: ۳		محل: بزرگراه لینکلن		
زمان شروع: ۰۵:۰۰ عصر		تاریخ: ۲۰۰۲/۸/۱۰		آمارگیر: ویلیام مک شین		
هر قطعه				زمان سفر	فاصله تجمعی	نقطه کلیدی
ملاحظات	زمان سفر در قطعه (ثانیه:دقیقه)	تعداد توقف‌ها	تاخیر ناشی از توقف (ثانیه)	دقیقه)	در طول مسیر (km)	
	۱:۳۵	۰	۰/۰	۱:۳۵	۱/۵	MP ۱۶
	۱:۳۰	۰	۰/۰	۳:۰۵	۳/۰	MP ۱۷
توقف به دلیل چراغ راهنمایی در: MP ۱۷/۲ MP ۱۷/۵ MP ۱۸/۰	۲:۴۵	۳	۴۲/۶	۵:۵۰	۴/۵	MP ۱۸
توقف ناشی از چراغ MP ۱۸/۵ در پارک دوبله خودروها	۲:۰۰	۴	۴۶/۰	۷:۵۰	۶/۰	MP ۱۹
	۱:۱۳	۰	۰/۰	۹:۰۳	۷/۵	MP ۲۰
توقف ناشی از اتوبوس مدرسه	۱:۴۲	۱	۷/۰	۱۰:۴۵	۹/۰	MP ۲۱
	۱:۱۵	۰	۰/۰	۱۲:۰۰	۱۰/۵	MP ۲۲
	۱۲:۰۰	۸	۸۸/۶	-	۱۰/۵	جمع قطعه

در این مطالعه، تاخیر در قطعه‌ای متنه به نقاط ۱۸ و ۱۹ به حداقل می‌رسد، و بنابراین، بیشترین زمان سفر مربوط به این قطعه‌ها است. اگر در همه یا اغلب دفعاتی که خودروی آزمون از این قطعه‌ها عبور می‌کند، نتیجه مشابهی حاصل شود، باید مطالعه بیشتری روی آنها انجام شود. از آنجا که علت اصلی تاخیر، وجود چراغ راهنمایی ذکر شده، باید برای بهبود وضعیت این دو قطعه، زمان‌بندی و هماهنگ‌سازی چراغها در نظر قرار گیرد. در یکی از قطعه‌ها هم وجود پارک دوبله به

عنوان عامل تاخیر ذکر شده است. وضعیت پارکینگ شامل نظارت پلیس و ظرفیت پارکینگ‌های موجود هم باید مورد توجه قرار گیرد.

۹-۲-۳- داده‌های زمان سفر در یک راه شریانی: مثالی از پارامترهای آماری زمان سفر

به دلیل میزان هزینه و تجهیزات مورد نیاز برای انجام مطالعات زمان سفر (شامل خودروهای آزمون، رانندگان، دفعات مختلف حرکت، روزهای مختلف مطالعه، و غیره)، تمایل طبیعی بر این است که تعداد مشاهدات، N ، را تا حد ممکن کمتر در نظر گرفت. در این قسمت، یک شریانی فرضی در نظر گرفته می‌شود که زمان سفر متوسط واقعی در طول یک قطعه ۴/۵ کیلومتری از آن، ۱۶۹ ثانیه است. انحراف معیار استاندارد زمان سفر ۱۵ ثانیه و توزیع زمان‌های حرکت خودروهای آزمون نرمال است. توجه شود که در این مرحله، بحث در مورد زمان‌های حرکت است و شامل تاخیر ناشی از توقف در طول مسیر نیست، در نتیجه، معادل زمان سفر نخواهد بود.

با فرض توزیع نرمال زمان‌های سفر، زمان سفر متوسط در طول قطعه، ۱۹۶ ثانیه است و ۹۵٪ همه زمان‌های سفر، در فاصله $= ۲۹/۴ - ۱۵/۱$ ثانیه از این مقدار خواهند بود. بنابراین، حد ۹۵٪ زمان‌های سفر، $= ۱۶۶/۶ - ۲۹/۴ = ۲۲۵/۴$ ثانیه خواهد بود. سرعت‌های متناظر با این مقادیر زمان سفر عبارتند از:

$$S_1 = \frac{4/5 \text{ km}}{225/4 \text{ s}} \times \frac{3600 \text{ s}}{h} = 71/9 \text{ km/h}$$

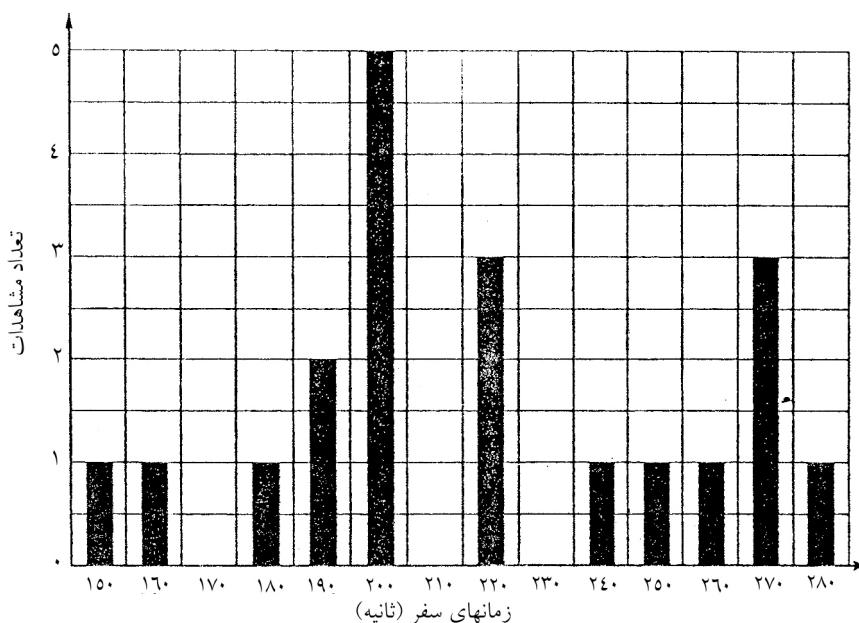
$$S_{av} = \frac{4/5 \text{ km}}{196 \text{ s}} \times \frac{3600 \text{ s}}{h} = 82/65 \text{ km/h}$$

$$S_2 = \frac{4/5 \text{ km}}{166/6 \text{ s}} \times \frac{3600 \text{ s}}{h} = 97/2 \text{ km/h}$$

توجه شود که میانگین دو حد زمان سفر در سطح ۹۵٪، برابر $84/515 \text{ km/h}$ است، نه $71/9 + 97/2 = 82/65 \text{ km/h}$. این اختلاف، ناشی از حقیقت است که زمان‌های سفر به صورت نرمال توزیع شده و نسبت به هم، قرینه هستند. در نتیجه توزیع سرعت حرکت، اریب است. اگر زمان سفر نرمال باشد، توزیع سرعت که معکوس زمان سفر است، نمی‌تواند نرمال باشد. بر اساس مشاهدات انجام شده در مورد زمان سفر در طول قطعه ۴/۵ کیلومتری، مقدار متوسط مناسب برای سرعت برابر $82/65 \text{ km/h}$ است.

تا اینجا، فقط زمان‌های حرکت خودروهای آزمون در طول مقطع بررسی شد. نتایج زمان سفر واقعی که از ۲۰ بار حرکت خودروی آزمون بدست آمده، در شکل ۹-۵ دیده می‌شود. این توزیع، نرمال به نظر نمی‌رسد. در واقع، اصلاً نرمال نیست زیرا کل زمان سفر، مجموع زمان‌های حرکت (که به صورت نرمال توزیع شده‌اند) و زمان‌های تاخیر ناشی از توقف است که از توزیع دیگری پیروی می‌کنند. به طور مشخصی می‌توان نتیجه گرفت:

تعداد توقف‌های ناشی از چراغ راهنمایی	احتمال رخداد	مدت توقف‌ها
۰	۰/۵۶۹	۰ ثانیه
۱	۰/۳۰۰	۴۰ ثانیه
۲	۰/۱۳۱	۸۰ ثانیه



شکل ۹-۵ نمودار میله‌ای داده‌های زمان سفر برای ۲۰ بار حرکت در طول قطعه ۴/۵ کیلومتری

مشاهدات جدول ۹-۴، ترکیبی از انتخاب تصادفی سرعت حرکت توسط راننده و تاثیر تاخیر ناشی از چراغ هستند که از رابطه فوق، پیروی می‌کنند.

زمان سفر متوسط واقعی مشاهدات شکل ۹-۵، برابر ۲۱۸/۵ ثانیه و انحراف معیار استاندارد آن ۳۸/۳ ثانیه است. محدوده سطح اطمینان ۹۵٪ برای مقدار متوسط برابر است با:

$$218/5 \pm 1/96 \left(\frac{28/3}{\sqrt{20}} \right) = 218/5 \pm 16/79$$

ثانیه ۲۳۹/۲۹ - ثانیه ۲۰۱/۷۱

سرعت‌های مربوط به مقدار متوسط و این مقادیر حدی زمان سفر، عبارتند از:

$$S_1 = \frac{\epsilon/5 km}{235/29 s} \times \frac{3600 s}{h} = 68/85 km/h$$

$$S_{av} = \frac{\epsilon/5 km}{218/5 s} \times \frac{3600 s}{h} = 74/11 km/h$$

$$S_r = \frac{\epsilon/5 km}{201/71 s} \times \frac{3600 s}{h} = 80/31 km/h$$

یک روش دیگر برای بررسی زمان سفر متوسط، جمع کردن متوسط زمان حرکت (۱۹۶ ثانیه) با متوسط زمان تاخیر است که از احتمالات فوق، به شرح زیر محاسبه می‌شود.

$$d_{av} = \frac{1}{5} (0.569 \times 40) + \frac{1}{30} (0.131 \times 80) + \frac{1}{5} (0.22 \times 20) = 22 \text{ ثانیه}$$

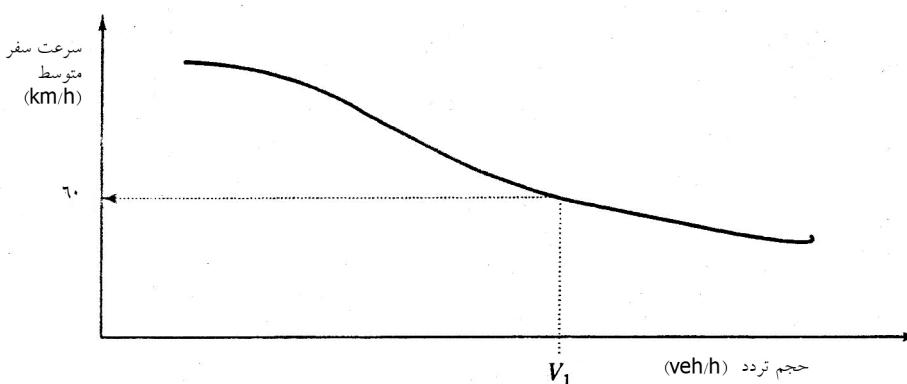
بنابراین، انتظار می‌رود، زمان متوسط، برابر $\frac{1}{5} (0.196 + 22) = 21.8$ ثانیه باشد، که با مقدار بدست آمده از نمودار میله‌ای اندازه‌گیری‌ها، برابر است.

۳-۳-۹- کنار گذاشتن مقادیر پیش فرض: مثال دیگری از تحلیل آماری داده‌های زمان سفر

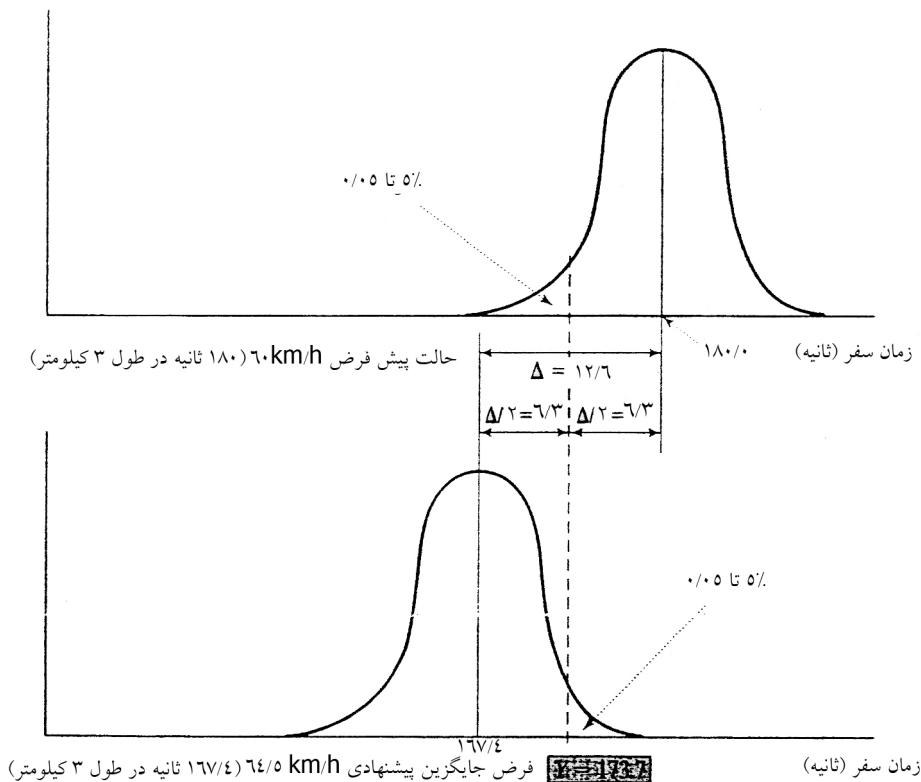
شکل ۶-۹، یک منحنی پیش فرض را برای سرعت سفر متوسط در طول یک شریانی چهار خطه نشان می‌دهد که توسط یک سازمان محلی، تطابق‌دهی (کالیبره) شده است. مشابه کلیه مقادیر "استاندارد"، استفاده از مقادیر دیگری که از اندازه‌گیری‌های محلی بدست آمده، به جای مقدار استاندارد، مجاز است.

حالی را در نظر بگیرید که مقدار پیش‌فرض سرعت سفر با حجم مفروض V_1 ، برابر 60 Km/h باشد. بر اساس زمان سفر سه بار حرکت در طول قطعه ۳ کیلومتری، متوسط سرعت اندازه‌گیری شده $64/5 \text{ km/h}$ است. آیا تحلیل‌گر می‌تواند از مقدار اندازه‌گیری شده به جای مقدار پیش‌فرض استفاده کند؟

سوال این است که آیا اختلاف $4/5 \text{ km/h}$ مشاهده شده بین مقدار استاندارد و مقدار اندازه‌گیری شده، به لحاظ آماری کافی است یا خیر؟ از دیدگاه عملی (در این حالت فرضی)، اغلب مهندسان بر این باورند که مقادیر استاندارد شکل ۶-۹ بسیار کم هستند و معمولاً مقادیر بیشتر مشاهده می‌شود. به این ترتیب باید از آزمون یک‌طرفه فرضیه استفاده شود.



شکل ۶-۹- منحنی پیش‌فرض تعریف شده توسط یک اداره (فرضی)



شکل ۹-۷-۹ آزمایش حالت پیش فرض (فرض صفر) و فرض جایگزین پیشنهادی

شکل ۹-۷-۹، یک توزیع احتمالی را برای متغیر تصادفی $Y = \sum t_i / N$ نشان می‌دهد، که زمان سفر متوسط را در طول مقطع برآورده است. بر اساس سرعت‌های سفر متوسط استاندارد و اندازه-گیری شده، زمان‌های سفر در طول یک قطعه ۳ کیلومتری از راه برابر است با:

$$\text{ثانیه} = 180 = \frac{3}{60} \times 3600 : \text{زمان سفر استاندارد}$$

$$\text{ثانیه} = 167/4 = \frac{3}{64/5} \times 3600 : \text{زمان سفر اندازه گیری شده}$$

این مقادیر، مطابق شکل ۹-۷ به عنوان فرض صفر و فرض جایگزین، ترسیم شده‌اند. نکات زیر در مورد شکل ۹-۷ قابل ذکر است.

- خطای I و خطای II با هم مساوی و ۵٪ (۰/۰۵) فرض شده است.

- بر اساس جدول نرمال استاندارد از فصل ۷ (جدول ۳-۷)، مقدار Z_d متناظر با احتمال

- $= 0/95$ ($z_d \leq z$) (مربوط به آزمون یک طرفه با خطای I و II مساوی ۵٪) برابر $1/645$ است.

- اختلاف بین فرض صفر و فرض جایگزین، زمین سفری معادل $12/6 = 167/4 - 180$ ثانیه است، که با Δ نشان داده می‌شود.

- انحراف معیار استاندارد زمان سفر، ۲۸ ثانیه است.

مطابق شکل ۷-۹، برای آن که اختلاف بین فرض‌های صفر و جایگزین، از لحاظ آماری کافی باشد، باید مقدار $\Delta/2$ مساوی یا بزرگتر حاصل ضرب $1/645$ در خطای استاندارد زمان سفر باشد، یعنی:

$$\frac{\Delta}{2} \geq 1/645 \left(\frac{s}{\sqrt{n}} \right)$$

$$6/3 \geq 1/645 \left(\frac{28}{\sqrt{3}} \right) = 26/6$$

واضح است که در این حالت، اختلاف کافی نیست و نمی‌توان مقدار اندازه‌گیری شده $64/5 \text{ km/h}$ را جایگزین مقدار پیش‌فرض نمود. می‌توان با داشتن مقدار انحراف معیار استاندارد (28) ، رابطه فوق را برای تعیین مقدار N حل نمود.

$$N \geq \frac{8486}{\Delta^2}$$

یادآوری می‌شود که Δ ، اختلاف بین زمان‌های سفر در طول مسیر ۳ کیلومتری است، نه اختلاف بین سرعت‌های سفر متوسط. جدول ۵-۹، حداقل اندازه نمونه را برای پذیرش امکان جایگزینی سرعت پیش‌فرض با مقدار اندازه‌گیری شده برای سفر متوسط، نشان می‌دهد. مثلاً برای اینکه فرض جایگزین $64/5 \text{ km/h}$ پذیرفته شود. اندازه نمونه باید $54 = \frac{8486}{(12/6)^2}$ باشد. با این حال، همان‌طور که در شکل ۷-۹ دیده می‌شود، اگر 54 نمونه برداشت می‌شد، گرینه جایگزین فقط تا هنگامی قابل قبول می‌بود که زمان سفر متوسط، کمتر از $173/7$ ثانیه باشد (یعنی سرعت سفر متوسط بیشتر از $62/2 \text{ km/h}$ باشد). جدول ۹-۹ برخی فرض‌های جایگزین را به همراه اندازه نمونه لازم و نقاط تصمیم‌گیری مورد قبول، ارائه می‌کند.

جدول ۵-۹ نقاط تصمیم‌گیری و اندازه نمونه لازم برای قبول فرض‌های جایگزین مختلف

نقطه تصمیم‌گیری (زمان سفر متوسط)، y (km/h)	اندازه نمونه لازم N	فرض جایگزین km/h (سرعت سفر متوسط)	مقدار پیش‌فرض km/h (سرعت سفر متوسط)
۶۱/۵	≥ 115	۶۳	۶۰
۶۲/۱	≥ 54	۶۴/۵	۶۰
۶۲/۸۵	≥ 32	۶۶	۶۰
۶۳/۶	≥ 22	۶۷/۵	۶۰

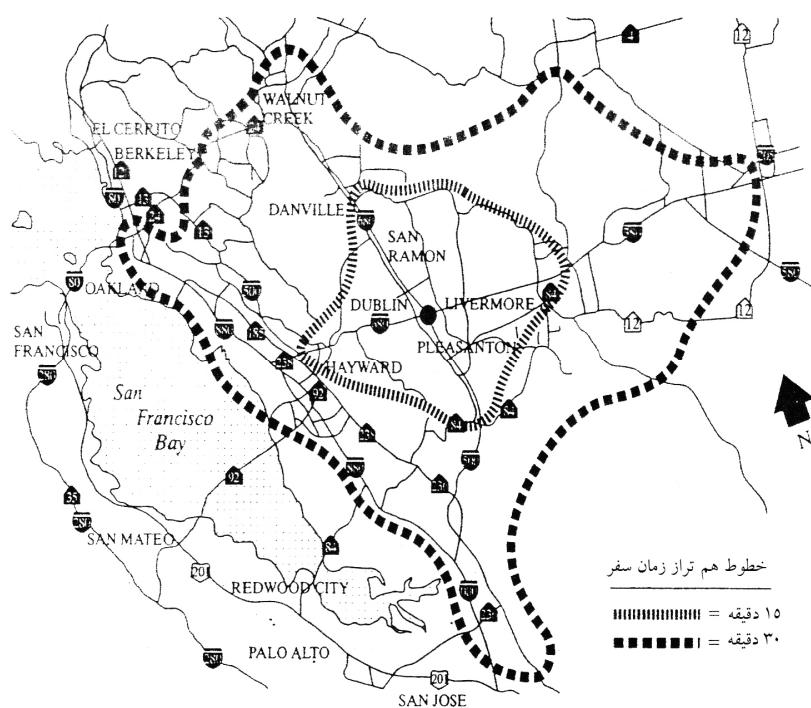
هر چند مساله فوق، برخی تحلیل‌های آماری به داده‌های زمان سفر را نشان می‌دهد، دانشجو باید صحت روشن فرمول‌بندی فوق را بررسی کند. آیا باید خطای II و خطای I را مساوی قرار داد؟

آیا وجود یک مقدار پیش فرض، این کار را رد می‌کند؟ آیا هرگز مقدار جایگزینی بیشتر از مقدار اندازه‌گیری شده پذیرفته خواهد شد؟ (مثالاً، آیا مقدار جایگزین $64/5 \text{ km/h}$ در صورتی که سرعت سفر متوسط نمونه‌ای شامل $62/4 \text{ km/h}$ باشد که از مقدار تصمیم‌گیری $62/25 \text{ km/h}$ بیشتر است، پذیرفته خواهد شد؟).

با توجه به دامنه عملی اندازه نمونه در اغلب مطالعات زمان سفر، توجیه جایگزینی مقدار پیش فرض بسیار دشوار است. با این حال، باید بررسی‌هایی برای اصلاح مقدار پیش فرض و منحنی‌های مورد استفاده توسط ادارات مربوطه صورت گیرد.

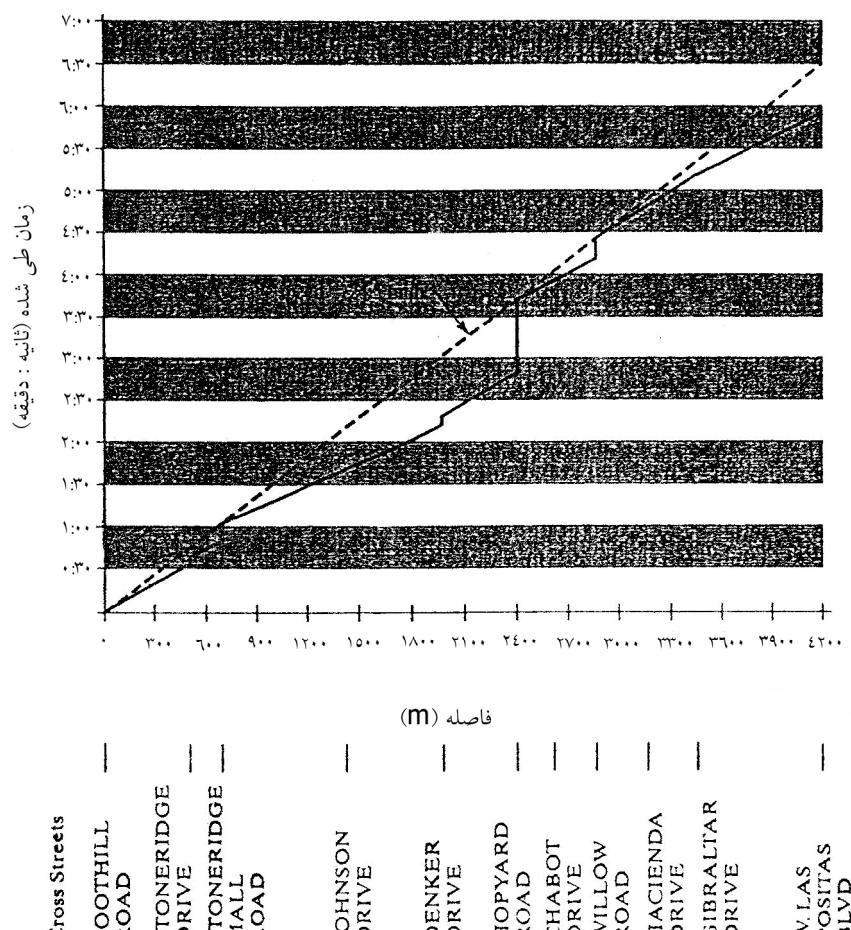
۴-۳-۹- نمایش زمان سفر

روش‌های مختلفی برای نمایش داده‌های زمان سفر وجود دارد. یکی از این روش‌ها که برای برنامه‌ریزی کلی ترافیک منطقه به کار می‌رود، تهیه نقشه خطوط همتراز زمان سفر، مطابق شکل ۸-۹ است. زمان سفر در طول همه مسیرهای اصلی ورودی یا خروجی به ناحیه مرکزی اندازه‌گیری می‌شود. خطوط همتراز از زمان، معمولاً با فاصله‌های ۱۵ دقیقه‌ای ترسیم می‌شود. شکل این خطوط، یک دید کلی و فوری برای ارزیابی زمان سفر در کریدورهای مختلف ارائه می‌دهد. هر چه خطوط همتراز به هم نزدیک‌تر باشد، زمان لازم برای طی یک مسیر معین افزایش می‌یابد. این نحوه ترسیم برای برنامه‌ریزی‌های کلان و شناسایی کریدورها و قطعاتی از سیستم که نیازمند ساماندهی و اصلاح هستند، به کار می‌رود.

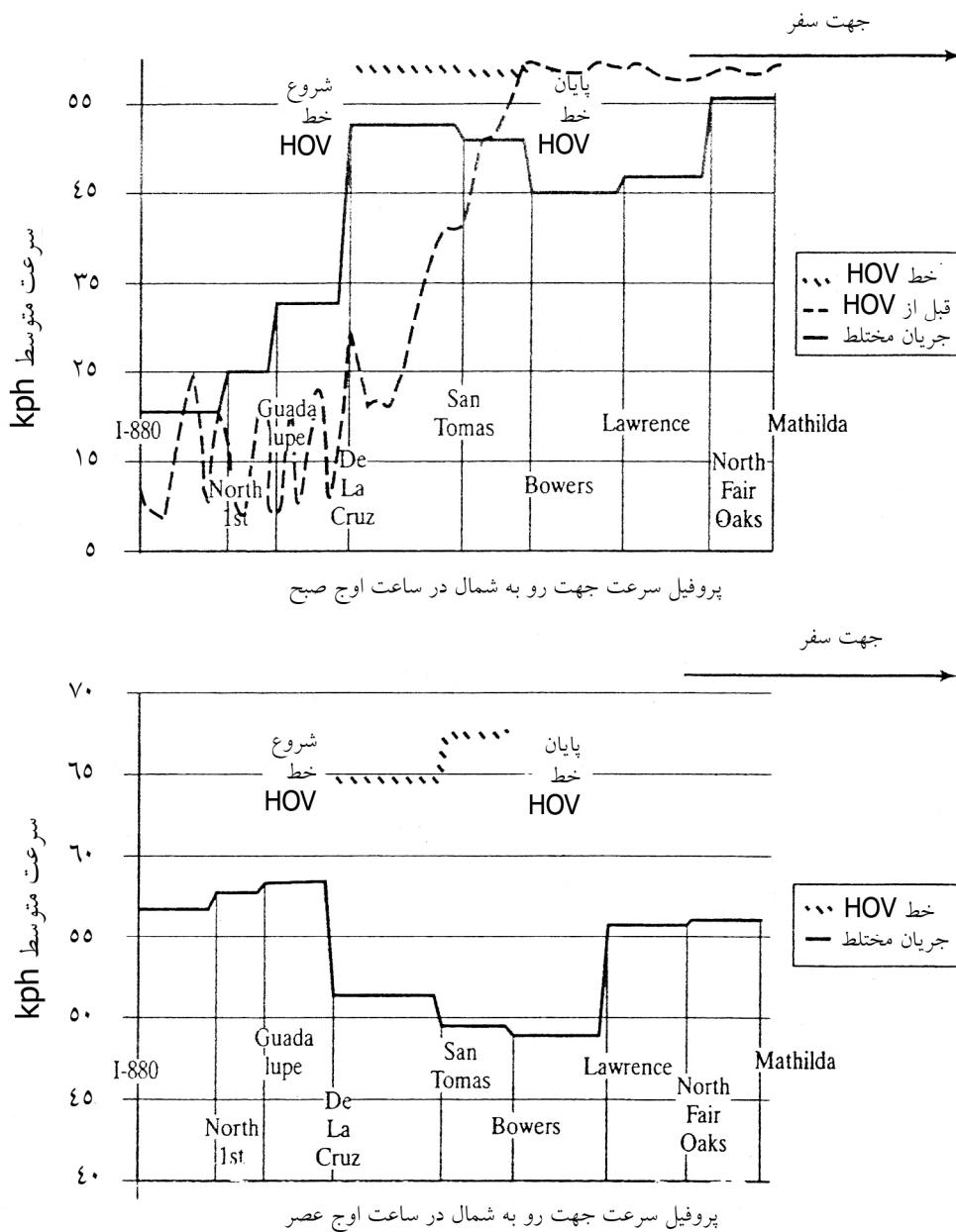


شکل ۸-۹- نقشه خطوط همتراز زمان سفر

زمان سفر در طول یک مسیر هم به روش های مختلفی قابل نمایش است. شکل ۹-۹، نمایش ترسیمی زمان سفر تجمعی را در طول یک مسیر نشان می دهد. شبیخ خط در هر قطعه سرعت را نشان می دهد (m/s)، و تاخیر ناشی از توقف به وضوح توسط خطوط عمودی دیده می شود. در شکل ۱۰-۹، سرعت سفر متوسط در مقابل فاصله ترسیم شده است. در هر دو حالت، محله های مساله دار به خوبی مشخص هستند و مهندس ترافیک می تواند روی محل ها و مقاطعی تمرکز کند که تحت بیشترین ازدحام هستند و با بیشترین زمان سفر (یا کمترین سرعت سفر متوسط) نشان داده شده اند.



شکل ۹-۹- نمایش زمان طی شده در مقابل فاصله



شکل ۹-۹- نمایش سرعت سفر متوسط در قطعات مسیر

۹-۴- مطالعات تاخیر در تقاطع

برخی از انواع تاخیر به عنوان بخشی از مطالعه زمان سفر و با توجه به محل و مدت توقفها در طول یکبار حرکت خودروی آزمون، اندازه‌گیری می‌شود. یکی از پیچیدگی‌های مطالعات تاخیر، تنوع تعریف‌های ارائه شده برای آن است که در بخش‌های اولیه این فصل مورد اشاره قرار گرفت. روش اندازه‌گیری باید با تعریف تاخیر سازگار باشد.

قبل از سال ۱۹۹۷، تاخیر ناشی از توقف به عنوان شاخص اصلی تاخیر در تقاطع بود. هر چند اندازه‌گیری میدانی انواع مختلف تاخیر آسان نیست، اما اندازه‌گیری تاخیر ناشی از توقف از بقیه ساده‌تر است. با این حال، شاخص کارآیی فعلی برای تقاطع‌های دارای کنترل توقف و یا کنترل با

چراغ راهنمایی، کل تاخیر کترل^۱ است. تاخیر کترل به صورت زمان تاخیر در صف به اضافه زمان تلف شده به دلیل افزایش و کاهش سرعت تعریف می‌شود. راهنمای ظرفیت جاده ۲۰۰۰ [۱] روشی را برای اندازه‌گیری میدانی تاخیر کترل ارائه کرده که با توجه به فرم شکل ۱۱-۹ انجام می‌شود.

شکل ۱۱-۹- فرم آمارگیری میدانی تاخیر در تقاطع‌های چراغ‌دار

روش مطالعه‌ای که در راهنمای ظرفیت جاده توصیه شده، بر اساس مشاهده مستقیم تعداد خودروها در صف، در دوره‌های زمانی مختلف است و باید حداقل توسط دو مشاهده کننده، انجام شود. نکات زیر قایل توجه است:

¹ Control delay

۱. این روش در شرایط جریان غیراشباع و با وجود حداکثر ۲۰ تا ۲۵ خودرو در صفتاکبرد دارد.
۲. این روش، تاخیر ناشی از کاهش و افزایش سرعت را به طور مستقیم اندازه‌گیری نمی‌کند، اما از یک ضریب اصلاحی برای تخمین آن، بهره می‌برد.
۳. این روش برای اصلاح خطاهای احتمالی در فرآیند نمونه‌گیری، اصلاحاتی را انجام می‌دهد.
۴. مشاهده‌گر باید قبل از شروع آمارگیری اصلی، سرعت آزاد را برآورد نماید. به این منظور، هنگامی که صفحی در تقاطع وجود ندارد، یک خودرو از چراغ سبز عبور می‌کند، یا سرعت رویکرد در نقطه‌ای که تحت تاثیر چراغ نباشد، اندازه‌گیری می‌شود.

اندازه‌گیری اصلی، با شروع زمان قرمز در خط مورد نظر، آغاز می‌شود. تقاطع نباید تحت تاثیر پس‌زدگی صفح ناشی از زمان سبز قبلی باشد. فعالیت‌های زیر توسط دو مشاهده‌گر انجام می‌شود:

۱ مشاهده گر

- انتهای صفح متوقف در هر چرخه، از طریق مشاهده آخرین خودروی متوقف در هر خط، ثبت می‌شود. این شمارش شامل خودروهایی است که در زمان سبز می‌رسند ولی به فاصله یک خودرو از صفح خودروهایی که هنوز شروع به حرکت نکرده‌اند، متوقف می‌شوند.
- در فاصله‌های زمانی ۱۰ و ۲۰ ثانیه، تعداد خودروها در صفح، روی فرم آمارگیری ثبت می‌شود. طول چرخه باید مضربی از فاصله زمانی انتخاب شده برای این شمارش باشد. خودروهایی جزء صفح هستند که در صفح خودروهای متوقف (به شرح فوق) بوده و هنوز از تقاطع خارج نشده‌اند. در مورد خودروهای مستقیم رو، "خروج از تقاطع" هنگامی رخ می‌دهد که چرخ عقب آنها از خط متوقف عبور کند. خودروهای گردشی نیز هنگامی از تقاطع "خارج" شده‌اند، که از جریان پیاده یا خودروی مقابل خود عبور کرده و شروع به افزایش شتاب نماید.

- در پایان دوره آمارگیری، شمارش خوردوها همچنان ادامه می‌یابد تا هنگامی که کلیه خودروهای ورودی به تقاطع در دوره آمارگیری، از آن خارج شوند.

۲ مشاهده گر

- در تمام مدت مطالعه، تعداد خودروهایی که در مدت آمارگیری به تقاطع می‌رسند و نیز

تعداد خودروهایی که یکبار یا بیشتر در مدت آمارگیری متوقف می‌شوند، به طور جداگانه شمارش می‌شوند. شمارش خودروهای متوقف، صرف نظر از تعداد دفعات متوقف، فقط یکبار انجام می‌شود.

برای سادگی، مدت آمارگیری به صورت تعداد صحیحی از چرخه‌ها تعریف می‌شود، هر چند یک مدت زمان لذخواه (مثلاً ۱۵ دقیقه) نیز قابل استفاده و در مورد چراغهای هوشمند (القایی) ضروری است.

مجموع تعداد خودروها در صف برای هر ستون تعیین می‌شود و سپس این مجموع‌ها برای محاسبه تعداد کل خودروها در صف برای مدت مطالعه، با هم جمع می‌شوند. سپس فرض می‌شود که متوسط زمان در صف برای خودروی شمارش شده، برابر فاصله زمانی بیش شمارش‌هاست. یعنی:

$$T_Q = \left(L_S \times \frac{\sum V_{iq}}{V_T} \right) \times 0.9 \quad (15-9)$$

که در آن:

$$S/\text{veh} = \text{متوجه زمان در صف، } T_Q$$

$$S = \text{فاصله زمانی بین شمارش‌های زمان در صف، } I_s$$

$$\text{veh} = \text{مجموع همه خودروها در صف، } \sum V_{iq}$$

$$\text{Veh} = \text{مجموع تعداد خودروهایی که در مدت مطالعه به تقاطع می‌رسند، } V_T$$

$$0.9 = \text{ضریب اصلاح تجربی.}$$

ضریب اصلاحی ۰.۹، خطاهای ناشی از این روش نمونه‌گیری را اصلاح می‌کند. این خطاهای باعث تخمین تاخیر به مقدار بیشتر از حد واقعی می‌شود.

اصلاح دیگری برای تاخیر ناشی از کاهش و افزایش سرعت، نیازمند محاسبه دو مقدار زیر است:

۱. تعداد متوسط خودروهای متوقف در هر خط، در هر چرخه، و

۲. نسبت خودروهای رسیده به تقاطع که متوقف می‌شوند.

این مقادیر به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

$$V_{slc} = \frac{V_{stop}}{N_C \times N_L} \quad (16-9)$$

که در آن:

$$V_{slc} = \text{تعداد خودروهای متوقف در هر خط در هر چرخه، } V_{SLC}$$

$$V_{stop} = \text{تعداد کل خودروهای متوقف شمارش شده، } V_{stop}$$

N_C = تعداد چرخه‌ها در مدت آمارگیری

N_L = تعداد خطوط در رویکرد مورد مطالعه

$$FVS = \frac{V_{stop}}{V_T} \quad (179-9)$$

که در آن:

FVS = نسبت خودروهای متوقف

با استفاده از تعداد خودروهای متوقف در هر خط در هر چرخه، و سرعت آزاد اندازه‌گیری شده برای رویکرد مورد نظر، ضریب اصلاحی از جدول ۶-۹ بدست می‌آید.

جدول ۶-۹ - ضریب اصلاحی برای تاخیر ناشی از کاهش و افزایش سرعت

تعداد خودروهای متوقف در هر خط در هر چرخه (V_{slc})			سرعت آزاد Km/h
-۲۰ تا ۳۰ خودرو	۸ تا ۱۹ خودرو	۷ خودرو یا کمتر	
-۱	+۲	+۵	$\leq 55/5$
+۲	+۴	+۷	$55/5 - 67/5$
+۵	+۷	+۹	$\geq 67/5$

به این ترتیب، تاخیر کنترل به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$d = T_Q + (FVC \times CF)$$

که در آن:

S/veh = کل تاخیر کنترل، d

ضریب اصلاح از جدول ۶-۹. CF

جدول ۶-۹: نمونه‌ای از فرم برداشت میدانی را نشان می‌دهد، که خلاصه داده‌های آمارگیری در یک رویکرد تقاطع چراغدار را نشان می‌دهد. این رویکرد دو خط دارد و طول چرخه ۶۰ ثانیه است. ۱۰ چرخه مورد بررسی قرار گرفته و فاصله زمانی شمارش خودروها در صف، ۲۰ ثانیه است. متوسط زمین در صف، با استفاده از رابطه ۱۵-۹ محاسبه می‌شود:

$$T_Q = (20 \times \frac{132}{120}) \times 0.9 = 19/8 \quad S/veh$$

برای تعیین ضریب اصلاح از جدول ۶-۹، تعداد خودروهای متوقف در هر خط در هر چرخه

به کمک رابطه ۱۶-۹ محاسبه می‌شود:

$$V_{SLC} = \frac{75}{10 \times 2} = 3/75 \quad Vehs$$

به این ترتیب و با استفاده از سرعت آزاد که برابر $52/5 \text{ km/h}$ اندازه‌گیری شده، ضریب اصلاحی معادل $5+/\text{ثانیه}$ انتخاب می‌شود. حال تاخیر کنترل با کمک روابط $17-9$ و $18-9$ برآورد می‌گردد:

$$FVS = \frac{75}{120} = .625$$

$$d = 19/8 + (.625 \times 5) = 22/9 \quad \text{S/veh}$$

برای اندازه‌گیری تاخیر ناشی از زمان توقف نیز می‌توان از روش مشابهی استفاده نمود. در این حالت، فاصله شمارش‌ها فقط شامل خودروهای متوقف در محدوده صفت تقاطع است و خودروهای در حال حرکت، در نظر گرفته نمی‌شوند. هیچ اصلاحی هم برای تاخیر ناشی از کاهش یا افزایش سرعت اعمال نمی‌گردد.

جدول ۷-۹ - داده‌های نمونه برای مطالعه تاخیر تقاطع چراغدار

تعداد خودروها در صفت			شماره چرخه	زمان
+ ثانیه ۴۰	+ ثانیه ۲۰	+ ثانیه ۰		
۵	۷	۴	۱	۵:۰۰ Pm
۵	۶	۶	۲	۵:۰۱ Pm
۵	۵	۳	۳	۵:۰۲ Pm
۴	۶	۲	۴	۵:۰۳ Pm
۳	۳	۵	۵	۵:۰۴ Pm
۵	۴	۵	۶	۵:۰۵ Pm
۴	۸	۶	۷	۵:۰۶ Pm
۳	۴	۳	۸	۵:۰۷ Pm
۳	۴	۲	۹	۵:۰۸ Pm
۵	۳	۴	۱۰	۵:۰۹ Pm
۴۲	۵۰	۴۰	جمع	

$\Sigma V_{ix} = 132 \text{ veh}$ $V_T = 120 \text{ vehs}$ $V_{STOP} = 75$ $FFS = 52/5 \text{ km/h}$

۵-۹ - کلام آخر

زمان، یکی از نکات کلیدی مورد توجه رانندگان و سایر مسافران برای حرکت از جایی به جای دیگر است. مسافران اغلب مایل هستند زمان سفر را تاحد ممکن، کاهش دهند. مطالعات زمان سفر و تاخیر، داده‌های لازم را برای بررسی ازدحام، زمان سفر در مقاطع مختلف و تاخیر در نقاط

مختلف فراهم می‌کند. با بررسی دقیق این داده‌ها، علت ازدحام، زمان سفر و تاخیر بیش از حد تعیین شده و روش‌های مهندسی ترافیک برای بهبود مشکلات، قابل ارایه خواهند بود.

سرعت، عکس زمان سفر است. مسافران مایل هستند، سرعت سفر خود را به گونه‌ای سازگار با ایمنی، افزایش دهنده. داده‌های سرعت، برای بررسی مسایل مختلفی از جمله ایمنی، زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی، تعیین سرعت مجاز، محل عالیم و تابلوها، بسیاری مسایل مرتبط با مهندسی ترافیک مورد استفاده قرار می‌گیرند.

مراجع

1-High way capacity manual, the Edition, Transportation Research board, National science Foundation, Washington DC, 2000.

مسائل

۱-۹- داده‌های سرعت نقطه‌ای زیر را که از یک آزادراه در شرایط جریان آزاد جمع‌آوری شده‌اند، در نظر بگیرید:

تعداد خودروهای مشاهده شده ، N	دسته سرعت km/h
	۳۰/۰-۲۲/۵
	۳۷/۵-۳۰/۰
	۴۵/۰-۳۷/۵
	۵۲/۵-۴۵/۰
	۶۰/۰-۵۲/۵
	۶۷/۵-۶۰/۰
	۷۵/۰-۵/۶۷
	۸۲/۵۰-۷۵/۰
	۹۰/۰-۸۵/۵۰
	۹۷/۵-۹۰/۰
	۱۰۵-۹۷/۵

- الف) منحنی‌های فراوانی و فراوانی تجمعی را برای این داده‌ها ترسیم نمایید.
- ب) روی منحنی‌ها، سرعت میانه، سرعت مد، گام و درصد خودروها در گام را تعیین نمایید.
- پ) مقدار متوسط و انحراف معیار توزیع سرعت را محاسبه کنید.

ت) محدوده سرعت متوسط واقعی توزیع کلی با سطح اطمینان ۹۵٪ چقدر است؟ با سطح اطمینان ۷۹۹٪ چقدر؟

ث) براساس نتایج این مطالعه، قرار است مطالعه دیگری انجام شود تا یک روداری $\pm 3h/km$ با سطح اطمینان ۹۵٪ حاصل شود. اندازه نمونه باید چقدر باشد؟

ج) آیا این داده‌ها را می‌توان نرمال در نظر گرفت؟

۲-۹-دو مطالعه سرعت نقطه‌ای نمونه زیر را که در محلی برای تعیین تاثیر تابلوی جدید سرعت مجاز $75h/km$ انجام شده‌اند، در نظر بگیرید.

الف) آیا تابلوی جدید سرعت مجاز، در کاهش سرعت متوسط در این محل موثر بوده است؟

ب) آیا تابلوی جدید سرعت مجاز، در کاهش سرعت متوسط به $75km/h$ موثر بوده است؟

موضوع	قبل	بعد
سرعت متوسط	$82/95km/h$	$79/2km/h$
انحراف معیار استاندارد	$7/5km/h$	$8/4km/h$
اندازه نمونه	۱۰۰	۸۵

۳-۹-قرار است اندازه‌گیری زمان سفر در طول قطعه‌ای از یک راه شریانی انجام شود. تعداد حرکت‌های لازم را برای برآورد زمان سفر متوسط کلی با سطح اطمینان ۹۵٪ و دقت ± 2 دقیقه، 5 ± 10 دقیقه و انحراف معیار استاندارد $5, 10$ و 15 دقیقه تعیین کنید، نتیجه به صورت یک جدول 3×3 ارایه شود.

۴-۹-داده‌های زیر در مطالعه تاخیر کترل در یک رویکرد تقاطع چراغ‌دار جمع‌آوری گردید. طول چرخه چراغ 90 ثانیه است.

الف) متوسط زمان طی شده در صف را برآورد نمایید.

ب) متوسط تاخیر کترل را به ازای هر خودرو در این رویکرد برآورد نمایید.

پ) آیا مدت دوره آمارگیری مناسب به نظر می‌رسد؟ چرا؟

تعداد خودروها در صف							شماره چرخه	زمان
+ ثانیه ۷۵	+ ثانیه ۶۰	+ ثانیه ۴۵	+ ثانیه ۳۰	+ ثانیه ۱۵	+ ثانیه ۰			
۳	۴	۱	۲	۴	۲	۱	$8:00$ Am	
۴	۴	۱	۲	۳	۳	۲		
۶	۵	۲	۴	۲	۳	۳		$8:03$ Am

۴	۲	۳	۶	۴	۱	۴	
۷	۶	۵	۴	۵	۵	۵	
۵	۳	۴	۴	۲	۵	۶	۸:۰۶ Am
۳	۳	۲	۳	۳	۴	۷	
۴	۵	۳	۵	۲	۲	۸	۸:۰۹ Am
۴	۲	۴	۲	۲	۱	۹	
۵	۲	۱	۱	۴	۳	۱۰	۸:۱۲ Am
۳	۴	۴	۳	۵	۳	۱۱	
۴	۳	۴	۳	۲	۲	۱۲	۸:۱۵ Am
$V_T = 200 \text{ Vehs}$		$V_{STOP} = 100$		$FFS = 63 \text{ km/h}$			

۹-۵- نتایج یک مطالعه زمان سفر در جدول زیر آورده شده است. برای این داده‌ها:

- الف) نتایج زمان سفر و تاخیر به صورت جدول و ترسیمی نشان دهید. سرعت سفر متوسط و سرعت حرکت متوسط را برای هر مقطع نشان دهید.
- ب) توجه شود که تعداد حرکت‌ها برای اندازه‌گیری در این مساله، ۵ بار انتخاب شده که الزاماً با نتایج مساله ۳-۹ سازگار نیست. با فرض آنکه هر خودرو ۵ بار حرکت کند، چند خودروی آزمون برای دستیابی به دقت $4/5 \text{ km/h}$ با سطح اطمینان ۹۵٪ لازم است؟

نتایج ۵ بار حرکت		آمارگیر: xyz	بلوار ارین	
تعداد توقف‌ها	هر مقطع تاخیر (s)	زمان سفر تجمعی (min:Sec)	طول تجمعی مقطع km	شماره نقطه کلیدی
-	-	-	-	۱
۱	۱۰	۲:۰۵	۱/۵۰	۲
۱	۳۰	۴:۵۰	۳/۳۷	۳
۱	۲۵	۷:۳۰	۵/۲۵	۴
۲	۴۲	۹:۱۰	۶/۰	۵
۱	۴۷	۱۰:۲۷	۶/۳۷	۶
۱	۱۴	۱۱:۰۴	۷/۵	۷

فصل ۱۱

پارکینگ : مطالعات، ویژگی‌ها، تسهیلات و برنامه‌ها

۱-۱۱ - مقدمه

هر فرد سفر خود را بصورت پیاده شروع و خاتمه می‌دهد. بجز برخی تسهیلات خاص که جدیداً ایجاد شده‌اند مانند برخی بانک‌ها و رستوران‌های حاضری که افراد در حین رانندگی از این تسهیلات استفاده می‌کنند، رانندگان عموماً مبدأ خود را بصورت پیاده ترک می‌کنند و به مقصد خود بصورت پیاده وارد می‌شوند. در مورد سفرهایی که با سواری شخصی انجام می‌گیرند، بخش پیاده روی سفر از فضای پارکینگ آغاز و خاتمه می‌یابد. در سفرهایی که از نواحی مسکونی آغاز می‌شوند، وسائل نقلیه شخصی به گذرهای خصوصی و پارکینگ‌ها طبقاتی، به فضاهای پارکینگ حاشیه خیابان‌ها و یا به پارکینگ‌های مسطح دسترسی پیدا کرده‌اند. اما در سمت دیگر سفر، موقعیت و طبیعت فرصت‌های پارکینگ به میزان زیادی بستگی به عملکرد کاربری زمین و چگالی آن و همچنین به بازه گستردگی از سیاست‌های عمومی و شاخص‌های برنامه‌ریزی دارد.

برای اینکه زمین بطور پریار استفاده شود، می بایست در دسترس باشد. اگرچه حمل و نقل عمومی می تواند بخش اصلی در فراهم آوردن دسترسی در یک ناحیه متراکم شهری تلقی شود، لیکن در اکثر قسمت‌ها، دسترسی تابعی از عرضه، سهولت و هزینه تسهیلات پارکینگ دارد. مراکز فعالیت اصلی، از مراکز خرید عمومی گرفته تا تسهیلات ورزشی و فرودگاه‌ها، تکیه بر عرضه مناسب پارکینگ برای فراهم آوردن دسترسی به محل دارند. بدون چنین عرضه‌ای، این تسهیلات قادر به عملکرد سودمند در دوره‌های زمانی مهم نخواهند بود.

حیات اقتصادی بسیاری از مراکز فعالیت مستقیماً به وضعیت پارکینگ و سایر اشکال دسترسی مرتبط می‌باشد. عرضه پارکینگ می بایست متوازن با سایر اقسام دسترسی (حمل و نقل عمومی)، شرایط ترافیکی ایجاد شده از انواع دسترسی و محیط عمومی مراکز فعالیت صورت پذیرد. مادامیکه حیات اقتصادی مهمترین چیزی باشد که موجودیت پارکینگ مرتبط است، اثرات محیطی ترافیک ایجاد شده ممکن است تأثیراتی منفی در برداشته باشد.

این فصل تلاش می کند که چشم اندازی از موارد و مباحث مرتبط با پارکینگ فراهم آورد. پوشش مطالب بگونه‌ای تنظیم نشده است که کامل و جامع باشد و لذا خواننده تشویق می گردد که به منابع موجود رجوع نماید تا مطالب تکمیلی و جزئیات بیشتری در این موضوع کسب نماید. این فصل به چهار موضوع کلیدی در خصوص پارکینگ می پردازد :

- ایجاد پارکینگ و نیازهای مربوط به عرضه آن
- مطالعات پارکینگ و ویژگی‌های آن
- طراحی و مکانیابی تسهیلات پارکینگ
- برنامه‌های پارکینگ

۱۱-۲- ایجاد پارکینگ و نیازهای مربوط به عرضه آن

موضوع کلیدی در زمینه پارکینگ، تعیین تعداد فضای مورد نیاز برای هرگونه توسعه کاربری است.

همچنین اینکه این فضاهای می باشد در کجا استقرار یابند نیز اهمیت زیادی دارد. این الزامات، در قالب ضوابطی ناحیه‌ای برای حداقل تعداد فضای پارکینگ مورد نیاز در زمان ساخته شدن کاربری‌ها بروز می کنند.

نیاز به فضاهای پارکینگ بستگی به پارامترهای مختلفی دارد که بررسی و ارزیابی برخی از آنها مشکل است. نوع و اندازه کاربری مورد نظر، شاخص اصلی در این خصوص به حساب می آید؛ هرچند که شاخص هایی از قبیل تراکم عمومی محیط توسعه و مقدار و کیفیت دسترسی سیستم حمل و نقل عمومی نیز در این زمینه نقش دارند.

۱۱-۱- ایجاد پارکینگ

جامعترین منبع اطلاعاتی در زمینه ایجاد و تأمین پارکینگ، ویرایش دوم کتاب ایجاد پارکینگ می باشد که توسط مؤسسه مهندسین حمل و نقل به چاپ رسیده است [۱]. متأسفانه این مرجع در سال ۱۹۸۷ به چاپ رسیده است که در مرحله نگارش کتاب حاضر (۲۰۰۲)، ویرایش سوم آن در دست تهیه است و پیش بینی می شود در سال آینده آماده بهره برداری باشد.

ایجاد پارکینگ به حداکثر تعداد مشاهده شده فضاهای پارکینگ اشغال شده ارتباط دارد که متغیری جایگزین بجای اندازه و سطح فعالیت کاربری زمین مورد نظر به حساب می آید. مطالعات اخیر که در مرجع مفاهیم پارکینگ [۲] گزارش شده است، دو نوع متغیرهای ارجح و جایگزین برای تعیین نرخ ایجاد پارکینگ استفاده کرده‌اند. این متغیرها در جدول (۱-۱۱) نشان داده شده‌اند.

جدول (۱۱-۱). واحدهای مرسوم در تعیین میزان تأمین پارکینگ.

نوع کاربری زمین	واحد مربوطه پارکینگ	ارجح	جایگزین
مسکونی تک خانوار	بازاء واحد مسکونی در بازه‌ای بسته به تعداد اتاق‌های خواب	بازاء واحد مسکونی	
مسکونی آپارتمان	بازاء واحد مسکونی در بازه‌ای بسته به تعداد اتاق‌های خواب	بازاء واحد مسکونی	
مرکز خرید	N/A	* GLA ۱۰۰۰ فوت مربع	
سایر خرده فروشی‌ها	N/A	** GFA ۱۰۰۰ فوت مربع	
دفتر کار	بازاء ۱۰۰۰ فوت مربع	بازاء شاغلان	*** GFA
صنعتی	بازاء ۱۰۰۰ فوت مربع	بازاء شاغلان	*** GFA
بیمارستان	بازاء تخت	بازاء شاغلان	
پزشکی/دندانپزشکی	بازاء دفتر	بازاء پزشکان	
مرکز پرستاری	بازاء تخت	بازاء شاغلان	
هتل/مotel	N/A	بازاء واحد	
رستوران	بازاء ۱۰۰۰ فوت مربع	بازاء صندلی	*** GFA
بانک	N/A	** GFA ۱۰۰۰ فوت مربع	
انجمن عمومی	N/A	بازاء صندلی	
بولینگ	بازاء ۱۰۰۰ فوت مربع	بازاء خط	*** GFA
کتابخانه	N/A	** GFA ۱۰۰۰ فوت مربع	

GLA^{*} = مساحت خالص تجاری

GFA^{**} = مساحت خالص طبقه

خلاصه‌ای از نرخ‌های ایجاد پارکینگ و روابط آن‌ها که از مرجع [۱] گرفته شده است در جدول (۱۱-۲)

نشان داده شده است.

جدول (۱۱-۲). نرخ‌های متدالوی تأمین پارکینگ.

تعداد مطالعات	R^2	^b معادله	بازاء	نرخ میانگین	کاربری زمین ^a
۱۱	۰/۹۶۲	$P = 1.32X - 53.0$	واحد مسکونی	۱/۲۱	مسکونی - آپارتمان با ارتفاع کم/متوسط
۷	۰/۵۱۶	$P = 0.34X + 105.0$	واحد مسکونی	۰/۸۸	مسکونی - آپارتمان با ارتفاع زیاد
۳۲	۰/۹۰۸	$P = 1.29X - 23.0$	واحد مسکونی	۱/۱۱	مسکونی - مالکیت مشترک
۲۲	۰/۴۹۸	$\ln P = 0.71 \ln X + 1.42$	اتاق	۰/۸۱	مجموعه هتل
۱۰	۰/۴۹۶	$P = 0.42X + 70.0$	اتاق	۰/۸۹	مotel - w/ رستوران/ محل استراحت
۴	۰/۸۰۴	$P = 0.37X + 11.0$	اتاق	۰/۵۱	مotel - w/o رستوران/ محل استراحت
۸	۰/۷۷۴	$\ln P = 0.94 \ln X + 0.54$	GFA ۱۰۰۰ فوت مربع	۱/۵۵	صنعتی - سبک
۵	۰/۷۶۳	$\ln P = 1.38 \ln X - 2.10$	GFA ۱۰۰۰ فوت مربع	۱/۴۸	صنعتی - پارک صنعتی
۲۰	۰/۹۶۱	$P = 1.02X + 51.0$	۱۰۰۰ فوت مربع مساحت ساختمان	۱/۵۹	صنعتی - کارخانه‌ای
۲۰	۰/۶۳۷	$\ln P = 0.95 \ln X + 0.81$	تخت	۱/۷۹	درمانی - بیمارستان
۴۰	۰/۹۵۸	$\ln P = 0.82 \ln X + 1.81$	۱۰۰۰ فوت مربع مساحت ساختمان	۴/۱۱	درمانی - پزشکی / دندانپزشکی
۲۰۷	۰/۸۷۰	$\ln P = 0.93 \ln X + 1.253$	۱۰۰۰ فوت مربع مساحت ساختمان	۲/۷۹	دفتر - دفتر عمومی
۲۴	۰/۹۰۶	$P = 2.58X - 14.03$	۱۰۰۰ فوت مربع مساحت ساختمان	۲/۵۲	دفتر - پارک اداری
۱۴۱	۰/۹۳۹	$\ln P = 1.173 \ln X + 0.064$	GLA ۱۰۰۰ فوت مربع	۳/۹۷	خرید - مرکز خرید
۳۴	۰/۴۷۲	$P = 15.35X - 23.0$	GLA ۱۰۰۰ فوت مربع	۱۵/۸۹	rstوران - رستوران کیفی
۱۱	۰/۹۲۸	$P = 9.54X - 2.0$	GLA ۱۰۰۰ فوت مربع	۹/۰۸	rstوران - رستوران خانوادگی
۱۱	۰/۸۳۷	$P = 0.50X - 322.0$	صندلی	۰/۲۶	تفریحی - سالن سینما
۴۳	۰/۵۷۴	$\ln P = 0.72 \ln X + 2.35$	GLA ۱۰۰۰ فوت مربع	۴/۳۷	تفریحی - کلوب ورزشی
۸	۰/۸۴۹	$P = 0.495X - 4.0$	شرکت کننده	۰/۴۳	مذهبی - کلیسا یا کنیسه

^a تأمین پارکینگ نشان داده شده برای روز اوج در هفته.

^b شاخص P بیانگر تعداد اوج فضاهای پارک اشغال شده و X متغیری است که بر اساس اطلاعات ستون «بازاء» تعیین می‌شود.

جدول (۱۱-۲)، تنها نمونه‌ای از اطلاعات ایجاد پارکینگ از مرجع ایجاد پارکینگ را نشان می‌دهد.

اطلاعات مربوط به کابردهای دیگر در این مرجع ارائه شده است لیکن این اطلاعات بر اساس نمونه گیری‌های بسیار کوچک مبتنی هستند. حتی برای آن دسته از کاربری‌های زمین که در جدول ارائه شده است، تعداد محل‌هایی که برای کالیبراسیون انتخاب شده‌اند همیشه مناسب نبوده است و مقادیر R^2 اغلب دلالت بر تغییر پذیری زیاد در مشخصات پارکینگ دارد.

به این دلیل، اغلب ترجیح داده می‌شود که طرح‌ریزی برای نیازهای پارکینگ بر اساس مقادیر کالیبره شده محلی برای کاربری‌های و تسهیلات مشابه به عنوان مبنا انجام گیرد.

موردی از یک پارک اداری کوچک با 25000 فوت مربع مساحت فضای دفتری را در نظر بگیرید. سؤال این است که حداقل بارگذاری پارکینگ مورد انتظار این مجتمع در ساعت اوج چقدر است؟ با استفاده از اطلاعات جدول (۱۱-۲) برای پارک‌های اداری، متوسط اشغال پارکینگ در دوره اوج $2/52$ بازه هر 1000 فوت مربع مساحت ساختمانی است که برای این مورد $2/52 * 25 = 63$ خواهد بود. برآورد دقیق‌تر در این خصوص می‌تواند از رابطه ارائه شده برای این نوع تسهیلات بدست آید:

$$P = 2/58X - 14/03 = 2/51 * 25 - 14/03 = 50/5$$

بدین ترتیب بازه‌ای از 51 تا 63 فضای پارکینگ پیش روی مهندس قرار می‌گیرد. بنابراین این نوع رهنمودهای کلی می‌توانند چشم‌اندازی برای نیازهای پارکینگ فراهم آورند و نکته مهم آن است که انجام مطالعات محلی برای بررسی میزان تأمین پارکینگ بر اساس استانداردهای ملی حائز اهمیت می‌باشد.

اطلاعات جدیدتر در خصوص مراکز خرید بر اساس مطالعات جامعی که در سال 1998 انجام گرفته است در دسترس می‌باشد [۳]. در این مطالعه بیش از 400 مرکز خرید مورد آمارگیری قرار گرفتند که نتیجه آن

انتشار «نسبت‌های پارکینگ» توصیه شده و تعداد فضاهای مورد نیاز به ازاء هر ۱۰۰۰ فوت مربع GLA می‌باشد. این مراکز بر اساس کلیت اندازه (با واحد GLA) و درصدی از کل مساحت مرکز که به سینما، رستوران و سایر کاربری‌های تفریحی اختصاص شده است طبقه‌بندی شدند. نتایج این مطالعه بصورت خلاصه در جدول (۱۱-۳) ارائه شده است.

رهنمون‌های ارائه شده در این مطالعه بر این اساس ۲۰ امین ساعت پیک پارکینگ استوار هستند. به این معنی که تنها ۱۹ ساعت در سال وجود دارد که تقاضای پارکینگ از مقادیر توصیه شده فراتر می‌رود. تقاضای پارکینگ در نظر گرفته شده، هم مشتریان و هم شاغلان در مجموعه را در بر می‌گیرد.

جدول (۱۱-۳). نسبت‌های پارکینگ توصیه شده (فضای پارکینگ بازاء هر ۱۰۰۰ فوت مربع GLA) در مطالعات سال ۱۹۹۸.

درصد استفاده برای سینما، رستوران و سایر کاربری‌های تفریحی					انداز مرکز (کل GLA)
%۲۰	%۱۵	%۱۰	%۵	%۰	
۴/۳۰	۴/۱۵	۴/۰۰	۴/۰۰	۴/۰۰	۹۹۹,۹۹۹ - ۰
۴/۳۰	۴/۱۵	۴/۰۰	۴/۰۰	۴/۰۰	۴۱۹,۹۹۹ - ۴۰۰,۰۰۰
۴/۳۶	۴/۲۱	۴/۰۶	۴/۰۶	۴/۰۶	۴۳۹,۹۹۹ - ۴۲۰,۰۰۰
۴/۴۱	۴/۲۶	۴/۱۱	۴/۱۱	۴/۱۱	۴۵۹,۹۹۹ - ۴۴۰,۰۰۰
۴/۴۷	۴/۳۲	۴/۱۷	۴/۱۷	۴/۱۷	۴۷۹,۹۹۹ - ۴۶۰,۰۰۰
۴/۵۲	۴/۳۷	۴/۲۲	۴/۲۲	۴/۲۲	۴۹۹,۹۹۹ - ۴۸۰,۰۰۰
۴/۵۸	۴/۴۳	۴/۲۸	۴/۲۸	۴/۲۸	۵۱۹,۹۹۹ - ۵۰۰,۰۰۰
۴/۶۳	۴/۴۸	۴/۳۳	۴/۳۳	۴/۳۳	۵۳۹,۹۹۹ - ۵۲۰,۰۰۰
۴/۶۹	۴/۵۴	۴/۳۹	۴/۳۹	۴/۳۹	۵۵۹,۹۹۹ - ۵۴۰,۰۰۰
۴/۷۴	۴/۵۹	۴/۴۴	۴/۴۴	۴/۴۴	۵۷۹,۹۹۹ - ۵۶۰,۰۰۰
۴/۸۰	۴/۶۵	۴/۵۰	۴/۵۰	۴/۵۰	۵۹۹,۹۹۹ - ۵۸۰,۰۰۰
۴/۸۰	۴/۶۵	۴/۵۰	۴/۵۰	۴/۵۰	۶,۵۰۰,۰۰۰ - ۶۰۰,۰۰۰

در مواردی که سالن‌های نمایش فیلم و تئاتر، رستوران‌ها و سایر تسهیلات تفریحی بیش از ۲۰٪ مساحت تجاری خالص (GLA) را اشغال می‌کنند، روش «پارکینگ اشتراکی» توصیه شده است. به این صورت که نیازهای پارکینگ بطور جداگانه برای تسهیلات خرید، سینما، رستوران‌ها و تسهیلات تفریحی پیش‌بینی گردد. در این خصوص مطالعه محلی میزان همپوشانی استفاده از فضاهای پارک را تعیین می‌کند. فرضًا فضاهای پارکینگی که توسط خریداران در بعد از ظهر استفاده می‌شود، ممکن است در عصر توسط مشتریان سینما استفاده شود.

مورد زیر را در نظر بگیرید: یک مرکز خرید منطقه‌ای جدید با مساحت ۱،۰۰۰،۰۰۰ فوت مربع GLA قرار است ساخته شود. پیش‌بینی می‌شود که ۱۵٪ از GLA بوسیله سالن سینما، رستوران‌ها و سایر تسهیلات تفریحی اشغال شود. بر اساس اطلاعات توصیفی جدول (۱۱-۳)، نسبت پارکینگ مورد نیاز در این مجتمع ۴/۶۵ فضا بازه هر ۱۰۰۰ فوت مربع GLA معادل $4,650 = 4,65 * 1,000$ فضای پارکینگ می‌باشد.

مرجع [۴] مدل دقیقتری برای پیش‌بینی نیاز به پارکینگ در دوره اوج ارائه می‌کند. از آنجا که این مدل دارای جرئیات بیشتری است، اطلاعات ورودی متعددی برای بکار بردن آن مورد احتیاج می‌باشد. بر این اساس تقاضای پارکینگ اوج بصورت زیر برآورد می‌گردد:

$$D = \frac{NKRP * pr}{O} \quad (1-11)$$

که در آن:

D : تعداد فضای پارکینگ مورد نیاز.

N : اندازه فعالیت اندازه گیری شده متناسب با نوع واحد (سطح طبقه، تعداد شاغلین، تعداد واحد مسکونی و سایر پارامترهای مرتبط با کاربری زمین).

K : بخشی از مقاصد (میزان سفرهای ختم شده) که در بازه زمانی مورد نظر اتفاق می‌افتد.

R : نفر - مقصد (نفر - سفر) در روز (یا هر بازه زمانی دیگر) بازه واحد فعالیت.

P : نسبتی از مردم که بوسیله سواری شخصی به مقصد می‌رسند.

O : متوسط تعداد سرنشین سواری‌های شخصی.

pr : نسبتی از افراد که مقصد اصلی آن‌ها در محدوده مورد مطالعه می‌باشد.

مرکز خریدی دارای واحدهای خردۀ فروشی با مساحت ۴۰۰،۰۰۰ فوت مربع را در قلب CBD شهر در

نظر بگیرید. برآوردهای زیر در این خصوص انجام شده است :

- تقریباً ۴۰٪ کل خریداران به دلایل و مقاصد دیگری در CBD حضور دارند ($pr = 0/6$).
- تقریباً ۷۰٪ خریدارن با اتومبیل به مرکز تجاری مورد نظر سفر می‌کنند ($P = 0/7$).
- تقریباً مجموع فعالیت صورت گرفته در مرکز تجاری، ۴۵ نفر - سفر بازه هر ۱۰۰۰ فوت مربع سطح

خالص واحدهای تجاری می‌باشد که ۲۰ درصد این سفرهای در دوره اوچ انباست پارکینگ اتفاق

می‌افتد ($R = 0/20$ و $K = 45$)

- متوسط ضریب سرنشین سواری مراجعین به مرکز خرید، ۱/۵ نفر می‌باشد ($O = 1/5$).
- با توجه به آنکه واحد اندازه گیری کاربری‌ها، ۱۰۰۰ فوت مربع فضای تجاری خالص می‌باشد،

$N=400$ خواهد بود. تقاضای پارکینگ در دوره اوچ بر اساس رابطه (۱-۱۱) بصورت زیر برآورد می‌گردد :

$$D = \frac{400 * 0/2 * 45 * 0/7 * 0/6}{1/5} = 100.8$$

این عدد معادل $1008/400 = 2/52$ فضای پارکینگ بازه هر ۱۰۰۰ فوت مربع GLA می‌باشد.

با وجود اینکه این روش به علت تحلیلی بودن جالب توجه است، استفاده از آن منوط به انجام چندین برآورد در رابطه با فعالیت پارکینگ است. برای اکثر بخش‌ها در صورتیکه اطلاعات دقیق محلی وجود نداشته باشد، این برآوردها مبتنی بر اطلاعات مشابه موجود از توسعه کاربری‌ها در سطوح محلی، منطقه‌ای و ملی می‌باشد.

۱۱-۲- ضوابط ناحیه‌ای

کنترل عرضه پارکینگ برای کاربری‌های مهم عمدتاً بر اساس ملاحظات ناحیه‌ای صورت می‌پذیرد. مقررات ناحیه‌ای محلی عمدتاً حداقل تعداد فضای پارک که می‌بایست برای کاربری‌های از نوع و اندازه خاص فراهم شوند را مشخص می‌نمایند. ضوابط ناحیه‌ای همچنین اغلب احتیاجات پارک افراد معمول را معین می‌کنند و حداقل استانداردها برای بارگذاری نواحی را تنظیم می‌کنند.

مرجع [۴] مشتمل بر فهرستی قابل توجه از احتیاجات ناحیه‌ای توصیه شده برای انواع مختلف کاربری‌ها در نواحی «حومه شهری» می‌باشد. نواحی «حومه شهری» دارای دسترسی کمی به سیستم حمل و نقل عمومی هستند، همپیمایی قابل توجهی در آن‌ها دیده نمی‌شود و پیاده‌روی اجباری برای کاستن از تقاضای پارکینگ به میزان کمی در آن‌ها ملاحظه می‌شود. توصیه‌ها مبتنی بر برآوردن تقاضای ۸۵ درصد (که عبارت است از سطحی از تقاضا که تنها در ۱۵٪ زمان‌ها فراتر از آن می‌رود) هستند و خلاصه‌ای از آن در جدول (۱۱-۴) نشان داده شده است. ملزمات ناحیه‌ای معمولاً ۰.۵٪ تا ۱٪ بالاتر از تقاضای انتظار ۸۵٪ در نظر گرفته می‌شوند.

جدول (۱۱-۴). ملزومات ناحیه‌ای فضاهای پارک توصیه شده در مناطق حومه شهری.

ملزومات ناحیه‌ای توصیه شده	تقاضای پارکینگ اوج	فضاهای پارکینگ بازاء واحد		کاربری زمین
		واحد	واحد	
				مسکونی
۲/۰	۲/۰	واحد مسکونی	واحد مسکونی	تک خانوار
۲/۰	۲/۰	واحد مسکونی	واحد مسکونی	چند خانوار
۱/۰	۱/۰	واحد مسکونی	واحد مسکونی	اتفاق کار
۱/۵	۱/۵	واحد مسکونی	واحد مسکونی	آپارتمان ۱ خوابه
۲/۰	۲/۰	واحد مسکونی	واحد مسکونی	آپارتمان ۲ خوابه یا بیشتر
۱ فضا بازاء کارمندان شیف روز +۰/۵	۰/۷	واحد مسکونی	واحد مسکونی	خانه سالمدان
۱/۰	۱/۰	واحد مسکونی	واحد مسکونی	انباری
				مسکن تجاری
۰/۲۵ بازاء کارمندان شیف روز+فضاهای رستوران، محل استراحت و اتفاق ملاقاتات ۱/۰+	۱/۲	تخت خواب	تخت خواب	هتل/متل
۱/۰ برای مدیران مقیم +۰/۰	۱/۰	تخت خواب	تخت خواب	اتفاق خواب
				درمانی
بزرگترین : ۲/۷ یا ۰/۲۵ بازاء کادر پزشکی +۲/۰ بازاء بیماران +۴/۰ بازاء کارمندان +۰/۳۳	۲/۵	تخت	تخت	بیمارستان
بزرگترین : ۶/۰ یا ۰/۳۳ بازاء دانشجویان +۰/۰ بازاء کادر پزشکی +۰/۰ بازاء بیماران +۴/۰ بازاء کارمندان +۰/۵	۵/۵	تخت	تخت	مرکز پزشکی
				دفتر بازرگانی
۴/۰	۳/۰	۱۰۰۰ فوت مربع GFA	۱۰۰۰ فوت مربع GFA	دفتر عمومی :
۳/۳				کمتر از ۳۰۰۰۰ فوت مربع
۳/۶	۳/۳	۱۰۰۰ فوت مربع GFA	۱۰۰۰ فوت مربع GFA	بیش از ۳۰۰۰۰ فوت مربع
۵/۶	۳/۵	۱۰۰۰ فوت مربع GFA	۱۰۰۰ فوت مربع GFA	بانکها
				شعب بانک‌هایی که به رانندگان سرویس می‌دهند
				خدمات خرده فروشی
۲/۴ بزرگترین : ۴/۰ یا ۲ بازاء هر واحد مراقبت	۲/۲	۱۰۰۰ فوت مربع GFA	۱۰۰۰ فوت مربع GFA	خرده فروشی‌های عمومی
۰/۵	۳/۵	۱۰۰۰ فوت مربع GFA	۱۰۰۰ فوت مربع GFA	پرستاری خصوص
	۰/۵	ماشین شستشو		لباس شویی‌های سکه‌ای

جدول (۱۱-۴). ملزومات ناحیه‌ای فضاهای پارک توصیه شده در مناطق حومه شهری (ادامه).

فضاهای پارکینگ بازاء واحد	تقاضای پارکینگ اوج	واحد	کاربری زمین
۳/۳	۳/۰	GFA ۱۰۰۰ فوت مربع	خرده فروشی کالاها
۴/۴	۴/۰	GFA ۱۰۰۰ فوت مربع	خرده فروشی عمومی
۱/۵ بازاء ۱۰۰۰ فوت مربع انبار داخلی و نمای ظاهری ۲/۵+	۳/۰	GFA ۱۰۰۰ فوت مربع	فروشگاه معمولی
۴/۷		GFA ۱۰۰۰ فوت مربع	فروشگاه کالاهای سخت
۵/۲	۴/۵		مراکز خرید : GLA > ۴۰۰,۰۰۰ فوت مربع
۵/۸	۵/۰		۶۰۰,۰۰۰ تا ۴۰۰,۰۰۱ فوت مربع
	۵/۵		< ۶۰۰,۰۰۰ فوت مربع GLA
۲۲/۰ + ملزومات اتاق ملاقات در هر ضیافت	۲۰/۰	GLA ۱۰۰۰ فوت مربع	غذا و نوشیدنی رستوران کیفی
۱۲/۳ + ملزومات اتاق ملاقات در هر ضیافت	۱۱/۲	GLA ۱۰۰۰ فوت مربع	رستوران خانوادگی
۱۶/۹ (آپرخانه، کانتر سرویس، ناحیه انتظار) + بازاء هر صندلی	۱۵/۴	GLA ۱۰۰۰ فوت مربع	رستوران غذای آماده
۱/۵ (شامل کلاس‌های درس و سایر اتاق‌های مورد استفاده دانش‌جویان و اساتید) + ۰/۲۵ بازاء دانش‌جویان دارای سن رانندگی	۱/۵	کلاس درس	آموزشی ابتدایی / عالیه
۱/۰ بازاء کارمندان شیفت روز و اعضای هیأت علمی + ۰/۵ بازاء دانش‌آموzan مقیم و میهمان + ۱/۰ بازاء ظرفیت ثبت نام	نا معلوم	جمعیت کارمندان	کالج / دانشگاه مرکز مراقبت روزانه
۰/۲۵	نا معلوم	حداکثر اشغال	فرهنگی، سرگرمی و تفریحی انجمن عمومی
۰/۳۳	نا معلوم	حداکثر اشغال	تفریح عمومی
۰/۳۸	۰/۳۵	صندلی	کنفرانس، تئاتر یا ورزشگاه
۰/۵۰	نا معلوم	صندلی	کلیسا
۱/۰ + ۱/۰ بازاء ۱۰۰۰ فوت مربع GFA	۱/۰۰ تا ۰/۶۰	کارمند	صنعتی عمومی
۰/۵۰ + فضاهای مورد نیاز برای دفتر یا نواحی فروش	نا معلوم	GFA ۱۰۰۰ فوت مربع	انبار، کلی فروشی یا خدمات عمومی

ملزومات ناحیه‌ای توصیه شده در جدول (۱۱-۴) به میزان قابل توجهی در نواحی شهری که دارای دسترسی خوب به حمل و نقل عمومی هستند، پیاده‌روی اجباری در آن‌ها وجود دارد (مردمی که درست در مجاورت کاربری‌ها زندگی یا کار می کنند) یا دارای برنامه‌های استفاده از اتومبیل اشتراکی هستند کاهش می‌یابد. در این نواحی، خصوصیات انتخاب وسیله نقلیه برای استفاده کنندگان می بایست تعیین گردد و بدین ترتیب فضاهای پارکینگ ممکن است کاهش یابند. برآورد تفکیک مدلی می بایست شرایط محلی را که می تواند بطور گسترده تغییر کند لحاظ نماید. در یک جامعه شهری کوچک، حمل و نقل عمومی ممکن است ۱۰٪ تا ۱۵٪ کل دسترسی‌ها را فراهم آورد؛ در منهتن (شهر نیویورک)، کمتر از ۵٪ دسترسی‌های مرکز اصلی شهر توسط اتومبیل شخصی تأمین می گردد.

در هر نوع تسیلات پارکینگ، فضای پارکینگ افراد معلول می بایست بر اساس قوانین و آیین‌نامه‌های ملی و محلی فراهم آورده شود. برخی استانداردها هم تعداد فضای مورد نیاز و هم موقعیت آن‌ها را مورد اشاره قرار داده اند. انجمن مهندسان حمل و نقل [۴] توصیه می کند حداقل استانداردها برای فضای پارکینگ مورد نیاز افراد معلول به صورت زیر فراهم آید :

- ادارات و دفاتر : ۰/۰۲ فضای پارک بازاء هر ۱۰۰۰ فوت مربع .GFA
- بانک‌ها : ۱ تا ۲ فضای پارک بازاء هر بانک.
- رستوران‌ها : ۰/۳ فضای پارک بازاء هر ۱۰۰۰ فوت مربع .GFA
- خرده فروشی‌ها (با $GFA > ۰/۰۷۵$ فوت مربع) : ۰/۰۷۵ فضای پارک بازاء هر ۱۰۰۰ فوت مربع .GFA

- خرده فروشی ها (با $GFA < 500000$ مربع) : ۰/۰۶۵ فضای پارک بازاء هر ۱۰۰۰ فوت مربع

.GFA

در تمامی موارد، حداقلی مفید برای یک فضای پارک افراد معلوم در نظر گرفته شده است.

۱۱-۳- مطالعات پارکینگ و ویژگی های آن

تعدادی از خصوصیات پارک کنندگان و پارکینگ تأثیری به سزا بر امر برنامه ریزی دارند. مسائل بحرانی در خصوص نیازهای عرضه پارکینگ عبارتند از مدت پارک، انباشت و ملزمات مجاورت پارک کنندگان. مدت پارک و انباشت پارکینگ به خصوصیات مختلفی ارتباط دارند. اگر ظرفیت پارکینگ در قالب «فضا-ساعت» نگریسته شود، وسایل نقلیه پارک شده برای یک مدت طولانی، ظرفیت بیشتری نسبت به وسایل نقلیه ای که تنها یک دوره کوتاه پارک می کند استفاده می نمایند. در هر ناحیه و یا در هر تسهیلات خاص، هدف فراهم آوردن فضای پارکینگ کافی برای مقابله با حداکثر انباشت تجمعی پارک در شرایط یک روز عادی می باشد.

۱۱-۳-۱- مجاورت : پارک کنندگان چه میزان پیاده روی می کنند؟

حداکثر فاصله پیاده روی که پارک کنندگان بر خود هموار می کنند با هدف سفر و اندازه شهر تغییر می کند. در شرایط عمومی، فاصله پیاده روی مقدور برای سفرهای کاری طولانی تر از هر نوع سفر دیگری است؛ شاید به علت دوره زمانی طولانی تر که این نوع سفر کنندگان درگیر آن هستند. مسافت های پیاده روی طولانی تر برای فضاهای پارکینگ غیر حاشیه ای در مقایسه با فضاهای پارکینگ حاشیه ای (کنار جدول) بیشتر قابل تحمل هستند. همچنین هرچه جمعیت ناحیه شهری افزایش یابد، مسافت های پیاده روی طولانی تری تجربه می شود. تمایل پارک کنندگان به پیاده روی به میزان مشخص به (یا از) مقاصدشان تا اتومبیل آنان می باشد به خوبی دانسته شود، همانطور که این مسئله تأثیر به سزایی در تعیین محل فراهم آوردن عرضه پارکینگ دارد. در

هر شرایطی، رانندگان تمایل دارند محلی برای پارک پیدا کنند که حتی الامکان به مقاصدشان نزدیک باشد. حتی

در شهرهای پر جمعیت (۱،۰۰۰،۰۰۰ تا ۲،۰۰۰،۰۰۰ نفر)، ۷۵٪ رانندگان در فاصله ۰/۲۵ مایلی مقصد نهايی خود

پارک می کنند.

جدول (۱۱-۵)، توزیع مسافت پیادهروی بین محلهای پارک تا مقاصد نهايی در نواحی شهری را نشان

می دهد. اين توزیع مبتنی بر مطالعاتی است که در پنج شهر مختلف (آتلانتا، پیتسبرگ، دالاس، دنور و سیاتل)،

آنطور که در مرجع [۴] گزارش شده انجام گرفته است.

آنچنانکه در اين جدول نشان داده شده است، پارک کنندگان علاقمند هستند که نزدیک به مقاصدشان

باشد. يك دوم (۵۰٪) کلیه رانندگان در فاصله ۵۰۰ فوتی مقاصدشان پارک می کنند. شکل (۱۱-۱) متوسط

فاصله‌های پیادهروی تا و از فضاهای پارک در مقابل میزان جمعیت نواحی شهری را نشان می دهد.

ديگربار اين اطلاعات بر نياز مجاورت ظرفیت پارکینگ در نزدیکی مقاصد تأکيد می کنند. حتی در يك

منطقه شهری با ۱۰،۰۰۰،۰۰۰ نفر جمعیت، متوسط فاصله پیادهروی تا محل پارک تقریباً ۹۰۰ فوت بوده است.

هدف سفر و دوره زمانی سفر همچنین بر مسافت پیادهروی که رانندگان تمایل به انجام آن دارند تأثیر

می گذارد. برای خرید یا سایر سفرهایی که در آنها اشیائی باید حمل شوند، مسافت پیادهروی کوتاهتری دنبال

می شود. برای پارکینگ‌های کوتاه مدت فرضاً برای خرید روزنامه یا سفارش دادن غذا، همچنین مسافت

پیادهروی کوتاهی دنبال می شود. مسلماً رانندگان حاضر نیستند برای شرایطی که تنها ۵ دقیقه می خواهند پارک

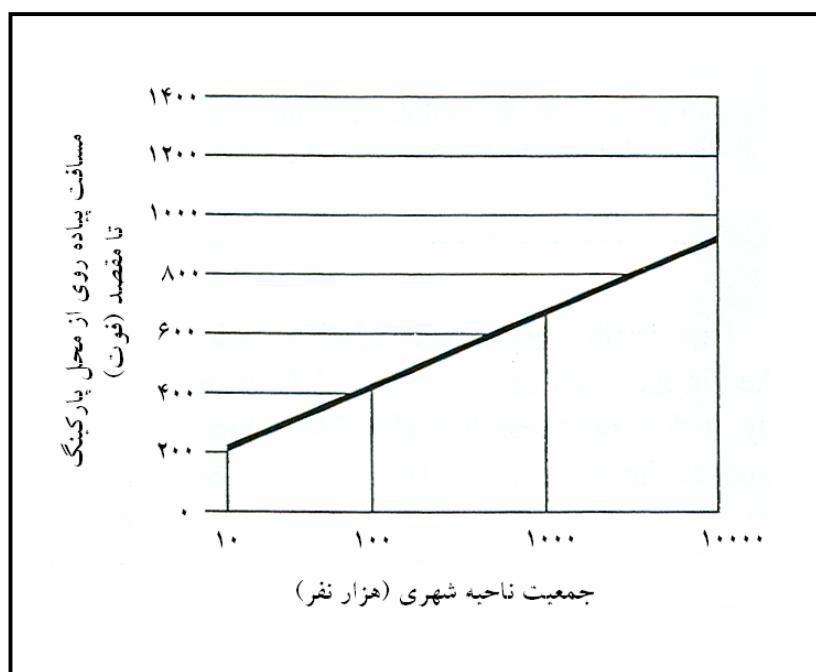
کنند، ۱۰ دقیقه پیادهروی کنند. در مکانیابی تسهیلات پارکینگ، ویژگی‌های مربوط به دانش عمومی

پارک‌کنندگان دارای اهمیت است، اگرچه مطالعات محلی تصویر دقیقتری در این خصوص فراهم می آورد. در

برخی موارد، کاربرد شعور عمومی و قضاوت حرفه‌ای نیز اجزایی مهم در این امر به شمار می آیند.

جدول (۱۱-۵). فاصله پیاده‌روی تا محل پارکینگ در CBD.

بازه	درصد پیاده‌روی از این مسافت یا بیشتر	مسافت	
		میانگین	مايل
۶۰-۸۰	۱۰۰	۰	۰
۴۰-۶۰	۷۰	۰/۰۵	۲۵۰
۲۵-۴۵	۵۰	۰/۱۰	۵۰۰
۱۷-۳۷	۳۵	۰/۱۴	۷۵۰
۸-۲۴	۲۷	۰/۱۹	۱,۰۰۰
۰-۱۵	۱۶	۰/۲۸	۱,۵۰۰
۰-۸	۱۰	۰/۳۸	۲,۰۰۰
۰-۶	۴	۰/۵۷	۳,۰۰۰
۰-۲	۳	۰/۷۶	۴,۰۰۰
	۱	+ ۰/۹۵	+ ۵,۰۰۰



شکل (۱۱-۱). متوسط مسافت پیاده‌روی بر اساس جمعیت نواحی شهری.

۱۱-۳-۲- گردآوری اطلاعات پارکینگ‌های موجود

یکی از مهمترین مطالعاتی که می‌بایست در بررسی کلی نیازهای پارکینگ لحاظ شود، گردآوری اطلاعات عرضه پارکینگ‌های موجود می‌باشد. این قبیل فهرست‌برداری‌ها شامل مشاهده و برداشت تعداد فضاهای پارکینگ و موقعیت آن‌ها، محدودیت‌های زمانی برای استفاده از فضاهای پارکینگ و نوع تسهیلات پارکینگ (فرضًا حاشیه‌ای، غیر حاشیه‌ای مسطح و غیر حاشیه‌ای طبقاتی) می‌باشد. اکثر آمار‌برداری‌های پارکینگ بصورت دستی انجام می‌شوند؛ با استفاده از آمار‌برداران پیاده در منطقه، شمارش و ثبت فضاهای کنار جدول و محدودیت‌های زمانی ممکن و همچنین ثبت موقعیت، نوع و ظرفیت تسهیلات پارکینگ غیر حاشیه‌ای. کاربرد فن‌آوری‌های سیستم حمل و نقل هوشمند برای توسعه و ارتقاء کمی سطح اطلاعات موجود و موضوع دسترسی به آن‌ها آغاز شده است. برخی تسهیلات پارکینگ برای تعیین قیمت پارکینگ شروع به استفاده از برچسب‌ها و تجهیزات الکترونیکی (مانند EZ Pass) نموده‌اند. در این پروسه همچنین می‌توان پیگیری وضعیت دوره زمانی و انباست پارکینگ را نیز بصورت همزمان بعمل آورد. دستگاه‌های هوشمند اندازه‌گیری پارکینگ (پارکومتر) می‌توانند انواع اطلاعات مشابه را برای فضاهای پارکینگ حاشیه‌ای فراهم آورند.

برای تسهیل ثبت اطلاعات موقعیت‌های پارکینگ، محدوده مورد مطالعه معمولاً بر روی نقشه کدگذاری می‌شود. شکل (۱۱-۲) یک سیستم کدگذاری ساده را برای بلوک‌ها و نمایه‌های بلوکی نشان می‌دهد. همچنین شکل (۱۱-۳) برگه‌های برداشت میدانی که توسط آمارگران مورد استفاده می‌شود را نشان می‌دهد. محل‌های پارکینگ حاشیه‌ای بر اساس ممنوعیت‌های پارکینگ و محدودیت‌های زمانی مربوطه تقسیم‌بندی می‌شوند. هنگامی که چند سطر از یک برگه برداشت میدانی برای یک بلوک مورد نیاز باشد، یک زیر مجموعه تهیه شده و نشان داده می‌شود. در مواردی که فضاهای پارک کنار جدول بطور مشخص با رنگ متمایز نشده‌اند، طول جدول

برای برآورده تعداد فضای پارک قابل دسترس مورد استفاده قرار می گیرد که این امر با استفاده از مفروضات زیر

صورت می پذیرد :

- در حالت موازی جدول : ۲۳ فوت برای هر جای پارک
- در حالت پارک زاویه دار : ۱۲ فوت برای هر جای پارک
- در حالت پارک ۹۰ درجه : ۹/۵ فوت برای هر جای پارک

مادامیکه گردآوری اطلاعات پارکینگ مبتنی بر شمارش فضاهای پارک قابل استفاده در طول دوره زمانی مورد نظر - که اغلب ۸ تا ۱۱ ساعت کاری روز در نظر گرفته می شود - باشد، ارزیابی عرضه پارکینگ می بایست با در نظر گیری مقررات و محدودیت های زمانی مربوطه و متوسط طول دوره پارک در منطقه صورت پذیرد. کل عرضه پارکینگ می تواند در قالب تعداد وسایل نقلیه ای که توانسته اند در طول دوره برداشت در محدوده مطالعات پارک کنند بصورت زیر اندازه گیری شود :

$$P = \left(\frac{\sum_{n=1}^N T}{D} \right)^* F \quad (2-11)$$

که در آن :

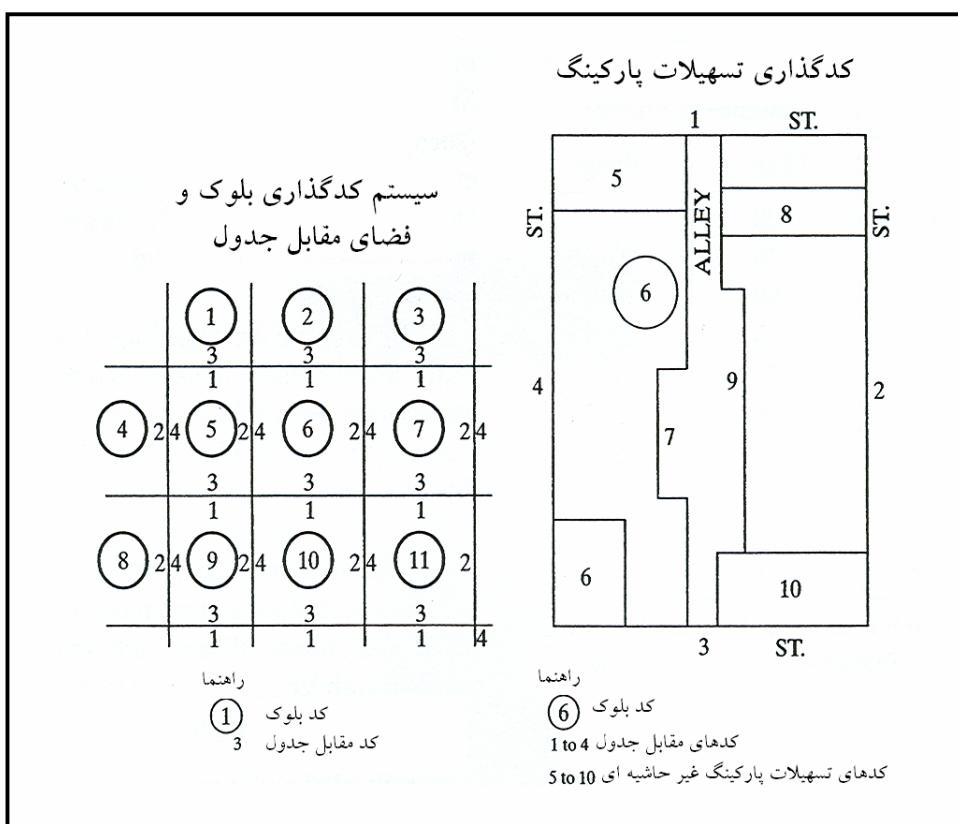
P : عرضه پارکینگ (وسیله نقلیه).

N : تعداد فضای پارکینگ از نوع مشخص در شرایط محدودیت زمانی معین.

T : میزان زمانی که N فضای پارک (از نوع مشخص و با محدودیت های زمانی معین)، در طول دوره مطالعه قابل استفاده می باشد (ساعت).

D : متوسط زمان پارک در طول دوره مطالعه (ساعت بر وسیله نقلیه).

F : شاخص عدم بهره وری برای لحاظ جایگزینی در پارک که بین ۰/۸۵ تا ۰/۹۵ در نظر گرفته می شود و با افزایش متوسط زمان پارک افزایش می یابد.



شکل (۲-۱۱). سیستم نمایشی برای کدگذاری موقعیت پارکینگ.

محدوده برداشت								
تاریخ برداشت								
بلوک	تسهیلات	فضاهای پارک خیابان و کوچه				پارکینگ غیر حاصله ای عمومی	پارکینگ غیر حاصله ای خصوصی	کل فضای پارک
تاریخ		آمارگر						

شکل (۳-۱۱). برگه برداشت میدانی اطلاعات موجود پارکینگ.

مثالی را در نظر بگیرید که در آن، یک دوره مطالعه ۱۱ ساعته پارکینگ در ناحیه‌ای نشان می‌دهد که ۴۵۰ فضای پارک در تمام ۱۲ ساعت قابل استفاده بوده است، ۲۸۰ جای پارک برای ۶ ساعت قابل بهره‌برداری بوده است، ۱۵۰ جای پارک برای ۷ ساعت در دسترس بوده است و ۱۰۰ جای پارک تنها برای ۵ ساعت قابل استفاده بوده است. متوسط زمان پارک وسایل نقلیه در این ناحیه $1/4$ ساعت می‌باشد. عرضه پارکینگ در این محدوده با استفاده از شاخص عدم بهره‌وری به میزان $9/0$ بصورت زیر محاسبه می‌شود:

$$P = \left\{ \frac{(450 * 12) + (280 * 6) + (150 * 7) + (100 * 5)}{1/4} \right\} * 9/0 = 5548 \text{ vehicles}$$

این نتیجه بدان معنی است که ۵,۵۴۸ وسایل نقلیه توانسته‌اند در طول دوره ۱۱ ساعته مطالعه در محدوده مذکور پارک نمایند. البته به این معنی که تمامی ۵,۵۴۸ وسیله نقلیه در یک زمان پارک بوده‌اند نیست. این تحلیل نیازمند معلوم بودن متوسط طول دوره پارک وسایل نقلیه می‌باشد. تعیین این شاخص مهم در بخش بعدی مورد بحث قرار خواهد گرفت.

گردآوری اطلاعات می‌تواند در قالب جدولی مشابه آنچه که در شکل (۱۱-۳) نشان داده شده است نشان داده می‌شود. همچنین این امر را می‌توان بصورت گرافیکی بر روی نقشه‌ای کدگذاری شده به نمایش درآید. نقشه‌ها دید خوبی فراهم می‌کنند لیکن نمی‌توان اطلاعات جزئی را که در جداول خلاصه می‌شوند نشان دهنده از این رو نقشه‌ها و هر نوع ابزار گرافیکی دیگر اغلب به همراه جداول ارائه می‌شوند.

۱۱-۳-۳-۱- انباشت تجمعی و مدت زمان پارک^۱

انباشت تجمعی به عنوان تعداد کل وسایل نقلیه پارک شده در یک بازه زمانی معنی تعریف می‌شود. برخی مطالعات پارکینگ بدنبال ایجاد توزیعی آماری برای انباشت پارکینگ در طول زمان بوده‌اند تا اوج انباشت

^۱ Accumulation and Duration

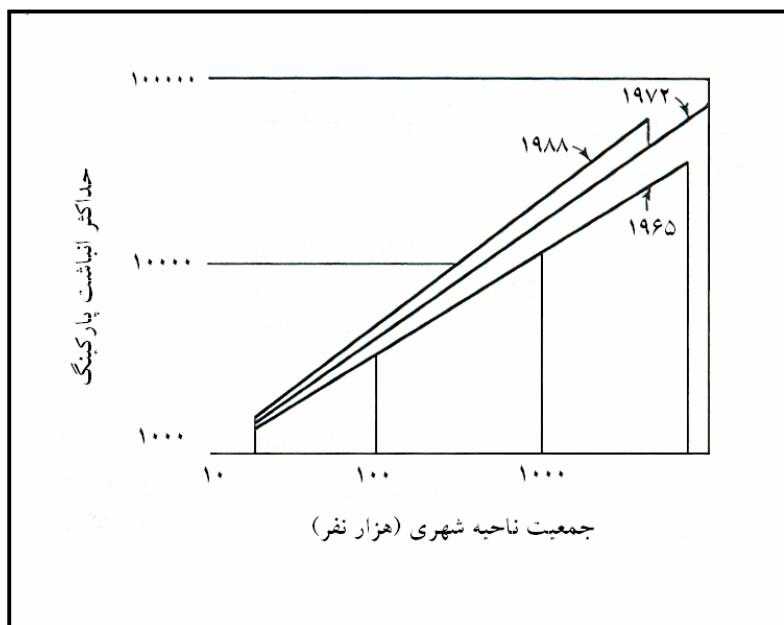
و اینکه چه زمانی روی می دهد را تعیین کنند. البته، انباشت‌های پارکینگ مشاهده شده با میزان عرضه پارکینگ محدود می شوند؛ بنابراین، تقاضای پارکینگ که با کمبود عرضه محدود می گردد می بایست بر اساس ابزارهای دیگر برآورد شود.

مطالعات در سطح ملی نشان داده اند که انباشت تجمعی پارکینگ در اکثر شهرها در طول زمان افزایش یافته است. کل انباشت در یک ناحیه شهری به میزان قابل توجهی به جمعیت ناحیه شهری دارد که این امر در شکل (۱۱-۴) نشان داده شده است.

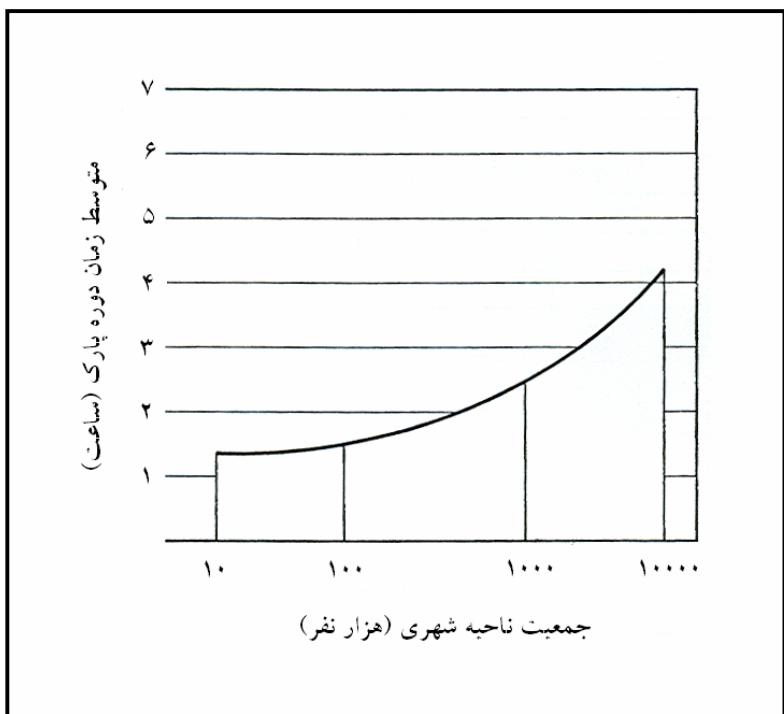
مدت زمان پارک عبارت است از طول زمانی که یک وسیله نقلیه در حالت پارک قرار دارد. این خصوصیت از این رو، توزیعی از مقادیر انفرادی است و این توزیع و مقدار متوسط آن، هر دو از مسائل قابل توجه هستند.

همانند انباشت پارکینگ، متوسط طول زمان پارک به جمعیت ناحیه شهری ارتباط دارد. به این صورت که با افزایش جمعیت شهری، متوسط زمان پارک نیز افزایش می یابد که این امر در شکل (۱۱-۵) نشاده داده شده است. همچنین متوسط زمان پارک با توجه به هدف سفر تغییر می کند که این امر در جدول (۱۱-۶) مورد اشاره قرار گرفته است. این جدول خلاصه‌ای از نتایج مطالعات در شهرها بوستن در سال ۱۹۷۲ و چارلوت در سال ۱۹۸۷ را ارائه می کند.

بر اساس اطلاعات جدول (۱۱-۶)، واضح است که زمان پارک به میزان زیادی از محلی به محل دیگر تغییر می کند. نتایج مطالعات شهر چارلوت کاملاً متفاوت از آنچه در شهر بوستن بدست آمده است. بنابراین مطالعات محلی در خصوص هر دو مورد یعنی انباشت تجمعی و زمان پارک، عناصری مهم در مسیر برنامه‌ریزی و اداره تسهیلات پارکینگ می باشند.



شکل (۱۱-۴). انشاًت تجمعي پارکينگ در يك ناحيه شهرى باتوجه به ميزان جمعيت.



شکل (۱۱-۵). مدت زمان پارک در مقابل جمعیت ناحیه شهری.

جدول (۱۱-۶). متوسط مدت زمان پارک در نواحی شهری به تفکیک هدف سفر.

متوسط طول زمان پارک (ساعت، دقیقه)		هدف سفر
چارلوت (۱۹۸۷)	بوستن (۱۹۷۲)	
ساعت و ۸ دقیقه	۵ ساعت و ۳۰ دقیقه	کاری
	۵ ساعت و ۵۹ دقیقه	مدیر
	همه	کارمند
۱ ساعت و ۵ دقیقه	۲ ساعت و ۶ دقیقه	مشاغل انفرادی
۳ ساعت و ۳۲ دقیقه	۲ ساعت و ۱۴ دقیقه	فروش/مشاغل آزاد
۱ ساعت و ۲۹ دقیقه	۲ ساعت و ۹ دقیقه	خدمات
	۲ ساعت و ۱۸ دقیقه	تفریحی
	۱ ساعت و ۵۷ دقیقه	فروش
	۳ ساعت و ۱۲ دقیقه	سایر
۱ ساعت و ۴۱ دقیقه	۴ ساعت و ۲۰ دقیقه	تمامی اهداف (متوسط)

طرح ترین روش در مشاهده و ثبت خصوصیات انباشت و مدت زمان پارک در پارکینگ‌های حاشیه‌ای و پارکینگ‌های غیر حاشیه‌ای مسطح، عبارت است از ثبت شماره پلاک وسایل نقلیه پارک شده. به این صورت که در بازه‌های زمانی معین که از ۱۰ تا ۳۰ دقیقه در نظر گرفته می‌شود، یک آمارگر در مسیری مشخص (معمولًاً از بالای یک بلوک تا پایین آن بلوک) قدم زده و شماره پلاک وسایل نقلیه‌ای که فضاهای پارک را اشغال نموده اند ثبت می‌کند. نمونه‌ای از برگه‌های برداشت در شکل (۱۱-۶) نشان داده شده است.

اطلاعات هر فضای پارکینگ مشخص شده، در یک برگه برداشت مجزا فهرست برداری می‌شود که این امر با توجه به محدودیت‌های زمانی مربوطه صورت می‌گیرد. در این بین از نمادهای مختلفی برای به تفصیل نشان دادن اطلاعات استفاده می‌شود؛ فرضًاً «TK» برای کامیون‌ها، «T» برای پارک غیر مجاز و وسایل نقلیه جریمه شده و مانند آن. انتظار آن است که یک فرد آمارگر بتواند تا ۶۰ فضای پارک را در هر ۱۵ دقیقه مشاهده

نماید. بنابراین محدوده‌های مطالعاتی می‌بایست بطور دقیق بر روی نقشه مشخص شود تا تمامی مسیرها تحت پوشش آماربرداری قرار گیرند.

برگه برداشت اطلاعات شماره پلاک											
شهر	تاریخ 10 MAY 1978										
آمارگر	JONES W										
سمت خیابان	WRIGHT خیابان										
5 th	6 th										
برای فضای خالی — برای تکرار عدد از گردش قبل سه رقم آخر شماره پلاک 000: کدها و بین											
فضای و مقررات	زمان شروع دور گردش										
5 th	07	07 ³⁰	08	08 ³⁰	09	09 ³⁰	10	10 ³⁰	11	11 ³⁰	12 ⁰⁰
X-WALK	-	-	-								
NPHC	-	-	-								
IHRM	-	713	✓	YTK							
" M	631	✓	(✓)	971							
" M	512	34L	✓	019							
DRIVEWAY	-	-	-	-							
"	-	-	-	613							
IHRM	-	-	418	✓							
" M	117	220	✓	989							
" M	-	148	096	✓							
FIRE HYD	-	-	-	-							
IHRM	042	-	216	✓							
NPHC	-	-	-	774							
X-WALK	-	-	-	-							
6 th											

شکل (۱۱-۶). نمونه‌ای از برگه‌های برداشت شماره پلاک وسایل نقلیه در آمارگیری پارکینگ.

تحلیل اطلاعات شامل جمع‌بندی‌ها و محاسبات متعددی است که با استفاده از اطلاعات برگه‌های

برداشت انجام می‌گیرد:

- مجموع انباشت. از جمع‌بندی اطلاعات هر ستون در برگه برداشت، مجموع انباشت وسایل نقلیه

پارک شده در هر بازه زمانی برای مسیر هر آمارگر معین می‌شود.

- توزیع مدت زمان پارک. بر اساس مشاهده شماره پلاک ثبت شده برای هر فضا، وسایل نقلیه

می‌توانند برای یک بازه، دو بازه، سه بازه و مانند آن طبقه‌بندی شوند. با بررسی هر خط از برگه

برداشت اطلاعات، توزیع مدت زمان پارک حاصل می‌شود.

- تخلفات. تعداد وسایل نقلیه‌ای که بصورت غیر مجاز پارک کرده‌اند، چه به خاطر اینکه فضایی

غیر مجاز را اشغال کرده‌اند یا از محدودیت زمانی در نظر گرفته شده تجاوز کرده باشند

می‌بایست در برگه‌های برداشت ذکر شود.

متوسط مدت زمان پارک از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$D = \frac{\sum_x (N_x * X * I)}{N_T} \quad (3-11)$$

که در آن :

D : متوسط مدت پارک (ساعت بر وسیله نقلیه).

N_X : تعداد وسایل نقلیه پارک شده برای x بازه زمانی.

X : تعداد بازه‌های زمانی در نظر گرفته شده برای پارکینگ.

I : طول بازه زمانی برداشت (ساعت).

N_T : تعداد کل وسایل نقلیه پارک شده مورد مشاهده.

شاخص آماری مفید دیگر عبارت است از نرخ جایگرینی پارکینگ که با TR نشان داده می‌شود. این نرخ

نشان دهنده تعداد پارک کنندگانی است که بطور متوسط از یک جای پارک در طول دوره‌ای زمانی از یک

ساعت استفاده می‌کنند. این شاخص از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$TR = \frac{N_T}{P_s * T_s} \quad (4-11)$$

که در آن :

TR : نرخ جایگزینی پارکینگ (وسیله نقلیه بر فضای پارک در ساعت).

N_T : تعداد کل وسایل نقلیه پارک شده مورد مشاهده در دوره مطالعه.

P_S : تعداد کل فضاهای مجاز پارکینگ.

T_S : طول دوره مطالعه (ساعت).

متوسط مدت زمان پارک و نرخ جایگزینی ممکن است برای هر برگه آمارگیری بعنوان بخش‌های مختلف

محدوده مطالعات محاسبه شود و یا برای کل محدوده مورد مطالعه محاسبه گردد. جدول (۷-۱۱) یک برگه

آمارگیری که مربوط به مسیر یک آمارگر است را نشان می‌دهد. جدول (۸-۱۱) نیز نحوه جمع‌بندی اطلاعات

تک تک برگه‌های آمارگیری برای بدست آوردن اطلاعات کل محدوده را ارائه می‌کند.

توجه شود که هر آمارگیری تنها شامل دوره زمانی آن مطالعه می‌باشد. بنابراین، وسایل نقلیه پارک شده

در ۳:۰۰ بعد از ظهر دارای مدت زمانی پارک خواهند بود که به آن زمان ختم می‌شود، حتی در صورتیکه

آنها بصورت پارک شده در خارج از محدوده زمانی مطالعه باقی بمانند. برای ساده نمودن کار، تنها ۳ عدد آخر

پلاک وسایل نقلیه ثبت می‌گردند؛ در اکثر ایالات‌ها، دو یا سه عدد/حرف اول بیان کننده کدی است که نشان

می‌دهد آن پلاک در کجا به ثبت رسیده است. بنابراین، این اعداد/حروف اغلب در بسیاری از پلاک‌ها تکراری

هستند.

متوسط مدت زمان پارک برای محدوده مورد مطالعه بر پایه جمع‌بندی قسمت ب جدول (۸-۱۱)

بصورت زیر می‌باشد :

$$D = \frac{(۸۷۵ * ۱ * . / ۵) + (۴۹۰ * ۲ * . / ۵) + (۳۰۸ * ۳ * . / ۵) + (۲۷۵ * ۴ * . / ۵) + (۱۴۳ * ۵ * . / ۵) + (۲۸ * ۶ * . / ۵)}{۲۱۱۹} = ۱/۱۲ h / veh$$

نرخ جایگزینی پارکینگ نیز بصورت زیر محاسبه می گردد:

$$TR = \frac{۲۱۱۹}{۱۵۰۰ * ۷} = . / ۲ veh / stall / h$$

جدول (۷-۱۱). نحوه جمع‌بندی و محاسبات برای یک برجه برداشت پارکینگ.

فضای پارک *	زمان														
	8:00	8:30	9:00	9:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	1:00	1:30	2:00	2:30	3:00
1	-	-	861	✓	✓	-	136	-	140	✓	-	-	201	✓	✓
2	470	✓	380	-	-	412	307	-	900	✓	✓	✓	✓	-	070
3	-	211	✓	✓	✓	400	✓	✓	-	-	666	-	855	999	-
4	175	✓	✓	500	✓	222	-	-	616	✓	✓	✓	✓	✓	-
5	333	-	-	380	✓	✓	420	✓	707	-	-	-	-	-	-
شیرآتشستانی	-	-	-	-	-	-	-	242TK	-	-	-	-	-	-	-
1-hr	-	-	484	✓	909	-	811	✓	✓	158	✓	✓	685	✓	-
1-hr	301	-	-	525	✓	✓	696	✓	422	-	299	✓	✓	-	892
1-hr	-	675	895	✓	✓	703	✓	819	-	401	✓	✓	288	-	412
1-hr	406	-	442	781	882	✓	✓	✓	444	-	903	✓	-	-	-
1-hr	-	-	115	✓	618	✓	818	✓	✓	906	✓	-	893	✓	-
2-hr	-	509	✓	✓	-	705	✓	✓	✓	688	✓	696	-	-	807
2-hr	-	-	214	✓	✓	✓	209	-	248	✓	797	✓	✓	✓	✓
2-hr	101	✓	✓	✓	-	531	✓	-	940	✓	✓	✓	628	✓	✓
2-hr	-	392	✓	✓	✓	251	✓	772	-	835	✓	✓	✓	-	-
انباشت	6	7	12	13	11	12	13	10	11	10	12	10	10	7	8

* وسیله نقلیه مشابه پارک شده در فضای پارک = ✓؛ فضاهای زماندار نشان دهنده شاخص محدودیت پارکینگ است؛ کل اطلاعات برای بلوك ۱۶ است

جدول (۱۱-۸). جمع‌بندی اطلاعات آمارگیری پارکینگ در سطح محدوده مورد مطالعه.

کد بلوک	تجمعی برای بازه‌های زمانی (کل ۱۵۰۰ فضای پارک)														
	8:00	8:30	9:00	9:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	1:00	1:30	2:00	2:30	3:00
61	6	7	12	13	11	12	13	10	11	10	12	10	10	7	8
62	5	10	15	14	16	18	17	15	15	10	9	9	7	7	8
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
180	7	8	13	13	18	14	15	15	11	14	16	10	9	9	6
181	7	5	18	16	12	14	13	11	11	10	10	10	6	6	5
مجموع	806	900	1,106	1,285	1,311	1,300	1,410	1,309	1,183	1,002	920	935	970	726	694

(الف) جمع‌بندی ستون‌های برگه برداشت برای تعیین تعداد کل تجمعی

کد فضای مقابل بلوک	تعداد بازه‌های پارک شده					
	1	2	3	4	5	6
61	28	17	14	8	2	1
62	32	19	20	7	1	3
:	:	:	:	:	:	:
180	24	15	12	10	3	0
181	35	17	11	9	4	2
مجموع	875	490	308	275	143	28

تعداد کل پارک کنندگان مشاهده شده $\Sigma = 2119$

(ب) جمع‌بندی ستون‌های برگه برداشت برای تعیین توزیع دوره زمان پارک

حداکثر انباست پارکینگ مشاهده شده در ساعت ۱۱ صبح اتفاق می‌افتد (با توجه به قسمت الف از

جدول (۱۱-۸)) و برابر است با ۱,۴۱۰ وسیله نقلیه که بیان کننده میزان استفاده $= ۹۴\% (1,۴۱۰ / 1,۵۰۰)$ از

فضاهای پارکینگ می‌باشد.

در خصوص تسهیلات غیر حاشیه‌ای، فرآیند مطالعه تا حدی متفاوت است. به این صورت که در بازه‌های

زمانی ۱۵ دقیقه‌ای، تعداد وسایل نقلیه وارد شده و خارج شده از پارکینگ شمارش می‌شوند. برآوردهای

انباست تجمعی مبتنی بر شروع شمارش اشغال پارکینگ در تسهیلات و تفاوت بین وسایل نقلیه ورودی و

خروجی می باشد. توزیع مدت زمان پارک برای تسهیلات غیر حاشیه‌ای نیز در صورتیکه شماره پلاک وسایل نقلیه وارد شده و خارج شده ثب شده باشد قابل استحصال است.

آنطور که اخیراً اشاره شد، مشاهده انباشت و مدت زمان پارک نمی توانند با توجه به عدم کفايت عرضه پارکينگ، ميزان تقاضا را منعکس کند. اگرچه برخی يافته‌ها برای نشان دادن كمبودهای وجود دارند :

تعداد زياد وسایل نقلیه‌ای که بصورت غير مجاز پارک شده‌اند.

تعداد زياد وسایل نقلیه‌ای که بطور غير معمول در فاصله‌ای دور از نقطه اوليه پارک شده‌اند.

انباشت‌های حداکثر که برای دوره‌های زمانی طولانی در روز اتفاق می افتد و يا مکانی که انباشت حداکثر رخ می دهد معادل تعداد فضاهای پارکينگی است بصورت مجار موجود است.

حتى اين شاخص‌ها بيان کننده کليه سفرهایي که انجام شده‌اند نیستند و همچنین سفرهایي که بعلت محدوديت پارکينگ به نقاط ديگر منحرف شده‌اند را در بر نمی گيرند. يك مطالعه تردد شماری در خط قربطينه (به فصل ۸ رجوع شود)، ممکن است استفاده شود تا تعداد کل وسایل نقلیه شامل وسایل نقلیه پارک شده و در حال گردش در درون محدوده مورد مطالعه برآورد شود. البته در اين حالت نیز تعداد سفرهایي که بخاطر كمبود پارکينگ اصلاً انجام نشده اند انعکاس داده نمی شود.

۱۱-۳-۴- سایر انواع مطالعات پارکينگ

تعدادی از سایر روش‌هایي ديگر نیز در گردآوري اطلاعات وسایل نقلیه پارک شده و پارک کنندگان کاربرد دارند. مبادی وسایل نقلیه را می توان پس از ثبت شماره پلاک آنها و استعلام آدرس سکونت فرد از مراکز ایالتی (با فرض اينكه مبدأ سفر باشد) بدست آورد. اين روش که نيازمند مجوزهای خاص از ادارات ایالتی است به تناوب در خصوص مراکز خريد، استاديومها و سایر کاربری‌های عمدۀ جاذب سفر کاربرد دارد.

پرسشگری از پارک کنندگان نیز سودمند بوده و در محلهای اصلی جذب سفر قابل انجام است.

اطلاعات پایه در خصوص هدف سفر، مدت زمان پارک، فاصله پیاده‌روی و غیره به این روش قابل دستیابی می‌باشد. بعلاوه، اطلاعات مربوط به خصوصیات رفتاری و زمینه‌ای پارک کنندگان نیز برای حصول دیدگاه مناسب از اینکه چگونه شرایط پارکینگ بر استفاده کنندگان اثر می‌گذارد قابل استحصال می‌باشد.

۴-۱۱- جنبه‌های طراحی تسهیلات پارکینگ

تسهیلات پارکینگ غیر حاشیه‌ای به دو صورت (۱) مسطح^۱ و (۲) پارکینگ طبقاتی^۲ ایجاد می‌شوند. نوع دوم ممکن است بالای سطح زمین، پایین سطح زمین و یا بصورت ترکیبی از این دو احداث شود. هزینه‌های احداث پارکینگ‌های مسطح و پارکینگ‌های طبقاتی به میزان قابل توجهی بسته به موقعیت و شرایط مختص محل متغیر است. عموماً ایجاد پارکینگ‌های مسطح کم هزینه‌تر از پارکینگ‌های طبقاتی است. بطوریکه هزینه پارکینگ‌های مسطح نوعاً بین ۱۵۰۰ تا ۲۵۰۰ دلار بازاء هر فضای پارک تأمین شده می‌باشد. پارکینگ‌های طبقاتی دارای پیچیدگی بیشتری بوده و پارکینگ‌های طبقاتی زیر زمینی به مراتب پر هزینه‌تر از پارکینگ‌های طبقاتی دارای سازه بالای سطح زمین هستند. هزینه معمول برای پارکینگ‌های طبقاتی بالای سطح زمین بین ۸۰۰۰ تا ۱۱۰۰۰ دلار بازاء هر فضای پارک است در صورتیکه این هزینه برای پارکینگ‌های طبقاتی زیر زمینی بین ۱۶۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ دلار بازاء هر فضای پارک برآورد می‌شود. تصمیم گیری در خصوص چگونگی تأمین فضاهای پارکینگ غیر حاشیه‌ای به ملاحظات مختلفی ارتباط دارد، شامل موجود بودن زمین، میزان فضای پارکینگ مورد نیاز و هزینه‌های تأمین آن.

مرجع [۴] سه هدف کلیدی در طراحی تسهیلات پارکینگ را نام برده است :

^۱ Parking lot

^۲ Parking garage

- تسهیلات پارکینگ می باشد در طراحی، ساده و ایمن برای کاربران آن باشد.
 - تسهیلات پارکینگ می باشد دارای فضای کارآمد بوده و از نظر بهره‌برداری اقتصادی باشند.
 - تسهیلات پارکینگ می باشد با محیط بیرونی خود سازگار باشند.
- садگی و ایمنی شامل برخی موارد شامل نزدیکی به مقاصد اصلی، امکانات کافی برای ورود و خروج (شامل فضای ذخیره)، سیستم گردش داخلی کارآمد و ساده، ابعاد مناسب برای فضاهای پارک و امنیت می باشد. مورد آخر به معنی امنیت در مقابل سرقت وسایل نقلیه و امنیت در برابر آسیب زدن و سایر بزهکاری‌های فردی است. کارآمدی فضا به این معنا است که در کنار فرآهن آوردن سیستم گردشی مناسب و فضاهای پارک و ذخیره، ظرفیت پارکینگ می باشد بیشینه بوده و فضاهای اتلافی آن حداقل باشند. هدف سوم مواردی همچون زیبایی معماری و اطمینان از عدم بدنبال داشتن نابسامانی دیداری و شنیداری برای محیط زیست اطراف این تسهیلات بعلت وسیله نقلیه - سفری که ایجاد می شود را در بر دارد.

۱۱-۴-۱- مبانی ابعادی در پارکینگ‌ها

ابعاد پایه در پارکینگ مبنی بر یکی از دو نوع «وسایل نقلیه طرح» می باشد. تسهیلات پارکینگ مدرن اغلب از ناحیه‌های پارک مجزا برای «سواری‌های کوچک» به منظور حداکثر نموده کل ظرفیت پارکینگ استفاده می کند. شکل (۷-۱۱)، ظوابط پایه برای دو نوع وسیله نقلیه طرح که در طراحی تسهیلات پارکینگ بکار برده می شود را نشان می دهد:

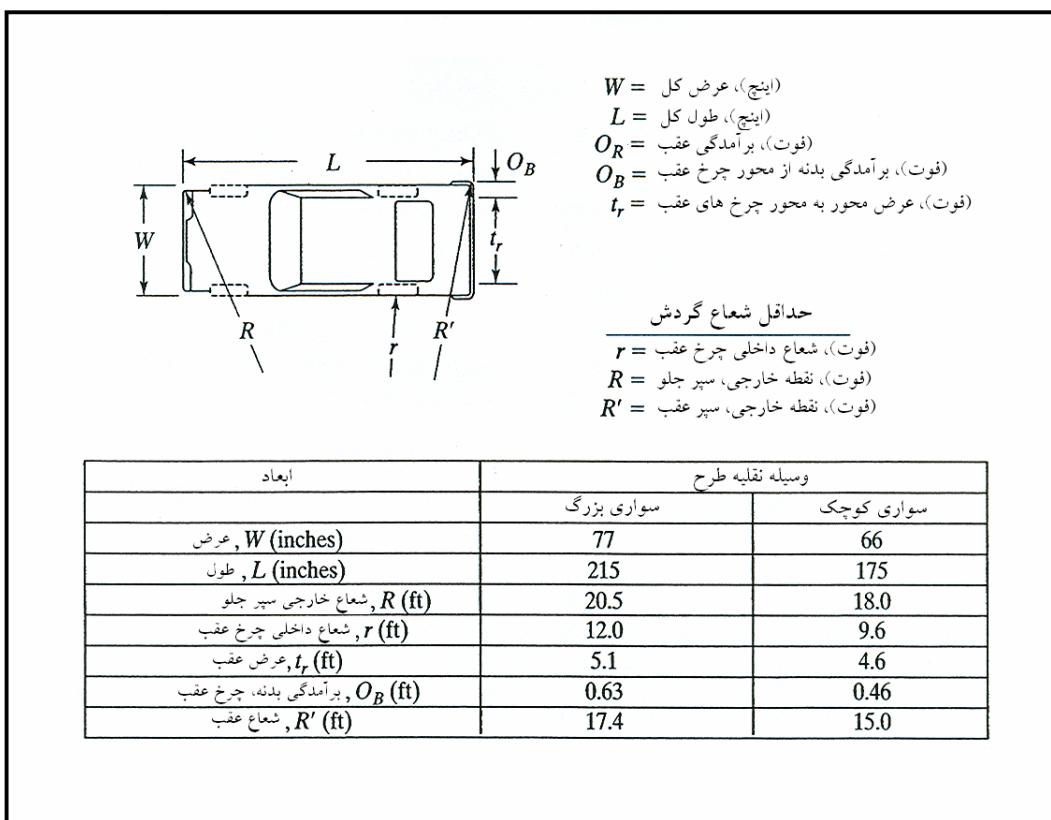
- خودروهای سواری بزرگ
- خودروهای سواری کوچک

عرض فضای پارک

محل‌های پارک می‌بایست دارای عرض کافی برای جای گرفتن وسایل نقلیه بوده و فضای اطمینان کافی برای باز شدن درها را تأمین کنند. حداقل عرض اطمینان مناسب برای باز شدن درها ۲۲ اینچ می‌باشد ولی ممکن است این فضا تا ۲۶ اینچ نیز وقتی تعداد جایگزینی‌ها در پارکینگ زیاد است افزایش یابد. البته تنها یک فضای باز شدن در برای هر جای پارک در نظر گرفته می‌شود، چرا که وسایل نقلیه پارک شده در مجاورت یکدیگر می‌توانند این فضا را به طور مناسب برای استفاده تقسیم کنند. برای خودروهای سواری بزرگ، عرض فضای پارک می‌بایست در بازه‌ای بین $77+22=99$ اینچ (۸/۲۵ فوت) تا $77+26=103$ اینچ (۸/۵۸ فوت) در نظر گرفته شود.

مرجع [۵] استفاده از چهار نوع فضای پارک را بسته به میزان نرخ جایگزینی، و استفاده کنندگان متداول توصیه می‌کند. رهنمودهای طراحی توصیه شده برای عرض فضای پارک سواری‌های بزرگ در جدول (۹-۱۱) نشان داده شده است.

برای سواری‌های کوچک، این رهنمودها عرض پارک را در بازه‌ای بین $66+22=88$ اینچ (۷/۳ فوت) تا $66+26=92$ اینچ (۷/۷ فوت) توصیه می‌کنند. استاندارد طراحی $7/6$ فوت اغلب برای عرض پارک سواری‌های کوچک در نظر گرفته می‌شود. مرجع [۵]، عرض هر جای پارک برای خودروهای نوع A و B را $8/0$ فوت (مطابق جدول (۹-۱۱)) و برای نوع C و D را $7/5$ فوت توصیه می‌کند.



شکل (۷-۱۱). وسائل نقلیه طرح برای طراحی پارکینگ.

طول و عمق فضای پارک

طول فضای پارک به موازات زاویه پارک اندازه‌گیری می‌شود. این طول عموماً به اندازه طول وسیله نقلیه بعلاوه ۶ اینچ برای حاشیه اطمینان سپر در نظر گرفته می‌شود. این طول به میزان $215+6=221$ اینچ (۱۸/۴) فوت) برای سواری‌های بزرگ و $175+6=181$ اینچ (۱۵/۱ فوت) برای سواری‌های کوچک می‌باشد. عمق فضای پارک عبارت است از پیش آمدگی ۹۰ درجه طول وسیله نقلیه بعلاوه ۶ اینچ فاصله اطمینان سپر. برای فضاهای پارک ۹۰ درجه، طول و عمق فضای پارکینگ‌های زاویه‌دار، عمق پارکینگ کمتر از طول پارکینگ می‌باشد.

عرض راهرو

راهرو در پارکینگ‌های مسطح می‌بایست به اندازه کافی عریض باشد تا رانندگان بتوانند به راحتی و با اینمی با کمترین مانور به فضای پارک وارد شده و یا از آن خارج شوند. تعداد این مانورها معمولاً یک مانور در هنگام وارد شدن و دو مانور در هنگام خروج می‌باشد. در مواردی که فضای پارک باریک هستند، راهروها می‌بایست قدری عریض تر باشند تا امکان مذکور فراهم آید. راهروها همچنین وظیفه عبور دادن ترافیک گردشی و عابرانی که تا وسایل نقلیه خود قدم می‌زنند را بر عهده دارند. عرض راهرو بستگی به زاویه پارکینگ و اینکه راهرو یک طرفه است یا دو طرفه دارد.

جدول (۹-۱۱). ظوابط طراحی عرض پارکینگ برای انواع مختلف وسایل نقلیه.

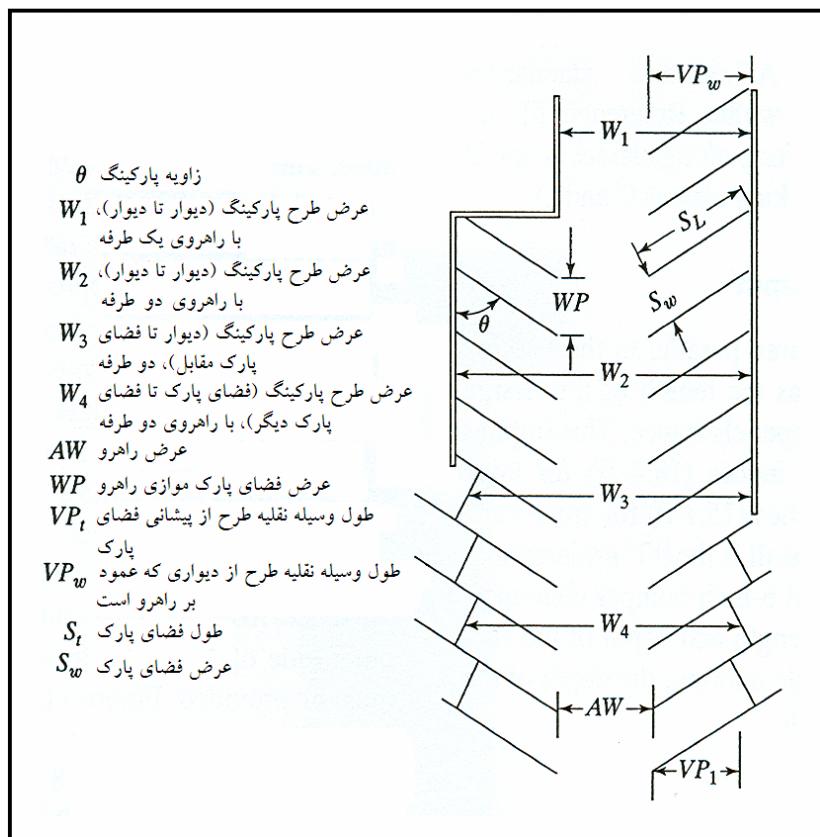
استفاده‌های معمول	جايگزيني معمول			عرض پارکينگ (فوت)	نوع پارکينگ
	زياد	متوسط	كم		
مشتریان خرده‌فروشی، بانک‌ها، رستوران‌ها و سایر تسهیلات دارای نرخ جایگزینی زیاد	X			۹/۰۰	A
مشتریان خرده‌فروشی‌ها، بازدید - کنندگان	X	X		۸/۷۵	B
بازدیدکنندگان، کارمندان ادارات، مسکونی، فرودگاه، بیمارستان‌ها صنعتی، دانشگاه‌ها		X	X	۸/۵۰	C
			X	۸/۲۵	D

۱-۴-۲- طرح‌های پارکینگ^۱

یک «طرح پارکینگ» عبارت است از طرح‌ریزی پایه برای یک راهرو با مجموعه‌ای از فضاهای پارک در هر دو سمت راهرو. روش‌های بالقوه مختلفی برای طرح ریزی فضاهای پارک مطرح شده است. برای فضاهای ۹۰ درجه، عموماً راهروهای دو طرفه استفاده می‌شوند به این صورت که وسایل نقلیه می‌توانند از هر دو جهت حرکت به جای پارک مورد نظر وارد شوند. در مواقعي که فضاهای پارک بصورت زاویه‌دار طراحی می‌شوند، وسایل نقلیه تنها می‌توانند در یک جهت حرکت به فضای پارک وارد شوند و از سمتی دیگر خارج شوند. در اکثر موارد، پارک زاویه‌دار با راهروی یک طرفه و فضاهای پارکینگ در دو طرف راهرو بطوریکه ورودی‌ها و خروجی‌ها در یک جهت مشابه حرکت صورت گیرند طراحی می‌شود. پارکینگ‌های زاویه‌دار همچنین می‌توانند بگونه‌ای طراحی شوند که فضاهای پارک یک سمت راهرو از جهت رویرو دستیابی شوند، همچنانکه فضاهای پارک سمت دیگر راهرو. در برخی موارد، راهروهای دو طرفه می‌بایست فرآهنم آیند. شکل (۸-۱۱) ابعاد پایه برای طرح‌ریزی پارکینگ را ارائه نموده است.

شکل (۸-۱۱) چهار روش مختلف برای طرح‌ریزی پارکینگ را نشان می‌دهد. حالت اول عرض‌ها مربوط به مواردی است که مجموعه فضاهای پارک در مقابل دیوار یا موانع فیزیکی افقی دیگر قرار داده شده اند. حالت دوم در مواردی بکار برده می‌شود که فضاهای پارک به هم پیوسته باشند. حالت سوم وضعیتی است که پارکینگ‌های یک سمت در مقابل دیوار باشند و سمت دیگر به هم پیوسته باشند. حالت دیگر منعکس کننده وضعیتی است که تنها یک مجموعه منفرد مقابل دیوار قرار داده شده باشد. جدول (۱۰-۱۱) ابعاد بحرانی برای انواع مختلف طرح‌های پارکینگ را جمع‌بندی نموده است.

^۱ Parking Modules



شکل (۱۱-۸). عناصر ابعادی در طرح ریزی پارکینگ.

فرآهم آوردن مساحت‌های پارکینگ مجزا برای وسایل نقلیه بزرگ و کوچک، تعداد مشکلات در بهره‌برداری را بدنبال دارد. محدوده‌ها می‌بایست به خوبی تابلوگذاری شوند و سیستم گردش وسایل نقلیه می‌بایست بگونه‌ای باشد که رانندگان امکان دسترسی ساده به هر دو فضای پارکینگ را داشته باشند. در مواقعی که ترکیب پارک وسایل نقلیه بزرگ و کوچک در نظر گرفته شده است، در برخی موارد، وسایل نقلیه بزرگ مجبور هستند که در جای پارک وسایل نقلیه کوچک پارک کنند و در مواقعی نیز وسایل نقلیه کوچک، جای پارک فضای وسایل نقلیه بزرگ را اشغال می‌کنند. وسایل نقلیه بزرگ نه تنها با معضلاتی در جای گیری در فضای پارک وسایل نقلیه کوچک مواجه هستند بلکه در مانور دادن در راهروهای طراحی شده برای وسایل نقلیه کوچک نیز مشکل دارند.

جدول (۱۰-۱۱). رهنمودهای ابعادی در طرح ریزی فضاهای پارکینگ.

طرح ها		عرض AW	عمق VP_i	عمق VP_w	عرض WP	عرض S_{ii}	نوع	طرح پایه
W_4	W_2		فضای پارک تا دیوار	فضای پارک تا دیوار			پارکینگ	
سواری های بزرگ								
۶۱/۰	۶۱/۰	۲۶/۰	۱۷/۵	۱۷/۵	۹/۰۰	۹/۰۰	A	راهروی ۲ طرفه
۶۱/۰	۶۱/۰	۲۶/۰	۱۷/۵	۱۷/۵	۸/۷۵	۸/۷۵	B	۹۰ درجه -
۶۱/۰	۶۱/۰	۲۶/۰	۱۷/۵	۱۷/۵	۸/۵۰	۸/۵۰	C	
۶۱/۰	۶۱/۰	۲۶/۰	۱۷/۵	۱۷/۵	۸/۲۵	۸/۲۵	D	
۵۹/۰	۶۲/۰	۲۶/۰	۱۶/۵	۱۸/۰	۱۰/۴	۹/۰۰	A	راهروی ۲ طرفه
۵۹/۰	۶۲/۰	۲۶/۰	۱۶/۵	۱۸/۰	۱۰/۱	۸/۷۵	B	۶۰ درجه -
۵۹/۰	۶۲/۰	۲۶/۰	۱۶/۵	۱۸/۰	۹/۸	۸/۵۰	C	
۵۹/۰	۶۲/۰	۲۶/۰	۱۶/۵	۱۸/۰	۹/۵	۸/۲۵	D	
۵۷/۰	۵۹/۰	۲۲/۰	۱۷/۵	۱۸/۵	۹/۳	۹/۰۰	A	راهروی ۱ طرفه
۵۷/۰	۵۹/۰	۲۲/۰	۱۷/۵	۱۸/۵	۹/۰	۸/۷۵	B	۷۵ درجه -
۵۷/۰	۵۹/۰	۲۲/۰	۱۷/۵	۱۸/۵	۸/۸	۸/۵۰	C	
۵۷/۰	۵۹/۰	۲۲/۰	۱۷/۵	۱۸/۵	۸/۵	۸/۲۵	D	
۵۱/۰	۵۴/۰	۱۸/۰	۱۶/۵	۱۸/۰	۱۰/۴	۹/۰۰	A	راهروی ۱ طرفه
۵۱/۰	۵۴/۰	۱۸/۰	۱۶/۵	۱۸/۰	۱۰/۱	۸/۷۵	B	۶۰ درجه -
۵۱/۰	۵۴/۰	۱۸/۰	۱۶/۵	۱۸/۰	۹/۸	۸/۵۰	C	
۵۱/۰	۵۴/۰	۱۸/۰	۱۶/۵	۱۸/۰	۹/۵	۸/۲۵	D	
۴۴/۰	۴۸/۰	۱۵/۰	۱۴/۵	۱۶/۵	۱۲/۷	۹/۰۰	A	راهروی ۱ طرفه
۴۴/۰	۴۸/۰	۱۵/۰	۱۴/۵	۱۶/۵	۱۲/۴	۸/۷۵	B	۴۵ درجه -
۴۴/۰	۴۸/۰	۱۵/۰	۱۴/۵	۱۶/۵	۱۲/۰	۸/۵۰	C	
۴۴/۰	۴۸/۰	۱۵/۰	۱۴/۵	۱۶/۵	۱۱/۷	۸/۲۵	D	
* سواری های کوچک								
۵۱/۰	۵۱/۰	۲۱/۰	۱۵/۰	۱۵/۰	۸/۰	۸/۰	A/B	راهروی ۲ طرفه
۵۱/۰	۵۱/۰	۲۱/۰	۱۵/۰	۱۵/۰	۷/۵	۷/۵	C/D	۹۰ درجه -
۵۰/۰	۵۲/۰	۲۱/۰	۱۴/۰	۱۵/۴	۹/۳	۸/۰	A/B	راهروی ۲ طرفه
۵۰/۰	۵۲/۰	۲۱/۰	۱۴/۰	۱۵/۴	۸/۷	۷/۵	C/D	۶۰ درجه -
۴۷/۰	۴۹/۰	۱۷/۰	۱۵/۱	۱۶/۰	۸/۳	۸/۰	A/B	راهروی ۱ طرفه
۴۷/۰	۴۹/۰	۱۷/۰	۱۵/۱	۱۶/۰	۷/۸	۷/۵	C/D	۷۵ درجه -
۴۳/۰	۴۶/۰	۱۵/۰	۱۴/۰	۱۵/۴	۹/۳	۸/۰	A/B	راهروی ۱ طرفه
۴۳/۰	۴۶/۰	۱۵/۰	۱۴/۰	۱۵/۴	۸/۷	۷/۵	C/D	۶۰ درجه -
۳۸/۰	۴۲/۰	۱۳/۰	۱۲/۳	۱۴/۲	۱۱/۳	۸/۰	A/B	راهروی ۱ طرفه
۳۸/۰	۴۲/۰	۱۳/۰	۱۲/۳	۱۴/۲	۱۰/۶	۷/۵	C/D	۴۵ درجه -

* باوجود اینکه زوایای مختلف ارائه شده است، اکثر طرح های مربوط به وسایل نقلیه کوچک برای پارکینگ های ۹۰ درجه هستند.

برخی طراحان طرفدار استفاده از یک اندازه برای تمامی فضاهای پارک هستند. در حالت مطلوب، ابعاد وسایل نقلیه بزرگ می باشد برای تمامی فضاهای پارک در نظر گرفته شود. سیاستی که به اصطلاح با عنوان «یک اندازه مناسب برای همه (OSFA)» تعریف می شود مبتنی بر فضاهای یکنواخت و ابعاد طراحی حاصل از میانگین وزنی معیارهای وسایل نقلیه بزرگ و کوچک می باشد. این وزندهی بر مبنای نسبت استفاده کنندگان هر نوع می باشد. برخی مهندسان ترافیک، مدافع این سیاست به عنوان کاربردی کارآمد در فضاهای پارکینگ غیر حاشیه‌ای بوده‌اند. تمامی مشکلات وسایل نقلیه بزرگ برای استفاده از فضاهای راهروهای وسایل نقلیه کوچک در تمامی این تسهیلات وجود خواهند داشت. بنابراین، یک مهندس می باشد بطور دقیق اثرات منفی بهره‌برداری OSFA در مقابل استفاده افزایش یافته فضایی که OSFA فراهم می آورد را وزن دهی نماید.

۱۱-۴-۳-۳- تفکیک فضاهای وسایل نقلیه بزرگ و کوچک

مرجع [۵] تعدادی از روش‌های مختلف برای جداسازی (یا یکپارچه‌سازی) فضاهای پارک وسایل نقلیه بزرگ و کوچک، در مواردی که هر دو نوع فرآهم شده است را توصیه می نماید. شکل (۹-۱۱) الگوهای مختلف برای یکپارچه‌سازی فضاهای پارک وسایل نقلیه بزرگ و کوچک را نشان می دهد.

- تفکیک کامل فضاهای با اندازه بزرگ و کوچک. بیشترین کارآیی در طرح پارکینگ می تواند

بوسیله جداسازی کامل نواحی پارکینگ وسایل نقلیه بزرگ و کوچک بدست آید. در این مورد،

تمامی ابعاد کاهش یافته برای ملزمات سواری‌های کوچک می توانند بطور کامل استفاده شوند.

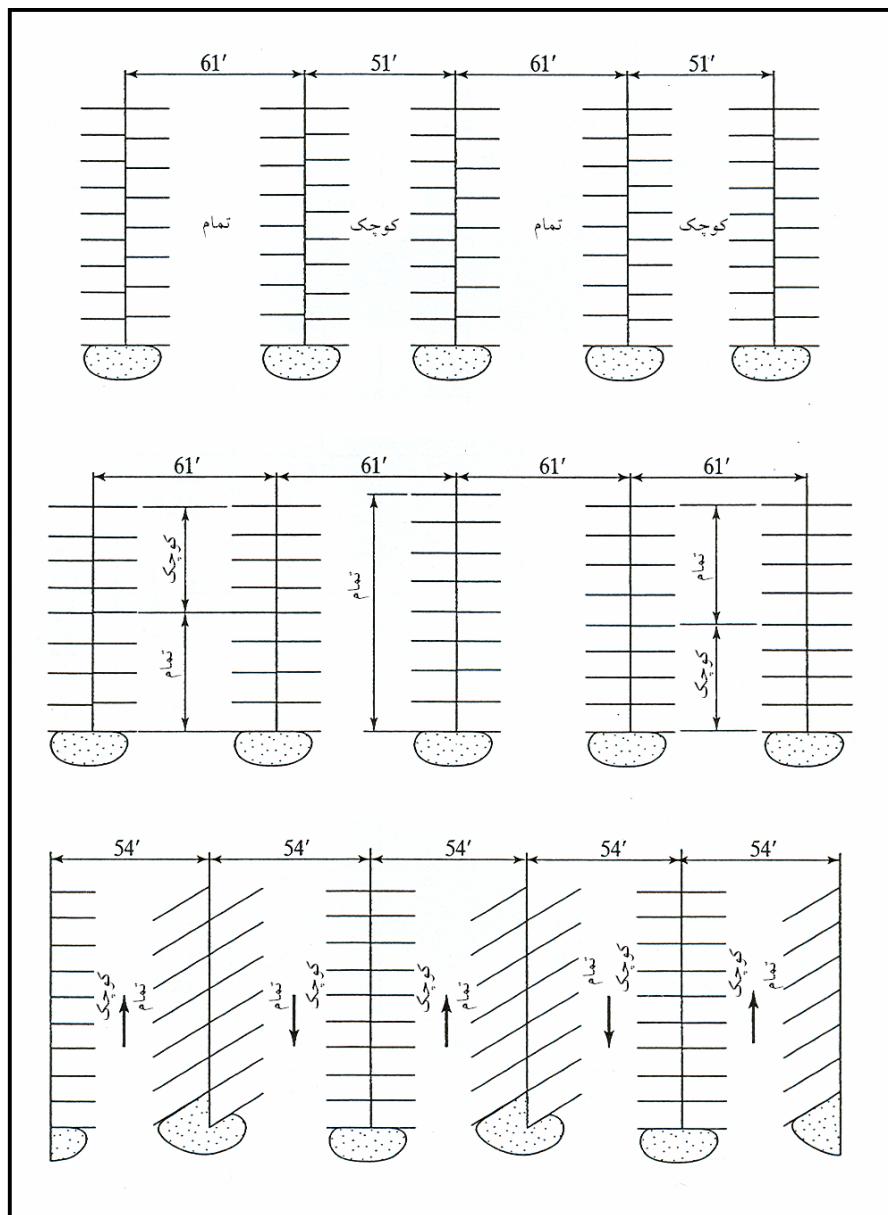
مورد اخیر به این معنی است که تابلوگذاری دقیق می باشد برای هدایت وسایل نقلیه به سمت

فضاهای مربوطه انجام گیرد و تضمین شود که برای یک نوع استفاده کننده خاص، تعداد

فضاهای بیش از نیاز اولیه وجود نداشته باشد.

- ترکیب فضاهای با اندازه بزرگ و کوچک در ردیف‌های یک در میان. در این الگو، طراحی وسایل نقلیه بزرگ و کوچک مطابق آنچه در قسمت فوقانی شکل (۹-۱۱) نشان داده است بطور یک در میان و با ایجاد تفکیک ۵۰-۵۰ در تعداد فضاهای پارک از هر دو نوع در نظر گرفته می‌شود. مزیت این روش آن است که سهولت دسترسی به دو نوع فضاهای نسبتاً به یک میزان بوده و رانندگان به محدوده‌ای وارد نمی‌شوند که کاملاً برای وسایل نقلیه آن‌ها «اشتباه» باشد. مشکلات زمانی افزایش می‌یابند که نسبت ۵۰-۵۰ متناسب با ترکیب وسایل نقلیه نباشد. این الگو می‌تواند با استفاده از طرح تناوب مضاعف بصورت دو راهروی وسایل نقلیه سنگین با دو راهروی وسایل نقلیه سبک بهبود یابد.
- فضاهای با اندازه بزرگ و کوچک در یک ردیف (یا طرح). این الگو در مرکز شکل (۹-۱۱) نشان داده شده است. بخشی از هر ردیف به نوعی از وسایل نقلیه تخصیص می‌یابد. مزیت این طرح آن است که هر ترکیب از فضاهای وسایل نقلیه بزرگ و کوچک قابل اجرا می‌باشد و هیچ راننده‌ای در ردیف «اشتباه» وارد نمی‌شود. نقطه ضعف این روش آن است که همه راهروها می‌بایست با معیارهای وسایل نقلیه بزرگ انطباق داشته باشند.
- تفکیک میان-راهرو. این الگو در بخش پایین شکل (۹-۱۱) به تصویر کشیده شده است. فضاهای پارک وسایل نقلیه کوچک در یک سمت راهرو ایجاد می‌شوند در حالیکه فضاهای پارک وسایل نقلیه بزرگ در سمت دیگر فراهم می‌آیند. در این خصوص، فضاهای سواری‌های کوچک همواره با زاویه ۹۰ درجه استقرار می‌یابند در صورتیکه فضاهای سواری‌های کوچک با عمق کمتر ایجاد می‌شوند. استفاده از فضاهای تا حدی خود شرایط را اداره می‌کند بطوریکه

رانندگان وسایل نقلیه بزرگ مانور کردن در فضای وسایل نقلیه کوچک را مشکل می یابند. اگر این الگو در کل مساحت پارکینگ مسطح در نظر گرفته شود، توازن فضاهای بیشتر به نفع وسایل نقلیه کوچک خواهد بود (بیش از ۵۰٪) که این امر ممکن است نامتناسب باشد.



شکل (۹-۱۱). طرح‌های مختلف یکپارچه‌سازی فضا پارک سواری‌های بزرگ و کوچک در تسهیلات پارکینگ.

اگرچه ترجیح داده می شود که یک طرح در کل مجموعه تسهیلات پارکینگ استفاده شود (تا رانندگان دچار سردرگمی نشوند)، همواره این امکان وجود دارد که بطور دقیق بیش از یک طرح واحد را به اجرا رساند. این امر ممکن است برای حداکثر کردن استفاده از فضاهای ضروری باشد لیکن می بایست با هدایت و علامتگذاری دقیق همراه باشد.

۴-۱۱- پارکینگ‌های طبقاتی

پارکینگ‌های طبقاتی مقید به فضاهای پارک و نیازمندی‌های طراحی همانند پارکینگ‌های مسطح بوده و دارای ملزومات مشابه در خصوص نواحی ذخیره و گردش وسایل نقلیه هستند. سازه پارکینگ‌های طبقاتی نیز محدودیتی دیگر برای این پارکینگ‌ها به حساب می آید، از قبیل ابعاد ساختمان، موقعیت ستون‌های سازه و شاخصه‌های دیگر. طرح ایده‌ال و ابعاد هر فضای پارک می بایست در برخی موقعیت مناسب با عملکرد محیطی این شاخصه‌های سازه‌ای باشد.

پارکینگ‌های طبقاتی علاوه بر تأمین گردش در تراز افقی، دارای وظیفه‌ای دیگر برای فراهم آوردن گردش وسایل نقلیه در ترازهای عمودی نیز هستند. این امر مشتمل بر یک طراحی عمومی و طرحی دارای سیستم شیبراهه، حداقل در مواردی که رانندگان خود پارک می کنند می باشد. در برخی پارکینگ‌های طبقاتی کوچک برای جابجایی قائم از آسانسورهایی استفاده می شود که اغلب کند و ناکارآمد هستند.

سیستم‌های شیبراهه در قالب دو طبقه‌بندی کلی قرار می گیرند :

- سیستم‌های با مسیر مجزا. شیبراهه‌ها برای گردش بین طبقات بطور کامل مجزا از شیبراهه‌های

فراهم شده برای ورودی و خروجی پارکینگ طبقاتی است.

• سیستم‌های پارکینگ هم‌جوار، بخشی یا همه شیبراهه‌های حرکت در راهروهایی اجرا می‌شوند.

که دسترسی مستقیم به فضاهای پارکینگ هم‌جوار را فراهم می‌آورند.

حال اخیر، حرکتی ساده‌تر و ایمن‌تر با حداقل تأخیر را فراهم می‌آورد. این سیستم‌ها البته در تسهیلاتی

که دارای فضای بالقوه پارکینگ زیادی هستند اولویت دارد و بنابراین، این نوع سیستم‌ها تنها در تسهیلات بسیار

بزرگ کاربرد دارند. شکل (۱۰-۱۱) در دو صفحه متوالی تعدادی از طرح‌های شیبراهه که می‌توانند بصورت

جایگزین در پارکینگ‌های طبقاتی بکار برده شوند را نشان می‌دهد.

در برخی پارکینگ‌های طبقاتی و پارکینگ‌های مسطح، سیستم قفسه بندی مکانیکی برای افزایش ظرفیت

پارکینگ تسهیلات استفاده شده است. سیستم‌های مکانیکی عموماً کند بوده و برای پارکینگ‌های با دوره زمانی

طولانی مانند پارک تمام روز افرادی که از حومه به درون شهر می‌آیند، مناسب ترین هستند.

البته برخی جزئیات پیچیده در طراحی و طرح‌ریزی پارکینگ‌های طبقاتی و مسطح وجود دارد. این کتاب

تنها برخی از ملاحظات اصلی مربوطه را پوشش داده است. توصیه می‌شود که خوانندگان برای جزئیات بیشتر

مستقیماً به مراجع [۴] و [۵] مراجعه کنند.

۱۱-۵- برنامه‌های پارکینگ

هر واحد مدیریت شهری می‌بایست دارای برنامه‌ای کارآمد برای پرداخت به نیازهای پارکینگ و مسائل

مربوطه باشد. پارکینگ اغلب موضوعی بحث انگیز می‌باشد چراکه پارکینگ عمومی موضوعی حیاتی برای

فعالیت‌های اقتصادی است و برخی امور اقتصادی خاص، حساسیت ویژه‌ای به پارکینگ دارند. علاوه بر آن،

پارکینگ دارای جنبه‌های مالی هنگفتی است. علاوه بر اثر پارکینگ بر دسترسی و سلامت مالی فعالیت‌های

بزرگ، ساخت و بهره‌برداری از تسهیلات پارکینگ دارای هزینه‌های زیادی است. از بعد دیگر، درآمد حاصل از

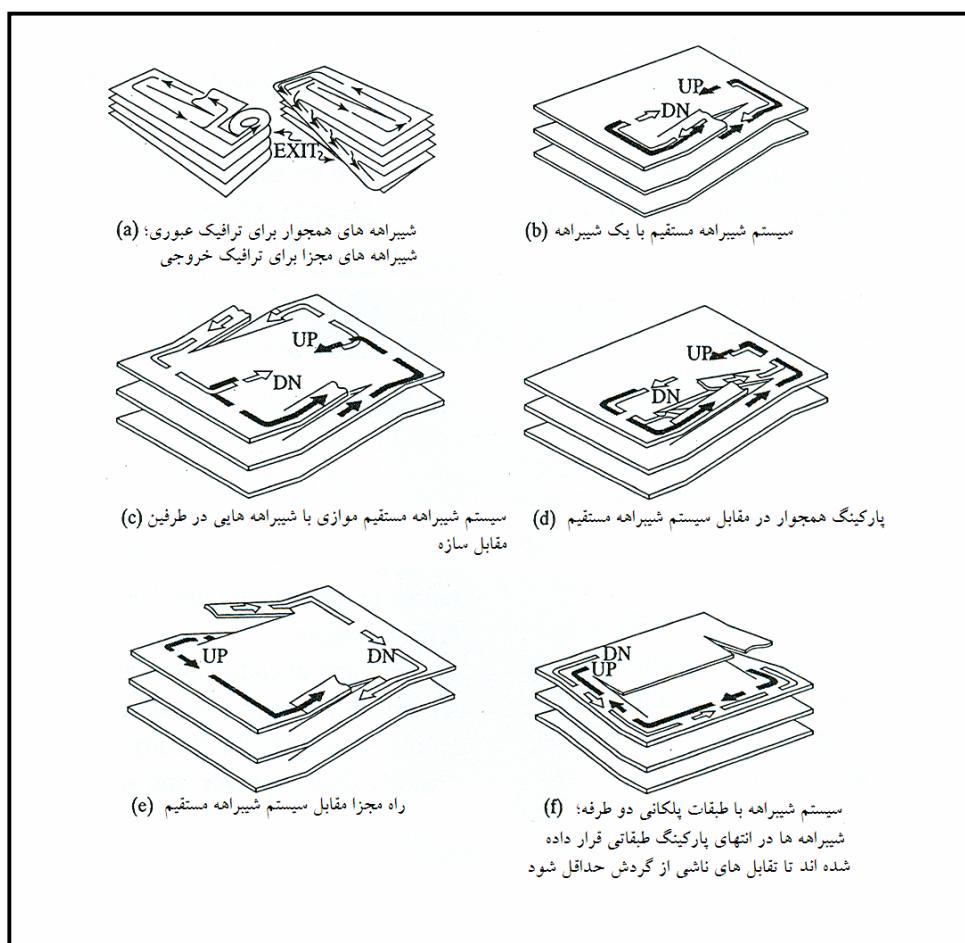
کرایه پارکینگ نیز قابل توجه می‌باشد.

اقبال عمومی به پارکینگ به میزان مسؤولیت عمومی دولت در حفاظت سلامت، ایمنی و رفاه شهروندان

آن بستگی دارد. بنابراین، دولت دارای مسؤولیت در زمینه‌های زیر می‌باشد [۴] :

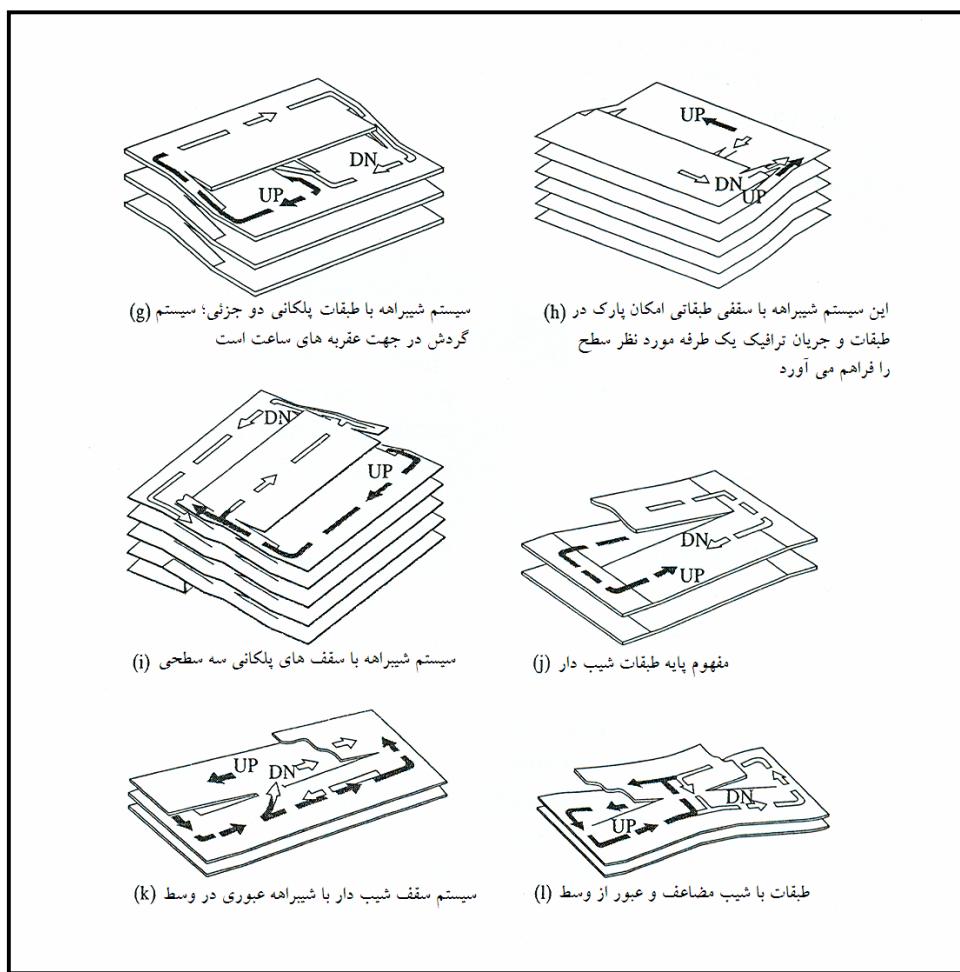
● ایجاد آرمان‌ها و اهداف کمی در برنامه‌های پارکینگ.

● توسعه سیاست‌ها و برنامه‌ها.



شکل (۱۰-۱۱). سیستم‌های گردش در پارکینگ‌های طبقاتی.

- توسعه استانداردهای برنامه و معیارهای کارایی.
- ایجاد ملزومات ناحیه‌ای برای پارکینگ.
- فراهم آوردن پارکینگ برای استفاده‌های عمومی خاص.
- مدیریت و تعديل پارکینگ حاشیه‌ای و بارگذاری آن.
- اعمال قوانین، مقررات و آیین‌نامه‌هایی در زمینه پارکینگ و برخورد با قانون شکنان.



شکل (10-11). سیستم های گردش در پارکینگ های طبقاتی (ادامه).

اینها تعدادی از روش‌های سازمانی برای اجرای مؤثر مقررات عمومی هستند. پارکینگ می‌تواند تحت مدیریت و نظارت بخش‌های اداری موجود در سیستم دولتی قرار گیرد. در جوامع کوچک که در آن‌ها مهندس ترافیک حرفه‌ای و یا اداره ترافیک وجود ندارد، اداره خدمات عمومی می‌تواند مسؤولیت پارکینگ را بر عهده گیرد. در برخی موارد نیز ادارت پلیس این مسؤولیت را متحمل شده‌اند (به عنوان مکمل مسؤولیت‌های مطرح در اعمال قانون)، لیکن این روش به عنوان راهکاری مناسب شناخته نمی‌شود؛ چراکه به عنوان وظیفه‌ای پیش‌پا افتاده در مقابل وظایف اولیه اداره پلیس به آن نگریسته می‌شود. در مواردی که ادارات ترافیک وجود دارند، مسؤولیت اداره پارکینگ‌ها بطور منطقی توسط آن‌ها بعمل خواهد آمد. در شهرداری‌های بزرگتر، ممکن است اداره‌ای مجزا برای پارکینگ در نظر گرفته شده باشد. هیأت امنی پارکینگ ممکن است بصورت انتصابی و یا انتخابی جهت نظارت بر عملکرد پارکینگ تعیین شوند. با توجه به درآمدها و هزینه‌های پارکینگ، ادارات نظارتی عمومی نیز قابل ایجاد هستند.

تسهیلات پارکینگ ممکن است مستقیماً توسط واحدها دولتی اداره شوند و یا حق بهره‌برداری از آن‌ها به بخش‌های خصوص واگذار شود. این امر اغلب به عنوان مسئله‌ای مهم و حیاتی در فرآیند بهره‌برداری به حساب آمده و ممکن است اثرات قابل توجهی بر درآمد خالص پارکینگ‌هایی که درآمدشان به خزانه دولت واریز می‌شود وارد نماید.

سیاست‌های پارکینگ بسته به شرایط محیطی محلی ممکن است در دامنه‌ای وسیع متغیر باشد. در برخی شهرهای بزرگ، عرضه پارکینگ تعمدًا محدود شده است و برای ترغیب به عدم استفاده از خودروی شخصی، هزینه‌های پارکینگ مخصوصاً بالا در نظر گرفته شده است. این نوع سیاست تنها در محله‌ای کاربرد دارد که یک سیستم حمل و نقل عمومی قوی برای برقراری دسترسی به مراکز تجاری شهر وجود داشته باشد. در

مواردی که پارکینگ یکی از عناصر اصلی در دسترسی می باشد، برنامه ریزی، توسعه و بهره‌برداری از تسهیلات

پارکینگ غیر حاشیه‌ای موضوعی مهم خواهد بود. اغلب از مشارکت بخش خصوص برای ساخت، بهره‌برداری و مدیریت تسهیلات پارکینگ استفاده می شود. از آنجا که این روش عموماً نیاز بخش‌های دولتی به سرمایه‌گذاری و بهره‌برداری از این تسهیلات را مستقیماً مرتفع می کند، مدیریت شهری می بایست مذکوره نموده و بخش عمدۀ درآمد پارکینگ را به مجموعه مشارکت کننده اختصاص دهد. البته، پارکینگ‌های مسطح و طبقاتی می توانند تماماً خصوص باشند، اگرچه این تسهیلات عموماً تحت ضوابط خاص اداره می شوند.

درآمد معمولاً از اندازه زمان قانونی پارکینگ و زمان تخلف استحصال می شود. برنامه‌های سنجش زمان

پارک معمولاً به دو دلیل اصلی صورت می گیرند : برای نظم بخشیدن به نرخ جایگزینی پارکینگ و برای کسب درآمد. مورد اول با به اجرا گذاشتن محدودیت‌های زمانی حاصل می شود. این محدودیت‌ها بر حسب نیازهای محلی تعیین می شوند. شاخص‌های سنجش پارک در یک ایستگاه قطار حومه شهری، برای مثال دارای محدودیت‌های زمانی طولانی‌تری خواهد بود چراکه اکثر مردم برای یک روز کاری کامل پارک می کنند. نقاط پارکینگ موجود در نزدیکی محل‌های تجاری محلی مانند شیرینی فروشی‌ها، آرایشگاه‌ها، رستوران‌های غذای آماده، گلفروشی‌ها و کاربری‌های مشابه ممکن است به نسبت دارای محدوده زمانی کوتاه‌تری برای ترغیب به افزایش جایگزینی و تعدد استفاده از فضاهای پارک باشند. تعریف‌ها بر اساس نیازهای درآمدی و متأثر از سیاست‌های عمومی برای ترغیب یا عدم ترغیب استفاده از پارکینگ تعیین می شوند.

صرفنظر از چگونگی سازماندهی و مدیریت، برنامه‌های پارکینگ می بایست اجزاء زیر را دارا باشند :

۱. برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری. اهداف کلان می‌بایست تعریف شده و برنامه‌ریزی جهت نیل به آن‌ها صورت پذیرد؛ سیاست‌های معمول در عرصه پارکینگ می‌بایست به عنوان بخشی از برنامه‌ریزی طرح‌ریزی شوند.
۲. مدیریت حاشیه معابر. فضای حاشیه معابر می‌بایست به پارکینگ حاشیه‌ای، ایستگاه‌های حمل و نقل عمومی، توقفگاه تاکسی، محدوده سوار و پیاده شدن مسافر و سایر کاربردهای مربوطه اختصاص یابد. میزان استفاده از هر یک و محل مربوطه می‌بایست تنظیم شده و مقررات مناسب اجرا شده و تابلوگذاری به عمل آید.
۳. ساخت، نگهداری و بهره‌برداری از تسهیلات پارکینگ غیر حاشیه‌ای. این امور چه از طریق بخش خصوص صورت پذیرند و چه بخش دولتی، مقوله ساخت تسهیلات پارکینگ مورد نیاز می‌بایست تحت سیاست‌های تشویقی و قوانین مورد حمایت قرار گیرد؛ اعتبار این قبیل تسهیلات می‌بایست با دقت عمل برنامه‌ریزی شود تا امکان بهره‌برداری را تضمین نموده و درآمدی را نیز برای دولت محلی به ارمغان آورد.
۴. اعمال قانون. مقررات مربوط به پارکینگ و سایل کاربردهای حاشیه معابر می‌بایست بطور جدی اجرا شوند تا کارآمدی حاصل شود. این وظیفه ممکن است بر عهده پلیس محلی باشد و یا تحت عمل اداره مستقلی که برای برخورد با تخلفات پارک ایجاد شده باشد قرار گیرد؛ امر قضاوی نیز ممکن در قالب یک سیستم دادگاه ترافیک بصورت مجزا صورت گیرد و یا بر عهده سیستم دادگاه محلی معمول نهاده شود.

برای کارآمدی، سیاست‌های پارکینگ می‌بایست هماهنگ با برنامه کلی نظام دسترسی به نواحی مرکزی شهر باشد. ایجاد یا بهبود خدمات حمل و نقل عمومی ممکن است بخشی از تقاضای پارکینگ را مرتفع نماید، در حالیکه سکونت پذیری عملاً در محدوده مرکزی شهر حفظ خواهد شد.

همانگونه در خصوص سایر عناوین مربوط به پارکینگ ملاحظه شد، این کتاب تنها نگاهی سطحی به مقوله پیچیده برنامه‌ریزی پارکینگ دارد. لذا توصیه می‌شود خواننده به منابع دیگر خصوصاً مرجع [۴] رجوع نماید تا به جزئیات بیشتر و مطالب تکمیلی این موضوع دست یابد.

۶-۱۱- توضیحات پایانی

بدون محلی برای پارک در دو طرف یک سفر، اتومبیل وسیله‌ای ناکارآمد در حمل و نقلی خواهد بود. بدليل آنکه جامعه ما به میزان زیادی به وسائل نقلیه شخصی برای جابجایی و دسترسی اتکا دارد، موضوع احتیاجات پارکینگ و فراهم آوردن تسهیلات پارکینگ کافی، عنصری حیاتی در سیستم حمل و نقل محسوب می‌شود.

منابع

1. *Parking Generation*, 2nd Edition, Institute of Transportation Engineers, Washington DC, 1982.
2. "Parking Principles", *Special Report 125*, Transportation Research Board, Washington DC, 1971.
3. *Parking requirements for shopping Centers*, 2nd Edition, Urban Land Institute, Washington DC, 1999.
4. *Weant, R. and Levinson, H.*, Parking Eno Foundation for Transportation, Westport, CT, 1990.
5. *Guidelines for Parking Facility Design and Location: A Recommended Practice*, Institute of Transportation Engineers, Washington DC, April 1994.

مسائل

۱-۱۱. یک مجموعه آپارتمانی بلند مرتبه با ۶۰۰ واحد مسکونی قرار است ساخته شود. تقاضای پارکینگ اوج مورد انتظار برای چنین تسهیلاتی با فرض اینکه ناحیه مورد نظر فاقد دسترسی از طریق سیستم حمل و نقل عمومی قابل توجه است چقدر است؟

۲-۱۱. یک مرکز خرید با ۶۰۰،۰۰۰ فوت مربع مساحت خالص تجاری برنامه ریزی شده است. انتظار می‌رود که ۱۰٪ مساحت طبقات به سالن سینما و رستوران اختصاص داده شود. تقاضای پارکینگ اوج مورد انتظار برای این کاربری چه میزان خواهد بود؟

۳-۱۱. بر مبنای ضوابط ناحیه‌ای، چه تعداد از فضاهای پارکینگ در مسئله ۱ و ۲ می‌بایست از سازندگان خواسته شود تا فراهم آیند؟

۴-۱۱. یک مجموعه اداری جدید ۲۰۰۰ کارمند برای صنایع امنیتی را جای خواهد داد. تعداد مراجعین اندکی برای این مجموعه انتظار می‌رود. هر کارمند ۱ نفر-سفر در روز خواهد داشت. البته، ۳۵٪ این سفرها انتظار می‌رود که در ساعت اوج به وقوع پیوندد. تنها ۷٪ کارمندان بوسیله حمل و نقل عمومی به محل می‌رسند. متوسط ضریب سرنشین سواری‌های شخصی $\frac{1}{3}$ است. تقاضای پارکینگ اوج مورد انتظار برای این تسهیلات چقدر است؟

۵-۱۱. یک مطالعه پارکینگ نشان داده است که متوسط زمان پارک در مرکز شهر ۳۵ دقیقه است و فضاهای زیر در طول ۱۴ ساعت دوره مطالعه (۶ صبح تا ۸ شب) با ضریب کارایی ۹۰٪ موجود هستند. چند وسیله نقلیه ممکن است در محدوده مورد مطالعه در این ۱۴ ساعت پارک کرده باشند؟

تعداد فضاهای	دوره زمانی موجود بودن
۱۰۰	۶ صبح تا ۸ عصر
۱۵۰	۱۲ ظهر تا ۸ عصر
۲۰۰	۶ صبح تا ۱۲ ظهر
۳۰۰	۸ صبح تا ۶ عصر

۱۱-۶. اطلاعات شماره پلاک در جدول (۱۱-۱۱) را برای یک دوره مطالعه از ۷ صبح تا ۲ بعد از ظهر را در

نظر بگیرید. بر حسب این اطلاعات :

جدول (۱۱-۱۱). اطلاعات مسأله ۱۱-۶.

فضای پارکینگ	۷:۰۰	۷:۳۰	۸:۰۰	۸:۳۰	۹:۰۰	۹:۳۰	۱۰:۰۰	۱۰:۳۰	۱۱:۰۰	۱۱:۳۰	۱۲:۰۰	۱۲:۳۰	۱:۰۰	۱:۳۰	۲:۰۰
1 hr meter	100	✓	—	150	✓	✓	246	385	—	691	✓	✓	—	810	✓
1 hr	—	468	✓	630	✓	485	—	711	888	927	✓	✓	108	✓	—
1 hr	848	911	✓	✓	221	747	922	✓	—	787	✓	452	✓	—	289
1 hr	—	—	206	✓	242	✓	✓	—	899	✓	205	603	812	✓	✓
1 hr	—	—	566	665	✓	333	848	✓	999	—	720	—	802	✓	—
1 hr	—	690	—	551	✓	✓	347	✓	265	835	486	✓	—	721	855
شیر آتشنشانی	—	—	—	—	—	—	—	777	—	—	—	—	—	—	—
2 hr meter	—	—	940	✓	✓	505	608	✓	✓	✓	121	123	✓	—	880
2 hr	636	✓	✓	✓	✓	—	582	✓	✓	811	919	✓	711	✓	✓
2 hr	—	399	✓	✓	401	904	✓	✓	789	✓	556	✓	✓	✓	232
2 hr	—	416	✓	✓	✓	✓	✓	—	658	✓	292	844	493	✓	✓
2 hr	188	✓	✓	—	665	558	✓	✓	✓	213	✓	—	779	✓	✓
2 hr	—	—	—	277	✓	336	409	✓	✓	884	✓	✓	713	895	431
2 hr	—	—	837	✓	✓	418	575	✓	952	✓	✓	✓	✓	—	762
2 hr	—	506	✓	✓	—	786	✓	✓	✓	527	606	✓	385	✓	✓
شیر آتشنشانی	—	—	—	—	—	518	—	—	—	758	—	—	—	—	—
3 hr	—	079	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	—	441	✓	611	✓	✓
3 hr	256	✓	✓	✓	✓	—	295	✓	✓	338	✓	—	499	✓	✓
3 hr	—	—	848	✓	✓	✓	✓	✓	—	933	✓	✓	✓	✓	✓
ایستگاه اتوبوس	—	—	—	—	—	740	142	—	—	—	—	—	—	—	—
ایستگاه اتوبوس	—	—	—	—	—	915	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ایستگاه اتوبوس	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ایستگاه اتوبوس	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	818
ایستگاه اتوبوس	—	—	—	—	—	888	—	175	755	—	—	—	—	—	397

(الف) توزیع زمانی دوره پارک را بدست آورده و نمودار مستطیلی مربوطه رارسم نمایید.

(ب) الگوی تجمعی انباشت پارک را ترسیم کنید.

(ج) متوسط دوره زمان پارک را محاسبه کنید.

(د) زمان کل و نرخ تخلفات پارکینگ را جمع بندی نمایید.

(ه) نرخ جایگزینی پارکینگ را محاسبه کنید.

آیا عرضه پارکینگ مازاد یا کسری پارکینگ در این بلوک وجود دارد؟ چگونه این را می دانید؟

۱۲-۱- مقدمه‌ای بر مفاهیم ظرفیت و سطح سرویس

از مهم‌ترین نیازهای مهندسی ترافیک، درک صحیح از میزان ترافیک قابل سرویس دهی و شرایط عملکردی تسهیلات داده شده است. این موضوعات تحت عنوانین ظرفیت بزرگراه‌ها و تحلیل سطح سرویس بیان می‌شود.

تحلیل سطح سرویس و ظرفیت برپایه روندهای تحلیلی مربوط به میزان تقاضا، میزان جریان موجود، خصوصیات هندسی و میزان‌های موجود از عملکرد راه انجام می‌شود. این

آنالیزها اشکال مختلفی دارند. برخی براساس تحلیل رگرسیون داده‌های پایه و بعضی برپایه الگوریتم‌های نظری و یا قوانین فیزیکی هستند و مدل‌هایی نیز برپایه مفاهیم شبیه‌سازی می‌باشند. کاربرد آنها به مهندسین ترافیک امکان تشخیص حدنهایی ترافیک و تخمین

خصوصیات عملکردی یک تسهیلات در سطوح مختلف جریان را می‌دهد. برای این نوع تحلیل‌ها در آمریکا، از کتاب استاندارد راهنمای ظرفیت بزرگراه‌ها (HCM) استفاده می‌شود. که

از سوی برد تحقیقات حمل و نقل (TRB) از آکادمی ملی مهندسی منتشر شده است و محتوی آن توسط کمیته‌ای در ارتباط با ظرفیت بزرگراه‌ها و کیفیت سرویس (HCQSC) از TRB کنترل شده است. ایجاد زمینه‌های تدوین این راهنمابا حمایت مالی و فنی بعضی از موسسات فدرال آمریکا مانند تعاونی برنامه تحقیقات ملی بزرگراه‌ها (NCHRP) و اداره فدرال بزرگراه‌ها (FHWA) بوده است.

اولین ویرایش HCM به وسیله انجمن عمومی راه در سال ۱۹۵۰ منتشر شد که هدف آن فراهم آوردن راهنمای هماهنگی برای برنامه توسعه ملی سریع بزرگراه‌ها بود. گروه‌های غیررسمی که اولین ویرایش HCM را نوشتند اولین اعضا HCQSC بودند و ویرایش دوم آن

در سال ۱۹۶۵ منتشر شد که مفاهیم مهمی را در ارتباط با تسهیلات با دسترسی‌های محدود از قبیل سطح‌سرویس بیان می‌کرد. سومن ویرایش در سال ۱۹۸۵ انتشار یافت که نکات جدیدی را در رابطه با سطح‌سرویس دربر داشت و همچنین شامل مواردی در رابطه با تسهیلات ترانزیتی و پیاده بود. برای اولین بار معرفی آن به عنوان یک سند در انتشار ویرایش جدید HCM در سال‌های ۱۹۹۴ و ۱۹۹۷ بود.

موضوعات موجود در این متن برپایه چهارمین ویرایش HCM تحت عنوان ۲۰۰۰ می‌باشد که در دسامبر ۲۰۰۰ منتشر شد. این ویرایش شامل موضوعات جدید در ارتباط با طراحی تسهیلات و تحلیل سیستم‌ها و کریدورها بوده و همچنین مرجع رسمی در ارتباط با شبیه‌سازی و رابطه آن با مدل‌های سنتی تشخیص ظرفیت و سطح‌سرویس بزرگ‌راه‌ها می‌باشد. HCM ۲۰۰۰ اولین کتاب راهنمایی است که به دو شکل، یکی با استاندارد آمریکا و دیگری در واحد متریک انتشار یافته‌است. این کتاب راهنمای در ابتدا با واحدهای متریک در پاسخ به نیازهای برخی از ایالات‌ها منتشر شد. سپس قانون موجود اصلاح شده و انشعابی بین دپارتمان راه و حمل و نقل ایجاد شد و بدین ترتیب بعضی از ایالات‌ها هم‌اکنون از سیستم متریک استفاده می‌کنند و بعضی دیگر هنوز واحدهای استاندارد آمریکا را بکار می‌برند. این متن در ابتدا براساس واحدهای استاندارد آمریکا نوشته شد. نوشتمن این متن مانند HCM با دو استاندارد، پس از مباحثت زیاد انجام شده، غیرعملی می‌باشد. مقاله جدیدی که توسط آقای کتیلسون نوشته شد تاریخچه و بحث اساسی در رابطه با مفاهیم HCM و نکات کلیدی آن را بیان می‌کند.

۱-۱-۱۲- مفهوم ظرفیت

HCM ۲۰۰۰ مفهوم ظرفیت را بدین‌گونه تعریف می‌کند:

ظرفیت یک تسهیلات بیشترین نرخ ساعتی است که انتظار می‌رود در آن اشخاص یا وسائل نقلیه با شرایط مناسبی از یک نقطه یا یک قسمت یا خط عبور دریک دوره زمانی خاص و در شرایط غالب جاده با وجود ترافیک و عوامل کنترلی عبور کنند. (HCM ۲۰۰۰ صفحه ۲-۲)

این تعریف شامل مفاهیمی می‌شود که در روندهای تحلیلی به کار می‌رود. ظرفیت به عنوان یک نرخ حداقل ساعتی تعریف می‌شود و در بیشتر موارد نرخ به کار رفته برای ساعت‌اوج، یک پیک ۱۵ دقیقه‌ای می‌باشد.

گرچه HCM ۲۰۰۰ اجازه انتخاب دوره آنالیز را در بعضی موارد می‌دهد. در هر آنالیز باید توجه شود که تقاضا و ظرفیت باید در یک دوره تحلیل توضیح داده شوند.

می‌توان ظرفیت را بر حسب فرد و یا وسیله نقلیه بیان کرد. وقتی موضوعات ترانزیت و عابرپیاده بالاخص در خطوط عبور و تسهیلات شلوغ مورد بحث قرار می‌گیرد ظرفیت اشخاص از ظرفیت وسیله نقلیه نظریه مهم‌تر است.

- ظرفیت برای جاده‌ها، شرایط مختلف ترافیکی و شرایط کنترل شده نیز تعریف شده است. شرایط جاده‌ای به خصوصیات هندسی تسهیلات از قبیل تعداد خطوط عبور، عرض خط عبور، پهنهای شانه‌ها و سرعت جریان آزاد اشاره دارد. شرایط ترافیکی اساساً به ترکیب جریان ترافیک به سویه با حضور کامیون‌ها و وسائل نقلیه سنگین دیگر اشاره دارد. شرایط کنترلی عمدهاً به تسهیلات با جریان ترافیک باوقوفه که دارای کنترل‌هایی مانند ایست، علامت

زرد و علامت‌های دیگر ترافیکی که در ظرفیت تأثیر دارند، اطلاق می‌شود. مفهوم کلی این است که تغییر در هر یک از شرایط موجود باعث تغییر در ظرفیت تسهیلات می‌شود.

• ظرفیت برای یک نقطه یا یک قسمت از تسهیلات تعریف شده است. این موضوع به شرایط موجودی که در بند فوق مورد بحث قرار گرفت، مربوط می‌شود. یک قسمت باید دارای شرایط موجود پایداری باشد. در هر نقطه‌ای که این شرایط تغییر کند ظرفیت نیز تغییر می‌کند.

• ظرفیت به ماکریم جریانی اشاره دارد که می‌تواند به صورت منطقی از یک قسمت عبور کند.

این موضوع تصدیق می‌کند که ظرفیت همانند بقیه عوامل وابسته به زمان و مکان است. بنابراین ظرفیت به عنوان یک میزان جریان خاص ماکریم که انتظار می‌رود در یک تسهیلات رخدده تعریف نمی‌شود، بلکه مقداری است که بیانگر سطحی از جریان می‌باشد که می‌تواند به صورت منطقی و مستمر در یک محل داده شده از یک تسهیلات در محل‌های مشابه در سراسریالت متحده به دست آید. بنابراین مشاهده جریان‌های ترافیکی واقعی بالاتر از ظرفیت ثابت یک تسهیلات، یک تناقص نیست و در بعضی موارد انتظار می‌رود. باید متذکر شویم در حالی که ظرفیت یک مفهوم مهم است، تأثیر شرایط عملکردی در ظرفیت به طور کلی ضعیف است و حفظ ظرفیت یک تسهیلات بدون ایجاد مشکل در یک دوره زمانی سخت بوده، ولی غیرممکن نمی‌باشد.

۱۲-۱-۲- مفهوم سطح سرویس

مفهوم سطح سرویس در سال ۱۹۶۵ به وسیله HCM به عنوان یک راه مناسب برای

توضیح کیفیت کلی عملکرد یک تسهیلات با شرایط ترافیکی، جاده‌ای و شرایط کنترلی مشخص معرفی شد.

با کاربرد یک مقیاس حرفی از A تا F، یک سری حروف فنی برای بیان عملکرد یک

تسهیلات ایجاد شده تا ابزار مناسبی برای عموم و مسئولان در بیان مسائل ترافیکی باشد.

HCM ۲۰۰۰ سطح سرویس را مطابق مفهوم زیر تعریف می‌کند.

سطح سرویس (LOS) یک مقیاس کیفیتی است که شرایط عملکردی مانند سرعت، زمان

سفر، آزادی عمل، اغتششات ترافیکی و راحتی را در یک جریان ترافیک توضیح می‌دهد (HCM ۲۰۰۰ صفحه ۲-۲).

۶ سطح سرویس از A تا F، بهترین تا بدترین عملکرد را برای هر نوع از تسهیلات

توضیح می‌دهد گرچه در ابتدا مدل‌ها برای پیش‌بینی یک معیار کیفی در بیشتر انواع تسهیلات به وجود نیامدند ولی در حال حاضر انواع تسهیلات دارای سطوح سرویسی هستند که براساس معیارهای مورد نظر تعریف شده است.

جدول ۱۱۲ معیارهای که در آن HCM ۲۰۰۰ سطح سرویس را تعریف می‌کند، نشان

می‌دهد. اصولاً سطح سرویس یک تابع پله‌ای است که هر پله شرایط عملکردی را مطابق با شکل ۱۱۲ نشان می‌دهد بنابراین هنگام به کارگیری مفهوم سطح سرویس باید دقیق دقت کافی را مبذول داشت. دو تسهیلات یکسان با سطح سرویس مشابه ممکن است بیش از دو تسهیلات با

دو سطح سرویس متفاوت با هم فرق داشته باشند. این موضوع باتوجه به چگونگی تعریف سطح سرویس می‌باشد.

برای مثال دو سطح سرویس B و C هنگامی که نزدیک به مرز مشترک باشند، ممکن است شرایط کاملاً یکسانی را نشان دهند. یک مفهوم دیگر، این است که سطح سرویس باید بر حسب پارامترهایی تعریف شود که توسط رانندگان قابل مشاهده و برداشت باشد بنابراین حجم یا جریان ترافیک هرگز نباید به عنوان معیار کارایی به کار رود و در حقیقت یک معیار نقطه‌ای است که توسط رانندگان و مسافرین در جریان ترافیکی قابل درک نیست، به عبارت دیگر تعیین یک آستانه پذیرش خاص برای رانندگان و مسافرین بسیار دشوار است. بنابراین تعیین حدود سطح سرویس برپایه قضاوت گروهی از متخصصین کمیته ظرفیت و کیفیت بزرگراه‌های آمریکا استوار می‌باشد.

نرخ‌های جریان سرویس

شکل شماره ۱-۱۲ سطح سرویس را به عنوان یک تابع پله‌ای نشان می‌دهد. و همچنین تعریفی از یک مفهوم جدید یعنی نرخ جریان سرویس را بیان می‌کند. نرخ جریان سرویس به جز وقتی که بیشترین نرخ جریان برای حفظ سطح سرویس جریان دارد با ظرفیت برابر است. نرخ‌های جریان آزاد برای سطوح A تا E تعریف می‌شوند ولی هرگز برای سطح سرویس F که یک جریان ناپایدار و کیفیت سرویس غیرقابل قبول را ارائه می‌دهد، قابل تعریف نیست. به خاطر پیچیدگی بعضی از مدل‌های ظرفیت و سطح سرویس، نرخ‌های جریان سرویس را به سختی برای بعضی از انواع تسهیلات می‌توان، مشخص کرد.

نرخ‌های جریان آزاد مانند ظرفیت معمولاً برای شرایط رایج در یک مقطع یکنواخت در یک تسهیلات تعریف شده و در رابطه مستقیم با سطوح جریانی که منطقاً انتظار می‌رود در سطح سرویس‌های مختلف اتفاق بیفتند، قرار دارد.

مسائل سطح سرویس

همانطور که ذکر شد مفهوم سطح سرویس، مهم‌ترین ابزاری است که برای بیان مفاهیم پیچیده ترافیک برای تصمیم‌گیران و عموم به کار می‌رود و در موارد مختلف دیگری نیز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

کمیته تامین ظرفیت و کیفیت بزرگراه‌ها سال‌ها با تعداد زیادی از این موضوعات دست و پنجه نرم کرده‌اند و حتی سعی در رها کردن بعضی از مفاهیم جنبی به نفع ساده‌سازی روش گزارش که اساس کار است، نموده‌اند.

یکی از مسائل مهم، امکان تعبیر نادرست از تغییر سطوح سرویس به خاطر طبیعت پله‌ای آن است که اکنون مورد توجه قرار گرفته است.

بعضی از مسائل دیگر به شرح زیر است.

معیارهای متفاوت سطح سرویس ثابت است و درک مختلف عموم را در اقصی نقاط آمریکا درنظر نمی‌گیرد. برای مثال، تاخیری که ممکن است در یک تقاطع در شهر نیویورک پذیرفته شده باشد ممکن است در یک تقاطع مشابه‌ای در یک شهر کوچک‌تر پذیرفتنی نباشد.

بعضی از ایالت‌ها و حکومت‌های محلی معیارهای سطح سرویس را در قوانین جدید خود گنجانده‌اند. بنابراین وقتی که تجدید نظر بر روی HCM انجام شد، قانون‌های استاندارد

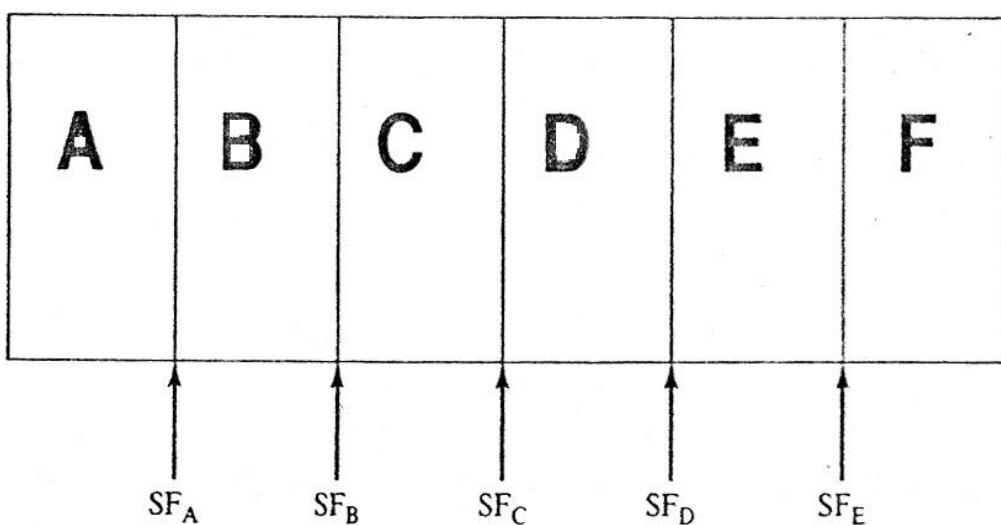
شده آنها نیز تغییر یافت و این دقیقاً براساس نظرات HCQSC نبود و کاملاً توسط قانونگذارانی که این قانون را تصویب کردند، مشخص نشد.

در سال ۱۹۸۵، انتخاب تأخیر به عنوان معیار سطح سرویس برای تقاطع‌های چراغدار، پیچیدگی و مشکل جدیدی را در تعبیر مفهوم سطح سرویس F ایجاد کرد. برای بعضی از انواع تسهیلات مفهوم سطح سرویس F موقعیتی را نشان می‌دهند که تقاضا بیش از ظرفیت است و برای انواع دیگر تسهیلات، کیفیت سرویس غیرقابل قبول را مشخص می‌کند.

دسترسی به مدل‌هایی که قابلیت تخمین مقادیر عددی برای معیارهای کارایی در انواع تسهیلات را دارند در HCM ۲۰۰۰ امکان حذف سطح سرویس به صورت مفهومی را فراهم می‌سازد. معیارهایی مانند تأخیر، تراکم، سرعت و غیره معیار دائمی هستند و بهتر بر روی شرایط عملکردی تأثیر می‌گذارند. حذف یک مفهوم، باعث ایجاد بار مسئولیت تشریح معیارهای کارایی برای تصمیم‌گیران و عموم و توضیح سطوح قابل قبول در حالات مختلف برای مهندسین می‌شود. به خاطر همین موضوع این مفاهیم همچنان مفید واقع می‌شوند و باید مواظب بود تا مفاهیم به صورت مناسبی به کار رفته و نمونه‌هایی که در آن مفهوم سطح سرویس باعث انحراف خواهند شد را مشخص کرد.

جدول شماره ۱-۱۲- شاخص‌های کارایی که سطح سرویس را در HCM ۲۰۰۰ تعریف می‌کنند

شاخص کارایی	نوع تسهیلات	نوع جریان
(Pc/Km/ln) تراکم	آزاد راه‌ها	جریان بی‌وقفه
(Pc/Km/ln) تراکم	مقاطع اصلی	
(Pc/Km/ln) تراکم	محل‌های تداخل	
(Pc/Km/ln) تراکم	رمپ‌های دسترسی	
(Pc/Km/ln) تراکم	بزرگراه‌ها چندخطه	
میانگین سرعت سفر (Km/h) درصد زمان دنبال کردن(%)	بزرگراه‌های دوخطه	
(S/veh) تأخیرهای کنترل	تقاطع‌های چراغ دار	جریان باوقفه
(S/veh) تأخیرهای کنترل	تقاطع بدون چراغ	
میانگین سرعت سفر	خیابان‌های شهری	
تعداد سرویس (veh/day)	حمل و نقل عمومی	
سرفاصله سرویس (دقیقه)		
مسافر / تعداد صنعتی (m ² /ped)	پیاده	
فراوانی رخدادهای تداخلی (evens/h)	دوچرخه	



شکل شماره ۱-۱۲- تصویر سطوح سرویس و نرخ‌های جریان سرویس

معیارهای اجرایی دیگر

HCM ۲۰۰۰ علاوه بر توضیح معیارهای کارایی که حدود سطح سرویس را نشان می‌دهند شامل روش‌های تعیین معیارهای اجرایی برای مهندسین ترافیک نیز می‌باشد. بنابراین وقتی در تسهیلاتی با جریان بی‌وقفه سطح سرویس را با استفاده از چگالی در اختیار داریم پیش‌بینی سرعت متوسط آسان است. برای تقاطع‌های چراغ‌دار، تخمین تأخیر معمولاً با پیش‌بینی میانگین اندازه صفت کمیل می‌شود.

پس از مباحث و مناظرات فراوان HCM ۲۰۰۰ سطح سرویس را برای سیستم‌ها، کریدورها و شبکه‌ها قابل تعریف ندانست ولی وقتی معیارهای اجرایی تعریف و در بعضی موارد تخمین زده شد مفهوم سطح سرویس با توجه به گستردگی آن هنوز در برگیرنده سؤالات بسیار و توجه زیاد بود. بیشترین اهمیت مربوط به درک کاربر از کیفیت سرویس بوده، به عنوان مثال یک سیستم که با معیار سطح سرویس ارزیابی می‌شود کارایی یک قسمت خاص از آن خیلی ارتباطی با نظریه مسافران شخصی از کل آن ندارد. در رابطه با مفهوم سطح سرویس بدون شک این مساله برای سالیان متمادی ادامه خواهد داشت و در پنجمین ویرایش HCM در نظر گرفته شده و برای آن برنامه‌ریزی شده است.

۱-۳-۱۲ نسبت v/c و کاربرد آن در تحلیل ظرفیت

یکی از نتایج مهم تحلیل ظرفیت و سطح سرویس نسبت v/c یعنی نسبت بین تقاضای جریان موجود بر ظرفیت تسهیلات است. این نسبت به عنوان معیاری برای کفایت ظرفیت موجود و یا مورد نظر به کار می‌رود. کاملاً آرمانی است که همه تسهیلات طوری طراحی شوند

که ظرفیت کافی را برای تقاضا موجود و طراحی شده داشته باشند (یعنی نسبت $C/C = 7$ همیشه از یک کمتر باشد).

وقتی یک نسبت $C/C = 7$ تخمین‌زده یا فرض می‌شود، باید دقت گردد تا مفهوم اصلی نرخ جریان (V) و ظرفیت در نظر گرفته شده باشد. نرخ جریان، تقاضا را نشان می‌دهد. در هر حالتی تقاضای دقیق شامل جریان واقعی ورودی به اضافه ترافیکی که به علت مسائل خاص به مسیرها و یا در زمان‌های دیگر هدایت شده و یا حتی مقصد آن به خاطر انبوهی ترافیک عوض شده است، می‌شود. یک جریان ورودی نمی‌تواند بیش از ظرفیت یک تسهیلات باشد ولی برای یک جریان اندازه‌گیری شده در مقایسه با ظرفیت محاسبه شده به وسیله روش $HCM 2000$ یا هر روند دیگری $C/C = 7$ بزرگ‌تر از ۱ قابل قبول است. در اینجا یک ورودی واقعی نمی‌تواند بیش از ظرفیت سیستم باشد و اگر اتفاق بیفتند نشان می‌دهد که ظرفیت تخمین‌زده شده، خیلی کم بوده است.

وقتی در رابطه با آینده بحث می‌شود تقاضای پیش‌بینی شده با ظرفیت تخمین‌زده شده مقایسه می‌شود. یک نسبت $C/C = 7$ بزرگ‌تر از یک نشان می‌دهد که ظرفیت کافی نبوده و توانایی تحمل تقاضای پیش‌بینی شده را ندارد وقتی یک نسبت درست از تقاضا جریان نسبت به حجم (چه در حال و چه در پیش‌بینی آینده) از یک بزرگ‌تر باشد، استنباط می‌شود که صفات ایجاد خواهد شد و پراکندگی جریان بالادست قطعه مشخص نیست. گستردگی صفات و زمان لازم برای از بین رفتن آن به شرایط مختلفی وابسته است که شامل مدت زمانی که $C/C = 7$ بزرگ‌تر از یک است و میزان آن می‌باشد. و همچنین وابسته به شکل منحنی تقاضا در زمان مورد نظر است و وقتی جریان تقاضا به میزان کمتر از ظرفیت رسید صفات شروع به از بین رفتن

می‌کند. به علاوه با ایجاد شدن صفت رانندگان تمایل به انتخاب مسیرهای دیگر برای جلوگیری از تراکم دارند. بنابر این اتفاق افتادن $C/7$ اغلب باعث یک پوشش دینامیک در الگوی تقاضا شده که می‌تواند شدیداً عملکرد را در درون و بیرون قطعه تحت تأثیر قرار دهد.

در مقایسه میزان تقاضا جریان با ظرفیت، اساساً هدف تحلیل ظرفیت و سطح سرویس است. در اینجا علاوه بر سطح سرویس میزان $C/7$ نیز یکی از خروجی‌های این تحلیل است.

۲-۱۲- آزادراه‌ها و بزرگراه‌های چندخطه

شیوه‌های توضیح داده شده در این فصل دربر گیرنده تحلیل جریان بدون وقه در مسیرهای چندخطه است که شامل مقاطع اصلی آزادراه و مقاطع هم سطح بزرگراه‌ها با فاصله کافی از تقاطع‌های چراغدار است تا امکان جریان بدون وقه (تصادفی و نه گروهی) بین دو نقطه ایجاد شود.

۱-۲-۱۲- انواع تسهیلات

آزادراه‌ها، تنها نوع تسهیلاتی هستند که امکان جریان بدون وقه را ایجاد می‌کند. همه ورودی‌ها و خروجی‌های آزادراه با استفاده از رمپ بوده تا به جریان ترافیک اجازه حرکت بدون وقه داده شود و هیچ تقاطع همسطح (با چراغ و بدون چراغ)، دسترسی مستقیم و اجازه پارک در سمت راست مسیر وجود ندارد و کنترل کامل دسترسی‌ها وجود دارد. آزادراه‌ها معمولاً با تعداد کافی خط‌عبور در هر دو طرف ایجاد شده مثلاً یک آزادراه ۶ خطه در هر جهت دارای ۳ خط‌عبور می‌باشد. در دسته‌بندی‌های معمول، آزادراه‌ها دارای ۴، ۶ و ۸ خط‌عبور هستند گرچه در بعضی مناطق مهم شهری ممکن است ۱۰ یا بیشتر خط‌عبور نیز در مقاطع خاصی وجود داشته باشد.

تسهیلات چندخطه مسطح اگر فاصله مقاطع چراغدار کمتر از $1/6$ کیلومتر باشد باید

به عنوان خیابان‌های شهری (شريان) طبقه بندی و تحلیل شوند.

جريان بي وقه در صورتی وجود دارد که يك تسهيلات چندخطه داراي فاصله بيش از

$3/2$ کیلومتر بین دو مقطع چراغدار باشد. در حالتی که فاصله بین مقطع چراغدار در يك

تسهيلات بین $1/6$ تا $3/2$ کیلومتر باشد وجود جريان بدون وقه وابسته به شرایط موجود است

متاسفانه مشخصات خاصی وجود ندارد تا مهندس ترافيك را در تشخيص دقیق نوع جريان در

اینجا کمک کند.

در اکثر موارد تقاطع‌های چراغدار که با فاصله $1/6$ تا $3/2$ کیلومتر قرار گرفته‌اند به‌طور

کامل باعث توقف و حرکت گروهی ترافيكی نمی‌شوند مگر اينکه زمانبندی به‌صورت

هماهنگی ایجاد شده باشد. بنابراین در اکثر موارد می‌تواند به عنوان يك شريان تجزيه و تحليل

شود.

مقاطع چندخطه بزرگراهی با استفاده از خطوط عبور و نوع جزیره وسط خیابان

طبقه‌بندی می‌شود. تسهيلات چندخطه معمولاً شامل ۴ تا ۶ ردیف خط عبور در دو جهت

می‌شوند. اين مسیرها می‌توانند جدانشده (به عنوان مثال بدون وجود ميانه ولی با استفاده از دو

خط موازي زرد جدا شده) یا جدا شده با استفاده از يك جداگانه فيزيکي برای دو جهت

باشند. بزرگراه با سه ميانه نيز وجود دارد (بيشتر در حومه شهر) که شامل دو جهت گرددش به

چپ می‌شود اين حالت به ردیف‌هایی با خطوط عبور اضافه یعنی ۵ یا ۷ خط عبور احتياج

دارد. خط عبور وسط به عنوان يك خط گرددش به چپ برای هر دو طرف به کار می‌رود.

نوع میانه در بزرگراه‌های مسطح چندخطه می‌تواند تاثیرات مهمی روی عملکرد تسهیلات داشته باشد. وجود یک میانه فیزیکی باعث جلوگیری از ایست ترافیک به خاطر گردش به چپ به‌جز در جاهای مجاز می‌شود.

ولی ایست ترافیکی ناشی از گردش به‌چپ در هر نقطه از مسیرهای جدانشده ممکن است به‌وقوع بپیوندد. وقتی در یک جهت خط‌عبور گردش به‌چپ وجود دارد ایست ترافیکی ناشی از آن بدون محدودیت خاصی در همان خط‌عبور اتفاق می‌افتد و جلو وسایل نقلیه دیگر را نمی‌گیرد.. در روندهای تحلیل ظرفیت، مقاطع آزادراهی و بزرگراه‌های چندخطه با توجه به سرعت جریان آزادشان طبقه‌بندی می‌شوند. مطابق با تعریف، سرعت جریان آزاد سرعتی است که هنگام جریان صفر در منحنی سرعت جریان انتظار می‌رود. به‌صورت عملی این موضوع وقتی اتفاق می‌افتد که نرخ جریان از 1000 veh/h/ln کمتر باشد. برای بحث کامل در ارتباط با رابطه سرعت-جریان و خصوصیات آن به فصل ۵ مراجعه شود. شکل شماره ۲-۱۲ برای نمونه چند نوع بزرگراه و مسیر چندخطه را نشان می‌دهد.

۲-۲-۱۲- خصوصیات اساسی آزادراه‌ها و بزرگراه‌های چندخطه

خصوصیات سرعت-جریان

خصوصیات اساسی جریان بی‌وقفه در فصل ۵ با جزئیات توضیح داده شده است. روندهای تحلیل ظرفیت برای آزاد راه‌ها و بزرگراه‌های چندخطه بر اساس منحنی‌های کالیبره شده سرعت-جریان و برای هر مقطع براساس سرعت جریان آزاد در شرایط پایه می‌باشد. شرایط پایه برای آزاد راه‌ها و بزرگراه‌های چند خطه شامل موارد زیر است:

- خودروهای سنگین در جریان ترافیک نیستند.

• اکثر رانندگان آشنا به مسیر هستند.

اشکال شماره ۳-۱۲ و ۴-۱۲ منحنی‌های استاندارد برای استفاده در تحلیل ظرفیت قسمت‌های اصلی بزرگراه و آزادراه را نشان می‌دهند. این شکل‌ها همچنین خطوط چگالی که سطوح سرویس را برای یک جریان بی‌وقفه تعریف می‌کند را دربر می‌گیرد راننده‌های امروزی حتی در نرخ‌های بالای جریان میانگین سرعت‌شان را در بزرگراه‌ها و آزادراه‌ها حفظ می‌کنند. این موضوع به‌وضوح در اشکال شماره ۳-۱۲ و ۴-۱۲ نشان داده شده است. برای آزادراه‌ها سرعت جریان آزاد تا زمانی که نرخ جریان به ۱۳۰۰ تا ۱۷۵۰ وسیله نقلیه در هر خط عبور در ساعت برسد تقریباً ثابت باقی‌می‌ماند این خصوصیات برای بزرگراه‌های چندخطه نیز یکسان است بنابراین در بیشتر تسهیلات با جریان بی‌وقفه انتقال از حالت جریان پایدار به ناپایدار خیلی سریع و با تغییر کم در میزان جریان ترافیک اتفاق می‌افتد.

سطح سرویس

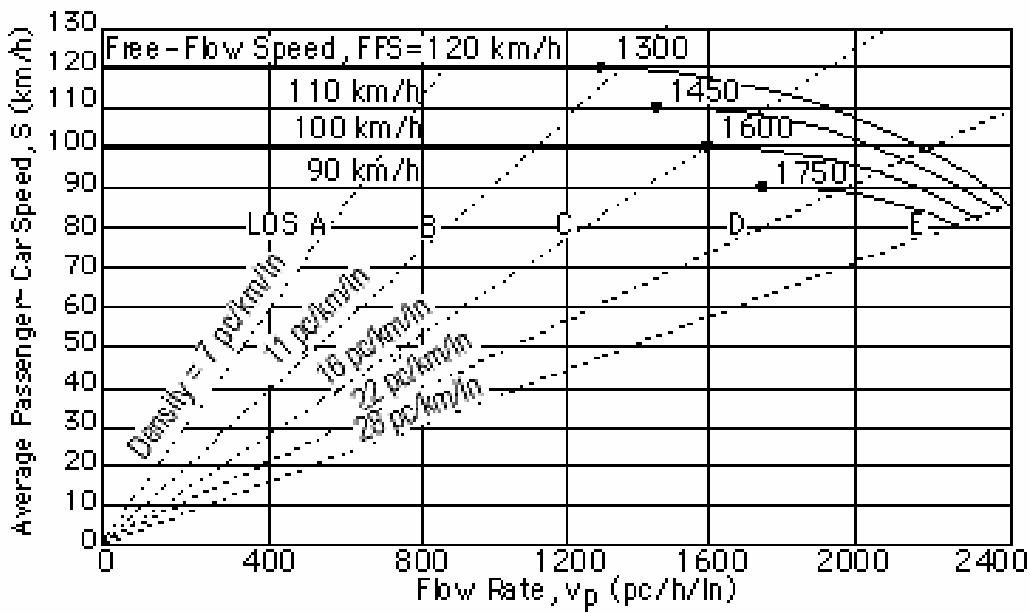
برای آزادراه‌ها و بزرگراه‌های چندخطه، معیار کارایی که برای تعریف سطح سرویس به کار می‌رود، تراکم است. استفاده از تراکم به جای سرعت در ابتدا بر پایه رابطه بین سرعت و جریان است که در اشکال شماره ۳-۱۲ و ۴-۱۲ نشان داده شده است و از آنجا نشات می‌گیرد که میانگین سرعت تقریباً ثابت بوده و به علاوه تفاوت کلی بین سرعت در جریان آزاد و سرعت در ظرفیت کم است و تعریف سطح سرویس براساس متغیرهای دیگر بسیار سخت است. اگر نرخ‌های جریان وقتی که سرعت تقریباً ثابت است تغییر کند تراکم باید به همراه جریان مطابق با رابطه $v=s^*d$ تغییر کند. به علاوه تراکم، فاصله بین وسایل نقلیه را مشخص

شکل شماره ۱۲-۲- نمونه آزادراه‌ها و بزرگراه‌های چندخطه

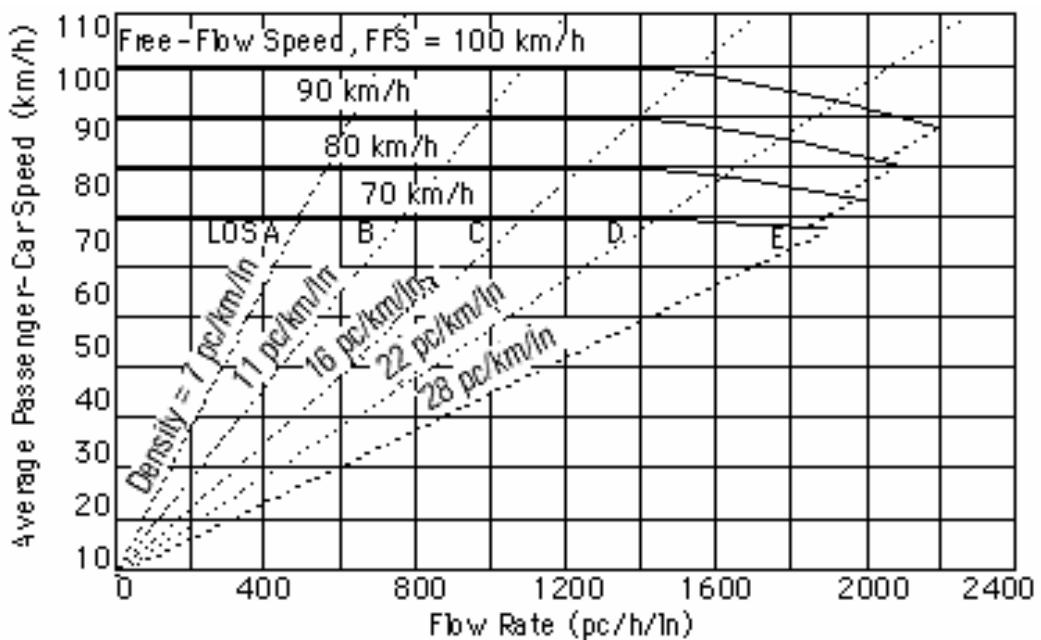
می‌سازد که تأثیر اساسی در مانور دارد همچنین این مورد ملاک مناسبی برای کیفیت سرویس است. در تسهیلات با جریان بدون وقفه، مرز بین سطوح سرویس E و F به عنوان تراکمی که در آن ظرفیت اتفاق می‌افتد، تعریف می‌شود. منحنی‌های سرعت-جریان این حدود مرزی را مشخص می‌کنند. برای آزادراه‌ها این منحنی‌ها ثابتی در حد 27 pc/km/ln را در ظرفیت برای همه سرعت‌های جریان آزاد نشان می‌دهند برای بزرگراه‌ها چندخطه ظرفیت در تراکم $25-27 \text{ pc/km/ln}$ بسته به سرعت جریان آزاد تسهیلات اتفاق می‌افتد مرز دیگر سطوح سرویس از روی قضاوت اعضای گروه HCQSC برای فراهم نمودن محدوده منطقی برای تراکم و نرخ‌های جریان سرویس بدست می‌آید. جدول شماره ۲-۱۲ ضوابط تعریف شده سطوح سرویس را برای مقاطع اصلی آزادراه‌ها و بزرگراه‌های چندخطه نشان می‌دهد. شرایط عملکرد عمومی برای این سطوح سرویس مانند زیر تعریف می‌شود.

• سطح سرویس A در حقیقت عملکرد جریان آزاد را شرح می‌دهد در تراکم پایین

مربوط به این سطح سرویس عملکرد هر وسیله تحت تأثیر حضور وسائل نقلیه دیگر نیست. سرعت تحت تأثیر جریان در این سطح سرویس نبوده و عملکرد در حالت سرعت جریان آزاد است.



شکل شماره ۳-۱۲- منحنی های سرعت- جریان برای مقاطع اساسی آزادراه ها(منبع ۲۰۰۰)



شکل شماره ۴-۱۲- منحنی های سرعت- جریان برای مقاطع اساسی بزرگراه ها(منبع ۲۰۰۰)

جدول شماره ۱۲-۲- معیارهای تعیین سطح سرویس برای آزاد راه‌ها و بزرگراه‌های چندخطه

محدود چگالی برای بزرگراه‌های چندخطه	محدود چگا لی برای مقاطع اصلی آزاد راهها	سطح سرویس
۰-۶/۷	۰-۶/۷	A
۶/۷-۱۱	۶/۷-۱۱	B
۱۱-۱۵/۹	۱۱-۱۵/۹	C
۱۵/۹-۲۷/۴	۱۵/۹-۲۱/۳	D
>(۲۴/۴-۲۷/۴) بسته به سرعت جریان آزاد	۲۱/۳-۲۷/۴	E
>(۲۴/۴-۲۷/۴) بسته به سرعت جریان آزاد	>۲۷/۴	F

تغییر خط، حرکات واگرا و همگرا در آزادراه به دلیل فاصله زیاد وسایل نقلیه آسان

است. انسدادهای موقتی ممکن است باعث شود سطح سرویس در بعضی از مناطق کیفیت خود

را از دست بدهد ولی سبب اختلال مهمی در جریان نمی‌شود. میانگین سرفاصله وسایل نقلیه

۱۴۶ متر یا در حدود طول ۲۴ خودرو سواری است.

• در سطح سرویس B، راننده تحت تاثیر وجود وسایل نقلیه دیگر قرار می‌گیرند ولی

هنوز عملکرد در سطح سرعت جریان آزاد است. تغییر جهت در جریان ترافیک هنوز آسان

است ولی رانندگان باید در حفظ سرفاصله کاملاً هشیار باشند و هنوز فاصله کافی برای به

حداقل رساندن تأثیر اختلالات جزئی بر ترافیک در هر خط عبور وجود دارد. میانگین سرفاصله

وسایل نقلیه ۸۹/۳ متر یا در حدود طول ۱۵ خودرو سواری است.

• در سطح سرویس C وجود وسایل نقلیه سبب کاهش مانور در جریان ترافیک شده

ولی عملکرد هنوز در سرعت جریان آزاد است. راننده‌ها باید مسیر خود را به گونه‌ای انتخاب

کنند که سرفاصله لازم برای پیوستن به جریان ترافیک و یا عبور را داشته باشند. در این

سطح سرویس هشیاری کامل راننده بسیار مهم است گرچه هنوز سرفاصله کافی در جریان

ترافیک برای کاستن تاثیرات انسدادهای جزئی وجود دارد ولی هر انسداد مهمی می‌تواند منجر به انسداد کامل و ایجاد صف گردد. میانگین فاصله، ۶۱/۸ متر یا به اندازه طول ۱۰ خودرو سواری است.

• سطح سرویس D محدوده‌ای است که میانگین سرعت با افزایش جریان شروع به کم شدن می‌کند و تراکم خیلی سریع در این محدوده با افزایش جریان، کیفیت خود را از دست می‌دهد. تغییر جهت در جریان ترافیک کاملاً سخت است و رانندگان قبل از پیوستن به جریان یا عبور باید به دنبال سرفاصله مناسب باشند. توانایی جریان ترافیک برای کاستن تأثیر انسدادهای جزئی نیز بسیار محدود بوده و این نوع انسدادها باعث ایجاد صف می‌شوند مگر اینکه سریع برطرف شوند. میانگین فاصله حداقل ۴۶ متر یا در حدود طول ۷ خودرو است.

• سطح سرویس E عملکرد در حد ظرفیت مسیر را نشان می‌دهد حد بالایی تراکم در سطح سرویس E در حقیقت عملکرد در میزان ظرفیت است. در این حالت سرفاصله در جریان ترافیک اندک و ناکارامد است و هر اغتشاش ناشی از تغییر خط و پیوستن وسایل نقلیه منجر به یک موج شوک در جریان ترافیک می‌شود. حتی یک گرفتگی کوچک منجر به ایجاد صف می‌گردد و تغییر جهت دادن بسیار سخت است و وسایل نقلیه باید برای تغییر جهت و یا پیوستن به جریان ترافیک به یکدیگر راه دهنند. میانگین فاصله وسایل نقلیه ۳۵/۷ متر یا در حدود طول ۶ خودرو سواری است.

• سطح سرویس F عملکرد صف ایجاد شده در نقطه مختل شدن جریان ترافیک را نشان می‌دهد. این اختلال ممکن است ناشی از تصادفات یا هر واقعه‌ای دیگر و یا در حالتی باشد که ورودی مقطع بیش از ظرفیت آن است. و شرایط عملکرد دارای تنوع زیاد و نمونه‌ای از

اغتشاشات کوتاه‌مدت است و وقتی به یک وسیله نقلیه توجه شود مدتی را در صف و مدتی را صرف یک حرکت کوتاه می‌کند.

در ضمن سطح سرویس F نقطه‌ای را نشان می‌دهد که مازاد تقاضا نسبت به ظرفیت باعث مختل شدن جریان ترافیک شده است و در حقیقت وقتی وسایل نقلیه از محل وقفه خارج می‌شوند عملکرد نسبتاً خوب است ولی با این وجود کمبود ظرفیت موجود سبب صف شده که سطح سرویس F مشخصه مناسبی برای این موضوع است.

نرخ‌های جریان سرویس و ظرفیت

بیشترین میزان تراکم، کمترین میانگین سرعت و بیشترین نسبت v/c و بیشترین نرخ‌های جریان سرویس برای سطوح سرویس مختلف در آزادراه‌ها و بزرگراه‌های چندخطه در اشکال شماره ۳-۱۲ و ۴-۱۲ نشان داده شده است. اعداد این جداول به صورت مستقیم از منحنی‌های اشکال شماره ۳-۱۲ و ۴-۱۲ اخذ شده است و رقم یکان نرخ‌های جریان سرویس گرد شده است بیشترین نرخ‌های جریان سرویس بر حسب $pc/km/\ln$ و با توجه به شرایط ایده آل قبلی تعریف می‌شود.

۳-۱۲ روش‌های تحلیل برای مقاطع اصلی آزادراه‌ها و بزرگراه‌های چندخطه

خصوصیات و ضوابط توضیح داده شده برای آزادراه‌ها و بزرگراه‌های چندخطه در ابتدای فصل در تسهیلاتی با ترافیک و شرایط جاده‌ای پایه کاربرد دارد در اکثر موارد شرایط پایه وجود ندارد و یک روش تحلیل باید وجود داشته باشد که تأثیر شرایط موجود را بر روی خصوصیات و معیارها مشخص کند.

روش تحلیل برای مشخص نمودن تأثیر تنوع در شرایط معمول زیر به کار می‌رود.

- پهناهی خط
 - فاصله ایمن کناری
 - تعداد خطوط (آزاد راه‌ها)
 - نوع جداکننده (بزرگراه‌های چندخطه)
 - تراکم تبادل‌ها (آزادراه‌ها) یا نقاط دسترسی (بزرگراه‌های چندخطه)
 - درصد وسایل نقلیه سنگین در جریان ترافیک
 - تعداد رانندگان آشنا و رانندگان ناآگاه در تسهیلات
- بعضی از این عوامل بر روی سرعت آزاد تسهیلات اثر می‌گذارند و بعضی روی نرخ هم ارز تقاضا برای تردد در تسهیلات اثر دارند.

جدول شماره ۱۲-۳- معیارهای سطح سرویس برای مقاطع اساسی آزاد راه

سطح سرویس					معیار
E	D	C	B	A	
سرعت جریان آزاد km/hr= ۱۲۲					
۲۷/۴	۲۱/۳	۱۵/۹	۱۱	۶/۷	حداکثر چگالی (pc/km/hr)
۸۷/۴	۱۰۲	۱۱۵/۸	۱۲۲/۶	۱۲۳	حداقل سرعت (km/hr)
۱	۰/۹	۰/۷۶	۰/۵۶	۰/۳۴	حداکثر v/c
۲۴۰۰	۲۱۷۰	۱۸۳۰	۱۳۵۰	۸۲۰	حداکثر نرخ جریان سرویس (pc/hr/ln)
سرعت جریان آزاد km/hr= ۹۰/۲					
۲۷/۴	۲۱/۳	۱۵/۹	۱۱	۶/۷	حداکثر چگالی (pc/km/hr)
۸۷/۴	۱۰۰/۹	۱۱۱/۸	۱۱۴/۸	۱۱۴/۸	حداقل سرعت (km/hr)
۱/۰۰	۰/۹	۰/۷۴	۰/۵۳	۰/۳۲	حداکثر v/c
۲۴۰۰	۲۱۵۰	۱۷۷۰	۱۲۶۰	۷۷۰	حداکثر نرخ جریان سرویس (pc/hr/ln)
سرعت جریان آزاد km/hr= ۹۸/۴					
۲۷/۴	۲۱/۳	۱۵/۹	۱۱	۶/۷	حداکثر چگالی (pc/km/hr)
۸۵/۶	۹۷/۹	۱۰۵/۹	۱۰۶/۶	۱۰۶/۶	حداقل سرعت (km/hr)
۱	۰/۸۹	۰/۷۱	۰/۵	۰/۳	حداکثر v/c
۲۳۵۰	۲۰۹۰	۱۶۸۰	۱۱۷۰	۷۱۰	حداکثر نرخ جریان سرویس (pc/hr/ln)
سرعت جریان آزاد km/hr= ۹۰/۲					
۲۷/۴	۲۱/۳	۱۵/۹	۱۱	۶/۷	حداکثر چگالی (pc/km/hr)
۸۲	۸۹/۷	۹۰/۲	۹۰/۲	۹۰/۲	حداقل سرعت (km/hr)
۱	۰/۸۵	۰/۶۴	۰/۴۴	۰/۲۷	حداکثر v/c
۲۲۵۰	۱۹۱۰	۱۴۳۰	۹۹۰	۶۰۰	حداکثر نرخ جریان سرویس (pc/hr/ln)

توجه: رابطه دقیق ریاضی بین تراکم و v/c در حدود سطح سرویس به مخاطر گرد شدن اعداد وجود

ندارد. تراکم در ابتدا بیان کننده سطح سرویس است و معیار سرعت، سرعتی است که در حداکثر تراکم برای

سطح سرویس داده شده به وجود می‌آید.

جدول شماره ۱۲-۴- معیارهای سطح سرویس برای بزرگراههای چند خطه

سطح سرویس					معیار
E	D	C	B	A	
سرعت جریان آزاد= km/hr ۹۸/۴					
۲۴/۴	۲۱/۳	۱۵/۹	۱۱	۶/۷	حداکثرچگالی (pc/km/hr)
۹۰/۲	۹۳	۹۷/۴	۹۸/۴	۹۸/۴	حداقل سرعت (km/hr)
۱/۰۰	۰/۹	۰/۷	۰/۴۹	۰/۳	حداکثر v/c
۲۲۰۰	۱۹۸۰	۱۵۵۰	۱۰۸۰	۶۶۰	حداکترنخ جریان سرویس (pc/hr/ln)
سرعت جریان آزاد= km/hr ۹۰/۲					
۲۵	۲۱/۳	۱۵/۹	۱۱	۶/۷	حداکثرچگالی (pc/km/hr)
۸۴	۸۶/۸	۹۰	۹۰/۲	۹۰/۲	حداقل سرعت (km/hr)
۱/۰۰	۰/۸۸	۰/۶۸	۰/۴۷	۰/۲۱	حداکثر v/c
۲۱۰۰	۱۸۵۰	۱۴۳۰	۹۹۰	۶۰۰	حداکترنخ جریان سرویس (pc/hr/ln)
سرعت جریان آزاد= km/hr ۸۲					
۲۶/۲	۲۱/۳	۱۵/۹	۱۱	۶/۷	حداکثرچگالی (pc/km/hr)
۷۷/۹	۸۰/۲	۸۲	۸۲	۸۲	حداقل سرعت (km/hr)
۱	۰/۸۶	۰/۶۵	۰/۴۵	۰/۲۸	حداکثر v/c
۲۰۰۰	۱۷۱۰	۱۳۰۰	۹۰۰	۵۵۰	حداکترنخ جریان سرویس (pc/hr/ln)
سرعت جریان آزاد= km/hr ۷۳/۸					
۲۷/۴	۲۱/۳	۱۵/۹	۱۱	۶/۷	حداکثرچگالی (pc/km/hr)
۶۹/۲	۷۲/۸	۷۳/۸	۷۳/۸	۷۳/۸	حداقل سرعت (km/hr)
۱	۰/۸۲	۰/۶۲	۰/۴۳	۰/۲۶	حداکثر v/c
۱۹۰۰	۱۵۵۰	۱۱۷۰	۸۱۰	۴۹۰	حداکترنخ جریان سرویس (pc/hr/ln)

توجه: به خاطر گرد شدن اعداد در حدود سطح سرویس رابطه دقیق ریاضی بین تراکم و

V/C وجود ندارد در حقیقت تراکم بیان کننده سطح سرویس است.

۱-۳-۱۲ نوع تحلیل

سه نوع روش تحلیل وجود دارد که می‌توان بر روی مقاطع اصلی آزادراه و بزرگراه‌های

چندخطه اجرا کرد.

- تحلیل عملکرد

- تحلیل نرخ جریان سرویس و حجم سرویس

- تحلیل طراحی

به اضافه HCM روش آنالیز برنامه‌ریزی را که شامل استفاده از AADT به عنوان تقاضای

ورودی به جای حجم ترافیک ساعت اوج در ابتدای کار است را پیشنهاد می‌دهد. آنالیز

برنامه‌ریزی با بحث بر روی AADT در طراحی حجم ساعتی جهتی (DDHV) و با کاربرد

روندهای سنتی مطابق مندرجات فصل ۵ شروع می‌شود. همه اشکال تحلیل به مشخص نمودن

سرعت جریان آزاد تسهیلات به عنوان یک سؤال احتیاج دارند. تکنیک اندازه‌گیری و تخمین

برای این کار در بندهای بعدی آمده است.

تحلیل عملکرد

عمومی‌ترین روش آنالیز، تحلیل عملکرد است. در این شکل از تحلیل، ترافیک، شرایط

جاده، شرایط کنترلی برای مقاطع بزرگراه موجود یا در دست ساخت و سطح سرویس و

پارامترهای عملکردی مشخص می‌شود پیشنهاد اساسی این است که حجم تقاضای موجود یا

پیش‌بینی شده به همارز نرخ جریان در شرایط ایده‌آل تبدیل شود.

$$V_P = \frac{V}{PHF * N * F_{VH} * F_P} \quad 1-12$$

که

$V_p = \text{میزان تقاضای جریان در شرایط همارز ایدهآل}$ pc/h/ln

$PHF = \text{فاکتور اوج ساعتی}$

$N = \text{تعداد خطوط عبور}$

$f_{HV} = \text{ضریب اصلاحی برای وسایط نقلیه سنگین}$

$N = \text{تعداد خطوط عبور}$

$f_p = \text{ضریب اصلاحی برای نوع استفاده کنندگان از مسیر}$

نتیجه رابطه فوق در منحنی‌های جریان-سرعت اشکال شماره ۳-۱۲ (آزادراه) یا ۴-۱۲ (بزرگراه) استفاده می‌شوند. با کاربرد سرعت جریان آزاد، می‌توان با داشتن میزان تقاضای

جریان برای مشخص نمودن سطح سرویس و میانگین سرعت مورد نظر از منحنی xها وارد

نمودار شد. این روش در شکل شماره ۵-۱۲ نشان داده شده است. در مثال نشان داده شده

تقاضای 1800 pc/h/ln برای آزادراهی با سرعت تردد آزاد $106/6 \text{ km/hr}$ نشان داده شده است

برای این حالت سرعت بدست آمده 105 km/hr می‌باشد. تراکم نیز با استفاده از تقسیم کردن

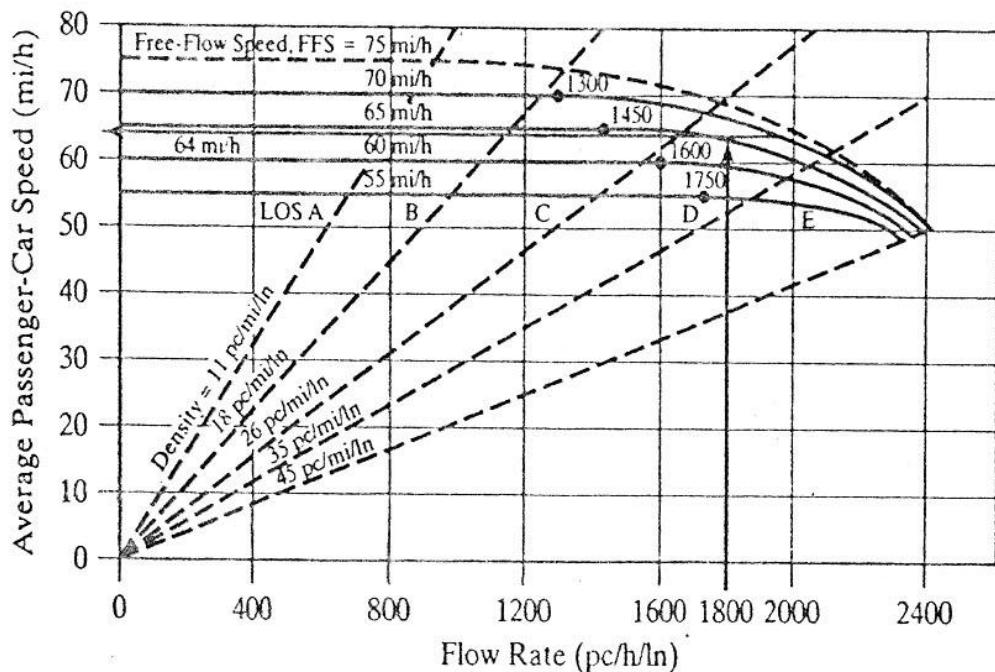
میزان جریان بر سرعت بدست می‌آید. سطح سرویس نیز براساس محاسبه تراکم یا توسط

منحنی‌های مربوطه بدست می‌آید. مقطع با جریان 1800 pc/h/ln معمولاً در سطح سرویس D

قرار می‌گیرد.

روش‌های تعیین سرعت جریان آزاد و ضریب‌های مربوط وسایل نقلیه سنگین و نوع

استفاده کنندگان در بندهای بعد بیان خواهد شد.



شکل شماره ۵-۱۲- کاربرد منحنی‌های پایه سرعت-جریان برای تعیین سرعت و سطح سرویس

تحلیل نرخ تردد و حجم

معمولًاً مشخص کردن نرخ و احجام تردد برای سطوح سرویس مختلف در شرایط

موجود روش‌سازی در اغلب موارد مفید است. سطوح مختلف تقاضا برای مشخص کردن

سطوح سرویس مورد نظر می‌تواند کارایی داشته باشد میزان جریان برای سطح سرویس داده

شده از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$SF_i = MSF_i * N * F_{HV} * F_\rho \quad ۲-۱۲$$

که

SF_i = نرخ جریان برای سطح سرویس i , veh/hr,

MSF_i = حداقل نرخ تردد برای سطح سرویس i

F_ρ همانند تعریف قبلی

حداکثر میزان جریان هر سطح سرویس i MSF از جدول شماره ۱۲-۳ (برای آزادراه‌ها) و از جدول شماره ۱۲-۴ (برای بزرگراه‌های چندخطه) بدست می‌آید در ابتدا باید با سرعت جریان آزاد مناسب وارد جدول شد.

میزان جریان برحسب حداکثر جریان در ساعت اوج و معمولاً در یک تحلیل ۱۵ دقیقه‌ای بیان می‌شود. اغلب مناسب است که میزان جریان به حجم سرویس در ساعت اوج تبدیل شود که این کار با استفاده از ضریب اوج ساعتی انجام می‌شود.

$$SV_i = SF_i * PHF \quad \text{رابطه ۱۲-۳}$$

SV_i = حجم سرویس در ساعت اوج برای سطح سرویس i

SF_i ، قبلًا تعریف شده‌اند.

آنالیز طراحی

در آنالیز طراحی تقاضای حجم موجود یا پیش‌بینی شده برای تعیین خطوط‌عبور که در سطح سرویس خاصی هستند به کار می‌رود. تعداد خطوط‌عبور با استفاده از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$N_i = \frac{DDHV}{PHF * MSF_i * f_{HV} * fp} \quad \text{رابطه ۱۲-۴}$$

که

N_i = تعداد خطوط‌عبور (در یک جهت) که برای ایجاد سطح سرویس i لازم است

$DDHV$ = حجم جریان ساعت طرح

MSF_i, f_{HV}, F_p قبلًا تعریف شده‌اند.

تحلیل طراحی یک روند تبادلی است. مقادیر i_{MSF} به سرعت جریان آزاد تسهیلات وابسته است. همان‌طور که به نظر می‌رسد سرعت جریان آزاد در یک آزادراه به تعداد خطوط عبور وابسته است بنابراین تعداد خطوط عبور باید فرض گرفته شود سپس با رابطه فوق محاسبه شود و این روند ادامه یابد تا عدد فرض شده و محاسبه شده با هم برابر شوند.

وقتی این روند به کار می‌رود بهتر است در ابتدا نرخ تردد و حجم سرویس برای سطح سرویس مورد نظر برای محدوده‌ای از مقادیر N (معمولًاً ۴، ۳، ۲ و در صورت امکان ۵ خط عبور) محاسبه شود سپس تقاضای حجم با نرخ تردد با نتایج محاسبه فوق برای تعیین آسان‌تر تعداد خطوط عبور مقایسه می‌شود.

۱۲-۳-۲ تعیین سرعت جریان آزاد

سرعت جریان آزاد یک تسهیلات به‌خوبی با اندازه‌گیری‌های عملی محاسبه می‌شود با توجه به منحنی رابطه جریان-سرعت برای آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها چندخطه، میانگین سرعت محاسبه شده وقتی که تردد کمتر یا برابر $ln/h/pc = 1000$ تقریباً سرعت جریان آزاد را نشان می‌دهد.

همیشه این امکان وجود ندارد که بتوان سرعت جریان آزاد را اندازه‌گیری کرد. وقتی یک تسهیلات جدید در دست ساخت یا یک تسهیلات باید از نو طراحی شود. محاسبه دقیق سرعت جریان آزاد میسر نیست. حتی برای یک تسهیلات موجود نیز زمان و هزینه مطالعه کارگاهی کاملاً معین و تضمین شده نیست.

سرعت جریان در یک آزادراه با رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$FFS = BFFS - f_{lw} - f_{lc} - f_N - f_{ID} \quad (5-12)$$

که

$$(km/hr) = FFS$$

$BFFS = \text{سرعت جریان آزاد پایه در آزادراه } km/hr \ 114/8$ برای آزادراه‌های شهری و

حومه و $km/hr \ 123$ برای آزادراه‌های بین شهری)

f_{lw} = مقدار اصلاحی برای عرض خط (km/hr)

f_{lc} = مقدار اصلاحی برای فاصله جانبی از موانع (km/hr)

f_N = مقدار اصلاحی برای تعداد خطوط (km/hr)

f_{ID} = مقدار اصلاحی برای تراکم تبادلات در طول مسیر (km/hr)

اصلاح برای عرض خط: شرایط پایه برای عرض خط $3/66$ متر است. برای خطوط

عبور باریک سرعت جریان آزاد پایه به میزان مقادیر داده شده در جدول شماره ۵-۱۲ کاهش

می‌یابد.

اصلاح برای فاصله جانبی از موانع: میزان پایه فاصله جانبی حداقل $1/83$ متر برای

سمت راست و حداقل $0/61$ متر برای سمت چپ یا میانه در آزادراه‌هاست. مقدار اصلاحی

برای فاصله جانبی از راست مطابق با داده‌های جدول شماره ۶-۱۲ بوده و مقدار خاصی برای

فاصله کمتر در سمت چپ چون به ندرت اتفاق می‌افتد وجود ندارد.

جدول شماره ۱۲-۵- مقدار اصلاحی سرعت جریان آزاد برای عرض خط آزادراه

کاهش در سرعت جریان آزاد (km/hr) $f_{l\omega}$	عرض خط(متر)
•	$\geq 3/66$
۳/۱۲	۳/۳۵
۱۱	۳/۰۴

استفاده شده با مجوز ، TRB ۲۰۰۰، HCM

باید در ارزیابی هنگام وجود مانع در سمت راست جاده دقت شود. بعضی موانع مانند

گاردریل یا دیوار حائل پیوسته‌اند و بعضی مانند دیواره پل یا حائل‌های نوری تکراری

می‌باشند. در بعضی موارد رانندگان ممکن است به بعضی از موانع عادت کرده و تأثیر آن بر

سرعت جریان آزاد به حداقل برسد.

جدول شماره ۱۲-۶- مقدار اصلاحی سرعت جریان آزاد برای موانع جانبی در آزادراه

کاهش سرعت جریان آزاد (km/hr)				فاصله جانبی از دست راست (متر)	
تعداد خطوط عبور در یک جهت					
≥ 5	۴	۳	۲		
•	•	•	•	≥ 6	
۰/۱۶	۰/۳۳	۰/۶۶	۰/۹۸	۵	
۰/۳۳	۰/۶۶	۱/۳۱	۱/۶۷	۴	
۰/۴۹	۰/۹۸	۱/۶۷	۲/۹۵	۳	
۰/۶۶	۱/۳۱	۲/۶۲	۳/۹۴	۲	
۰/۸۲	۱/۶۴	۳/۲۸	۴/۹۲	۱	
۰/۹۸	۱/۹۷	۳/۹۴	۵/۹۰	•	

استفاده شده با مجوز ، TRB ۲۰۰۰، HCM

موانع سمت راست در ابتدا روی عملکرد خط عبور کنارشان تأثیر می‌گذارند. رانندگان سعی می‌کنند از این موانع دور شده و به سمت چپ بیایند و به همین ترتیب رانندگان خط عبور دوّم نیز سعی می‌کنند تحت تأثیر این موضوع بیشتر در سمت چپ حرکت کنند. تأثیر کلی این موضوع سبب می‌شود که رانندگان از سمت راست فاصله گرفته، نزدیک بهم حرکت کنند که سبب کاهش بازده جریان ترافیک می‌شود. این تأثیر مانند باریک بودن خط عبور است. چون عمدۀ تأثیر بر روی خط عبور سمت راست می‌باشد میزان اثر این موضوع با افزایش تعداد خطوط عبور کاهش می‌یابد.

اصلاح برای تعداد خطوط عبور

این اصلاح موضوع بحث زیادی دارد. شرایط پایه برای تعداد خطوط عبور یک بزرگراه ۵ خط عبور در هر جهت است استفاده از این تعداد خطوط عبور که به ندرت اتفاق می‌افتد جای سؤال زیادی دارد. بزرگراه‌های ۸ خطه یعنی ۴ خط عبور در هر طرف بزرگترین اندازه معمول در سطح ملی برای آمریکا است به علاوه این پرسش وجود دارد که به چه دلیل این مقدار اصلاحی برای تعداد خط عبور ۸ و حتی ۶ خط عبور برای آزادراه‌ها وجود دارد. کاربرد این مقدار اصلاحی این مفهوم را در بردارد که آزادراه‌های ۸، ۶، ۴ خطه در مناطق شهری و حومه شهر هرگز نمی‌توانند دارای سرعت جریان آزاد (km/hr) ۱۱۴/۸ حتی با شرایط ایده‌آل باشند. در نتیجه مباحث فوق HCQSC کاربرد این مقدار اصلاحی را تغییر داد و مقدار اصلاحی برای جاده‌های برون‌شهری در نظر گرفته نشد. ادامه کاربرد این مقدار اصلاحی در آزادراه‌های شهری و حومه شهر هنوز جدال‌انگیز است با این حال مقدار اصلاحی تعداد خطوط عبور در جدول شماره ۷-۱۲ ذکر شده است.

عامل اصلاحی برای تراکم تبادلات:

شاید بیشترین تأثیر در سرعت جريان آزاد یک آزادراه ناشی از تعداد و فاصله تبادلات باشد. تراکم تبادلات به عنوان میانگین تعداد تبادلات در هر کیلومتر در طول ۱۰ کیلومتر یک بزرگراه تعریف می‌شود که به عنوان ۵ کیلومتر جريان ترافیک بالادست و ۵ کیلومتر جريان ترافیک پایین دست مقطع مورد بررسی، درنظر گرفته می‌شود. توجه داشته باشید که تراکم تبادلات براساس تعداد رمپ‌ها نیست و یک تبادل ممکن است شامل چند رمپ باشد یک تبادل نیم‌شبدری دارای چهار و یک تبادل تمام‌شبدری دارای ۸ رمپ می‌باشد. در یک تبادل حداقل یک رمپ ورودی باید وجود داشته باشد و یک مقطع با یک رمپ خروجی یک تبادل تلقی نمی‌شود. شرایط پایه برای تبادلات $\frac{3}{0}$ تبادل در هر کیلومتر است که نشان‌دهنده فاصله $\frac{3}{3}$ کیلومتر بین تبادلات است. مقدار اصلاحی تراکم تبادل‌ها در شکل شماره ۱۲-۸ نشان داده شده است.

جدول شماره ۱۲-۷- مقدار اصلاحی سرعت جريان آزاد برای تعداد خطوط عبور آزادراه

کاهش در سرعت جريان آزاد f_N (km/hr)	تعداد خطوط عبور (در یک جهت)
.	≥ 5
$\frac{1}{5}$	۴
$\frac{3}{10}$	۳
$\frac{4}{5}$	۲

جدول شماره ۸-۱۲- مقدار اصلاحی برای سرعت جریان آزاد تراکم‌های مختلف تبادلات آزادراه‌ها

تعداد تبادلات در هر کیلومتر	کاهش در سرعت جریان آزاد f_{ID} (km/hr)
$\leq 0/3$	۰
۰/۴۶	۲/۱
۰/۶۱	۴/۱
۰/۷۶	۷/۱
۰/۹۱	۸/۲
۱/۰۷	۱۰/۳
۱/۲۲	۱۲/۳

(استفاده با مجوز TRB، HCM ۲۰۰۰)

بزرگراه‌های چندخطه

سرعت جریان آزاد بزرگراه‌های چندخطه با استفاده از رابطه زیر مشخص می‌شود:

رابطه ۶-۱۲

$$FFS = BFFS - f_{lw} - f_{lc} - f_M - f_A$$

که

$$FFS = \text{سرعت جریان آزاد بزرگراه‌های چندخطه (Km/h)}$$

$$BFFS = \text{سرعت جریان آزاد پایه (مطابق بحث زیر) (Km/h)}$$

$$f_{lw} = \text{مقدار اصلاحی برای عرض خط (Km/h)}$$

$$f_{lc} = \text{مقدار اصلاحی برای فاصله جانبی از موانع (Km/h)}$$

$$f_M = \text{مقدار اصلاحی برای نوع میانه راه (Km/h)}$$

$$f_A = \text{مقدار اصلاحی برای تعداد نقاط دسترسی راه (Km/h)}$$

اگر داده‌های دقیقی وجود نداشته باشد برای مسیرهای برون‌شهری و حومه سرعت جریان آزاد پایه ($4/88 \text{ Km/h}$), به کار می‌رود. همچنین کاربرد سرعت مجاز ذکر شده روی تابلو به عنوان یک تخمین، مناسب است. سرعت جریان آزاد حدوداً وقتی سرعت ذکر شده تابلو ۶۰ یا ۷۰ کیلومتر در ساعت باشد حدود (12 Km/h) از آن بزرگ‌تر بوده و برای محدودیت‌های ۹۰ و ۸۰ سرعت جریان آزاد ۸ کیلومتر بالاتر از این حد است.

مقدار اصلاحی برای عرض خط. همانند آزادراه‌ها عرض خط پایه برای بزرگراه‌ها ۳/۶۶ متر است. برای خطوط باریک‌تر سرعت جریان آزاد مطابق با داده‌های جدول شماره ۹-۱۲ است.

مقدار اصلاحی برای فاصله از موانع جانبی:

. برای بزرگراه‌ها این مقدار اصلاحی براساس فاصله کل تا موانع جانبی است که شامل مجموع فاصله جانبی در سمت راست جاده و سمت چپ نسبت به میانه می‌شود. گرچه این موضوع ساده به نظر می‌رسد ولی جزئیات خاصی باید در نظر گرفته شود.

• فاصله جانبی پایه $1/83$ متر است بنابراین نه فاصله جانبی چپ و نه راست هیچ وقت بزرگ‌تر از $1/83$ متر در نظر گرفته نمی‌شود و کل فاصله جانبی $3/66$ متر بوده که نصف آن برای سمت راست و نصف دیگر برای سمت چپ است.

جدول شماره ۹-۱۲- مقدار اصلاحی سرعت جریان آزاد برای عرض خط بزرگراهها

کاهش در سرعت جریان آزاد f_{lw} (Km/h)	عرض خط (متر)
۰	۳/۶۶
۳/۱	۳/۳۵
۱۰/۸	۳/۰۵

(استفاده با مجوز TRB ۲۰۰۰، HCM ۲۰۰۰)

• برای یک بزرگراه بدون میانه (جدا نشده) هیچ فاصله جانبی در سمت چپ وجود

ندارد ولی یک مقدار اصلاحی برای نوع میانه وجود دارد که حالت (جدا نشده) را هم دربر

می‌گیرد. برای جلوگیری از تأثیر دوباره عدم وجود فاصله جانبی در سمت چپ، فاصله جانبی

سمت چپ را پس از اخذ مقدار کاهش سرعت جریان آزاد f_M ۱/۸۳۶ متر در نظر می‌گیریم.

• برای بزرگراه‌های چندخطه که در دو جهت دارای خط عبور گردش به چپ هستند

(TWLTLs) فاصله جانبی چپ یا وسط همچنین مقدار ۱/۸۳ متر در نظر گرفته می‌شود.

• برای بزرگراه‌های تفکیک نشده، فاصله سمت چپ یا فاصله تا میانه براساس موقعیت

حایل یا موانع تکراری (پایه‌ها یا چراغ استاندارد) در میانه یا فاصله تا جریان ترافیک مخالف

ارزیابی می‌شود. و همچنان که قبلاً ذکر شد حداقل فاصله ۱/۸۳ متر است

مقادیر اصلاحی سرعت جریان آزاد برای فاصله کل از موانع جانبی در یک بزرگراه

چند خطی در جدول شماره ۱۲-۱۰ انسان داده شده است.

جدول شماره ۱۰-۱۲- مقادیر اصلاحی سرعت جریان آزاد برای فاصله از موانع جانبی در بزرگراه‌های چندخطه

بزرگراه‌های ۶ خطه		بزرگراه چهار خطه	
کاهش در سرعت جریان (Km/h) f_{1c}	فاصله کل از موانع جانبی (m)	کاهش در سرعت جریان آزاد (Km/h)	فاصله کل از موانع جانبی (m)
.	$\geq 3/66$.	$\geq 3/66$
۰/۶۶	۳/۰۵	۰/۶۶	۳/۰۵
۱/۴۸	۲/۴۴	۱/۴۸	۲/۴۴
۲/۱۳	۱/۸۳	۲/۱۳	۱/۸۳
۲/۹۵	۱/۲۲	۲/۹۵	۱/۲۲
۵/۹	۰/۶۱	۵/۹	۰/۶۱
۸/۸۶	.	۸/۸۶	.

(استفاده با مجوز TRB، HCM۲۰۰۰)

مقدار اصلاحی نوع میانه

مقدار اصلاحی نوع میانه در جدول شماره ۱۱-۱۲ نشان داده شده است. کاهشی

برابر با $2/6$ Km/h برای حالت تفکیک نشده وقتی که بزرگراه‌های تفکیک شده یا

بزرگراه‌های که دو طرف آنها گردش به چپ دارند ملاک کار می‌باشند، در نظر گرفته شده

است.

مقدار اصلاحی برای تراکم نقاط دسترسی

یک مقدار حساس برای سرعت جریان آزاد پایه وابسته به تراکم نقاط دسترسی است.

تراکم نقاط دسترسی میانگین تقاطع‌های بدون چراغ با جاده‌ها و مسیرهای مختلف در کیلومتر

است که نقاط دسترسی در سمت راست جاده به حساب می‌آید(برای جهت مورد نظر

ترافیک).

جدول شماره ۱۱-۱۲- مقدار سرعت جریان آزاد برای نوع میانه در بزرگراه‌های چند خطه

(Km/h)f _M	نوع میانه
۲/۶۲	تفکیک نشده
*	بزرگراه که هر دو طرف آن باند گردش بچپ دارد
*	(TWLTLs) تفکیک شده

جاده‌ها و ورودی‌هایی با ترافیک کم یا برای اهداف خاص که تأثیر کمی در رفتار راننده

دارند، به عنوان نقطه دسترسی به حساب نمی‌آیند. مقدار اصلاحی مربوطه در جدول شماره ۱۲-۱۲ نشان داده شده است.

جدول شماره ۱۲-۱۲ فاکتور اصلاحی سرعت جریان آزاد برای تراکم نقاط دسترسی در بزرگراه‌های چندخطه

تراکم نقاط دسترسی (دسترسی در کیلومتر)	کاهش در سرعت جریان آزاد (Km/h)
*	*
۴/۱	۶
۸/۲	۱۲
۱۲/۳	۱۸
۱۶/۴	۲۴

مثال برای تخمین سرعت جریان آزاد

مثال شماره ۱-۱۲ یک آزادراه شهری

یک آزادراه قدیمی شهری دارای خصوصیات زیر است:

عرض خط ۳/۳۵ متر، حاصل سمت راست در فاصله ۰/۶۱ متری از باند عبور و تراکم

تبادلات ۱/۲۲ تبادل در کیلومتر (تبادلات با فاصله ۰/۸۲ کیلومتر). سرعت جریان آزاد در این

آزادراه چقدر است؟

حل:

سرعت جریان آزاد با استفاده از رابطه ۱۲-۵ بدست می‌آید:

$$FFS = BFFS - f_{lw} - f_{lc} - f_N - f_{ID}$$

(شرایط پایه برای آزادراه شهری) $114/8 \text{ km/h} = BFFS$

(جدول شماره ۱۲-۵ و عرض ۳/۳۵ متر) $3/1 \text{ km/h} = f_{lw}$

(جدول شماره ۱۲-۶، ۰/۶۲ متر فاصله جانبی از مانع و سه خط عبور) $4/92 \text{ km/h} = f_{lc}$

(جدول شماره ۱۲-۷-۳ خط عبور در هر جهت) $4/92 \text{ km/h} = f_N$

(جدول شماره ۱۲-۸-۱۲ تبادل در هر کیلومتر) $12/3 \text{ km/h} = f_{ID}$

$$\text{سرعت جریان آزاد} = FFS = 114/8-3/1-2/6-4/92-12/3 = 91/88 \text{ Km/h}$$

مثال شماره ۱۲-۲ یک بزرگراه چهارخطه در حومه شهر

یک بزرگراه چهارخطه جدا نشده در منطقه حومه شهر دارای خصوصیات زیر است:

سرعت مجاز ذکر شده روی تابلو 80 Km/h ، عرض ۳/۳۵ متر، حاصل در فاصله ۱/۲ متر

از سمت چپ روسازی ۱۸ نقطه دسترسی در سمت راست تسهیلات در هر کیلومتر. سرعت

جریان آزاد برای جهت فوق چقدر است؟

حل:

سرعت جریان آزاد در بزرگراه چندخطه با استفاده از رابطه ۱۲-۶ بدست می‌آید.

$$FFS = BFFS - f_{lw} - f_{lc} - f_M - f_A$$

سرعت جریان آزاد یک بزرگراه چندخطه ممکن است با استفاده از پیش فرض

98 Km/h یا با استفاده از سرعت مجاز روی تابلو بدست آید. در اینجا سرعت جریان آزاد

حداکثر ۸ کیلومتر بیشتر از سرعت ذکر شده روی تابلو است.

$$80+8=88 \text{ Km/h}$$

که این مقدار در اینجا مدنظر است

مقادیر اصلاحی برای سرعت جریان آزاد پایه مطابق زیر است:

$$3/1 \text{ km/h} = f_{lw} \quad (\text{جدول شماره } 9-12, \text{عرض خط } 3/35 \text{ متر})$$

$$0/66 \text{ km/h} = f_{lc} \quad (\text{جدول شماره } 10-12, \text{کل فاصله جانبی از موانع } 3/04 \text{ متر و آزادراه})$$

(چهارخطه)

$$2/6 \text{ km/h} = f_m \quad (\text{جدول شماره } 1-12, \text{بزرگراه جدا نشده})$$

$$12/3 \text{ km/h} = f_A \quad (\text{جدول شماره } 12-12, 18 \text{ دسترسی در هر کیلومتر})$$

$$FFS = 88 - 3/1 - 0/66 - 2/6 - 12/3 = 19/4 \text{ Km/h}$$

توجه:

در مقادیر اصلاحی انتخاب شده برای فاصله از موانع، کل فاصله جانبی $1/22m$ (برای

سمت راست) با مقدار فرضی $m = 1/83$ (برای سمت چپ) به عنوان پیش فرض بزرگراه‌های

تفکیک شده است.

۱۲-۳-۳- مشخص کردن عامل وسایل نقلیه سنگین

میزان اصلاحی اصلی برای تقاضا حجم، عامل وسایل نقلیه سنگین است که به خاطر

حضور وسایل نقلیه سنگین در جریان ترافیک است. وسیله نقلیه سنگین به وسایل نقلیه‌ای

اطلاق می‌شود که در حالت عملکرد معمولی دستگاه بیش از چهار تاییر سطح روسازی را لمس

کند. دو گروه از این وسایل به شرح زیر است:

● کامیون‌ها و اتوبوس‌ها

● وسایل نقلیه تغیریجی

اتوبوس‌ها و کامیون‌ها دارای خصوصیات یکسان هستند و در تحلیل ظرفیت به صورت یکسان طبقه‌بندی می‌شوند. کامیون‌ها دارای محدوده اندازه و خصوصیات متنوعی بوده و از کامیون‌های تک‌محور کوچک تا تریلی‌های ترکیبی یدک‌کشن بزرگ را دربر می‌گیرند. عامل وسیله‌نقلیه سنگین در ۲۰۰۰ HCM براساس ترکیب ترافیکی کامیون‌ها با میانگین نسبت وزن به قدرت در حد ۷۰ kg/hp تعریف شده است.

وسایل نقلیه تفریحی نیز دارای تنوع زیادی در اندازه و خصوصیات بوده و برخلاف اتوبوس و کامیون که وسایلی با کاربرد تجاری و راننده‌های حرفه‌ای هستند وسایل نقلیه تفریحی معمولاً با مالکیت شخصی و بدون راننده حرفه‌ای بوده که گاه و بی‌گاه مورد استفاده قرار می‌گیرند وسایل نقلیه تفریحی، اتاقک‌های شخصی موتوردار و تریلرهایی که با وسایل نقلیه شخصی یدک می‌شود، SUV و کامیون‌های کوچک را دربر می‌گیرد. این نوع وسایل دارای عملکرد مناسب‌تری نسبت به کامیون و اتوبوس در جریان ترافیک و نسبت وزن به اسب بخار در محدوده ۳۴ kg/hp تا ۴۵ kg/hp می‌باشند.

تأثیر وسایل نقلیه سنگین در جریان ترافیک بدون وقفه تقریباً برای بزرگراه‌های چندخطه و آزاد راه‌ها یکسان است. بنابراین روندهای ذکر شده در این بند برای هر دو مورد کارایی دارد.

مفهوم همارز خودروسواری و رابطه آن با مقدار اصلاحی برای وسیله نقلیه سنگین:

مفهوم مقدار اصلاحی برای وسایل نقلیه سنگین بر پایه همارز خودروسواری می‌باشد. همارز خودرو و سواری به تعداد خودروسواری که در یک جریان ترافیک با شرایط و عملکرد موجود می‌تواند جایگزین یک کامیون، اتوبوس یا وسایل نقلیه تفریحی شوند، اطلاق می‌گردد.

مطابق با دو نوع تعریف برای وسایل نقلیه سنگین دو هم ارز معادل خودرو سواری نیز

تعریف می شود.

E_T = هم ارز خودرو سواری برای اتوبوس و کامیون در شرایط موجود جریان ترافیک

E_R = هم ارز خودرو سواری برای وسایل نقلیه تفریحی در شرایط موجود ترافیک

رابطه بین این همارزها و عامل تطبیق وسایل نقلیه سنگین را با استفاده از مثال زیر

می توان نشان داد:

فرض کنید یک جریان ترافیک شامل ۱ درصد کامیون و ۲ درصد وسایل نقلیه تفریحی

است برای این نوع جریان ترافیک مطالعات کلی نشان می دهد که هر کامیون و هر وسیله نقلیه

تفریحی را می توان به ترتیب با $\frac{2}{5}$ و ۲ عدد خودرو سواری جایگزین کرد. تعداد کل همارز

خودرو سواری در ساعت برای این جریان ترافیک چقدر است؟

با توجه به مقادیر هم ارز خودرو سواری داریم

یک کامیون = $\frac{2}{5}$ خودرو سواری

یک وسیله نقلیه تفریحی = ۲ خودرو سواری

تعداد همارز خودرو سواری در جریان ترافیک با ضرب کردن تعداد هر نوع وسیله نقلیه

در همارز خودرو سواری مربوطه با توجه به اینکه همارز خودرو سواری برای خودش برابر

یک می باشد، بدست می آید. این محاسبات برای هر نوع وسیله نقلیه به شرح زیر است:

کامیون: $1000 * \frac{1}{5} * 2 = 200$ خودرو سواری در ساعت

وسیله نقلیه تفریحی: $1000 * \frac{2}{5} = 400$ خودرو سواری در ساعت

خودرو سواری: $1000 * \frac{8}{8} = 800$ خودرو سواری در ساعت

کل: ۱۱۷۰ وسیله نقلیه سواری در ساعت

بنابراین جریان ترافیک ۱۰۰۰ وسیله نقلیه در ساعت فوق همارز ۱۱۷۰ خودرو سواری

می‌باشد.

بدین‌وسیله، عامل تطبیق وسائل نقلیه سنگین f_{HV} . تعداد وسیله‌نقلیه بر ساعت را در

جریان ترافیک به تعداد خودرو سواری در ساعت pc/h تبدیل می‌کند.

$$V_{pce} = \frac{V_{vph}}{f_{HV}} \quad \text{رابطه ۷-۱۲}$$

که

$$pce/h = \text{نرخ جریان } V_{pce}$$

$$Veh/h = \text{نرخ جریان } V_{vph}$$

$$f_{HV} = \text{در اینجا بدین ترتیب بدست می‌آید}$$

$$1170 = \frac{1000}{f_{HV}}$$

$$f_{HV} = \frac{V_{vph}}{V_{pce}} = \frac{1000}{1170} = 0.8547$$

برای این مثال تعداد خودرو سواری همارز در ساعت برای هر نوع وسیله نقلیه با ضرب

کردن کل وسائل نقلیه مذکور در نسبت همارز خودرو سواری آن نوع وسیله نقلیه بدست می‌آید. تعداد همارز خودرو سواری در جریان ترافیک بدین‌گونه شرح داده می‌شود.

$$V_{pce} = (V_{vph} * P_T * E_T) + (V_{vph} * P_R * E_R) + (V_{vph} * (1 - P_T - P_R))$$

که

$$P_T = \text{نسبت کامیون و اتوبوس در جریان ترافیک}$$

E_T = هم ارز خودرو سواری برای کامیون و اتوبوس

E_R = هم ارز خودرو سواری برای وسایل نقلیه تفریحی

عامل وسیله نقلیه در اینجا بدین ترتیب بدست می آید که

$$f_{HV} = \frac{V_{vph}}{V_{pce}} = \frac{V_{vph}}{(V_{vph} * P_T * E_T) + (V_{vph} * P_R * E_R) + (V_{vph} * (1 - P_T - P_R))}$$

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

پس از ساده کردن برابر است: با

$$f_{HV} = \frac{I}{I + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)} \quad \text{رابطه ۹-۱۲}$$

کاربرد رابطه فوق در مساله قبلی.

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + 0.12(5-1) + 0.02(2-1)} = \frac{1}{1.17} = 0.8547$$

همانطور که انتظار می رفت این داده با محاسبه قبلی برابر است.

هم ارز خودرو سواری برای آزادراه‌های وسیع و مقاطع بزرگراه‌های چندخطه

HMC ۲۰۰۰ هم ارز خودرو سواری را برای کامیون‌ها، اتوبوس‌ها و وسایل نقلیه تفریحی

در مقاطع معمولی جاده و برای شیب‌های خاص که تاثیر عمده در ترافیک دارند طبقه‌بندی کرده است.

یک قسمت طولانی از یک جاده ممکن است در صورتی که شیب ۳ درصد و بیشتر

دارای طول بالای ۰/۴۱ کیلومتر و شیب‌های کمتر از ۳ درصد دارای طول بالای ۰/۸ کیلومتر

نداشته باشد به عنوان یک قسمت تکی گستردۀ تلقی شود. این نواحی، طبقه بندی شده و دارای

سه حالت زیر هستند:

• نواحی مسطح:

نواحی با شیب‌های کم، و به طور معمول کمتر از ۲ درصد را شامل می‌شود که ترکیبی

از خصوصیات افقی و قائم جاده به کامیون‌ها و اتوبوس‌ها امکان حفظ سرعت در حد سرعت

خودرو سواری را در جریان ترافیک می‌دهند.

• نواحی تپه ماهوری:

نواحی تپه ماهوری به ترکیبی از شیب‌های افقی و قائم که سبب کاهش سرعت وسایل

نقلیه سنگین نسبت به خودروسواری شده ولی سرعت وسایل نقلیه سنگین به سرعت خزش

نرسد، گفته می‌شود. سرعت خزش به حداقل سرعتی، اطلاق می‌شود که وسیله نقلیه سنگین

می‌تواند در یک مقطع آن سرعت را حفظ کند.

• نواحی کوهستانی

در این نواحی خصوصیات هندسی جاده به گونه‌ای است که سبب می‌شود عملکرد

وسایل نقلیه سنگین به صورت نوسانی یا در یک فاصله طولانی در حد سرعت خزش باشد.

قابل ذکر است از نظر اجرایی حالت کوهستانی یک مورد نادر است. وجود یک مقطع

طولانی بزرگراه که وسایل نقلیه سنگین را به صورت نوسانی یا دائم مجبور به باقی ماندن در

سرعت خزش کند دور از انتظار است و این نوع مقاطع معمولاً شامل شیب تند و طولانی که

نیاز به تحلیلی خاص دارند، می‌شود.

جدول شماره شماره ۱۲-۱۳ هم ارز خودرو سواری را برای آزادراه‌های و بزرگراه‌های

چندخطه طولانی در یک ناحیه معمولی نشان می‌دهد.

جدول شماره ۱۲-۱۳ هم ارز خودرو سواری برای کامیون، اتوبوس و وسایل نقلیه تفریحی

در یک مقطع از یک ناحیه معمولی یک آزادراه یا بزرگراه چندخطه

نوع ناحیه			عامل
کوهستانی	په، ماهور	مسطح	
۴/۵	۲/۵	۱/۵	E_T
۴	۲	۱/۲	E_R

در تحلیل مقاطع معمولی برای مشخص نمودن نوع منطقه، خود جاده مورد بررسی قرار

گرفته و از شرایط اطراف آن صرف نظر می‌شود. برای مثال بسیاری از آزادراه‌ها و بزرگراه‌های

چندخطه که در مناطق مسطح قرار دارند بسته به نوع شب آنها در مقاطع مختلف ممکن است

در دسته تپه‌ماهوری قرار گیرند. به طور کلی طبقه بندی انواع راهها بسته به عملکرد وسایل نقلیه

سنگین داشته و در مواردی نیز درصد این نوع وسایل در این دسته‌بندی موثر است.

هم ارزی‌های خودرو سواری برای شب‌های خاص در آزادراه‌های و بزرگراه‌های چندخطه

کلیه شب‌های کمتر از ۳ درصد با طول بیش از ۰/۸۲ کیلومتر و کلیه شب‌های ۳ درصد

و بیشتر با طول بیش از ۰/۴۱ کیلومتر به عنوان شب‌های خاص ارزیابی می‌شود. این موضوع

بدین علت است که یک شب طولانی می‌تواند تاثیر زیادی در عملکرد وسایل نقلیه سنگین و

خصوصیات کل جریان ترافیک داشته باشد.

HCM ۲۰۰۰ هم‌ارز خودرو سواری را برای موارد زیر تعریف کرده است:

- کامیون و اتوبوس در شیب‌های خاص (جدول شماره ۱۴-۱۲)

- وسایل نقلیه تفریحی در شیب‌های خاص (جدول شماره ۱۵-۱۲)

- کامیون‌ها و اتوبوس‌ها در سرازیری (جدول شماره ۱۶-۱۲)

هم‌ارز خودرو سواری وسایل نقلیه تفریحی در سرازیری‌ها معمولاً برابر با مناطق صاف یا

۱/۲ برابر آن منظور می‌شود.

با گذشت زمان عملکرد وسایل نقلیه سنگین نسبت به خودرو سواری پیشرفت کرده

است. کامیون‌ها در شرایط حاضر به خاطر استفاده از موتورهای توبوشارژ دارای توان زیادی

نسبت به گذشته می‌باشند. بنابراین حداقل هم‌ارز خودرو سواری در جدول شماره ۱۴-۱۲

و ۱۵-۱۲ عدد ۷ است در حالی که این عدد در HCM ۱۹۶۵ بزرگ‌تر و در حد ۱۷ بوده است.

جداول شماره ۱۴-۱۲ تا ۱۶-۱۲ تأثیر وسایل نقلیه سنگین در جریان ترافیک را مشخص

می‌کنند. در بدترین حالت یک کامیون می‌تواند عملکردی معادل ۷/۵-۷ خودرو سواری در

جریان ترافیک داشته باشد. این تفاوت هم به خاطر اندازه وسایل نقلیه و هم بدین علت هست

که وسایل نقلیه سنگین نمی‌توانند مانند خودروهای سواری سرعت خود را در شرایط خاص

حفظ کنند. بالاخص مورد دوم بسیار مهم است و خیلی از اوقات فاصله زیادی بین وسایل نقلیه

سنگین ایجاد می‌شود که خودروهای سواری نمی‌توانند به صورت پیوسته آن را پر کنند.

توجه داشته باشید که در این جدول‌ها روندهای خاصی وجود دارد. معمولاً وقتی شیب،

زیادتر و یا طولانی‌تر می‌شود (چه سربالایی و چه سراشیبی) هم‌ارز خودرو سواری افزایش

می‌یابد و این نشان‌دهنده تأثیرپذیری بیشتر جریان ترافیک است.

یک روند ضعیفتر نیز اینست که همارز خودرو سواری در هر موقعیتی با افزایش نسبت کامیون‌ها، اتوبوس‌ها و وسایل نقلیه تفریحی کاهش می‌یابد. به خاطر داشته باشد که اعداد داده شده در جدول شماره ۱۲-۱۶ تا ۱۶-۱۴ (یعنی تعداد خودرو سواری که می‌توانند جایگزین یک کامیون، اتوبوس یا وسیله نقلیه تفریحی شوند).

حداکثر تاثیر وسایل نقلیه سنگین، هنگامی است که یک وسیله نقلیه سنگین در جریان ترافیک بلوکه شود. وقتی که تعداد وسایل نقلیه سنگین افزایش می‌یابد کم کم یک دسته را تشکیل می‌دهند که می‌تواند با بازده مناسب‌تری عمل کنند. تاثیر تجمعی تعداد زیاد وسایل نقلیه سنگین باعث کاهش کیفیت عملکرد است.

در بعضی موارد تاثیر وسیله نقلیه سنگین در سرازیری می‌تواند از سربالایی همان شبی بدتر باشد. تاثیر وسایل نقلیه سنگین در سرآشیبی به این امر وابسته است که آیا برای کنترل نیاز به استفاده از دنده سنگین دارند یا نه. این مورد برای کامیون‌ها در سرآشیبی‌های بالای ۴ درصد عمومیت دارد و برای سرآشیبی‌های کمتر مقدار E_T در مناطق مسطح به کار می‌رود.

شیب‌های ترکیبی

همارز خودرو سواری داده شده در جدول شماره ۱۶-۱۲ تا ۱۶-۱۴ بر پایه شیب و طول ثابت است. ولی در اکثر مواقع بزرگراه، ترکیبی از شیب‌های مختلف است (برای مثال سربالایی و سربایینی با شیب‌های متفاوت) در این شرایط می‌توان همارز یکنواخت را برای مشخص کردن همارز خودرو سواری به کار برد.

جدول شماره ۱۲-۱۴- هم‌ارز خودرو‌سواری برای کامیون و اتوبوس در سرپالایی

EXHIBIT 23-9. PASSENGER-CAR EQUIVALENTS FOR TRUCKS AND BUSES ON UPGRADES

Upgrade (%)	Length (km)	E ₁								
		Percentage of Trucks and Buses								
		2	4	5	6	8	10	15	20	25
< 2	All	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	0.0-0.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	> 0.4-0.8	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
≥ 2-3	> 0.8-1.2	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	> 1.2-1.6	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	> 1.6-2.4	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	> 2.4	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	0.0-0.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	> 0.4-0.8	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
> 3-4	> 0.8-1.2	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	> 1.2-1.6	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0
	> 1.6-2.4	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
	> 2.4	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5
	0.0-0.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	> 0.4-0.8	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
> 4-5	> 0.8-1.2	3.5	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	> 1.2-1.6	4.0	3.5	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	> 1.6	5.0	4.0	4.0	4.0	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0
	0.0-0.4	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	> 0.4-0.5	4.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
> 5-6	> 0.5-0.8	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	> 0.8-1.2	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	> 1.2-1.6	5.5	5.0	4.5	4.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	> 1.6	6.0	5.0	5.0	4.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
	0.0-0.4	4.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0
	> 0.4-0.5	4.5	4.0	3.5	3.5	3.5	3.0	2.5	2.5	2.5
> 6	> 0.5-0.8	5.0	4.5	4.0	4.0	3.5	3.0	2.5	2.5	2.5
	> 0.8-1.2	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0
	> 1.2-1.6	6.0	5.5	5.0	5.0	4.5	4.0	3.5	3.5	3.5
	> 1.6	7.0	6.0	5.5	5.5	5.0	4.5	4.0	4.0	4.0

HCM2000 منبع

جدول شماره ۱۵-۱۲- هم ارز خودرو سواری برای وسایل نقلیه تفریحی در سرپالایی

Upgrade (%)	Length (km)	E_R								
		Percentage of RVs								
		2	4	5	6	8	10	15	20	25
≤ 2	All	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
> 2-3	0.0-0.8	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	> 0.8	3.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2
	0.0-0.4	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
> 3-4	> 0.4-0.8	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	> 0.8	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	0.0-0.4	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
> 4-5	> 0.4-0.8	4.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0
	> 0.8	4.5	3.5	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0
	0.0-0.4	4.0	3.0	2.5	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	1.5
> 5	> 0.4-0.8	6.0	4.0	4.0	3.5	3.0	3.0	2.5	2.5	2.0
	> 0.8	6.0	4.5	4.0	4.0	3.5	3.0	3.0	2.5	2.0

منبع HCM2000

جدول شماره ۱۶-۱۲- هم ارز خودرو سواری برای کامیون و اتوبوس در سرآشیبی

EXHIBIT 23-11. PASSENGER-CAR EQUIVALENTS FOR TRUCKS AND BUSES ON DOWNGRADES

Downgrade (%)	Length (km)	E_T			
		Percentage of Trucks			
		5	10	15	20
< 4	All	1.5	1.5	1.5	1.5
4-5	≤ 6.4	1.5	1.5	1.5	1.5
4-5	> 6.4	2.0	2.0	2.0	1.5
> 5-6	≤ 6.4	1.5	1.5	1.5	1.5
> 5-6	> 6.4	5.5	4.0	4.0	3.0
> 6	≤ 6.4	1.5	1.5	1.5	1.5
> 6	> 6.4	7.5	6.0	5.5	4.5

منبع HCM2000

ترکیب شیب‌های زیر را در نظر بگیرید.

۹۲۰ متر با شیب ۳ درصد و سپس ۱۵۲۰ متر با شیب ۵ درصد.

چه همارز وسیله نقلیه سنگینی را در این حالت می‌توان مورد استفاده قرار داد؟

می‌توان شبیی را به طول ۲۴۴۰ متر در نظر گرفت که اثر آن مانند اثر دو شیب فوق

باشد.

روش متوسط شیب: شبیی را برای این مساله می‌توان در نظر گرفت که ترکیبی از دو

شیب بیان شده باشد. برای این کار باید میزان تغییر ارتفاع در این دو شیب را به ترتیب زیر

تعیین کرد.

$$\text{مترا} = \frac{\text{تغییر ارتفاع در شیب } 3}{\text{درصد}} = ۹۲۰ * ۰ / ۰ ۳$$

$$\text{مترا} = \frac{\text{تغییر ارتفاع در شیب } 5}{\text{درصد}} = ۱۵۲۰ * ۰ / ۰ ۵$$

متوسط شیب با تقسیم تغییر ارتفاع کل بر طول بدست می‌آید.

$$G_{AV} = \frac{103/6}{2435} = \frac{\text{مترا}}{\text{درصد}} = ۴ / ۲۵$$

هم‌اکنون ارقام مناسب را می‌توان برای تعیین همارز خودرو سواری با استفاده از شیب

۴/۲۵ درصد به طول ۲۴۴۵ مورد استفاده قرار داد.

روش متوسط شیب وقتی کلیه قسمت‌ها دارای شیب کمتر از ۴ درصد هستند یا وقتی

که کل طول شیب از ۱۲۲۰ متر کمتر است روشن مناسبی است.

روش شیب‌های ترکیبی: برای موارد دشوارتر، روشن دقیق دیگری وجود دارد. در این

رونده، درصد شیب قطعه ۲۴۴۰ متری با استفاده از سرعت نهایی عملکردی کامیون‌ها به عنوان

یک روشن ترکیبی بدست می‌آید. این کار یک شیوه گرافیکی است که به یک سری منحنی

شیب اجرایی برای کامیون نمونه با نسبت وزن به توان ۹۰ نیاز دارد. شکل شماره ۱۲-۶ منحنی اجرایی و شکل شماره ۷-۱۲ کاربرد آن را برای پیدا کردن شیب معادل در مسأله قبلی که با استفاده از روش متوسط شیب حل شد را نشان می‌دهد.

مراتب زیر در شکل شماره ۷-۱۲ برای تعیین شیب هم‌ارز ترکیبی به کار می‌رود.

- با عدد ۹۲۰ متر یعنی طول قسمت شیب مسأله فوق وارد جدول شده و تقاطع آن با

منحنی با شیب ۳ درصد را بدست می‌آوریم.

- تقاطع شیب سه درصد را با خط مربوط به طول ۹۲۰ متر به صورت افقی ادامه داده

تا به محور \times ها می‌رسیم که سرعت ۶۷ کیلومتر در ساعت را مشخص می‌کند. این سرعت یک

کامیون نمونه پس از طی ۹۲۰ متر شیب ۳ درصد است و در ضمن سرعت ورودی به شیب ۵

درصد نیز می‌باشد.

- تقاطع خط مربوط به سرعت ۶۷ کیلومتر در ساعت با شیب ۵ درصد را پیدا کرده و

به صورت عمودی به محور \times ها وصل می‌کنیم. طول بدست آمده در حدود ۴۴۰ متر است

بنابراین وقتی کامیون به ابتدای شیب ۵ درصد می‌رسد مانند آنست که ۴۴۰ متر از مسیری با

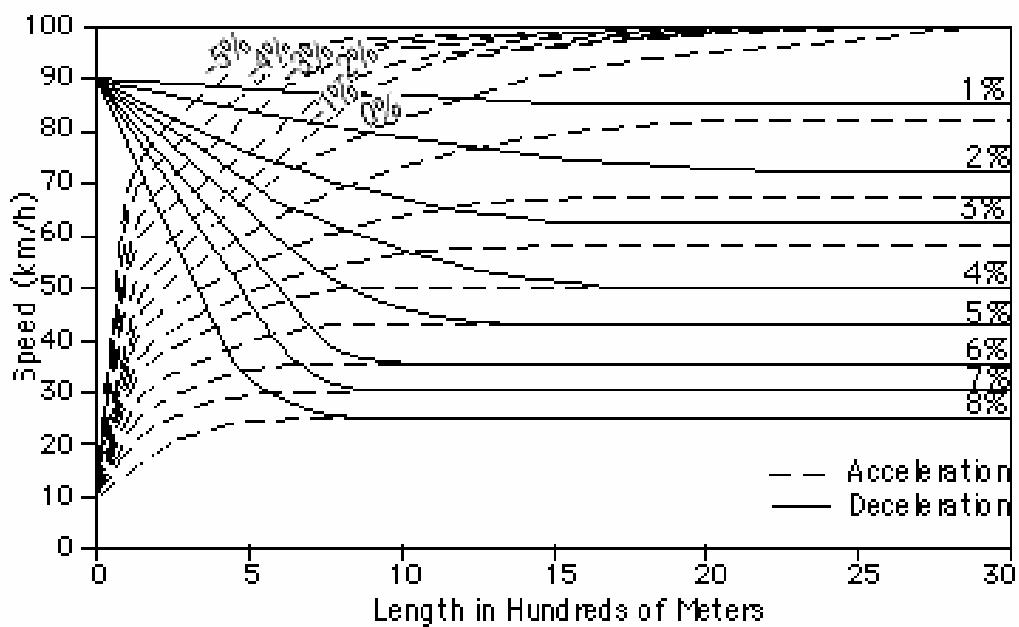
این شیب را طی کرده است

- کامیون دوباره ۱۵۲۰ متر را در شیب ۵ درصد طی می‌کند پس در مجموع ۱۹۶۰ متر

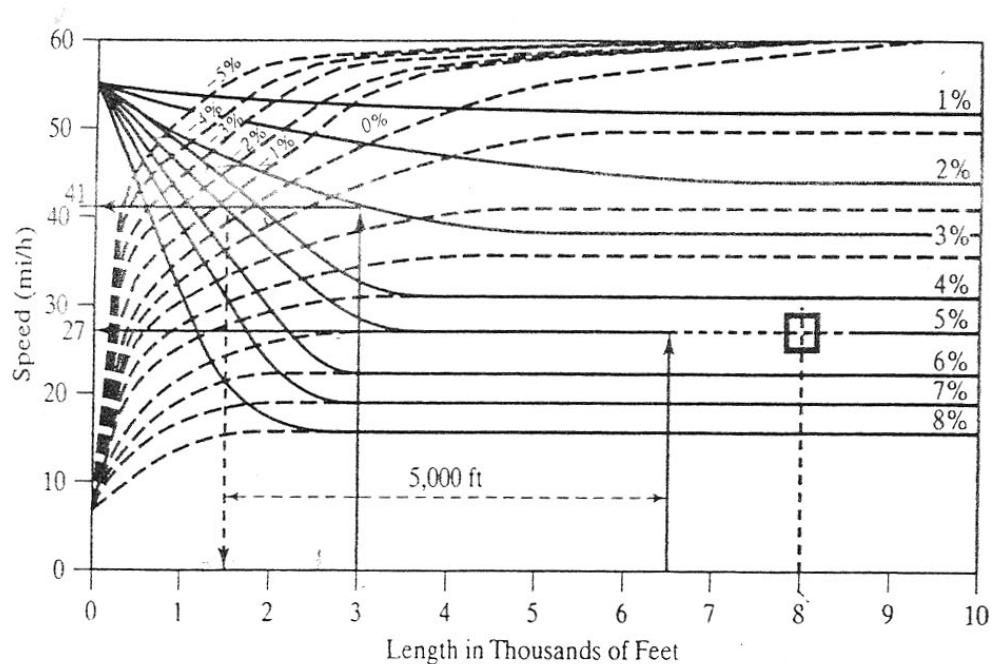
را در این شیب به صورت هم‌ارز طی کرده است. در این طول خط عمودی رسم کرده تا منحنی

شیب ۵ درصد را قطع کند و سپس به محور \times ها به صورت افقی وصل می‌کنیم. با این حساب

در پایان شیب، کامیون دارای سرعت ۴۴ کیلومتر بر ساعت است.



شکل شماره ۶-۱۲ عملکرد یک کامیون نمونه در شیب



شکل شماره ۶-۷ حل مساله با استفاده از شیب ترکیبی

• برای مشخص کردن شیب معادل، تقاطع سرعت ۴۴ کیلومتر بر ساعت و طول ۲۴۴۰

متر را رسم کرده و بدین ترتیب شیب معادل برابر ۵ درصد بدست می‌آید.

این روش بسیار دقیق‌تر از روش متوسط شیب بوده و ساده‌سازی را به‌خوبی نمایش

می‌دهد. یکی از موارد ساده‌سازی انتخاب کامیون‌هایی با توان ۹۰ kg در هر اسب بخار به عنوان

کامیون نمونه است. به علاوه در منحنی اجرایی فرض می‌شود که کامیون‌ها با سرعت ۹۰ کیلو

متر بر ساعت وارد می‌شوند و هرگز به سرعت ۹۸ کیلومتر بر ساعت نمی‌رسند که یک فرض

کاملاً محافظه‌کارانه است و بالاخره این که همارز خودرو سواری برای همه انواع وسایل نقلیه

سنگین در این روش، کامیون نمونه است.

علیرغم این ساده‌سازی‌ها به‌نظر می‌رسد این روش شیوه بسیار مناسبی در پروفیل‌های

شیب‌دار نسبت به روش متوسط شیب است. با استفاده از این روش برای هر تعداد از مقاطع

که حتی شامل سرازیری و سربالایی باشند می‌توان شیب ترکیبی همارز را بدست آورد.

قابل توجه است که در هنگام تحلیل حداکثر تأثیرپذیری در پایان شدیدترین شیب

می‌باشد.

بنابراین اگر یک مقطع ۳۰۰ متری با شیب ۳ درصد به‌دنبال یک مقطع ۳۰۰ متری با

شیب ۴ درصد بیاید هم‌ارز خودرو سواری در پایان شیب اوّلی باید در نظر گرفته شود.

۱۲-۳-مشخص کردن و کاربرد عامل اصلاحی برای وسایل نقلیه سنگین

حجم ترافیکی به میزان ۲۵۰۰ وسیله نقلیه بر ساعت در حال عبور در بزرگراهی جریان

دارد که شامل ۱۵ درصد کامیون و ۵ درصد وسایل نقلیه تفریحی می‌باشد قطعه مورد بحث

دارای ۵ درصد شیب و ۱۳۵۰ متر طول است. حجم معادل براساس همارز خودرو سواری

چقدر است؟

حل: مسئله با پیدا کردن همارز خودرو سواری برای کامیون‌ها و وسائل نقلیه تفریحی با

توجه به شیب ۵ درصد و طول ۱۳۵۰ متر قابل حل است که در جدول شماره ۱۵-۱۲ و ۱۴-۱۲

موجود می‌باشد.

$E_T = ۲/۵$ (جدول شماره ۱۴-۱۲ و با توجه به ۱۵ درصد کامیون، شیب ۴ تا ۵ درصد، طول

بین ۹۰۰ تا ۱۳۵۰ متر)

$E_R = ۳$ (جدول شماره ۱۵-۱۲ و با توجه به ۵ درصد وسائل نقلیه تفریحی، شیب ۴ تا ۵

درصد، طول بیش از ۹۰۰ متر)

در این جداول باید به حدود مرزی که برای آنها عدد ذکر شده است، توجه شود. عامل

اصلاحی برای وسائل نقلیه از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + 0/15(2/5 - 1) + 0/05(3 - 1)} = \frac{1}{1/325} = 0/7547$$

و معادل حجم خودرو سواری به وسیله رابطه زیر بدست می‌آید.

$$V_{\rho e} = \frac{V_{V\rho h}}{F_{HV}} = \frac{2/500}{0/7547} = 3313$$

اتومبیل سواری در ساعت.

حل مسئله را می‌توان به صورت مستقیم با استفاده از همارز خودرو سواری انجام داد.

$$همارز خودرو سواری برای کامیون = ۹۳۸ = ۰/۱۵ * ۲/۵ * ۲۵۰۰$$

$$همارز خودرو سواری برای وسائل نقلیه تفریحی = ۳۷۵ = ۰/۵ * ۳ * ۲۵۰۰$$

$$\text{تعداد خودرو سواری} = ۲۰۰۰ = ۰/۸ * ۱ * ۲۵۰۰$$

$$\text{کل خودرو سواری} = ۳۳۱۳$$

۴-۳-۴ مشخص کردن عامل انسانی راننده

یکی از روندهای اساسی در آزادراه‌ها و بزرگراه‌های چندخطه در نظر گرفتن عامل انسانی یعنی رانندگان آشنا و کاربران روزانه و خصوصیات آنهاست. در بعضی از مسیرهای تفریحی، اکثر رانندگان با جاده آشنا نیستند. این موضوع می‌تواند تأثیر زیادی در عملکرد راننده داشته باشد. می‌توان گفت عامل اصلاحی به درستی تعریف نشده و وابسته به شرایط محلی می‌باشد. عموماً، این عامل از مقدار ۱ (برای جریان ترافیک تشکیل شده از کاربران روزانه) تا ۰/۸۵ به عنوان حد پایین برای دیگر راننده‌ها متغیر است. معمولاً در آنالیز عدد یک را مورد استفاده قرار می‌دهیم مگر این که دلیل دیگری برای این مورد وجود داشته باشد. وقتی اکثریت راننده‌ها در جاده‌ای ناآشنا به مسیر باشند برای بدست آوردن عامل انسانی بررسی خصوصیات عملکردی آنها نسبت به رانندگان آشنا پیشنهاد می‌شود. وقتی هدف پیش‌بینی آینده می‌باشد و تعداد مسافرت‌های تفریحی غالب است عامل انسانی راننده برای بدترین حالت عدد ۰/۸۵ پیشنهاد می‌شود.

۴-۴ کاربردهای نمونه

مثال ۴-۱۲ آنالیز یک بزرگراه شهری قدیمی شکل شماره ۸-۱۲ یک قسمت از یک آزادراه قدیمی را در شهر نیویورک نشان می‌دهد. که یک آزادراه چهارخطه (جاده کنار گذر در شکل نشان داده شده) با خصوصیات زیر است.

- عرض خطوط عبور ۳/۰۵ متر.
- وجود ساختمان‌های جانبی در کنار جاده.
- تعداد تبادل ها ۰/۶ تبادل در هر کیلومتر

-منطقه مسطح

جاده دارای اوج حجم ترافیک ۳۵۰۰ وسیله نقلیه در ساعت و عامل اوج ساعتی برابر ۰/۹۵ بوده و هیچ کامیون، اتوبوس و وسائل نقلیه تفریحی در جریان ترافیک وجود ندارد و عبور این نوع وسائل نقلیه ممنوع است.

این آزادراه در هنگام اوج تقاضا در چه سطح سرویس کار می‌کند؟

مرحله ۱:

در ابتدا سرعت جریان آزاد در بزرگراه باید مشخص شود.

سرعت جریان آزاد در بزرگراه با استفاده از رابطه ۱۲-۵ تعیین می‌شود.

$$FFS = BFFS - f_{lw} - f_{Lc} - f_N - f_{ID}$$

که

$114/8 = BFFS$ کیلومتر بر ساعت (پیش فرض برای یک آزادراه شهری)

$10/8 = f_{lw}$ کیلومتر بر ساعت (جدول شماره ۱۲-۵ یک خط عبور ۳/۰۵ متر)

$5/9 = f_{LC}$ کیلومتر بر ساعت (جدول شماره ۱۲-۶، دو خط عبور، مانع در فاصله صفر)

$7/4 = f_N$ کیلومتر بر ساعت (جدول شماره ۱۲-۷ دو خط عبور)

$12/3 = f_{ID}$ کیلومتر بر ساعت (جدول شماره ۱۲-۸، وجود ۶/۰ تبادل در هر کیلومتر)

بنابراین

$$FFS = 114/8 - 10/8 - 5/9 - 7/4 - 12/3 = 78/6 \text{ کیلومتر بر ساعت}$$

مرحله ۲:

مشخص کردن نرخ تقاضای جریان بر حسب هم ارز خودرو سواری در شرایط پایه

حجم تقاضا در شرایط پایه با استفاده از رابطه ۱-۱۲ به نرخ جریان معادل تبدیل

می‌شود.

$$v_\rho = \frac{V}{PHF * N * f_{HV} * f_\rho}$$

که:

$V = 3500$ وسیله نقلیه در ساعت (داده شده)

$\text{PHF} = ۰/۹۵$ (داده شده)

$N = ۲$ خط عبور (داده شده)

$f_{HV} = ۱$ (عدم وجود کامیون، اتوبوس یا وسائل نقلیه تفریحی)

$f_P = ۱$ (فرض رانندگان با آشنایی به مسیر)

$$V_p = \frac{1}{0.95 * 2 * 1 * 1} = 1842 \quad \text{وسیله نقلیه در یک خط عبور در ساعت}$$

مرحله ۳:

مشخص کردن سطح سرویس، سرعت و تراکم در جریان ترافیک

معمولًاً تقاضای جریان ۱۸۴۲ وسیله نقلیه در ساعت با توجه به شکل شماره ۱۲-۳ برای

تشخیص سطح سرویس و سرعت به کار می‌رود. ولی شکل دارای منحنی خاصی برای سرعت

جریان آزاد (FFS) ۷۸/۶ کیلومتر بر ساعت نیست. درون‌یابی بین منحنی‌ها در اینجا قابل قبول

است ولی با توجه به این که کمترین عدد جدول برای جریان سرعت آزاد ۹۰/۲ کیلومتر بر

ساعت است در اینجا از طریق برونویابی منحنی مورد نظر بدست می‌آید. روند فوق در شکل

شماره ۹-۱۲ نشان داده شده است.

با توجه به شکل شماره ۹-۱۲ وقتی در یک بزرگراه با سرعت جریان آزاد ۷۹ کیلومتر

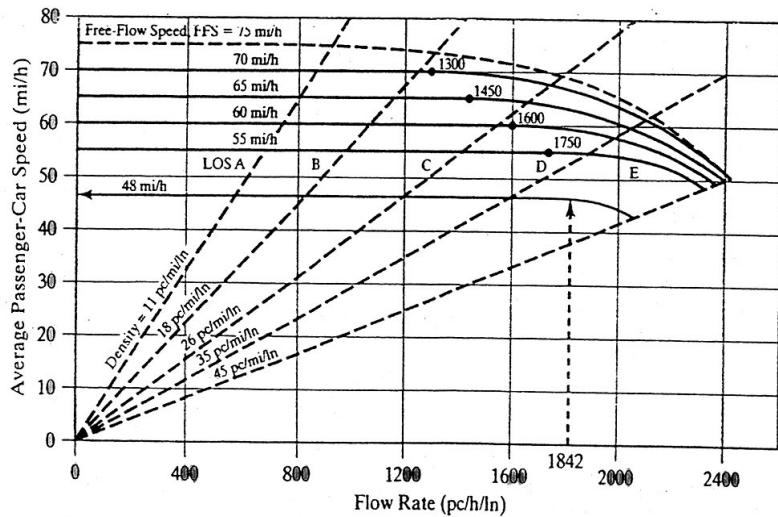
نرخ جریان ۱۸۴۲ pc/h/ln باشد میانگین سرعت باز هم ۷۹ km/h می‌باشد و این نشان می‌دهد

که حتی در نرخ جریان نسبتاً زیاد باز هم میزان سرعت، کاهش نیافته و سطح سرویس بزرگراه

E می‌باشد تراکم در این بزرگراه با استفاده از تقسیم نرخ جریان بر سرعت به ترتیب زیر قابل

تخمین است.

$$D = \frac{v_p}{s} = \frac{1842}{48} = ۲۳ / ۳ pc / km / ln$$



شکل شماره ۱۲-۹- حل مساله شماره ۱۲-۴

با استفاده از مقادیر فوق و مقادیر مندرج در جدول شماره ۱۲-۲ می‌توان سطح سرویس

را بدست آورد که برابر با سطح سرویس E می‌باشد و میزان تراکم $\text{pc/km/ln} = 21/3 - 27/4$ را

دربر می‌گیرد.

مثال ۵-۱۲

تحلیل قسمت‌های مختلف بزرگراه‌های چندخطه:

یک مقطع بزرگراه چهارخطه با میانه کامل دارای ترافیک حجم ساعت اوج ۲۶۰۰ veh/h

در جهت سنگین‌تر است که دربر گیرنده ۱۲ درصد کامیون و ۲ درصد وسائل نقلیه تفریحی و

رانندگان آشنا به جاده می‌باشند. این مقطع دارای شیب ۳ درصد به طول $1/6$ کیلومتر و PHF

برابر با $0/88$ است.

مطالعات در محل نشان می‌دهد که سرعت جریان آزاد این تسهیلات برابر با 90 کیلومتر در

ساعت است. این تسهیلات در چه سطح سرویس کار می‌کند؟

حل:

چون سرعت جریان آزاد از مطالعات در محل اخذ شده است تخمین آن با معادله ۶-۱۲

ضروری نیست. مقطع، دارای شب ثابت بوده و چون حجم اوج دارای یک پیک برای سربالایی و یک پیک برای سرازیری می‌باشد لازم است برای هر دو مورد سربالایی و سرازیری مورد آزمایش قرار گیرد.

مرحله ۱.

تعیین نرخ جریان در سربالایی بر حسب همارز خودرو سواری در شرایط پایه.

معادله ۱-۱۲ برای تبدیل حجم اوج ساعتی به نرخ جریان همارز خودرو سواری در

شرایط پایه به کار می‌رود:

$$V\rho = \frac{V}{PHF * N * F_{HV} * F_\rho}$$

۲۶۰۰ veh/h (داده شده)

۸۸ / ۰ (داده شده) = phF

$N = N$ خط عبور (داده شده)

$F_p = F_p$ (کاربر آشنا)

عامل وسیله نقلیه سنگین، f_{HV} ، با استفاده از معادله ۹-۱۲ قابل محاسبه است:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

که

$P_T = 12 / 10$ (داده شده)

$$P_R = 0.2 \times (1 - E_T)$$

$$(E_T) = 12-14$$

$$(E_R) = 12-15$$

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + 0.12(1/5 - 1) + 0.02(3 - 1)} = \frac{1}{1/1} = 0.909$$

: و

$$V_p = \frac{2600}{0.88 * 2 * 0.99 * 1} = 1625 pc/h/\ln$$

مرحله ۲:

تعیین نرخ جریان همارز خودروسواری در شرایط پایه

محاسبات مربوط به سراسیبی مانند روند مربوط به محاسبات سربالای بوده بهجز این که

همارز خودروسواری برای کامیون‌ها و وسایل نقلیه سواری برای شرایط سراسیبی بدست آمده

و به ترتیب زیر است:

$$(E_T) = 12-16$$

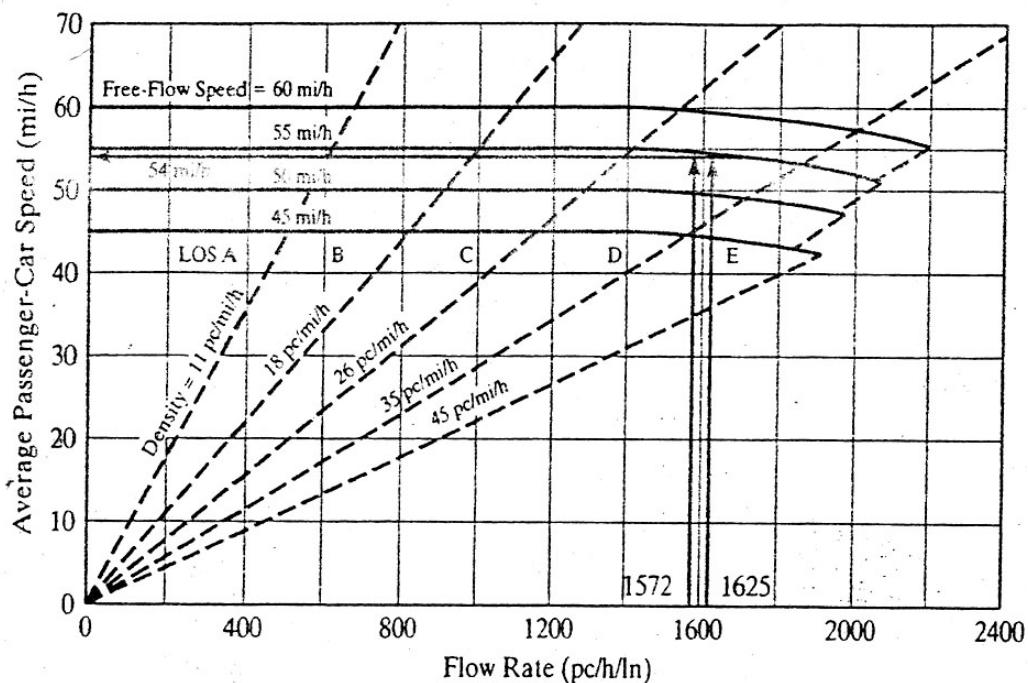
$$(E_R) = 12-13$$

توجه داشته باشید که همارز خودروسواری مربوط به سراسیبی برای وسایل نقلیه

تفریحی با فرض شرایط مسطح بدست می‌آید.

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + 0.12(1/5 - 1) + 0.02(1/2 - 1)} = \frac{1}{1/0.64} = 0.94$$

$$V_p = \frac{2600}{0.88 * 0.94 * 1} = 1572 pc/h/\ln$$



شکل شماره ۱۰-۱۲ حل مثال ۵-۱۲

مرحله ۳:

تعیین سطح سرویس، سرعت و تراکم در جریان ترافیک.

تعیین سطح سرویس و سرعت با استفاده از شکل شماره ۱۲-۴ مانند آنچه در شکل

شماره ۱۰-۱۲ نشان داده شده است برای بزرگراه‌های چندخطه انجام می‌شود. توجه داشته باشید که سرعت جریان آزاد در محل، اندازه‌گیری شده است.

با توجه به شکل شماره ۱۰-۱۲ سرعت مورد انتظار در مقاطع سربالایی و سرازیری

تقریباً برابر با 89 km/h می‌باشد. گرچه به نظر می‌رسد قدری سرعت در سرازیری بیشتر از

سربالایی است. مقیاس شکل ۱۲-۴ تشخیص این میزان را دشوار نموده است. چه در سربالایی

و چه در سرآشیبی در اوج جریان ترافیک سطح سرویس در حالت D قرار دارد.

تراکم نیز برای مقطع سربالایی و سراشیبی با تقسیم نرخ جریان بر سرعت به طریق زیر قابل اندازه گیری است.

$$D_{U\rho} = \frac{1625}{89} = 18/3 \text{ pc/km/ln}$$

$$D_{du} = \frac{1572}{89} = 18/7 \text{ pc/km/ln}$$

هر دو مقدار فوق در محدوده سطح سرویس D ، $21/3 - 16 \text{ pc/km/ln}$ قرار دارد.

مثال ۶-۱۲:

تعیین نرخ جریان و حجم سرویس برای یک مقطع آزادراه.

یک آزادراه شش خطه دارای مشخصات زیر است:

عرض خط $3/66$ متر، $1/83$ متر فاصله مانع جانبی در سمت راست جاده، منطقه مسطح،

تراکم تبادل برابر با $1/6$ ، تبادل در هر کیلومتر.

فاکتور اوج ساعتی (pHF) برابر با $0/92$ ترافیک دارای ۸ درصد کامیون و بدون وسائل

نقلیه تغیریحی بوده و کلیه رانندگان آشنا به مسیر می باشند.

اوج حجم ساعتی در تسهیلات veh/h 3600 و پیش‌بینی می شود که در طی 20 سال

آینده دارای 6 درصد رشد سالیانه باشد.

سطح سرویس این تسهیلات در حال حاضر و در 5 ، 10 ، 15 و 20 سال آینده در چه

سطحی است؟

این سؤال توسط پنج تحلیل عملکردی جداگانه و تعیین سطح سرویس برای جریان‌های

مختلف چه برای حال و چه سال‌های ذکر شده قابل ارزیابی است. معمولاً حل یک مسئله شامل

سطوح متعدد تقاضا از طریق محاسبه نرخ‌های جریان سرویس (SF) و حجم‌های سرویس

(SV) برای قسمت‌های مختلف با سطوح سرویس مجزا آسانتر می‌باشد. بنابراین میزان‌های

مختلف تقاضا می‌تواند برای تشخیص سطح سرویس به کار روند.

تعیین سرعت جریان آزادراه

مرحله ۱:

می‌توان سرعت جریان آزاد تسهیلات را با استفاده از معادله ۱۲-۵ بدست آورد:

$$Ffs = Bffs - f_{lw} - f_{Lc} - f_N - f_{ID}$$

که:

$$(آزادراه شهری) km/h ۱۱۵ = Bff$$

$$(جدول شماره ۱۲-۶ عرض خط ۳/۶۶ متر) km/h ۰/۰ = f_{lw}$$

$$(جدول شماره ۱۲-۶ فاصله ایمن ۱/۸۳ متر) km/h ۰/۰ = f_{Lc}$$

$$(جدول شماره ۱۲-۷ خط عبور) km/h ۵ = f_N$$

$$(شکل جدول شماره ۱۲-۸/۶۱ تبادل در کیلومتر) km/h ۴/۱ = f_{ID}$$

$$FFs = ۱۱۵ - ۰ - ۰ - ۵ - ۴/۱ = ۱۰۵/۹ Km/h$$

مرحله ۲:

تعیین بالاترین نرخ‌های جریان سرویس برای هر سطح سرویس

بالاترین نرخ‌های جریان سرویس براساس جدول شماره ۱۲-۳ رسم می‌شوند. این مقادیر

برای آزادراه با سرعت‌های جریان آزاد، $km/h ۱۰/۶$ و $km/h ۹/۸$ بدست می‌آیند.

درون‌یابی خطی برای بدست آوردن حداقل نرخ‌های جریان سرویس در سرعت $km/h ۱۰/۵$

به کار می‌رود. این موضوع در جدول شماره ۱۲-۱۷ نشان داده شده است.

جدول شماره ۱۲-۱۷: مقدایر MSF برای مثال ۱۲-۶

سرعت جریان آزاد			سطح سرویس
۱۰۶/۶	۱۰۵/۹	۹۸/۴	
۷۱۰	۷۰۵	۶۶۰	A
۱۱۷۰	۱۱۶۱	۱۰۸۰	B
۱۶۸۰	۱۶۶۸	۱۵۶۰	C
۲۰۹۰	۲۰۸۳	۲۰۲۰	D
۲۳۵۰	۲۳۴۵	۲۳۰۰	E

مرحله ۳:

تعیین عامل وسیله نقلیه سنگین

عامل وسیله نقلیه سنگین مطابق روند زیر محاسبه می شود:

$$F_{HV} = \frac{1}{1 + \rho_T(E_T - 1) + \rho_R(E_R - 1)}$$

(داده شده $P_T = ۰/۰\lambda$)(داده شده $P_R = ۰/۰\mu$)(شکل شماره ۱۲-۱۸، منطقه مسطح) $E_T = ۰/۵$

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + 0.8(2/5 - 1)} = \frac{1}{1/12} = 0.893$$

در نتیجه:

مرحله ۴:

تعیین نرخ های جریان سرویس و حجم های سرویس در هر سطح سرویس

نرخ های جریان سرویس و حجم های سرویس با استفاده از رابطه های ۱۲-۲ و ۱۲-۳

مطابق روند زیر بدست می آید.

$$SF_i = MSF_i * N * f_{HV} * f_p$$

$$Sv_i = SF_i * PHF$$

همانند مرحله ۲ محاسبه شد

(داده شده) $N = ۳$

$f_{HV} = ۰/۸۹۳$ همانطور که در مرحله سوم محاسبه شد.

(راننده‌های آشنا) $f_p = ۱/۰۰$

(داده شده) $PHF = ۰/۹۲$

این محاسبات در جدول شماره ۱۲-۱۸ در صفحه بعد آمده است.

نرخ‌های جریان سرویس (SF) برگرفته از اوج در بازه‌های ۱۵ دقیقه‌ای. به عنوان

حجم سرویس در کاربرد اوج حجم ساعتی به کار می‌رود.

مرحله ۵:

تعیین حجم‌های اوج تقاضا در سال مورد نظر.

شرایط ذکر شده، نشان می‌دهد که تقاضای موجود برابر با 3600 veh/h می‌باشد و این

حجم از یک رشد آدرصدی در هر سال در آینده نزدیک برخوردار است. حجم تقاضای آینده

مطابق روند زیر محاسبه می‌شود:

$$V_j = V_0 * (1 + ۰/۷^n)$$

V_j = حجم تقاضای ساعت اوج در سال مورد نظر

$V_0 = 3600 \text{ veh/h}$ حجم تقاضای ساعت اوج در سال

N = تعداد سال‌ها تا سال مورد نظر

که

$$V_r = 3600 \text{ Veh/h}$$

$$V_0 = 3600(1/0.6^0) = 4818 \text{ veh/h}$$

$$V_{1.} = 3600(1/0.6^1) = 6447 \text{ veh/h}$$

$$V_{1.5} = 3600(1/0.6^{1.5}) = 8628 \text{ veh/h}$$

$$V_{2.0} = 3600(1/0.6^2) = 11546 \text{ Veh/h}$$

مرحله ۶:

تعیین سطوح سرویس سال مورد نظر

حجم‌های تقاضای سال مورد نظر به عنوان حجم‌های کل در ساعت اوج در نظر گرفته

می‌شوند. بنابراین آنها با حجم‌های سرویس در جدول شماره ۱۲-۱۲ برای تعیین سطح سرویس مقایسه می‌شوند. نتایج در جدول شماره ۱۹-۱۲ در صفحه بعد نشان داده شده است.

همانطور که در جدول شماره ۱۹-۱۲ نشان داده شده است سطح سرویس سال‌های

۱۰، ۱۵، ۲۰ به طور معمول F می‌باشد و در هر کدام از این سال‌ها تقاضا، از ظرفیت فرونی می‌گیرد. مشخص است که نقطه‌ای که تقاضا برابر با ظرفیت خواهد شد بین سال‌های ۵ و ۱۰ اتفاق خواهد افتاد.

جدول شماره ۱۸-۱۲ محاسبه نرخ‌های جریان سرویس و حجم‌های سرویس

SV (veh/h)	pHF	SF (veh/h)	f_p	f_{HV}	N	MSF (pc/h/ln)	سطح سرویس
1738	0/92	۱۸۸۹	۱	0/893	۳	۷۰۵	A
2861	0/92	3110	۱	0/893	۳	1161	B
4111	0/92	4469	۱	0/893	۳	1668	C
5134	0/92	5580	۱	0/893	۳	2083	D
5780	0/92	6282	۱	0/893	۳	2354	E

جدول شماره ۱۹-۱۲ سطوح سرویس برای مثال ۶-۱۲

سطح سرویس	حجم تقاضا Veh/h	سال مورد نظر
C	۳۶۰۰	.
D	۸۶۲۸	۶۴۴۷
F	۴۸۱۸	۱۰
F	۸۶۲۸	۱۵
F	۱۱۵۴۶	۲۰

ظرفیت کل در ساعت اوج به میزان veh/h ۵۷۸۰ در (جدول ۱۸-۱۲) تعیین شده است.

نتایج این تحلیل نشان می‌دهد که پس از ۵/۷ سال میزان تقاضا به ظرفیت آزادراه خواهد

رسید و اگر هیچ کاری انجام نگیرد رانندگان می‌توانند انتظار یک توقف کامل در طی ساعت

اوج ترافیک در این قسمت از آزادراه را داشته باشند. برای اجتناب از این موقعیت، باید یا

تقاضا را کاهش داد و یا ظرفیت این قسمت را افزایش داد و افزایش ظرفیت به مفهوم اضافه

کردن خط عبور می‌باشد.

محاسبات می‌تواند با استفاده از چهار خط عبور در این قسمت دوباره انجام شود تا

بفهمیم که آیا ظرفیت کافی برای کنترل تقاضای بیست سال آینده اخذ خواهد شد یا نه؟

کاهش تقاضا بسیار دشوار است و باعث مطالعات فشرده درباره طبیعت تقاضا در آزادراه مورد بحث می‌شود. کاهش تقاضا در برگیرنده تشویق کاربران به استفاده از مسیرها و یا مودهای دیگر حمل و نقل و همچنین تردد در ساعتهای غیر اوج و استفاده از ماشین‌های باسرنشین بیشتر (کار پول) می‌باشد. با توجه به این که ظرفیت در این قسمت محدود است بعد به نظر می‌رسد که تقاضا در سال‌های بعد به خاطر ایجاد صفر و تراکم زیاد به سطح ذکر شده بررسد. توجه داشته باشید که تقاضا veh/h ۱۱۵۶ در ۲۰ سال آینده بیش از دو برابر ظرفیت این قسمت می‌باشد.

به عنوان یک مورد مناسب تحلیل فوق درک و تشخیص خوبی را به کاربر می‌دهد. این روند حل واضحی را بیان نمی‌کند ولی مهندسین برای دو برابر کردن یا افزایش ظرفیت یک تسهیلات یا اصلاح یک بزرگراه برای ظرفیت اضافه مورد نظر آماده می‌شوند. این مورد شامل قضاؤت مهندس نیز هست. تحلیل سطح‌سرویس موارد مختلف، اطلاعات خوبی را در اختیار مهندسین قرار می‌دهد که براساس آن بتوان قضاؤت کرد ولی طرح خاصی را دقیقاً مشخص نمی‌کند.

در یک روند کلی برای پیدا کردن روش اصلاح برای یک مسئله موضوعات اقتصادی، اجتماعی و محیط زیست باید کاملاً مورد توجه قرار گیرد.

مثال ۷-۱۲ کاربرد طرح

در یک منطقه بین‌شهری آزادراه جدیدی در دست طراحی می‌باشد. حجم ساعتی طراحی دریک جهت (DDHV) 2700 veh/h و فاکتور اوج ساعتی (pHf) برابر 0.85 است. درصد کامیون در جریان ترافیک پیش‌بینی شده است. یک قسمت طولانی از تسهیلات، مشخصات منطقه مسطح را خواهد داشت اما یک قسمت $\frac{3}{3}$ کیلومتری شامل شیب ثابت 4% درصد می‌شود. اگر هدف تامین سطح‌سرویس C و در بدترین حالت سطح‌سرویس D باشد

تعداد خطوط عبور چقدر است؟

راه حل: مساله شامل تعیین تعداد خطوط عبور در سه مقطع مختلف آزادراه است

(۱) قسمت مسطح

(۲) قسمت سرپالایی با شیب ثابت 4% درصد به طول $\frac{3}{3}$ کیلومتر

(۳) سرازیری با شیب ثابت 4% درصد به طول $\frac{3}{3}$ کیلومتر.

مرحله ۱ تعیین سرعت جریان آزاد در آزادراه

این مسئله یک حالت طراحی است و در صورتی که اطلاعات خاصی پیشنهاد نشده باشد

فرض می‌شود که پهنهای خط عبور $\frac{3}{3}6$ متر و فاصله ایمن بزرگ‌تر از $1/83$ متر بوده و با

آخرین استاندارد مطابقت دارد (مطابق شرایط پایه). هیچ تراکم تبادلی نیز ذکر نشده است اما

گفته شده که این یک قسمت بین‌شهری از آزادراه است پس یک تراکم تبادل کمتر از $0/35$ در

کیلومتر مطابق با شرایط پایه در اینجا فرض می‌شود.

دستیابی به سرعت جریان آزاد وابسته به تعداد خطوط عبور است. این موضوعی

می‌باشد که این تحلیل برای تعیین آن تلاش می‌کند.

در پایین جدول شماره ۷-۱۲ ذکر شده است که برای آزادراه‌های شهری هیچ عامل تطبیقی برای تعداد خط‌عبور وجود ندارد. بنابراین ضریب خاصی در این حالت برای سرعت پایه آزادراه بین‌شهری وجود ندارد و سرعت نهایی جریان آزاد 123 km/h مورد استفاده قرارمی‌گیرد.

مرحله ۲: تعیین حداقل نرخ جریان سرویس (MSF) برای سطوح سرویس C, D, C
هدف تامین سطح سرویس C و در بدترین حالت سرویس D می‌باشد. بنابراین لازم است بالاترین نرخ جریان سرویس آنها تعیین گردد.
در مورد یک سرعت جریان آزاد برابر با 123 km/h از جدول شماره ۳-۱۲ ۳ موارد زیر بدست آمده است.

$$\text{MSF}_c = 1830 \text{ pc/h/ln}$$

$$\text{MSF}_D = 2170 \text{ pc/h/ln}$$

مرحله ۳: تعیین خطوط‌عبوری مورد نیاز برای قسمت‌های مسطح، سربالایی و سرازیری آزادراه.

تعداد خطوط مورد نیاز با استفاده از رابطه ۴-۱۲ بدست می‌آید:

$$N_i = \frac{DDHV}{PHF * MSF_i * f_{HV} * f_\rho}$$

$$(داده شده) 2800 \text{ veh/h} = DDHV$$

$$0.85 = PHF \quad (\text{داده شده})$$

$$1830 \text{ pc/h/ln} = MSF_c \quad (\text{همانطور که در مرحله ۲ بدست آمد})$$

$$1 = F_p \quad (\text{رانندگان آشنا فرض شده‌اند})$$

سه عامل مختلف وسیله نقلیه (f_{HV}) برای مناطق مسطح، سربالایی و سرازیری درنظر گرفته شده که با توجه به عدم وجود وسایل نقلیه تفریحی به شرح زیر محاسبه می‌شوند.

$$F_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1)}$$

$$(P_T = 1/15) \text{ (داده شده)}$$

$$E_T \text{ (مسطح)} = 1/5 \text{ (منطقه مسطح، جدول شماره ۱۲-۱۳)}$$

$$E_T \text{ (سربالایی)} = 2/5 \text{ (جدول شماره ۱۴-۱۲ سربالایی با شیب ۴٪ و طول ۳/۳ کیلومتر)}$$

$$E_T \text{ (سرازیری)} = 1/5 \text{ (جدول شماره ۱۶-۱۲ سرازیری با شیب ۴٪ و طول ۳/۳ کیلومتر)}$$

$$F_{HV} = \frac{1}{1 + 1/15(1/5 - 1)} = \frac{1}{1/075} = 0.930$$

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + 0/15(2/5 - 1)} = \frac{1}{1/225} = 0.816$$

$$N \text{ (سرازیری و مسطح)} = \frac{2700}{0.85 * 1830 * 0.930 * 1/00} = 1/87$$

$$N \text{ (سربالایی)} = \frac{2700}{0.85 * 1830 * 0.816 * 1/00} = 1/13$$

بدین ترتیب مناطق مسطح و سرازیری ۲ خط عبور و منطقه سربالایی به ۳ خط عبور

در هر جهت احتیاج دارد. اعداد ذکر شده حداقل تعداد خطوط عبور برای تامین سطح

سرویس مورد نظر است. پیشنهاد می‌شود که این تسهیلات با چهار خط عبور در هر جهت

و یک خط عبور خوش برای کامیون‌ها در سربالایی ساخته شود.

تحلیل:

نتایج آنالیزهایی مانند آنالیز فوق منجر به اخذ خطوط عبور اعشاری و مختلف

خواهد شد. در اینجا می‌توان با توجه به داده‌های DDHF و تعداد چهار خط عبور سطح

سرویس را برای قسمت‌های مختلف آزادراه تعیین نمود و مطمئناً این سطح سرویس مساوی یا بهتر از میزان درخواست شده می‌باشد.

در صورتی که تحلیل در یک منطقه شهری یا حومه شهر انجام شود تضاد تعداد خطوط عبور در سرعت جریان آزاد، تحلیل را دشوار می‌کند. تعداد خطوط عبور برای تعیین MSF_C و FFS باید فرض گرفته شود و سپس تعداد خطوط عبور همان‌طور که نشان داده شد، محاسبه گردد و وقتی تعداد خطوط عبور مفروض با محاسبه شده، یکی شد فرض ما صحیح می‌باشد. شاید مجبور باشیم یک یا دوبار این روند را تکرار کنیم.

سطح سرویس D حداقل قابل قبول در این مسأله بود. هم اکنون بررسی می‌کنیم که در صورتی که دو خط عبور داشته باشیم چه سطح سرویس ایجاد می‌شود. درنتیجه:

$$V_\rho = \frac{V}{PHF * N * F_{HV} * F_\rho} = \frac{2700}{\cdot / 85 * 2 * \cdot / 816 * 1 / \cdot \cdot} = 1946 pc/h/ln$$

همان‌طور که دیدیم در مرحله دوم MSF_D برابر $2170 pc/h/ln$ تعیین شد بنابراین مقدار فوق از MSF_D کمتر می‌باشد. سپس تأمین دو خط عبور در سربالایی، سطح سرویس D را فراهم می‌کند.

بنابراین ما یک انتخاب داریم که برای بدست آوردن سطح سرویس C، در سربالایی یک آزادراه با سه خط عبور و یک خط عبور خوش بسازیم یا اینکه به دو خط عبور با سطح سرویس D اکتفا کنیم.

یک راه حل محافظه کارانه ساخت آزادراه با دو خط عبور و مهیا کردن امکانات مورد نیاز برای تعریض مسیر در آینده برای ایجاد خط عبور خوش کامیون‌ها در سربالایی می‌باشد.

باید توجه داشت که تحلیل این مقطع در سربالایی اگر یکی از خطوط عبور، خط عبور خزش کامیون باشد، تقریبی بوده و خط عبور خزش تقریباً می‌تواند کامیون‌های سنگین را از خودروهای سواری تفکیک نماید.

در قسمت متدولوژی آزادراه‌ها در HCM برای تحلیل مقطع فوق از ترکیبی از وسائل نقلیه بین همه خطوط عبور استفاده شده است.

دوباره باید تأکید کنیم اگر چه نتایج تحلیل برای دستیابی به تصمیم‌گیری نهایی در قسمت سربالایی، اطلاعات مهندسی را فراهم می‌کند اما الزاماً در اجرای آن وجود ندارد و باید مسائل اقتصادی، اجتماعی و محیط زیست در نظر گرفته شود.

۵-۱۲ روش‌های کالیبراسیون

روش‌های تحلیل HCM برای قسمت‌های مهم آزادراه و بزرگراه‌های چندخطه براساس منحنی‌های سرعت جریان برای شرایط پایه تعریف شده و همراه با عامل‌های اصلاحی مختلف در تعیین سرعت جریان آزاد و نرخ تقاضاً بر حسب همارز خودرو سواری به کار می‌رود.

درک مناسب از بعضی موضوعات که اساس کالیبراسیون روابط پایه می‌باشند بسیار مهم است چون HCM به مهندسین ترافیک اجازه استفاده از روابط و مقادیر اصلی کالیبره شده را می‌دهد.

مراجع ۸ و ۹ برای خوانندگان علاقه‌مند نتایج تحقیقی را ارائه می‌کند که مبنای روندهای موجود در HCM ۲۰۰۰ و پایه و اساس تغییرات احتمالی در آینده می‌باشد. قسمت‌های بعدی در ارتباط با بعضی از این موضوعات کالیبراسیون بوده که در روش‌های مختلف به کار می‌رود.

۱۲-۵-اساس کالیبراسیون منحنی‌های جریان - سرعت

قسمت مهمی از شکل‌های مربوط به روش‌های به کار رفته در تحلیل آزادراه‌های و بزرگراه‌ها براساس منحنی‌های جریان - سرعت بوده که در تعیین و تعریف سطح سرویس و سرعت مورد انتظار، به کار می‌رود. منحنی‌های جریان سرعت بخش مهمی از ارتباط بین سرعت، جریان و تراکم می‌باشند (به فصل ۵ مراجعه شود). این سه متغیر مهم به صورت زیر به هم مربوط می‌شوند.

$$V = S \times D \quad (10-12)$$

$$V = \text{نرخ جریان} , \text{veh/h} \text{ یا } \text{veh/km}$$

$$S = \text{سرعت متوسط مکانی} , \text{km/h}$$

$$D = \text{تراکم} , \text{veh/km} \text{ یا } \text{veh/km}$$

بنابراین با کالیبره نمودن روابط بین هر دو تا از این متغیرها رابطه بین آنها بدست می‌آید و چون سرعت و جریان برای ارزیابی، متغیرهای ساده‌تری هستند. رابطه جریان-سرعت اغلب کالیبره می‌شود.

پاره‌ای از مطالعات تاریخی

شکل منحنی‌ها طی سالیان متعدد بدست آمده است. یکی از قدیمی‌ترین مطالعات توسط بوریس گرین شیلدز^۱ انجام شد که نشان داد رابطه بین سرعت و تراکم، خطی است. این روابط منحنی‌های سهمی پیوسته را برای سرعت - جریان و جریان-تراکم بوجود می‌آورد.

¹ Greenshields

بعد از آن الیس^۱ منحنی‌های خطی دوقطعه‌ای و سه‌قطعه‌ای، دارای ناپیوستگی را مورد بررسی قرار داد. گرینبرگ^۲ نظریه منحنی لگاریتمی را برای سرعت-تراکم مطرح کرد در حالی که آندرود^۳ فرم نمایی آن را به کار برد ایدیه^۴ برای قسمت‌های کم تراکم و پرترکم منحنی به ترتیب منحنی‌های لگاریتمی را پیشنهاد می‌دهد و همانند الیس ناپیوستگی را نیز در منحنی لحاظ می‌کند در نهایت مای^۵ یک منحنی زنگوله‌ای شکل را برای سرعت - تراکم پیشنهاد می‌دهد. مرجع (۱۵) یک مطالعه جالب را که برای هماهنگ نمودن موارد فوق و دیگر روابط ریاضی برای یک مجموعه اطلاعات جامع که در بزرگراه آیرنهاور در شیکاگو در اوایل سال ۱۹۶۰ انجام نشد، دربر می‌گیرد. از لحاظ تاریخی، این مطالعات جالب بوده و توجه فرد را به دو نکته زیر جلب می‌کند.

- در ابتدا فعالیت‌های کالیبراسیون بر رابطه سرعت-تراکم تمرکز داشته است.
 - موردی که به عنوان یک ناپیوستگی در روابط سرعت-جریان-تراکم وجود دارد.

مورد اول این مفهوم را دربر دارد که این رابطه سرعت-تراکم است که به طور مستقیم رفتار راننده را نشان می‌دهد.

در ابتدا تقاضای ترافیک به صورت تراکم بروز می‌کند و این به خاطر اینست که کاربری‌های مختلف زمین، سفرهایی را ایجاد می‌کند که تعدادی وسایل نقلیه را در فضای محدودی قرار می‌دهد. رانندگان وسایل نقلیه سرعت‌شان را براساس برخی شرایط خاص از قبیل فاصله از دیگر وسایل نقلیه و برد اشت‌شان از عملکرد ایمن تعیین می‌کنند.

¹ Ellis

² Greenberg

³ Underwood

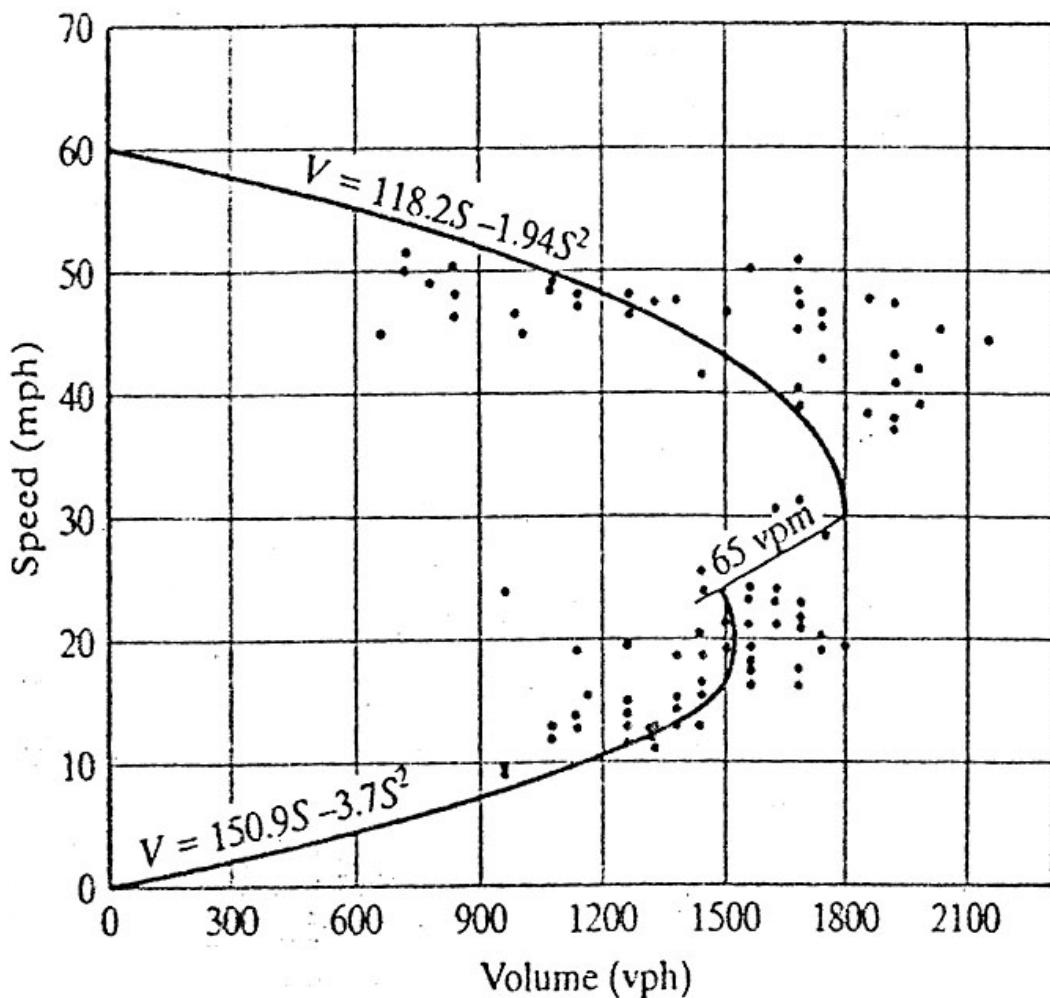
⁴ Edie

⁵ May

چگالی، توسط تولید سفر و سرعت انتخابی رانندگان در واکنش به تراکم موجود ایجاد می شود و نرخ جریان از آن متنج می گردد. بهندرت تراکم مستقیماً اندازه‌گیری شده و اغلب از طریق اندازه‌گیری سرعت و جریان محاسبه می شود. بنابراین تلاش‌های بعدی در اینجا در راستای برقراری ارتباط بین سرعت و تراکمی که مستقیماً اندازه‌گیری شده است می باشد. مورد دوّم مساله‌ای را مطرح می کند که هم‌اکنون نیز حل نشده باقی مانده است . ناپیوستگی در رابطه بین سرعت-جریان-تراکم تقریباً همیشه هنگامی رخ می دهد که جریان به ظرفیت نزدیک می شود. در منحنی نشان داده شده در شکل شماره ۱۱-۱۲ از مرجع شماره ۱۶ این خصوصیت به‌وضوح قابل تشخیص است. این شکل ظرفیت را نشان می دهد که وقتی از طرف یک جریان پایدار به آن نزدیک می شویم بزرگتر از وقتی است که از طرف یک جریان ناپایدار به آن نزدیک می شویم.

در عمل، ظرفیت یک قطعه بعد از یک وقفه ممکن است پایین‌تر از ظرفیت آن در هنگام جریان پایدار باشد. همانطور که در ادامه بیان خواهد شد این خصوصیت دارای یک حالت شوک بحرانی بوده و س از هر وقفه یا صف مدت زمانی نیاز است تا به حالت عادی خودش برگردد.

بعضی از مشکلات در ارتباط با این ناپیوستگی در مطالعات قدیمی از نداشتن اطلاعات دقیق از چگونگی و جای جمع‌آوری داده‌ها ناشی می شود . این موضوع در قسمت بعد با استفاده از مطالعه کاملاً جدید بررسی خواهد شد.



شکل شماره ۱۱-۱۲ منحنی سرعت- جریان با ناپیوستگی درنzdیکی ظرفیت

خصوصیات جدید آزادراه و بزرگراه‌های چندخطه

شکل شماره ۱۲-۱۲ قالب کلی منحنی سرعت- جریان یک آزادراه یا بزرگراه چندخطه

را نشان می‌دهد. که در مورد رفتار رانندگان در یک تسهیلات با جریان بدون وقفه است. در

نظر داشته باشید که همه منحنی‌های موجود در اشکال ۱۲-۳ و ۱۲-۴ به جز قسمت‌هایی که با

نوشتن ناحیه ۱ و ناحیه ۲ مشخص شده‌اند در همین قالب هستند. ناحیه ۱ و ناحیه ۲

قسمت‌هایی با جریان پایدار منحنی هستند.

چهار منطقه منحنی سرعت-جريان در شکل شماره ۱۲-۱۲ به صورت زیر قابل شرح

هستند.

منطقه ۱: قسمتی را نشان می‌دهد که در آن با مقادیر زیاد جریان رانندگان هنوز می‌توانند

سرعت خود را حفظ کنند این قسمت مسطح از منحنی برابر با سرعت جریان آزاد است.

منطقه ۲: در این قسمت از منحنی که هنوز جریان در آن حالت پایدار خودش را حفظ

کرده است سرعت در اندر کنش با افزایش جریان شروع به کاهش می‌کند ولی کل این کاهش

نسبت به سرعت جریان آزاد تا رسیدن به ظرفیت (نقطه ۲) معمولاً 8 km/h یا کمتر است. نقطه

۱ نرخ جریانی را نشان می‌دهد که در آن قسمت سرعت شروع به کاهش کرده این میزان در

محدوده $1700 - 1500 \text{ pc/h/ln}$ قرار دارد. بنابراین فاصله بین سرعت جریان آزاد و ظرفیت

(ایجاد وقفه) با افزایش جزئی در نرخ جریان بوجود می‌آید.

منطقه ۳: این قسمت از منحنی، خروج از صف^۱ (queue discharge) نامیده

می‌شود. بطور ناگهانی وقتی تقاضا بیشتر از ظرفیت شد، یک وقفه رخ داده و یک صف،

بالا دست نقطه وقفه ایجاد می‌شود و جریان به چیزی که از جلو صف خارج می‌شود، محدود

گشته که میزان آن تقریباً ثابت است. سرعت متغیر منطقه ۳ بیان‌کننده سرعت در منطقه بدون

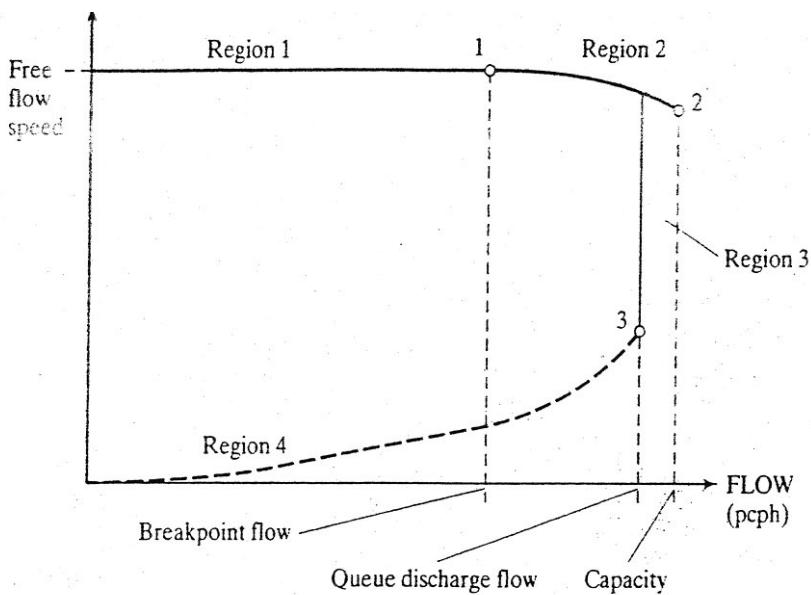
ازدحام موجود در پایین دست صف است. در نقطه پایین دست صف، میزان جریان تقریباً ثابت

خواهد بود و رانندگان بعد از ترک صف، شتاب خواهند گرفت.

منطقه ۴: این قسمت از منحنی شرایط ناپایداری که در محدوده صف و در پایین دست

منحنی حین یک وقفه ایجاد شده را نشان می‌دهد.

^۱ Queue discharge



شکل شماره ۱۲-۱۲ یک شکل تیپ از یک رابطه سرعت-تراکم مدرن

شکل این منحنی نشان دهنده خصوصیات رانندگان ماهر در یک تسهیلات مدرن

چندخطه با جریان بدون وقفه است و بیانگر این حقیقت است که رانندگان آمریکایی با ۴ دهه تجربه حرکت در چنین تسهیلاتی حتی در نرخ‌های بالای جریان بی‌مهابا با سرعت بالا حرکت می‌کنند.

موضوع: اندازه‌گیری در محل، کجا باید انجام شود؟

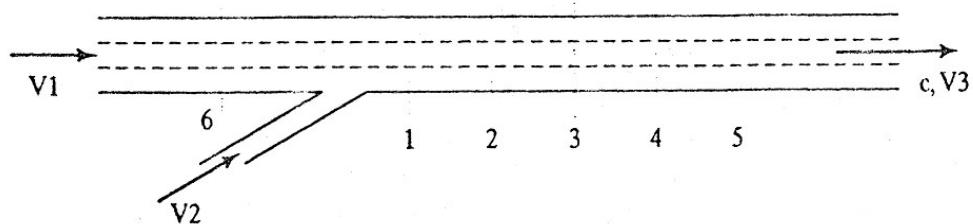
توجه داشته باشید که هنگام کالیبره کردن منحنی سرعت-جریان برای یک تسهیلات خاص جمع‌آوری اطلاعات برای هر چهار منطقه منحنی شکل شماره ۱۲-۱۲ از یک نقطه میسر نیست. به علاوه برای کالیبره کردن کامل منحنی، ظرفیت تا جایی که انتقال از جریان ناپایدار اتفاق می‌افتد باید اندازه‌گیری شود.

مورد فوق تنها در حالتی قابل انجام است که تقاضا به حد کافی برای رسیدن به ظرفیت و ایجاد وقفه وجود داشته باشد.

قسمت پایین دست محل مورد مطالعه نباید تحت تأثیر صفحی که ناشی از وقفه‌ای دیگر در پایین دست است، باشد و باید به راحتی تخلیه شود. تقریباً یک منطقه مناسب برای ایجاد شرایط فوق یک ناحیه همگرا (یا روی رمپ) بوده که تعداد خطوط عبوری ورودی بیش از تعداد خطوط خروجی می‌باشد. شکل شماره ۱۲-۱۳ این نوع مقطع را نشان می‌دهد. چون چهار خط عبور ترافیک را به این نقطه می‌رساند و فقط سه خط عبور ترافیک را خارج می‌کند. می‌توان فرض کرد که ورود ترافیک زیاد و عدم امکان خروج آن از این مقطع یک امر امکان‌پذیر است. مشاهدات کلی باید این اطمینان را بوجود آورد که این رویداد منظم است و امکان دستیابی به یک انتقال از جریان پایدار به یک جریان ناپایدار و ایجاد وقفه وجود دارد.

منطقه ۱ و ۲ منحنی سرعت-جریان، اندازگیری‌های انجام شده براساس جریان پایدار را قبل از بوجود آمدن هر وقفه نشان می‌دهند.

پایین دست تقاطع (نقطه ۱) به این صورت انتخاب شده است که وسایل نقلیه می‌توانند شتاب گرفته و به سرعت‌های دلخواهشان برسند. هنگامی که وقفه رخ می‌دهد، جمع‌آوری اطلاعات در نقاط مختلف انجام شده و می‌تواند جریان خروج از صفحه را در نقاط ۱ تا ۵ در پایین دست (یا هر نقطه مورد نظر) مشاهده کرد. مشاهده‌گرهای میزان جریان باید تقریباً در این نقاط ثابت باشند. سرعت در نقاط پایین دست بعدی به طور دلخواه افزایش می‌یابد. برای برداشت داده‌های مربوط به منطقه‌ها، باید مشاهدات در محدوده بالا دست صفحه (یعنی در مکان ۶ یا شاید در نقاط بالا دست گوناگون در محدوده صفحه) انجام شود.



شکل شماره ۱۲-۱۳- یک موقعیت نوعی برای کالیبراسیون در مطالعات سرعت-جریان

موضوع: اخذ شرایط پایه

شرایط پایه برای رابطه‌های سرعت-جریان شامل دو مورد است. یکی عدم حضور وسایل نقلیه سنگین در جریان ترافیک و دیگر تعداد رانندگان آشنا به مسیر بین کاربران تسهیلات. در حالی که عرض خطوط عبور ۳/۶۶ متر و حداقل فاصله آزاد ۱/۸۳ متر که سرعت جریان آزاد را تحت تأثیر قرار می‌دهد چون در مطالعه در نظر گرفته شده لازم نیست لحاظ شوند. تعداد خطوط عبور و تراکم تبادل‌ها که بر روی سرعت جریان آزاد تأثیر می‌گذارد نیز باید به عنوان بخشی از اطلاعات مربوط به قسمت ثبت شوند.

وجود وسایل نقلیه سنگین در جریان ترافیک، آزاردهنده‌ترین مسله در ارزیابی شرایط پایه است. اگر چه مکان‌های کالیبراسیون باید در حد امکان از ماشین‌سنگین کمی برخوردار باشند، پیدا کردن مکانی که عاری از هرگونه وسیله نقلیه سنگین باشد، بسیار دشوار است. بنابراین استخراج داده‌های جریان ترافیک که فقط شامل خودروسواری است از داخل ترافیک یکی از مشکلات اصلی می‌باشد. این کار از طریق مشاهده و کاربرد اطلاعات جریان ترافیک در مقیاس خرد به خصوص سرفاصله وسایل نقلیه انجام می‌شود. اگر وسایل نقلیه به عنوان خودروهای سواری(P) یا وسایل نقلیه سنگین(HV) طبقه‌بندی شده‌اند ۴ نوع سرفاصله وسایل نقلیه در جریان ترافیک مشاهده می‌شود.

p-p: خودرو سواری، خودرو سواری دیگری را دنبال می‌کند.

H-p: خودرو سواری یک وسیله نقلیه سنگین را دنبال می‌کند.

H-H: وسیله نقلیه سنگین یک خودرو سواری را دنبال می‌کند.

وقتی جریان ترافیک انواع مختلفی از وسایل نقلیه سنگین را دربر می‌گیرد سرفاصله

وسایل نقلیه فقط با استفاده از وسیله نقلیه عقبی بترتیب زیر طبقه‌بندی می‌شود.

P: خودرو سواری

T: کامیون

B: اتوبوس

R: وسایل نقلیه تغیریجی

در هر دوره برداشت (معمولًاً فواصل ۱۵ یا ۵ دقیقه‌ای) سرفاصله وسایل نقلیه همان

طور که ذکر شد اندازه‌گیری و طبقه‌بندی می‌شود و سپس متوسط سرفاصله وسایل نقلیه برای

هر دوره برداشت و هر نوع سرفاصله محاسبه خواهد شد. در ضمن سرعت‌های متوسط هر

نوع از وسایل نقلیه در هر دوره برداشت محاسبه می‌گردد.

با فرض اینکه عملکرد خودرو سواری تحت تأثیر وسایل نقلیه سنگین موجود در

خط عبور مجاور نیست نرخ جریان پایه و سرعت در هر دوره برداشت می‌تواند رفتار

خودروهای سواری را با استفاده از رابطه متوسط سرفاصله‌های وسایل نقلیه و نرخ‌های جریان

مشخص سازد.

رابطه ۱۱-۱۲

$$V_{pc} = \frac{3600}{happ} \text{ یا } \frac{3600}{hap}$$

که

V_{pc} = نرخ جریان برای خودروهای سواری، pc/h

$Happ$ = متوسط سرفاصله وسیله نقلیه برای خودرو سواری که خودرو سواری دیگری

را دنبال می‌کند، S

Hap = متوسط همه سرفاصله‌های وسایل نقلیه برای یک جفت وسیله نقلیه در جایی که

یک خودرو سواری وسیله نقلیه دیگر را دنبال می‌کند و یا توسط آن دنبال می‌شود، S

تراکم جریان ترافیک بر حسب خودرو سواری برای هر دوره آمارگیری که از رابطه زیر

بدست می‌آید.

$$D_{pc} = \frac{V_{pc}}{S_{ap}}$$

رابطه ۱۲-۱۲

که

D_{pc} = تراکم ، pc/km

S_{ap} = متوسط سرعت خودروهای سواری، km/h

برازش منحنی

وقتی داده‌ها جمع‌آوری و گزارش گردید. لازم است منحنی‌ای که تطابق بیشتر با این

داده دارد بر آنها برآذش شود. روش رگرسیون خطی و غیرخطی برای تعیین بهترین رابطه

موجود بین داده‌ها در اینجا به کار می‌رود. مطالعات اخیر نشان داده که پراکندگی داده‌ها گستردۀ

بوده و منحنی‌های گرافیکی خاصی را می‌تواند، تشکیل دهد(به عنوان مثال تخمین چشمی شکل

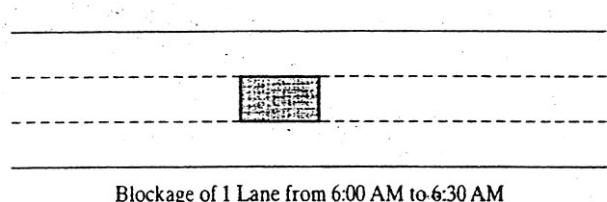
و موقعیت منحنی) که کاربرد هماهنگ اطلاعات و قضاوت حرفه‌ای را برای رسیدن به یک شکل منحنی مناسب می‌طلبد. این روند بیان می‌دارد که به چه ترتیب اشکال شماره ۳-۱۲ و ۴-۱۲ کالیبره شده‌اند. در تدوین HCM ۲۰۰۰ معادلاتی که منحنی گرافیکی را توضیح می‌دهند به کار رفته‌اند و بدین ترتیب الگوریتم‌های رایانه‌ای به راحتی قابل گسترش و جایگزینی هستند.

یک اوج یا دوتا

قابل ذکر است که تعدادی از مطالعات سرعت-جریان-تراکم انجام شده روابطی با ناپیوستگی‌های تند را در نزدیکی ظرفیت نشان می‌دهد. مطابق روابط سرعت-جریان مدرن، وقتی ظرفیت قسمت پایدار منحنی با جریان خروج از صف مقایسه شود موضوعات مشابهی بروز می‌کند. در این حالات، سؤال اینست وقتی یک گره و بیانند آن یک صف ایجاد می‌شود. آیا برای وسایل نقلیه این امکان وجود دارد که صف را با نرخ جریان ثابتی در حد ظرفیت ترک کنند؟

ولی متأسفانه جواب دقیقی برای این سؤال وجود ندارد. در بسیاری از موارد جریان خروج از صف کمی پایین‌تر از جریان پایدار ظرفیت در مقطع مورد نظر است.

ممکن است دو جریان در بعضی از موارد معادل یکدیگر بوده و حتی مواردی نیز مشاهده شده است که جریان خروج از صف از ظرفیت تسهیلات نیز بیشتر بوده است. اهمیت این موضوع هنگام تحلیل دقیق و جامع زمانی و مکانی تراکم مشخص می‌شود. شکل شماره ۱۴-۱۲ یک حالت خاص را نشان می‌دهد نقص وسیله در یک مقطع با ۳ خط عبور نیم ساعت به طول می‌انجامد. مقادیر ظرفیت و تقاضاهای تخمین زده شده در شکل به تفصیل آمده است



Blockage of 1 Lane from 6:00 AM to 6:30 AM

Blockage of 1 Lane from 6:00 AM to 6:30 AM

Demand Pattern

6-7 AM	6,000 veh/h
7-8 AM	6,000 veh/h
8-9 AM	6,000 veh/h
9-10 AM	5,000 veh/h
>10 AM	4,000 veh/h

Capacity Assumptions

Scenario 1:

Capacity = 2,000 veh/h/ln

Queue Discharge = 1,800 veh/h/ln

Scenario 2:

Capacity = 2,000 veh/h/ln

Queue Discharge = 2,000 veh/h/ln

شکل شماره ۱۴-۱۲ تاثیر گلوگاه نشان داده شده

دو فرضیه در نظر گرفته شده که برای هر فرضیه دو سؤال باید پاسخ داده شود.

۱- طول صف به چه میزان می شود؟ ۲- چه مدت برای از بین رفتن صف لازم است؟

انجام تحلیل صف برای پاسخ به این سؤالات به کار می رود و در هر دوره زمانی تعداد

وسیله نقلیه ورودی با تعداد وسائل نقلیه در حال خارج شدن از صف مقایسه می گردد. تحلیل

فرضیه ۱ استنباطی از اختلاف ۲۰۰ veh/h/ln بین ظرفیت و جریان خروج از صف می باشد که

در جدول شماره ۲۰-۱۲ نشان داده شده است.

در فرضیه ۲ فرض می‌شود که اختلافی بین ظرفیت و جریان خروج از صف وجود ندارد این موضوع در جدول شماره ۱۲-۲۱ نشان داده شده است. در فرضیه ۱ صف تا ساعت ۱۱ و ۳۸ دقیقه صبح به طول می‌انجامد نکته اساسی در اینجا اینست که جریان خروج از صف کمتر از ظرفیت است تا از بین رفتن صف یعنی ساعت ۱۰ و ۳۸ دقیقه به همین منوال ادامه می‌یابد. لازم به ذکر است که طول صف در ساعت ۹ به بیشترین حد یعنی ۲۷۰۰ وسیله نقلیه می‌رسد. ولی در فرضیه ۲ صف هرگز به بیش از ۱۰۰۰ وسیله نقلیه نرسیده و در ساعت ۱۰ نیز از بین می‌رود. پس این موضوع که جریان خروج از صف کمتر از ظرفیت است یا نه فراتر از یک فرضیه تئوری یا فلسفی می‌باشد و تأثیرش می‌تواند بسیار زیاد باشد. اگر فرض کنیم ۳ خط عبور بالادست این گلوگاه باشد و هر وسیله نقلیه $\frac{7}{6}$ متر را اشغال کند می‌توان طول صف ایجاد شده در هر دو فرضیه را تعیین کرد.

$$\text{کیلومتر } \frac{2700}{6/84} = \text{متر } (6840) \quad (\text{فرضیه ۱}) \quad LQ = \text{طول صف (فرضیه ۱)}$$

$$\text{کیلومتر } \frac{1000}{2/533} = \text{متر } (2533) \quad (\text{فرضیه ۲}) \quad LQ = \text{طول صف (فرضیه ۲)}$$

فرضیه ۱:

یک افت ده درصدی را برای جریان خروج از صف در نظر می‌گیرد گرچه این موضوع شاید کوچک به نظر برسد اما منجر به یک صف طولانی، بیش از دو برابر حالتی که افت وجود ندارد، شده و این صف بیش از دو ساعت نیز از نظر زمانی بیشتر طول می‌کشد. این نمونه نشان می‌دهد چگونه یک اتفاق می‌تواند برای رانندگان رخ دهد. در مورد فوق یک راننده گزارشی را در ارتباط با وقایعی در جریان ترافیک در ساعت ۶ صبح می‌شنود و در ساعت ۶

و ۳۰ دقیقه صبح گزارش دیگری، که حاکی از بر طرف شدن وقفه است و هنگامی که راننده در ساعت ۹ صبح به محل می‌رسد یک صف طولانی مواجه شده و زمانی که به محل وقفه می-رسد وارد یک شرایط آزاد ترافیکی در پایین دست می‌شود. راننده دچار تعجب شده که چرا صف هنوز وجود دارد در حالی که علت آن ساعتی قبل برطرف شده است. نتیجه اخلاقی این داستان اینست که یک وقفه باعث ایجاد تراکم چه در بازه مکانی و چه زمانی شده که ممکن است مدت زیادی پس از رفع شدن علت آن نیز به طول انجامد و این هدف که از وقفه حتی الامکان جلوگیری شود و برنامه‌ای برای رفع سریع آن تدوین شود (هنگام رخ دادن هر سانحه یا تصادفی) می‌تواند تأثیر عمده‌ای در کیفیت ترافیک ایجاد نماید.

جدول شماره ۲۰-۲۰- تحلیل صف برای فرضیه ۱

اندازه صف (veh)	ظرفیت (veh/h)	وسایل نقلیه ورودی (veh/h)	زمان
$3000-1800=1200$	$2*1800 \div 2 = 1800$	$6000 \div 3 = 2000$	۶ تا ۶:۳۰ صبح
$1200+3000-2700=1500$	$3*1800 \div 2 = 2700$	$6000 \div 3 = 2000$	۶ تا ۶:۳۰ صبح
$1500+6000-5400=2100$	$3*1800 = 5400$	۶۰۰۰	۷ تا ۸ صبح
$2100+6000-5400=2700$	5400	۶۰۰۰	۸ تا ۹ صبح
$2700+5000-5400=2300$	5400	۵۰۰۰	۹ تا ۱۰ صبح
خروج از صف با نرخ (veh/h)	5400	۴۰۰۰	بعد از ۱۰ صبح

جدول شماره ۲۱-۲۱- تحلیل صف برای فرضیه ۱

اندازه صف (veh)	ظرفیت (veh/h)	وسایل نقلیه ورودی (veh/h)	زمان
$3000-2000=1000$	$2*2000 \div 2 = 1800$	$6000 \div 2 = 3000$	۶ تا ۶:۳۰ صبح
$1000+3000-3000=1000$	$3*2000 \div 2 = 2700$	$6000 \div 2 = 3000$	۶ تا ۶:۳۰ صبح
$1000+6000-6000=1000$	$3*2000 = 6000$	۶۰۰۰	۷ تا ۸ صبح
$1000+6000-6000=1000$	6000	۶۰۰۰	۸ تا ۹ صبح
$1000+5000-6000=0$	5400	۵۰۰۰	۹ تا ۱۰ صبح

۲-۵-۱۲ کالیبره کردن همارزهای خودروهای سواری

مهمترین عامل تبدیل حجم تقاضا در شرایط موجود به نرخ جریان بر حسب همارز خودروسواری عامل اصلاحی وسایل نقلیه سنگین است. و همان طور که ذکر شد اصلاح جریان ترافیک بر پایه همارزهای خودرو سواری برای کامیون، اتوبوس و وسایل نقلیه تفریحی در شرایط مختلف منطقه انجام می‌شود. کالیبراسیون این مقادیر می‌تواند جالب باشد.

برای ساده شدن موضوع فرض کنید یک نوع وسیله نقلیه سنگین و بالطبع مقدار همارز خودروسواری (E_H) به کار می‌رود. چند رابطه قبلی بدین شرح است.

$$f_{HV} = \frac{V_{vph}}{V_{pce}}$$

$$f_{Hv} = \frac{1}{1 + p_H(E_H - 1)}$$

با استفاده از این روابط E_H را می‌توان مطابق با رابطه زیر بدست آورد.

$$E_H = \left[\frac{\left(\frac{V_{pce}}{V_{vph}} \right) - 1}{P_H} \right] + 1 \quad (13-12)$$

مقادیر V_{pce} و V_{vph} را می‌توان به اندازه‌های سرفاصله در هر جریان ترافیکی مربوط دانست اگر برای مثال سرفاصله‌ها در یک جریان ترافیک بر حسب وسیله نقلیه جلویی و عقبی طبقه‌بندی شود و فقط دو نوع وسیله نقلیه در جریان ترافیک وجود داشته باشد همان طور که قبلاً ذکر شد دارای گروههای H-P, P-H و P-P هستیم در این حالت رابطه ۱۱-۱۲ به کار می‌رود.

$$V_{pce} = \frac{3600}{hap}$$

نرخ جریان ترافیک مختلط V_{vph} با تقسیم ۳۶۰۰ بر متوسط کل سrfاصله‌ها بدست

می‌آید و میانگین همه سrfاصله‌ها از متوسط سrfاصله‌های طبقات ذکر شده بدست می‌آید.

$$V_{vph} = \frac{3600}{hap} \quad \text{رابطه (۱۴-۱۲)}$$

$ha = P_H^r h_{aHH} + P_H (1 - P_H) h_{aHP} + (1 - P_H)^r h_{app}$ که

P_H = نسبت وسائل نقلیه سنگین در جریان ترافیک

h_{aHH} = متوسط سrfاصله برای خودروهای سواری که وسیله نقلیه دیگری را دنبال

می‌کند، S

H_{aHP} = متوسط سrfاصله خودروهای سواری که وسیله‌های نقلیه سنگین را دنبال

می‌کند، S

h_{app} = متوسط سrfاصله خودرو سواری که توسط وسائل نقلیه سنگین دنبال می‌شود، S

h_{app} = متوسط سrfاصله خودرو سواری که خودرو سواری دیگری را دنبال می‌کند، S

با قرار دادن همه این اطلاعات در معادله ۱۲-۱۳ نتیجه می‌شود.

$$E_H = \frac{(1 - P_H) * (h_{aPH} + h_{aHP} - h_{app}) + P_H h_{aHH}}{h_{app}} \quad \text{رابطه (۱۵-۱۲)}$$

وقتی کلیه مقادیر بدین ترتیب تعیین می‌شوند.

و در حالی که سrfاصله نوع وسائل نقلیه عقبی و جلویی طبقه‌بندی می‌شود فرض‌های

زیر وجود دارد.

فرض‌های زیر مطلق می‌باشد.

$$h_{app} = h_{aph} = h_{ap}$$

$$h_{aHH} = h_{aHp} = h_{aH}$$

هنگامی که این فرض‌ها در رابطه ۱۵-۱۲ جایگزین شوند رابطه به صورت زیر ساده

می‌گردد:

$$E_H = \frac{h_{aH}}{h_{ap}} \quad (16-12)$$

جایی که تعدادی از طبقه‌بندی‌های مختلف وسایل نقلیه سنگین وجود دارد این رابطه

دارای شکل مناسبی می‌باشد.

اساس کلی این محاسبات مشخص کردن این نکته است که جریان یک ترافیک مخلوط

را می‌توان بر حسب ترافیک خودرو سواری تنها طبقه‌بندی کرد با تعریف چنین همارزی

می‌توان برای محاسبه و کالیبره کردن E_H از سرفاصله استفاده کرد. یکی از موضوعات مهم

تعریف شرایط همارز برای کالیبره کردن است. قسمت‌های بعدی در ارتباط با روش‌های

گوناگون دیگری بحث می‌کند.

تعیین همارزی توسط رانندگان

کراماس^۱ و کرولی^۲ در مرجع ۱۶ روش قابل فهمی را برای ایجاد مفهوم همارزی به کار

بردنده یک جریان ترافیک معین شرایط متعادلی را بیان می‌کند که در آن یک راننده، وسیله نقلیه

خود را با استفاده از استنباط شخصی به کار می‌گیرد. کراماس و کرولی پیشنهاد کردنده که

¹ Krammas

² Crowley

سرفاصله‌های وسایل نقلیه در یک جریان ترافیک دیدگاه رانندگان را در ارتباط با کیفیت عملکرد راه و سطح سرویس آن را نشان می‌دهد.

این یک مفهوم مهم است. همان طور که نرخ جریان سرویس برای یک سطح سرویس معین تعریف می‌شود، به کاربردن مفهوم سطح سرویس به عنوان بنیان مفهوم همارزی در راه منطقی می‌باشد. با استفاده از این روش در طی یک دوره زمانی ۱۵ دقیقه از مشاهدات، سرفاصله‌های وسایل نقلیه از نظر نوع طبقه‌بندی شده و همارزی‌ها با استفاده از رابطه‌های ۱۵-۱۲ یا ۱۶-۱۲ محاسبه می‌گردد.

به مثال زیر توجه کنید. داده‌های نشان داده شده در جدول ۲۲-۱۲ طی یک فاصله زمانی ۱۰ دقیقه‌ای در یک آزادراه بدست آمده است. جریان ترافیک در این بازده زمانی شامل ۱۰ درصد کامیون و ۹۰ درصد خودرو سواری می‌باشد.

جدول شماره ۲۲-۱۲ داده‌های مساله در تعیین همارزی توسط رانندگان

میانگین سرفاصله‌ها (s)	تعداد مشاهدات	نوع سرفاصله
۳	۴۰۰	P-P
۳/۴	۴۰	P-T
۴/۲	۴۰	T-P
۴/۶	۹	T-T

توجه داشته باشید که توزیع نوع سرفاصله با توزیع کامیون‌ها (۱۰٪) و خودروهای سواری (۹۰٪) در جریان ترافیک سازگار است. کل وسایل نقلیه عقبی شامل ۴۴۰ خودرو سواری و ۴۹ کامیون در جریان ترافیک است. وسایل نقلیه جلوی هم به همین منوال توزیع شده‌اند.

با طبقه‌بندی سرفاصله‌ها براساس دو نوع وسیله نقلیه جلویی و عقبی رابطه ۱۵-۱۲ برای

محاسبه همارز وسائل نقلیه سنگین (E_T) به کار می‌رود.

$$E_T = \frac{(1-0/10)*(3/4+4/2-3)+(0/10*4/6)}{3} = 1/53$$

براساس فرضیه همارزی کراماس وکروی، هر کامیون به اندازه ۱/۵۳ خودرو سواری

فضا اشغال می‌کند مشاهده نتایج رابطه ساده شده ۱۶-۱۲ در اینجا می‌تواند، جالب باشد چون

سرفاصله‌ها تنها با استفاده از وسیله نقلیه عقبی طبقه‌بندی می‌شود. برای این کار متوسط وزنی

سرفاصله‌ها برای حالتی که خودرو سواری وسیله نقلیه عقبی بوده و یا کامیون وسیله نقلیه عقبی

بوده با استفاده از داده‌های جدول شماره ۱۲-۲۲ محاسبه می‌شوند سرفاصله‌های متوسط وزنی

عبارتند از:

$$h_{at} = \frac{(40*4/2) + (19*4/6)}{(40+40)} = 4/27S$$

$$h_{ap} = \frac{(400*3) + (40*3/4)}{(400+40)} = 3/44S$$

$$E_t = \frac{4/27}{3/40} = 1/40$$

پس رابطه ۱۶-۱۲ را به کار می‌بریم

این رابطه براساس این فرض است که سرفاصله‌ها تنها به نوع وسیله نقلیه عقبی بستگی

دارد. مطابق داده‌های جدول شماره ۱۲-۲۲ ظاهرآ پیش فرض $h_{app}=h_{appt}$ و $h_{att} \neq h_{atp}$ کاملاً

درست نیست ولی باید در نظر داشت که رابطه ۱۶-۱۲ دارای میزان تخمین زیادی می‌باشد.

مشاهده می‌شود که نتایج فقط ۰/۱۳ با هم تفاوت داشته و این اختلاف میان این موضوع است

که کاربرد رابطه ۱۶-۱۲ و طبقه‌بندی وسائل نقلیه از روی وسائل نقلیه عقبی یک روش منطقی

است این مثال روش کالیبره کردن مقدار (E_T) را نشان می‌دهد. در HCM۲۰۰۰ مقدار E_T

متغیری وابسته به نوع منطقه، درصد کامیون‌ها در جریان ترافیک و طول وسختی شیب است بعضی از مطالعات این مقادیر را به خوبی قابل بیان با استفاده از سطوح جریان و سطوح سرویس می‌دانند.

کالیبره کردن مجموعه کاملی از مقادیر E_T و E_R به مقدار زیادی از داده‌های پایه نیاز دارد که دامنه وسیعی از شرایط فوق الذکر را در برداشته باشند که بالطبع هم وقت‌گیر و هم گران است. به خاطر دلایل تجربی، اکثر مطالعات در زمینه همارز وسیله نقلیه سنگین حداقل به صورت جزئی هم که شده به شبیه‌سازی برای دسترسی به یک مجموعه داده دلخواه متکی است.

سپس مطالعه در محل برای تایید انتخاب درست داده‌ها در فضای چند متغیره انجام می‌شود. نتایج معتبر اخذ شده می‌توانند برای اصلاح همارزها در انعکاس اختلاف بین نتایج سایتی و مقادیر مربوط به شبیه‌سازی به کار رود.

همارز براساس فاصله‌بندی ثابت

انتخاب سرفاصله وسایل نقلیه گوناگون به صورتی که دارای فواصل ثابتی باشند راه دیگری برای رسیدن به ضریب همارزی است. این کار با رسم سرفاصله انواع وسایل نقلیه در برابر فاصله مکانی آنها در نقطه مشخص شده انجام می‌شود (ملک سرفاصله، وسیله نقلیه عقیقی می‌باشد). این روش جالب توجه در شکل شماره ۱۵-۱۲ نشان داده شده است.

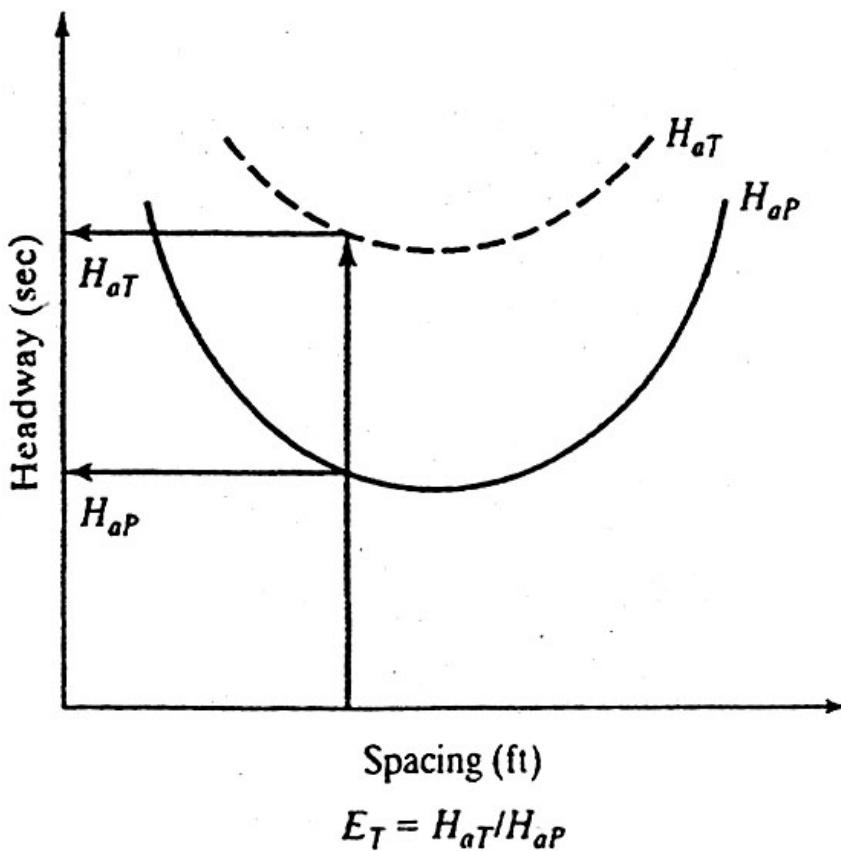
فاصله‌بندی به تراکم ($D = 1000 / s_a$) مربوط است و تراکم معیاری می‌باشد، که سطح سرویس آزادراه‌ها و بزرگراه‌های چندخطه بوسیله آن مشخص می‌گردد. بنابراین روند فوق

منجر به تعیین همارز خودرو سواری شده که جریان ترافیک در یک تراکم مشخص را توضیح داده و سطح سرویس مربوط به آن را بیان می‌دارد.

رسم سرفاصله در برابر فاصله‌بندی با استفاده از داده‌هایی انجام می‌شود که دوره‌های زمانی کافی را برای رابطه مورد نظر پوشش می‌دهند. ترسیم‌های انجام شده برای مکان مورد بحث صحیح بوده و به اندازه تسهیلات (تعداد خطوط عبور) نوع منطقه، اندازه و نوع شب مربوط است. همارزهای خودرو سواری ممکن است در چند مجموعه رسم شده، تغییراتی را در برابر فاصله‌بندی (تراکم) از خود نشان دهند. ولی این موضوع تغییری را در E_T براساس درصد کامیون‌ها در جریان ترافیک P_T نشان نمی‌دهد و در اینجا فرض بر اینست که چنین تغییراتی وجود ندارد.

همچنین توجه داشته باشید سرفاصله‌های همارز انتخاب شده و به کار رفته در این روند نباید در همان دوره اتفاق بیفتند. بنابراین نمودارها با استفاده از مجموعه‌ای از نقاط در دوره‌های مختلف ۱۵ دقیقه‌ای کالیبره می‌شود.

این روش اساساً نسبت به روش‌های کراماس و کرولی متفاوت است. همارزها بر حسب جریان ترافیک که دارای میانگین سرفاصله مکانی برابر باشد، تعریف می‌شود.



شکل شماره ۱۵-۱۲ سرفاصله‌های همارز براساس فاصله‌بندی ثابت

همارز براساس سرعت یکنواخت:

همچنین این امکان وجود دارد که یک نمودار از میانگین سرفاصله‌ها در برابر سرعت متوسط مکانی برای هر بازه ۱۵ دقیقه‌ای تهیه شود. مشابه روش ذکر شده در شکل شماره ۱۵-۱۲ همارزا ممکن است. در جریان ترافیک دارای سرعت متوسط مکانی برابر باشند. اگر سرعت یک معیار برای تعریف سطح سرویس باشد این موضوع یک جایگزین قابل توجه است.

اگر چه این روش برای کالیبره کردن همارز خودرو سواری در بزرگراههای روستایی با دو خط عبور در HCM1985 به کار رفته است اما برای کالیبره کردن آزادراه‌ها یا بزرگراههای چندخطه مناسب نیست. در HCM1985 سرعت یک معیار تعیین سرویس ثانویه برای بزرگراههای دوخطه است.[۱۸]

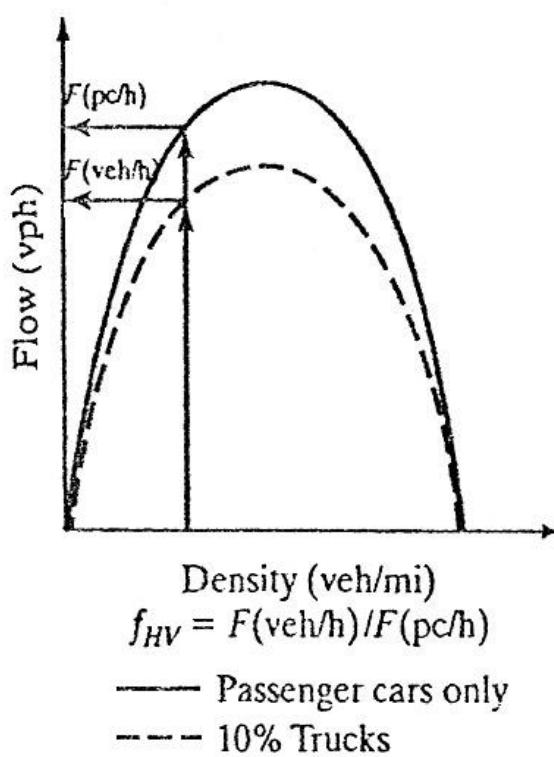
کالیبره کردن عامل وسیله نقلیه سنگین در مقیاس کلان:

از آنجایی که f_{HV} به عنوان ضریبی از جریان‌های همارز در حالتی که واحد برحسب pc/h , veh/h است، تعریف می‌شود به نظر می‌رسد که این روش ساده‌ترین روش برای اندازه‌گیری این معیار به‌طور مستقیم و کالیبره کردن عامل نسبت به استفاده از همارز خودرو سواری است.

شکل شماره ۱۶-۱۲ نموداری از جریان در برابر تراکم را برای مکان‌های هندسی و دوره‌های زمانی مشابه نشان می‌دهد که در صد کامیون‌ها در آن متغیر است. منحنی‌ها در حالت پایه یعنی صفر درصد کامیون و حالت ۱۰ درصد کامیون را شامل می‌شود.

در نظر داشته باشید سطح سرویس در بزرگراههای چندخطه بدون وقفه با استفاده از معیار تراکم تعریف می‌شود پس همارز در سطح سرویس مورد نظر نیز با ثابت نگه داشتن تراکم مانند آنچه در شکل نشان داده شده، انجام می‌شود. نسبت این دو جریان مقدار f_{HV} را مستقیماً به ما می‌دهد.

جمع‌آوری داده برای چنین کالیبره کردنی، دشوار است. یک سری از منحنی‌ها که در صدهای مختلف کامیون را نشان می‌دهند، مورد نیاز است و محل داده‌برداری نیز باید انواع مناطق و شیب‌ها را دربر داشته باشد.



شکل شماره ۱۶-۱۲-کالیبراسیون مستقیم عامل تطبیق وسایل نقلیه سنگین با استفاده از روابط جریان-تراکم

پیدا کردن محل مناسب برای در اختیار داشتن درصدهای مختلف کامیون از صفر تا ۳۰

درصد بزرگترین چالشی است که باعث غیرعملی تر شدن این روش نسبت به روش‌های قبلی می‌شود.

روش مشابهی نیز با استفاده از منحنی‌های جریان-سرعت قابل استفاده بوده که این روش با فلسفه موضوع چندان سازگار نیست، زیرا سرعت معیار کیفیت سرویس در HCM نیست.

دیگر مراجع

نوشته‌های موجود (مراجع ۱۷ تا ۲۰) تعداد زیادی روش‌های عملی و تئوری در زمینه هم‌ارز خودرو سواری و عامل وسیله نقلیه سنگین را شامل می‌شود ولی هیچ مفهوم عمومی در

ارتباط با همارزی در آنها وجود ندارد و محققین نیز بر روی روش کالیبراسیون خاصی توافق ندارند. مرجع شماره ۲۱ نیز در ارتباط با روشی در مورد همارز خودرو سواری در جریان‌های بدون وقفه بحث می‌کند که در تسهیلات چندخطه در HCM۲۰۰۰ به کار رفته است.

۳-۵-۱۲ کالیبراسیون عامل انسانی رانده

اگر مقداری غیر از یک (برای کاربران روزانه در جریان ترافیک یا رانندگان آشنا در یک تسهیلات) برای عامل انسانی مورد استفاده قرار گیرد این عامل نیاز به کالیبره کردن محلی دارد. این به خاطر اینست که تاثیر بالقوه عامل انسانی آشنایی رانده‌ها و اثر آن بر روی عملکرد تسهیلات، بسیار متغیر بوده و وابسته به موقعیت خاص موجود می‌باشد. غالباً جاده‌های تفریحی پذیرنده راننده‌های جدیدی می‌باشند که با خصوصیات مسیر آشنایی کافی ندارند البته آشنایی راننده‌ها به مسیر یک امر نسبی بوده و قابلیت تفکیک به صورت آشنا و غیرآشنا را ندارد.

به علاوه، مناطق تفریحی و دیگر مناطق ممکن است پذیرای رانندگانی با خصوصیات مختلف باشد. که تعدادی کاربر منظم و آشنا را دربر می‌گیرند. مساله دیگر، هندسه مسیر است. یک کاربر ناآشنا به هندسه سخت ناحیه کوهستانی بسیار با احتیاط‌تر نسبت به جاده مستقیم و هموار حرکت می‌کند.

یک تسهیلات خاص ممکن است در روزهای کاری و روزهای تعطیل هفت‌هه با توجه به نوع کاربری آن (کاری و یا تفریحی) عامل انسانی کاملاً متفاوتی داشته باشد.

کالیبراسیون عامل انسانی با ارزیابی عملکردی یک تسهیلات در ظرفیت آن در روزهای معمول و آخر هفته و یا با مقایسه ظرفیت یک جاده معین در موقعی که خصوصیات راننده‌ها متفاوت است، انجام می‌شود.

این نوع کالیبراسیون معمولاً تقریبی بوده و بسط نتایج آن از یک تسهیلات (یا یک گروه از تسهیلات) به دیگر موارد دارای دقت کافی نیست. با این همه روش فوق بهترین شیوه موجود در حال حاضر و یک روش منطقی برای بدست آوردن تخمین محلی مناسب از عامل انسانی است که عاملی غیرقابل پیش‌بینی می‌باشد.

۴-۵-۴ عامل‌های اصلاحی برای سرعت جریان آزاد

HCM۲۰۰۰ برخی اصلاحات را برای پیش‌بینی سرعت جریان آزاد به کار می‌برد. این اصلاحات (برای عرض خط عبور، فاصله جانبی از موانع، تعداد خطوط یا نوع میانه و یا تراکم تبادل‌ها و نقاط دسترسی) از نظر این که فقط جنبه کاهشی داشته و فراوانی را تحت تاثیر قرار نمی‌دهند با دو عامل اصلاحی انسانی و وسایل نقلیه سنگین تفاوت دارند و هنگامی که این عوامل اساس کار قرار می‌گیرند اطلاعات بسیار پراکنده است.

برای مثال عامل‌های اصلاحی عرض خط و فاصله جانبی از موانع با استفاده از اخذ داده از محل و بوسیله تصویر کردن عامل‌های اصلاحی قبلی بر حسب نرخ جریان بر روی سرعت در منحنی‌های سرعت جریان قابل کالیبراسیون است. هنگامی که نرخ جریان پایین است سرعت جریان آزاد برای هر تسهیلاتی به آسانی با اندازه‌گیری سرعت متوسط خودروهای سواری که تحت تاثیر وسایل نقلیه سنگین نیستند، قابل محاسبه است. برای آزادراه‌ها و بزرگراه‌های چندخطه اندازه‌گیری‌ها وقتی میزان جریان $In/h/veh$ ۸۰۰-۱۰۰۰ کمتر است یک

نتیجه منطقی را دربر دارد. در اینجا کالیبراسیون نیاز به کنترل‌های عملی خاصی داشته و وقتی یک متغیر (به عنوان مثال عرض خط) تغییر می‌کند که باید بقیه متغیرها ثابت باشند. پیدا کردن محلی با شرایط فوق قدری مشکل به نظر می‌رسد. روش دیگر اینست که داده‌ها در محل‌های مختلف با شرایط متنوع جمع‌آوری شده و تحلیل رگرسیون برای ایجاد رابطه‌ای که سرعت جریان آزاد را پیش‌بینی کند، انجام شود. ممکن است این رابطه بعداً بررسی تاثیر شرایط خاص بر نتایج به کار رود.

۶-۱۲- نرم افزار

دو بسته اصلی نرم افزاری وجود دارد که متدولوژی HCM۲۰۰۰ را توضیح می‌دهند. بسته نرم افزاری HCS^۱ که به وسیله مرکز مک‌ترانس^۲ در دانشگاه فلوریدا و جینزویل^۳ در حال تهیه و تدوین است و بسته نرم افزاری HiCap۲۰۰۰ که یک محصول جدید تهیه شده به وسیله گروه مهندسین کاتالینا^۴ در توکسن و آریزونا می‌باشد. مهندسین کاتالینا از اولین پیمانکاران NCHRP در تهیه محصولات نهایی HCM ۲۰۰۰ هستند. قابل ذکر است که کمیته کیفیت سرویس و ظرفیت راه‌های TRB هیچکدام از محصولات نرم افزاری را آزمایش و تصدیق نکرده است و این بیان که این پاکت‌های نرم افزاری بیان صادقانه‌ای از HCM است به طور کلی از سوی سازندگان آنهاست.

^۱ Highway capacity Software package

^۲ Mc trans

^۳ Gainesville

^۴ Catalina Engineering, Inc.

References

1. *Highway Capacity Manual*, Bureau of Public Roads, Washington DC, 1950.
2. *Highway Capacity Manual*, "Special Report 87" Transportation Research Board, Washington DC, 1965.
3. *Highway Capacity Manual*, "Special Report 209" Transportation Research Board, 1985.
4. *Highway Capacity Manual*, "Special Report 209" (as revised in 1994), Transportation Research Board, Washington DC, 1994.
5. *Highway Capacity Manual*, "Special Report 209" (as revised in 1997), Transportation Research Board, Washington DC, 1997.
6. *Highway Capacity Manual*, Transportation Research Board, Washington DC, 2000 (Metric and Standard U.S. versions).
7. Kittelosn, W., "Historical Overview of the committee on Highway Capacity and Quality of Service," *Proceedings of the Fourth International Symposium on Highway Capacity*, Transportation Research Circular E CO18, Maui, Hawaii, June 27-July 1 , 2000.
8. Reilly, W., Harwood, D., and Schoen, J., "Capacity and Quality of Flow of Multilane Highways," Final Report, JHK & Associates, Tucson AZ, 1988.
9. Schoen, J., May, A. Jr., Reilly, W., and Urbanik, T., "Speed – Flow Relationships for Basic Freeway Sections," Final Report, JHK & Associates, Tucson AZ, and Texas Transportation Institute, Texas A & M University, College Station TX, December 1994.
10. Greenshields, B., "A Study of Traffic Capacity," *Proceedings of the Highway Research Board*, Transportation Research Board, Washington DC, 1934.
11. Ellis, R., "Analysis of Linear Relationships in Speed – Density and Speed – Occupancy Curves," Final Report, Northwestern University, Evanston IL, December 1964.
12. Greenberg, H., "An Analysis of Traffic Flows, Operations Research, Vol. 7, Operations Research Society of America, Washington DC, 1959.

13. Underwood, R., "Speed, Volume, and Density Relationships," *Quality and Theory of Traffic Flow*, Yale Bureau of Highway Traffic, New Haven CT, 1961.
14. Edie, L., "Car – Following and Steady – State Theory for Non – Congested Traffic," *Operations Research*, Vol. 9, Operations Research Society of America, Washington DC, 1961.
15. Duke, J.; and May, A. Jr., "A Statistical Analysis of Speed – Density Hypotheses *Highway Research Record* 154, Transportation Research Board, Washington DC, 1967.
16. Krammas, R. and Crowley, K., "Passenger Car Equivalents for Trucks on Level Freeway Segments," *Research Record 1194, Transportation Research Board*, Washington DC, 1988.
17. Linzer, E., Roess, R., and Mc Shane, W., "Effect of Trucks, Buses, and Recreational Vehicles on Freeway Capacity and Service Volume," *Transportation Research Record 699*, Transportation Research Board, Washington DC, 1979.
18. Craus, J., Polus, A., and Grinberg, A. "A Revised Method for the Determination of Passenger Car Equivalents," *Transportation Research*, Vol. 14A, No. 4, Pergamon Press, London, England, 1980.
19. Cunagin, W. and Messer, C., "Passenger Car Equivalents for Rural Highways," *Transportation Research Record 905*, Transportation Research Board, Washington DC, 1983.
20. Roess, R. and Messer, C., "Passenger Car Equivalents for Uninterrupted Flow: Revision of the Circular 212 Values," *Transportation Research Record 971*, Transportation Research Board, Washington DC, 1984.
21. Webster, L. and Elefteriadou, A., "A Simulation Study of Truck Passenger Car Equivalents (PCE) on Basic Freeway Sections," *Transportation Research B*, Vol. 33, No. 5, Pergamon Press, London, England, 1999.

مسائل

۱-۱۲- سرعت جریان آزاد را در یک بزرگراه چهارخطه جدا شده با خصوصیات زیر محاسبه کنید.

الف- سرعت جریان آزاد پایه 90 km/h

ب- میانگین عرض خطوط عبور $= 3/35 \text{ m}$

ج- فاصله جانبی از موانع $= 0/6 \text{ متر}$ در هر دو طرف جاده

د- تراکم نقاط دسترسی ۱۲ در کیلومتر در هر دو طرف راه

۲-۱۲- سرعت جریان آزاد یک آزادراه شش خطه واقع در حومه شهر با عرض خط ۳/۶

متري فاصله از موانع جانبی $1/2 \text{ متر}$ و فاصله تبادل‌ها به‌طور متوسط $1/2 \text{ کیلومتر}$ را محاسبه کنید؟

۳-۱۲- برای هر کدام از شیب‌های زیر یک شیب ترکیبی مناسب پیدا کنید.

الف) $300 \text{ متر شیب سه درصد و سپس } 460 \text{ متر شیب دو درصد و سپس } 230 \text{ متر شیب } 4 \text{ درصد}$

ب) $610 \text{ متر شیب } 4 \text{ درصد سپس } 1520 \text{ متر شیب } 3 \text{ درصد و سپس } 610 \text{ متر شیب } 5 \text{ درصد}$

ج) $1220 \text{ متر شیب } 5 \text{ درصد و سپس } 910 \text{ متر شیب } 3 \text{ درصد}$

۴-۱۲- یک آزادراه که در منطقه مسطح قرار دارد دارای ترکیبی از ترافیک شامل $10 \text{ درصد کامیون و } 5 \text{ درصد وسایل نقلیه تفریحی}$ است. اگر حداقل حجم اوج ساعتی گزارش شده برابر با 3500 veh/h میزان معادل حجم وسایل نقلیه بر حسب pc/h چقدر است.

۵-۱۲- نرخ جریان سرویس و احجام سرویس را برای یک آزادراه شهری با

خصوصیات زیر بیابید؟

الف) عرض خط عبور برابر با $3/3$ متر

ب) فاصله جانبی از موانع $0/6$ متر

ج) تراکم تبادل‌ها برابر $1/2$ در هر کیلومتر

د) وجود ۵ درصد کامیون در جریان ترافیک و عدم وجود وسایل نقلیه تفریحی

ه) رانندگان با جاده آشنا بوده و مقطع مورد بحث دارای یک شیب ممتد به طول $1/6$

کیلومتر و عامل اوج ساعتی (PHF) $0/85$ می‌باشد.

۶-۱۲- یک بزرگراه شش خطه جدا شده دارای سرعت جریان آزاد 75 km/h . اوج حجم

ساعتی 4000 veh/h و ۱۵ درصد کامیون در جریان ترافیک بدون وسایل نقلیه تفریحی

می‌باشد. PHF مسیر $0/9$ و بزرگراه در منطقه مسطح قرار دارد. سطح سرویس این مقطع چقدر

می‌باشد؟

۷-۱۲- یک مقطع طولانی از یک آزادراه در حومه شهر در منطقه مسطح قرار دارد که

شامل $8/2$ کیلومتر مقطع با شیب صفر درصد و به دنبال آن $2/5$ کیلومتر مقطع با شیب ۵ درصد

است. اگر DDHV این آزادراه برابر 2500 veh/h با ۱۰ درصد کامیون و ۳ درصد وسایل نقلیه

تفریحی باشد تعداد خطوط عبور مورد نیاز برای قسمت‌های مسطح، سر بالایی و سرازیری در

صورتی که حداقل، سطح سرویس C مورد نظر باشد چقدر است؟ فرض می‌شود که شرایط پایه

و حداقل فاصله از موانع جانبی وجود داشته و تراکم تبادل‌ها $0/3$ تبادل در کیلومتر و

برابر با $0/92$ می‌باشد.

۸-۱۲- یک آزادراه قدیمی چهارخطه دارای خصوصیات زیر است:

الف) خطوط عبور به عرض $\frac{3}{3}$ متر

ب) بدون فاصله جانبی

ج) تراکم تبادل $\frac{1}{2}$ تبادل در کیلومتر

د) وجود ۵ درصد کامیون در جریان ترافیک بدون وسائل نقلیه تفریحی

۰/۹ PHF برابر با

و) منطقه مسطح

تفاضا در ساعت اوج در حال حاضر 2200 veh/h و رشد سالانه ترافیک ۳ درصد

پیش‌بینی می‌شود. سطح سرویس در حال حاضر چیست؟ سطح سرویس در ۵، ۱۰، ۲۰ سال

آینده چقدر است؟ برای جلوگیری از توقف(سطح سرویس F) انجام تعريض و یا استفاده از

جاده کمکی برای این تسهیلات کی لازم است؟

۹-۱۲- ظرفیت یک آزادراه با دو خط عبور در هر جهت در حالت پایدار

2000 veh/h/ln است. بامداد یک روز یکی از این خطوط عبور از ساعت ۷ صبح به مدت ۱۵

دقیقه بند می‌آید. الگوی ورود وسائل نقلیه به این آزادراه به شرح زیر است از ۷ تا ۸ صبح

۹-۱۰ صبح 3500 veh/h از ۹ تا ۱۰ صبح 3900 veh/h بعد از ساعت ۱۰ صبح

$.2800 \text{ veh/h}$

الف) فرض کنید ظرفیت این مقطع در شرایط ناپایدار(پس از تشکیل صف) به

1800 veh/h برسد. در این حالت صف ایجاد شده چقدر طول می‌کشد؟

چه وقت صف به بیشترین اندازه خودش می‌رسد؟ از هنگام توقف چقدر طول می‌کشد

تا صف از بین رود؟

ب) اگر ظرفیت مقطع بعد از ایجاد صف 2000 veh/h/ln باشد جواب سوالات فوق

چیست؟

۱۰-۱۲- سرفاصله‌های زیر در یک دوره ۱۵ دقیقه‌ای در یک آزادراه شهری مشاهده شده

است.

میانگین مقادیر (S)	تعداد مشاهدات	نوع سرفاصله
۳/۱	۱۲۸	
۳/۸	۳۲	P-P
۴/۳	۳۲	P-T
۴/۹	۸	T-P T-T

هم ارز خودرو موثر (Pce) را برای کامیون‌ها وقتی که همه انواع سرفاصله‌ها متفاوت

است محاسبه کنید؟

محاسبه فوق را برای وقتی که سرفاصله‌ها فقط با در نظر گرفتن وسیله نقلیه عقبی است

انجام دهید. آیا نتیجه متفاوت است؟ چرا؟

هم ارز انتخاب شده رانندگان^۱ در حل این مساله به کار برید.

^۱ driver Selected equivalent

¹ Rural
² isolated area
³ Mobility
⁴ Accessibility

I

II

I

II

II

()

⁵ daily commuter routes

⁶ AASHTO

⁷ (rural local roads)

⁸ (rural collectors)

⁹ (rural arterials)

HCM

HCM

I

HCM

II

HCM

I

II

II

HCM



I

(



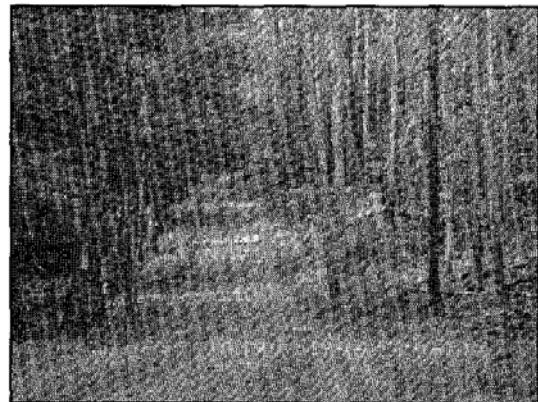
I

(



II

(



II

(

: -

« »

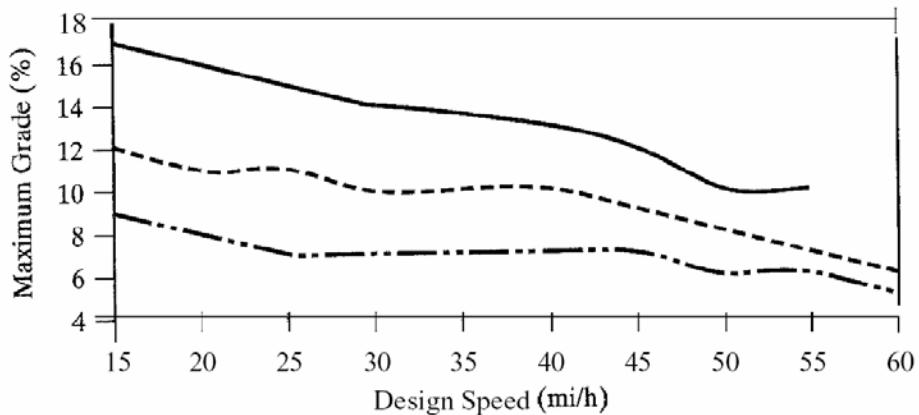
km/h

¹⁰ (A Policy of Geometric Design of Highways and street)
¹¹ (Green Book)

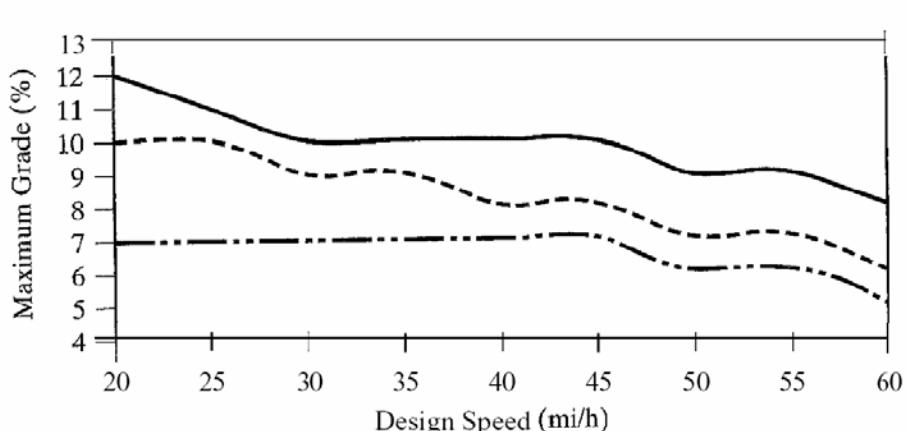
(km/h)

: -

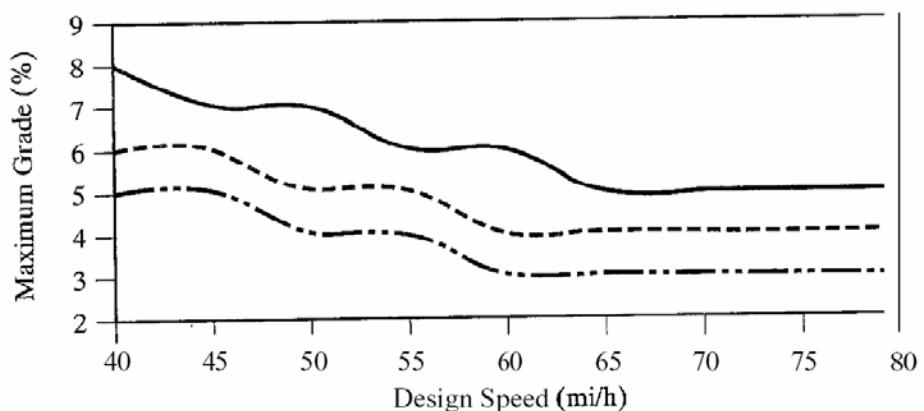
			<	
			-	
			-	
			-	
			\leq	
			<	
			-	
			\geq	
			<	
			-	
			>	



(a) Rural Local Roads



(b) Rural Collectors



(c) Rural Arterials

: -

()

AASHTO

= d1

= d2

= d₃

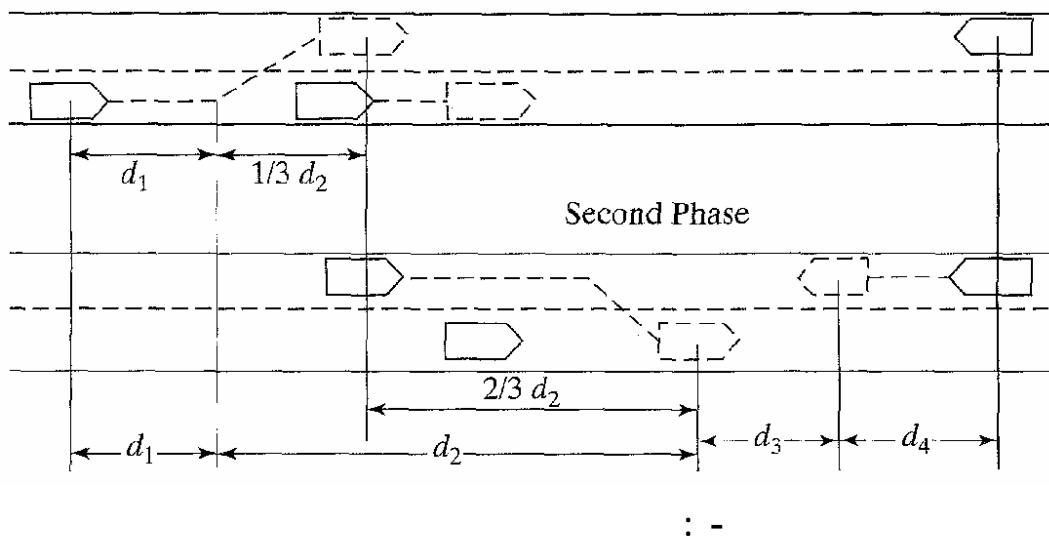
= d₄

]

[]

[

First Phase



$$d_1 = 2.35t_1 \left(S - m + \frac{at_1}{2} \right) \quad (-)$$

s = t_1

km/h = S

km/h = m

km/h/s = α

$$d_2 = 2.35St_2 \quad (-)$$

s

= t_2

km/h

=S

$$d_3 = 30 - 100 \quad m \quad (\quad) \quad (-)$$

$$d_4 = \left(\frac{2}{3} \right) d_2 \quad (-)$$

AASHTO

$$\begin{matrix} / & & & & & & \\ & . & & & & & \\ & (t_1) & / & / & & & \\ (t_2) & / & / & & & & \\ & . & & & & & \\ & & & & & & \end{matrix} \quad (m) \quad \text{km/h}$$
$$\quad \quad \quad / \quad \text{km/h/s}$$

AASHTO

»

«

MUTCD

« »

MUTCD

				(km/h)
	/	/	/	
	/	/	/	
	/	/	/	
	/		/	
	/	/	/	
	/	/	/	
	/	/	/	
	/	/	/	
	/	/	/	
	/	/	/	
	/	/	/	
	/	/	/	
	/	/	/	

(m)	(km/h)

HCM 2000

¹² (Midwest Research Institute)

II (%)	I (%)	(km/h)	
\leq	\leq	$>$	A
$> -$	$> -$	$> -$	B
$> -$	$> -$	$> -$	C
$> -$	$> -$	$> -$	D
$>$	$>$	\leq	E

۱۴-۴-۱-ظرفیت

ظرفیت راههای دو خطه در شرایط پایه برای هر دو جهت حرکت حدود 3200 pc/h با حداکثر

ظرفیت راههای هر جهت، محاسبه می‌شود. شرایط پایه عبارتند از:

/ m

/ m

() %

F

(ATS)

(PTFS)

HCM

« »

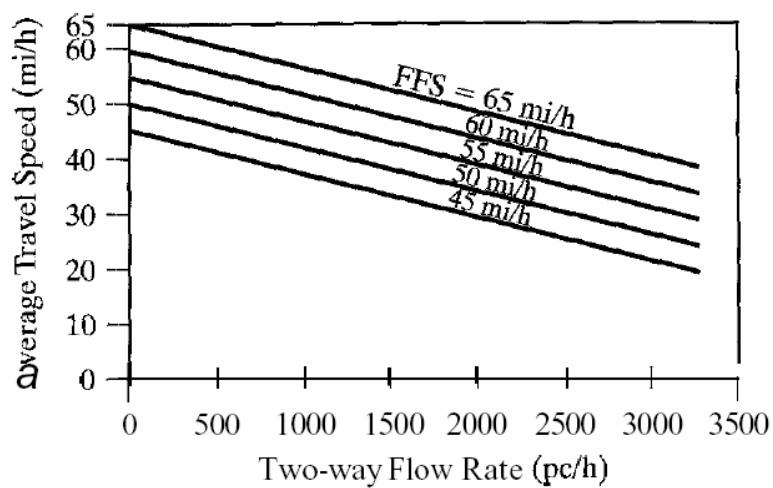
PTSF

II I

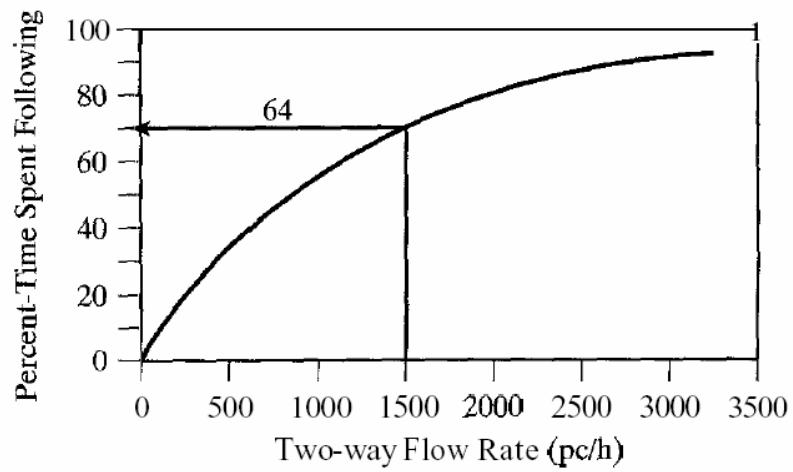
II

PTSF

PTSF ATS



(a) Average Travel Speed versus Two-way Flow



(b) Percent Time Spent Following versus Two-way Flow

$$\begin{array}{c}
 \vdots \\
 - \quad (b) \\
 V/C \\
 / \quad V/C \\
 V/C \quad PTSF \\
 \\ \\
 V/C) \quad pc/h \quad - \quad (b) \\
 \% \quad PTSF \quad (\quad / \quad = \quad /
 \end{array}$$

PTSF

HCM

HCM

()

/ km

()

/ km

/ km %

HCM

pc/h

()

pc/h

$$FFS = S_m + 0.0125 \left(\frac{V_f}{f_{HV}} \right) \quad (-)$$

km/h =FFS

pc/h) = S_m

(

$$\text{veh/h} = V_f$$

$$= \mathbf{s}$$

$$FFS = BFFS - f_{LS} - f_A \quad (-)$$

$$\begin{array}{ccc}
& \text{km/h} & = \text{FFS} \\
& \text{km/h} & = \text{BFFS} \\
& \text{km/h} & = f_{LS} \\
& \text{km/h} & = f_A \\
(\text{BFFS}) & & \text{HCM} \\
\text{I} & \text{km/h} & \\
\text{II} & & \text{km/h} \\
\text{BFFS} & & \\
& & \text{BFFS}
\end{array}$$

$$\frac{1}{m} \text{ km/h} = f_{LS}$$

$$FFS = BFFS - f_{LS} - f_A$$

$$(\quad) \text{ km/h} = BFFS$$

$$(\quad) / \text{km/h} = f_{LS}$$

$$(\quad) \text{ km/h} = f_A$$

$$FFS = \quad - \quad / \quad - \quad = \quad / \quad \text{Km/h}$$

: -

f _{LS} FFS (km/h)				(m)
≥ /	≥ / < /	≥ / < /	≥ <	(m)
/	/	/	/	≥ / <
/	/		/	≥ < /
/	/	/	/	≥ / < /
	/	/	/	≥ /

$$f_{LS}$$

$$\ll \geq \quad / \quad < \quad / \quad \gg \quad .$$

/ m

$$\ll \geq \quad / \quad < \quad / \quad \gg \quad / \quad \text{m}$$

: -

FFS (km/h)	
f_A	
/	
	/
	/
	/

HCM

$$v = \frac{V}{PHF \times f_{HV} \times f_G} \quad (-)$$

$$\text{pc/h} = v$$

$$\text{veh/h} = V$$

$$= PHF$$

$= f_{HV}$

$= f_G$

HCM

PTFS ATS

PTFS ATS (f_{HV}, f_G)

$f_{HV} \quad f_G$

ATS

.PTFS

ATS

.PTFS

()

PTSF ATS

()

PTSF ATS

- ATS
 - PTFS
 - PTFS ATS

 (f_G) : -

(PTSF ATS)

PTSF		ATS			
				(pc/h)	(pc/h)
/		/		-	-
/		/		> -	> -
		/		>	>

B A
A B

ATS :

(f_G)

: -

(pc/h)			(km)	(%)
>	> -	-		
/	/	/	/	$\geq < /$
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	$\geq /$	
/	/	/	/	$\geq / < /$
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	$\geq /$	

	/	/	/	$\geq / < /$
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	$\geq /$	
	/	/	/	$\geq / < /$
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	$\geq /$	
	/	/	/	$\geq /$
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	$\geq /$	

PTSF : :

(f_G)

: -

(pc/h)			(km)	(%)
>	> -	-		
/	/		/	$\geq < /$
/	/		/	
/	/		/	
/	/		/	
/	/		/	
/	/		/	
/	/		/	
/			$\geq /$	
/	/		/	$\geq / < /$
/	/		/	
/	/		/	
/	/		/	
/	/		/	
/	/		/	
/			$\geq /$	
/			/	$\geq / < /$
				$\geq / < /$
				$\geq /$

pc/h

« - pc/h»

- pc/h»

pc/h

«>

pc/h

«> - » « - »

PTFS ATS

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)} \quad (-)$$

$$= f_{HV}$$

$$= P_T$$

$$= P_R$$

$$= E_T$$

$$= E_R$$

$$E_R \quad E_T$$

(PTFS ATS)

- PTFS ATS

PTFS ATS

- ATS

- PTFS

PTSF **ATS** : ; -

PTSF		ATS		(pc/h)	(pc/h)	
/	/	/	/	-	-	
/	/	/	/	\geq -<	\geq -<	
		/	/	\geq	\geq	E_T
		/		-	-	
		/		\geq -<	\geq -<	
		/		\geq	\geq	E_R

()

: ATS f_{HV}

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + P_{TC} \times P_T(E_{TC} - 1) + (1 - P_{TC}) \times P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)} \quad (-)$$

$= P_{TC}$

$= E_{TC}$

$$P_{TC}$$

$$\% \quad / \quad P_{TC}$$

$$(m) \quad (m)$$

ATS : : -

(pc/h)			(km)	(%)
>	> -	-		
/	/	/	/	$\geq < /$
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	/	
$\frac{1}{4}$	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	$\geq /$	
/	/	/	/	$\geq / < /$
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	$\geq /$	

/	/	/	/	$\geq l < l$
/			/	
/	/	/	/	
/		/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/		/	$\geq l$	
/	$\frac{1}{4}$	/	/	$\geq l < l$
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	/	
	/	/	/	
/	/	/	/	$\geq l$
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	/	
/	/	/	/	

ATS : :

: -

(pc/h)			(km)	(%)
>	> -	-		
		/	/	
		/	/	
		/	/	
		/	/	
		/	/	
		/	/	
		/	/	
		/	$\geq /$	
		/	/ - /	
		/	/ - /	$\geq / < /$
		/	$\geq /$	
		/	/ - /	
		/	$\geq /$	$\geq / < /$
		/	/ - /	
		/	/ - /	
		/	/	$\geq / < /$
		/	$\geq /$	
		/	/ - /	
		/	/	$\geq /$
		/	$\geq /$	

: -

PTSF :

ER RVS	ET (pc/h)			(km)	(%)
	>	> -	-		
			/	/ - /	$\geq < /$
			/	/	
			/	$\geq /$	
			/	/ - /	
			/	/	
			/	$\geq / < /$	
	/	/	/	/	
	/	/	/	/	
	/	/	/	/	
	/	/	/	$\geq /$	
			/	/ - /	
	/	/	/	/	
	/	/	/	/	
	/	/	/	$\geq / < /$	
	/	/	/	/	
	/	/	/	/	
	/	/	/	$\geq /$	
			/	/ - /	
	/	/	/	/	
	/	/	/	/	
	/	/	/	$\geq /$	
	/	/	/	/	
	/	/	/	$\geq /$	

ATS

pc/h			FFS (km/h)
>	-	-	
/	/	/	< —
/	/	/	
	/	/	\geq

: ATS (f_{np}) : -

ATS (f_{np})

: -

					(pc/h) v0
				\leq	
FFS = 110 km/h					
/	/	/	/	/	\leq
/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	
/	/		/	/	
/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	\geq
FFS = 100 km/h					
/	/		/	/	\leq
/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	
/		/	/	/	
/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	
/	/	/		/	
/	/	/		/	\geq
FFS = 90 km/h					
/	/	/	/	/	\leq
/	/	/	/	/	
/	/	/		/	
/	/	/	/	/	
/		/	/	/	
/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	\geq

FFS = 80km/h					
/	/	/	/	/	\leq
/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	\geq
FFS = 70 km/h					
/	/	/	/	/	\leq
/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	\geq

$$ATS = FFS - 0.0125v - f_{np} \quad (-)$$

$$ATS_d = FFS_d - 0.0125(v_d + v_o) - f_{np} \quad (-)$$

$$\text{km/h} = ATS$$

$$\text{km/h} = ATS_d$$

$$\text{km/h} = FFS$$

$$\text{km/h} = FFS_d$$

$$\text{pc/h} = v$$

$$\text{pc/h} = v_d$$

$$\text{pc/h} = v_o$$

$$\langle \rangle = f_{np}$$

$$f_{np}$$

$$\cdot \quad \cdot \quad \cdot$$

$$(f_{d,np}) \quad : \quad -$$

PTSF

						(pc/h)
$/ =$						
/	/	/	/	/	/	\leq
/	/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	/	
$/ =$						
/	/	/	/	/	/	\leq
/	/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	/	\geq

/ =						
/	/	/	/	/	/	\leq
/	/	/	/	/	/	
/		/	/	/	/	
/		/	/	/	/	
/	/	/	/	/	/	\geq
/ =						
/	/	/	/	/	/	\leq
/	/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	/	\geq
/ =						
/	/	/	/	/	/	\leq
/	/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	/	\geq

PTSF(f_{np}) : -

(%)					\leq	(pc/h) V0
FFS= Km/h						
/	/	/	/	/	\leq	
/	/	/	/	/		
/	/	/	/	/		
/	/	/	/	/		
/	/	/	/	/		
/	/	/	/	/		
/	/	/	/	/		
/	/	/	/	/	\geq	

FFS= Km/h					
/	/	/	/	/	\leq
/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	\geq
FFS= Km/h					
/	/	/	/	/	\leq
/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	\geq
FFS= Km/h					
/	/	/	/	/	\leq
/		/	/	/	
/		/	/	/	
/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	\geq

FFS= Km/h					
/	/	/	/	/	\leq
/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	\geq

- - -

PTSF

$$\begin{aligned} PTSF &= BPTSF + f_{d/np} \\ BPTSF &= 100(1 - e^{-0.000879v}) \end{aligned} \quad (-)$$

$$\begin{aligned} PTSF_d &= BPTSF_d + f_{np} \\ BPTSF_d &= 100(1 - e^{av_d^b}) \end{aligned} \quad (-)$$

$$\% = PTSF$$

$$\% = PTSF_d$$

$$\% = BPTSF$$

$$\text{pc/h} = v$$

$$\text{pc/h} = v_d$$

$$\langle \rangle \qquad \qquad \qquad PTSF = f_{d/np}$$

$$\%$$

% « » PTSF = f_{np}

= a b

- f_{np} - $f_{d/np}$
- . - b a .

- «b a» : -

b	a	pc/h
/	- /	\leq
/	- /	
/	- /	
/	- /	
/	- /	
/	- /	
/	- /	
/	- /	\geq

: -

% veh/h I

%

/ / . . km
« » % km
/ m / m . . km/h
/ . .

$$(-) f_A \quad (-) f_{LS} \quad \text{BFFS} \quad \text{(FFS)}$$

$$FFS = BFFS - f_{LS} - f_A$$

$$FFS = - / - = /$$

$$(/ \text{ m} \quad / \text{ m} \quad) f_{LS} = /$$

$$(\quad \quad \quad / \quad \quad) f_A =$$

$$\text{PTSF} \quad \text{ATS}$$

$$\nu = \frac{V}{PHF \times f_G \times f_{HV}} \quad f_{HV} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)}$$

$$(\quad \quad) PHF = / \quad (\quad \quad) V = \text{ vph }$$

$$(\quad \quad) P_R = / \quad (\quad \quad) P_T = /$$

$$v = / / = \text{ veh/h } \quad v$$

$$\text{veh/h}$$

$$- \quad - \quad - \quad \text{pc/h} \quad v$$

$$\text{ATS} \quad v$$

$$\text{. PTSF}$$

$$: (\text{ATS})$$

$$(\quad \quad - \quad) f_G = /$$

$$(\quad \quad - \quad) E_T = /$$

$$(\quad \quad - \quad) E_R = /$$

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + 0.15(1.9 - 1) + 0.05(1.1 - 1)} = 0.877$$

$$\nu = \frac{500}{0.88 \times 0.93 \times 0.877} = 697 pc/h$$

- pc/h

: (PTSF)

$$(\quad \quad \quad \quad \quad \quad) F_G = /$$

$$(\quad \quad \quad \quad \quad \quad) E_T = /$$

$$(\quad \quad \quad \quad \quad \quad) E_R =$$

:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + 0.15(1.5 - 1) + 0.05(1 - 1)} = 0.93$$

$$\nu = \frac{500}{0.88 \times 0.94 \times 0.93} = 650 pc/h$$

- pc/h

ATS :

$$(/ km/h) (ATS)$$

$$(pc/h) v$$

$$pc/h \quad \quad \quad) \quad pc/h \quad \quad \quad \%$$

$$f_{np} \quad / \quad km/h \quad ($$

:

$$ATS = FFS - / \quad \nu - f_{np} = / - / \quad (\quad) - / = /$$

:

$$ATS = /$$

PTSF

(pc/h) v (PTSF)

- $f_{d/np}$ « »

pc/h / % « »

: . %

$$PTSF = 100(1 - e^{-0/000879v}) + f_{d/np} = 100(1 - e^{-0/000879 \times 650}) + 14 = 57.5\%$$

C ATS = / km/h

C PTSF = % /

C

: veh/h /

$$V_1 = 500 \times 0.6 = 300 \text{veh/h} \quad V_2 = 500 \times 0.4 = 200 \text{veh/h}$$

/ km/h

PTFS ATS

PTFS ATS

$$V_1 = 300 / 0.88 = 341 \text{ veh/h} \quad V_2 = 200 / 0.88 = 227 \text{ veh/h}$$

. - veh/h V_2 - veh/h V_1

:

$: V_1$

$$(\quad - \quad) f_G(ATS) = /$$

$$(\quad - \quad) E_T(ATS) = /$$

$$(\quad - \quad) E_R(ATS) = /$$

$$(\quad - \quad) f_G(PTSF) = /$$

$$(\quad - \quad) E_T(PTSF) = /$$

$$(\quad - \quad) E_R(PTSF) = /$$

:

$$f_{HV}(ATS) = \frac{1}{1 + 0.15(1.9 - 1) + 0.05(1.1 - 1)} = 0.877$$

$$\nu_1(ATS) = \frac{300}{0.88 \times 0.93 \times 0.877} = 418 \text{ pc/h}$$

$$f_{HV}(PTSF) = \frac{1}{1 + 0.15(1/5 - 1) + 0.05(1 - 1)} = 0.93$$

$$\nu_1(PTSF) = \frac{300}{0.88 \times 0.94 \times 0.93} = 390 \text{ pc/h}$$

$$(\quad - \quad \text{pc/h})$$

$: V_2$

$$(\quad - \quad) f_G(ATS) = /$$

$$(\quad - \quad) E_T(ATS) = /$$

$$(\quad - \quad) E_R(ATS) = /$$

$$(\quad - \quad) f_G(PTSF) = /$$

$$(\quad - \quad) \quad E_T(PTSF) = /$$

$$(\quad - \quad) \quad E_R(PTSF) =$$

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + 0.15(2.5 - 1) + 0.05(1.1 - 1)} = 0.813$$

$$\nu_2(ATS) = \frac{200}{0.88 \times 0.71 \times 0.813} = 394 pc/h$$

$$f_{HV}(PTSF) = \frac{1}{1 + 0.15(1.8 - 1) + 0.05(1 - 1)} = 0.893$$

$$\nu_2(PTSF) = \frac{200}{0.88 \times 0.77 \times 0.893} = 331 pc/h$$

$$(\quad - \quad pc/h)$$

$$- \quad pc/h$$

$$V_1$$

$$\nu_2(ATS) = \frac{200}{0.88 \times 0.93 \times 0.877} = 297 pc/h$$

$$\nu_2(PTSF) = \frac{200}{0.88 \times 0.94 \times 0.93} = 260 pc/h$$

$$(\quad - \quad pc/h)$$

$$- \quad pc/h$$

$$E_R \quad E_T \quad f_G$$

$$v$$

$$]$$

$$v$$

$$) \quad pc/h$$

$$[HCM$$

$$($$

$$ATS$$

$$\begin{aligned}
ATS_d &= FFS_d - 0.0125(\nu_d + \nu_o) - f_{np} \\
&\quad \vdots \\
&\quad (\quad \quad \quad) \quad / \quad \text{km/h} = FFS_d \\
&\quad (\quad \quad \quad) \quad \text{pc/h} = \nu_1(ATS) \\
&\quad (\quad \quad \quad) \quad \text{pc/h} = \nu_2(ATS) \\
\% \quad \nu_o &= \text{pc/h} \quad \text{FFS} = \text{km/h} \quad - \quad (\quad / \quad \text{km/h} = f_{np1} \\
&\quad (\\
\% \quad \nu_o &= \text{pc/h} \quad \text{FFS} = \text{km/h} \quad / \quad (\quad / \quad \text{km/h} = f_{np2} \\
&\quad (\\
&\quad \vdots
\end{aligned}$$

$$ATS_1 = 87.84 - 0.0125(418 + 279) - 3.52 = 75.68 \text{ km/h}$$

$$ATS_2 = 87.84 - 0.0125(279 + 418) - 2.93 = 76.32 \text{ km/h}$$

PTSF

$$\begin{aligned}
PTSF_d &= BPTSF_d + f_{np} \quad \text{BPTSF}_d = 100(1 - e^{av_b^d}) \\
&\quad \vdots \\
&\quad (\quad \quad \quad) \quad \text{pc/h} = \nu_1 \\
&\quad (\quad \quad \quad) \quad \text{pc/h} = \nu_2 \\
&\quad (\quad \quad \quad \nu_0 = \text{pc/h} \quad - \quad) - / = a_1 \\
&\quad (\quad \quad \quad \nu_0 = \text{pc/h} \quad - \quad) - / = a_2 \\
&\quad (\quad \quad \quad \nu_0 = \text{pc/h} \quad - \quad) / = b_1 \\
&\quad (\quad \quad \quad \nu_0 = \text{pc/h} \quad - \quad) / = b_2 \\
(\nu_0 &= \text{pc/h} \quad \% \quad \text{FFS} = \text{km/h} \quad - \quad) / = f_{np1}
\end{aligned}$$

$$(\nu_0 = \text{pc/h} \% \text{ FFS} = \text{km/h} -) / = f_{np2}$$

:

$$BPTSF_1 = 100(1 - e^{-0.026 \times 390^{0.611}}) = 63.1\%$$

$$BPTSF_2 = 100(1 - e^{-0.055 \times 260^{0.488}}) = 56.4\%$$

$$PTSF_1 = 63.1 + 15.8 = 78.9\%$$

$$PTSF_2 = 56.4 + 12.1 = 68.5\%$$

:

$$C \quad \text{ATS} = / \quad \text{km/s} \quad -$$

$$\cdot \quad D \quad \text{PTSF} = \% /$$

$$\text{ATS} = / \quad \text{km/h} \quad \cdot \quad D$$

$$\cdot \quad D \quad \text{PTSF} = \% / \quad C$$

$$\cdot \quad D$$

- - - - -

LOS	PTSF (%)	ATS (km/h)	
C	/	/	
D	/	/	
D	/	/	

HCM

PTSF

(% / % /) PTSF

PTSF % /

() PTSF

ATS

C

D

TRB

% / km II

PHF = / / veh/h

« » %

km/h

%

II

$$\times / = \text{veh/h}) \quad \quad \quad \text{PTSF}$$

$$V_d (\times / = \text{veh/h}) \quad \quad \quad V_u ($$

$$v = \frac{V}{PHF \times f_G \times f_{HV}}$$

$$\text{PTSF} \quad E_R \quad E_T \quad f_G$$

$$E_{TC}$$

PTSF

E _R	E _T	f _G	
	/		
	/		

$$f_{HV}(up) = \frac{1}{1 + 0.2(1.6 - 1) + 0 \times (1 - 1)} = 0.893$$

$$f_{HV}(down) = \frac{1}{1 + 0.2(1.1 - 1) + 0 \times (1 - 1)} = 0.98$$

$$v_u = \frac{175}{0.82 \times 1 \times 0.893} = 239 \text{pc/h}$$

$$v_d = \frac{75}{0.82 \times 1 \times 0.98} = 93 \text{pc/h}$$

$$- \text{pc/h}$$

$$PTSF = f_{np} \cdot \vdots$$

:

$$\begin{aligned}
 PTSF_d &= BPTSF + f_{np} & BPTSF_d &= 100(1 - e^{av_b^d}) \\
 &&&\vdots \\
 \% \quad FFS &= \text{km/h} - & \% / &= () f_{np} \\
 &&&(V_0 = \text{pc/h}) \\
 (V_0 < \text{pc/h} - && \% / &= () a \\
 (V_0 < \text{pc/h} - && \% / &= () b \\
 \% \quad FFS &= \text{km/h} - & \% / &= () f_{np} \\
 &&&(V_0 = \text{pc/h}) \\
 (V_0 = \text{pc/h} - && \% / &= () a \\
 (V_0 = \text{pc/h} - && \% / &= () b
 \end{aligned}$$

:

$$BPTSF_u = 100(1 - e^{-0.013 \times 239^{0.668}}) = 39.6\%$$

$$BPTSF_d = 100(1 - e^{-0.022 \times 123^{0.631}}) = 36.8\%$$

$$PTSF_u = 39.6 + 41.6 = 81.2\%$$

$$PTSF_d = 36.8 + 41.5 = 78.3\%$$

D

-

.

PTSF ATS

HCM

(km)	(pc/h)
$\leq /$	
$> / - /$	
$> / - /$	
$> / - /$	\geq

()

$PTSF_d \quad ATS_d$

(km) L_u

(km) L_{pl}

L_{de} (km)

L_d (km)

() .

PTSF ATS

L_{de}

L_{de}

: -

(km)L _{de}		pc/h
PTSF	ATS	
/	/	\leq
/	/	
/	/	\geq

- L_{de} . L_{pl} L_u

: .

$$L_d = L - (L_u + L_{pl} + L_{de}) \quad (-)$$

= L

km

PTSF ATS L_d L_{de}

PTSF

ATS

$$ATS_{pl} = \frac{ATS_d * L}{L_u + L_d + \left(\frac{L_{pl}}{f_{pl}} \right) + \left(\frac{2L_{de}}{1+f_{pl}} \right)} \quad (-)$$

$$\text{km/h} = ATS_{pl}$$

$$\text{km/h} = ATS_d$$

$$(-) \text{ ATS} = f_{pl}$$

$$\text{PTSF pc/h ATS} \quad \vdots \quad \text{pc/h}$$

$$ATS_d = / \text{ Km/h} \quad PTSF_d = \% /$$

$$/ \text{ km}$$

$$\text{PTSF ATS}$$

$$/ \text{ km PTSF} \quad / \text{ km ATS} \quad L_{de} \quad -$$

$$(-) \text{ pc/h } \quad \text{PTSF } \quad L_{de} \quad : \quad -$$

fpl PTSF	fpl ATS	(pc/h)
/	/	-
/	/	> -
/	/	>

: . / PTSF / ATS f_{pl} -

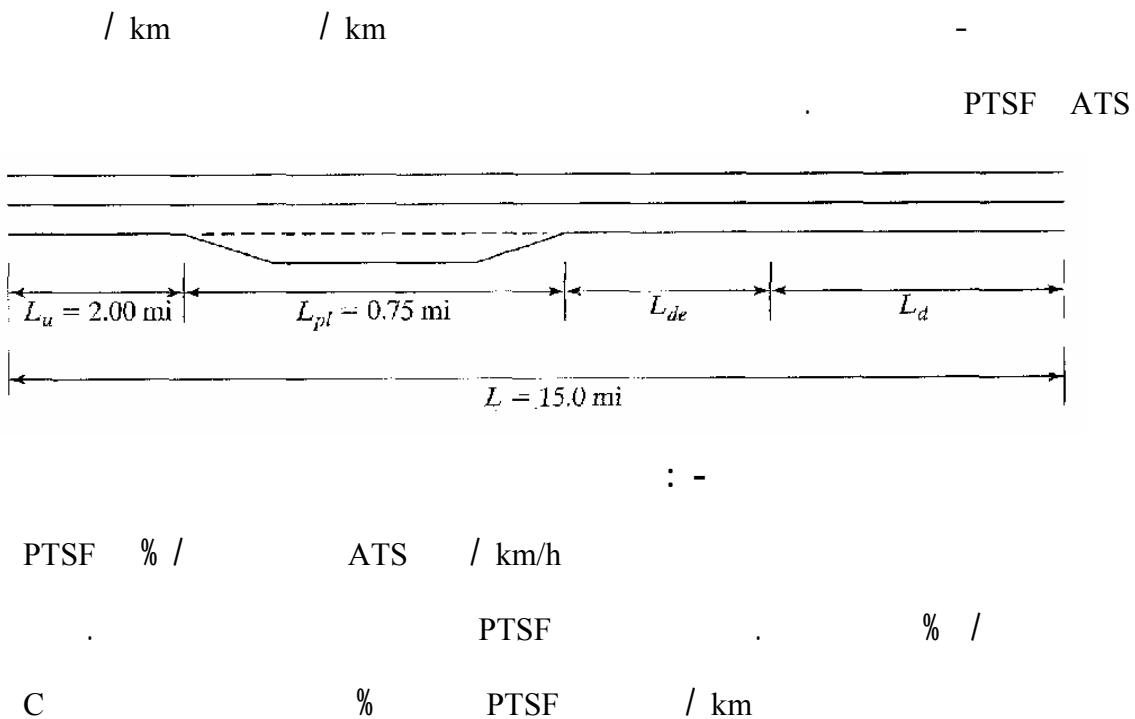
$$L_{d,ATS} = 24 - (3.2 + 1.2 + 2.72) = 16.88 \text{ km}$$

$$L_{d,PTSF} = 24 - (3.2 + 1.2 + 13.28) = 6.32 \text{ km}$$

$$ATS_{pl} = \frac{47.3 * 15}{2 + 10.55 + (\frac{0.75}{1.10}) + (\frac{2 * 1.7}{1 + 1.10})} = 47.8 \text{ mi/h}$$

$$PTSF_{pl} = \frac{78.9 \left[2 + 3.95 + 0.61 * 0.75 + (\frac{1 + 0.61}{2}) * 8.3 \right]}{15} = 68.8\%$$

ATS / km
 % / % / % PTSF (/ km/h / km/h)



(/ km)
 PTSF % / km

% PTSF

ATS

%

	/	/	/	/	/	/	Lpl
							L
							L _u
/	/	/	/	/	/	/	L _{de,ATS}
/	/	/	/	/	/	/	L _{d,ATS}
/	/	/	/	/	/	/	L _{de,PTSF}
/	/	/	/	/	/	/	L _{d,PTSF}
/	/	/	/	/	/	/	f _{pl,ATS}
/	/	/	/	/	/	/	f _{pl,PTSF}
/	/	/	/	/	/	/	ATS _d
/	/	/	/	/	/	/	PTSF _d
/	/	/	/	/		/	ATS _{pl}
/	/	/	/	/	/	/	PTSF _{pl}

L_{de} HCM

[HCM] .

[]

veh/h

veh/h

km/h

F E

PTSF ATS

km L_d L_{de} L_u

f_{pl}

f_{pl} ATS	f_{pl} ATSF	
/	/	-
/	/	> -
/	/	>

I

II

km

/ m / m . km/h (BFFS)
% % / / .
% % / / .

km I

/ m / m . km/h (BFFS)
% / % veh/h .

/ km % I
 / m / m km/h (BFFS)
 % /
 % % veh/h
 / PHF (%) /

 BFFS II
 / / m / m km/h
 % veh/h %
 / PHF %
 /

 %

 km / km PTSF ATS LOS

References

1. *Highway Capacity Manual*, 4th Edition, Transportation Research Board, National Research Council, Washington DC, 2000.
2. *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, 4th Edition, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington DC, 2001.
3. Prisk, C.W., "Passing Practices on Two-Lane Highways," *Proceedings of the Highway Research Board*, Transportation Research Board, National Research Council, Washington DC, 1941.
4. Weaver, G.D. and Glennon, J.C., *Passing Performance Measurements Related to Sight Distance Design*, Report No. 134-6, Texas Transportation Institute, Texas A&M University, College Station TX, July 1971.
5. Weaver, G.D. and Woods, D.L., *Passing and No-Passing Signs, Markings, and Warrants*, Report No. FHWA-RD-79-5, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, Washington DC, Sept 1978.
6. *Manual of Uniform Traffic Control Devices*, Millennium Edition, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, Washington DC, 2000.
7. Harwood, D.W. et al., *Capacity and Quality of Service of Two-Lane Highways*, Final Report, NCHRP Project 3-55(3), Midwest Research Institute, Kansas City MO, 2000.