30vil30.ir
سایت تخصصی مهندسی عمران و معماری

بسم الله الرحمن الرحیم

# اصول مهندسی ترافیک

# مقدمه

## ترافیک

در لغت به معنای آمدوشد وسائل‌نقلیه، افراد و پیام در مسیری با مشخصات معین گفته می‌شود.

## مهندسی ترافیک

مهندسی ترافیک کاربرد اصول علمی، وسائل و فناوریها، روشها و تکنیکها و دانستنی‌ها برای فراهم کردن امکان جابجایی افراد و کالا با ایمنی، سرعت مناسب، راحتی و اقتصادی می‌باشد.

## طبق تعریف ITE: (Institute of Traffic Engineering)

مهندسی ترافیک، استفاده از فناوری و اصول علمی برای برنامه‌ریزی، طراحی عملکردی، بهره‌برداری و مدیریت تسهیلات برای هر نوع حمل‌ونقل به منظور تامین ایمنی، سرعت، راحتی، صرفه اقتصادی و سازگاری با محیطزیست در حرکت و جابجایی افراد و کالا می‌باشد.

## کاربردهای مهندسی ترافیک

- ✓ مطالعه و بررسی وضعیت موجود و برآورد نیازهای حمل‌ونقلی
- ✓ پیش‌بینی و برآورد میزان تقاضای سفر در آینده (سال طرح)
- ✓ برنامه‌ریزی برای جاده‌ها، شبکه ترافیک و تسهیلات جاده‌ای
- ✓ طرح‌هندسی خیابان‌ها و تسهیلات جاده‌ای
- ✓ ایمنی ترافیک
- ✓ مدیریت تسهیلات ترافیکی و سیستم کنترل ترافیک
- ✓ مطالعات پارکینگ

## مسائل و مشکلات ناشی از حمل‌ونقل و ترافیک

- تراکم ترافیکی و افزایش تاخیر
- اثر بر روی محیطزیست
- فقدان ایمنی مسافران و کاربران
- توسعه ناخواسته و نامتناسب کاربری زمین
- تغییرات نامتعادل در قیمت و ارزش زمین
- نیازمند استفاده از حریم راه و جابجایی افراد به خاطر تامین حریم مربوطه
- مسائل مذهبی، معنوی و بیولوژیکی
- ناراحتی کاربران
- هزینه بالای دستگاهها و تاسیسات زیربنایی و درصد سودآوری کم آنها

مهترین عواملی که در بررسی، کنترل و بهبود وضعیت ترافیک در یک راه یا شبکه‌ای از راه موثرند، عبارتند از:

۱- حجم ترافیک

۲- سرعت

۳- تاخیر تراکم

۴- فاصله عبور

۵- رابطه بین سرعت، تردد و چگالی جریان ترافیک

# مطالعه ترافیکی

## حجم ترافیک

حجم ترافیک عبارتست از تعداد وسایل‌نقلیه‌ای که در مدت زمان معینی در جهت یا جهات مشخصی از یک یا چند خط از مقطع جاده‌ای عبور می‌کنند.

## تردد ترافیک

تردد ترافیک عبارتست از تعداد وسایل‌نقلیه‌ای که در زمان واحدی (معمولاً یک ساعت) در جهت یا جهات مشخصی از یک یا چند خط از مقطع جاده‌ای می‌گذرند.

لذا اگر حجم ترافیک در مدت زمان واحد اندازه‌گیری شود، برابر با تردد ترافیک خواهد شد.

تردد و حجم ترافیک به دو صورت بیان می گردد:

۱- به تفکیک وسایل‌نقلیه (اتومبیل سواری، اتوبوس، کامیون، دوچرخه و ...)

۲- بطور کلی برای تمامی وسایل‌نقلیه

در حالت دوم، حجم ترافیک بصورت همسنگ سواری (واحد اتومبیل سواری ( Passenger Car Unit) یا معادل اتومبیل سواری (Passenger Car Equvalent)) بیان می‌گردد.

با توجه به اینکه بطور معمول ترافیک شامل وسایل‌نقلیه بوده و در عین حال اثر ترافیکی وسایل‌نقلیه مختلف با اندازه، قدرت و خصوصیات دیگر متفاوت است، معمولاً اتومبیل سواری را به عنوان واحد سنجش در نظر می‌گیرند و سایر وسایل‌نقلیه را بر حسب مورد نسبت به آن می‌سنجند. که این واحد را معادل اتومبیل سواری یا واحد اتومبیل سواری می‌نامند.

حجم ترافیک بر حسب مورد و هدف از استفاده، در مدت زمانهای مختلف از ۱۵ دقیقه تا یک سال اندازه می‌گیرند.

## کاربردهای حجم ترافیک

از آنجاییکه حجم ترافیک اهمیت راه‌ها و معابر را نسبت به هم از نظر عبور وسایل‌نقلیه در وضعیت حال و آینده نشان می‌دهد، در واقع اساس مقایسه جاده‌ها نسبت به هم بشمار آمده و یکی از پارامترهای اساسی در مطالعه و برنامه‌ریزی ترافیک می‌باشد.

## موارد کاربرد حجم ترافیک عبارتند از:

- تعیین اهمیت جاده‌ها نسبت به یکدیگر
- اولویت‌بندی تعریض و تعمیر و مرمت جاده‌ها
- ایجاد مسیرهای جدید
- تعیین تغییرات تردد وسایل‌نقلیه در زمانهای مختلف
- تعیین نحوه توزیع ترافیک در شبکه
- میزان تغییرات تمایل رانندگان به استفاده از جاده یا مسیرهای مورد مطالعه
- تعیین ظرفیت معابر و تقاطعات
- مطالعه آثار ترافیک بر محیط زیست
- مطالعه تصادفات در معابر و تقاطعات
- تعیین نوع و تعداد وسایل کنترل ترافیک (مثل چراغ‌راهنمایی)
- بررسی مسایل اقتصادی مربوط به ترافیک (ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها)

## مهمترین حجم‌های ترافیک بر حسب مدت زمان اندازه‌گیری، عبارتند از:

### ۱- متوسط حجم ترافیک روزانه در سال (AADT) Average Annual Daily Traffic

عبارتست از متوسط حجم ترافیک وسایل‌نقلیه‌ای که در تمامی روزهای سال از مقطع مشخصی از جاده عبور می‌کنند. از تقسیم مجموع تعداد وسایل‌نقلیه عبوری در مدت یکسال بر تعداد روزهای سال (۳۶۵ روز) بدست می‌آید.

### ۲- متوسط حجم ترافیک هفتگی در سال (AAWT) Average Annual Weekday Traffic

عبارتست از متوسط حجم ترافیک وسایل‌نقلیه‌ای که در روزهای کاری هفته در طی یک سال از مقطع مشخصی از جاده عبور می‌کنند. از تقسیم مجموع تعداد وسایل‌نقلیه عبوری در روزهای کاری هفته در طی یکسال بر تعداد روزهای کاری آن سال بدست می‌آید.

## ۳- متوسط حجم ترافیک روزانه (ADT) Average Daily Traffic

عبارتست از متوسط حجم ترافیک وسایل‌نقلیه‌ای که در طی یک شبانه‌روز (۲۴ ساعت) از مقطع مشخصی از جاده در مدتی کمتر از یکسال عبور می‌کنند. از تقسیم مجموع تعداد وسایل‌نقلیه عبوری در مدت زمان بین ۲ روز تا ۳۶۴ روز بر تعداد روزهای مربوطه بدست می‌آید.

متوسط حجم ترافیک روزانه (ADT) می‌تواند بین شش ماه، یک فصل، یک ماه، یک هفته و یا حتی دو روز اندازه گرفته شود.

## ۴- متوسط حجم ترافیک هفتگی (AWT) Average Weekday Traffic

عبارتست از متوسط حجم ترافیکی که در روزهای کاری هفته در طی مدت کمتر از یکسال از مقطع مشخصی از جاده عبور می‌نمایند. از تقسیم مجموع تعداد وسایل‌نقلیه عبوری در روزهای کاری هفته در مدت زمان کمتر از یکسال بر تعداد روزهای کاری بدست می‌آید.

رابطه متوسط حجم ترافیک هفتگی در سال (AAWT) با متوسط حجم ترافیک هفتگی (AWT) همانند رابطه متوسط حجم ترافیک روزانه در سال (AADT) با متوسط حجم ترافیک روزانه (ADT) می‌باشد.

واحد حجم ترافیک در برای تمامی حالتهای فوق، وسیله‌نقلیه در روز (Vpd) ( Vehicle per day) می‌باشد.

مثال: در جدول زیر نمونه‌ای حجم ترافیک در روزهای مختلف سال برداشت گردیده است. مطلوبست محاسبه متوسط حجم ترافیک هفتگی در سال (AAWT)، متوسط حجم ترافیک هفتگی (AWT)، متوسط حجم ترافیک روزانه در سال (AADT) و متوسط حجم ترافیک روزانه (ADT).

| ماه | تعداد روزهای کاری در ماه | تعداد روزهای هر ماه | کل حجم ترافیک در ماه (p.c.u.) | کل حجم ترافیک روزهای کاری در هفته |
|---|---|---|---|---|
| فروردین | ۲۱ | ۳۱ | ۲۱۲۵۰۰ | ۱۰۴۰۰۰ |
| اردیبهشت | ۲۷ | ۳۱ | ۲۰۵۰۰۰ | ۱۱۰۰۰۰ |
| خرداد | ۲۶ | ۳۱ | ۲۵۰۰۰۰ | ۱۱۵۰۰۰ |
| تیر | ۲۶ | ۳۱ | ۲۴۰۰۰۰ | ۱۳۰۰۰۰ |
| مرداد | ۲۷ | ۳۱ | ۲۳۵۰۰۰ | ۱۳۰۰۰۰ |
| شهریور | ۲۶ | ۳۱ | ۲۴۵۰۰۰ | ۱۰۲۵۰۰ |
| مهر | ۲۶ | ۳۰ | ۲۱۰۰۰۰ | ۹۵۰۰۰ |
| آبان | ۲۷ | ۳۰ | ۲۰۷۰۰۰ | ۱۰۰۰۰۰ |
| آذر | ۲۵ | ۳۰ | ۲۰۰۰۰۰ | ۱۰۵۰۰۰ |
| دی | ۲۶ | ۳۰ | ۱۹۲۵۰۰ | ۹۲۵۵۰۰ |
| بهمن | ۲۵ | ۳۰ | ۲۰۰۰۰۰ | ۱۰۰۰۰۰ |
| اسفند | ۲۴ | ۲۹ | ۲۲۵۰۰۰ | ۲۰۷۵۰۰ |
| | | | ۲۶۲۱۵۰۰ | ۱۳۸۹۵۰۰ |

## حل: محاسبه ADT و AWT:

| ماه | تعداد روزهای کاری در ماه | تعداد روزهای هر ماه | کل حجم ترافیک در ماه (pcu) | کل حجم ترافیک روزهای کاری در هفته | AWT (vpd) | ADT (vpd) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| فروردین | ۲۱ | ۳۱ | ۲۱۲۵۰۰ | ۱۰۴۰۰۰ | ۴۹۵۲ | ۶۸۵۵ |
| اردیبهشت | ۲۷ | ۳۱ | ۲۰۵۰۰۰ | ۱۱۰۰۰۰ | ۴۰۷۴ | ۶۶۱۳ |
| خرداد | ۲۶ | ۳۱ | ۲۵۰۰۰۰ | ۱۱۵۰۰۰ | ۴۴۲۳ | ۸۰۶۵ |
| تیر | ۲۶ | ۳۱ | ۲۴۰۰۰۰ | ۱۳۰۰۰۰ | ۵۰۰۰ | ۷۷۴۲ |
| مرداد | ۲۷ | ۳۱ | ۲۳۵۰۰۰ | ۱۳۰۰۰۰ | ۴۸۱۵ | ۷۵۸۰ |
| شهریور | ۲۶ | ۳۱ | ۲۴۵۰۰۰ | ۱۰۲۵۰۰ | ۳۹۴۲ | ۷۹۰۳ |
| مهر | ۲۶ | ۳۰ | ۲۱۰۰۰۰ | ۹۵۰۰۰ | ۳۶۵۴ | ۷۰۰۰ |
| آبان | ۲۷ | ۳۰ | ۲۰۷۰۰۰ | ۱۰۰۰۰۰ | ۳۷۰۴ | ۷۰۰۷ |
| آذر | ۲۵ | ۳۰ | ۲۰۰۰۰۰ | ۱۰۵۰۰۰ | ۴۲۰۰ | ۶۶۶۷ |
| دی | ۲۶ | ۳۰ | ۱۹۲۵۰۰ | ۹۲۵۵۰۰ | ۳۵۵۸ | ۶۴۱۷ |
| بهمن | ۲۵ | ۳۰ | ۲۰۰۰۰۰ | ۱۰۰۰۰۰ | ۴۰۰۰ | ۶۶۶۷ |
| اسفند | ۲۴ | ۲۹ | ۲۲۵۰۰۰ | ۲۰۷۵۰۰ | ۸۶۴۶ | ۷۷۵۹ |
| ۱۵ | ۳۰۶ | ۳۶۵ | ۲۶۲۱۵۰۰ | ۱۳۸۹۵۰۰ | | |

برای محاسبه ADT برای هر ماه، کل حجم ترافیک ماه مربوطه بر تعداد روزهای آن ماه تقسیم می‌شود. که اعداد محاسبه شده در ستون مربوطه (ستون هفتم) آورده شده است.

برای محاسبه AWT برای هر ماه، کل حجم ترافیک روزهای کاری ماه مربوطه بر تعداد روزهای کاری آن ماه تقسیم می‌شود. که اعداد محاسبه شده در ستون مربوطه (ستون ششم) آورده شده است.

مقدار AADT نیز طبق تعریف برابر است با:

$$AADT = \frac{2621500}{365} = 7182 \quad P.C.U\ \ pd$$

مقدار AAWT نیز طبق تعریف برابر است با:

$$AAWT = \frac{1389500}{306} = 4541 \quad P.C.U\ \ pd$$

چنانچه از جدول فوق مشاهده می‌گردد،

- ✓ متوسط حجم ترافیک روزانه (ADT) بطور قابل ملاحظه‌ای از متوسط حجم ترافیک هفتگی در هر ماه بیشتر است.
- ✓ متوسط حجم ترافیک روزانه در سال (AADT) نیز از متوسط حجم ترافیک هفتگی در سال (AAWT) بیشتر است.

این نکته نشان می‌دهد که:

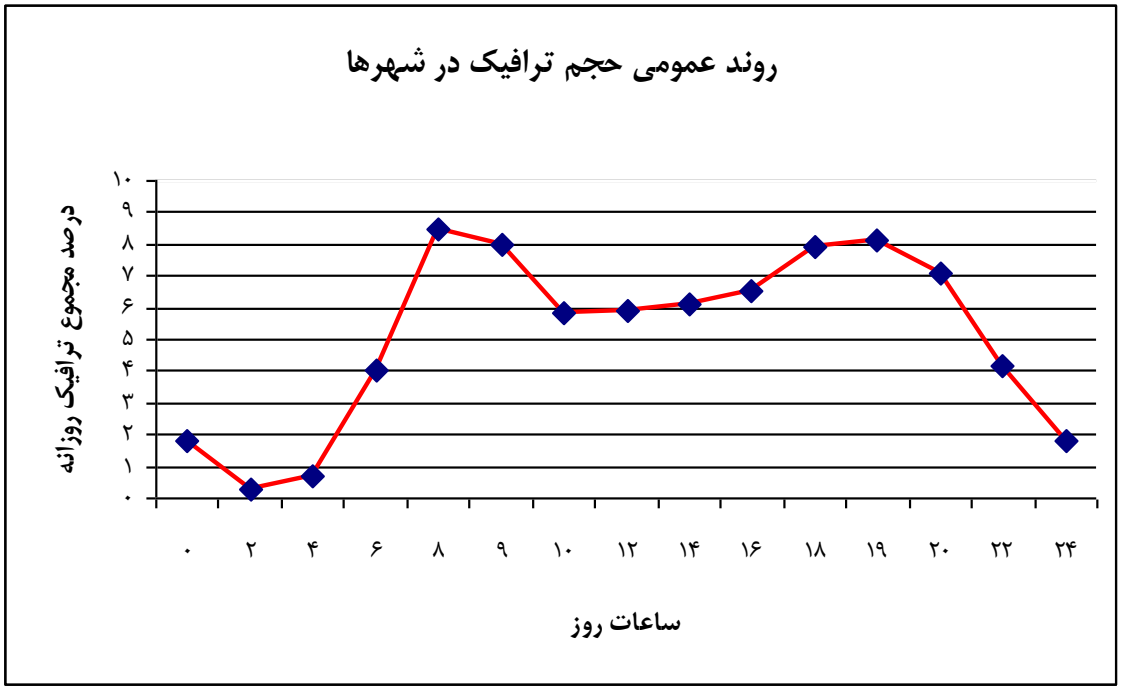
حجم ترافیک در روزهای آخر هفته (روزهای غیرکاری) در این مسیر از روزهای دیگر بیشتر است.

احتمالاً مسیر مربوطه یک مسیر تفریحی ییلاقی می‌باشد، زیرا مقدار متوسط حجم ترافیک هفتگی (AWT) و متوسط حجم ترافیک روزانه (ADT) در ماه‌های تابستان بیشتر از ماه‌های دیگر سال است.

## تغییرات حجم ترافیک

حجم ترافیک در زمانهای مختلف، نظیر ساعات مختلف روز یا روزهای مختلف هفته یا ماههای مختلف سال ثابت نبوده و تغییر می‌کند. لذا اندازه‌گیری حجم ترافیک در فاصله‌های زمانی مختلف دارای اهمیت می‌باشد.

تغییرات حجم ترافیک در زمانهای مختلف عموماً روند مشخص و معینی دارد. تغییرات روزانه حجم ترافیک در تمامی شهرها بطور کلی شبیه به شکل زیر می‌باشد.



چنانچه در شکل فوق مشاهده می‌گردد، حجم ترافیک روزانه در دو نوبت به حداکثر مقدار خود می‌رسد:

✓ ساعت اوج صبح: ساعاتی از صبح که معمولاً افراد به محل کار خود و یا دانش‌آموزان و دانشجویان به مراکز آموزشی می‌روند.

✓ ساعت اوج عصر: ساعاتی از عصر که معمولاً افراد از محل کار خود و یا دانش‌آموزان و دانشجویان از مراکز آموزشی به منازل خود بر می‌گردند.

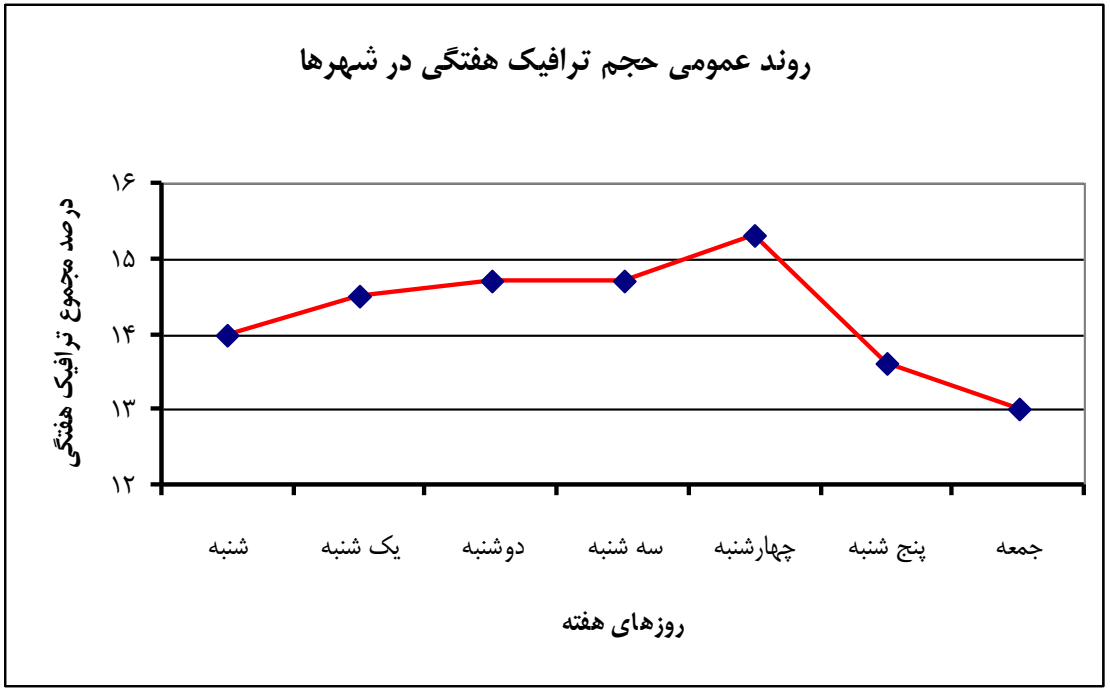
زمان اوج صبح و عصر (تراکم حداکثر) متفاوت بوده و به عواملی زیر بستگی دارد:

- جمعیت شهر
- وسعت شهر
- بافت شهر
- تعداد وسیله‌نقلیه (مالکیت وسیله‌نقلیه خانوار)

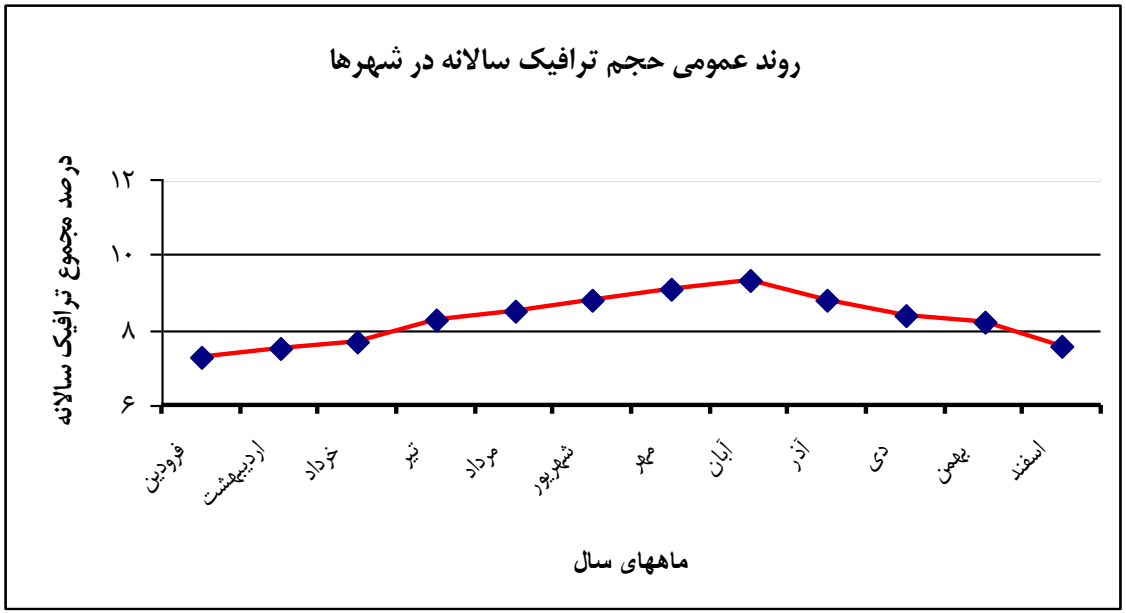
تراکم ترافیک (ساعت اوج) نشان‌دهنده وضعیت ترافیک در شهر بوده و در طرح و محاسبه معابر و تقاطعات و محاسبه و تعیین نوع کنترل تقاطعات بکار می‌رود.

تغییرات حجم ترافیک در روزهای مختلف هفته نیز روند نسبتاً ثابت و مشخصی دارد.

معمولاً اختلاف حجم ترافیک در روزهای کاری هفته جزئی می‌باشد و روند آن تقریباً یکنواخت بنظر می‌رسد. در حالیکه در روزهای تعطیل و آخر هفته حجم ترافیک بطور واضحی کاهش می‌یابد.



تغییرات سالیانه حجم ترافیک در ماههای مختلف نیز در محل خاص روند نسبتاً یکنواختی را نشان می‌دهد. عموماً حجم ترافیک در ماههای تابستان به علت تعطیلی مدارس و مرخصی کارمندان در معابر شهری کمتر از ماههای دیگر سال است.




بطور کلی بررسی حجم ترافیک ساعت اوج به دلیل بکارگیری آن در طراحی معابر، تعیین ظرفیت و کنترل ترافیک شهر مهم و ضروری می‌باشد. عموماً حجم ترافیک در ساعت اوج بین ۸ تا ۱۰ درصد کل حجم ترافیک روزانه می‌باشد. اما در جاده‌های بین‌شهری متوسط حجم ترافیک روزانه دارای اهمیت بیشتری می‌باشد.

## اندازه‌گیری حجم ترافیک

اندازه‌گیری حجم ترافیک عبارتست از تعداد وسایل‌نقلیه‌ای که در مدت زمان مشخص از مقطع جاده عبور می‌نمایند.

✓ اندازه‌گیری حجم ترافیک ممکن است به تفکیک نوع وسیله‌نقلیه، خط عبور، حرکت گردشی و ... انجام گیرد.

✓ مدت زمان اندازه‌گیری حجم ترافیک به هدف موردنظر و دقت لازم در کار بستگی دارد. معمولاً مدت زمان اندازه‌گیری حجم ترافیک یک ساعت، ۱۲ ساعت (از ۸ صبح تا ۸ بعدازظهر)، ۱۶ ساعت (از ۶ بعدازظهر تا ۱۰ صبح) یا ۲۴ ساعت می‌باشد.

با توجه به میزان حجم ترافیک موردنیاز و هدف موردنظر، متوسط حجم ترافیک روزانه یا حجم ترافیک حداکثر یا حجم ترافیک حداقل یا حجم ترافیک کل معبر یا حجم ترافیک یک یا چند خط از معبر یا به تفکیک و یا حجم ترافیک جهت‌های مختلف گردشی در تقاطع اندازه‌گیری می‌شود.

## روشهای اندازه‌گیری حجم ترافیک

حجم ترافیک به روشهای ذیل اندازه‌گیری می‌شود:

۱- روش دستی

۲- روش دستگاه شمارشگر خودکار

۳- روش فیلمبرداری

۴- روش اتومبیل ناظر

### ۱- روش دستی (Manual Counting Method)

در روش دستی حجم ترافیک از طریق شمارش مستقیم وسایل‌نقلیه‌ای که از نقطه معینی از یک جاده عبور می‌کنند، انجام می‌گیرد.

در این روش، معمولاً از کاغذ و مداد و کشیدن خطهای کوتاه بصورت دسته‌هایی از پنج خط بطوریکه هر خط نماینده عبور یک وسیله‌نقلیه می‌باشد.

از آنجائیکه اثر هریک از وسایل‌نقلیه بر روی جریان ترافیک متفاوت می‌باشد، لذا ثبت حجم ترافیک به تفکیک وسیله‌نقلیه صورت می‌گیرد.

در این حالت برای راحتی کار ثبت دستی از شمارشگرهای دستی استفاده می‌گردد. این شمارشگرها قادر به ثبت اطلاعات مربوط به ۴ تا ۶ نوع وسیله‌نقلیه می‌باشند.

معمولاً برای شمارش حجم ترافیک شبکه از دوره شمارش ۵ یا ۱۵ دقیقه‌ای و برای تقاطعات از شمارش ۱۵ دقیقه‌ای استفاده می‌گردد.

برای اندازه‌گیری حجم ترافیک با دست از ۳ روش استفاده می‌گردد:

- ✓ روش توقف کوتاه
- ✓ روش تناوبی
- ✓ ترکیب دو روش توقف کوتاه و تناوبی

## الف) روش توقف کوتاه

در این روش یک تا سه دقیقه توقف در پایان هر دوره زمانی شمارش برای ثبت اطلاعات صورت می‌گیرد. به عنوان مثال، ۴ دقیقه شمارش در یک دوره شمارش ۵ دقیقه‌ای یا ۱۲ دقیقه شمارش در یک دوره شمارش ۱۵ دقیقه‌ای صورت می‌گیرد و در نهایت برای محاسبه کل حجم ترافیک دوره از رابطه ذیل استفاده می‌شود:

$$V_a = V \times C_f$$

که در آن:

$V_a$ : حجم ترافیک برای یک دوره کامل

$V$ : حجم ترافیک شمارش‌شده در طول مدت شمارش در یک دوره

$C_f$ : ضریب تصحیح شمارش، که از رابطه ذیل بدست می آید:

$$C_f = \frac{T_c}{T_c - T_s}$$

که در آن:

$T_c$ : زمان کل دوره شمارش (دقیقه)

$T_s$ : زمان توقف کوتاه (دقیقه)

## مثال: روش توقف کوتاه

چنانچه شرح داده شد، ابتدا می‌بایست ضریب تعدیل محاسبه گردد که برابر است با:

$$C_f = \frac{5}{5-1} = \frac{5}{4} = 1.25$$

سپس از طریق حاصلضرب ضریب تعدیل در شمارش ۴ دقیقه‌ای، شمارش ۵ دقیقه‌ای بدست می‌آید، که در جدول ذیل مشاهده می‌گردد.

| دوره شمارش | شمارش ۴ دقیقه‌ای (وسیله‌نقلیه) | ضریب تعدیل ( $C_f$ ) | شمارش تعدیل‌شده ۵ دقیقه‌ای (وسیله‌نقلیه) |
|---|---|---|---|
| ۶:۰۰ – ۶:۰۵ | ۳۸ | ۱.۲۵ | ۴۸ |
| ۶:۰۵ – ۶:۱۰ | ۴۶ | ۱.۲۵ | ۵۸ |
| ۶:۱۰ – ۶:۱۵ | ۵۲ | ۱.۲۵ | ۶۵ |
| ۶:۱۵ – ۶:۲۰ | ۵۶ | ۱.۲۵ | ۷۰ |
| ۶:۲۰ – ۶:۲۵ | ۶۰ | ۱.۲۵ | ۷۵ |
| ۶:۲۵ – ۶:۳۰ | ۶۴ | ۱.۲۵ | ۸۰ |

## ب) روش تناوبی

در این روش، پس از هر دوره کامل شمارش، یک دوره کامل توقف صورت می‌گیرد. به عنوان مثال، یک دوره شمارش ۵ دقیقه‌ای و به دنبال آن ۵ دقیقه توقف صورت می‌گیرد و در نهایت حجم ترافیک برای مدت توقف از طریق درون‌یابی برآورد می‌شود.

مثال: روش تناوبی

| دوره شمارش | شمارش ۵ دقیقه‌ای (وسیله‌نقلیه) | شمارش تعدیل‌شده ۵ دقیقه‌ای (وسیله‌نقلیه) |
|---|---|---|
| ۶:۰۰ – ۶:۰۵ | ۱۲۵ | ۱۲۵ |
| ۶:۰۵ – ۶:۱۰ | --- | ۱۳۷ |
| ۶:۱۰ – ۶:۱۵ | ۱۴۸ | ۱۴۸ |
| ۶:۱۵ – ۶:۲۰ | --- | ۱۳۲ |
| ۶:۲۰ – ۶:۲۵ | ۱۱۵ | ۱۱۵ |
| ۶:۲۵ – ۶:۳۰ | --- | ۱۱۸ |
| ۶:۳۰ – ۶:۳۵ | ۱۲۰ | ۱۲۰ |

## ۲- شمارش با دستگاه‌های اندازه‌گیری

در بسیاری از موارد اندازه‌گیری حجم ترافیک با دست مقدور و اقتصادی نمی‌باشد. لذا در این مواقع از شمارشگرهای خودکار استفاده می‌شود.

دستگاه‌های خودکار برای اندازه‌گیری حجم ترافیک از دو قسمت اصلی، یعنی شاخص و ضابط (شمارشگر و ثبت‌کننده) تشکیل شده‌اند.

شاخصهایی که برای اندازه‌گیری بکار می‌روند، متنوع بوده و عبارتند از:

الف) شاخص هوای فشرده (بادی)

ب) شاخص هیدرولیکی

ج) شاخص برقی

د) شاخص مغناطیسی

و) شاخص چشم الکترونیکی

## الف- شاخص هوای فشرده (بادی)

این شاخصها از یک لوله پلاستیکی نسبتاً ضخیم و پر از هوای فشرده ساخته شده‌اند، که در اثر عبور چرخهای وسیله‌نقلیه از روی لوله پلاستیکی، ایجاد ضربه نموده و در نتیجه تغییر فشار در لوله لاستیکی یک شماره در دستگاه ضابط ثبت می‌گردد.

## ب- شاخص هیدرولیکی

این شاخص مشابه شاخص بادی می‌باشد، با این تفاوت که در لوله این شاخص به جای هوا، مایع پر شده است. در اثر عبور چرخهای وسیله‌نقلیه از روی لوله پلاستیکی، ایجاد ضربه نموده و در نتیجه تغییر فشار در لوله لاستیکی یک شماره در دستگاه ضابط ثبت می‌گردد.

## ج- شاخص برقی

ساختمان این شاخص به نحوی است که با عبور چرخهای وسیله‌نقلیه از روی آن و با اتصال دو سر فلزی که در آن تعبیه شده است، جریان برق ایجاد شده و در اثر جریان بوجود آمده دستگاه شمارشگر یک شماره به شماره قبلی می‌افزاید.

## د- شاخص مغناطیسی

ساختمان این شاخصها بطور کلی عبارتست از یک سیم‌پیچ که در اثر عبور جریان برق در آن میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود. در اثر عبور چرخهای وسیله‌نقلیه از روی این شاخصها، میدان مغناطیسی تغییر کرده و یک شماره بر شماره‌های شمارشگر افزوده می‌شود.

### نقطه ضعف شاخصهای بادی، هیدرولیکی، برقی و مغناطیسی

به ازای هربار عبور محورهای وسیله‌نقیله از روی این شاخصها، یک شماره اضافه می‌گردد. از آنجاییکه تعداد محور وسایل‌نقلیه مختلف (سبک و سنگین) متفاوت می‌باشد، عدد ثبت‌شده نشان‌دهنده تعداد وسایل‌نقلیه عبوری نمی‌باشد.

### راه حل

در این حالت می‌بایست در قالب یک آمارگیری، تعداد متوسط محور وسایل‌نقلیه عبوری مشخص گردد. آنگاه با تقسیم عدد ثبت‌شده در دستگاه بر متوسط محور وسایل‌نقلیه عبوری، حجم ترافیک عبوری بدست می‌آید.

## و- شاخص چشم الکترونیکی

ساختمان این شاخصها طوری است که هرگاه اشعه نورانی از دستگاه را وسیله‌نقلیه قطع کند، یک شماره بر شماره‌های شمارشگر افزوده می‌شود.

## نقطه ضعف شاخص الکترونیکی

اگر چند وسیله‌نقلیه در کنار یکدیگر و به موازات هم حرکت نمایند، تنها عبور یک وسیله‌نقلیه را ثبت می‌کند. دستگاه قادر به شناسایی وسایل‌نقلیه که در موازات هم در حرکتند، نمی‌باشد.

## ۳- روش فیلمبرداری (نوار ویدئویی و دوربین)

در این روش، دوربین فیلم‌برداری در محل مناسبی نصب می‌گردد و عبور وسایل‌نقلیه ثبت می‌گردد. آنگاه از طریق نوار ویدئویی ضبط‌شده، اطلاعات مناسب و موردنظر استخراج شده و ثبت می‌گردد.

### خصوصیات روش فیلمبرداری

این روش، روشی نسبتاً ارزان بوده و به نیروی انسانی کمی نیازمند است.

در عین حال، اطلاعات فراوانی از آن قابل استخراج بوده و میزان خطای این روش کم می‌باشد.

## ۴- روش اتومبیل ناظر

در این روش، حجم ترافیک از طریق اتومبیلی که بین دو نقطه موردنظر از جاده به دفعات لازم و بصورت رفت و برگشت حرکت می‌کند، اندازه‌گیری می‌شود.

تعداد دفعات رفت و برگشت برای اندازه‌گیری بر حسب موقعیت محل و وضعیت ترافیک بین ۸ تا ۱۲ دور می‌باشد.

### محاسبه حجم از طریق روش اتومبیل ناظر:

در این روش در هر دور رفت و برگشت، کمیتهای ذیل اندازه‌گیری می‌شود:

۱- تعداد وسایل‌نقلیه‌ای که از اتومبیل ناظر سبقت می‌گیرند. ($y_1$)

۲- تعداد وسایل‌نقلیه‌ای که اتومبیل ناظر از آنها سبقت می‌گیرد. ($y_2$)

۳- زمان سفر اتومبیل ناظر در هر دور رفت و برگشت. ( $t_a$ , $t_b$ )

۴- تعداد وسایل‌نقلیه‌ای که ضمن حرکت اتومبیل ناظر در جهت مقابل در حرکتند. ( $x$ )

آنگاه از رابطه ذیل، حجم ترافیک محاسبه می‌گردد:

$$q = \frac{x + y}{t_a + t_b}$$

که در آن:

$x$ : تعداد وسیله‌نقلیه در جهت حرکت طرف مقابل.

$y$ : تعداد وسایل‌نقلیه‌ای که از اتومبیل ناظر سبقت گرفته‌اند، منهای تعداد وسایل‌نقلیه‌ای که اتومبیل ناظر از آنها سبقت گرفته است. $(y_1 - y_2)$

$t_a$ : زمان سفر اتومبیل ناظر در جهت موردنظر

$t_b$ : زمان سفر اتومبیل ناظر در جهت مقابل

مثال: مطلوبست محاسبه حجم ترافیک از طریق روش اتومبیل ناظر.

| الف- حرکت از شمال به جنوب | | | | ب- حرکت از جنوب به شمال | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| زمان سفر | x | $y_1$ | $y_2$ | زمان سفر | x | $y_1$ | $y_2$ |
| ۲:۳۰ | ۴۸ | ۲ | ۳ | ۲:۵۵ | ۵۰ | ۲ | ۳ |
| ۲:۳۵ | ۴۳ | ۳ | ۴ | ۲:۴۵ | ۴۸ | ۲ | ۳ |
| ۲:۴۵ | ۵۲ | ۳ | ۴ | ۲:۴۰ | ۴۵ | ۳ | ۴ |
| ۲:۳۰ | ۴۲ | ۱ | ۳ | ۳:۱۰ | ۵۵ | ۲ | ۴ |
| ۲:۲۵ | ۴۰ | ۳ | ۳ | ۳:۰۰ | ۴۸ | ۳ | ۲ |
| ۲:۴۰ | ۵۲ | ۲ | ۴ | ۳:۰۵ | ۵۶ | ۳ | ۳ |
| ۲:۵۵ | ۵۱ | ۱ | ۲ | ۲:۴۵ | ۴۴ | ۲ | ۴ |
| ۲:۵۰ | ۴۷ | ۱ | ۲ | ۲:۵۰ | ۵۲ | ۱ | ۲ |
| ۲۱:۱۷ | ۳۷۵ | ۱۶ | ۲۵ | ۲۳:۱۷ | ۳۹۸ | ۱۸ | ۲۵ |
| ۲.۶۶ | ۴۶.۸۸ | ۲ | ۳.۱۳ | ۲.۹۱ | ۴۹.۷۵ | ۲.۲۵ | ۳.۱۳ |

حل:

الف) حجم ترافیک از شمال به جنوب در هر ساعت

$$q = \frac{x+y}{t_a+t_b} = \frac{49.75+(2-3.13)}{2.66+2.91} = 8.73 \ \ veh/\min \ \Rightarrow \ q = 524 \ \ veh/hr$$

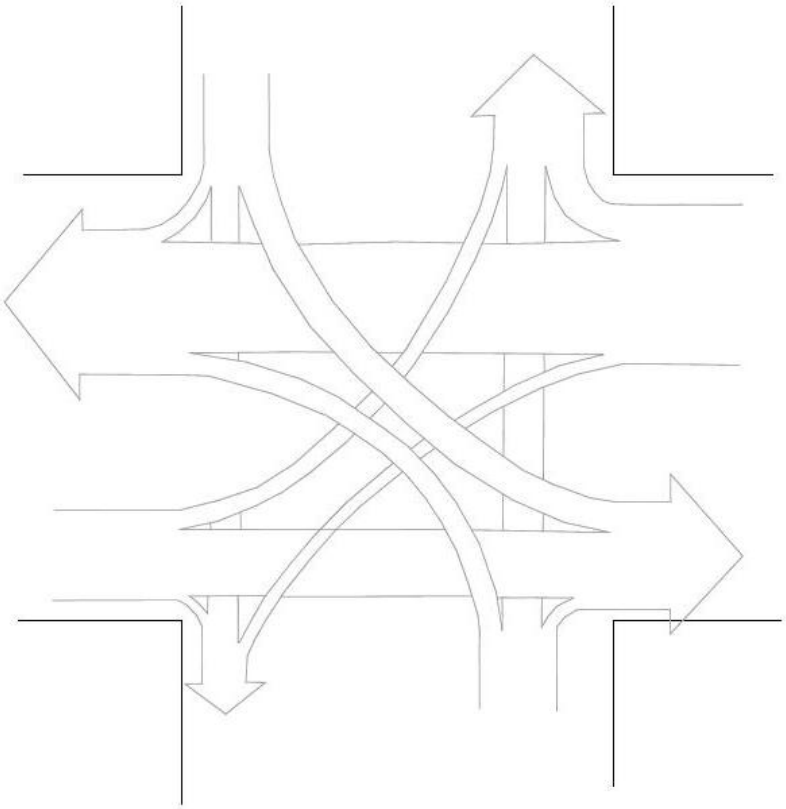
ب) حجم ترافیک از جنوب به شمال در هر ساعت

$$q = \frac{x+y}{t_a+t_b} = \frac{46.88+(2.25-3.13)}{2.91+2.66} = 8.26 \ \ veh/\min \ \Rightarrow \ q = 496 \ \ veh/hr$$

## نقشه تردد

توزیع حجم ترافیک در نقاط و مسیرهای مختلف شهری را می‌توان با نقشه‌ای بنام نقشه تردد نشان داد. در این نقشه‌ها ضخامت خطوطی که در واقع معابر شهری می‌باشند، به نسبت حجم ترافیکی که در آنها جریان دارد تغییر می‌کند.

در نقشه تردد یک تقاطع حجم ترافیک هر مسیر و حجم ترافیک گردشهای مختلف نشان داده می‌شود. در شکل مقابل نمونه‌ای از نقشه تردد در تقاطع آورده شده است.



# معادل‌سازی ترافیک مخلوط

تعداد سواری معادل کامیون با توجه به شرایط توپوگرافی متغیر است.

اعداد جدول زیر برای ایران است و اعدادی که در HCM می‌بینیم به دلیل تفاوت شرایط محیطی و نوع کامیونها (از نظر سرعت و سوخت و ...) با این اعداد متفاوت است.

| محیط | ضرایب معادل سواري براي كاميون | ضرایب معادل سواري براي اتوبوس | ضرایب معادل سواري براي وانت |
|---|---|---|---|
| دشت | 2 | 5/1 | 1/1 |
| تپه ماهور | 4 | 3 | 2/1 |
| کوهستان | 8 | 5 | 5/1 |

در برخی آئین‌نامه‌ها وانت را هم‌ارز سواری می‌گیرند ولی به خاطر مانع دید بودن اثر منفی کمی دارد.

## سرعت

بطور کلی سرعت به عنوان آهنگ حرکت و مسافت پیموده شده در واحد زمان بر حسب کیلومتر در ساعت یا مایل در ساعت تعریف می‌شود.

سرعت از پارامترهای اساسی در مطالعات ترافیکی بوده و تقریباً در بسیاری از کارهای مهندسی ترافیک مورد استفاده قرار می‌گیرد.

از جمله کاربردهای مهم سرعت عبارتند از:

- ✓ در مدیریت ترافیک به منظور بررسی سرعت وسایل‌نقلیه برای نصب علائم لازم در نقاط و محلهای مناسب و تعیین حداکثر و محدودیت سرعت
- ✓ در راهسازی به منظور طراحی جاده (برای تعیین شعاع قوسها، درصد شیبها، مسافت دید و ...)

## انواع سرعت

با توجه به هدف موردنظر برای مطالعه ترافیکی، انواع مختلف سرعت تعریف می‌گردد، که از جمله آنها عبارتند از:

- سرعت لحظه‌ای
- سرعت سفر
- سرعت حرکت

### ۱- سرعت لحظه‌ای

سرعتی که وسیله‌نقلیه در مقطع مشخصی از جاده دارد را سرعت لحظه‌ای گویند.

### روشهای اندازه‌گیری سرعت لحظه‌ای

الف- روش مشاهده و دستی
ب- انوسکوپ
ج- سرعت سنج راداری
د- پروژکتور زمانی

## الف- روش مشاهده و دستی

در این روش، دو نقطه مشخصی از مقطع جاده در فواصل ثابت و کوتاه انتخاب گردیده و دو ناظر در آن نقاط مستقر می‌شوند. آنگاه با عبور وسیله‌نقلیه از نقاط مربوطه، مدت زمان عبور بوسیله کرونومتر ثبت می‌گردد. با مشخص بودن زمان عبور و فاصله بین نقاط، سرعت لحظه‌ای وسایل‌نقلیه عبوری محاسبه می‌گردد.

سرعت لحظه‌ای اندازه‌گیری شده در این روش، سرعت لحظه‌ای دقیق وسایل‌نقلیه در مقطع موردنظر نمی‌باشد، ولی بعلت تغییرات ناچیز و اندک سرعت وسایل‌نقلیه در فاصله کم، دقت این اندازه‌گیری مناسب است.

## ب- انوسکوپ

این دستگاه نیز برای اندازه‌گیری سرعت در مسیرهای کم‌تردد بکار می‌رود. انوسکوپ دستگاه ساده‌ای است مرکب از جعبه‌ای که در داخل آن آینه‌ای مسطح نصب شده است. به کمک دو عدد انوسکوپ می‌توان سرعت لحظه‌ای وسایل‌نقلیه را اندازه گرفت.

## روش کار:

برای اندازه‌گیری سرعت لحظه‌ای، دو انوسکوپ را در محل موردنظر و در فاصله‌ای ثابت و کوتاه از یکدیگر قرار می‌دهند. شخصی ناظر با یک کرونومتر بین این دو انوسکوپ طوری قرار می‌گیرد، که بتواند انعکاس عبور وسایل‌نقلیه از برابر هر یک از دو انوسکوپ را مشاهده کند.

بدین ترتیب می‌تواند به کمک کرونومتر مدت زمان عبور هر وسیله‌نقلیه را از بین دو انوسکوپ اندازه بگیرد. با مشخص شدن زمان عبور و مشخص بودن فاصله بین دو انوسکوپ، سرعت لحظه‌ای محاسبه می‌شود.

## ج- سرعت‌سنج راداری

سرعت‌سنج راداری سرعت وسایل‌نقلیه را براساس تغییرات طول موج امواج الکترومغناطیس پرفرکانس که به طرف اتومبیل در حال حرکت روبرو می‌فرستد، اندازه‌گیری می‌کند. طول موج امواج بازتابیده از وسیله‌نقلیه به سرعت‌سنج، برحسب سرعت وسیله‌نقلیه تغییر می‌کند و میزان این تغییر طول موج، سرعت وسیله‌نقلیه را مستقیماً بر روی صفحه سرعت‌سنج نشان می‌دهد.

نقص:

عدم تشخیص دقیق و درست نوع وسایل‌نقلیه عبوری

## د- پروژکتور زمانی

از جمله دستگاههای اندازه‌گیری سرعت، وسایلی هستند که سرعت وسایل‌نقلیه را از طریق عکسبرداری مشخص می‌کنند. این دستگاهها در فاصله‌های زمانی معین (مثلاً در هر ثانیه) از تمام وسایل‌نقلیه‌ای که در میدان دید دوربین در حرکتند، عکسبرداری نموده و با داشتن فاصله (با پردازش تصویر) و زمان عبور (زمان عکسبرداری) سرعت لحظه‌ای وسایل‌نقلیه را مشخص می‌کنند.

در موقع تنظیم دوربین باید دقت نمود که دوربین بر فاصله معینی از جاده که موردنظر است، مسلط بوده و مسیر در میدان دید دوربین قرار داشته باشد.

علاوه بر روشهای بیان‌شده، سرعت‌سنج‌هایی وجود دارند، که قادرند سرعت وسایل‌نقلیه را از طریق وسیله‌نقلیه مجهز به آن تعیین نمایند. این سرعت‌سنج‌ها بیشتر در اختیار نیروی پلیس بوده که از آن برای کنترل و تعیین سرعت وسایل‌نقلیه استفاده می‌کند.

## ۲- سرعت حرکت

سرعت حرکت، متوسط سرعت وسیله‌نقلیه یا وسایل‌نقلیه در بین دو نقطه معین از جاده، بدون در نظر گرفتن زمان توقف بین آن دو نقطه می‌باشد.

سرعت حرکت از رابطه ذیل محاسبه می‌شود:

$$\overline{V}_R = \frac{\sum_{i=1}^{n} V_i}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left( \frac{l}{t_i} \right)}{n}$$

که در آن:

$\overline{V}_R$ : متوسط سرعت حرکت برحسب کیلومتر بر ساعت

$V_i$ : سرعت حرکت وسیله‌نقلیه i ام برحسب کیلومتر بر ساعت

$l$ : طول مسیر برحسب کیلومتر

$t_i$ : زمان حرکت وسیله‌نقلیه i ام در مسافت موردنظر برحسب ساعت

$n$ : تعداد وسایل‌نقلیه‌ای که سرعت حرکت آنها اندازه‌گیری شده است.

## ۳- سرعت سفر

سرعت سفر، متوسط سرعت وسیله‌نقلیه یا وسایل‌نقلیه بین دو نقطه معین از جاده، با در نظر گرفتن زمانهای توقف بین آن دو نقطه می‌باشد.

سرعت سفر از رابطه ذیل بدست می‌آید:

$$\overline{V}_J = \frac{\sum_{j=1}^{n} V_j}{n} = \frac{\sum_{j=1}^{n} \left( \frac{l}{t_j} \right)}{n}$$

که در آن:

$\overline{V}_J$ : متوسط سرعت سفر برحسب کیلومتر بر ساعت

$V_j$ : سرعت سفر وسیله‌نقلیه $i$ ام برحسب کیلومتر بر ساعت

$l$ : طول مسیر برحسب کیلومتر

$t_j$ : زمان سفر وسیله‌نقلیه $i$ ام در مسافت موردنظر برحسب ساعت

$n$ : تعداد وسایل‌نقلیه‌ای که سرعت سفر آنها اندازه‌گیری شده است.

اگر اختلاف سرعت سفر و سرعت حرکت زیاد باشد، آنگاه:

- سفر با توقفهای متعدد همراه بوده است.
- سفر با توقفهای طولانی همراه بوده است.
- هر دو شرط فوق می تواند رخ داده باشد.

لذا این حالت نشان دهنده شرایط نامناسب و خسته کننده سفر می باشد.
در غیر اینصورت، معمولاً نشان دهنده مسیری مناسب و سفری راحت می باشد.

## میانگین یا متوسط سرعت

با توجه به نحوه محاسبه میانگین سرعت، دو نوع متوسط سرعت وجود دارد:

الف- متوسط سرعت مکانی (فاصله‌ای)

ب- متوسط سرعت زمانی

### الف- متوسط سرعت مکانی (فاصله‌ای)

متوسط سرعت مکانی براساس میانگین زمان سفر بدست می‌آید. برای محاسبه آن از رابطه ذیل استفاده می‌گردد:

$$\overline{V}_S = \frac{L}{\bar{t}} = \frac{L}{\sum_{i=1}^{n} \frac{t_i}{n}} = \frac{nL}{\sum_{i=1}^{n} t_i}$$

که در آن:

$\overline{V}_S$ : متوسط سرعت مکانی برحسب کیلومتر بر ساعت

$L$ : طول مسیر برحسب کیلومتر

$t_i$ : زمان سفر وسیله‌نقلیه i ام بین دو نقطه موردنظر برحسب ساعت

$n$ : تعداد وسایل‌نقلیه‌ای که سرعت سفر آنها اندازه‌گیری شده است.

## ب- سرعت متوسط زمانی

متوسط سرعت زمانی از طریق اندازه‌گیری سرعتهای سفر وسایل‌نقلیه مختلف بدست می‌آید. که بصورت رابطه ذیل می‌باشد:

$$\overline{V_t} = \frac{\sum_{i=1}^{n} V_i}{n}$$

که در آن:

$\overline{V_t}$ : متوسط سرعت زمانی برحسب کیلومتر بر ساعت

$V_i$ : سرعت هریک از وسایل‌نقلیه در زمان اندازه‌گیری برحسب کیلومتر بر ساعت

$n$ : تعداد وسایل‌نقلیه‌ای که سرعت سفر آنها اندازه‌گیری شده است.

بطور کلی می‌توان گفت که متوسط سرعت زمانی، میانگین حسابی سرعتهای لحظه‌ای است، در حالیکه متوسط سرعت مکانی، میانگین همساز سرعتها می‌باشد.

رابطه تقریبی بین متوسط سرعت مکانی و زمانی بصورت ذیل می‌باشد:

$$\overline{V}_t = \overline{V}_s + \frac{\sigma^2}{\overline{V}_s}$$

که در آن، $\sigma^2$ واریانس ($\sigma$ انحراف معیار) توزیع سرعت متوسط مکانی می‌باشد.

لذا متوسط سرعت زمانی همواره بزرگتر از متوسط سرعت مکانی است، بجز در حالتیکه کل وسایل‌نقلیه با سرعتی یکسان حرکت نمایند.

مثال: سه وسیله‌نقلیه در حال عبور از یک قطعه یک کیلومتری از یک راه می‌باشند، که مشاهدات زیر بدست آمده است:

| وسیله‌نقلیه | مدت زمان عبور (دقیقه) |
|---|---|
| A | ۱.۲ |
| B | ۱.۵ |
| C | ۱.۷ |

مطلوبست محاسبه متوسط سرعت مکانی و زمانی این ۳ وسیله‌نقلیه.

حل:

الف- محاسبه متوسط سرعت مکانی

$$\bar{t} = \frac{1.2+1.5+1.7}{3} = 1.47 \ \text{min} = 0.0245 \ \ hr$$

$$\bar{V}_s = \frac{L}{\bar{t}} = \frac{1}{0.0245} = 40.82 \ \ km/hr$$

ب- محاسبه متوسط سرعت زمانی

۱- محاسبه سرعت وسایل‌نقلیه به تفکیک

$$V_A = \frac{1}{1.2} = 0.833 \ \ km/\text{min} = 50 \ \ km/hr$$

$$V_B = \frac{1}{1.5} = 0.667 \ \ km/\text{min} = 40 \ \ km/hr$$

$$V_C = \frac{1}{1.7} = 0.588 \ \ km/\text{min} = 35.3 \ \ km/hr$$

۲- محاسبه متوسط سرعت زمانی

$$\bar{V}_t = \frac{\sum_{i=1}^{n} V_i}{n} = \frac{50+40+35.3}{3} = 41.77 \ \ km/hr$$

## روشهای اندازه‌گیری سرعت سفر و حرکت

### ۱- با استفاده از روش اتومبیل ناظر

در روش اتومبیل ناظر، می‌توان از طریق رابطه ذیل میانگین زمان سفر را محاسبه نمود:

$$\bar{t} = t_b - \frac{y}{q}$$

آنگاه با استفاده از رابطه ذیل، متوسط سرعت مکانی وسایل‌نقلیه را می‌توان محاسبه نمود:

$$\overline{V} = \overline{V_s} = \frac{L}{\bar{t}}$$

که در آن:

$L$ : طول قسمتی از مسیر که اندازه‌گیری سرعت در آن انجام گرفته است.

## ۲- پیمایش مسیر با وسیله‌نقلیه

در این روش، با عبور وسیله‌نقلیه بین دو نقطه موردنظر در مسیر و اندازه‌گیری زمان سفر بین دو نقطه مربوطه و کسر زمان توقف در حین سفر از کل زمان سفر، زمان حرکت بین دو نقطه مورد مطالعه بدست می‌آید.

با مشخص شدن زمان سفر و زمان حرکت، سرعت سفر و حرکت محاسبه می‌شود.

## ۳- ثبت پلاک وسایل‌نقلیه

در این روش، با ثبت شماره پلاک وسایل‌نقلیه مختلف عبوری از بین دو نقطه مورد نظر، متوسط زمان سفر بین دو نقطه مربوطه بدست می‌آید. آنگاه با مشخص بودن فاصله بین دو نقطه مذکور، می‌توان سرعت سفر را محاسبه نمود.

با توجه به اینکه در این روش زمان توقف احتمالی وسایل‌نقلیه بین دو نقطه موردنظر قابل اندازه‌گیری نمی‌باشد، لذا زمان حرکت و در نتیجه سرعت حرکت قابل محاسبه نمی‌باشد.

## ۴- با استفاده از تلویزیون مدار بسته (CCTV) یا سیستم عکسبرداری

در این روش، با استفاده از تلویزیون مدار بسته یا عکسبرداری وسیله‌نقلیه عبوری از بین دو نقطه موردنظر به همراه زمان ورود و خروج آنها ثبت و استخراج می‌شود. سپس با محاسبه زمان سفر از اطلاعات استخراج شده، زمان حرکت و در نهایت سرعت حرکت محاسبه می‌شود.

از این روش در موارد خاص و بر حسب موقعیت محل استفاده می‌شود.

## تاخیر تراکم

تراکم یکی از ناخوشایندترین پدیده‌هایی است که در اثر افزایش تعداد وسایل‌نقلیه نسبت به ظرفیت تقاطعات و مسیرهای مختلف به وقوع می‌پیوندد. ناخوشایندی این پدیده را به راحتی می‌توان در چهره و حرکات رانندگانی که در اثر تراکم متوقف شده‌اند و منتظر اجازه عبور و یا باز شدن مسیرند، مشاهده کرد.

تاخیر ناشی از تراکم و کاهش سرعت در شهرها میلیونها ساعت وقت روزانه را تلف می‌کند.

برای محاسبه تاخیر تراکم برحسب مورد از روشهای ذیل استفاده می‌شود:

۱- در روش اول، متوسط سرعت حرکت با توجه به سرعت مجاز مسیر، در مواقعی که مسیر حرکت آزاد است و رانندگی به راحتی انجام می‌شود، محاسبه می‌شود و نتیجه حاصل به عنوان سرعت حرکت بدون تراکم در نظر گرفته می‌شود. پس از تعیین سرعت آزاد، زمان سفر در آن مسیر در دو حالت حرکت آزاد و حالت تراکم محاسبه شده و تاخیر تراکم را با توجه به آن بدست آورده می‌شود.

این روش بیشتر در جاده‌های اصلی و مسیرهای خارج از شهر بکار گرفته می‌شود.

۲- در روش دوم، متوسط سرعتهای لحظه‌ای وسایل‌نقلیه را در نقاطی از مسیر اندازه می‌گیرند که در آنها تقریباً هیچگونه مانعی که باعث کندی حرکت شود، وجود ندارد. متوسط سرعت لحظه‌ای در شرایط یاد شده، به عنوان متوسط سرعت حرکت بدون تراکم یا سرعت حرکت قابل قبول در نظر گرفته می‌شود. سپس با محاسبه و مقایسه زمان سفر در دو حالت قابل قبول و حالت تراکم، تاخیر تراکم محاسبه می‌شود.

این روش بیشتر در جاده‌های داخلی و پر رفت و آمد شهری که تقاطعات نسبتاً زیادی دارند، بکار گرفته می‌شود.

مثال: در جاده‌ای به طول ۴۸۰ متر، پارامترهای ذیل اندازه‌گیری و محاسبه شده‌اند:

| | |
|---|---|
| متوسط سرعت حرکت در ساعت طرح | ۲۳.۸ کیلومتر بر ساعت |
| متوسط زمان سفر در ساعت طرح | ۱۳۵ ثانیه |
| متوسط زمان حرکت در ساعت طرح | ۷۲.۶ ثانیه |
| سرعت مجاز | ۵۰ کیلومتر بر ساعت |
| متوسط سرعتهای لحظه ای در مقطعی با حداقل تراکم | ۳۳.۵ کیلومتر بر ساعت |

مطلوبست میزان تاخیر تراکم در این مسیر.

حل:

روش اول:

$$\text{زمان حرکت در حالت آزاد} = \frac{480}{50} \times \frac{3600}{1000} = 34.56 \quad \text{ثانیه}$$

$$\text{تاخیر تراکم} = 72.60 - 34.56 = 38.04 \quad \text{ثانیه}$$

$$\text{درصد تاخیر تراکم نسبت به زمان سفر} = \frac{38.04}{135} \times 100 = \%28.18$$

روش دوم:

$$\text{زمان حرکت در حالت غیر متراکم} = \frac{480}{33.5} \times \frac{3600}{1000} = 51.58 \quad \text{ثانیه}$$

$$\text{تاخیر تراکم} = 72.60 - 51.58 = 21.02 \quad \text{ثانیه}$$

$$\text{درصد تاخیر تراکم نسبت به زمان سفر} = \frac{21.02}{135} \times 100 = \%15.57$$

## فاصله عبور

فاصله عبور وسایل‌نقلیه در یک مسیر عبارتست از فاصله زمانی یا مکانی وسایل‌نقلیه متوالی از یکدیگر.

فاصله عبور از جمله عوامل مهم و اساسی در نشان دادن خصوصیات جریان ترافیک در یک مسیر است. از آنجائیکه اندازه‌گیری فاصله عبور زمانی راحت‌تر و کاربرد آن در مسائل ترافیک زیادتر از فاصله عبور مکانی است، در بیشتر موارد منظور از فاصله عبور، فاصله عبور زمانی است.

اگر فاصله عبور وسایل‌نقلیه در یک مسیر در یک فاصله زمانی معین اندازه‌گیری شود، مشاهده می‌گردد که زمان عبور وسایل‌نقلیه متوالی از مقطع مشخصی از جاده با یکدیگر متفاوت است؛ که مقدار این تفاوت به وضعیت ترافیک و مسیر بستگی دارد.

اگر ترافیک نسبتاً سبک باشد، بطوریکه وسایل‌نقلیه بتوانند براحتی از یکدیگر سبقت بگیرند، فاصله عبور می‌تواند از حدود صفر تا مدت زمان نسبتاً طولانی تغییر کند.

در حالیکه در جاده‌هایی که عبور وسایل‌نقلیه سنگین و متراکم بوده و امکان سبقت مشکل باشد، فواصل عبور نسبتاً بزرگ و نیز صفر بندرت مشاهده می‌شود.

فاصله عبور را در حالات مختلفی اندازه می‌گیرند، مثلاً فاصله عبور وسایل‌نقلیه‌ای که در خطی از یک مسیر در حرکتند یا فاصله عبور وسایل‌نقلیه‌ای که در یک جهت از تمام مسیر در حرکتند.

## اندازه‌گیری فاصله عبور زمانی

در شرایطی که تردد وسایل‌نقلیه نسبتاً محدود و تراکم ترافیک سبک باشد، از طریق ثبت زمان بین وسایل‌نقلیه متوالی با استفاده از کرنومتر می‌توان فاصله عبور زمانی را اندازه‌گیری نمود.

## محاسبه فاصله عبور مکانی

فاصله عبور مکانی را می‌توان به کمک رابطه ذیل محاسبه نمود:

$$H_D = L + pv + \frac{v^2}{2fg}$$

که در آن:

$H_D$ : فاصله عبور مکانی برحسب متر

$L$ : طول وسیله‌نقلیه جلویی برحسب متر

$p$ : زمان عکس‌العمل راننده برحسب ثانیه

$v$ : سرعت وسیله‌نقلیه برحسب متر بر ثانیه

$f$ : ضریب اصطکاک جاده با لاستیک در شرایط اندازه‌گیری

$g$ : شتاب ثقل زمین برحسب متر بر مجذور ثانیه

بخش دوم و سوم رابطه مذکور یعنی ($pv$) و ($v^2/2fg$)، مجموعاً معرف حفظ حداقل فاصله لازمی است که راننده باید با وسیله‌نقلیه جلویی رعایت کند تا در صورت توقف ناگهانی وسیله‌نقلیه جلویی، بتواند بدون برخوردی با آن متوقف شود، که این فاصله را فاصله توقف ایمن می‌گویند.

بخش سوم رابطه، یعنی ($v^2/2fg$) را فاصله ترمز می‌گویند زیرا مقدار آن برابر فاصله‌ای است که هر وسیله‌نقلیه از لحظه ترمز تا توقف کامل طی می‌کند. این فاصله غالباً با خط ترمز روی سطح جاده مشخص می‌شود.

## روابط بین سرعت، تردد و چگالی یک جریان ترافیک

•برای بررسی جریان و وضعیت ترافیک، روشهای مختلفی وجود دارد که در این بررسی سه عامل سرعت، تردد و چگالی اهمیت خاصی دارند.

منظور از سرعت، متوسط سرعت مکانی است و منظور از چگالی، تعداد وسایل‌نقلیه‌ای است که در طول واحد یک مسیر در حرکتند. منظور از تردد نیز، تعداد وسایل‌نقلیه‌ای است که در زمان واحد از مقطع مشخصی از یک مسیر عبور می‌کنند. رابطه بین سه پارامتر سرعت، تردد و چگالی را می‌توان بدین ترتیب بدست آورد:

اگر طول کوتاه $l$ از یک مسیر در نظر گرفته شود که از نقطه مشخصی و در یک جهت از آن، تعداد $N$ وسیله‌نقلیه در زمان معین $T$، عبور نمایند. در اینصورت میزان تردد (Q) برابر است با:

$$Q = \frac{N}{T}$$

•در عین حال، چگالی ترافیک (D) برابر است با:

تعداد وسایل‌نقلیه‌ای که در یک جهت در طول $l$ در حرکتند، برابر است با:

$$\frac{\sum_{i=1}^{N}(t_i)}{T}$$

که در آن:

$t_i$ : مدت زمانی است که وسیله‌نقلیه $i$ ام، مسافت $l$ را طی می‌کند.

لذا چگالی ترافیک برابر است با:

$$D=\frac{\frac{\sum_{i=1}^{N}(t_i)}{T}}{l}=\frac{\frac{1}{T}}{\frac{l}{\sum_{i=1}^{N}(t_i)}}=\frac{\frac{N}{T}}{\frac{Nl}{\sum_{i=1}^{N}(t_i)}}=\frac{Q}{\overline{V_s}}$$

بعبارت دیگر، تردد برابر است با حاصلضرب چگالی در سرعت متوسط مکانی.

$$Q=D\times\overline{V_s}$$

•تحقیقات و بررسی های زیادی برای بدست آوردن روابط بین این سه پارامتر انجام شده است. در این میان، بدست آوردن رابطه بین سرعت و تردد بیشتر مورد نظر بوده است، زیرا هدف اساسی بدست آوردن مناسب‌ترین سرعت برای بیشترین تردد است.

•واضح است که وقتی رابطه بین دو پارامتر بدست آید، براحتی می‌توان روابط بین هر سه پارامتر با یکدیگر را بصورت مجزا محاسبه نمود.

گرین شیلدز از اولین کسانی است که در این رابطه به تحقیق پرداخته است. وی رابطه بین چگالی و سرعت را بصورت خطی و به شکل ذیل بدست آورده است.

$$\overline{V_s} = \overline{V_f} - (\frac{\overline{V_f}}{D_j})D \quad \text{یا} \quad D = D_j - (\frac{D_j}{\overline{V_f}})\overline{V_s}$$

که در آن:

$\overline{V_s}$ : متوسط سرعت مکانی

$\overline{V_f}$ : متوسط سرعت مکانی برای حالت تردد آزاد

$D_j$ : حداکثر چگالی (چگالی اشباع)

به این ترتیب، رابطه بین سرعت و چگالی برابر است با:

$$Q = \bar{V}_s \times D = (\bar{V}_f - (\frac{\bar{V}_f}{D_j})D) \times D = \bar{V}_f .D - (\frac{\bar{V}_f}{D_j}).D^2$$

همچنین، رابطه بین سرعت و تردد برابر است با:

$$Q = \bar{V}_s \times D = \bar{V}_s \times (D_j - (\frac{D_j}{\bar{V}_f})\bar{V}_s) = D_j .\bar{V}_s - (\frac{D_j}{\bar{V}_f}).\bar{V}_s^2$$

با توجه به روابط فوق، مشاهده می‌گردد که اگر رابطه بین سرعت و چگالی خطی فرض شود، آنگاه رابطه بین تردد و چگالی و رابطه بین تردد و سرعت بصورت سهمی یا درجه ۲ خواهد شد.

## محاسبه تردد ماکزیمم

برای محاسبه تردد ماکزیمم، مشتق رابطه تردد–چگالی نسبت به متغیر چگالی و مشتق رابطه تردد–سرعت نسبت به متغیر سرعت را بدست آورده و برابر صفر قرار داده می‌شود. به این ترتیب مقادیر چگالی و سرعت در حالتی که تردد ماکزیمم است، محاسبه می‌شود.

$$Q = \bar{V}_f.D - (\frac{\bar{V}_f}{D_j}).D^2 \rightarrow \frac{dQ}{dD} = \bar{V}_f - (2\frac{\bar{V}_f}{D_j}D) = 0 \Rightarrow D = D_m = \frac{D_j}{2}$$

$$Q = D_j.\bar{V}_s - (\frac{D_j}{\bar{V}_f}).\bar{V}_s^2 \rightarrow \frac{dQ}{d\bar{V}_s} = D_j - (2\frac{D_j}{\bar{V}_f}\bar{V}_s) = 0 \Rightarrow \bar{V}_s = \bar{V}_m = \frac{\bar{V}_f}{2}$$

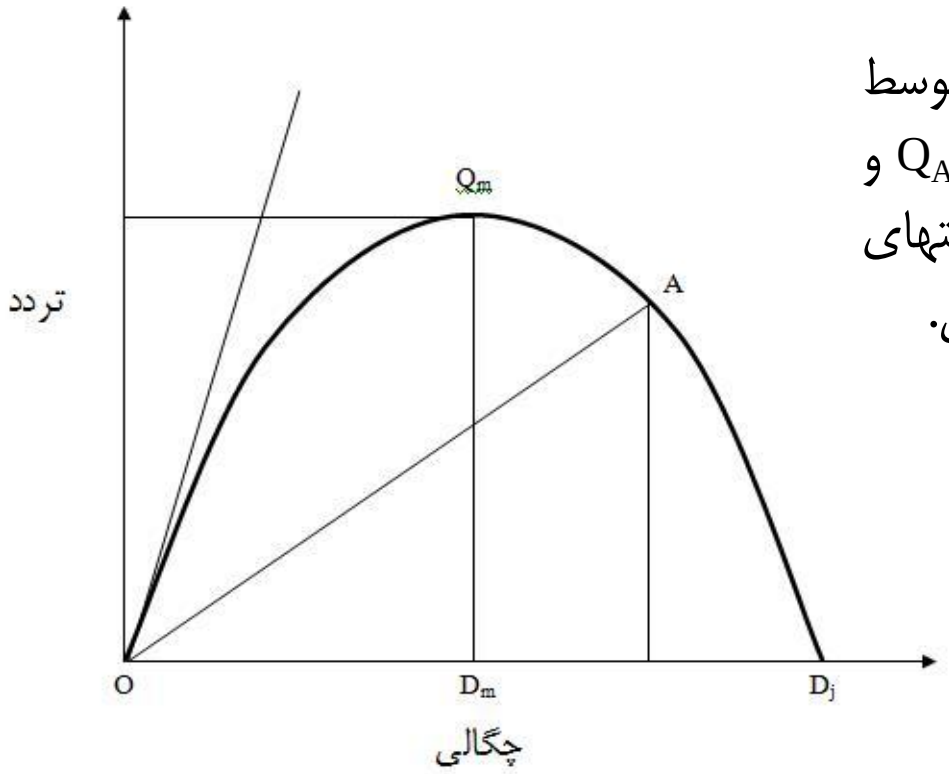
لذا مقدار تردد ماکزیمم برابر است با:

$$Q_{max} = D_{max} \times \bar{V}_{s\,max} = \frac{D_j}{2} \times \frac{\bar{V}_f}{2} = \frac{D_j.\bar{V}_f}{4} = 0.25\, D_j.\bar{V}_f$$

## تشریح رابطه بین تردد و چگالی

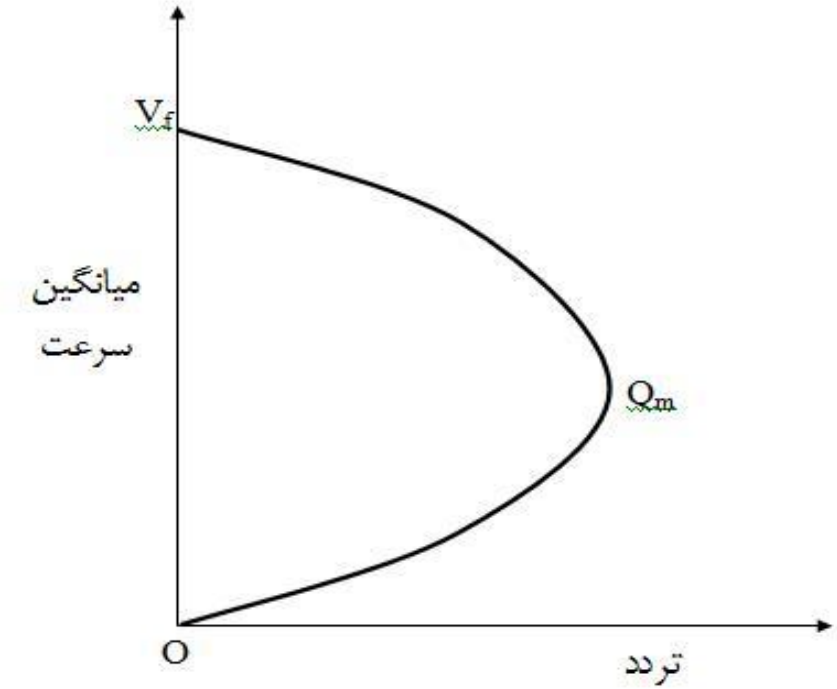
وقتی چگالی صفر است، میزان تردد نیز صفر است. همچنانکه چگالی افزایش پیدا می‌کند، میزان تردد افزایش یافته و به حداکثر خود می‌رسد. سپس با افزایش چگالی، تردد کاهش پیدا کرده و در چگالی اشباع به صفر می‌رسد. نمودار رابطه بین تردد–چگالی را نمودار اساسی ترافیک می‌نامند.

شیب خط OA در شکل معرف متوسط سرعت مکانی است که متناسب با تردد $Q_A$ و چگالی $D_A$ است، زیرا متوسط سرعتهای مکانی برابر است با تردد تقسیم بر چگالی.



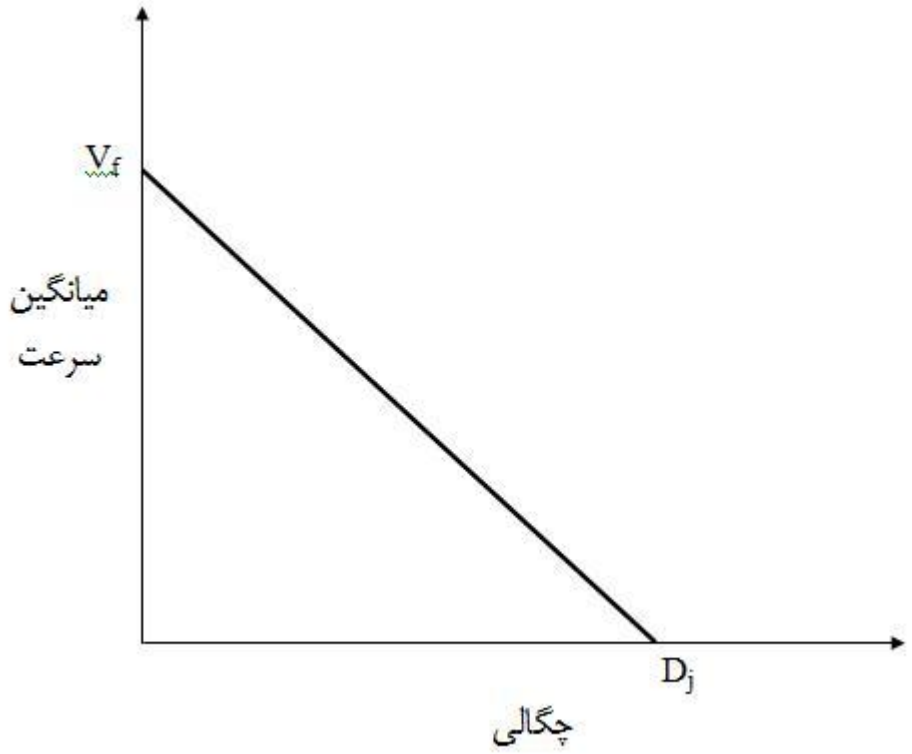
## تشریح رابطه بین تردد و سرعت

رابطه بین تردد و سرعت مانند شکل زیر می‌باشد. چنانکه مشاهده می‌شود، وقتی تردد افزایش پیدا می‌کند، سرعت وسایل‌نقلیه کاهش می‌یابد و در نتیجه زمان سفر طولانی‌تر می‌شود. به عبارت دیگر، در سرعت آزاد تردد صفر است اما با کاهش سرعت، تردد افزایش می‌یابد تا جاییکه به ماکزیمم مقدار خود می‌رسد و از آنجا به بعد تردد دوباره کاهش می‌یابد و به صفر می‌رسد.



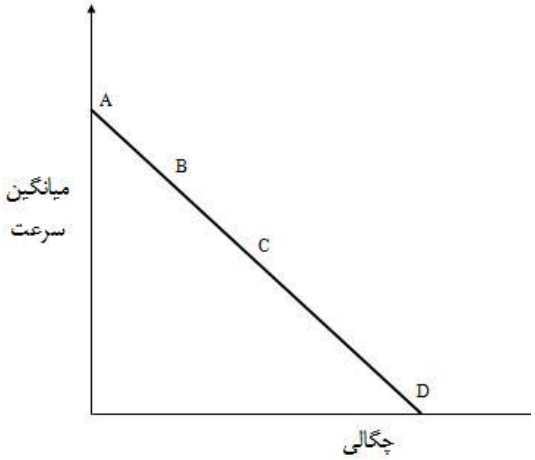
## تشریح رابطه بین سرعت و چگالی

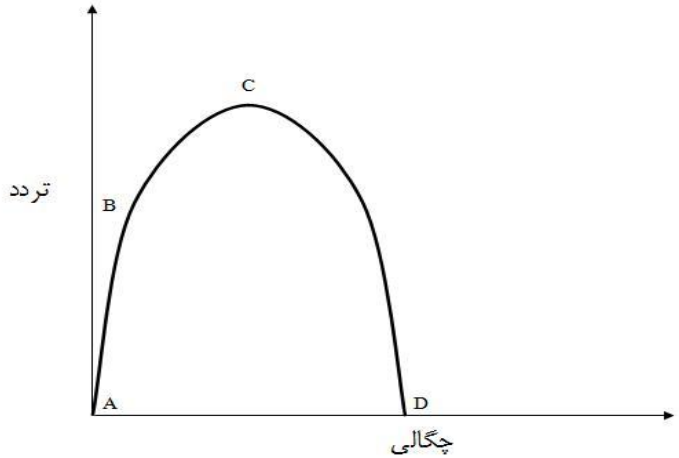
رابطه بین سرعت و چگالی مانند شکل زیر می‌باشد. چنانکه مشاهده می‌شود، وقتی چگالی صفر است، سرعت وسایل‌نقلیه برابر سرعت آزاد می‌باشد که با افزایش چگالی، سرعت کاهش می‌یابد و با رسیدن به چگالی اشباع، سرعت به صفر می‌رسد.

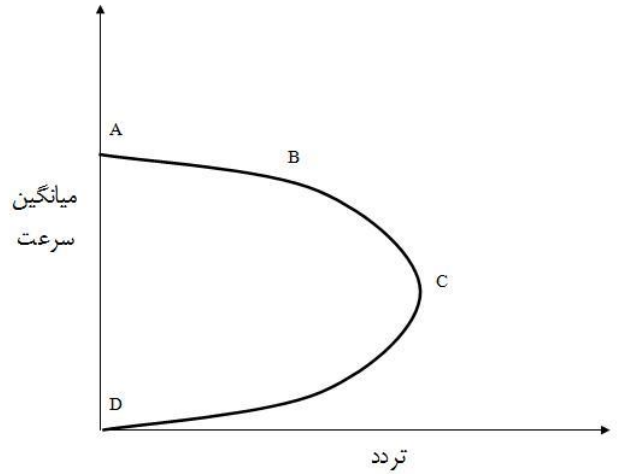


## تشریح وضعیت جریان ترافیک در نقاط A، B، C و D واقع در نمودارهای تردد- چگالی، تردد- سرعت و سرعت- چگالی:

•چنانکه در اشکال اسلاید بعد مشاهده می‌گردد، در نقطه A، چگالی نزدیک به صفر است و تعداد بسیار کمی وسیله‌نقلیه بر روی جاده وجود دارد. حجم نیز نزدیک به صفر است و این تعداد کم وسایل‌نقلیه بر روی جاده می‌توانند سرعتهای موردنظر جود را انتخاب کنند و یا خط عبوری خود را بدون محدودیت تغییر دهند.

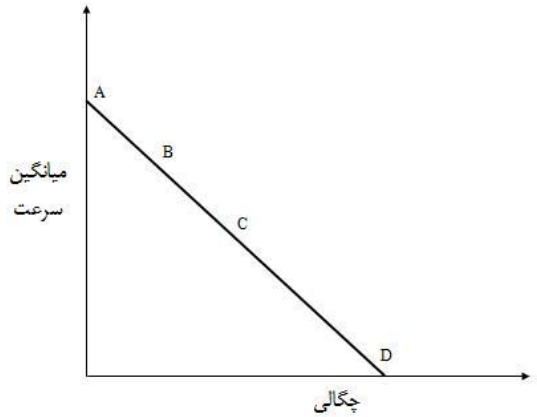


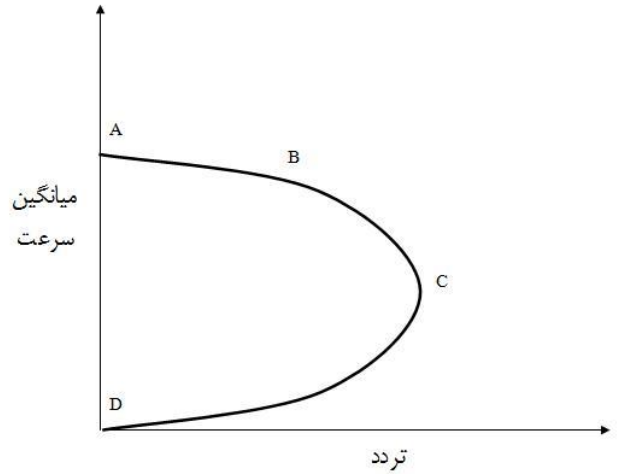



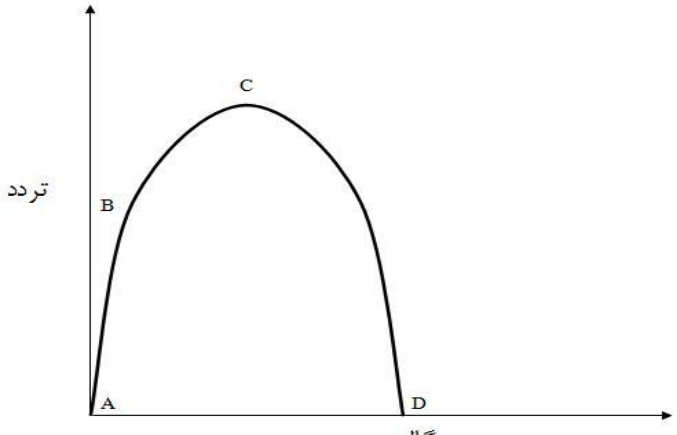



## تشریح وضعیت جریان ترافیک در نقاط A، B، C و D واقع در نمودارهای تردد- چگالی، تردد- سرعت و سرعت- چگالی:

•در نقطه B، تعداد وسایل‌نقلیه افزایش پیدا کرده، اما شرایط جریان آزاد حاکم است و بندرت محدودیتی وجود دارد، البته چنین محدودیتهایی مرتباً تا زمانیکه به نقطه C برسیم رو به افزایش است. شرایط جریان را از B به C می‌توان عادی تلقی کرد. همچنانکه چگالی افزایش می‌یابد، رانندگان آزادی خود را در مانور کردن وسایل‌نقلیه و رسیدن به سرعت و خط عبوری که انتخاب کرده‌اند، از دست می‌دهند.

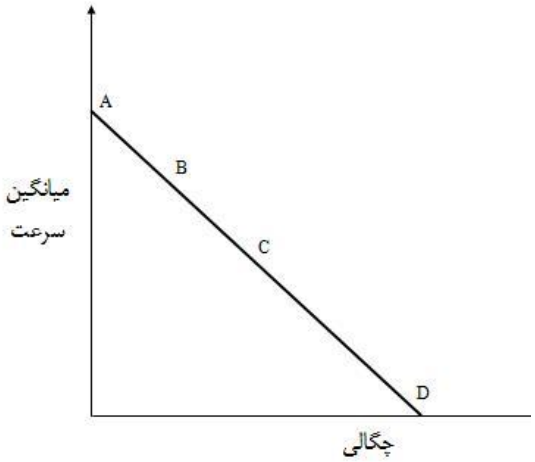


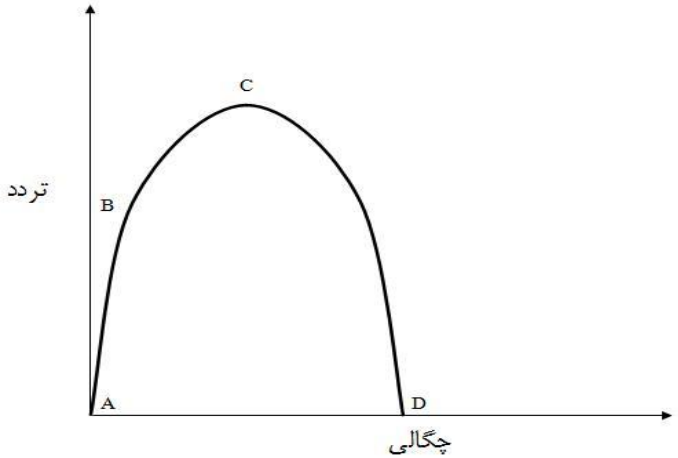



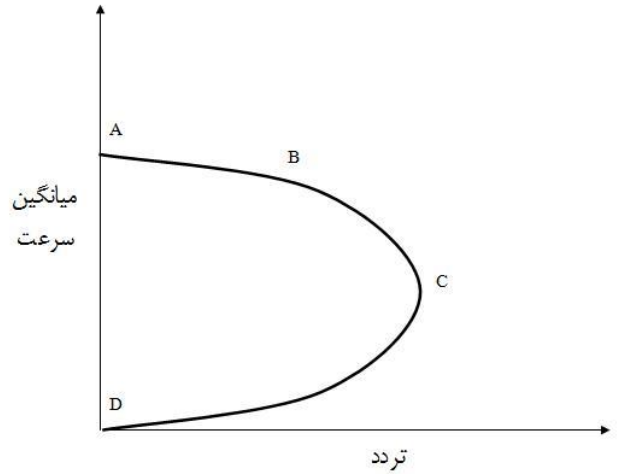



## تشریح وضعیت جریان ترافیک در نقاط A، B، C و D واقع در نمودارهای تردد- چگالی، تردد- سرعت و سرعت- چگالی:

- در حدود نقطه C، شرایط ترافیکی علائم ناپایداری از خود نشان می‌دهند، سرعتها و چگالیها با کمترین تغییراتی در حجم نوسان می‌کنند. نقطه C، نقطه حداکثر حجم است و افزایش بیشتر در چگالی باعث کاهش قابل ملاحظه‌ای در سرعت می‌شود. جریان در نزدیکی نقطه D تا حدود صفر کاهش می‌یابد، به نحوی که خودروها تقریباً سپر به سپر یکدیگر قرار می‌گیرند.



# چراغ‌های راهنمایی

## چراغ راهنمایی

•چراغ راهنمایی، بی‌تردید از آشناترین و مهمترین وسایل کنترل ترافیک و تنظیم عبور و مرور وسایل‌نقلیه و افزایش ایمنی در تقاطعات می‌باشد.

•اگرچه چراغ راهنمایی از حرکت پیوسته وسایل‌نقلیه در مسیرهای مختلف یک تقاطع جلوگیری می‌کند و موجب بروز تاخیر می‌شود، اما بطور کلی در صورت محاسبه درست زمان‌بندی آن متوسط تاخیر وسایل‌نقلیه کمتر از زمانی خواهد بود که تقاطع بدون چراغ راهنمایی باشد.

•معمولاً چراغ راهنمایی را بطور مستقل و جداگانه برای کنترل تقاطعات بکار می‌برند، اما گاهی برحسب ضرورت و برای بازدهی بهتر ممکن است چراغ‌های راهنمایی چند تقاطع یا کلیه تقاطعات یک مسیر را به طریقی به هم ارتباط داد و هماهنگ کرد.

•امروزه به کمک روشهای کامپیوتری می‌توان چراغ‌های راهنمایی تقاطعات قسمتی از شهر یا تمام شبکه ترافیک شهر را بهم ارتباط داد و هماهنگ نمود. این روش که کنترل منطقه‌ای ترافیک نامیده می‌شود، مستلزم مطالعات وسیع، دسترسی به تکنولوژی پیشرفته و صرف هزینه بالا می‌باشد.

## توالی چراغ راهنمایی

توالی چراغ‌های راهنمایی بصورت قرمز، سبز و زرد می‌باشد.

## چرخه و مدت زمان چرخه چراغ راهنمایی

هر دور کامل توالی چراغ راهنمایی را یک چرخه و مجموع زمان یک چرخه را مدت چرخه می‌نامند.

## فاز

یک یا چند جریان ترافیکی که در مدت زمان یک چرخه، همزمان فرمان علامتی یکسان را دریافت می‌کنند، اصطلاح فاز بکار می‌رود.

## زمان بین دو سبز

فاصله زمانی از انتهای زمان سبز یک فاز تا شروع زمان سبز فاز بعدی را زمان بین دو سبز می‌گویند.

## زمان تمام قرمز

زمانی که در همه فازها با هم قرمز هستند، اصطلاحاً زمان تمام قرمز می‌نامند.

زمان تمام قرمز را معمولاً در مواقعی که عبور و مرور پیاده‌ها زیاد باشد، جهت تسهیل در امر عبور و مرور آنها از عرض خیابانها در نظر می‌گیرند.

## انواع چراغ راهنمایی

معمولاً سه نوع چراغ راهنمایی مورد استفاده قرار می‌گیرند، که عبارتند از:

- ✓ چراغ راهنمایی با زمان ثابت
- ✓ چراغ راهنمایی متغیر
- ✓ چراغ راهنمایی نیمه‌متغیر

## چراغ راهنمایی با زمان ثابت

•زمان‌بندی این چراغ که براساس وضعیت ترافیک محل در ساعت طرح محاسبه و اعمال می‌شود، ثابت است و تغییرات تردد وسایل‌نقلیه در زمانهای مختلف اثری بر زمان‌بندی چراغ ندارد. به عبارت دیگر، هر تغییری در زمان‌بندی چراغ راهنمایی با زمان ثابت جز از طریق تنظیم مجدد یا با دست مقدور نیست.

•از آنجاییکه معمولاً میزان ترددی که زمان‌بندی چراغ بر اساس آن محاسبه و تنظیم شده است، تغییر می‌کند و این چراغها حساسیتی نسبت به تغییرات تردد ندارند، غالباً لازم است که در ساعاتی معینی از روز زمان‌بندی چراغ را با دست تغییر داد. این عمل را عمدتاً پلیس راهنمایی انجام می‌دهد.

•همچنین در ساعاتی که تردد وسایل‌نقلیه از مسیرهای مختلف تقاطع بسیار سبک است، چراغ را بصورت چشمک‌زن در می‌آورند تا از تاخیرهای نسبتاً زیاد و بی‌مورد وسایل‌نقلیه جلوگیری شود. در این حالت چراغ راهنمایی عملاً نقش احتیاط را بازی می‌کند.

## مزایای چراغ راهنمایی با زمان ثابت

چراغ راهنمایی با زمان ثابت از نظر قیمت اولیه و هزینه نگهداری نسبت به چراغهای متغیر ارزان‌ترند.

## معایب چراغ راهنمایی با زمان ثابت

عدم حساسیت این چراغها نسبت به تغییرات تردد از جمله معایب چراغ راهنمایی با زمان ثابت می‌باشد. یعنی زمان‌بندی این چراغ‌ها صرفاً برای ساعت طرح می‌باشد.

## چراغ راهنمایی متغیر

این نوع چراغهای راهنمایی نسبت به تغییرات تردد حساسند و دامنه زمان سبز هر فاز که قبلاً تنظیم شده است، به میزان تردد در مسیرهای آن فاز بستگی دارد.

تنظیم زمان سبز با نصب شاخصهایی در فواصل معین از خط توقف و در تمام مسیرهای منتهی به تقاطع انجام می‌گیرد.

در تنظیم زمان‌بندی این چراغها سه نوع زمان در نظر گرفته می‌شود:

### الف) حداقل زمان عبور

این زمان حداقل زمانی است که می‌توان به هر فاز از چراغ راهنمایی اختصاص داد تا وسایل‌نقلیه‌ای که بین خط توقف مسیرهای مربوط به آن فاز و شاخص‌ها متوقف شده‌اند، امکان عبور از تقاطع را داشته باشند.

در دستگاههای جدید این زمان ثابت نیست و معمولاً بین ۷ تا ۱۳ ثانیه تنظیم می‌شود.

این دامنه تنظیم باعث می‌شود که وقتی در یک مسیر وسیله‌نقلیه‌ای وجود ندارد یا تردد وسایل‌نقلیه در آن مسیر کم است، زمان سبز آن فاز تا حداقل ۷ ثانیه کاهش پیدا کند و برای عبور وسایل‌نقلیه در جهات دیگر فرصت بیشتری به وجود آید.

## ب) زمان تمدید

در چراغ متغیر، اگر عبور وسایل‌نقلیه در مسیر یا مسیرهای مربوط به آن فاز ادامه داشته باشد، می‌توان زمان سبز آن فاز را تا حدودی معینی تمدید کرد. بعبارت دیگر، وقتی وسیله‌نقلیه‌ای در مسیری که چراغ مربوط به آن سبز است به محل نصب شاخصها می‌رسد، دستگاه زمان سبز چراغ راهنمایی را به اندازه‌ای تمدید می‌کند که برای عبور آن وسیله کافی باشد.

در چراغهای متغیر قدیمی این زمان ثابت بود، اما در انواع جدید مدت آن به سرعت وسیله‌نقلیه بستگی دارد.

## ب) حداکثر زمان سبز

از آنجاییکه امکان عبور پیوسته وسایل‌نقلیه در یک مسیر از تقاطعی، موجب تاخیر فراوان بر وسایل‌نقلیه دیگر مسیرها می‌شود، لذا برای جلوگیری از این تاخیر فراوان، لازم است زمان سبز هر فاز به میزان معینی تمدید شود.

بعبارت دیگر، باید برای زمان سبز هر فاز حداکثری در نظر گرفت که پس از اتمام آن (حتی اگر تردد وسایل‌نقلیه در مسیرهای آن فاز ادامه داشته باشد) زمان سبز آن فاز تمام شود و زمان سبز فاز بعدی شروع شود.

اگر تردد وسایل‌نقلیه در تمام جهات تقاطع زیاد باشد (ساعت اوج)، چراغ راهنمایی متغیر همانند چراغ راهنمایی با زمان ثابت عمل می‌کند.

## چراغ راهنمایی نیمه‌متغیر

چراغهای راهنمایی نیمه‌متغیر ساختاری نظیر چراغهای راهنمایی متغیر دارند و بوسیله شاخص کنترل می‌شوند و در موارد خاص بکار می‌روند.

این چراغ‌ها معمولاً در مواقعی که تردد وسایل‌نقلیه در یک جاده فرعی نسبت به جاده اصلی بسیار کم باشد، ممکن است بکار روند.

در این حالت، شاخصها در جاده فرعی نصب شده و تا زمانیکه وسیله‌نقلیه‌ای از جاده فرعی نگذرد، چراغ مربوط به آن مسیر قرمز می‌ماند و عبور در جاده اصلی آزاد است. زمان سبز فاز مربوط به جاده فرعی را طوری تنظیم می‌کنند که اگر احیاناً تردد وسایل‌نقلیه در جاده فرعی نسبتاً زیاد شود، زمان سبز فقط برای مدت معین یا حداکثر تمدید شود.

## چراغ مخصوص عابرپیاده

در تقاطعاتی که با چراغ راهنمایی کنترل می‌شوند، عبور پیاده از عرض مسیرها نیز به وضعیت فازهای چراغ راهنمایی بستگی دارد.

همراه با فاز قرمز چراغ راهنمایی مسیر، چراغ مخصوص پیاده سبز شده و به عابرپیاده اجازه عبور داده می‌شود و برعکس، زمانیکه فاز آن مسیر سبز باشد، با قرمز شدن چراغ مخصوص عابرپیاده عبور ممنوع می‌شود.

این روش معمولاً در مواقعی بکار می‌رود، که حجم گردش به راست و چپ وسایل‌نقلیه کم باشد و امکان عبور ایمن عابرین‌پیاده وجود داشته باشد.

در غیر اینصورت، فاز جداگانه‌ای برای عابرین‌پیاده اختصاص داده می‌شود. در این حالت، زمانیکه عابرین‌پیاده اجازه عبور دارند، وسایل‌نقلیه اجازه عبور ندارند و در نتیجه امکان عبور عابرین‌پیاده با ایمنی کامل فراهم می‌شود.

در این روش به دلیل اختصاص فاز جداگانه‌ای برای عابرین‌پیاده و توقف وسایل‌نقلیه در تمام جهات تاخیر بیشتری بر وسایل‌نقلیه وارد می‌شود.

چراغ مخصوص عابرین‌پیاده تنها دو رنگ سبز و قرمز دارد، که دو بصورت ممکن است ظاهر شود:

- قرمز، بصورت تصویر شخصی ایستاده به رنگ قرمز در زمینه سیاه یا با روشن شدن کلمه قرمز رنگ ایست.
- سبز، بصورت تصویر شخصی در حال حرکت به رنگ سبز در زمینه سیاه یا با روشن شدن کلمه سبز رنگ عبور.

تعبیه فاز مخصوص عابرین‌پیاده، به دو صورت ممکن است انجام شود:

- بصورت دستی، از طریق دستگاهی مجهز به دکمه‌ای که با فشار دادن آن پس مدتی معین رنگ سبز ظاهر می‌شود.
- بصورت خودکار، رنگ سبز فاز مخصوص عابرین‌پیاده در هر دور یکبار و در موقع معین ظاهر می‌شود.

در روش خودکار، اگر حجم عابرین‌پیاده کم باشد موجب تاخیر بی‌مورد وسایل‌نقلیه خواهد شد، در حالیکه با کنترل دستی تاخیر بی‌مورد حذف می‌شود.

## شرایط نصب چراغ راهنمایی

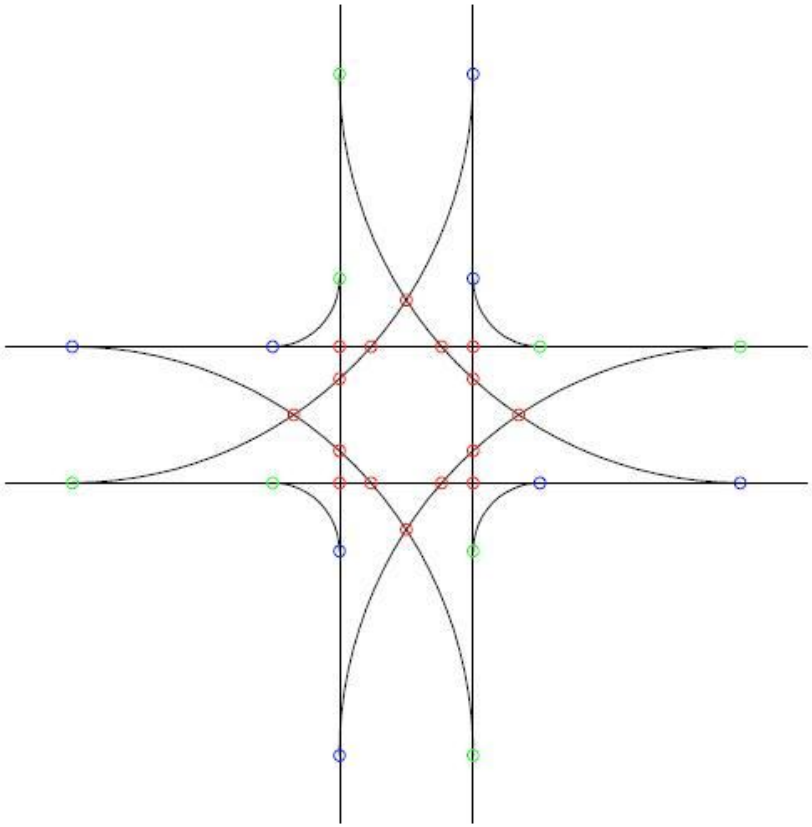
لزوم نصب چراغ راهنمایی در هر تقاطع را باید جداگانه و با توجه به مشخصات آن نظیر میزان تردد وسایل‌نقلیه از مسیرهای مختلف تقاطع، جهات گردش در این مسیرها، ایمنی عبور عابرین‌پیاده و وسایل‌نقلیه، میزان تاخیر وارد بر وسایل‌نقلیه و همچنین جنبه‌های اقتصادی نصب چراغ بررسی کرد.

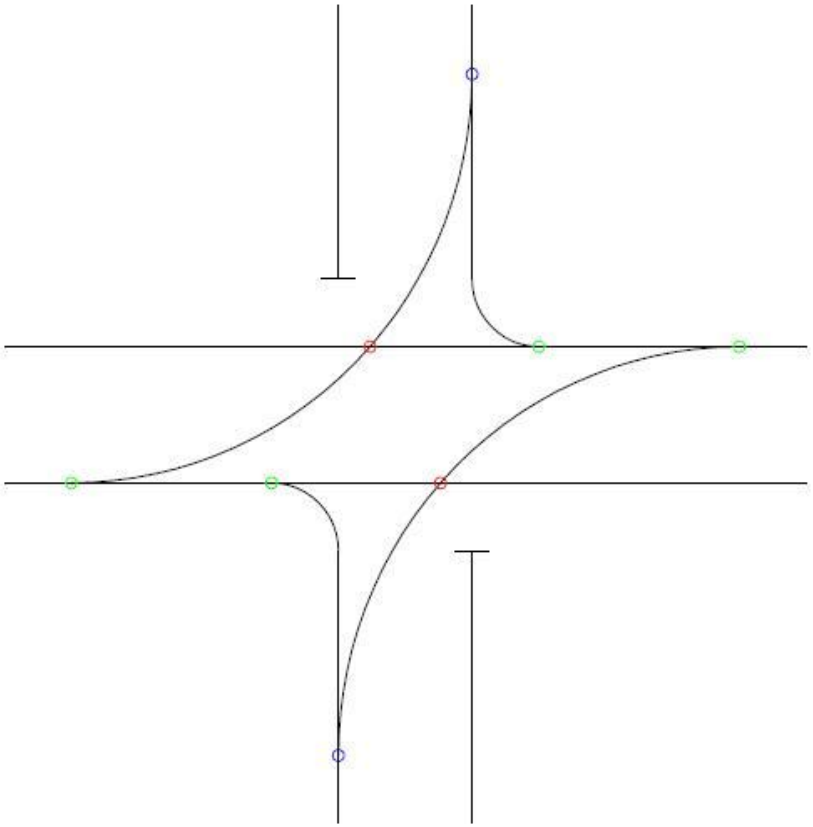
## علل استفاده از چراغ راهنمایی در تقاطعات

### ۱- افزایش ایمنی

با استفاده از چراغ راهنمایی نقاط برخورد احتمالی وسایل‌نقلیه در تقاطع بسیار کاهش می‌یابد.

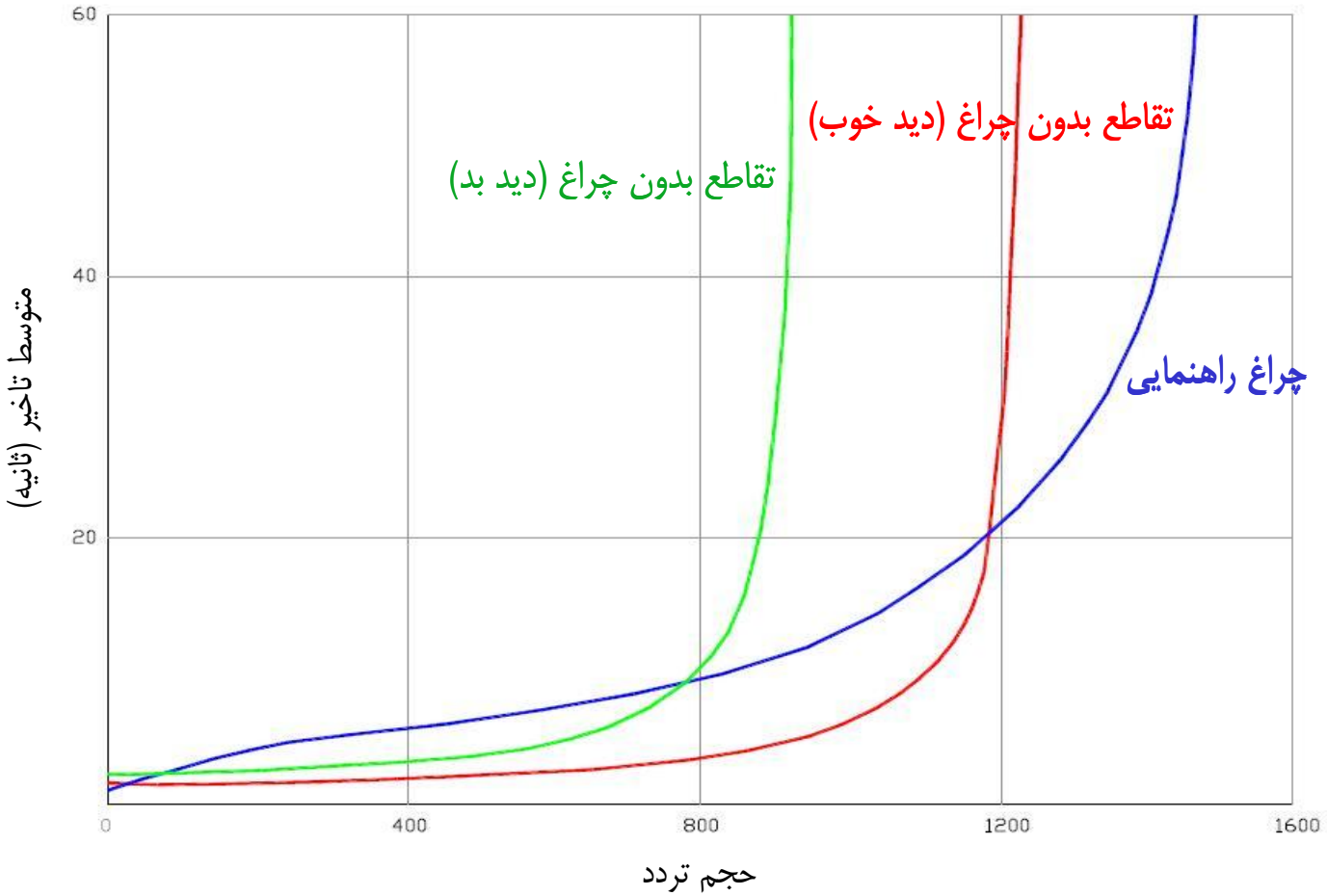
در شکلهای اسلاید بعد، نقاط برخورد احتمالی وسایل‌نقلیه در یک چهارراه با چراغ و بدون چراغ آورده شده است. چنانچه مشاهده می‌شود، تعداد نقاط برخورد در تقاطع مجهز به چراغ راهنمایی به مراتب کمتر از زمانی است که همان تقاطع فاقد چراغ باشد. لذا با استفاده از چراغ میزان تصادفات کاهش می‌یابد. براساس مطالعات، میزان تصادف در تقاطعات پس از نصب چراغ تا ۴۰٪ کاهش می‌یابد.





## ۲- کاهش میزان تاخیر وارد بر وسایل‌نقلیه

برای بررسی اثر چراغ راهنمایی بر روی متوسط تاخیر بر وسایل‌نقلیه مطالعه‌ای در تقاطع شکل در دو حالت بدون و با چراغ راهنمایی صورت گرفته است، که در شکل ذیل آورده شده است.



چنانچه مشاهده می‌گردد،

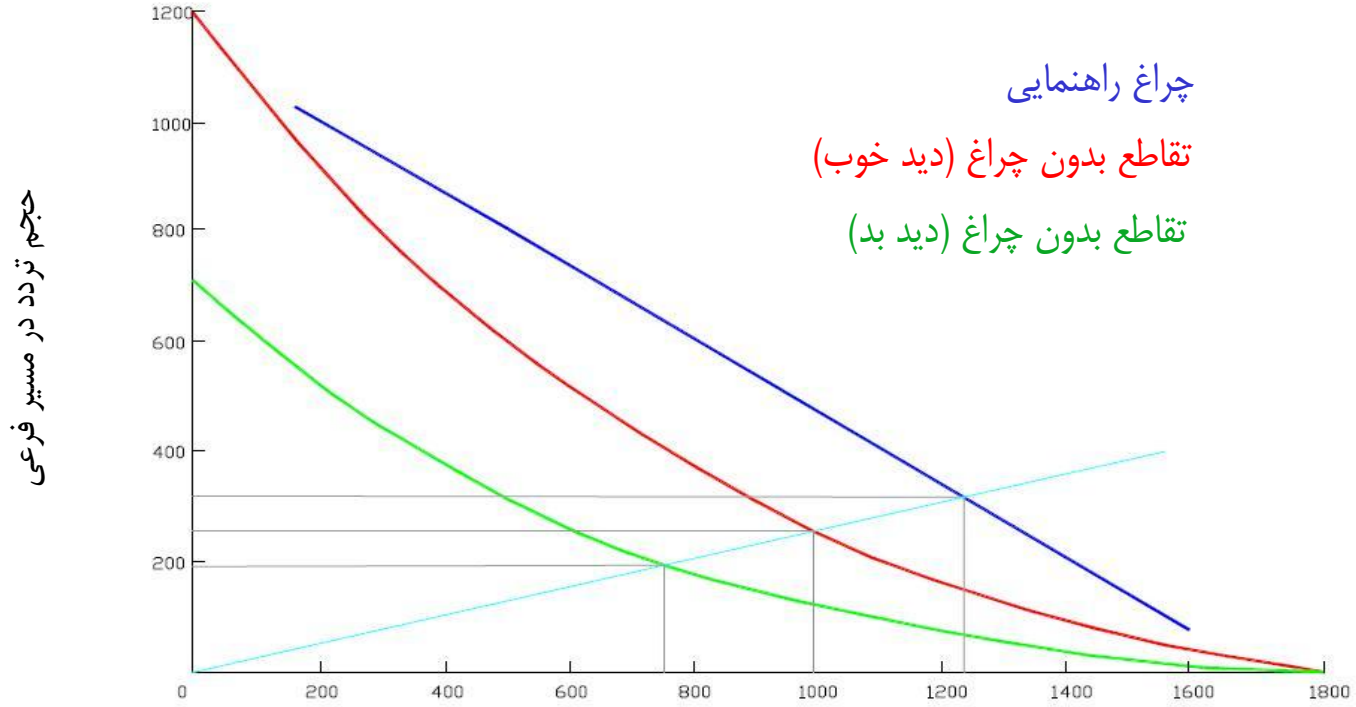
- ✓ وقتی میزان تردد نسبتاً کم و تقاطع مجهز به چراغ راهنمایی باشد، میزان تاخیر وارد بر وسایل‌نقلیه نسبت به زمانی که تقاطع فاقد چراغ است، بیشتر است.
- ✓ به تدریج که میزان تردد زیاد می‌شود، فاصله زمانی تاخیر کاهش پیدا می‌کند تا آنجا که متوسط تاخیر وارد بر وسایل‌نقلیه‌ای که به تقاطع می‌رسند در زمانیکه چراغ راهنمایی در آن تقاطع وجود داشته باشد نسبت به زمانی که تقاطع بدون چراغ باشد، کمتر می‌شود.

لذا از طریق چنین مطالعاتی می‌توان موقعیت مقرون به صرفه و ضروری بودن نصب چراغ راهنمایی را از نظر متوسط تاخیر وارده بر وسایل‌نقلیه نیز تعیین نمود.

## ۳- افزایش ظرفیت تقاطع

با نصب چراغ راهنمایی غالباً ظرفیت تقاطع هم افزایش می‌یابد.

در شکل ذیل ظرفیت تقاطع T شکل در دو حالت مجهز به چراغ راهنمایی و بدون چراغ راهنمایی نشان داده شده است. چنانچه در شکل ذیل مشاهده می‌شود، ظرفیت تقاطع در حالت با چراغ از حالت بدون چراغ بیشتر می‌باشد.



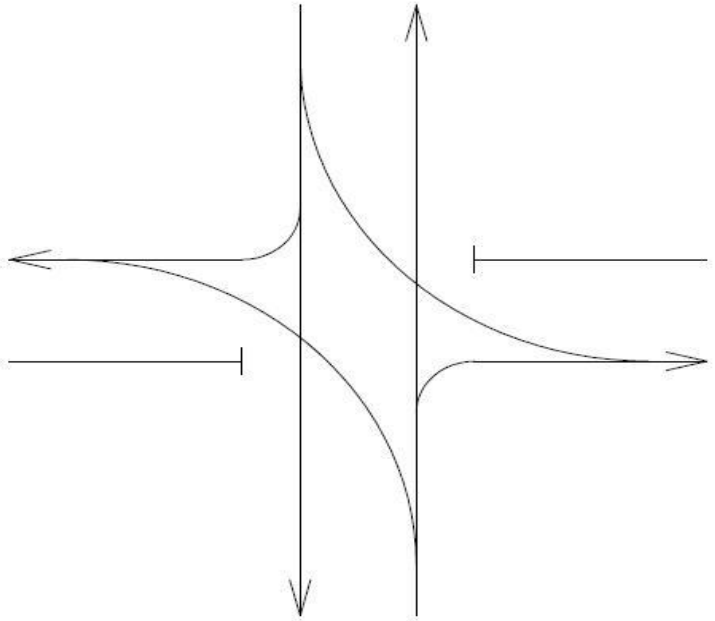
## فازبندی چراغ راهنمایی

فاز عبارتست از حالات متوالی که بوسیله چراغ راهنمایی به یک یا چند جریان ترافیک در هر دور بصورت یکنواخت و مشخص اعمال می‌شود.

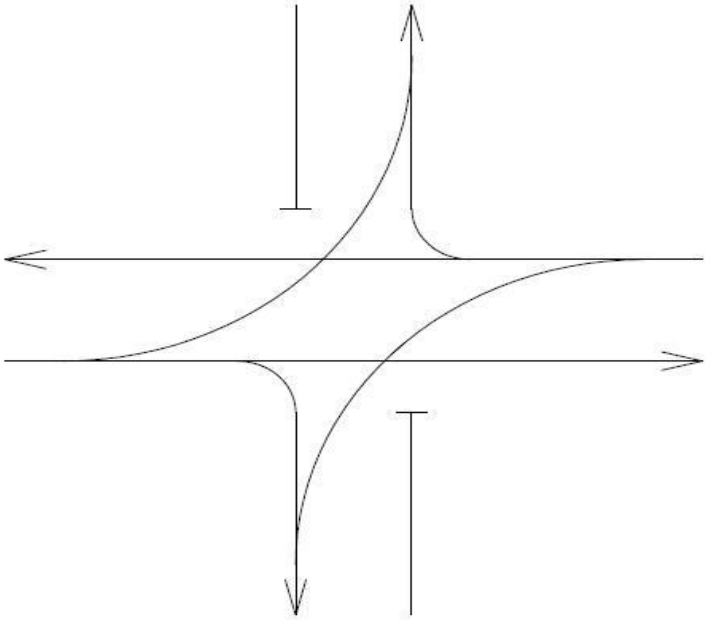
ترتیب و تعداد فازهای یک چراغ راهنمایی به تعداد مسیرهای تقاطع و نسبت گردش به چپ وسایل‌نقلیه از مسیرهای مختلف بستگی دارد.

در طراحی چراغهای راهنمایی، همواره می‌کوشند که تعداد فازها افزایش پیدا نکند. در تقاطعات ساده، نظیر چهارراههای معمولی که گردش به چپ وسایل‌نقلیه نسبتاً کم (کمتر از ۶۰ وسیله‌نقلیه در ساعت) است، معمولاً دو فاز کافی است و وسایل‌نقلیه‌ای که می‌خواهند به سمت چپ گردش نمایند در شرایط عادی می‌توانند از فاصله زمانی بین دو سبز یا از فواصل عبور بین وسایل‌نقلیه مقابل (Gap) استفاده نمایند.

در شکلهای ذیل، جهت گردش وسایل‌نقلیه در چهارراه مجهز به چراغ دوفازی نشان داده شده است.

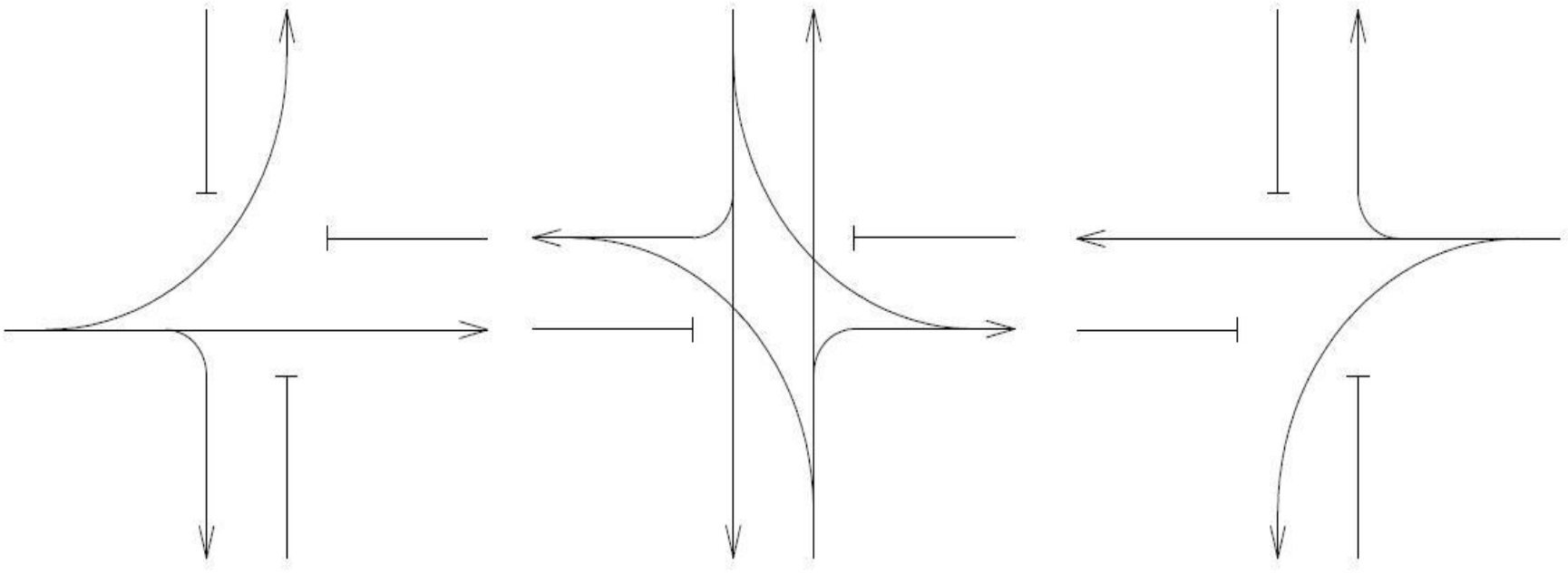


فاز ۱



فاز ۲

در شکلهای ذیل، جهت گردش وسایل‌نقلیه در چهارراه مجهز به چراغ سه فازی نشان داده شده است.



فاز ۱ فاز ۲ فاز ۳

اگر تعداد وسایل‌نقلیه گردش به چپ آنقدر زیاد باشد که امکان عبور و گردش آنها از طریق عادی میسر نباشد، برحسب مورد و موقعیت می‌توان از راه حلهای ذیل استفاده نمود:

- ✓ روش زود قطع کننده
- ✓ روش دیر آزاد کننده
- ✓ توامان زود قطع کننده- دیر آزاد کننده
- ✓ اختصاص فاز مخصوص گردش به چپ

## ۱- روش زود قطع کننده

اگر تعداد وسایل‌نقلیه گردش به چپ نسبتاً زیاد باشد، می‌توان زمان سبز مسیر مقابل را چند ثانیه زودتر قطع کرد و به وسایل‌نقلیه گردش به چپ فرصت داد که از تقاطع عبور کنند. به این روش، روش زود قطع کننده می‌گویند.

## ۲- روش دیر آزاد کننده

در این روش زمان سبز فازی که گردش به چپ وسایل‌نقلیه باید در آن فاز انجام شود، برای وسایل‌نقلیه مقابل چند ثانیه دیرتر شروع می‌شود. به این ترتیب، در ابتدای شروع زمان هر فاز، ابتدا به وسایل‌نقلیه‌ای که می‌خواهند گردش به چپ نمایند، اجازه عبور داده و بعد از مدتی عبور وسایل‌نقلیه مقابل شروع می‌شود و بعد از اتمام فاز مربوطه هر دو جریان قطع شده و فاز بعدی شروع می‌شود.

## ۳- روش توامان (زود قطع کننده- دیر آزاد کننده)

در مواردی که حجم وسایل‌نقلیه گردش به چپ زیاد باشد و بکارگیری تنها یکی از روشهای زود قطع کننده یا دیر آزاد کننده پاسخگوی حجم گردش به چپ نباشند و میزان تاخیر کاهش نیابد، برای حل این مشکل گاهی از هر دو روش زود قطع کننده و دیر آزاد کننده بطور همزمان استفاده می‌شود.

در این روش، برای گردش به چپ وسایل‌نقلیه در هر فاز چند ثانیه از ابتدای زمان سبز و چند ثانیه از انتهای زمان سبز به آنها اختصاص می‌یابد و در این زمانها حرکت وسایل‌نقلیه مسیر مقابل متوقف می‌شود.

## ۴- اختصاص فاز جداگانه

اولین مساله در زمان‌بندی چراغ راهنمایی، نگه داشتن تعداد فازها در حداقل ممکن است. چون با افزایش تعداد فازها، تاخیر افزایش می‌یابد؛ مگر در مواردی که توجیه پذیر باشد.
به عنوان یک قائده، فاز مجزای گردش به چپ در موارد زیر ممکن است در یک برنامه زمان‌بندی چراغ راهنمایی منظور گردد:

- ✓ حاصلضرب حجم ترافیک گردش به چپ و مستقیم مقابل در ساعت اوج و برای یک راه دوخطه از ۵۰۰۰۰ و برای یک راه چهارخطه از ۱۰۰۰۰۰ بیشتر گردد.
- ✓ در انتهای فاز، ۲ یا ۳ وسیله‌نقلیه برای گردش به چپ هنوز منتظر ایستاده باشند.
- ✓ بیش از ۵۰ وسیله‌نقلیه گردش به چپ در ساعت اوج وجود داشته باشد و سرعت رویکردها بیش از ۷۲ کیلومتر در ساعت باشد.
- ✓ تعداد تصادفات که با حرکات گردشی مربوط می‌شوند، ۵ یا بیشتر در یک دوره یکساله باشد.

## عوامل موثر در ظرفیت تقاطع و زمان‌بندی چراغ راهنمایی

ظرفیت تقاطعی که با چراغ راهنمایی کنترل می‌شود به ظرفیت مسیرهای منتهی به آن تقاطع بستگی دارد. در عین حال، ظرفیت مسیرها هم به نوبه خود به عواملی نظیر عرض جاده، تعداد خطوط، شیب، شعاع‌های گردش، ترکیب ترافیک و ویژگیهای شخصی رانندگان بستگی دارد.

### تردد اشباع

حداکثر ظرفیت مسیرهای یک تقاطع را برحسب تردد اشباع تعریف می‌کنند. تردد اشباع هر مسیر عبارتست از حداکثر تردد وسایل‌نقلیه از خط توقف آن مسیر در مدت یکساعت، به فرض آنکه در تمام این مدت چراغ سبز باشد و وسایل‌نقلیه در آن مسیر بتوانند پی در پی از صف وسایل‌نقلیه موجود در پشت خط توقف جدا شوند و بگذرند.

تردد اشباع را می‌توان براساس پژوهش‌های موسسه تحقیقات جاده انگلستان به کمک فرمول ذیل محاسبه نمود:

$$S = 550 \times W$$

که در آن:

$S$ : تردد اشباع برحسب معادل سواری بر ساعت

$W$ : عرض مسیر برحسب متر

رابطه فوق برای مسیرهایی با عرض کمتر از ۵.۵ متر و بیشتر از ۱۸ متر صادق نیست.

تردد اشباع در مسیرهای با عرض کمتر از ۵.۵ متر از جدول ذیل محاسبه می‌شود.

| عرض مسیر (متر) | ۳.۰۰ | ۳.۴۰ | ۳.۶۵ | ۴.۰۰ | ۴.۶۰ | ۵.۲۰ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| تردد اشباع (معادل سواری بر ساعت) | ۱۸۵۰ | ۱۸۷۵ | ۱۹۰۰ | ۱۹۵۰ | ۲۲۵۰ | ۲۷۰۰ |

چنانچه مسیری شیب داشته باشد:

- ✓ به ازای هر یک درصد شیب در سربالایی، ۳ درصد از تردد اشباع حاصل از فرمول یا جدول کم می‌شود.
- ✓ به ازای هر یک درصد شیب در سرازیری، ۳ درصد به تردد اشباع حاصل از فرمول یا جدول اضافه می‌شود.

منظور از شیب، متوسط شیب مسیر بین خط توقف و نقطه‌ای از مسیر به فاصله ۶۳ متری قبل از آن است.

اگر گردش به چپ وسایل‌نقلیه در مسیری از تقاطع توام با حرکت مستقیم وسایل‌نقلیه انجام شود، تاثیر حاصل بر تردد اشباع با بکاربردن ضریب ۱.۷۵ در فرمول جبران می‌شود.
اگر برای گردش به چپ وسایل‌نقلیه خط یا خطوطی مخصوصی اختصاص یافته باشد، تردد اشباع را با استفاده از فرمولهای ذیل به دست می‌آورند:

برای یک خط

$$S = \frac{1800}{1 + \frac{1.52}{R}} \qquad (p.c.u./hr)$$

برای دو خط

$$S = \frac{3000}{1 + \frac{1.52}{R}} \qquad (p.c.u./hr)$$

که در آنها:

$S$ : تردد اشباع برحسب معادل سواری بر ساعت

$R$ : شعاع گردش به چپ برحسب متر

یکی از عوامل موثر در کاهش تردد اشباع، توقف وسایل‌نقلیه در نزدیکی تقاطع است، که موجب کاهش عرض خط می‌شود.
میزان کاهش خط در اثر توقف وسایل‌نقلیه در نزدیکی تقاطع از فرمول ذیل استفاده می‌شود:

$$W = (5.5 - \frac{29.5z - 22.5}{k}) \div 3.28$$

که در آن:

$W$ : کاهش عرض مسیر برحسب متر

$z$ : فاصله توقف وسایل‌نقلیه از خط توقف برحسب متر

$k$ : زمان سبز فاز مربوط به مسیر موردنظر برحسب ثانیه

## اندازه‌گیری تردد اشباع در تقاطع

برای اندازه‌گیری تردد اشباع در تقاطع گامهای ذیل انجام می‌گیرد:

۱- زمان سبز فاز مسیر یا خطی از مسیری که موردنظر است، به اجزایی در حد مناسب کوچکتر (مثلاً ۰.۱ دقیقه) تقسیم می‌شود.

۲- تعداد وسایل‌نقلیه‌ای را که از ابتدای هر زمان سبز و در فواصل انتخاب شده از خط توقف عبور می‌کنند و نیز نوع وسیله‌نقلیه و جهت گردش آنها یادداشت می‌شود.

۳- پس از آنکه تعداد دفعات اندازه‌گیری کافی تشخیص داده شد، نتایج حاصل را تحلیل و تردد اشباع محاسبه می‌شود.

مثال: نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌ها در شرایط اشباع، در خطی از مسیر یک تقاطع در جدول ذیل آمده است. مطلوبست محاسبه تردد اشباع در آن خط.

فرض کنید، از کل وسایل‌نقلیه عبوری، ۱۴٪ کامیون، ۵٪ اتوبوس، ۶٪ موتورسیکلت و ۷۵٪ اتومبیل شخصی می‌باشند. همچنین، هر کامیون معادل ۲ اتومبیل سواری، هر اتوبوس معادل ۲.۵ اتومبیل سواری و هر موتورسیکلت معادل ۰.۳۳ اتومبیل سواری در نظر گرفته شود.

| زمان | ۰-۰.۱ | ۰.۱-۰.۲ | ۰.۲-۰.۳ | ۰.۳-۰.۴ | ۰.۴-۰.۵ | ۰.۵-۰.۵۵ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| تعداد وسایل نقلیه عبور کرده از خط توقف | ۷۵ | ۹۲ | ۹۸ | ۹۶ | ۹۴ | ۳۸ |
| تعداد دفعات اندازه گیری | ۴۰ | ۴۰ | ۴۰ | ۴۰ | ۴۰ | ۴۰ |
| متوسط تخلیه در ۰.۱ دقیقه | ۱.۸۸ | ۲.۳۰ | ۲.۴۵ | ۲.۴۰ | ۲.۳۵ | ۱.۹ |

حل:

چون در اولین و آخرین بازه اندازه‌گیری تردد اشباع، وسایل‌نقلیه در حال افزایش یا کاهش شتاب خود هستند، ظرفیت مسیر نسبت به مقدار نهایی قدری کاهش پیدا می‌کند و از طرفی چون بازه زمانی در آخرین بازه معمولاً نسبت به فواصل در نظر گرفته شده، کوتاهترند، در محاسبه تردد اشباع، اولین و آخرین بازه را در نظر نمی‌گیرند.

$$S = \frac{2.30 + 2.45 + 2.40 + 2.35}{4} = 2.375 \quad (veh/0.1\min) = 1425 \quad (veh/hr)$$

تردد اشباع برحسب معادل سواری:

$$S = 1425(0.14 \times 2 + 0.05 \times 2.5 + 0.06 \times 0.33 + 0.75 \times 1) = 1674 \quad (p.c.u./hr)$$

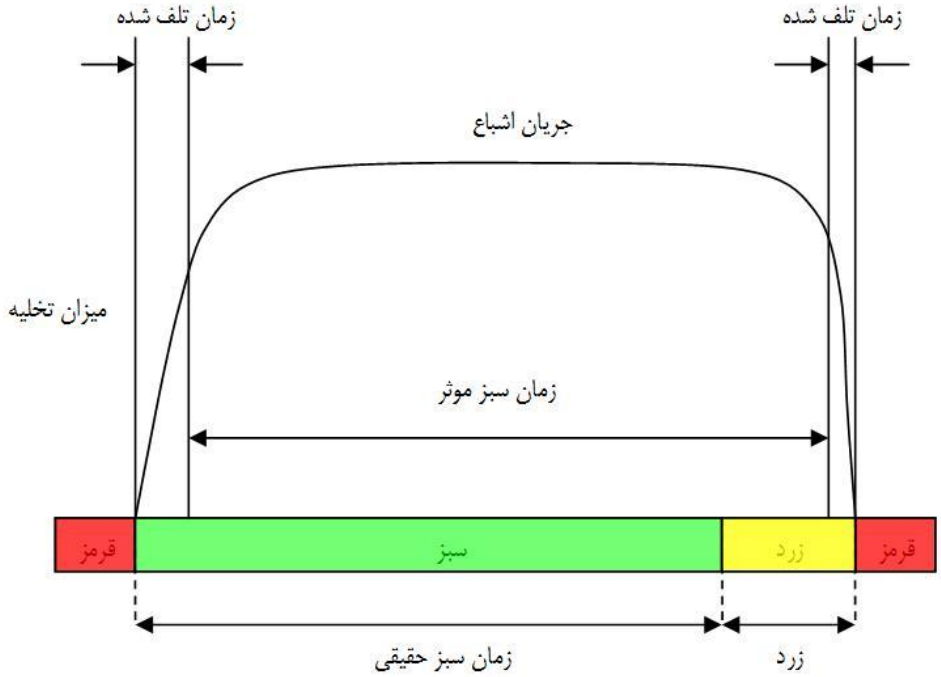
## ترکیب ترافیک و اثر ترافیکی وسایل‌نقلیه

وسایل‌نقلیه بر بار ترافیک در تقاطعات و مسیرهای مختلف تاثیر متفاوتی دارند. به همین دلیل در محاسبه چراغ‌های راهنمایی و ظرفیت تقاطعات و مسیرها باید ترکیب ترافیک از نظر درصد وسایل‌نقلیه مشخص باشد. برای مقایسه و سنجش اثر ترافیکی وسایل‌نقلیه مختلف، اتومبیل سواری به عنوان واحد سنجش انتخاب شده و اثر ترافیکی آن p.c.u. ۱ در نظر گرفته می‌شود. در جدول ذیل محدوده اثر ترافیکی وسایل‌نقلیه مختلف آورده شده است.

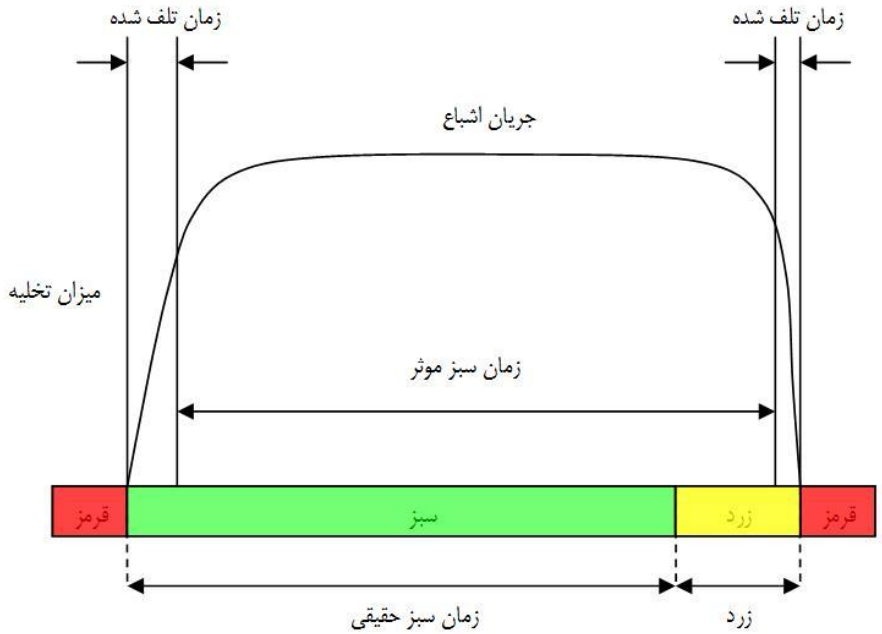
| نوع وسیله نقلیه | معادل سواری |
|---|---|
| اتوبوس | ۳.۵–۲.۵ |
| کامیون | ۳.۰–۱.۷۵ |
| وانت | ۱.۵–۱.۰ |
| موتورسیکلت | ۰.۴–۰.۲۵ |
| دوچرخه | ۰.۲۵–۰.۲ |

## زمان سبز موثر

در تقاطع چراغدار، با شروع زمان سبز یک فاز وسایل‌نقلیه‌ای که در زمان قرمز پشت خط توقف ایستاده بودند، شروع به حرکت می‌کنند و سرعتشان از صفر تا حد معقول افزایش می‌یابد. بعبارت دیگر، میزان تخلیه که در هنگام قرمز بودن فاز به صفر رسیده بود با سبز شدن چراغ شروع به افزایش می‌کند و پس از چند ثانیه کمابیش به حد ثابت و نهایت خود می‌رسد. در شکل ذیل تغییرات میزان تخلیه از شروع زمان سبز تا انتهای زمان زرد آورده شده است.



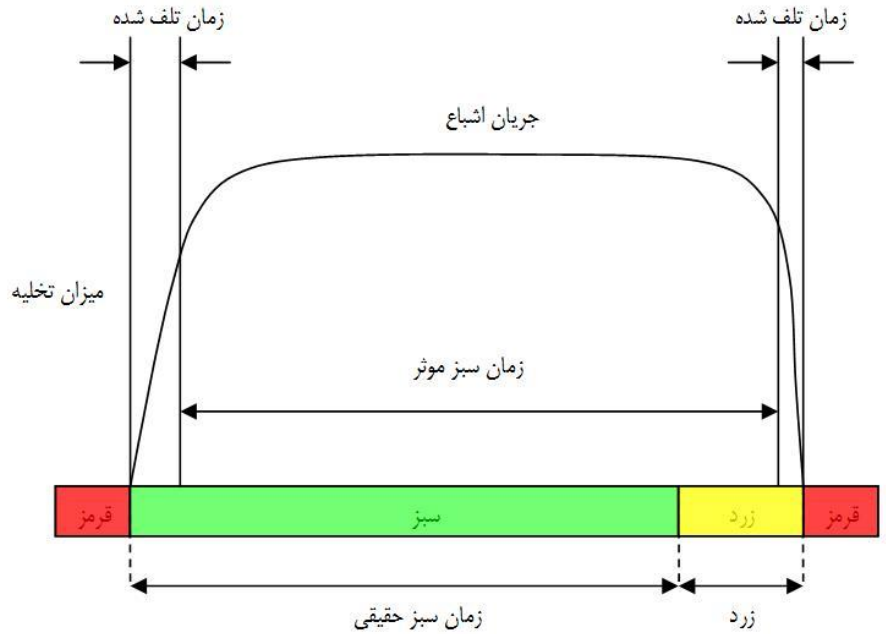
چنانچه در شکل مشاهده می‌گردد، سطح زیر منحنی برابر است با مجموع وسایل‌نقلیه‌ای که در زمان سبز از خط توقف مسیر موردنظر عبور کرده‌اند. اگر مستطیلی هم مساحت با این منحنی در نظر گرفته شود، بطوریکه یک ضلع آن مساوی میزان تخلیه حداکثر یا جریان اشباع باشد، ضلع دیگر آن مساوی زمانی است فرضی، که آن را زمان سبز موثر می‌گویند.
لذا زمان سبز موثر، زمان لازمی است که اگر میزان تخلیه از ابتدا تا انتهای آن تقاطع حداکثر باشد در آن مدت، همان تعداد وسایل‌نقلیه عبور می‌کنند که در مدت زمان سبز حقیقی و زمان زرد عبور می‌کردند.



## زمان تلف شده

چنانچه در شکل مشاهده می‌گردد، زمان سبز موثر از زمان‌های سبز حقیقی و زمان زرد فاز مربوطه کوچکتر است. تفاضل مجموع زمانهای سبز حقیقی و زرد از زمان سبز موثر، زمان تلف شده می‌باشد.

زمان تلف شده در واقع از دو قسمت تشکیل شده است که قسمت اول آن از ابتدای زمان سبز حقیقی تا ابتدای زمان سبز موثر است، که تاخیر شروع نیز نامیده می‌شود و قسمت دوم آن از انتهای زمان سبز موثر تا انتهای زمان زرد است.



با توجه به شکل، مجموع زمان سبز موثر با مجموع زمان‌های تلف شده برابر است با مجموع زمان سبز حقیقی با زمان زرد؛ یعنی:

$$k + a = l + g$$
$$l = k + (g - a)$$

که در آن:

$k$ : زمان سبز حقیقی برحسب ثانیه

$l$ : زمان تلف شده برحسب ثانیه

$a$ : زمان زرد برحسب ثانیه

$g$ : زمان سبز موثر

زمان تلف شده ($l$) در یک فاز به عوامل فیزیکی (وضعیت تقاطع از نظر هندسی، دید رانندگان، شیب مسیر و ...) و نیز عوامل جوی بستگی دارد.

در شرایط عادی، زمان تلف شده را برابر ۲ ثانیه در نظر می‌گیرند، اما برحسب مورد ممکن است از صفر تا ۸ ثانیه تغییر کند.

اگر در طراحی چراغ راهنمایی، زمان تمام قرمز در نظر گرفته شود، این زمان نیز به عنوان زمان تلف شده بوده و به کل زمان تلف شده اضافه می‌گردد.

زمان تمام قرمز برابر است با:

$$\text{زمان تمام قرمز} = (I - a)$$

که در آن:

$I$ : زمان بین دو سبز برحسب ثانیه

$a$ : زمان زرد برحسب ثانیه

بنابراین کل زمان تلف شده در هر چرخه کامل برابر است با:

$$L = n(I - a) + n\,l$$

که در آن:

$L$ : مجموع زمان‌های تلف شده در کل چرخه برحسب ثانیه

$n$ : تعداد فازهای چراغ راهنمایی

## تعیین مناسب ترین مدت زمان چرخه

مدت زمان چرخه عبارتست از فاصله زمانی بین ابتدای زمان سبز یک فاز تا شروع مجدد زمان سبز همان فاز.

زمان چرخه چراغ راهنمایی به دو عامل، وضعیت فیزیکی و ترافیک تقاطع بستگی دارد. در عین حال، مدت زمان فازها نیز به این دو عامل بستگی دارد. زمان سبز فاز مسیری از تقاطع که تردد وسایل نقلیه از آن زیادتر و بار یا سنگینی ترافیک در آن بیشتر باشد، طولانی‌تر در نظر گرفته می‌شود. منظور از سنگینی ترافیک نسبت تردد موجود به تردد اشباع در مسیر مورد نظر است که با y نشان داده می‌شود.

اگر مدت چرخه کوتاه در نظر گرفته شود، چون زمانهای تلف شده به این مدت بستگی ندارند، نسبت زمانهای تلف شده به زمانهای مفید فازها زیاد خواهد شد.

از طرف دیگر، اگر زمان چرخه طولانی انتخاب شود، ممکن است عبور وسایل‌نقلیه در مسیرهای تقاطع به حالت اشباع صورت نگیرد و فاصله زمانی عبور وسایل‌نقلیه به هنگام عبور از خط توقف مسیرهای مختلف، از فاصله زمانی عبور در حالت تردد اشباع زیادتر شود و در اینصورت ضمن تلف‌شدن مقداری از زمانهای مفید، به وسایل‌نقلیه تاخیر زیادی نیز وارد می‌شود.

لذا مدت چرخه باید طوری انتخاب گردد که متوسط تاخیر وارد بر وسایل‌نقلیه‌ای که از مسیرهای مختلف تقاطع وارد یا از آن عبور می‌کنند به حداقل برسد.
براساس مطالعات وبستر، مناسب‌ترین مدت چرخه از رابطه ذیل محاسبه می‌گردد:

$$C_o = \frac{1.5L + 5}{1 - Y}$$

که در آن:

$C_o$ : مناسب‌ترین زمان چرخه برحسب ثانیه

$L$ : مجموع زمانهای تلف شده در یک چرخه برحسب ثانیه

$Y$ : مجموع بزرگترین سنگینی ترافیک مسیر یا مسیرهایی است که از یک فاز استفاده می‌کنند.

در هر صورت، معمولاً مدت چرخه راهنمایی را کمتر از ۲۵ ثانیه و بیشتر از ۱۲۰ ثانیه در نظر گرفته نمی‌شود.

## زمان‌بندی چراغ راهنمایی

- برای تعیین مدت زمان چرخه و مدت زمان سبز هر فاز چراغ راهنمایی با زمان ثابت گامهای ذیل انجام می‌گیرد:
  - ۱- تعیین تردد وسایل‌نقلیه در ساعت طرح برحسب p.c.u./hr.
  - ۲- تعیین تعداد فازهای چراغ راهنمایی برحسب تعداد مسیرهای تقاطع و وضعیت حرکت و گردش وسایل‌نقلیه.
  - ۳- انتخاب زمان بین دو سبز.
  - ۴- محاسبه سنگینی ترافیک در مسیرهای مختلف ($y_i$).
  - ۵- انتخاب بیشترین سنگینی ترافیک هر فاز به عنوان نماینده آن فاز و محاسبه مجموع سنگینی ترافیک فازها (Y).
  - ۶- محاسبه زمان تلف شده در چرخه با استفاده از رابطه ذیل:
  - $L = n\,(I - a) + n\,l$

۷- محاسبه مدت زمان چرخه با استفاده از رابطه ذیل:

$$C_o = \frac{1.5L + 5}{1 - Y}$$

۸- محاسبه زمان سبز موثر چرخه و هر یک از فازها براساس سنگینی ترافیک فازها با استفاده از روابط ذیل:

$$G_t = (C_o - L)$$

$$g_i = \frac{y_i}{Y}(G_t) = \frac{y_i}{Y}(C_o - L)$$

۹- محاسبه زمان سبز حقیقی هر یک از فازها با استفاده از رابطه ذیل:

$$k_i = g_i + (l - a)$$

۱۰- ترسیم دیاگرام زمان‌بندی فازهای چراغ راهنمایی.

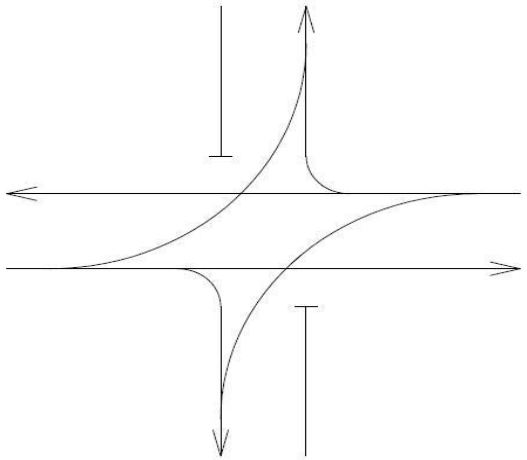
مثال: مشخصات ترافیک در چهارراهی مطابق جدول ذیل است. در صورتیکه زمان بین دو سبز ۸ ثانیه، زمان زرد ۳ ثانیه و تاخیر شروع ۲ ثانیه باشد، مطلوبست مدت زمان چرخه و مدت زمان سبز هر فاز.

| مسیر | تردد (p.c.u./hr) | تردد اشباع (p.c.u./hr) | سنگینی ترافیک |
|---|---|---|---|
| شمالی– جنوبی | ۵۰۰ | ۱۵۰۰ | ۰.۳۳ |
| جنوبی– شمالی | ۴۰۰ | ۱۲۰۰ | ۰.۳۳ |
| شرقی– غربی | ۳۰۰ | ۱۲۰۰ | ۰.۲۵ |
| غربی– شرقی | ۲۵۰ | ۱۲۵۰ | ۰.۲۰ |

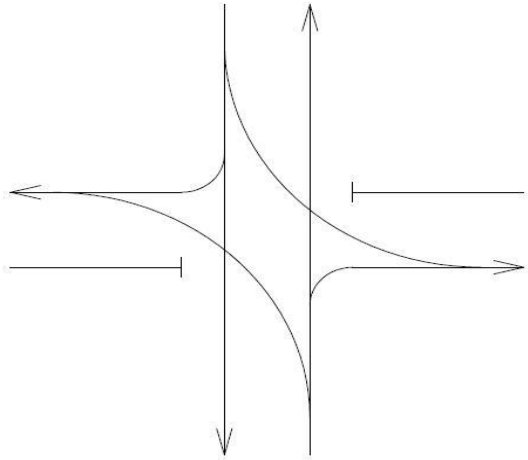
حل:

گام ۱- در جدول آورده شده است.

گام ۲- با توجه به وضعیت ترافیک این تقاطع، دو فاز برای چراغ راهنمایی در نظر گرفته شده است.



فاز ۱



فاز ۲

گام ۳- زمان بین دو سبز، ۸ ثانیه داده شده است.

گام ۴- سنگینی ترافیک در جدول داده شده است.

گام ۵- انتخاب بیشترین سنگینی ترافیک در هر فاز:

بیشترین سنگینی در فاز اول: $y_1 = 0.33$

بیشترین سنگینی در فاز دوم: $y_2 = 0.25$

مجموع بزرگترین سنگینی ترافیک فازها: $Y = y_1 + y_2 = 0.33 + 0.25 = 0.58$

گام ۶- مجموع زمان تلف شده در هر چرخه: $L = n(I - a) + nl = 2 \times (8 - 3) + 2 \times 2 = 14$

گام ۷- محاسبه مدت زمان چرخه چراغ راهنمایی:

$$C_o = \frac{1.5L + 5}{1 - Y} = \frac{1.5 \times 14 + 5}{1 - 0.58} = 62$$

گام ۸- محاسبه زمان سبز موثر چرخه و هر فاز:

- زمان سبز موثر چرخه: $G_t = C_o - L = 62 - 14 = 48$

- زمان سبز موثر هر فاز:

$$g_1 = \frac{y_1}{Y}(C_o - L) = \frac{0.33}{0.58}(62-14) = 27.4 \approx 27$$

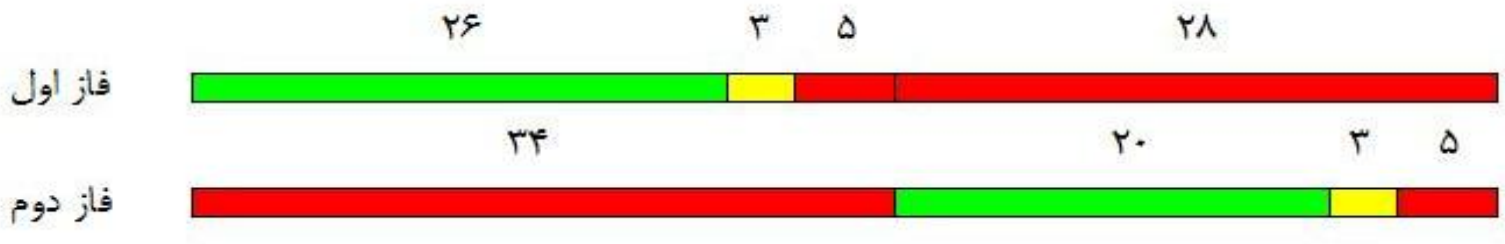
$$g_2 = \frac{y_2}{Y}(C_o - L) = \frac{0.25}{0.58}(62-14) = 20.66 \approx 21$$

گام ۹- محاسبه زمان سبز حقیقی هر فاز:

$$k_1 = g_1 + (l-a) = 27 + (2-3) = 26$$

$$k_2 = g_2 + (l-a) = 21 + (2-3) = 20$$

گام ۱۰- ترسیم دیاگرام زمان‌بندی فازها:

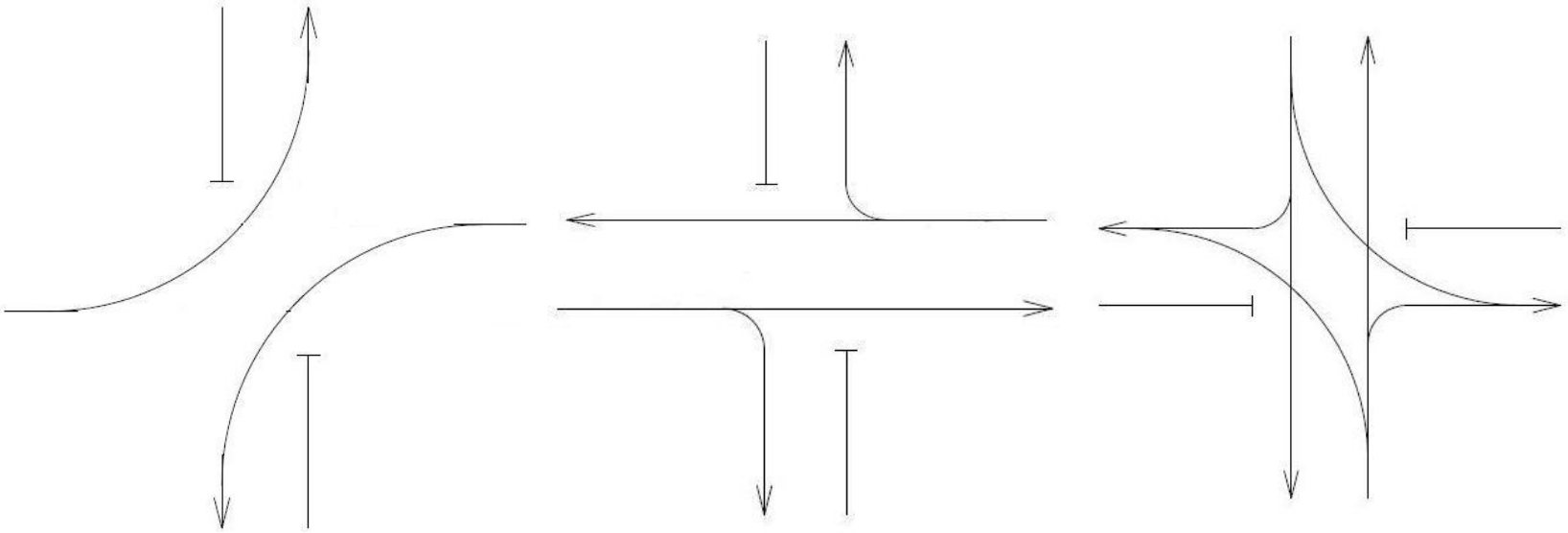


مثال: وضعیت ترافیک تقاطعی در ساعت طرح به شرح جدول ذیل است. مطلوبست محاسبه زمان چرخه و زمان‌بندی چراغ راهنمایی برای این تقاطع در صورتیکه زمان بین دو سبز ۵ ثانیه، تاخیر شروع ۲ ثانیه، زمان زرد ۳ ثانیه و شعاع گردش به چپ ۳۰ متر در نظر گرفته شده باشد (اثر ترافیکی اتوبوس ۲.۵ p.c.u.، کامیون ۲ p.c.u. و موتورسیکلت ۰.۳ p.c.u. فرض شود).

| مسیر | اتوبوس | کامیون | اتوبوس | موتورسیکلت | عرض مسیر (متر) |
|---|---|---|---|---|---|
| شمالی- جنوبی (مستقیم و گردش به راست) | ۵۲۵ | ۸۶ | ۲۰ | ۴۰ | ۷.۲ |
| شمالی- جنوبی (گردش به چپ) | ۴۸ | ۱۲ | ۱۰ | ۲۸ | |
| جنوبی- شمالی (مستقیم و گردش به راست) | ۳۹۸ | ۶۸ | ۶ | ۱۶ | ۷.۲ |
| جنوبی- شمالی (گردش به چپ) | ۳۵ | ۴۴ | -- | ۳۲ | |
| شرقی- غربی (مستقیم و گردش به راست) | ۳۷۰ | ۶۸ | ۱۶ | ۴۸ | ۷.۲ |
| شرقی- غربی (گردش به چپ) | ۲۷۰ | ۲۸ | ۱۲ | ۵۰ | |
| غربی- شرقی (مستقیم و گردش به راست) | ۲۵۰ | ۷۵ | ۱۰ | ۶۰ | ۷.۲ |
| غربی- شرقی (گردش به چپ) | ۲۴۵ | ۳۵ | -- | ۳۶ | |

حل:

با توجه به میزان تردد وسایل‌نقلیه در جهات مختلف مطابق جدول فوق، میزان حجم گردش به چپ مسیر شرقی- غربی و غربی- شرقی زیاد می‌باشد، لذا یک فاز مستقل برای گردش به چپ مسیرهای شرقی- غربی و غربی- شرقی در نظر گرفته می‌شود. به همین دلیل، سه فاز برای چراغ در نظر گرفته می‌شود.



با توجه به اینکه اثر ترافیکی وسایل‌نقلیه‌ای که گردش به چپ دارند ولی خط جداگانه‌ای ندارند، ۱.۷۵ برابر اثر ترافیکی وسایل‌نقلیه‌ای است که بطور مستقیم یا با گردش به راست در حرکتند، لذا حجم تردد این وسایل در ۱.۷۵ ضرب می‌شود.
اما اگر برای خط گردش به چپ خط جداگانه‌ای در نظر گرفته شود، ضریب ۱.۷۵ اعمال نمی‌شود، چون در فرمول تردد اشباع اثر مربوطه دیده شده است.
با این شرایط حجم تردد و تردد اشباع و سنگینی ترافیک در جداول بعدی آورده شده است.

| مسیر | اتوبوس | کامیون | اتوبوس | موتورسیکلت | عرض مسیر (متر) |
|---|---|---|---|---|---|
| شمالی- جنوبی (مستقیم و گردش به راست) | ۵۲۵ | ۱۷۲ | ۵۰ | ۱۲ | ۷.۲ |
| شمالی- جنوبی (گردش به چپ) | ۸۵ | ۴۲ | ۴۴ | ۱۵ | |
| جنوبی- شمالی (مستقیم و گردش به راست) | ۳۹۸ | ۱۳۶ | ۱۵ | ۵ | ۷.۲ |
| جنوبی- شمالی (گردش به چپ) | ۶۱ | ۱۵۴ | -- | ۱۷ | |
| شرقی- غربی (مستقیم و گردش به راست) | ۴۷۰ | ۱۳۶ | ۴۰ | ۱۴ | ۷.۲ |
| شرقی- غربی (گردش به چپ) | ۲۷۰ | ۵۶ | ۳۰ | ۱۵ | |
| غربی- شرقی (مستقیم و گردش به راست) | ۲۵۰ | ۱۵۰ | ۲۵ | ۱۸ | ۷.۲ |
| غربی- شرقی (گردش به چپ) | ۲۴۵ | ۷۰ | -- | ۱۱ | |

| مسیر | تردد | تردد اشباع | سنگینی ترافیک |
|---|---|---|---|
| شمالی- جنوبی (تمام جهات) | ۹۴۳ | ۳۹۶۰ | ۰.۲۴ |
| جنوبی- شمالی (تمام جهات) | ۷۸۶ | ۳۹۶۰ | ۰.۲۰ |
| شرقی- غربی (مستقیم و گردش به راست) | ۵۶۰ | ۱۹۰۰ | ۰.۲۹ |
| شرقی- غربی (گردش به چپ) | ۳۷۱ | ۱۷۰۰ | ۰.۲۲ |
| غربی- شرقی (مستقیم و گردش به راست) | ۴۴۳ | ۱۹۰۰ | ۰.۲۳ |
| غربی- شرقی (گردش به چپ) | ۳۲۶ | ۱۷۰۰ | ۰.۱۹ |

فاز اول= ۰.۲۴

فاز دوم= ۰.۲۹

فاز سوم= ۰.۲۲

- مجموع بزرگترین سنگینی ترافیک فازها:

$$Y = y_1 + y_2 + y_3 = 0.24 + 0.29 + 0.22 = 0.75$$

-مجموع زمان تلف شده در هر چرخه:

$$L = n(I - a) + nl = 3 \times (5 - 3) + 3 \times 2 = 12$$

- محاسبه مدت زمان چرخه چراغ راهنمایی:

$$C_o = \frac{1.5L + 5}{1 - Y} = \frac{1.5 \times 12 + 5}{1 - 0.75} = 92$$

- محاسبه زمان سبز موثر چرخه و هر فاز:

$$G_t = C_o - L = 92 - 12 = 80$$

$$g_1 = \frac{y_1}{Y}(C_o - L) = \frac{0.24}{0.75}(92 - 12) = 25.6 \approx 26$$

$$g_2 = \frac{y_2}{Y}(C_o - L) = \frac{0.29}{0.75}(92 - 12) = 30.9 \approx 31$$

$$g_3 = \frac{y_3}{Y}(C_o - L) = \frac{0.22}{0.75}(92 - 12) = 23.4 \approx 23$$

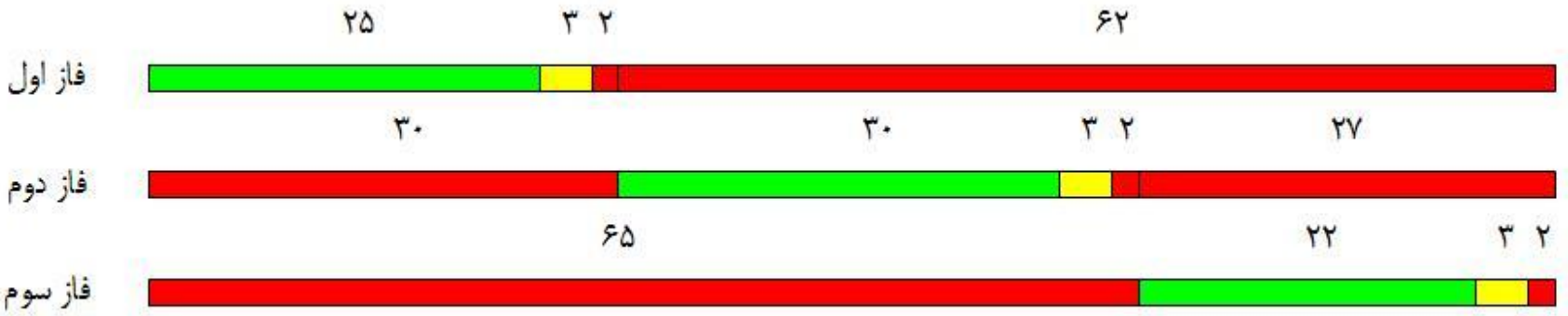
- محاسبه زمان سبز حقیقی هر فاز:

$$k_1 = g_1 + (l - a) = 26 + (2 - 3) = 25$$

$$k_2 = g_2 + (l - a) = 31 + (2 - 3) = 30$$

$$k_3 = g_3 + (l - a) = 23 + (2 - 3) = 22$$

- ترسیم دیاگرام زمان‌بندی فازها:



# پارکینگ

# پارکینگ

## اهمیت پارکینگ

هر سال ۸۷۶۰ ساعت است. اگر فرض شود که هر اتومبیل در طول سال بطور متوسط ۲۰۰۰۰ کیلومتر مسافت بپیماید و متوسط سرعت آن ۵۰ کیلومتر بر ساعت باشد، مدت زمانیکه یک اتومبیل در سال بطور متوسط در حرکت است برابر با ۴۰۰ ساعت خواهد شد.
بنابراین هر اتومبیل بطور متوسط، ۸۳۶۰ ساعت در حال توقف است و احتیاج به محلی برای توقف دارد.
این محاسبه ساده نشان می‌دهد که مدت زمان مورد نیاز هر اتومبیل به پارکینگ به مراتب بیشتر از مدت زمان حرکت آن است.
از اینرو، پیش بینی و تدارک فضای لازم و کافی برای وسایل‌نقلیه در مواقعی که از آنها استفاده نمی‌شود، از معضلات بزرگ شهرها بخصوص شهرهای بزرگ است. دشواری مسئله بیشتر به خاطر آن است که این فضا را غالباً باید در گرانترین و محدودترین نقاط شهر در نظر گرفت.

# انواع پارکینگ

انواع پارکینگ‌هایی که امروزه در کشورهای مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند، عبارتند از:

- پارکینگ خیابانی (حاشیه‌ای)
- پارکینگ همسطح
- پارکینگ چندطبقه
- پارکینگ بامی
- پارکینگ مکانیکی
- پارکینگ زیرزمینی

## پارکینگ خیابانی

استفاده وسایل‌نقلیه از سطح خیابان را پارکینگ خیابانی می‌گویند. پارکینگ خیابانی تا زمانیکه تعداد وسایل‌نقلیه در شهر نسبت به ظرفیت خیابانها کم باشد، مشکل چندانی ایجاد نمی‌کند.
از آنجائیکه در طراحی معابر، ظرفیت را طوری در نظر می‌گیرند که جوابگوی نیازهای آینده باشد، از اینرو، ظرفیت جاده در سالهای اولیه استفاده از آن غالباً بیش از نیاز بالفعل آنهاست و به همین علت استفاده وسایل‌نقلیه از قسمتی از سطح خیابان به عنوان پارکینگ مشکل چندانی ایجاد نمی‌کند. اما بتدریج که بر تعداد وسایل‌نقلیه افزوده می‌شود، کمبود فضای عبور و مرور وسایل‌نقلیه محسوس می‌شود. در اینصورت، توقف وسایل‌نقلیه در کنار خیابانها در ساعاتی از روز یا در تمام طول روز ممنوع می‌شود.
جاده را اصولاً برای عبور و مرور وسایل‌نقلیه می‌سازند، پس اولویت استفاده از سطح خیابان با وسایل‌نقلیه در حال حرکت است. لذا در مواقعی که ظرفیت خیابان برای عبور وسایل‌نقلیه کافی نیست باید از توقف وسایل‌نقلیه در آنجا جلوگیری کرد.

به دلایل ذیل جلوگیری کامل و تمام وقت از پارک وسایل‌نقلیه در خیابانها بسیار دشوار است:

- عادت مردم به استفاده از سطح خیابانها به عنوان پارکینگ
- کمبود پارکینگهای عمومی و خصوصی
- افزایش تعداد وسایل‌نقلیه

در این حالت استفاده از مدیریت ترافیک برای استفاده از سطح خیابانها به عنوان پارکینگ دارای اهمیت است.

استفاده از سطح خیابانها به عنوان پارکینگ از نامناسب‌ترین روشهای حل مسئله پارکینگ است، زیرا:

- گران‌ترین و غالباً بهترین زمین‌ها به پارکینگ اختصاص می‌یابند.
- موجب کاهش ظرفیت خیابانها می‌شود.
- موجب ممانعت از سبقت می‌شود.
- موجب افزایش تصادفات می‌شود.
- موجب ایجاد خطر برای عابرین‌پیاده و کندی ترافیک می‌شود.

## زاویه پارک

رانندگان وسایل‌نقلیه برحسب مورد، وسیله‌نقلیه خود را به دو حالت پارک می‌کنند:

۱- موازی جدول کنار خیابان

۲- زاویه دار با جدول کنار خیابان

هریک از این دو حالت ویژگیهای خاصی دارند، که عبارتند از:

- در پارک موازی، طولی از جدول یا کناره خیابان که برای توقف وسیله‌نقلیه لازم است به حداکثر خود می‌رسد؛ در صورتیکه اگر وسیله‌نقلیه با زاویه‌ای نسبت به جدول پارک شود، این طول اشغال شده کمتر خواهد شد.
- برای رانندگان پارک‌کردن بصورت زاویه‌دار مناسب‌تر است، زیرا ورود و خروج از پارک در این حالت راحت‌تر از حالت موازی صورت می‌گیرد؛ در صورتیکه در حالت موازی، برای پارک و خروج از آن چند دفعه جلو و عقب کردن لازم است.
- خروج وسایل‌نقلیه در حالت پارک زاویه‌ای موجب قطع جریان ترافیک عبوری بوده و خطرناک می‌باشد.
- در مواقعی که ارتفاع کم باشد، امکان اشغال قسمتی از پیاده‌رو توسط وسیله‌نقلیه وجود دارد که موجب سد معبر برای عابرین‌پیاده خواهد شد.

## افزایش ظرفیت پارکینگ خیابانی

یکی از روشهای افزایش ظرفیت پارکینگ خیابانی، استفاده از توقف‌سنج می‌باشد. در صورت استفاده از توقف‌سنج به وسایل‌نقلیه متعدد اجازه داده می‌شود که از هر محل پارک چند بار در روز استفاده شود. بعبارت دیگر استفاده از توقف‌سنج موجب محدودیت استفاده مستمر از پارک می‌شود.

## توقف‌سنج

یکی از رایج‌ترین راههای دریافت وجه از پارکهای خیابانی و محدودکردن مدت توقف، بکارگیری توقف‌سنج است. توقف‌سنج توسط کارل مگی اختراع شده است و اولین بار در سال ۱۹۳۵ مورد استفاده قرار گرفته است. به مرور، استفاده از توقف‌سنج گسترش یافته و امروزه در بسیاری از شهرهای بزرگ دنیا از آن استفاده می‌شود.

نکاتی که باید در انتخاب محل مناسب برای نصب توقف‌سنج در نظر گرفت، عبارتند از:

- توجه به عبور آزاد ترافیک.
- توجه دسترسی به محلهای مجاور.
- در نظر گرفتن ظرفیت و فاصله پارکینگهای عمومی از محل موردنظر.
- در نظر گرفتن وضعیت مناطق و خیابانهای اطراف.

عدم توجه به وضعیت مناطق اطراف، ممکن است باعث ایجاد تراکم در خیابانهای اطراف گردد، چراکه رانندگان برای فرار از پرداخت وجه ممکن است به خیابانهای اطراف رو آورند.

به همین دلیل، برای نصب و استفاده از توقف‌سنج‌ها باید منطقه‌ای وسیع‌تر از منطقه موردنظر برای نصب توقف‌سنج را بررسی و مطالعه کرد.

## مزایای استفاده از توقف‌سنج

برخی از مزایای بکارگیری از توقف‌سنج عبارتند از:

- به دلیل دریافت وجه به ازای زمان پارک، معمولاً از توقف‌های طولانی و بی‌مورد اجتناب می‌شود و در نتیجه از هر محل پارک چند دفعه در روز استفاده می‌شود.
- چون محل توقف وسایل‌نقلیه با خط‌کشی مشخص شده است، رانندگان برای پارک دردسر چندانی نخواهند داشت.
- درآمد قابل توجهی بابت حق توقف عاید می‌شود، که می‌توان از آن برای بهبود وضعیت ترافیک استفاده کرد.

## معایب استفاده از توقف‌سنج

برخی از معایب بکارگیری از توقف‌سنج عبارتند از:

- استفاده از توقف‌سنج اصولاً راه حل کلی و جامعی برای مسئله پارکینگ به حساب نمی‌آید، چون هر محل پارک باید برای بزرگترین اتومبیلها (یا حداقل قدری بزرگتر از اندازه متوسط اتومبیلها) در نظر گرفته شود، که قائدتاً در این شرایط از تعداد محلهای پارک در مقایسه با حالتی که توقف‌سنج وجود ندارد، کاسته می‌شود.
- به ساکنان مناطق مسکونی که توقف‌سنج در مجاورت منزل آنها نصب می‌شود، از نظر حق توقف مخارجی تحمیل می‌شود.
- نصب توقف‌سنج به زیبایی شهر لطمه می‌زند.

## نصب توقف‌سنج

انتخاب محل مناسب برای نصب توقف‌سنج نیازمند جمع‌آوری اطلاعاتی می‌باشد، که عبارتند از:

- شناسایی محل مکانهایی که برای بارگیری و تخلیه لازم هستند به همراه فاصله بین آنها، نوع اجناسی که باید بارگیری یا تخلیه شوند.
- شناسایی محل ورودی ساختمانها.
- شناسایی محل لوله‌های سوخت منازل و ساختمانها.
- شناسایی محل شیرهای آتش‌نشانی.
- فاصله مناسب تا تقاطعات که باید توقف ممنوع باشد.
- توجه به ایستگاههای اتوبوس.
- در نظر گرفتن محل عبور عابرین‌پیاده.
- مشخص کردن نوع وسایل‌نقلیه مجاز برای استفاده از توقف‌سنج به منظور تعیین اندازه و محل پارک متناسب با آن وسایل.

## مدت زمان توقف

بطور کلی می‌توان:

۱- در تمام مناطق توقف‌سنج‌ها را به توقفهای کوتاه‌مدت اختصاص داد.

۲- بعضی از مناطق را برای توقفهای کوتاه‌مدت و بعضی دیگر را برای توقفهای طولانی در نظر گرفت.

در حالت دوم، لازم است شکل ظاهری توقف‌سنج‌هایی که برای دو حالت در نظر گرفته می‌شوند با هم تفاوت داشته باشند تا رانندگان در استفاده از آنها دچار اشتباه نشوند.

## ابعاد محل توقف

بطور کلی طول و عرض مناسب برای محل پارک را بترتیب ۶ و ۲.۵ متر در نظر می‌گیرند، اما در مواقع اضطراری می‌توان طول هر محل پارک را به ۵.۸ متر کاهش داد.

همواره باید بین هر چند محل پارک فاصله‌ای در نظر گرفت تا امکان پیاده و سوارشدن مسافران از وسایل‌نقلیه دیگر وجود داشته باشد.

## پارکینگ همسطح

پارکینگ همسطح عبارتست از قطعه زمینی مسطح و نسبتاً وسیع که از آن برای پارکینگ وسایل‌نقلیه استفاده می‌شود.

اندازه محلهای پارک برحسب مورد و با توجه به اندازه اتومبیلهایی که از آن استفاده خواهند کرد، بین ۲.۵ در ۴.۷۵ متر مربع تا ۲.۵ در ۵.۵ متر مربع است.

عرض مسیر بین هر دو ردیف در محلهای پارک، به زاویه پارک و یکطرفه یا دوطرفه بودن مسیر بستگی دارد.

- برای عبور یکطرفه با زاویه پارک عمودی، عرضی برابر ۶ متر.
- برای عبور دوطرفه با زاویه پارک عمودی، عرضی برابر ۷.۵ متر.

در صورتیکه اتومبیلها با زاویه کمتر از ۹۰ درجه پارک شوند، عرض لازم کاهش می‌یابد.

## پارکینگ چندطبقه

در مناطقی مانند مراکز شهرها، که زمین گران و کمیاب است، در نزدیکی فرودگاههای بزرگ و ایستگاههای مرکزی مسافربری عمومی که در آنها به تعداد نسبتاً زیادی محل پارک احتیاج است، ایجاد پارکینگ همسطح برای جوابگویی به نیازهای منطقه کافی نیست، لذا در این موارد به جای پارکینگ همسطح از پارکینگ چندطبقه استفاده می‌شود.

در نتیجه از مساحت زمین موجود برحسب تعداد طبقات، چند برابر استفاده می‌شود.

در طراحی پارکینگ‌های چندطبقه به عوامل ذیل می‌بایست توجه شود:

- مشخص کردن ظرفیت براساس نیازهای پیش‌بینی شده.
- سهولت ورود و خروج وسایل‌نقلیه.
- مخارج احداث و نگهداری پارکینگ.
- رعایت هماهنگی لازم بین ساختمان پارکینگ و ساختمانهای اطراف.

در عین حال، تعداد طبقات پارکینگ چندطبقه به عوامل فوق بستگی دارد.

## پارکینگ بامی

در مناطقی که زمین بسیار گران و کمیاب باشد و ایجاد پارکینگ‌های مستقل نیز مقدور یا بصرفه نباشد، یکی از راهکارهای ایجاد پارکینگ استفاده از بام ساختمانهاست.
در این شرایط، بدیهی است باید در طرح و محاسبه ساختمان تمهیدات لازم صورت گیرد.

## پارکینگ مکانیکی

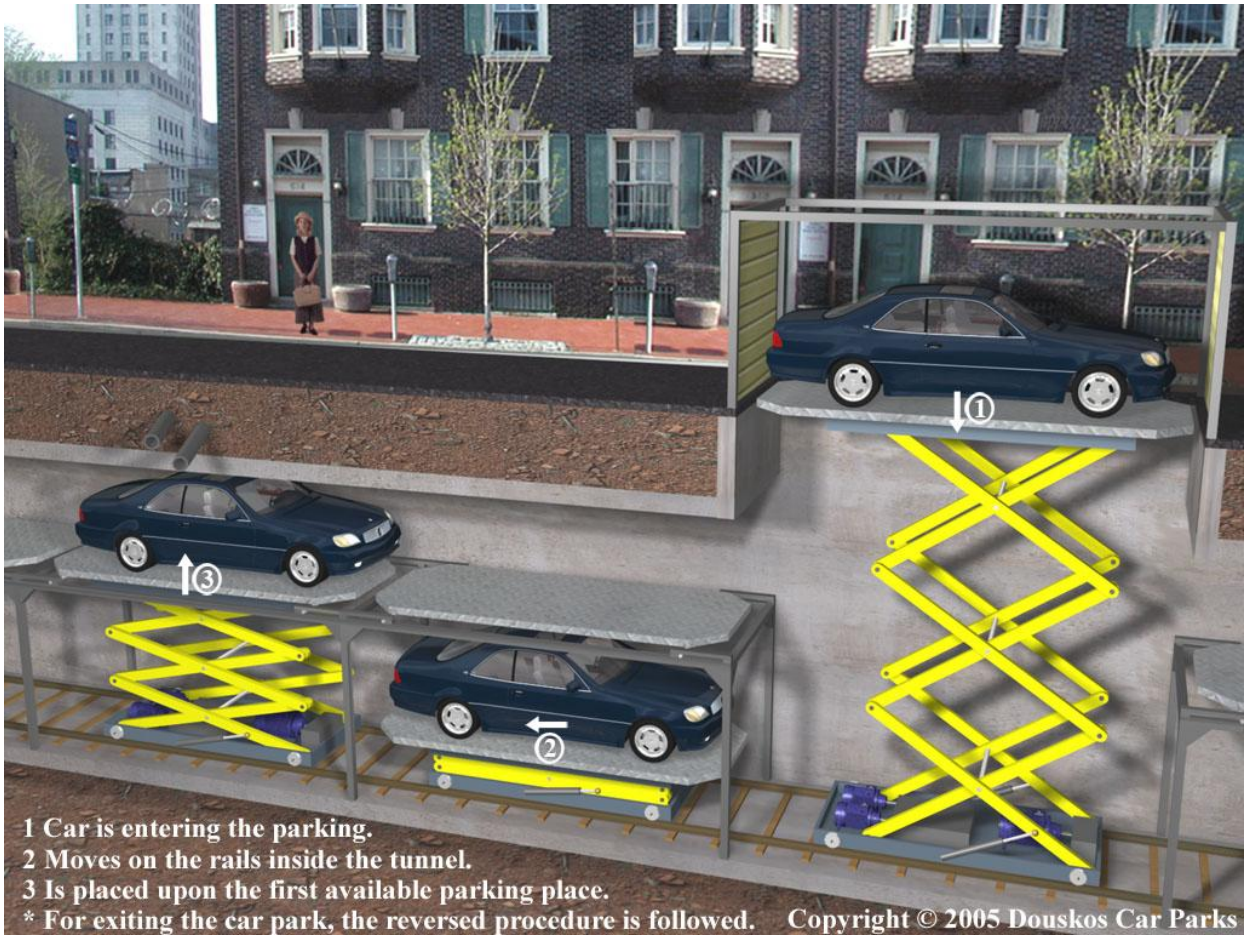
در شرایطی که زمین کافی برای ایجاد پارکینگ‌های بزرگ و مناسب وجود نداشته باشد یا بسیار گران باشد، ممکن است استفاده از وسایل مکانیکی نظیر بالابرهای مخصوص به جای رابط، بیشتر مقرون بصرفه باشد. به این پارکینگهای چندطبقه که به جای رابط از وسایل مکانیکی استفاده می‌شود، اصطلاحاً پارکینگ مکانیکی می‌گویند.

پارکینگهای مکانیکی را با توجه به وسایل موردنیاز می‌توان به سه دسته تقسیم کرد:

۱- پارکینگهای مکانیکی با وسایل مکانیکی ساده.

۲- پارکینگهای مکانیکی با حرکت افقی.

۳- پارکینگهای مکانیکی با بالابرهای ثابت و متحرک.



## پارکینگ زیرزمینی

این نوع پارکینگ‌ها پائین‌تر از سطح زمین ساخته می‌شوند. اینگونه پارکینگ را می‌توان در زیر جاده، میدان، پارک، زیر ساختمانهای مسکونی، هتلها و ساختمانهای عمومی دیگر ساخت.

این نوع پارکینگ‌ها خصوصیت ویژه‌ای ندارند و بیشتر در مکانهایی که زمین کم و گران باشد یا بدلیل وجود ساختمانهای باستانی و موانع دیگر که امکان ساخت پارکینگ‌های همسطح یا چندطبقه وجود ندارد، ساخته می‌شوند.

## مطالعه پارکینگ

قبل از هرگونه اظهارنظر و تصمیم‌گیری در مورد ایجاد پارکینگ و حل مسئله آن، می‌بایست اطلاعات اولیه از منطقه مورد مطالعه جمع‌آوری گردد. مهمترین آمار و اطلاعات موردنیاز عبارتند از:

- بررسی و برآورد پارکینگهای موجود.
- تراکم پارکینگ.
- مدت پارک.
- برآورد پارکینگهای لازم برای حال و آینده.

## بررسی و برآورد پارکینگهای موجود

برای بررسی و برآورد پارکینگهای موجود، اقدامات ذیل باید صورت گیرد:

۱- نقشه‌ای به مقیاس ۱/۱۲۵۰ از منطقه مورد مطالعه تهیه گردد.

۲- کلیه امکانات پارکینگی موجود برداشت و برآورد گردد، که این امکانات عبارتند از:

- پارکینگهای خیابانی (حاشیه‌ای).
- پارکینگهای خصوصی شامل روباز، مسقف، مسکونی یا تجاری.
- پارکینگهای عمومی شامل همسطح یا چندطبقه.
- پارکینگهای دیگر نظیر دائمی یا موقت.

۳- اطلاعات جمع‌آوری شده با در نظر گرفتن علامت و رنگ خاص برای هر یک از انواع پارکینگها بر روی نقشه ثبت و مشخص گردد.

توصیه می‌شود دو نسخه نقشه تهیه گردد، یکی برای مشخص کردن پارکینگهای حاشیه‌ای (خیابانی) و دیگری برای مشخص کردن سایر انواع پارکینگها (پارکینگهای غیرحاشیه‌ای) استفاده گردد.

## تراکم پارکینگ

منظور از تراکم پارکینگ، تعداد وسایل‌نقلیه‌ای است که در زمان موردنظر از پارکینگهای ناحیه مطالعاتی استفاده می‌کنند.

این زمان، بیشتر ساعتی از شبانه‌روز است که احتمال احتیاج به پارکینگ و ایجاد تراکم در آن حداکثر باشد.

ساده‌ترین روش محاسبه تراکم پارکینگ، مشاهده است. در این روش، یک یا چند نفر آمارگیر به همراه نقشه ناحیه مطالعاتی به مقیاس ۱۲۵۰/۱ و به کمک اتومبیلی خیابانها و مسیرهای داخل ناحیه را به آهستگی می‌پیمایند و تعداد وسایل‌نقلیه‌ای را که در کنار خیابانها پارک کرده‌اند، شمرده و یادداشت می‌کنند.

برای تعداد وسایل‌نقلیه پارک شده در پارکینگهای غیرحاشیه‌ای نیز با مراجعه و آمارگیری مستقیم در ساعت موردنظر اندازه می‌گیرند.

اطلاعات بدست آمده در مورد تراکم پارکینگ را با علائم مخصوص و رنگهای خاص برای هر مورد به نقشه منتقل می‌کنند.

## مدت پارک

برای مطالعه، بررسی و حل مشکل پارکینگ دانستن مدت زمانیکه وسایل‌نقلیه در پارکینگهای مختلف متوقفند، لازم و ضروری است.

اندازه‌گیری مدت پارک در پارکینگهای حاشیه‌ای بصورت مستقیم و مشاهده صورت می‌گیرد. در این روش، آمارگیرانی پیاده مسیرهای مختلف را طی نموده و در فاصله زمانی مشخص، شماره پلاک وسایل‌نقلیه پارک شده در طول مسیر را یادداشت می‌کنند. به این ترتیب می‌توان مدت توقف هر وسیله‌نقلیه را به دست آورد.

فاصله زمانی موردنظر معمولاً ۱۵ دقیقه، ۳۰ دقیقه یا یکساعت می‌باشد.

واضح است که نتایج حاصل با خطاهایی همراه است، زیرا ممکن است که وسیله‌نقلیه‌ای بعد از عبور آمارگیر در محل پارک نموده و قبل از اینکه آمارگیر مجدداً به محل مذکور برگردد، رفته باشد. در این حالت با اعمال ضرایبی می‌توان خطای مذکور را جبران کرد.

## برآورد پارکینگ موردنیاز

پس از تعیین امکانات موجود، می‌بایست نیاز فعلی و آینده به پارکینگ در ناحیه مطالعاتی برآورد گردد تا براساس آن برنامه‌ریزی صورت گیرد.

در برآورد نیاز فعلی باید توجه داشت که معمولاً نیاز واقعی بیش از نیاز ظاهری است، زیرا:

- ممکن است به علت محدودیت پارکینگ بسیاری از مردم از آوردن وسیله‌نقلیه خود صرفنظر کنند یا از پارک کردن آن منصرف شوند.
- ممکن است بعضی به علت عدم دستیابی به محل مناسب، وسایل‌نقلیه خود را در محلهای نسبتاً دور از محل موردنظر پارک کرده باشند.

در هر صورت، تعداد و محل پارک لازم در شرایط فعلی را می‌توان به وسیله روشهای آماری و از طریق پرسشنامه و نظایر آن برآورد نمود.

برآورد تعداد محل پارک لازم برای آینده نسبتاً دشوار است، زیرا به پارامترهای متنوعی وابسته است که عبارتند از:

- آهنگ رشد جمعیت.
- آهنگ رشد تعداد وسایل‌نقلیه.
- چگونگی گسترش و ایجاد ساختمانها.
- وضعیت حمل‌ونقل همگانی.
- اوضاع سیاسی و اقتصادی.

در هر صورت، با توجه به آمار و اطلاعات موجود می‌توان از نیاز آینده به پارکینگ در ناحیه مطالعاتی، برآورد تقریبی بدست آورد.

# پایان