مهندسی ترافیک وحمل و نقل

استاد جناب اقای

دکتر موید فر

مباحث اصلی درس

فصل ۱: مهندسی ترافیک(به صورت خلاصه در فصل۲ توضیح داده شده است)

فصل ۲: اجراء اصلی مهندسی ترافیک

فصل ۳: اجراء سیستم ترافیک

فصل ۴: خصوصیات جریان ترافیک

فصل ۵: مطالعات حجم ترافیک

فصل ۶: مطالعات سرعت، زمان سفر و تأخیر

فصل ۷: مفاهیم تحلیل ظرفیت در ترافیک

فصل ۸: مطالعات پارکینگ و عابر پیاده

فصل ۹: مطالعات تصادفات

فصل ۱۰: تحلیل تقاطع های بدون چراغ

فصل ۱۱: تحلیل تقاطع های با چراغ راهنمایی

فصل دوم: اجزاء اصلی مهندسی ترافیک

۱- مهندسی ترافیک بخشی از مهندسی است که هدف از آن حرکت ایمن و با کارایی مناسب برای مسافر و کالا در خیابان های شهری و جاده های برون شهری ارتباط دارد. جنبه های مختلف مهندسی ترافیک شامل:

۱- برنامه ریزی تسهیلات و تجهیزات حمل و نقل در جاده و بزرگراه

۲- طراحی هندسی

۳- عملکرد و کنترل ترافیک

۴- ایمنی ترافیک

۵- نگهداری تسهیلات و تجهیزات حمل و نقل

۶- مدیریت تسهیلات و تجهیزات

در ادامه در خصوص هر یک از اجزای اصلی مهندسی ترافیک صحبت خواهیم کرد:

۱- تسهیلات:

تسهیلات ترافیکی در واقع زیر ساخت هایی است که امکان حمل و نقل بار و مسافر را فراهم می نماید. مثلاً تسهیلات ترافیکی جاده ای شامل جاده برای حرکت وسایل نقلیه، پارکینگ ها و ترمینال ها برای انتقال و یا سوار و پیاده کردن مسافرین و کالاها.

در این بخش منظور از تسهیلات، تسهیلات حرکتی وسایل نقلیه می‌باشد که عبارت است از:

در نواحی برون شهری:

الف) جاده های بین ایالتی پایین استانی

ب) جاده های درجه یک (اصلی)

ج) جاده های درجه دو (فرعی)

در نواحی درون شهری:

الف) آزاد راه ها Freeway

ب) خیابان های شریانی Orteriol

ج) خیابان های جمع کننده و پخش کننده Collector

د) خیابان های محلی Local

انواع جاده های درون شهری و برون شهری را به جز نوع وظیفه می توان به صورت زیر تقسیم بندی کرد:

نوع وظیفه	شهری	بین شهری
منحصراً جهت تقاضای عبوری	آزادراه	راه بین ایالتی
عمدتاً جهت تقاضای عبوری و مقداری جهت دسترسی زمین	شریانی	راه اصلی
جهت تأمین تقاضای عبوری و دسترسی به زمینهای مجاور	جمع و پخش‌کننده	راه ثانویه
دسترسی به زمینهای مجاور و تقاضای ترافیک محلی	محلی	راه درجه ۳

۲- تقاضای سفر

منظور از تقاضای سفر تعداد بار و مسافری است که نیازمند جا به جایی می‌باشد.تخمین تقاضای واقعی بسیار دشوار است زیرا تقاضا:

- به وسیله ظرفیت موجود مکرراً محدود می‌شود و از شکل طبیعی می افتد.

- تابع تغییرات جمعیت و عوامل مشتق شده از آن، نظیر جنس، سن و در آمد اشخاص می‌باشد.

- فاکتورهای اشاره شده بر انتخاب شیوه حمل و نقل تأثیر می گذارند.

الف) پارامترهای دخیل در میزان تقاضا:

پارامترهای مختلفی مثل مالکیت خودرو، درآمد خانوار، چند خانوار، هدف از سفر و جنسیت زمان سفر و هزینه حمل و نقل در میزان تقاضا تأثیرگذار است.

ب) انتخاب مبدأ یا مقصد:

نقش مبدأ یا مقصد سفر در ایجاد الگوی سفر OD Pattern نقش موثری می‌باشد به طوری که بر اساس آن می توان مسیرهای پر سفر یا گریدورهای بالقوه حمل و نقل عمومی و خصوصی در منطقه مطالعاتی مورد نظر را شناسایی کرد.

ج) حساسیت به تغییرات ظرفیت:

درمدل‌هایی تخصیص سفر و یا مدل‌های که در آن حجم سفرهای مبدأ – مقصد به شبکه حمل و نقل عمومی و خصوصی تخصیص داده می‌شود و اصطلاحاً شبکه بارگذای می‌شود، بحث ظرفیت مطرح می‌شود در مسیرهایی که میزان تقاضا کمتر از ظرفیت باشد تراکم یا تأخیر ناشی از تراکم در انتخاب مسیر توسط افراد تأثیری ندارد ولی در شرایطی که باعث ایجاد تراکم استفاده کنندگان از مسیرمی‌شود، مسیرهای جایگزین با حجم ترافیک کمتر انتخاب می کنند.

۳- تأثیرگذاری الگوی تقاضا:

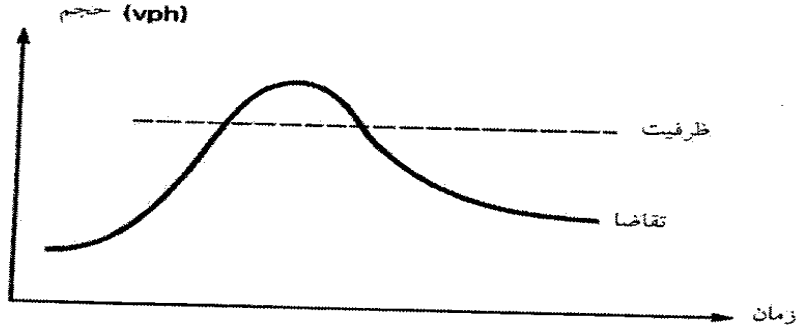
الگوی تقاضا یا OD pattern در سه طبقه گسترده تأثیرگذار است که این سه طبقه عبارت از:

۱- تفسیر توزیع زمان تقاضا

۲- کاهش حجم تقاضا

۳- محدود نمودن تقاضا

یک نمونه از تأثیر گذاری الگوی تقاضا در نمودار زیر مطرح شده است



الف) تفسیر توزیع زمان تقاضا:

همیشه مشکل اساسی تقاضای زیاد نیست، بلکه مشکل زمانی ایجاد می‌شود که تقاضای زیاد به طور همزمان صورت گیرد. لذا با تغییر دادن زمان شروع به کار و یا تبدیل ساعت پیک به ساعات پیک کوچکتر می توان میزان تقاضا را کاهش داد.

ب) کاهش حجم تقاضا:

حجم تقاضا را با معیارهای مختلفی می توان کاهی داد که عبارت است از:

۱- هفته کاری کوتاهتر

۲- میانگین طول سفر کوتاه تر

۳- کار بیشتر در خانه

- کوتاه تر کردن هفته کاری

در واقع طولانی تر کردن روی کاری می‌باشد. به طور مثال ۴ روز هفته به جای ۵ روز روزهای فعالیت می‌باشد و لیکن مثل ساعات کاری در این ۴ روز از ۸ ساعت به ۱۰ ساعت افزایش یابد. و افراد به صورت شیفتی تقسیم بندی می‌شوند مثلاً از شنبه تا سه شنبه یک شیفت از یک شنبه تا چهار شنبه شیفت دیگر و ... ولی در این شرایط امکان تلاقی روزهای کاری هفته با یکدیگر و ایجاد همان تقاضای حداکثر نیز وجود دارد.

- میانگین طول سفر کوتاهتر

منظور از کوتاه تر کردن طول سفرها انتقال شغل ها از شهرهای بزرگ به شهرهای کوچکتر و موقعیت های غیر متمرکز می‌باشد. زیرا در شهرهای کوچک طول سفر ها از شهرهای بزرگتر است.

- کار بیشتر در خانه

مفهوم آن دور کاری و استفاده بیشتر از ارتباط از راه دور و حسابرسی در خانه است. که اخیراً توسط برخی از سازمان ها و ادارات این شیوه مورد استفاده قرار گرفته است.

ج) محدود نمودن تقاضا:

تقاضا را می توان با تکنیک های مختلفی محدود کرد:

۱- مجتمع های مسکونی متراکم تر

۲- تغییر مسیرهای ترانزیتی

۳- اختصاص دادن خطوط وسایل نقلیه با سطح اشتغال بالا ظرفیت موجود محدود شده را تغییر داد.

در خصوص مورد ۲ به عنوان مثال با ایجاد مسیرهای سیسم ریلی جدید، مسیرهای قدیمی مسیر اتوبوس رانی تغییر کرده و به مسیرهای تغذیه کننده سیستم ریلی تبدیل می‌شوند.

٤- اندازه گیری با بخش عملکرد

به منظور تعیین کارایی یک سیستم تسهیلات موارد مختلفی مثل:

الف) تخصیص وضعیت موجود

ب) تجزیه و تحلیل گزینه های مختلف

ج) برآورد میزان هزینه ها و منابع و ارتباط آنها را باید در نظر گرفت.

مهمترین شاخص جهت سنجش عملکرد سیستم شاخص LOS یا سطح سرویس می‌باشد که از A (بیشترین کیفیت) تا F (برای عملکرد ضعیف) تقسیم بندی می‌شود.

پارامترهایی که در سطح سرویس تأثیر می گذارند مثل میزان تأخیر بر وسایل نقلیه به میزان تراکم و زمان سفر کل، نسبت $\frac{V}{C}$، طول متوسط سفر و...

به عنوان مثال به منظور تعیین سطح سرویس در یک تقاطع پارامترهای زیر را باید اندازه گیری نمود:

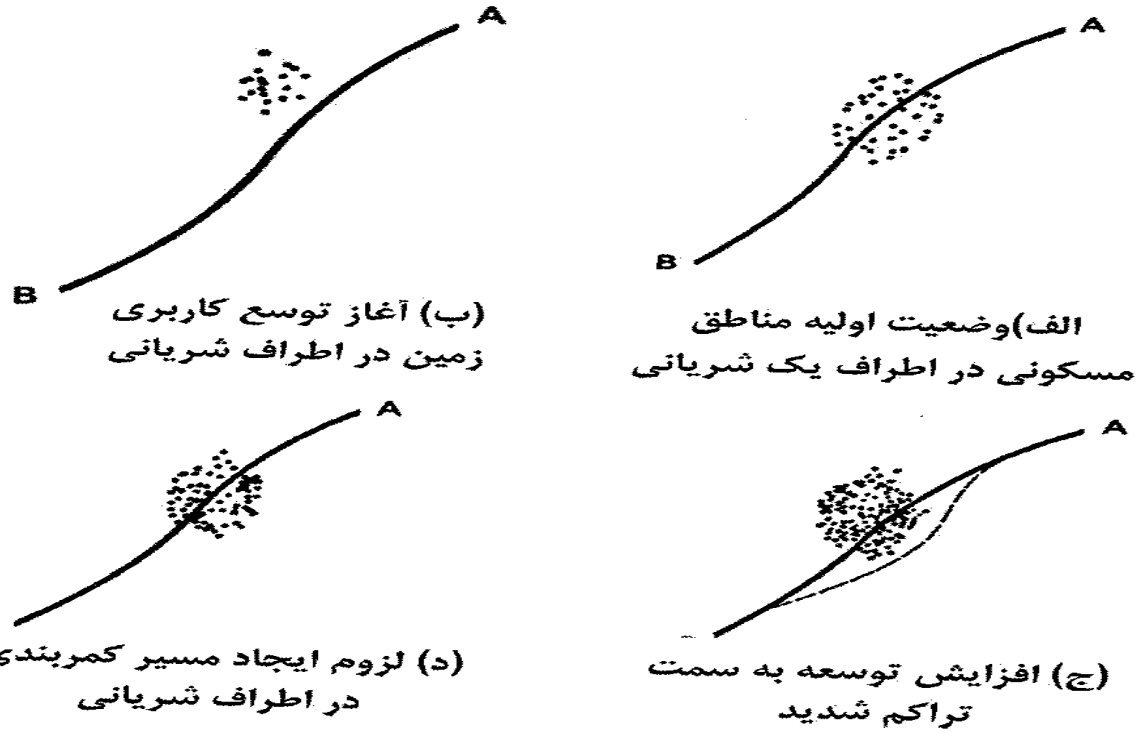
۱- نرخ $\frac{V}{C}$، در رویکردها ۳- سرعت سفر میانگین در خیابان های شریانی منتهی به تقاطع

۲- تأخیر توقف برای هر رویکرد ۴- شرح سرویس در رویکردها و خیابان های شریانی منتهی به تقاطع

۵- طراحی تسهیلات و کاربری های زمین

۱) نحوه توسعه در کاربری های مجاور در یک راه بین ایالتی یا بین استانی

مراحل توسعه کاربری های مجاور در اطراف یک راه بین ایالتی به شرح زیر است:



- ایجاد شدن کمربندی در اطراف منطقه توسعه یافته تقاضای عبوری را ار تقاضای محلی جدا نموده و زمان تأخیر در کل شبکه را کاهش می دهد و لیکن مشکل آن کاهش متقاضیان بین شهری جهت خرید و مبادلات تجاری در داخل منطقه مذکور می‌باشد.

۲) مدیریت ترافیک محلی:

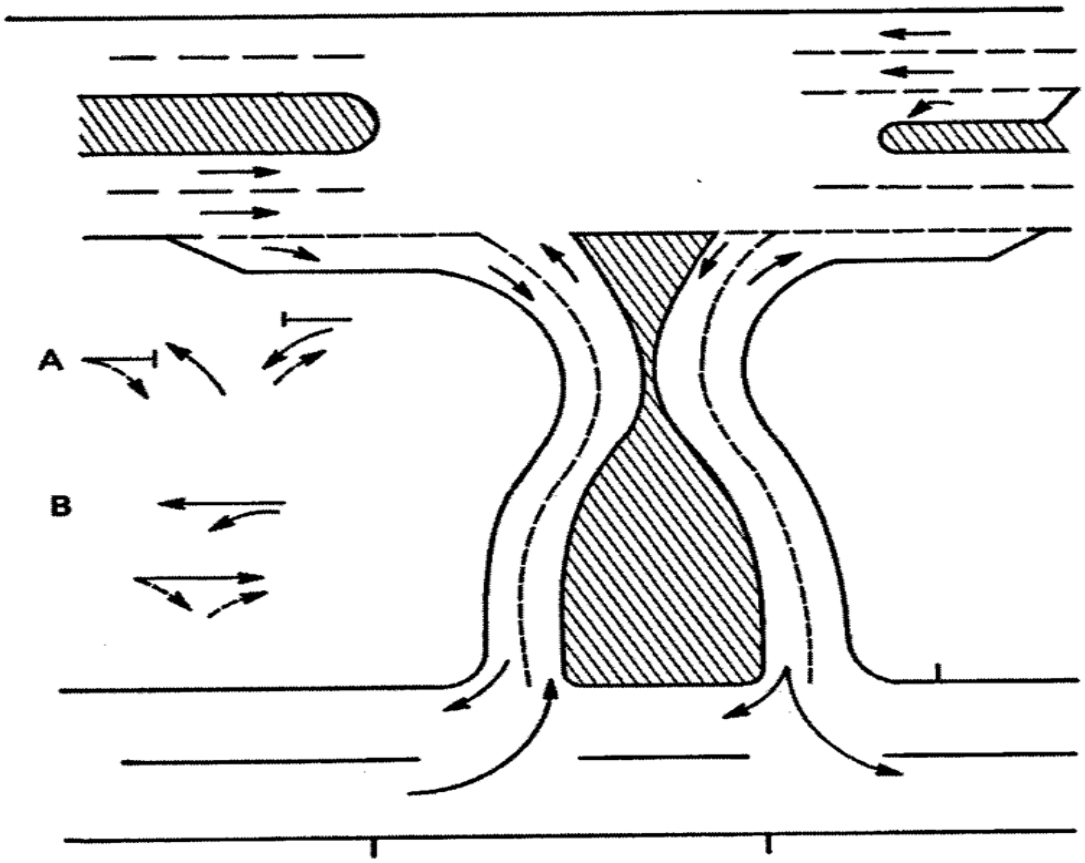
برخی از مشکلات ترافیکی در مناطق مختلف شهری موجب می‌شود مسیرهای عبور کرده از مناطق دچار مشکل، متراکم گردیده و رانندگان مسیرهای دیگری را مورد بررسی قرار دهند.

برخی از این مشکلات مثل:

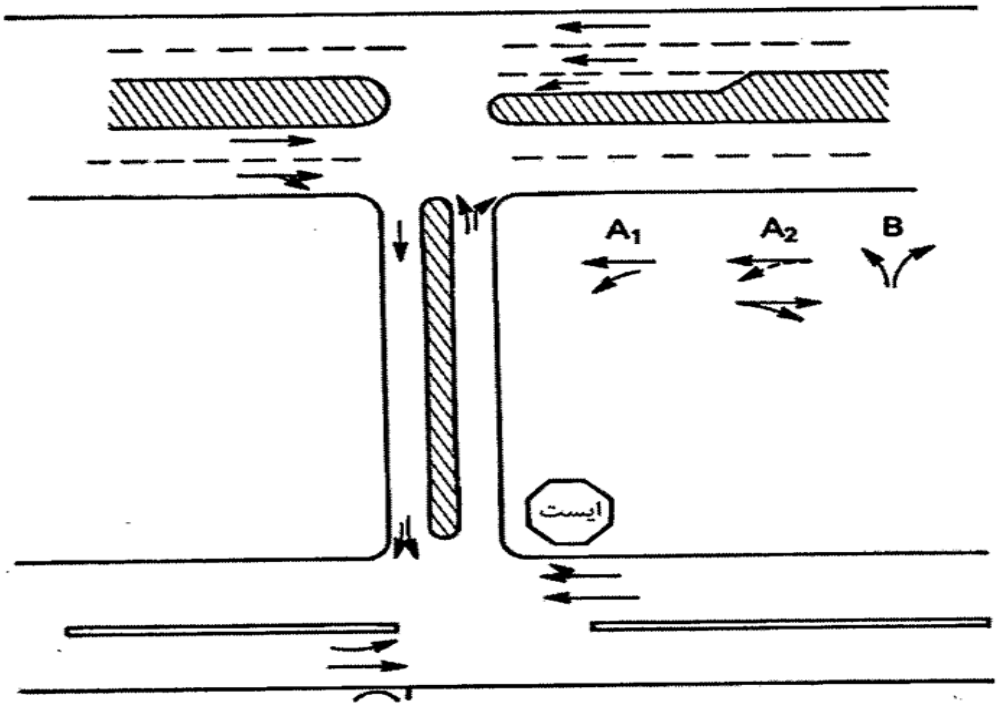
- تداخل ترافیکی در تقاطع های پر رفت و آمد

راه حل: حذف حرکت گردش به چپ در رویکردهای منتهی به تقاطع

- یک طرفه کردن دسترسی های محلی به صورت شطرنجی



(الف) طراحی هدایت کننده در شریانی‌ها



روش های آرام سازی ترافیک

- نصب سرعت‌گیر

- کاهش مصنوعی عرض مقطع

- ایجاد رفوژ میانی جهت محدودیت گردش به چپ دور زدن

فصل سوم: اجزای سیستم ترافیک

- چهار جزء اولیه سیستم ترافیک یعنی استفاده کنندگان راه یا رانندگان وسایل نقلیه، راه و ادوات و تجهیزات کنترل ترافیک می‌باشد/ یک مهندس ترافیک بر روی دو جزء اول یعنی رانندگان وسایل نقلیه کنترل کمی دارد و لذا به طراحی دو جزء دیگر (راه و تجهیزات کنترل ترافیک) می پردازد. به طوری که ایمنی و افزایش کارایی و بازدهی بهینه راننده ها و وسایل نقلیه در جریان ترافیک منتهی می‌شود. در ادامه به خصوصیات هر یک از این چهار جزء پرداخته می‌شود:

۱- خصوصیات بحرانی رانندگان

استفاده کنندگان یا کاربران راه عبارت از رانندگان سرنشین ها، دو چرخه سواران و عابرین پیاده می باشند. رفتار رانندگان و کلاً انسان همانند رفتار مصالح و سازه رفتاری قابل پیش بینی نبوده و هر انسان نسبت به وضعیت پیش آمده عکس العملی مشخص نشان می شدهد. بنابراین یک مهندس ترافیک باید دامه یا طیف وسیعی از رفتارها و خصوصیات را در نظر بگیرد و طرح خود را بر اساس آن پیاده نماید.

الف) زمان درک و واکنش

زمان درک و واکنش یا مشاهده و عکس العمل شامل چهار مرحله زیر می‌باشد:

- درک یا فهم وجود یک محرک که نیاز به پاسخ دارد.

- تفسیر یا تشخیص محرک ایجاد شده .

- احساس یا تصمیم گیری نسبت به پاسخ مناسب نسبت به محرک.

- اراده یا واکنش که ناشی از تصمیم گیری بی پاسخ به محرک بوده است.

- به عنوان مثال وقتی که یک راننده به تابلوی توقف می رسد ابتدا علامت را می بیند (درک) سپس آن را به عنوان علامت توقف تشخیص داده (تشخیص) و در نهاییت پایش را روی ترمز گذاشت سرعت خود را به صفر می رساند (واکنش)

کل زمانی که برای چهار مرحله فوق به طول می انجامد اصطلاحاً زمان مشاهده و عکس العمل نامیده می‌شود.

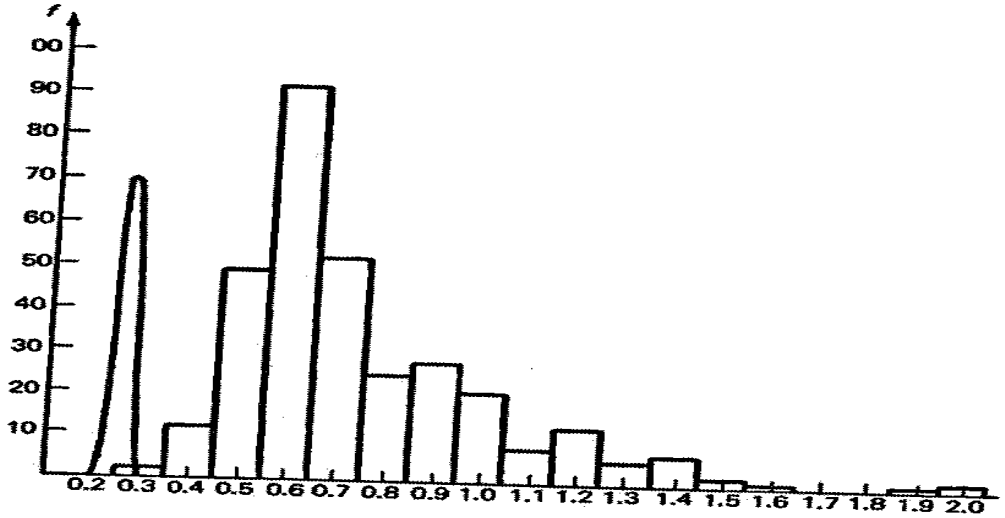
$$d_p = 0/278\ vt$$

d_p :مسافت مشاهده و عکس والعمل(m) v :سرعت $\frac{km}{h}$ t: زمان مشاهده و عکس والعمل

- به عنوان مثال اگر راننده ای با سرعت ۱۰۰$\frac{km}{hr}$ با زمان درک و واکنش ۳ ثانیه به مانعی نزدیک شود مسافتی که در طول زمان مزبور می پیماید: $d_p = .278 \times 100 \times 3 = 83.4\ m$

که این مسافت معادل ۱۵ خودرو می‌باشد. زمان دقیق درک و واکنش برای افراد مختلف متفاوت است و با پیچیده تر شدن محرک این زمان افزایش می یابد.

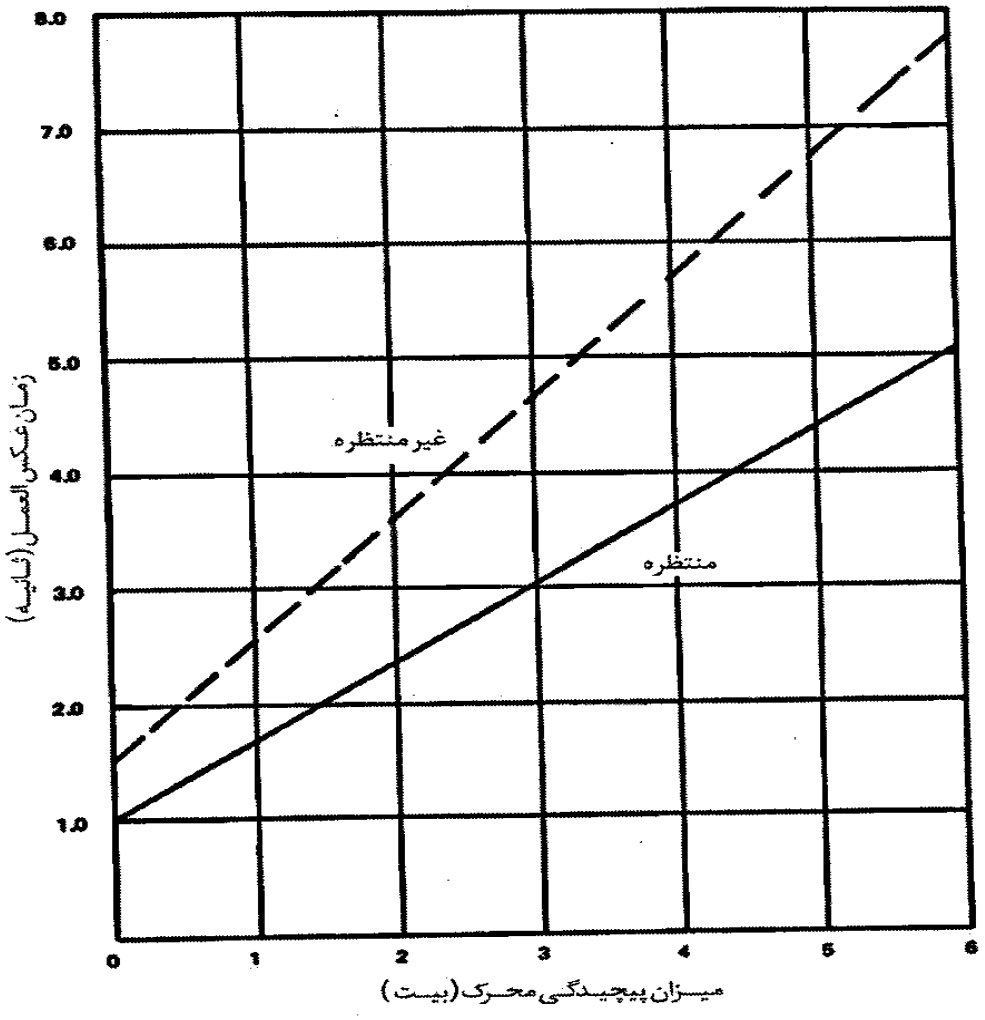
- در یک مطالعه بر روی ۳۲۱ راننده نتایج نشان می دهد که دامنه تغییرات بین ۰/۳ تا ۲ ثانیه با میانگین ۰/۶۶ ثانیه برای افراد مختلف را نشان می دهد.



- در مطالعه دیگری در خصوص مقایسه زمان درک و واکنش برای محرک های مورد انتظار و غیر منتظره نشان داد که این زمان برای محرک های غیر منتظره ۰/۱ تا ۰/۳ ثانیه بالاتر از محرک های مورد انتظار است.

- در شکل زیر درصد هشتاد و پنج (یعنی زمانی که ۸۵ درصد از رانندگان کمتر از آن برای مشاهده و عکس العمل نیاز دارند) از زمان های درک واکنش به محرک های منتظره و غیر منتظره در مقابل پیچیدگی محرک ترسیم شده است.

- غالباً به منظور طراحی تسهیلات ترافیکی درصد ۸۵ یا خصوصیتی که ۸۵ درصد از جمعیت آن مقدار یا کمتر آن را دارا می باشند در نظر گرفته می‌شود.



درصد هشتاد و پنجم زمان مشاهده عکس‌العمل رانندگان

ب) حوزه دید:

دامنه دید یک راننده را می توان به سه بخش تقسیم بندی نمود:

- دامنه دید دقیق یا کاملاً واضح (Acute vision)

محدوده آن بین ۳ تا ۵ درجه می‌باشد و در این محدوده نوشته تابلوها و پیام ها به خوبی قابل تشخیص است.

- دامنه دید نسبتاً واضح (obvious vision)

محدوده آن بین ۱۰ تا ۱۲ درجه است و در این محدوده شکل و رنگ علائم قابل تشخیص می‌باشد.

- دامنه دید پیرامونی (peripheral vision)

محدوده آن بین ۱۸۰-۱۲۰ درجه بوده و در این محدوده تنها حرکت علائم قابل تشخیص می‌باشد.

- در برخی از علائم مثل تابلوی ایست اکثر رانندگان علامت ایست را نمی خوانند و بیشتر با رنگ قرمز و شکل هشت گوش آن توجه می کنند و در این حالت با دید آشکار یا نسبتاً واضح نیز تابلو قابل تشخیص می‌باشد.

- در خصوص رنگ و شکل علائم لازم به توضیح است که حروف سفید در زمینه آبی مناسب ترین حالت برای توجه رانندگان است (Contrast خوبی دارد) و پس از آن رنگ سفید در زمینه سبز دید خوبی دارد.

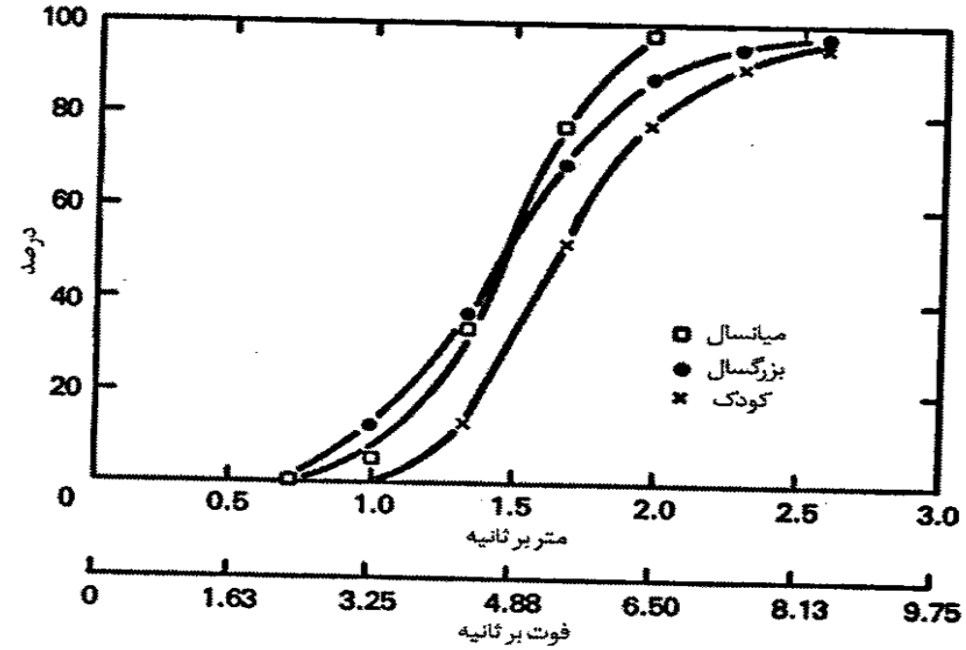
ج) سایر خصوصیات راننده ها مثل شنوایی تأثیر چندانی نداشته و نا هنجاری خاص مثل تصادف و خطا در خصوص افراد ناشنوا مطرح نشده است.

د) خصوصیات پیاده ها

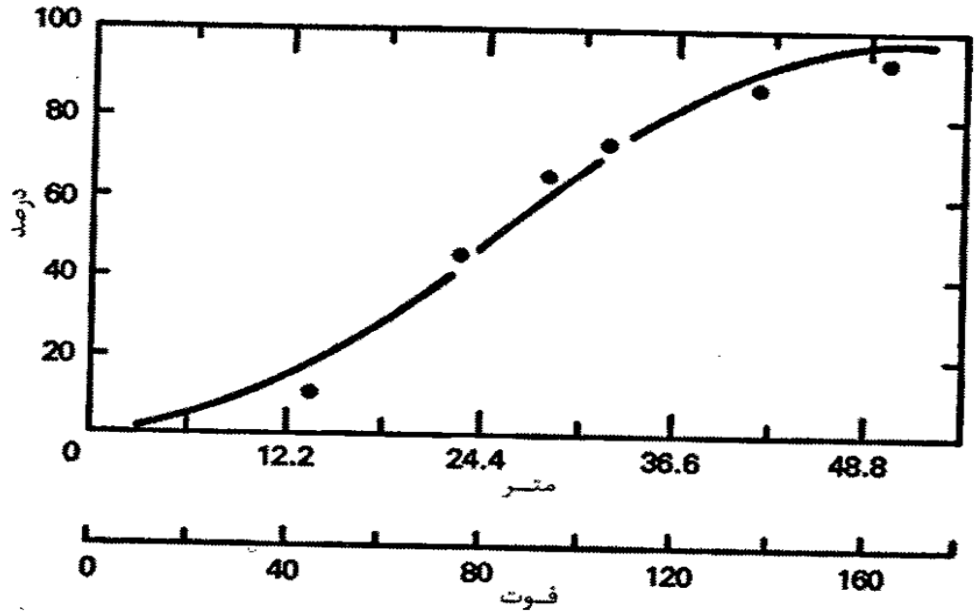
در خصوص عابرین پیاده دو خصوصیت مهم مطرح می‌باشد که اول، سرعت واقعی پیاده روی در مقاطع عبور عابر پیاده (گذرگاه های عرضی) می‌باشد.

با توجه به شکل متوسط سرعت پیاده روی $۱/۵\frac{m}{s}$ و ۸۵ درصد افراد کمتر از $۱/۸\frac{m}{s}$ سرعت دارند. میزان سرعت در افراد کودک، بزرگسال و میانسال با یکدیگر متفاوت است.

خصوصیت دوم گپ مجاوز یا فاصله عبور پذیرفته شذده از وسیله نقلیه توسط عابر پیاده جهت عبور از عرض معبر می‌باشد. با توجه به شکل متوسط فاصله پذیرفته شده ۲۵/۶ متر بوده و ۸۵ درصد از عابرین فاصله تقریبی ۳۸/۱ متر و کمتر از آن را پذیرفته اند.



سرعت واقعی پیاده روی در مقاطع عبور عابر پیاده



گپ مجاز پیاده روی در مقاطع عرضی

۲- خصوصیات بحرانی وسایل نقلیه

الف) وسیله طرح

آشتو به منظور طراحی هندسی یک سیستم بیست گانه وسایل نقلیه طرح را با ابعاد فیزیکی استاندارد ایجاد نموده است. این دو وسیله در جدول ابعاد استانداردهای وسیله نقلیه طرح آشتو اشاره شده است. مثلاً برای خودروی مسافری: Passenger car

نماد: p　　ارتفاع: ۱/۳　　عرض: ۲/۱　　طول: ۵/۸

عقب: ۱/۵　　جلو: ۰/۹　　WB1: ۳/۴ فاصله مؤثر بین جلو و عقب

ب) عملکرد شتاب گیری وسایل نقلیه:

نرخ شتابگیری در سرعت های کم دارای بالاترین مقدار است و با افزایش حرکت کاهش می یابد وسایل نقلیه سنگین تر دارای نرخ شتاب گیری پایین تری نسبت به اتومبیل های سواری می‌باشد.

$$d_a = 0/14 \times a.t^2$$

a: نرخ شتاب‌گیری $\frac{km.h}{s}$　　t: زمان شتاب‌گیری　　d_a: فاصله طی شده در حین شتاب گیری

به عنوان مثال طبق جدول آشتو نرخ شتابگیری خودروی بزرگ برای سرعت ۲۴-۰ کیلومتر بر ساعت ۱۶/۱ در زمان لازم برای شتابگیری ۱/۵ ثانیه است بنابراین طول شتابگیری برابر است با:

$$d_a = .14 \times 16.1 \times 1.52 = 5.07\ m$$

همچنین نرخ شتابگیری خودروی کشنده برای سرعت ۲۴-۰ کیلومتر بر ساعت ۳/۲ و زمان لازم برای شتابگیری ۷/۵ ثانیه است بنابراین طول شتابگیری برابر است با:

$$d_a = .14 \times 3.2 \times 7.52 = 25.2\ m$$

ملاحظه می‌گردد که طول شتابگیری برای خودروهای سنگین بیشتر از خودروهای سبک است.

ج) عملکرد ترمز گیری وسایل نقلیه:

عملکرد ترمزگیری و یا کاهش شتاب یک وسیله نقلیه به عواملی مثل سیستم ترمزگیری وسیله نقلیه، نوع و شرایط لاستیک ها و شرایط سطح جاده بستگی دارد.

فاصله مورد نیاز برای کاهش شتاب وسایل نقلیه از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$d_b = \frac{v^2 - u^2}{256(f + g)}$$

f :ضریب اصطکاک غلتشی یا ضریت حرکت به سمت جلو

g :شیب برحسب درصد (در سربالایی مثبت و در سراشیبی منفی می‌باشد)

u :سرعت ثانویه v :سرعت اولیه d_b : مسافت ترمز یا کاهش شتاب (متر)

لازم به ذکر است که مسافت ترمزگیری در سربالایی نسبت به سطح بدون شیب کاهش می یاب و در سراشیبی افزایش می یابد. به عنوان مثال وسیله نقلیه در جاده ای با ضریب اصطکاک غلتشی۰/۴ و با سرعت ۹۶/۶ کیلومتر در ساعت در حال حرکت است اگر وسیله روی سطح افقی قرار داشته باشد چه مسافتی را برای کاهش شتاب تا ۴۸/۳ کیلوکتر در ساعت طی می کند؟ مسافت ترمز جهت توقف چقدر است؟

$$d_b = \frac{96.6^2 - 48.3^2}{256(.4 + 0)} = 68.3\ m$$

$$d_b = \frac{96.6^2 - .2^2}{256(.4 + 0)} = 91.1\ m$$

ضریب اصطکاک غلتشی در سطح خشک بالاتر از سطح مربوط و خیس می‌باشد.

ضریب اصطکاک غلتشی برای لاستیک استاندارد بالاتر از لاستیک فرسوده می‌باشد.

ضریب اصطکاک غلتشی برای آسفالت شنی از آسفالت ماسه ای بیشتر است.

ضریب اصطکاک غلتشی با افزایش سرعت کاهش می یابد.

د) مسافت دید توقف و مسافت دید سبقت

۱- مسافت دید توقف و مسافت دید سبقت در واقع ترکیب خصویات انسان یا راننده و خصوصیات وسیله نقلیه می‌باشد در واقع برای مسافت دید توقف باید مسافت ترمزگیری و مسافت مشاهده و عکس العمل با هم ترکیب شوند تا مجموع مسافت طی شده از لحظه مشاهده تا توقف کامل وسایل نقلیه مشخص شود به عبارتی:

$$d_s = d_p + d_b \rightarrow d_s = 0/278vt + \frac{v^2 - u^2}{256(f+g)}$$

مفهوم مسافت دید توقف آن است که راننده در هر شرایطی اگر وضعیت غیر منتظره ای را مشاهده نمود باید امکان توقف را تا قبل از برخورد با مانع داشته باشد.

مثال: برای جاده ای که دارای سرعت طرح $\frac{km}{hr}$ ۱۱۲/۷ باشد، مطابق جدول اکثر ضریب اصطکاک غلتشی معادل ۰/۲۹ است. طبق توصیه اشتو زمان مشاهده و عکس العمل ۲/۵ ثانیه در نظر گرفته می‌شود.

$$d_s = 0/278 \times 112.7 \times 2.5 + \frac{112.7^2 - 0^2}{256(.29+0)} = 249.4$$

طراحی باید به گونه ای باشد که رانندگان همواره در همه شرایط و در هر جهت حداقل ۲۵۰ متر فاصله جهت دید واضح را داشته باشند.

۲- زمان تخلیه یا تغییر فاز

یکی دیگر از کاربردهای مهم مسافت دید توقف در بین زمان تخلیه یا تغییر فاز می‌باشد. زیرا اگر در حین تغییر زمان سبز از یک تقاطع به تقاطع دیگر وسایل نقلیه ای که نسبت به خط توقف تقاطع در فاصله ای کمتر از مسافت دید توقف قرار گرفته باشند نمی توانند قبل از خط توقف کنند لذا لازم است زمان زرد یا تمام قرمز در بین دو زمان سبز در نظر گرفته شود تا تقاطع به طور ایمن از وسایل نقلیه موجود در تقاطع تخلیه شود.

ب) به عنوان مثال اگر راننده ای با زمان مشاده و عکس العمل ۰/۵ ثانیه و سرعت نزدیک وسایل نقلیه بـه تقـاطع برابر ۴۸/۳ کیلومتر در ساعت باشد و ضریب اصطکاک غلتشی ۰/۴۵ باشد مسافت توقف ایمن برابر:

$$d_s = \frac{0}{278} \times 48.3 \times .5 + \frac{48.3^2 - 0^2}{256(.45 + 0)} = 27m$$

علاوه بر مسافت توقف ایمن، باید فاصله ای برابر عرض حیابان و طول یک اتومبیـل نیـز وجـود داشـته باشـد تـا وسیله نقلیه بتواند به صورت ایمن از تقاطع عبور کند.

اگر عرض خیابان ۱۲ متر و طول یک اتومبیل ۵/۵ متر در نظر گرفته شود:

$$27+12+5.5=44.5$$

بنابراین زمان زرد و زمان تمام قرمز در نظر گرفته شده باید برابر :

$$\frac{44.5 \times 3.6}{48.3} = 3.3\ s$$

۳- مکان یابی تابلو ها:

تابلویی که پیغام آن مربوط به محل پرداخت عوارض می‌باشد را در نظر بگیرید، اگر این تـابلو از فاصـله ۹۱/۴ متری قابل رؤیت باشد و طول سف وسایل نقلیه در پشت باجه اخذ عوارض ۴۵/۷ متر باشد تابلوی مـذکور بایـد در چه فاصله ای قبل از باجه اخذ عوارض نصب شود؟

فرض کنید که سرعت وسایل نقلیه $۹۶/۶\frac{km}{h}$ و ضریب اصطکاک غلتشی برابر ۰/۳۵ و زمان مشـاهده و عکـس العمل راننده ۲/۵ ثانیه باشد. بر این اساس مسافت توقف ایمنی برابر:

$$d_s = \frac{0}{278} \times 96.6 \times 2.5 + \frac{96.6^2 - 0^2}{256(.35 + 0)} = 171.3m$$

با توجه به اینکه طول صف پشت باجه اخذ عوارض ۴۵/۷ متر است بنابراین راننده باید در فاصله حداقل $171.3 + 45.7 = 217$ از باجه تابلو را ببیند و چون این تابلو از فاصله ۹۱/۴ متری قابل رؤیت است بنابراین

217-91.4=125.6

تابلو باید در فاصله حداقل ۱۲۵/۶ مترقبل از باجه نصب شود.

٤- تحقیق در مورد تصادفات

کارشناس صحنه تصادف معمولاً با اندازه گیری خط ترمز به جا مانده از ترمز وسایل نقلیه و تخمین سرعت وسیله نقلیه هنگام برخورد با مانع، می تواند سرعت اولیه وسیله نقلیه را به طور تقریبی برآورد نماید.

به عنوان مثال یک کارشناس تصادف هنگام برخورد یک وسیله نقلیه با پل سرعت آن را ۲۴ $\frac{km}{hr}$ تخمین زده و طول خط ترمز روی سطح آسفالت ۳۰/۵ متر و ضریب اصطکاک غلتشی (f=۰/۳۵) و همچنین اثرات ترمز به طور ۶۱ متر روی شانه‌ی جاده (f= ۰/۵) به جا مانده است. اگر سیر بدون شیب باشد سرعت اولیه وسیله نقلیه برآورد نمایید.

$$61 = \frac{v^2 - 64^2}{256(.5 + 0)} \rightarrow v = 91.6\ \frac{km}{h}$$

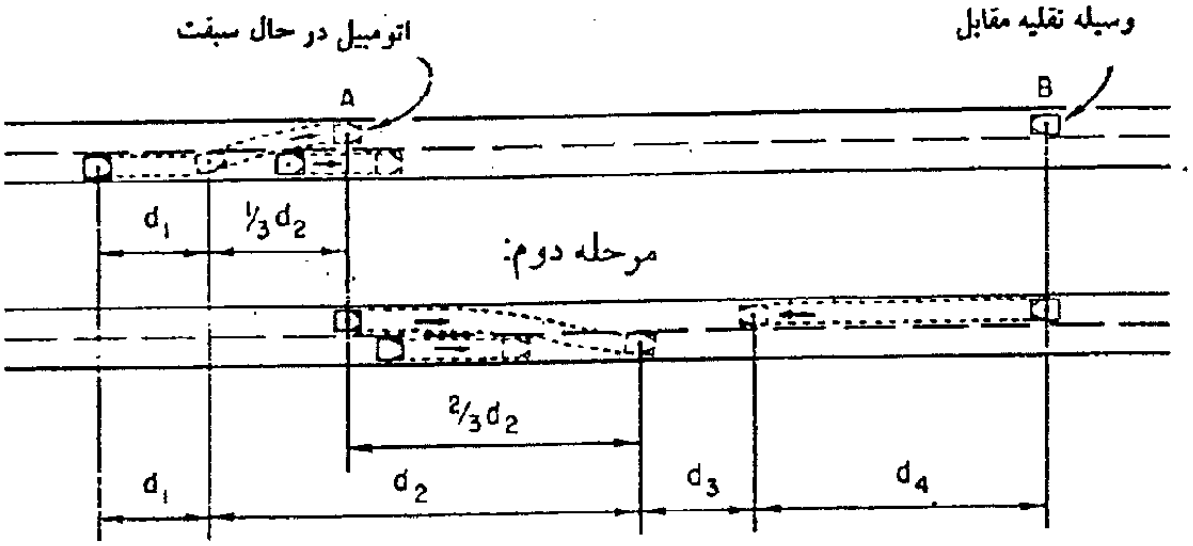
این سرعت سرعتی است که در لحظه وارد شدن وسیله به شانه جاده ایجاد گردیده است. سرعت اولیه در روی سطح روسازی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$30.5 = \frac{v^2 - 91.6^2}{256(.35 + 0)} \rightarrow v = 103.6\ \frac{km}{h}$$

۵- مسافت دید سبقت:

مسافت دید سبقت عمدتاً در جاده‌های دو خطه برون شهری کـه امکـان سـبقت گیـری در در برخـی از منـاطق وجود دارد تعریف می‌گردد.

مرحله اول:



d_1: مسافت طی شده در مدت زمان تشخیص و عکس العمل و در مدت شـتابگیری اولیـه جهـت وارد شـدن بـه خط عبور سمت چپ

d_2: مسافت طی شده در حالی که وسیله نقلیه سبقت گیرنده خط عبور سـمت چـپ را اشـغال کـرده و بـه خـط عبوری راست باز می‌گردد.

d_3: مسافت بین وسیله سبقت گیرنده در پایین مانور و وسیله نقلیه ای که از رو به رو می‌آید.

d_4: مسافت طی شده توسط وسیله نقلیه ای که از رو به رو می آید برای $\frac{2}{3}$ زمانی که وسیله سبقت گیرنده خط عبور سمت چپ را اشغال می‌کند. $\left(\frac{2}{3}d_2\right)$

که مقادیر آنها به شرح زیر است :

$$d_1 = 1.47t_1\left[v - m + \frac{at_1}{2}\right]$$

$$d_2 = 1.47vt_2 \qquad d_4 = \frac{2d_2}{3} \qquad d_3 = 300 \cdots 110\ (ft)$$

t_1 , t_2 :به ترتیب برابر زمان اولیه مانور وزمانی که وسیله در حال سبقت خط عبور سمت چپ را اشغال می‌کند. V: سرعت متوسط وسیله درحال سبقت m: تفاوت سرعت سبقت‌گیرنده با سبقت‌گرفته شده

٦- خصوصیات مهم راه ها:

- طبقه بندی عملکرد راه ها

خیابان‌ها و جاده‌ها در واقع تأمین کننده دو عملکرد کاملاً متفاوت و مجزا هستند.

١- حرکت از روی آنها و یا تحرک mobility

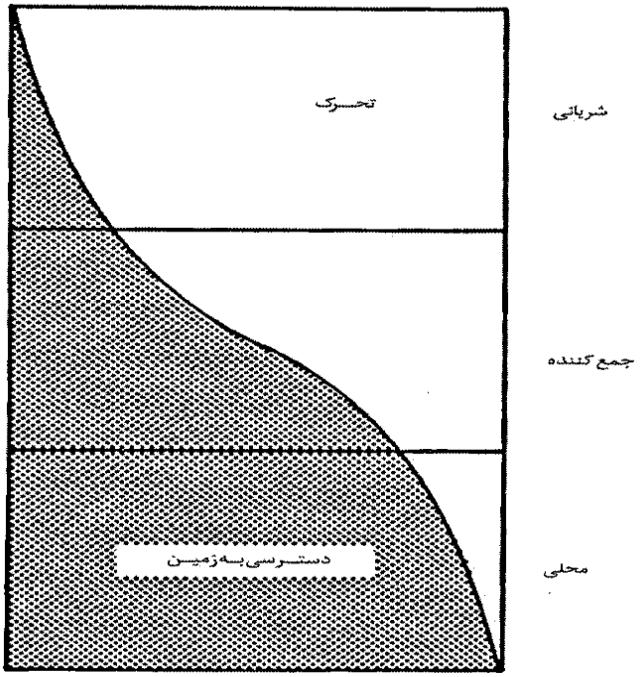
٢- دسترسی به زمین Accessibility

بر این اساس می توان راه‌ها را به سه طبقه عملکردی تقسیم بندی نمود:

- شریان‌ها: تأمین کننده خدمات اصلی برای حرکت ترافیک می‌باشند.

- جمع کننده و پخش کننده‌ها: این تسهیلات به منظور خدمات دسترسی به زمین‌ها و عبور از آنها می‌باشد که معمولاً برای سفرهای طولانی کارایی نداشته و در سفرهای کوتاه و به منظور جمع آوری و توزیع سفرها بر روی انواع دیگر تسهیلات به کار می‌روند.

- خیابان های محلی: وظیفه اصلی آن تأمین دسترسی به زمین‌های اطراف می‌باشد. و ورود و خروج از سیستم خیابان‌های محلی در مناطق (کاربردهای اطراف) می‌باشد.



طبقه‌بندی عملکردی راهها و انواع خدماتی که فراهم می‌آورند

۷- وسایل و ادوات کنترل ترافیک:

تجهیزات کنترل ترافیک در واقع ایجاد کننده ارتباط بین قوانین و مقررات ترافیکی با رانندگان می‌باشد. وسایل کنترل عبارتند از: تابلو ها، علائم افقی، نشان ها و چراغ های راهنمایی.

نوع استفاه از رنگ، شکل و کد های موضوعی در یک وسیله کنترل ترافیک باید به گونه ای باشد که به راحتی توسط راننده درک شود. به عنوان مثال رنگ و شکل تابلوی ایست خواننده را بیشتر به خواندن آن بی نیاز می کند.

فصل چهارم: خصوصیات جریان ترافیک

به طور کلی جریان های ترافیکی به دو دسته جریان های غیر منقطع uninterrupted flow و جریان های منقطع یا interrupted flow تقسیم بندی می‌شود.

جریان های غیر منقطع یا مداوم جریان هایی هستند که هیچ عامل خارجی در آن باعث توقف یا تغییر جریان ترافیک نمی‌شود. چنین جریان هایی معمولاً در بزرگراه ها و جاده هایی که دارای دسترسی محدود هستند اتفاق می افتد.

در جنین جریان هایی، الگوی جریان ترافیک تنها از خصوصیات جاده و تعاملات داخلی خودروها با یکدیگر تأثیر می پذیرد و به همین دلیل تأخیر و یا توقف در این جریان ها تنها ناشی از تأخیر تراکم یا congestion delay می‌باشد.

- جریان های منقطع یا غیر مداوم جریان هایی هستند که عوامل خارجی در آنها بر روی جریان ترافیک به طور متناوب تأثیر می گذارند. عامل اصلی وقفه در چنین جریان هایی علائم راهنمایی و رانندگی می‌باشد که به تناوب باعث توقف یا کندی جریان ترافیک می گردد. در اینگونه جریان ها الگوی جریانترافیک نه تنها به تعاملات داخلی خود را با یکدیگر و خصوصیات جاده بستگی دارد بلکه زمان بندی علائم نیز تأثیر بسزایی در آن دارد. به دلیل توقف یا کندی متناوب در چنین مسیرهایی، معمولاً خودروها به صورت دسته ای یا پلاتون حرکت می کنند. پلاتون در واقع به گروهی از خودروها گفته می‌شود که معمولاً با دسته هم جوار خود فاصله نسبی دارد. این پلاتون ها را می توان با تنظیم چراغ های سبز (ایجاد موج سبز) در تقاطع ها تحت الگویی خاص در آورد.

- پارامترهای اصلی ترافیک

پارامترهای جریان های ترافیکی را می توان به طور کلی به دو دسته کل نگر (mocrosopic) و جزء نگر (microscopic) تقسیم بندی نمود. پارامترهای کل نگر پارامترهایی هستند که کل جریان ترافیک را مد نظر قرار می دهند و پارامترهای جزء نگر، پارامترهایی که تنها رفتار هر وسیله نقلیه به طور متمرکز و بدون توجه به سایر وسایل نقلیه موجود در جریان ترافیکی مد نظر قرار می دهد.

- پارامترهای ترافیکی کل نگر به ۳ مورد زیر تقسیم بندی می‌شوند:

الف) حجم یا میزان جریان

ب) سرعت

ج) تراکم یا چگالی

الف) حجم ترافیک

حجم ترافیک تعداد وسایل نقلیه ای است که در واحد زمانی مشخصی از نقطه ای از مسیر عبور کرده باشند واحد زمانی آن معمولاً بر حسب ساعت و یا روز سنجیده می‌شود.

- انواع احجام روزانه

معمولاً یک روز را به عنوان واحد سنجش زمان در نظر می گیرند. حجم ترافیک روزانه به موارد مختلفی تقسیم بندی می‌شود که عبارت است از:

- متوسط حجم ترافیک روزانه در سال (AADT): میانگین حجم ترافیک ۲۴ ساعته‌ای است که در طول روز های یک سال اتفاق می افتد. یعنی تعداد کل خودروهایی که از آن مسیر عبور کرده اند تقسیم بر ۳۶۵ روز می‌شود.

- میانگین ترافیک روزهای کاری هفته در سال (AAWT): میانگین حجم ترافیک ۲۴ ساعته‌ای که در طول روزهای کاری هفته در طول یک سال رخ می دهد، در مواردی که ترافیک پایان هفته سبک باشد، این میانگین اهمیت زیادی خواهد داشت. با تقسیم حجم کل ترافیک روز های کاری هفته بر ۲۶۰ می توان AAWT را محاسبه نمود.

- میانگین ترافیک روزانه (ADT): میانگین حجم ترافیک ۲۴ ساعته‌ای است که در طول دوره زمانی کمتر از یک سال مثلاً یک ماه یا یک فصل یا یه هفته مورد استفاده قرار می گیرد.

- میانگین ترافیک ایام هفته (AWT): میانگین حجم ترافیک ۲۴ ساعته در زوهای کاری هفته در طول دوره زمانی کمتر از یک سال مثل یک ماه یا یک فصل می‌باشد. واحد سنجش احجام ترافیک روزانه VPD می‌باشد.

احجام ترافیکی روزانه معمولاً برای برنامه ریزی بزرگراه ها مورد استفاده قرار می گیرد ولی در طراحی و یا تحلیل های عملی این احجام کارایی چندانی ندارند.

– حجم‌های ساعتی:

با توجه به اینکه حجم در طول روز متغیر است و بالاترین حجم ترافیک در ساعات اولیه صبح و یا ساعات اولیه شب هنگام رفتن یا بازگشت از محل کاری باشد. ساعتی که دارای بالاترین حجم ترافیک در طول روز باشد را ساعت اوج می نامند. معمولاً حجم ساعت اوج در یک حجم مشخصی برآورد می‌گردد. علاوه بر ساعت اوج صبح و اوج عصر در برخی از شهرهای کوچک که ساعات کاری کوتاهتر است ساعت اوج ظهر نیز وجود خواهد داشت.

به منظور تخمین حجم ساعت اوج از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$DDHV = AADT \times K \times D$$

DDHV = (vph) طرح مسیر حجم ساعات اوج

AADT = (vpd) میانگین ترافیک روزانه در سال

K = نسبت ترافیک روزانه در ساعات اوج به‌صورت اعشار

D =نسبت ترافیک ساعات اوج در مسیر به‌صورت اعشار

دامنه کلی پارامترهای D, K به صورت زیر می‌باشد:

نوع تسهیلات	محدودهٔ نرمال فاکتورها	
	فاکتورK	فاکتور D
بین شهری	۰/۱۵ –۰/۲۵	۰/۶۵ –۰/۸۰
حومه شهری	۰/۱۲–۰/۱۵	۰/۵۵ –۰/۶۵
مسیرهای شعاعی شهری	۰/۰۷–۰/۱۲	۰/۵۵ –۰/۶۰
میزان چرخش شهری	۰/۰۷–۰/۱۲	۰/۵۰ –۰/۵۵

دامنهٔ کلی برای مقادیر D و K

به عنوان مثال در یک بزرگراه حومه شهری که در آن AADT ظرف ۲۰ سال به ۳۰/۰۰۰ وسیله در روز رسیده باشد. برای چنین بزرگراهی ترافیک ساعت اوج حدوداً ۲۰ درصد تخمین زده می‌شود. ترافیک اوج در جرم محاسبه ۷۰ درصد برآورد می‌شود: بنابراین

$$DDHV = 30000 \times 0/2 \times 0/7 = 4200$$

- احجام زیر یک ساعت

برخی از اوقات به منظور انجام تحلیل های دقیق تر تغییرات حجم ترافیک در طول یک ساعت نیز اهمیت ویژه ای پیدا می‌کند. به عنوان مثال انجام ترافیکی در طول بازه های زمانی ۱۵ دقیقه ای محسوب می‌گردد. که به منظور پیاده کردن آن لازم است که واحد آن مجدداً به واحد ساعتی تبدیل شود. همه در این حالت به حجم برآورد شده نرخ تردد ساعتی اطلاق می‌شود. عملاً اگر ۱۰۰۰ خودرو در یک دوره ۱۵ دقیقه ای عبور کرده باشد آنگاه:

$$F = \frac{1000}{15/60} = 4000\ \frac{veh}{hr}$$

جدول زیر را در نظر بگیرید:

بازه زمانی	حجم مورد نظر در بازه زمانی (وسیله‌نقلیه)	نرخ جریان در بازه زمانی مورد نظر (وسیله‌نقلیه در ساعت)
۱۷:۰۰ ۱۷:۱۵	۱۰۰۰	۴۰۰۰
۱۷:۱۵ ۱۷:۳۰	۱۱۰۰	۴۴۰۰
۱۷:۳۰ ۱۷:۴۵	۱۲۰۰	۴۸۰۰
۱۷:۴۵ ۱۸	۹۰۰	۳۶۰۰
۱۷ ۱۸	۴۲۰۰	–

مقادیر حجم ساعتی و نرخ جریان

ملاحظه می‌گردد که نزخ جریان در بازه ۴۵: ۱۷ -۳۰: ۱۷ که تعداد خودروی عبوری ۱۲۰۰ خودرو بوده است معادل ۴۸۰۰ vph بوده و بیشترین مقدار نزخ جریان در مسیر مورد نظر است حال آنکه کل حجم ترافیک واقعی در ساعت مورد نظر ۴۲۰۰ وسیله در ساعت بوده است. نسبت حجم ترافیک ساعتی و حداکثر نرخ جریان یا نرخ تردد ضریب به نام ضریب ساعت اوج (PHF) را در اختیار ما قرار می دهد.

$$PHF = \frac{\text{حجم ساعتی}}{\text{حداکثر نرخ جریان یا تردد}}$$

اگر بازه های زمانی زیر یک ساعت، ۱۵ دقیقه ای باشد رابطه زیر به کار می رود:

$$PHF = \frac{HV}{4 \times V_{15}} \qquad PHF = \frac{4200}{4 \times 1200} = 0/875$$

در مثال فوق بالاترین میزان PHF، ۱ می‌باشد و تنها زمانی رخ می دهد که حجم ترافیک در هر یک از بازه های ۱۵ دقیقه ای با یکدیگر برابر باشد. دامنه PHF بین ۰/۷۰ تا ۰/۹۸ متغیر می‌باشد.

ب) سرعت و زمان سفر

دومین عامل اصلی توصیف جریان سرعت می‌باشد. منظور از سرعت مسزان مسافت طی شده در واحد زمان می‌باشد. $s = \frac{d}{t}$

d :مسافت t :زمان طی مسافت s : سرعت

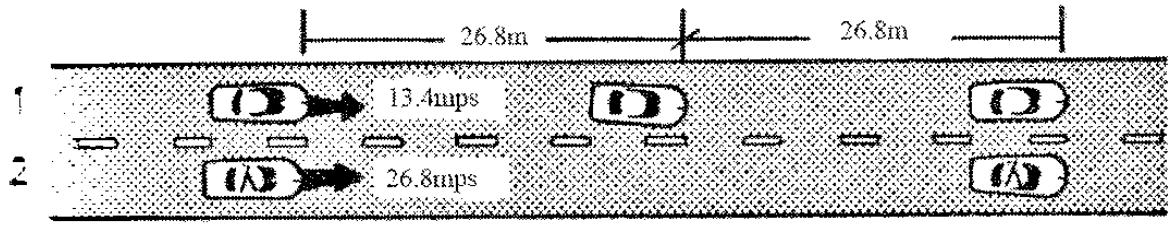
در یک جریان ترافیک سرعت ها با یکدیگر یکسان نبوده و از توزیع سرعت های متفاوت تک تک خودروها می توان یک میانگین کلی برای توصیف سرعت جریان به دست آورد.

- سرعت میانگین زمانی و میانگین مکانی:

- سرعت میانگین زمانی (TMS): میانگین سرعت کلیه خودروهایی است که از نقطه ای (time meam speed) در بزرگراه در طول دوره زمانی مشخصی عبور کرده باشد.

- سرعت میانگین مکانی (SMS): میانگین سرعت کلیه خودروهایی که بخشی از بزرگراه را (spuce meam speed) در طول دوره زمان مشخصی اشغال کرده باشند.

به طور خلاصه می توان گفت میانگین سرعت زمانی به نقطه ای از بزرگراه مربوط می‌شود حال آنکه میانگین سرعت مکانی به قطعه ای از بزرگراه مربوط می‌شود. مثال زیر را در نظر بگیرید:



متوسط سرعت زمانی و مکانی

ناظری که در نقطه A قرار گرفته است در خط ۱ با توجه به سرعت وسایل نقلیه در خط ۱ $۴۸/۳\frac{km}{h}$ و فاصله آنها از یکدیگر در هر ۲ ثانیه، یک خودرو را ملاحظه خواهد نمود.

$$\frac{26.8 \times 3.6}{48.3} \approx 2$$

ناظری که در نقطه A قرار گرفته است در خط ۲ با توجه به اینکه سرعت وسایل نقلیه در این خط $۹۶/۶\frac{km}{h}$ است و لیکن فاصله وسایل از یکدیگر ۵۳/۶ متر است همانند خط ۱، در هر ۲ ثانیه یک خودرو را ملاحظه خواهد کرد.

$$\frac{53.6 \times 3.6}{96.6} \approx 2$$

بنابراین در هر مقطع زمانی مشخص تعداد خودروی یکسانی از نقطه A از هر دو خط ۱ و ۲ عبور خواهد نمود.

$$TMS = \frac{48.3 + 96.6}{2} = 72.5 \ \frac{km}{hr}$$

ولیکن در خصوص sms با توجه به اینکه در هر مقطع از مسیر خط ۱، دو برابر خط ۲ خودرو دارد بنابراین:

$$SMS = \frac{48.3 \times 2 + 96.6}{3} = 64.4 \ \frac{km}{hr}$$

بنابراین تأثیر خودروهای کندتر میانگین سرعت مکانی بالاتر از سایر خودروهاست. متوسط سرعت مکانی و زمانی را بر اساس روابط زیر می توان محاسبه نمود:

$$SMS = \frac{d}{\sum \frac{t_i}{n}} = \frac{nd}{\sum t_i} \qquad TMS = \frac{\sum {}^{d}/_{t_i}}{n}$$

- میانگین سرعت عبور و میانگین سرعت حرکت — سرعت میانگین زمانی: Tms

- میانگین سرعت عبور و میانگین سرعت حرکت — متوسط سرعت مکانی: sms

تعداد دفعات عبور: n

زمان عبور خودروی i: t_i

دو شکل مختلف میانگین سرعت مکانی هستند. هر دو پارامتر بر اساس تقسیم مسافت بر میانگین زمان مورد نیاز بر ای عبور از قطعه ای مسیر بزرگراه به دست می آید.

- منظور از زمان عبور کل زمانی است که برای قطعه ای از مسیر بزگراه صرف می‌شود.

- منظور از زمان حرکت کل زمانی است که خودرو برای عبور از آن قطعه در حال حرکت بوده است. در واقع در زمان حرکت، تأخیر های ناشی از توقف را شامل نمی‌شود.

به عنوان مثال اگر یک قطعه ۱/۶ کیلومتری یک بزرگراه شریانی در نظر گرفته شود، به طور میانگین هر خودرو برای عبور از این قسمت سه دقیقه وقت نیاز دارد که یک دقیقه از آن صرف رد کردن چراغ قرمز یک تقاطع می‌شود. بنابراین:

$$\text{میانگین سرعت عبور} = \frac{1.6 \times 60}{3} = 32 \ \frac{km}{hr}$$

$$\text{میانگین سرعت حرکت} = \frac{1.6 \times 60}{2} = 48 \ \frac{km}{hr}$$

- سرعت عملی و سرعت های درصدی

سرعت عملی در واقع حداکثر سرعت ایمنی بدون تجاوز از سرعت طرح آن بخش از بزرگراه می‌باشد. سرعت درصدی سرعتی است که نشان دهنده دصد خودروهایی است که سرعتشان زیر عدد ارائه شده می‌باشد مثالاً ۸۵٪($v_{85\%}$) نشان دهنده سرعتی است که ۸۵ درصد از خودرهای در حال عبور در آن قسمت سرعتشان در آن حد یا کمتر است. سرعت ۸۵ درصد اغلب به عنوان ملاک جرم تعیین حداکثر سرعت مجاز، سرعت ۱۵ درصدی برای تعیین حداقل سرعت مجاز و سرعت ۵۰ درصدی برای توصیف میانگین توزیع سرعت به کار می رود.

ج) تراکم (چگالی) density

سومین پارامتر اصلی جریان ترافیکی، تراکم یا چگالی می‌باشد که مفهوم آن تعداد خودروهایی است که بخشی از یک بزگراه را اشغال کرده است. و واحد آن تعداد وسیله در کیلومتر VPKM است. یا تعداد وسیله در هر کیلومتر در هر خط (VPKMPL) تراکم یا چگالی به طور مستقیم بیانگر کیفیت جریان یا سطح سرویس می‌باشد. می توان از طریق سرعت و حجم آن را محاسبه نمود:

$$F = S \times D \qquad\qquad D = \frac{F}{S}$$

F :میزان جریان

S :میانگین سرعت مکانی

D :چگالی

به عنوان مثال اگر حجم ترافیک در یک مقطع 1000 vph باشد و سرعت آن ۶۴/۴ $\frac{hm}{hr}$ آنگاه چگالی برابر:

$$D = \frac{1000}{64.4} = 15.5$$

د) سرفاصله عبور زمانی و مکانی:

سر فاصله عبو در واقع پارامترهای جزء نگری بوده که رفتار هر وسیله نقلیه را مورد بررسی قرار می دهد. منظور از سر فاصله، فاصله زمانی پیش خودروهای متوالی است که از یک نقطه مشخص از مسیر عبور می‌کند و از یک نقطه مرجع ثابت و مثلاً از سپر جلوی وسایل نقلیه محاسبه می‌شود.

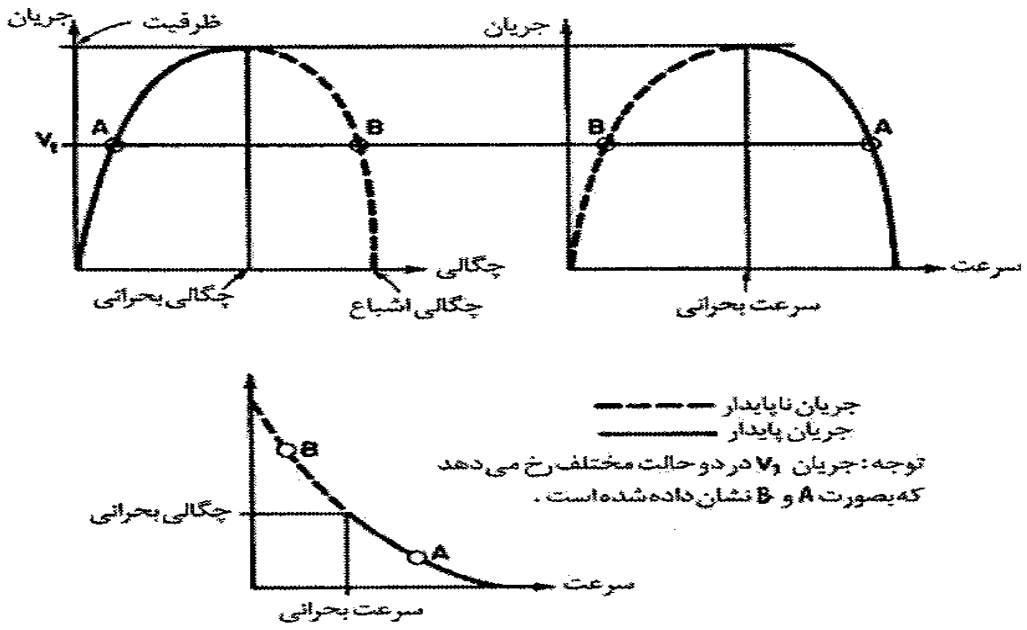
سرفاصله عبور مکانی در واقع فاصله یا بعد مسافت بین دو وسیله نقلیه متوالی در یک خط عبور و از یک نقطه مرجع می‌باشد با توجه به تعاریف فوق می توان ارتباط سر فاصله عبور زمانی را با حجم جریان و سر فاصله عبور مکانی را با چگالی یا تراکم مشخص نمود.

$$D = \frac{100}{d_a}$$

$$S=\frac{f}{d} = \frac{3.6\times d_a}{h_a} = \frac{d_{a(km)}}{h_{a(hr)}}$$

$$F = \frac{3600}{h_a}$$

- مشخصات جریان های غیر منقطع یا مداوم ارتباط بین حجم تردد با چگالی و سرعت



ارتباط بین جریان، سرعت و چگالی

برای حجم کمتر از ظرفیت مثل حجم V_1 دو حالت در شرایط پایدار (A) و ناپایدار (B) رخ می دهد، سرعت بحرانی و چگالی بحرانی در حالتی است که ماکزیمم – حجم یا ظرفیت رخ می دهد. در حالتی که هیچ وسیله ای از مقطع عبور نکند و یا مقطع کاملاً اشباع ازوسایل نقلیه باشد حجم جریان یا تعداد وسیله عبوری از یک نقطه مشخص صفر است.

منحنی جریان / سرعت کاملاً عکس منحنی جریان / چگالی است زیرا در حالتی که سرعت آزاد باد حالتی است که هیچ وسیله ای در وقطع قرار ندارد و مقطع خالی از وسایل نقلیه است و در حالتی که سرعت صفر است حالتی است که مقطع کاملاً اشباع بوده و وسایل نقلیه متوقف شده اند.

ارتباط بین چگالی و سرعت ترولی است و دو حالت در منحنی چگالی / سرعت رخ می دهد:

شرایط پایدار: چگالی پایین و سرعت بالا

شرایط ناپایدار: چگالی بالا و سرعت پایین

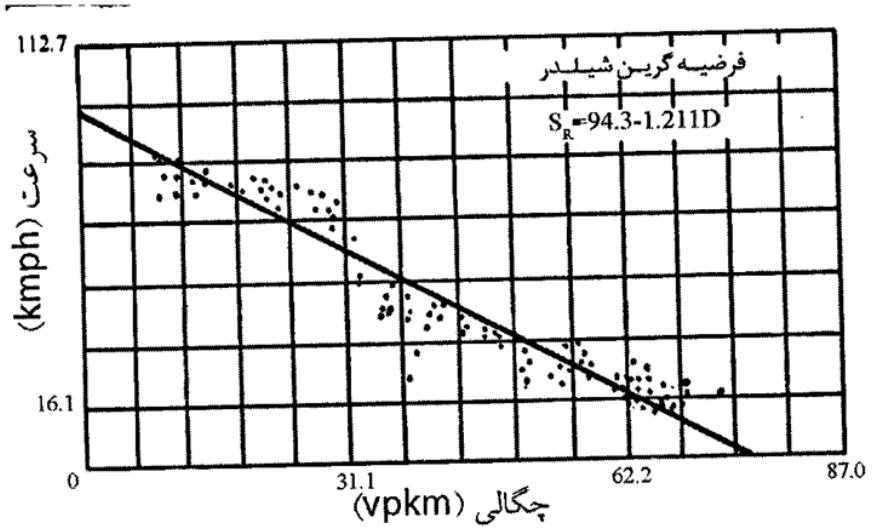
- در خصوص ارتباط بین چگالی و سرعت ۴ دانشمند مختلف کار کردند.

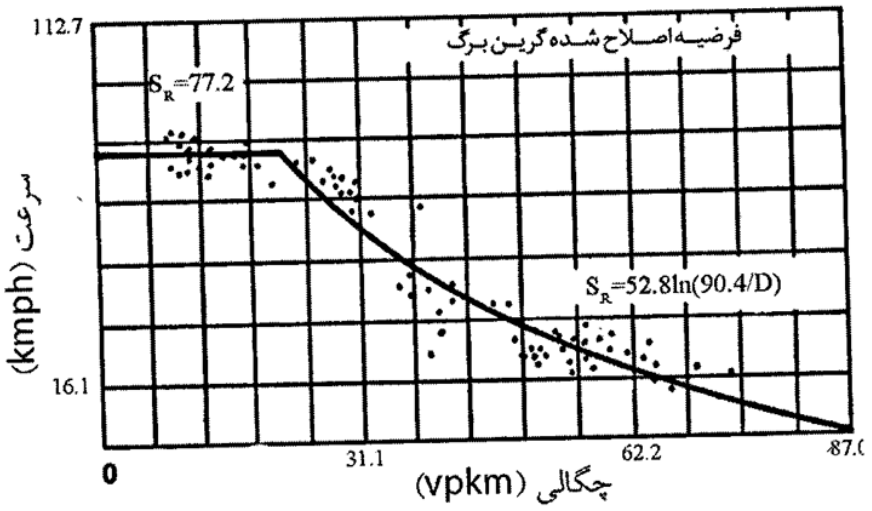
- آقای گرین شیلد ارتباط خطی را پیشنهاد نمود

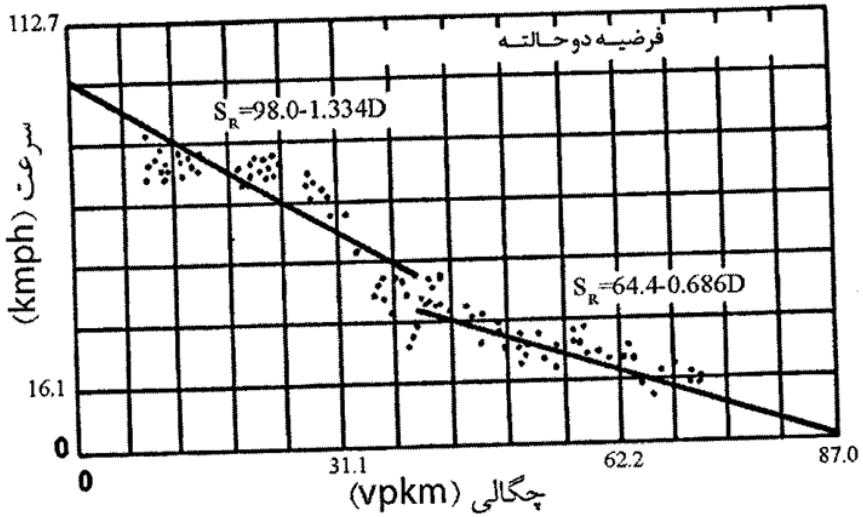
- آقای گرین برگ فرضیه اصلاح شده را پیشنهاد نمود

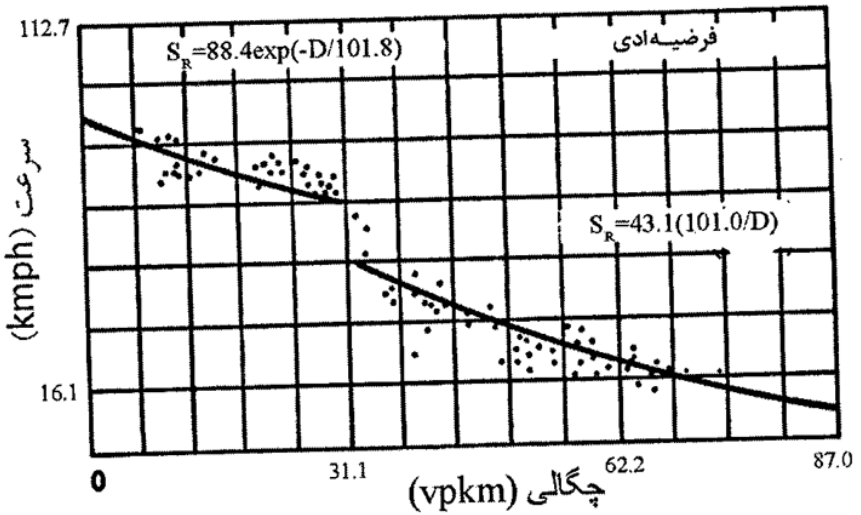
- اقای ادی یک رابطه نمایی و یک خطی را پیشنهاد نموده است

- فرضیه دو حالتی که در آن دو رابطه خطی پیشنهاد شده است









چهار مدل ریاضی جهت توصیف ارتباط سرعت- چگالی

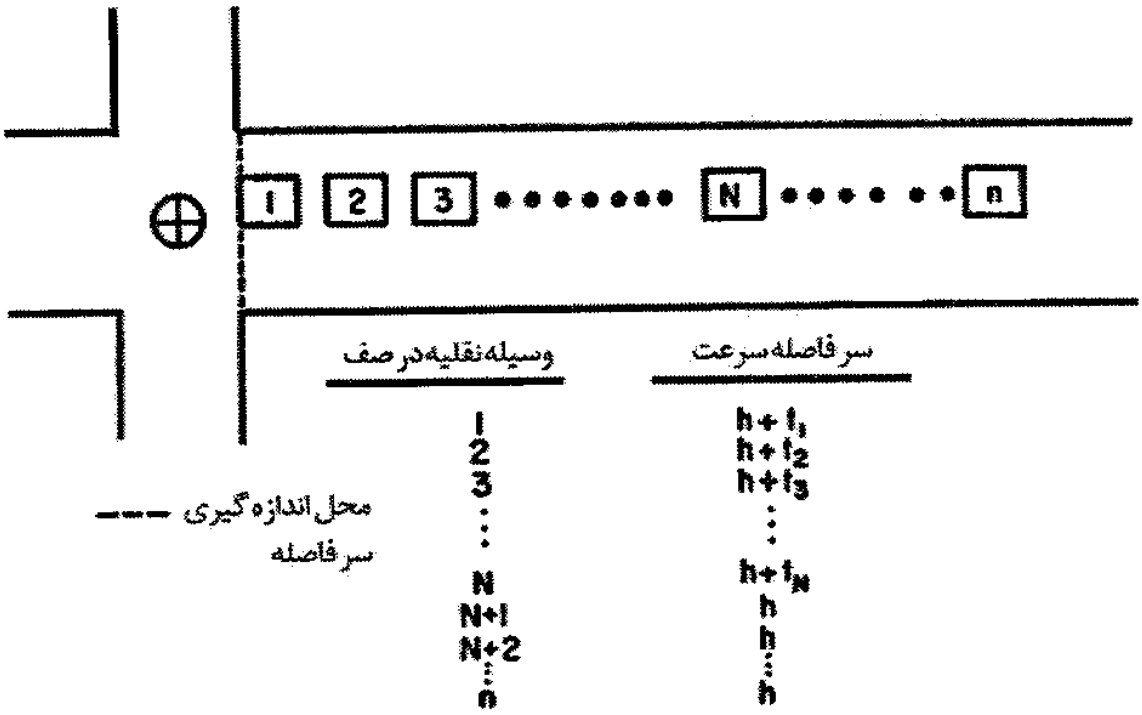
ویژگی های جریان های منقطع یا غیر مداوم

الف) وقفه در یک جریان ناشی از علائم یا چراغ راهنمایی

مهمترین نقطه در چنین جریان هایی، تقاطع هایی هستند که دارای چراغ راهنمایی بوده کـه باعـث مـی‌شـوند در این نقاط جریان ترافیک به تناوب متوقف و سپس عبور داده شود.

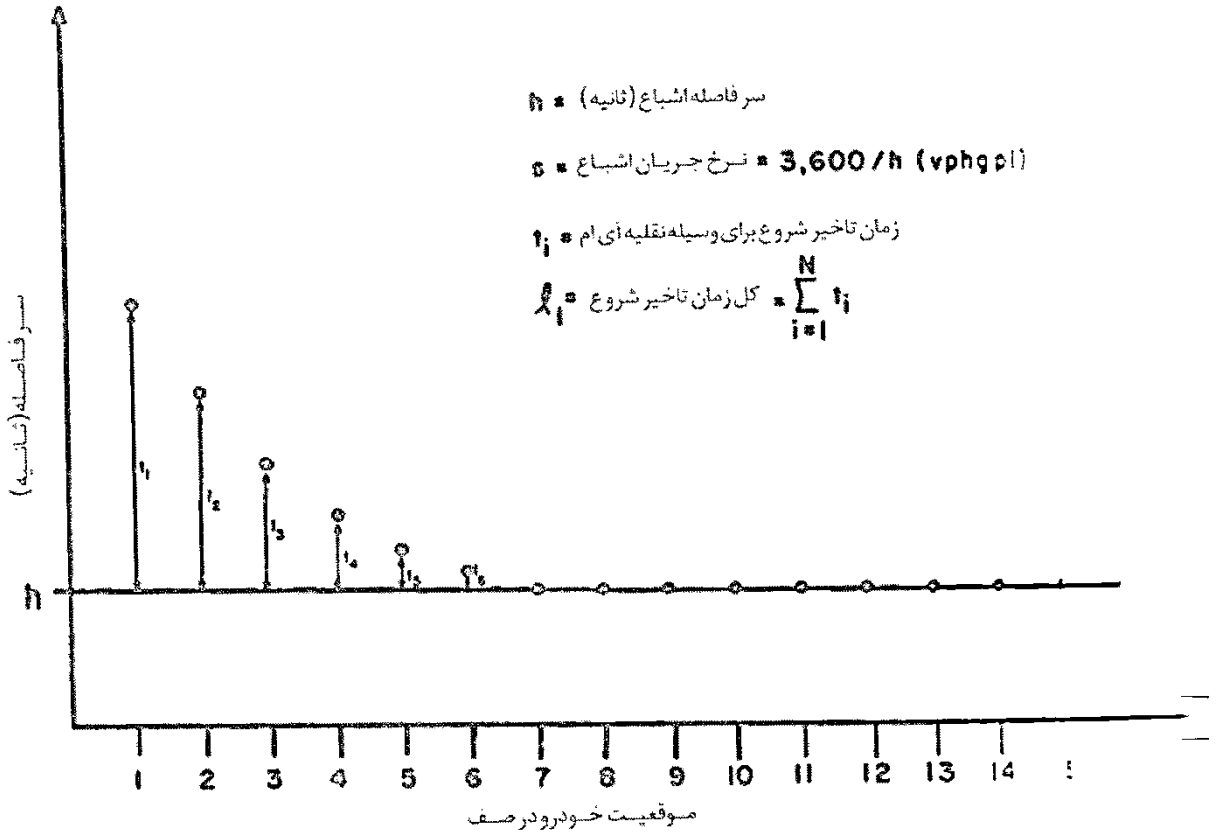
هنگام سبز شدن چراغ اگر از خط دید نشان داده شده در شکل حرکت وسایل نقلیه ثبت شود الگوی جالبی بـه دست خواهد آمد. اولین حرکت از زمان شروع چراغ سبز تا زمانی کـه سـپر اولـین خـودرو از خـط دیـد عبـور می‌کند محاسبه می‌شود. به علت اینکه با فشار دادن گاز عکس العملی نشان دهد، اولـین حرکـت نسـبتاً طـولانی خواهد بود.

حرکت دوم فاصله زمانی بین عبور سپر خودروی اول و دوم از خط دید می‌باشد که نسبتاً کوتاه تر اسـت. زیـرا راننده اول و دوم به طور هم زمان نسبت به عوض شدن چراغ عکس العمل نشان می دهند.



شرایط وسایل‌نقلیه در محل قطع ترافیک

در انتها معمولاً بین حرکت چهارم و ششم خودروهایی که وارد تقاطع می‌شوند، زمان کافی برای بالا بردن سرعت خود داشته اند و لذا در این حالت سر فاصله های عبور زمانی تقریباً برابر خواهد بود. همین مسأله در نمودار زیر به خوبی نمایش داده شده است.



الگوی سرفاصله در جریان منقطع

ب) تغییر متغیرهای اصلی در جریان منقطع

هرگاه کلیه خودروها در یک تقاطع به حرکت در آیمد پس از خودروی چهارم تا ششم به سر فاصله پایدار و ثابت می رسند که به آن سر فاصله اشباع گفته می‌شود. اگر فرض شود میزان ر فاصله اشباعh باشد آنگاه نرخ جریان اشباع برابر: $S = \frac{3600}{h}$ h:سرفاصله اشباع S :میزان جریان جذب شونده

- تردد اشباع در واقع تعداد کل خودروهایی است که قادر می باشند در یک خط وارد تقاطع شوند، تحت شرایطی که در طول مدت زمان یک ساعت (۳۶۰۰ ثانیه) چراغ سبز باشد.

– همانطور که در نمودار نیز اشاره گردید، وسایل نقلیه اول تا ششم با تأخیر بیشتر نسبت به سر فاصله اشباع شروع به حرکت می‌کنند که مقدار آن با t_i نشان داده می‌شود و مجموع زمان های تأخیر اشاره ده کل زمان تلف شده در شروع حرکت خواهد بود.

$$l_1 = \sum_{i=1}^{n} t_i$$

علاوه بر زمان تأخیر هنگام شروع حرکت، میزان زمان تلف شده هنگامی که جریان ترافیکی متوقف می‌شود نیز باید محاسبه شود. زمان تلف شده هنگام توقف در واقع فاصله زمانی بین ورود آخرین خودرو به تقاطع از یک ورودی و شروع چراغ سبز برای حرکت های مخالف اطلاق می‌شود. همانطور که قبلاً نیز اشاره گردید، نرخ جریان اشباع یا فرض آن است که در کل مدت یک ساعت چراغ سبز باشد حال آنکه در واقعیت بخشی از تأخیر مربوط به زمان چراغ قرمز و بخش دیگر مربوط به زمان های تلف شده هنگام شروع حرکت و در هنگام توقف می‌باشد. به مثال زیر توجه نمایید.

در یک چراغ راهنمایی داریم:

$$h = 2s$$
$$\ell_1 = 1/5s$$
$$\ell_2 = 1/5s$$

در این چراغ راهنمایی در طول یک دقیقه، ۲۷ ثانیه چراغ سبز، ۳ ثانیه چراغ زرد و ۳۰ ثانیه چراغ قرمز است. با توجه به اینکه در زمان زرد شدن نیز اجازه عبور از تقاطع وجود دارد بنابراین ۳۰ ثانیه زمان برای حرکت در دسرس است. پس:

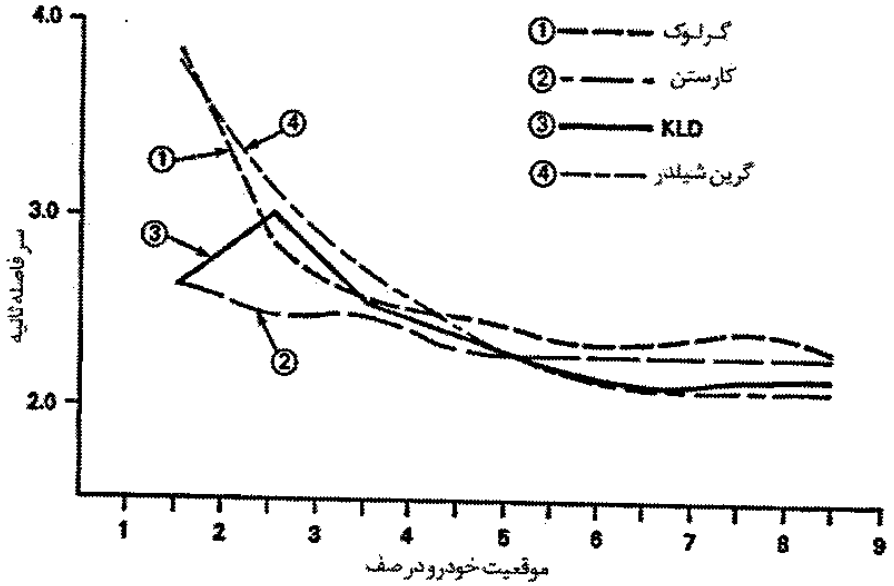
$$360 \times \frac{30}{60} = 1800\ S \rightarrow \text{در طول یک ساعت}$$

با توجه به زمان های تلف شده هنگام شروع حرکت ۱/۵ ثانیه و هنگام توقف نیز ۱/۵ ثانیه زمان تأخیر وجود دارد اگر سیکل چراغ یک دقیقه ای فرض شود پس در هر دقیقه ۳ ثانیه زمان تلف شده وجود دارد پس در یک ساعت ۱۸۰ s =۳×۶۰ زمان تلف شده ایجاد خواهد گردید.

بنابراین زمان در دسترس در طول یک ساعت ۱۶۲۰ S =۱۸۰-۱۸۰۰ خواهد بود و با توجه به اینکه سر فاصله اشباع بین خودروهای متوالی ۲ ثانیه ای در طول یک ساعت $\frac{1620}{2} = 810$ اجازه عبور از تقاطع را خواهند داشت.

ج) پارامترهای جریان اشباع و زمان های تلف شده

نتایج مربوط به یک مطالعات در طول دوره ۳۰ ساله از گرین شیلد در سال ۱۹۴۲ تا KLD در سال ۱۹۷۵ نشان می دهد که با وجود تغییرات در طرح راه ها وسایل نقلیه و عملکرد راننده مقادیر به دست آمده چندان تفاوتی نداشته است.



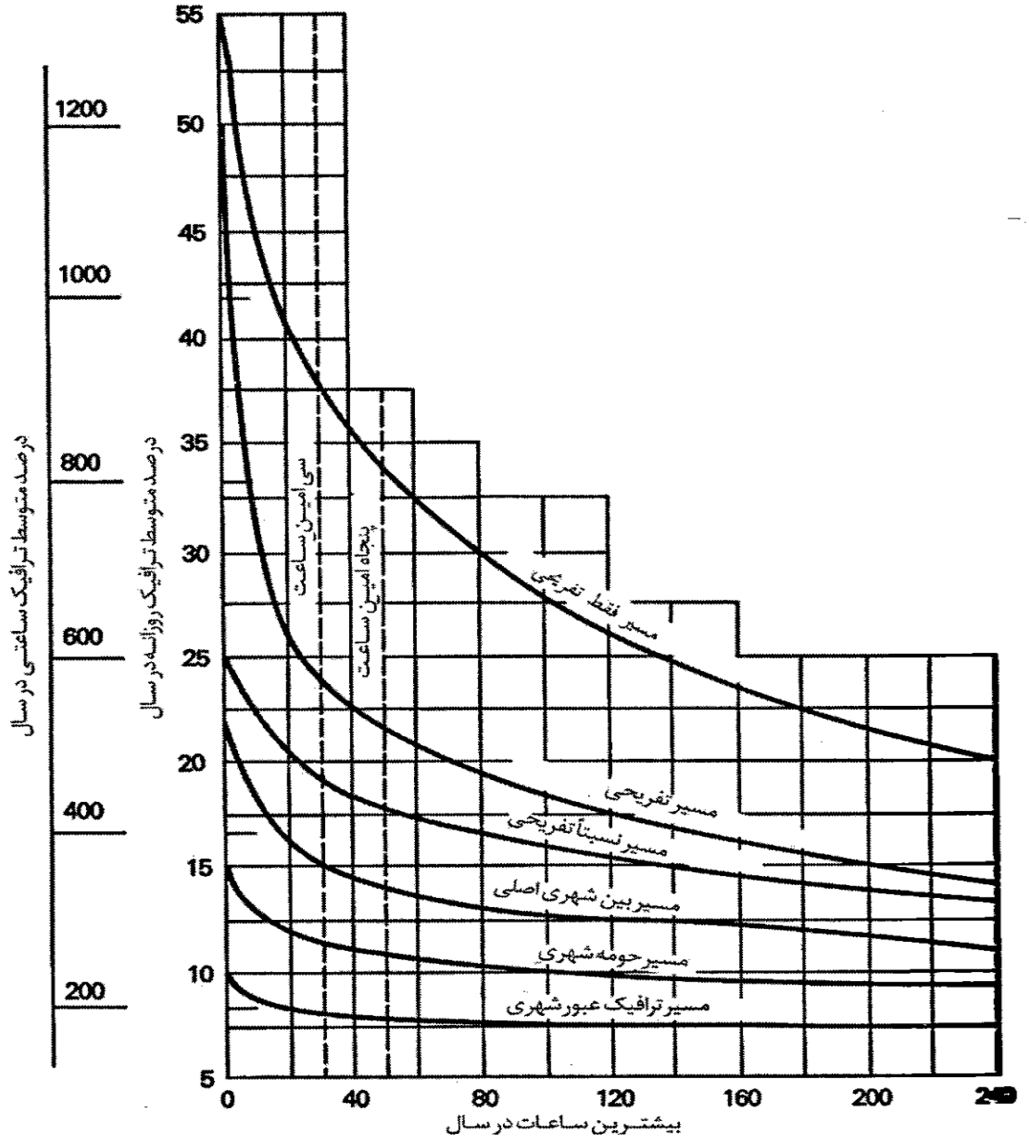
مقایسه تحقیقات مختلف برروی الگوی سرفاصله در هنگام تخلیه صف

نتایج نشان می دهد که سر فاصله اشباع از ۲/۱ تا ۲/۴ در ثانیه متغیر است که نرخ جریان اشباع ۱۵۰۰ تا ۱۷۱۴ وسیله در ساعت هماهنگی دارد. در این مطالعات پس از خودرهای پنجم یا ششم به صورت اشباع در می آید.

- تعیین حجم ساعت اوج بر اساس حجم AADT

در نمودار زیر حجم ساعات اوج روزانه به صورت درصدی از AADT برای انواع بزرگراه نشان داده شده است. احجام ساعتی اوج به صورت نزولی رده بندی شده اند که با بیشترین حجم ساعت اوج در سال شروع

شده است. مسیرهای تفریحی شدیدترین نزول را نشان می‌دهد زیرا تنها چند روز در سال ترافیک در این مسیرها به اوج خود می‌رسد. در صورتی که هر چه به سمت مسیرهای داخل شهری می رویم تفاوت بین بالاترین ساعت اوج و دیگر ساعات اوج کمتر می‌شود.



خصوصیات حجم ترافیک ساعت اوج در راههای واقعی

معمولاً به منظور طراحی سی امین ساعت اوج یا سی امین بیشترین ساعت در سال ملاک قرار داده می‌شود که با توجه به نمودار در محل زانوی نمودار برای مسیرهای مختلف این اتفاق رخ می‌دهد یعنی محلی که از شیب

منحنی کاسته می‌شود. علت این امر که سی امین ساعت در نظر گرفته می‌شود آن است که بالا بردن ظرفیت جهت پوشش تقاضا در ناحیه ای که شیب آن تند است از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نمی‌باشد.

همچنین با توجه به نمودار ملاحظه می گردد که در مسیرهای شهری تفاوت بین بالاترین ساعات اوج و پایین ترین خیلی بالا نمی‌باشد و اختلاف بین سی امین و صد امین ساعت اوج برای یک مسیر تفریحی ۳۷/۵٪ و ۲۷٪ از AADT می‌باشد و معادل همیت ساعات اوج در سیرهای شهری ۸٪ و ۷٪ AADT می‌باشد.

فصل پنجم: مطالعات حجم ترافیک

در شرایط زیر احجام ترافیکی دچار تغییرات می گردد:

۱- گلوگاه ها (Butter neck): گلوگاه ها قسمتهایی از بزرگراه ها هستند که در آنجا حجم وسیله نقلیه وارد شده بالاتر از ظرفیت قطعه می‌باشد. یعنی تقاضا بیش از ظرفیت باشد در پشت چنین گلوگاه هایی صف تشکیل می‌شود. و لذا حجم مشاهده شده در محل های پایین دست گلوگاه منعکس کننده تقاضا نمی‌باشد زیرا بخشی از ترافیک ورودی در پشت گلوگاه نگه داشته شده است.

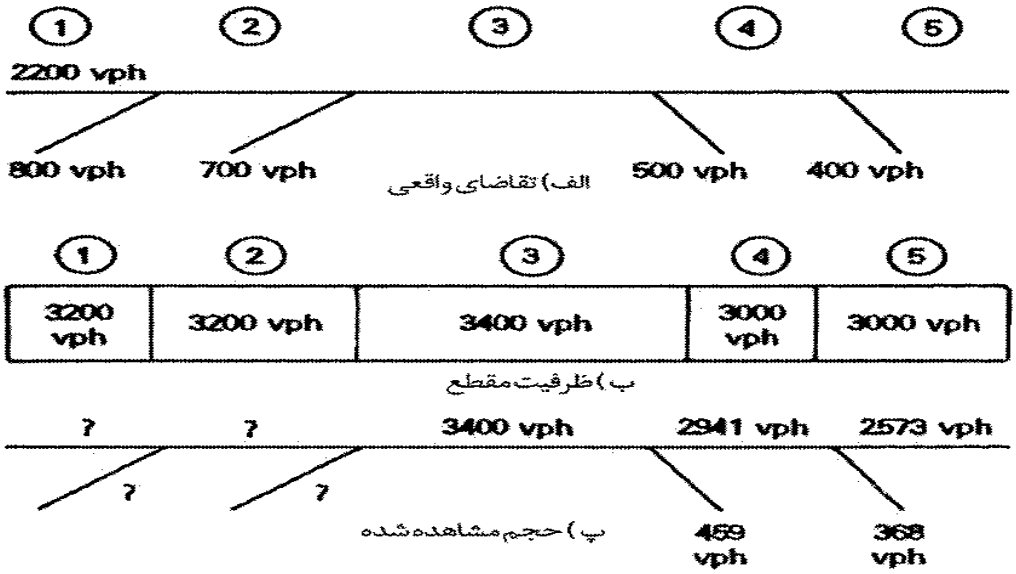
۲- انواع مسیرها: برای هر زوج مبدأ – مقصدی مسیرهای مختلف برای انجام یک سفر وجود دارد و زمانی که تراکم رخ می‌دهد راننده ها سایر مسیرها را انتخاب می کنند. بنابراین حجم شمارش شده در مسیر متراکم ممکن است تقاضای واقعی آن را نشان ندهد.

۳- تقاضای پنهان: در مناطقی که تراکم زیاد است برخی از رانندگان تصمیم می گیرند در منزل بمانند و یا روش دیگری از مسافرت را انتخاب نمایند.

۴- رشد اینده ترافیک: تقاضای ترافیک در طول زمان و یا توجه به تغییرات در رفتار راننده، توسعه و بهره برداری از زمین و ... تغییر می کند و هیچگاه حجم ترافیک در شرایط فعلی این تغییر را لحاظ نمی کند.

- با توجه به ۴ مورد اشاره شده در بسیاری از شرایط حجم ترافیک شمارش شده بیانگر تقاضای واقعی نمی‌باشد و اختلاف بین حجم و تقاضا قابل اهمیت است.

- به مثال زیر توجه کنید: در شرایطی که محدودیت ظرفیت وجود نداشته باشد شرایط شبکه بزرگراهی به صورت زیر است:



تاثیر گلوگاه بر حجم مشاهده شده

در پیوند شماره ۱ و ۲، حجم ترافیک زیر ظرفیت بوده و لذا میزان حجم ترافیک و تقاضای واقعی برابر است، در پیوند ۳، تقاضا به ۳۷۰۰ افزایش می یابد در حالی که ظرفیت ۳۴۰۰ می‌باشد بنابراین میزان حجم ترافیک قابل تخلیه در این مقطع تنها ۳۴۰ می‌باشد و معادل ۳۰۰ = ۳۴۰۰ -۳۷۰۰ وسیله در پشت پیوند سوم می مانند (صف تشکیل می‌شود)

در خروجیاول ۵۰۰ وسیله در شرایطی که میزان تقاضا ۳۷۰۰ وسیله در ساعت بوده رخ داده و در شرایط محدودیت ظرفیت این مقدار $459 = \frac{3400}{3700} \times 500$ بنابراین حجم مشاهده شده در پیوند چهارم، ۲۹۴۷=۴۵۹- ۳۰۰۰ وسیله می‌باشد که با توجه به اینکه ظرفیت این قطعه ۳۰۰۰ می‌باشد بنابراین همان میزان عبور می‌کند. در خصوص ذوبی دوم نیز همانند خروجی قبلی در شرایط تقاضای واقعی ۳۲۰۰ در ساعت ۴۰۰ وسیله خارج می‌شود و هم اکنون با وجود حجم $2941 \leftarrow 368 = \frac{2941}{3200} \times 400$و لذا در قطعه آخر $2941 - 348 = 2573$ وسیله عبور خواهد کرد.

ملاحظه می‌گردد وجود یک گلوگاه در پشت قطعه سوم چه میزان تأثیر بـر روی پیونـدهای پـایین دسـت و بـالا دست خواهد گذاشت. حال اگر ظرفیت قطعـه سـوم اصـلاح شـود و بـه vph ۴۰۰۰ افـزایش داده شـود حجـم ترافیک در این قطعه همان vph ۳۷۰۰ خواهد بود و ۵۰۰ وسیله نیز از خروجی اول خارج خواهن شـد و لـیکن تقاضای واقعی در قطعه چهارم ۳۲۰۰ وسیله در ساعت خواهد بود که با توجـه بـه ظرفیـت ۳۰۰۰ وسـیله در ایـن قطعه دومین گلوگاه که در حالت قبل معلوم نبود و ایـن حـالات نمایـان مـی‌گـردد. اصـطلاحاً بـه ایـن گلوگـاه، گلوگاه پنهان گفته می‌شود.

روش های مختلف شمارش حجم:

۱- روش شمارش دستی: با استفاده از زمان های آمارگیری مخصوص شمارش انجام می‌شود.

الف) روش توف کوتاه: در این روش یک تا سه دقیقه توقف در پایـان هـر دوره زمـانی (مـثلاً دوره زمـانی ۱۵ دقیقه ای) شمارش انجام می‌شود و سپس حجم از طریق درونیابی با اسـتفاده از رابطـه زیـر بـرای دوره شـمارش کامل تخمین زده می‌شود.

$$CF = CP/(CP - SB)$$

$$V_a = CF \times V$$

CF = ضریب افزایش شمارش

CP = دوره شمارش (دقیقه)

SB = توقف کوتاه (دقیقه)

V_a = شمارش تعدیل شده (veh)

V = شمارش واقعی (veh)

به عنوان مثال اگر شمارش در دوره های ۵ دقیقه ای انجام شود در هر دوره یک دقیقه توقف وجود داشته باشـد ضریب تعدیل $\frac{5}{(5-1)} = \frac{5}{4} = 1.25$ باید در حجم شمارش ۴ دقیقه ای ضرب شود.

دوره شمارش	شمارش ۴ دقیقه‌ای	فاکتور تصحیح	شمارش ۵ دقیقه‌ای تصحیح شده(a)
۵ –۵:۰۵ P.M.	۴۲ veh	× ۵ : ۴	۵۳ veh
۵:۰۵ –۵:۱۰	۵۱	× ۵ : ۴	۶۴
۵:۱۰ –۵:۱۵	۵۵	× ۵ : ۴	۶۹
۵:۱۵ –۵:۲۰	۵۰	× ۵ : ۴	۶۳
۵:۲۰ –۵:۲۵	۵۲	× ۵ : ۴	۶۵
۵:۲۵ –۵:۳۰	۴۶	× ۵ : ۴	۵۸

a : اعداد گرد شده اند

فرآیند شمارش کوتاه

ب) روش شمارش تناوبی

در این روش شمارش کاملی در هر دوره انجام می گیرد و سپس دوره بعدی شمارش انجام می‌شود و سپس در دوره بعد مجدداً شمارش انجام می‌شود. به عنوان مثال در شمارش ۱۵ دقیقه ای

دوره شمارش	شمارش جایگزین	شمارش اینترپوله (a)
۲ –۲:۱۵ P.M.	۷۵ veh	۵۳ veh
۲:۱۵ –۲:۳۰	–	۸۰
۲:۳۰ –۲:۴۵	۸۵	۸۵
۲:۴۵ –۳	–	۸۶
۳ –۳:۱۵	۸۷	۸۷
۳:۱۵ –۳:۳۰	–	۸۹
۳:۳۰ –۳:۴۵	۹۱	۹۰

a : اعداد گرد شده اند

فرآیند شمارش تناوبی

اغلب ترکیب دو روش گفته شده سفید است یعنی در هر دوره توقف کوتاه وجود داشته باشد و به صورت تناوبی شمارش شود.

دوره شمارش	شمارش ۴ دقیقه‌ای			شمارش تصحیح شده a	
	Mvt.A	Mvt.B	CF	Mvt.A	Mvt.B
P.M. ۵ –۵:۰۵	۱۰۰	–	۵/۴	۱۲۵	b
۵:۰۵ –۵:۱۰	–	۹۰	۵/۴	۱۲۸	۱۱۳
۵:۱۰ –۵:۱۵	۱۰۴	–	۵/۴	۱۳۰	۱۱۷
۵:۱۵ –۵:۲۰	–	۹۶	۵/۴	۱۳۲	۱۲۰
۵:۲۰ –۵:۲۵	۱۰۶	–	۵/۴	۱۳۳	۱۲۲
۵:۲۵ –۵:۳۰	–	۹۶	۵/۴	۱۳۱	۱۲۴
۵:۳۰ –۵:۳۵	۱۰۲	–	۵/۴	۱۲۸	۱۲۸
۵:۳۵ –۵:۴۰	–	۱۰۵	۵/۴	۱۲۷	۱۳۱
۵:۴۰ –۵:۴۵	۱۰۰	–	۵/۴	۱۲۵	۱۲۷
۵:۴۵ –۵:۵۰	–	۹۸	۵/۴	b	۱۲۳

a : اعداد گرد شده اند.
b : برون یابی لازم است.

فرآیند ترکیبی

- کاربرگ ها

الف) کاربرگ در خصوص یک معبر

دوره شمارش	نوع وسیله نقلیه			
	تاکسی مسافرکش	سواری و وانت	وسایل سنگین	موتور و دوچرخه
۵:۱۵-۵				
۵:۳۰-۵:۱۵				
۵:۴۵-۵:۳۰				

ب) کاربرگ در خصوص تقاطع

دوره شمارش	جهت حرکتی	نوع وسیله نقلیه			
		تاکسی مسافرکش	سواری و وانت	وسایل سنگین	موتور و دوچرخه
۴:۱۵-۴					
۴:۳۰-۴:۱۵					
۴:۴۵-۴:۳۰					
۵-۴:۴۵					

در یک تقاطع دوره شمارش و دوره استراحت یا توقف باید مضربی از طول چرخه چراغ راهنمایی باشد. به عنوان مثال برای چرخه ۶۰ ثانیه ای می توان زمان شمارش را ۴ دقیقه از ۵ دقیقه در نظر گرفت ولی برای ۹۰ ثانیه نمی توان از روش استفاده کرد.

-در تقاطع به منظور کنترل احجام ورودی و خروجی به این صورت عمل می‌شود که هنگام سبز احجام خارج شده از تقاطع محسوب می‌گردد. احجام وارد شده به تقاطع ممکن است به دلیل ظرفیت عبور دهی تقاطع به طور کامل تخلیه نشود در پشت تقاطع و هنگام قرمز شدن چراغ صف تشکیل می‌شود و بنابراین حجم وارد شده به تقاطع برابر با مجموع حجمی است که از تقاطع تخلیه شده و صفی که در پشت تقاطع تشکیل شده است.

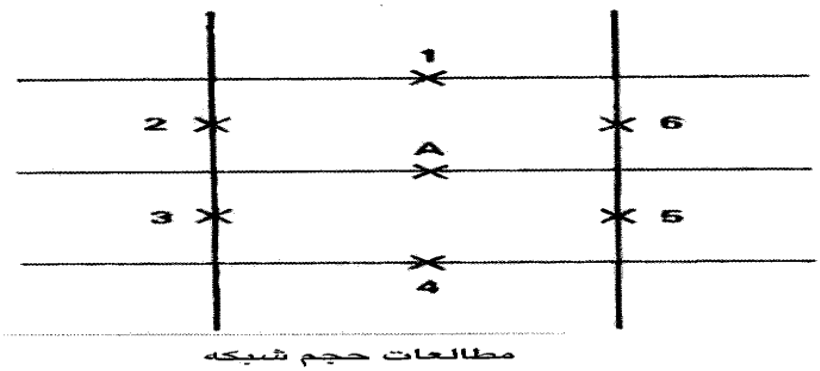
دوره شمارش	شمارش مجموع حرکتها	طول صف	حجم خروجی
M.P ۴:۱۵-۴	۵۰	۰	۵۰
۴:۳۰ – ۴:۱۵	۵۵	۰	۵۵
۴:۴۵ – ۴:۳۰	۶۲	۵	۶۲+۵ = ۶۷
۵ – ۴:۴۵	۶۵	۱۰	۶۵+۱۰-۵ = ۷۰
۵:۳۰ – ۵:۱۵	۶۰	۱۲	۶۰+۱۲-۱۰= ۶۲
۵:۴۵ – ۵:۳۰	۶۰	۵	۶۰+۵-۱۲= ۵۳
۶ – ۵:۴۵	۶۲	۰	۶۲-۵= ۵۷
	۵۵	۰	۵۵
	۴۶۹		۴۶۹

تخمین حجم خروجی از مجموع حجم‌ها

- انواع مطالعات حجم:

الف) مطالعات یک روزه: به منظور کاهش حجم آمارگیری در این مطالعات یک ایستگاه کنترلی تعریف می‌شود و پس ازآن در ایستگاه در کل ۸ ساعت آمارگیری انجام می‌شود و مجموع حجم ۸ ساعته و نسبت یا درصد حجم هر ساعت نسبت به مجموع حجم ۸ ساعت و همین طور نسبت یا درصد حجم ساعت اوج نسبت به مجموع حجم ۸ ساعت برآورد می‌گردد.

A: ایستگاه کنترلی



مطالعات حجم شبکه

زمان	شمارش	نسبت مجموع ۸ ساعت
۱۲–۱ P.M.	۸۲۵ vph	۸۲۵ : ۷۰۷۵=۰/۱۱۷
۱–۲	۸۱۱	۸۱۱ : ۷۰۷۵=۰/۱۱۵
۲–۳	۹۱۲	۹۷۵ : ۷۰۷۵=۰/۱۲۹
۳–۴	۹۷۵	۹۷۵ : ۷۰۷۵=۰/۱۳۸
۴–۵	۱۰۴۶	۱۰۴۶ : ۷۰۷۵=۰/۱۴۸
۵–۶	۱۱۵۳	۱۱۵۳ : ۷۰۷۵=۰/۱۶۳
۶–۷	۹۳۸	۹۳۸ : ۷۰۷۵=۰/۱۳۳
۷–۸	۳۹۷	۳۹۷ : ۷۰۷۵=۰/۰۵۶

محاسبه نسبتهای حجم ساعتی از اطلاعات شمارش حجم

پس از انجام آمارگیری در ایستگاه کنترلی: در ایستگاه های تحت پوشش ایستگاه کنترلی هر کدام در یک ساعت آمارگیری انجام می‌شود و بر اساس نسبت محاسبه ده در ایستگاه کنترلی مجموع حجم ۸ ساعت و حجم ساعت اوج برای هر ایستگاه محاسبه می‌شود.

موقعیت	زمان	شمارش	حجم ۸ ساعت	حجم ساعت اوج
۱	۱۲–۱ P.M.	۸۴۰	۸۴۰/(۰/۱۱۷)=۷۱۷۹	×۰/۱۶۳=۱۱۷۰
۲	۱–۲	۶۲۵	۶۲۵/(۰/۱۱۵)=۵۴۳۵	×۰/۱۶۳=۸۸۶
۳	۲–۳	۶۰۰	۶۰۰/(۰/۱۲۹)=۴۶۵۱	×۰/۱۶۳=۷۵۸
۴	۴–۵	۳۹۰	۳۹۰/(۰/۱۴۹)=۲۶۱۷	×۰/۱۶۳=۴۳۱
۵	۵–۶	۱۲۱۵	۱۲۱۵/(۰/۱۶۳)=۷۴۵۴	×۰/۱۶۳=۱۲۱۵
۶	۶–۷	۱۴۴۰	۱۴۴۰/(۰/۱۳۳)=۱۰/۸۲۷	×۰/۱۶۳=۱۷۶۵

توسعه شمارش ساعتی

اطلاعات برای شمارش حجم شبکه در یک روز

ب)مطالعات چند روزه:

در این مطالعات به عنوان مثال برای ۶ روز مختلف متوسط مجموع حجم ۸ ساعته در ایستگاه کنترلی شمارش می‌شود و سپس برای هر روز نسبت حجم ۸ ساعت به نسبت متوسط مجموع حجم ۶ روزه محاسبه می‌گردد. سپس برای ایستگاه های مختلف تحت پوشش ایستگاه کنترلی در ۶ روز مختلف احجام ۸ ساعته شمارش می‌شود. و بر اساس نسبت محاسبه شده برای هر روی در ایستگاه کنترلی شمارش ۸ ساعته در هر ایستگاه تصحیح می‌گردد. این مطالعات برای این است که آمارگیری در روزهای مختلف برای هر ایستگاه مقرون به صرفه نمی‌باشد و تنها برای هر ایستگاه یک روز آمارگیری انجام می‌شود.

ضریب تصحیح از رابطه زیر به دست می اید:

$$F_{vi} = {}^{V_a}/_{V_i}$$

پس برای هر ایستگاه با استفاده از رابطه رو به رو انجام می‌شود:

$$V_a = V_i \times F_{vi}$$

- در ایستگاه کنترلی

ایستگاه کنترلی A	
روز	شمارش ۸ ساعتی
Mon.۱	۷۰۰
Tue	۷۷۰۰
Wed	۷۷۰۰
Thu.	۸۴۰۰
Fri.	۷۰۰۰
Mon. ۲	۶۳۰۰

شماره ایستگاه	روز شمارش حجم	شمارش ۸ ساعتی
۱	Mon.۱	۶۵۰۰
۲	Tue	۶۲۰۰
۳	Wed	۶۰۰۰
۴	Thu.	۷۱۰۰
۵	Fri.	۷۸۰۰
۶	Mon. ۲	۵۴۰۰

مطالعه ۶ روزه برای اطلاعات نمونه

روز	شمارش	نسبت مجموع ۸ ساعت
Mon.۱	۷۰۰۰	۷۳۵۰ : ۷۰۰۰=۱/۰۵
Tue	۷۷۰۰	۷۳۵۰ : ۷۷۰۰=۰/۹۵
Wed	۷۷۰۰	۷۳۵۰ : ۷۷۰۰=۰/۹۵
Thu.	۸۴۰۰	۷۳۵۰ : ۸۴۰۰=۰/۸۸
Fri.	۷۰۰۰	۷۳۵۰ : ۷۰۰۰=۱/۰۵
Mon. ۲	۶۳۰۰	۷۳۵۰ : ۶۳۰۰=۱/۱۷
مجموع =۴۴۱۰۰ متوسط =۷۳۵۰		

محاسبه فاکتورهای تغییر روزانه

ج) محابسه فاکتور تصمیم ماهانه

همانند روش های قبلی در این روش نیز در ایستگاه کنترلی مجموع حجم ترافیک در ماه های مختلف محاسبه می‌شود و سپس میزان ADT برای هر ماه محاسبه می‌شود. پس از آن مجموع حجم ماه های سال محاسبه شده و بر تعداد روزهای سال تقسیم می‌شود تا میزان AADT به دست اید. پس فاکتور تصمیم ماهانه با تقسیم AADT/ADT حاصل می‌شود.

- در ایستگاه کنترلی

ماه	مجموع ترافیک	ADT برای ماه (vpd)	فاکتورهای ماهیانه (ADT/AADT)
January	۱۹۸۴۰	/۳۱ = ۶۴۰	۷۹۷ : ۶۴۰=۱/۲۵
February	۱۶۶۶۰	/۲۸ = ۵۹۵	۷۹۷ : ۵۹۵=۱/۳۴
March	۲۱۲۳۵	/۳۱ = ۶۸۵	۷۹۷ : ۶۸۵=۱/۱۶
April	۲۴۳۰۰	/۳۰ = ۸۱۰	۷۹۷ : ۸۱۰=۰/۹۸
May	۲۵۸۸۵	/۳۱ = ۸۳۵	۷۹۷ : ۸۳۵=۰/۹۵
June	۲۶۲۸۰	/۳۰ = ۸۷۶	۷۹۷ : ۸۷۶=۰/۹۱
July	۲۷۶۵۲	/۳۱ = ۸۹۲	۷۹۷ : ۸۹۲=۰/۸۹
August	۳۰۰۰۸	/۳۱ = ۹۶۸	۷۹۷ : ۹۶۸=۰/۸۲
September	۲۸۶۲۰	/۳۱ = ۹۵۴	۷۹۷ : ۹۵۴=۰/۸۴
October	۲۶۳۵۰	/۳۱ = ۸۵۰	۷۹۷ : ۸۵۰=۰/۹۴
November	۲۲۲۹۰	/۳۰ = ۷۴۳	۷۹۷ : ۷۴۳=۱/۰۷
December	۲۱۷۳۱	/۳۱ = ۷۰۱	۷۹۷ : ۷۰۱=۱/۱۴
مجموع = ۲۹۰۸۵۱ AADT = ۲۹۰۸۵۱/۳۶۵ =۷۹۷			

محاسبه فاکتور تصحیح ماهانه

پس در هر ایستگاه حجم شمارش شده در ماه (ADT) در ضریب تصحیح رب شده. بر اساس آن میزان AADT محاسبه می‌شود.

د) محاسبه فاکتورهای تغییرات روزانه و تغییرات ماهیانه:

در این روش به طور همزمان ضریب تصحیح AADT هم برای تغییرات روزانه و هم تغییرات ماهیانه در نظر گرفته می‌شود. بدین صورت که در ایستگاه کنترلی درصد حجم روزانه برای هر روز هفته و برای هر ماه محاسبه می‌شود و سپس ضریب تصمیم روزانه و ماهیانه بر اساس نسبت متوسط درصد روزانه و ماهیانه به درصد روز و ماه i ام محاسبه می‌شود و سپس میزان AADT بدست می‌اید.

روز	درصد مجموع حجم هفتگی	درصد متوسط روزانه	فاکتور روزانه
یک شنبه	۱۸/۱۰	۱۲۶/۷۳	۰/۷۸۹
دوشنبه	۱۳/۳۲	۹۳/۲۵	۱/۰۷۲
سه شنبه	۱۲/۷۵	۸۹/۱۴	۱/۱۲۱
چهار شنبه	۱۲/۸۹	۹۰/۲۲	۱/۱۰۸
پنج شنبه	۱۳	۹۱/۰۴	۱/۰۹۸
جمعه	۱۴/۰۶	۹۸/۴۴	۱/۰۱۵
شنبه	۱۵/۸۸	۱۱۱/۱۸	۰/۸۹۹

فاکتورهای تغییرات روزانه

ماه	درصد متوسط ماهیانه	فاکتور ماهیانه
Jan	۸۲/۲۴	۱/۲۱۵
Feb.	۸۳/۹۴	۱/۱۹۱
Mar.	۹۰/۸۹	۱/۱۰۰
Apr.	۱۰۰/۷۹	۰/۹۹۲
May.	۱۰۵/۲۹	۰/۹۴۹
Jun.	۱۰۸/۸۹	۰/۹۱۸
Jut.	۱۰۹/۵۱	۰/۹۱۳
Aug.	۱۱۳/۳۸	۰/۸۸۲
Sep.	۱۱۳/۱۰	۰/۸۸۴
Oct.	۱۰۷/۴۶	۰/۹۳۱
Nov.	۹۷/۳۸	۱/۰۲۶
Dec.	۸۷/۱۳	۱/۱۱۴

فاکتورهای تغییرات فصلی ماهیانه

تغییرات فاکتورهای ماهانه و روزانه در یک ایالت

AADT از رابطه رو به رو محاسبه می‌شود:

$$\mathrm{AADT} = V_{24} \times DF \times MF$$

MF: ضریب تغییرات ماهانه DF: ضریب تغییرات روزانه V_{24}: شمارش ۲۴ساعته برای یک روز خاص

فصل ششم: مطالعات سرعت زمان سفر و تأخیر

در بحث مربوط به مطالعات سرعت یکی از مهمترین پارامترها، توزیع سرعت می‌باشد. انواع توزیع های احتمالی به دو دسته توزیع گسسته شامل تویع برنولی، دو جمله ای و پواسون و توزیع های پیوست شامل توزیع نرمال، نمایی و مربع کلی می‌باشد.

دو پارامتراصلی در هر توزیع میانگین و واریانس آن می‌باشد.

الف) میانگین

$$\overline{\mathrm{X}} = \frac{1}{\mathrm{N}} \sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{N}} \mathrm{x_i}$$

N: تعداد مشاهدات x_i: مشاهده i ام $\bar{x}$: میانگین

ب) واریانس و انحراف معیار

$$S^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{i=N} (x_i - \bar{x})^2$$

پارامترهای مربوط به برخی از توزیع های رایج

توزیع	معادله	پارامترها	میانگین	انحراف استاندارد
نرمال	$f(x)=\frac{\exp\{-(x-a)^2/2b^2\}}{\sqrt{(2\pi b^2)}}$	a,b	$\mu=a$	$\sigma=b$
نمايي	$f(x)=(1/\theta)e^{-x/\theta}$	$\theta>0$	$\mu=1/\theta$	$\sigma=1/\theta$
خي‌دو	$f(x)=\frac{x^{(n/2)-1}e^{-x/2}}{2^{n/2}\Gamma(n/2)}$	n	$\mu=n$	$\sigma=\sqrt{(2n)}$
برنولي	$P(s)=p$	p	$\mu=p$	$\sigma=\sqrt{\{p(p^1-p)\}}$
دوجمله‌اي	$f(x)=\begin{bmatrix}n\\x\end{bmatrix}p^x(1-p)^{n-x}$	n,p	$\mu=np$	$\sigma=\sqrt{np(1-p)}$
پوآسون	$f(x)=\frac{m^x e^{-m}}{x!}$	m	$\mu=m$	$\sigma=\sqrt{m}$

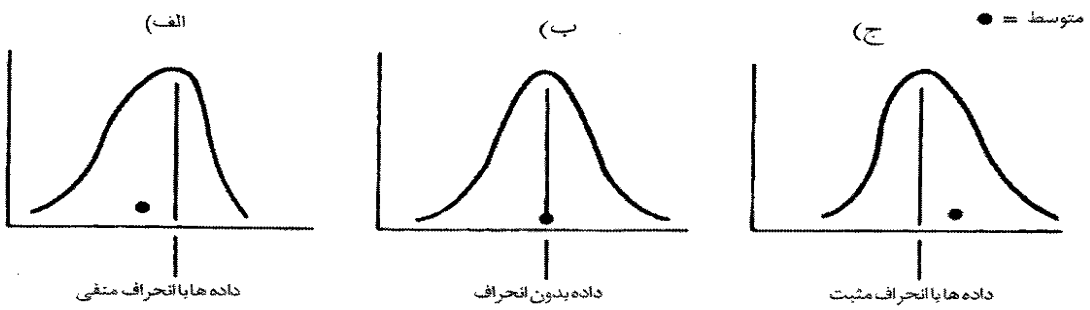
معادلات و پارامترهای مربوط به برخی توزیع های رایج

ج) درصد

درصد X ام مقدار متغیری است که در کمتر از آن X٪ فراوانی قرار می گیرد و به صورت p_x نوشته می‌شود. به عنوان مثال p۰/۸۵ یعنی سرعتی که ۸۵ درصد از مشاهدات کمتر از آن حرکت می کنند.

د) ضریب تغییرات یا واریانس

نسبت انحراف معیر به میانگین و شاخص که پراکندگی نتایج مربوط به میانگین را نشان می‌دهد نمودار هیستوگرام یا ستونی و یا توزیع فراوانی داده ها



نمایش کشیدگی و چولگی داده‌ها

- ویژگی های توزیع نرمال

احتمال قرار گرفتن یک نتیجه در دامنه تعیین هر توزیعی توسط سطح زیر تابع احتمال نشان داده می‌شود برای برخی از توزیع ها مثل نرمال این احتمالات را می توان از رابطه زیر محاسبه نمود.

$$p_R = (Z \leq z) = \int_{-\infty}^{z} f(z)dz$$

توزیع نرمال استاندارد متغیر تصادفی

Z با میانگین صفر و انحراف معیار را در جدول ۳-۷ در ص ۲۶۹ آمده است.

$$Z = \frac{X - \mu}{\delta}$$

- حدود اطمینان

همانطور که گفته شد میانگین خود یک متغیر تصادفی است با انحراف معیار $\frac{\delta}{\sqrt{N}}$ و لذا طبق جدول ۳-۷ می توان گفت:

$$P_r\left(-1.96 \leq \frac{X-\mu}{(\sigma/\sqrt{N})} \leq +1.96\right) = 0.95$$

$$P_r\left(\overline{X} - \frac{1.96\sigma}{N} \leq \mu \leq \overline{X} + \frac{1.96\sigma}{\sqrt{N}}\right) = 0.95$$

یعنی احتمال آنکه میانگین واقعی نمونه آماری در این فاصله قرار گیرد ۹۵ درصد است یعنی با فاصله طمینان ۹۵ درصد.

به مثال های ص ۲۷۳ توجه شود.

تعیین حداقل نمونه مورد نیاز: با توجه به میزان رواداری مجاز جرم تعیین میانگین مشاهدات انجام شده می توان حداقل نمونه مورد نیاز را تعیین نمود.

مثال: میانگین حقیقی سرعت $\pm 1/6$ را با حد اطمینان ۹۵٪ محاسبه کنید. مطابق با نمونه های قبلی δ =۱۱/۶ به دست آمده است.

$$1.96 \times \frac{11.6}{\sqrt{N}} \leq 1.6 \rightarrow N \geq (14.1)^2 \approx 200$$

- تعیین شکل توزیع

یکی از مشکلات اصلی تمایل به تعیین توزیع مثلاً توزیع سرعت می‌باشد. رایج ترین آزمون برای این کار، ازمون نیکویی برازش (goodness of fit) می‌باشد. به عنوان مثال در یک نمونه گیری انجام شده میانگین محاسبه شده سرعت ۷۷/۲ کیلومتر بر ساعت و (انحراف معیار آن ۱۳/۸ $\frac{km}{hv}$ در نظر گرفته شده است.

مراحل آزمایش نیکویی برازش به شرح زیر می‌باشد.

- دسته ها یا دامنه داده ها را تعریف و داده ها را مطابق با دسته ها منطبق می نمایند. حداقل ۵ دسته یا طبقه و ۵ داده در هر طبقه نیاز داریم.

n_i: تعداد نمونه ها در هر طبقه

- با فرض اینکه توزیع احتمالی فرض درست باشد تعداد نمونه های مورد انتظار را برای هر طبقه محاسبه کنید.

e_i: تعداد نمونه های مورد انتظار در طبقه i

- کمیت زیر را (مربع کانی یا خی۲) را محاسبه کنید.

$$X^2 = \sum_{i=1}^{N} \frac{(n_i - e_i)^2}{e_i}$$

- مقدار محاسبه شده x^2 دارای توزیع خی ۲ می‌باشد.

اگر فرضیه درست باشد با مراجعه به جدول توزیع خی دو (جدول ۷-۷ در ص ۲۷۹) عددی که بیش از ۵٪ نباشد (۵٪ = α) را پیدا می کنیم. البته برای این کار لازم است که درجات آزادی معین را نیز محاسبه کنیم.

$$f = N - 1 - g$$

G:تعداد پارامتر های که در توضیع در نظر گرفته‌ایم N: تعداد طبقه

طبقه	نمونه های واقعی	احتمال تجمعی	احتمال طبقه	نمونه های مورد انتظار	خی دو
۵۶/۳ ≥	۵	۰/۰۷۸	۰/۰۷۸	۵/۰۷	۰/۰۰۰۹۷
۵۶/۴ –۶۴/۴	۹	۰/۲۰۱	۰/۱۲۳	۸/۰۰	۰/۱۲۵۰۰
۶۴/۵–۷۲/۴	۱۰	۰/۴۰۰	۰/۱۹۹	۱۲/۹۴	۰/۶۶۷۹۷
۷۲/۵ –۸۰/۵	۱۶	۰/۶۲۸	۰/۲۲۸	۱۴/۸۲	۰/۰۹۳۹۵
۸۰/۶ –۸۸/۵	۱۲	۰/۸۱۸	۰/۱۹۰	۱۲/۳۵	۰/۰۰۹۹۲
۸۸/۶ –۹۶/۷	۸	۰/۹۳۲	۰/۱۱۴	۷/۴۱	۰/۰۴۶۹۸
≤۹۶/۸	۵	۱/۰۰۰	۰/۰۶۸	۴/۴۲	۰/۰۷۶۱۱
مجموع	۶۵				۱/۰۲۰۹

ستون ۳، از جدول (۳–۷) با در نظر گرفتن ...و۷۲/۴و۶۴/۴ و۵۶/۳=X به وسیله‌ی میانگین ۱۳/۸/(۷۷/۲–X)=Z به

ستون ۴: با استفاده از اختلاف اعداد ستون ۳ در هر فاصله به دست آمده است

ستون ۵:حاصل ضرب ستون ۴ در ۶۵=N می‌باشد.

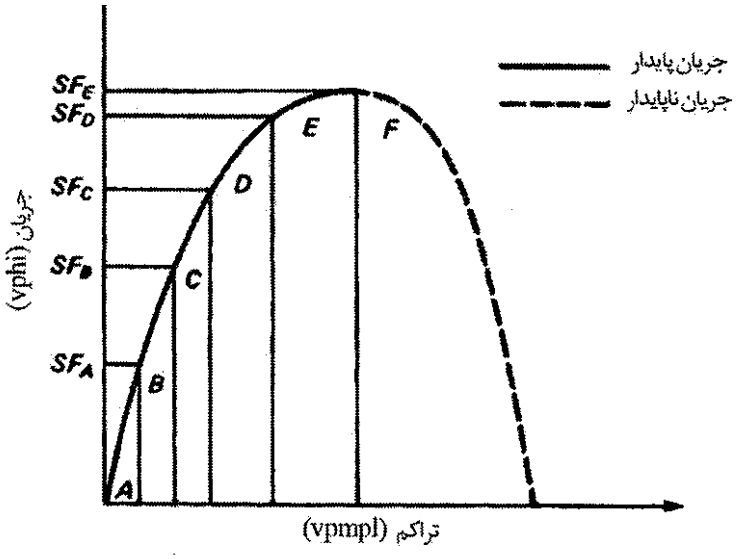
ستون ۶: با استفاده از معادله (۸–۷) برای هر طبقه به دست آمده است.

درجه ازادی ۴=۲–۱–۷=f و با توجه به مقدار ۱/۰۲۰۹=x^2، مقدار ۰/۹۲==$p(x^2)$ و $\alpha = 0/08$

فصل هفتم: تحلیل ظرفیت

ظرفیت: حداکثر نرخ ساعتی که در آن افراد یا وسایل نقلیه می تواند با سطح سرویس قابل قبول از یک نقطه و یا قطعه‌ای از یک خط عبور یا یک جهت در طول یک دوره زمانی مشخص و تحت شرایط معین ترافیکی عبور نماید.

سطح سرویس: یک معیار کیفی توصیف کننده شرایط بهره برداری در یک جریان ترافیک است و درک آن به وسیله سرنشینان وسایل نقلیه یا عابرین پیاده می‌باشد. بهترین سطح سرویس A و یا مطلوب ترین سطح سرویس F (بحرانی) می‌باشد.



سطوح سرویس برای جریان‌های مداوم در مسیرهای چند خطه

معیار اصلی جرم تعیین سطح سرویس $\frac{V}{C}$ می‌باشد.

$$\frac{v}{c} \leq 1 \rightarrow A - F \text{ تا سطح سرویس}$$

$$\frac{v}{c} > 1 \rightarrow F \text{ سرویس سطح}$$

- شرایط طرح هندسی تأثیر گذار بر ظرفیت:

۱- سرعت طرح و قوس‌ها

۲- عرض خط و شانه کناری

۳- شیب ها

شرابط ترافیکی غالب مؤثر بر ظرفیت:

۱- توزیع جهاتی

۲- توزیع خطی

۳- وسایل نقلیه سنگین در جریان ترافیک : الف) اشغال فضای بیشتر ب) سرعت عملکردی پایین

- تحلیل ظرفیت مسیرهای آزاد راهی

آزاد راه: جاده ای است با مسیرهای رفت و برگشت جداگانه که دارای حد اقل دو خط عبوری برای هر مسیری می‌باشد و کلیه مسیرهای دسترسی به آن به صورت کاملاً کنترل شده و محدود می‌باشد. در شرایط ایده آل ظرفیت هر خط عبور در مسیر آزاد راهی pcphpl۲۰۰۰ می‌باشد:

- حداقل عرض خط عبور ۳/۶۵ متر

- حداقل عرض شانه خاکی حاشیه سواره رو و میانه بین خطوط عبوری رفت و برگشت ۱/۸۲ متر

- تنها خودروهای سواری شخصی در جریان ترافیک باشند.

- کلیه استفاده کنندگان از مسیر رانندگان مجرب و آشنا با مسیر و روزهای عادی ایام هفته

- معیار سطح سرویس بر روی آزاد راه

دو معیار مناسب جرم تعیین سطح سرویس در مسیرهای ازاد راهی سه پارامتر چگالی و سرعت و طرح و نسبت جریان به ظرفیت $\frac{V}{C}$ می‌باشد.