فصل پنجم :

" مشخصات جریان ترافیک "

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

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

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

خوشبختانه ، در حالیکه تمام مشخصات متغیرند، محدودهٔ معقولی برای راننده و بنابراین برای جریان ترافیک وجود دارد. در اتوبانی که برای سرعت ایمنی ساعت/کیلومتر ٦٠ طراحی شده رانندگان سرعتهایی را در محدوده ای باز انتخاب میکنند (شاید ٤٥ تا ساعت/کیلومتر ٦٥) ، هر چند تعداد کمی با سرعتهای ساعت/ کیلومتر ۸۰ یا ساعت / کیلومتر ۲۰ حرکت خواهند کرد.

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

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

۱-۵- انواع تسهیلات

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

- جریان غیر منقطع

- جریان منقطع

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

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

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

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

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

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

۲-۵- پارامترهای جریان ترافیک

پارامترهای جریان ترافیک به دو قسمت کلی تقسیم می شوند . پارامترهای "درشت نمود" که جریان ترافیک را بطور سراسر ی توصیف می کنند ، پارامترهای " ریز نمود " که رفتار منحصر بفرد وسایل نقلیه را یا یک جفت وسیله نقلیه را در جریان ترافیک توصیف می کنند.

سه پارامتر اصلی درشت نمود که جریان ترافیک را توصیف می کنند عبارتنداز :

(۱) حجم یا نرخ جریان ،

(۲) سرعت و

(۳) چگالی .

پارامترهای " ریز نمود" شامل :

(۱) سرعت هر کدام از وسایل نقلیه ،

(۲) سر فاصله زمانی و

(۳) سرفاصله مکانی .

۱-۲-۵- حجم و نرخ جریان

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

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

نرخ های جریان عموماً با واحد " وسیله نقلیه درساعت " بیان می شود، ولی بیانگر جریانهایی که دوره های زمانی کمتر از یک ساعت بوجود آمده . حجم ۲۰۰ وسیله نقلیه که در دوره ۱۵ دقیقه ای دیده شده می تواند بصورت نرخ ۸۰۰= ٤ × ۲۰۰ وسیله نقلیه در ساعت بیان گردد، درست مثل ۸۰۰ وسیله نقلیه که مشاهد نشده اگر در یک ساعت کامل شمارش شوند ، ۸۰۰ وسیله نقلیه در ساعت نرخ جریانی است که در طول ۱۵ دقیقه وجود دارد.

احجام روزانه

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

٤ پارامتر حجم روزانه وجود دارد که در مهندسی ترافیک کار برد گسترده ای دارد:

- ترافیک متوسط روزانه در سال (AADT)متوسط حجم ۲٤ ساعته در مکانی مشخص در طول کل ۳٦۵ روز سال با تعداد وسایل نقلیه عبوری از یک نقطه در طول سال تقسیم بر ۳٦۵ روز(۳٦٦ روز در سالهای کبیسه).
- ترافیک متوسط روز کاری هفته در سال (AAWT) متوسط حجم ۲٤ ساعته که در طول روزهای کاری هفته در کل ۳٦۵ روز سال اتفاق می افتد ، تعداد وسایل

نقلیه عبوری از یک محل در روزهای کاری هفته در یک سال تقسیم بر تعداد روزهای کاری طول سال (معمولاً ۲٦۰ روز).

- ترافیک متوسط روزانه (ADT) متوسط حجم ۲٤ ساعته در یک محل و دروه زمانی مشخص کوتاه تر از یک سال و یک کاربرد عادی آن اندازه گیری ترافیک متوسط روزانه برای هر ماه از سال است .
- ترافیک متوسط روز کاری هفته (AWT) متوسط حجم ۲٤ ساعته روزهای کاری هفته در یک محل و دوره زمانی مشخص کمتر از یکسال و یک کاربرد عادی آن اندازه گیری ترافیک متوسط روز کاری هفته برای هرماه از سال است .

تمامی این احجام بر مبنای وسیله نقلیه بروز (reh/day) هستند . احجام روزانه عموماً براساس جهت یا خط عبور تفکیک نمی شوند بلکه مجموعی برای کل امکانات در محل طرح هستند.

جدول ۱-۵ تلفیقی از این احجام روزانه را بر حسب اطلاعات شمارش در یک محل نمونه در طول یکسال ، نشان می‌دهد. اطلاعات جدول ۱-۵ بطور کلی از یک محل شمارش ثابت بدست آمده است (مثلاً محلی که بصورت خودکار حجم را شناسایی کرده و شمارش را بصورت الکترونیکی به یک کامپیوتر مرکزی در نقطه ای مخابره می کند). ترافیک متوسط روزکاری هفته (AWT) برای هر ماه با تقسیم حجم کل روز کاری هفته در ماه بر تعداد روزهای کاری ماه است (ستون ۵ تقسیم بر ستون ۲) بدست می آید . ترافیک متوسط روزانه روزانه ، کل حجم ماهانه ترافیک تقسیم بر تعداد روزهای ماه است (ستون ٤ تقسیم بر ستون ۳)، ترافیک متوسط در سال

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

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

جدول ۵،۱ : تشریح پارامترهای حجم روزانه

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

AADT = 5,445,000/365 = 14,918 veh/day

AAWT = 2,583,000/260 = 9,935 veh/day

احجام ساعتی

هر چند احجام روزانه برای اهداف برنامه ریزی مفیداست اما به تنهایی بمنظور طراحی و تحلیل عملکرد نمی تواند کار برد داشته باشد. حجم آشکارا در ٢٤ ساعت روز، همزمان با موقع ایجاد بیشتر ین جریان سفرهای روزانه صبح و عصر در " ساعات ازدحام " تغییر می کند. ساعتی از روز که دارای بیشترین حجم ساعتی باشد به " ساعت اوج " اشاره دارد . حجم ترافیک در طول این ساعت بیشترین بهره را برای مهندسین ترافیک جهت کاربرد در طراحی و تحلیل های عملکردی دارد. حجم ساعت اوج عموماً بصورت جهتی بیان می شود (یعنی هرجهت جریان بطور جداگانه شمارش می شود).

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

گاهی اوقات در طراحی ، حجم ساعت اوج از پیش بینی AADT تخمین زده می شود. پیش بینی های ترافیکی اغلب بصورت AADT هایی براساس روزهای مستند و یا مدلهای پیش بینی انجام می شود. زیرا از پیش بینی احجام روزانه ، نظیر AADT که پایدارتر از احجام ساعتی هستند، بصورت مطمئن تری می توان استفاده کرد. AADT ها به حجم ساعت اوج در جهت

اوج جریان تبدیل می شود. این امر اشاره به " حجم جهتی ساعت طر ح " (DDHV) دارد و با رابطهٔ زیر بدست می آید : DDHV=AADT*K*D

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

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

برای طراحی ، ضریب K اغلب نسبت AADT ایجاد شده در طول سی امین ساعت اوج سال را بیان می کند. اگر ۳٦۵ حجم ساعت اوج سال درمحلی مشخص بصورت نزولی لیست گردد، ساعت اوج سی ام ، سی امین ردیف بوده و بیانگر حجمی است که فقط ۲۹ ساعت از سال از آن بیشتر بوده است .

سی امین ساعت اوج برای امکانات برون شهری ممکن است افت قابل ملاحظه ای در حجم نسبت به بدترین ساعت سال داشته باشد، همانطور که نقاط اوج بحرانی ممکن است بندرت رخ دهد. در اینگونه موارد سرمایه گذاری سنگین برای ایجاد ظرفیت اضافی که تنها در ۲۹ ساعت سال استفاده شود مقرون بصرفه بنظر نمی رسد. در موارد شهری که ترافیک مکرراً در اوج سفرهای روزانه شهری در سقف ظرفیت قرار دارد، سی امین ساعت اوج اغلب با بیشترین ساعت اوج سالانه اختلاف چندانی ندارد.

ضرائب K و D براساس مشخصات محلی و منطقه ای در محلهای موجود تعیین می شود. اغلب ادارات راهٔ استانها ، بطور مثال بر این مشخصات نظارت کرده ، و مقادیر مناسب جهت کاربرد در نواحی مختلف استان را منتشر می کنند. ضریب K با افزایش تراکم توسعه در نواحی تحت سرویس دهی امکانات ، کاهش می یابد. در نواحی متراکم ، در طول دوره های غیر اوج تقاضای زیادی وجود دارد. این بطور موثری نسبت ترافیک رادر طول ساعت اوج روز کاهش می

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

ضریب D وابسته به متغیر های بیشتری بوده و تحت تاثیر تعدادی از ضرائب است . باز هم با افزایش تراکم توسعه ، ضریب D به سوی کاهش می رود. با افزایش تراکم ، احتمال تقاضای دو طرفه زیاد می شود. راههای شعاعی (یعنی آنها که به جابجایی های بسمت داخل و خارج مراکز شهرها یا دیگر نواحی فعال سرویس دهی می کنند) ، دارای توزیع جهت قوی تری (مقدار D بیشتر) نسبت به مسیرهای پیرامونی (یعنی گذرنده از اطراف نواحی مرکزی کاری) هستند. جدول ۲-۵ محدودهٔ عمومی تغییرات ضرائب K وD را نشان می دهد . اینها کاملاً گویا هستند ، اطلاعات خاص در این مشخصات بایستی توسط دارات راه محلی یا استانی در دسترس باشند یا بایستی قبل از کار برد بصورت محلی کالیبره شده شوند.

جدول ۵-۲ : محدودهٔ عومی برای ضرایب K و D

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

نمونه ای از یک راه غیر شهری را که دارای AADT پیش بینی شده معادل ۳۰ر۰۰۰ وسیله نقلیه /ساعت است در نظر بگیرید. براساس جدول ۲-۵ چه محدوده ای از حجم ساعتی

جهتی طرح می تواند در اینجا مورد توقع باشد ؟ با استفاده از مقادیر جدول ۲-۵ برای یک راه غیر شهری ، محدودهٔ ضریب K از ۰/۱۵ تا ۰/۲۵ بوده و محدودهٔ ضریب D بین ۰/٦۵ تا ۰/۸ میباشد . بنابراین محدودهٔ احجام ساعتی جهتی طرح عبارتست از:

ساعت / وسیله نقلیه ۲۹۲۵= ۰/٦۵ × ۰/۱۵ ×۳۰۰۰۰ = کم DDHV

ساعت / وسیله نقلیه ٦۰۰۰ = ۰/۸× ۰/۲۵ × ۳۰۰۰۰ = زیاد DDHV

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

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

احجام زیر ساعتی و نرخ جریان

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

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

۱۰۰۰وسیله نقلیه
---------- = ٤۰۰۰ vph بیان شود.
۰/۲۵ ساعت

نرخ جریان ٤۰۰۰ برای آن ۱۵ دقیقه ای که ۱۰۰۰ وسیله نقلیه در آن مشاهده شده صحیح است . جدول ۳-۵ تفاوت بین حجمها و نرخهای جریان را نشان می دهد.

جدول ۵-۳ : تشریح احجام و نرخ های جریان

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

حجم ساعتی کامل ، حاصلجمع ٤ حجم ۱۵ دقیقه ای مشاهده شده یا ٤۲۰۰ وسیله نقلیه / ساعت است . نرخ جریان در فاصلهٔ هر ۱۵ دقیقه ، حجم مشاهده شده در این فاصله تقسیم بر ۰/۱۵ ساعتی است که در آن مشاهده صورت گرفته میباشد. در بدترین دورهٔ زمانی و ۳۰: ۵ تا ٤۵:

۵ بعد از ظهر ، نرخ جریان ٤۸۰۰ است . این نرخ جریان است نه حجم آن . حجم حقیقی این ساعت تنها ٤۲۰۰ vph است .

وضعیتی را در نظر بگیرید که ظرفیت آن موقعیت در مساله دقیقاً ٤۲۰۰ vph باشد. در حالیکه این برای پاسخگوئی تقاضا در یک ساعت کامل نشان داده شده در جدول ۳-۵ کافی است ، نرخ جریان تقاضا در طول دو دوره ۱۵ دقیقه ای نشان داده شد ه (۱۵: ۵ تا ۳۰: ۵ بعد از ظهر و ۳۰: ۵ تا ٤۵: ۵ بعد از ظهر) بیشتر از ظرفیت است . مشکل در اینجاست که در حالیکه تقاضا در طول یک ساعت مشخص می تواند متغییر باشد، ظرفیت ثابت است . در هر دوره ۱۵ دقیقه ای ، ظرفیت معادل $\frac{٤۲۰۰}{٤}$ یا ۱۰۵۰ وسیله نقلیه است . بنابراین ، در ساعت اوج نشان داده شده ، در دورهٔ نیم ساعته بین ۱۵: ۵ و ٤۵: ۵ بعد از ظهر که تقاضا از ظرفیت تجاوز می کند، صف تشکیل خواهد شد . بعلاوه ، هنگامیکه در دورهٔ ۱۵ دقیقه اول (۵۰۰ تا ۱۵:۵ بعد از ظهر) که تقاضا از ظرفیت کمتر است، ظرفیت استفاده نشده نمی‌تواند در دورهٔ بعدی مورد استفاده قرار گیرد. جدول ٤-۵ تقاضا و ظرفیت را در طول هر ۱۵ دقیقه مقایسه می کند. طول صف در انتهای هر دوره از طریق طول صف در ابتدای دوره بعلاوه وسایل نقلیه وارد شده منهای وسیله نقلیه خارج شده ، قابل محاسبه است .

هر چند ظرفیت این قطعه در کل ساعت مساوی با حجم تقاضای ساعت اوج (٤۰۰ ساعت / وسیله نقلیه) است ، در انتهای ساعت ، صفی بطول ۵۰ وسیله نقلیه که سرویس دهی نشده اند باقی می ماند. در حالیکه این مثال نشان می دهد که یک صف در سه دوره ۱۵ دقیقه در ساعت اوج

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

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

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

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

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

رابطه بین حجم ساعتی و بیشترین نرخ جریان در طول ساعت ، " ضریب ساعت اوج " تعریف شده و عبارت است از :

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

برای دوره طراحی استاندارد ۱۵ دقیقه ای ، عبارتست از $PHF = \frac{V}{4 \times V_{\text{۱۵ دقیقه ای}}}$

که در آن : V = حجم ساعتی (وسیله نقلیه) ، ۱۵ دقیقه V= بیشترین حجم ۱۵ دقیقه ای در طول ساعت (وسیله نقلیه) و PHF = ضریب ساعت اوج . برای اطلاعات مثال در جدول ۳-۵ و ٤-۵ عبارتست از :

$$\text{PHF} = \frac{٤٢٠٠}{٤ \times ١٢٠٠} = ٠/٨٧٥ .$$

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

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

$V=\frac{V}{PHF}$ که در آن :

V= ییشترین نرخ جریان در طول ساعت ،

و v = حجم ساعتی ،

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

۵-۲-۲- سرعت و زمان سفر

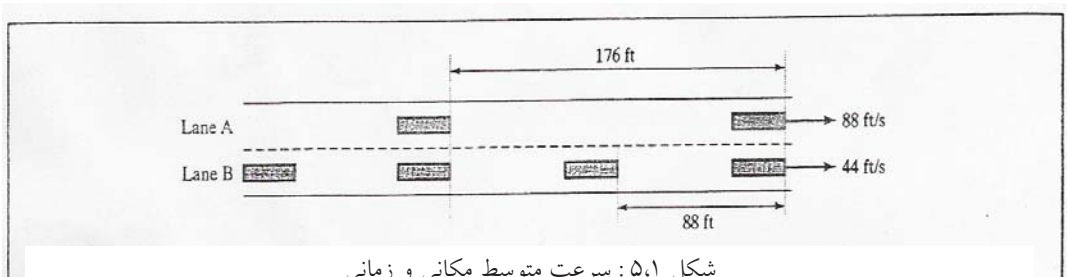
سرعت دومین پارامتر درشت نمودی است که وضعیت جریان ترافیک را توصیف می کند. سرعت بصورت نرخ حرکت در مسافت در زمان واحد تعریف می شود. زمان سفر ، زمان لازم برای پیمودن مقطعی مشخص از راه است . سرعت و زمان سفر باهم رابطه معکوس دارند : $S=d/t$ که در آن S = سرعت ، کیلومتر/ سرعت یا متر / ثانیه . d = فاصلهٔ طی شده ، کیلومتر یا متر و t= زمان پیمودن فاصلهٔ d ، ساعت یا ثانیه .

در یک جریان روان ترافیک ، هر وسیله نقلیه با سرعتی مختلف حرکت می کند. لذا ، جریان ترافیک دارای یک مقدار مشخص نیست اما ترجیحاً توزیعی از سرعتهای منحصر بفرد است . جریان ترافیک که همه را در بر می گیرد با استفاده از میانگین یا نوع سرعت قابل توصیف است .

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

- سرعت متوسط زمانی (TMS) . سرعت متوسط تمام وسایل نقلیه عبوری از نقطه ای از جاده یا خط عبوری در طول یک دوره زمانی مشخص .
- سرعت متوسط مکانی (SMS) سرعت متوسط تمام وسیله نقلیه ای که مقطعی از جاده یا خط عبوری را اشغال کرده اند در طول یک دوره زمانی مشخص .

در واقع ، سرعت متوسط زمانی اندازه گیری نقطه ای است در حالیکه سرعت متوسط مکانی طولی از جاده یا خط عبوری را توصیف می کند . شکل ۱-۵ مثالی را نشان می دهد که تفاوت بین اندازه گیری دو سرعت متوسط فوق را تشریح می کند.



شکل ۵،۱ : سرعت متوسط مکانی و زمانی

برای اندازه گیری سرعت متوسط زمانی (TMS) ، باید یک شخص بیننده در کنار مسیر ایستاده و سرعت هر وسیله نقلیه عبوری را ثبت نماید . با توجه به سرعتها و فواصل نشان داده شده در شکل ۱-۵ یک خودرو از بیننده در خط A هر ۲ ثانیه عبور می نماید. همینطور یک وسیله نقلیه از بیننده خط B هر ۲ ثانیه عبور می کند. بنابراین تا وقتیکه جریان ترافیک در شرایط نشان داده شده باقی باشد برای هر n وسیله نقلیه عبوری با سرعت $^{fl/s}$ ۸۸ ، بیننده هم n وسیله نقلیه را

با سرعت عبور $^{fl/s}$ ۴۴ شاهده میکند. TMS به اینصورت قابل محاسبه است :$^{fl/s}$ ٦٦ =

$$TMS = \frac{۸۸ + ٤٤n}{۲n}$$

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

$$SMS = \frac{۸۸n + ٤٤ \times ۲n}{۳n} = ۸۵/۷^{mi/n}$$

در نتیجه ، سرعت متوسط مکانی بر این واقعیت محاسبه می شود که وسیله نقلیه ای که در سرعت $^{fl/s}$ ٤٤ حرکت می کند برای پیمودن مقطعی مشخص ، زمانی دو برابر وسیله نقلیه ای با سرعت $^{fl/s}$ ۸۸ صرف می کند . سرعت متوسط مکانی براساس مقدار زمانی که برای پیمودن مقطع راه صرف می کنند برای وسایل نقلیه کندروتر از لحاظ وزنی سهم بیشتری قائل است . بنابراین ، عموماً سرعت متوسط مکانی در شرایطی که وسایل نقلیه سهم مساوی داشته باشند، کمتر از سرعت متوسط زمانی متناظرش است . اگر تمام وسایل نقلیه در مقطع مورد نظر باسرعتی کاملاً مساوی حرکت کنند، تساوی دو سرعت متسط فوق امکانپذیر است .

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

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

که در آن :

TMS = سرعت متوسط زمانی ، متر/ ثانیه ، SMS = سرعت متوسط مکانی، متر/ثانیه ، D = فاصله پیموده شده ، متر ، n = تعداد وسایل نقلیه مشاهده شده ، t_i = زمان لازم برای عبور وسیله نقلیهi ام از مقطع ، ثانیه .

TMS با یافتن سرعت هر وسیله نقلیه و یک میانگین گیری ساده از نتایج محاسبه می گردد . SMS با یافتن زمان متوسط سفر برای پیمودن مقطع توسط یک وسیله نقلیه و با استفاده از زمان متوسط سفر محاسبه میگردد. جدول ۵-۵ یک مساله ساده را در محاسبه سرعت متوسط زمانی و مکانی نشان می دهد.

جدول ۵-۵ : تشریح محاسبهٔ TMS و SMS

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

TMS=50.6 m/s SMS=1,000/19.8=50.4 m/s

۵-۳-۳- چگالی و اشغال

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

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

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

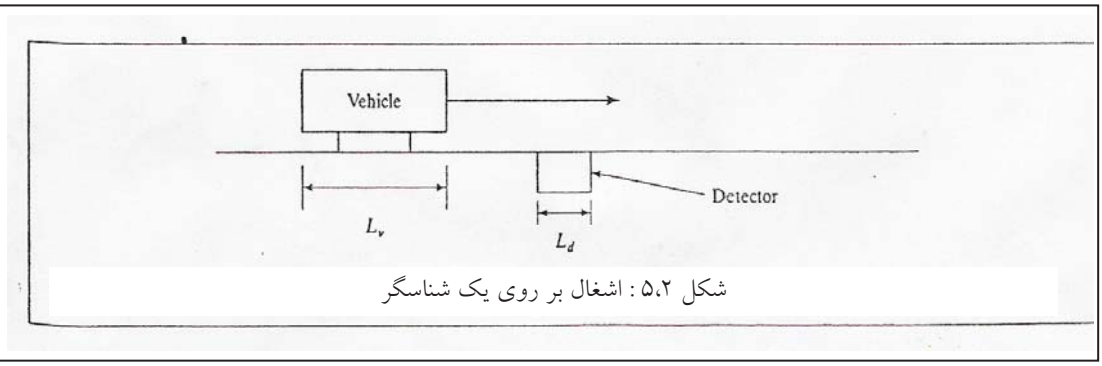
همچنین ، چگالی مقیاس مهمی برای کیفیت جریان ترافیک است زیرا مقیاسی از نزدیکی وسایل نقلیه به یکدیگر ، ضریبی موثر بر میزان آزادی و مانور حرکت و آرامش روانی رانندگان است .

اشغال

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

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

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



شکل ۵،۲ : اشغال بر روی یک شناسگر

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

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

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

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

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

۵-۲-٤- سر فاصلهٔ مکانی و زمانی : پارامترهای ریز نمود

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

سرفاصله مکانی

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

$D = \frac{۵٬۲۸۰}{d_d}$ که در آن :

D = چگالی ، ، d_d = فاصله بین وسایل نقلیه دریک خط ، متر .

سرفاصله زمانی

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

$$V = \frac{۳٦۰۰}{h_a}$$ که در آن :

V= نرخ جریان خط عبور/ ساعت/ وسیله نقلیه و ha = سرفاصله زمانی متوسط در خط عبور ، ثانیه .

کاربرد اندازه گیری ریز نمود

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

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

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

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

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

$$S = \frac{da/ha}{1047} = ۰/۶۸\left(da/ha\right)$$

که در آن :

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

یک مساله نمونه :

ترافیک در یک خط عبور از جاده چند خطه تراکمی دارای سر فاصله مکانی متوسط ۲۰۰ متر ، سر فاصله زمانی متوسط ۳/۸ ثانیه مشاهده گردیده است . نرخ جریان ، چگالی و سرعت ترافیک در این خط عبور را برآورد نمائید.

حل : خط عبور/ ساعت / وسیله نقلیه $V = \frac{۳۶۰۰}{۳/۸} = ۹۴۷$ ، خط عبور / ساعت / وسیله نقلیه $D = \frac{۵'۲۸۰}{۲۰۰} = ۳۶/۴$ ، ساعت / کیلومتر $S = ۰/۶۸\left(\frac{۲۰۰}{۳/۸}\right) = ۳۵/۸$

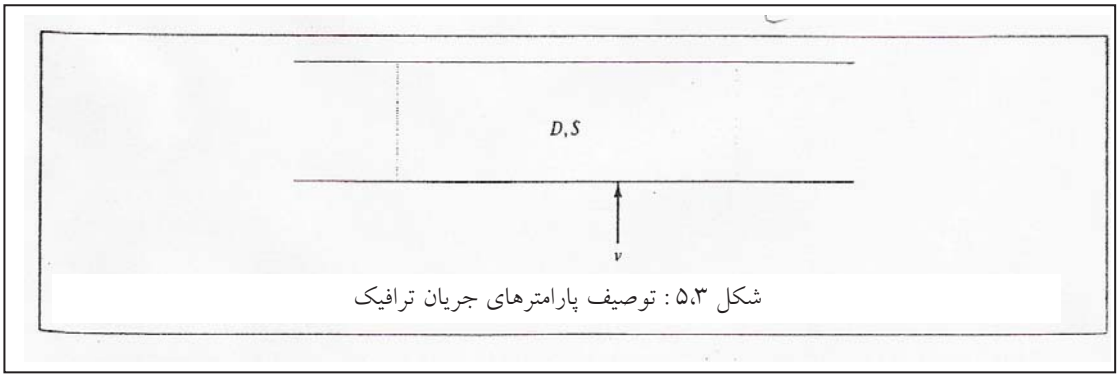
۵-۳- روابط بین نرخ جریان ، سرعت و چگالی

سه مقیاس درشت نمود از وضعیت یک جریان ترافیکی مشخص – جریان ، سرعت و چگالی – بصورت زیر رابطه دارند ،

$V=S \times D$ که در آن : V= نرخ جریان ، یا ، S= سرعت متوسط

مکانی ، و D= چگالی ، یا .

سرعت متوسط مکانی و چگالی مقیاسهایی هستند که به قطعه ای مشخص از یک خط عبوری یا جاده اشاره دارند در حالیکه نرخ جریان یک مقیاس نقطه ای است . شکل ۳–۵ رابطه را شرح می کند.



شکل ۵،۳ : توصیف پارامترهای جریان ترافیک

مقیاسهای سرعت متوسط مکانی و چگالی بایستی بر قطعه ای که بطور مشابه تعریف شده اعمال گردند . شرایط جریان تحت پایدار (یعنی جریان ورودی و خروجی به قطعه همان بوده ، در قطعه صف تشکیل نشود) نرخ جریان که با رابطهٔ ۱۱–۵ محاسبه می شود بر هر نقطه ای از قطعه اعمال میگردد. در جائیکه عملکردهای نا پایداری وجود داشته باشند (صفی در قطعه ایجاد میگردد) . نرخ جریان محاسبه شده بیانگر میانگینی از تمام نقاط داخل قطعه است .

اگر یک خط آزاد راه دارای سرعت متوسط مکانی ۵۵ و چگالی ۲۵ باشد، نرخ جریان در این خط به اینصورت قابل تخمین است :

$V = ۵۵ \times ۲۵ = ۱۳۷۵$ وسیله نقلیه/سرعت/خط

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

$$D = \frac{V}{S} = \frac{۱۰۰۰}{۶۰} = ۱۶/۷$$ خط عبور/کیلومتر/وسیله نقلیه

رابطه ۱۱–۵ اشاره به این دارد که برای یک نرخ جریان مشخص (V) با تعداد نامحدودی از زوجهای سرعت (S) و چگالی (D) به نتیجه یکسانی می توان رسید. با کمال تشکر ، آنچه که رخ می دهد بصورت توصیف ریاضی از جریان پیچیده ترافیک نیست . روابط دیگری بین این جفت متغیرها وجود دارد که تعداد ترکیباتی که می تواند در محل واقع شود را محدود می کند. شکل ٤–۵ شکل عمومی این روابط را شرح می کند.

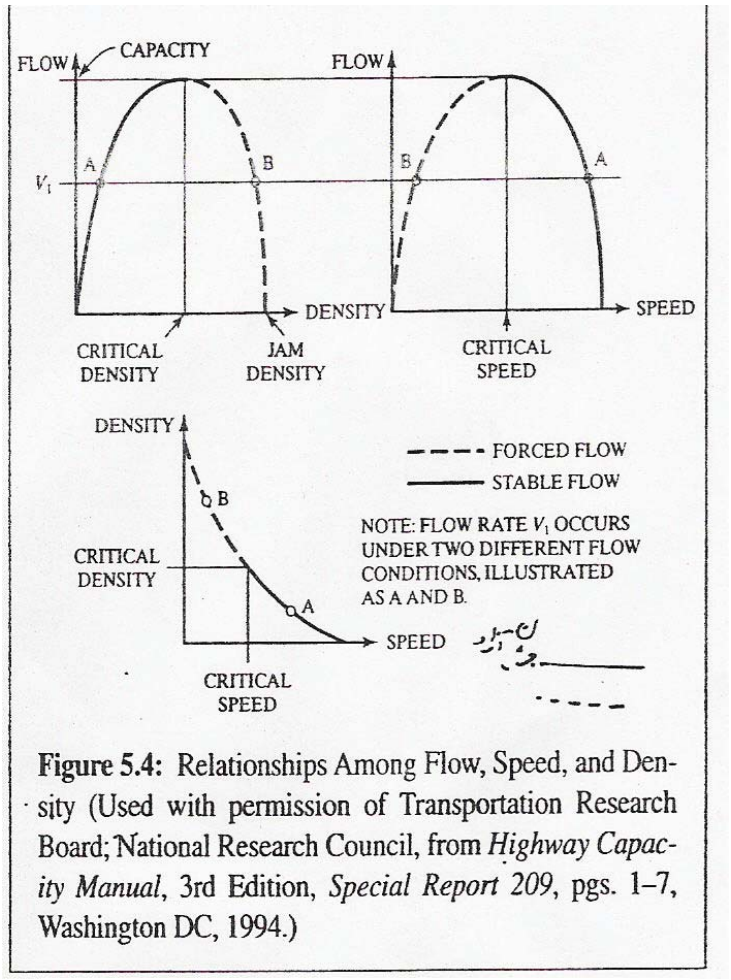


Figure 5.4: Relationships Among Flow, Speed, and Density (Used with permission of Transportation Research Board; National Research Council, from *Highway Capacity Manual*, 3rd Edition, *Special Report 209*, pgs. 1–7, Washington DC, 1994.)

شکل 5.4 : روابط بین جریان ، سرعت و چگالی

شکل درست و درجه بندی این روابط به شرایط حاکمی وابسته است که از محلی به محل دیگر و زمانی به زمان دیگر در یک محل متغییر است باید توجه کرد که نرخ جریان "$o^{Veh}/_{h}$" در دو شرایط مختلف روی می دهد . زمانی که هیچ وسیله نقلیه ای در جاده نباشد ، چگالی "$o^{Veh}/_{h}$" است و هیچ وسیله نقلیه عبوری از یک نقطه مشاهده نمی شود. در اینجاست ، سرعت قابل اندازه گیری نیست و به " سرعت جریان آزاد " رجوع می شود که مقداری تئوری است بصورت بسطی ریاضی از رابطه بین سرعت و جریان (یا سرعت و چگالی) در شرایط عملی ، سرعت جریان آزاد می تواند سرعتی باشد که یک وسیله نقلیه منفرد هنگامیکه هیچ وسیله

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

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

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

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

نیر عموماً کمتر قابل پیشگویی در ایجاد صفها هستند. قسمتی از نمودار که با خط پر نشان داده شده بیانگر جریان پایدار است (یعنی جریانهای ترافیکی جاری قابل بقا در یک دوره زمانی)

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

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

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

واضح است که مهندسان ترافیک ترجیح خواهند داد که تمام تسهیلات در قسمت کار کرد پایدار منحنی ها باقی بمانند.

بدلیل آنکه یک حجم یا نرخ جریان مشخص می تواند تحت دو وضعیت بسیار متفاوت از شرایط عملکردی رخ دهد، این متغیرها نه می توانند کاملاً شرایط جریان را توصیف کنند و نه می توان از آنها بعنوان مقایسهایی از کیفیت جریان ترافیک استفاده کرد . البته مقادیر سرعت و یا چگالی باید نقاط منحصر بفردی را در هر رابطه از شکل ٤-٥ تعریف کنند و هردو جنبه هایی از کیفیت را توصیف می کنند که برای رانندگان و عابرین پیاده قابل درک است .

در طول سالها محققان مختلف روابط بین سرعت – جریان – چگالی را مورد مطالعه قرار داده و تلاش کردند توصیفهای ریاضی بسیاری را برای این منحنی ها ارائه نمایند. در سال ۱۹۳۰ Bruce Greenshields اولین مطالعات رسمی جریان ترافیک را بعهده گرفت . او فرض کرد رابطهٔ سرعت – چگالی خطی باشد [1] بعد ها Ellis [2] روابط خطی تکه ای را پیشنهاد کرد. با استفاده از دو یا سه رابطه خطی برای قطعات منحنی سرعت – چگالی ، این رویکرد منحنی (غیر پیوسته ای را همراه با انفصالی بحرانی در نقاط مجاور، در ظرفیت ایجاد کرد . [3] Greenderg یک منحنی لگارتیمی برای سرعت – چگالی فرض کرد ، در حالیکه

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

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

$$S = ۵۵/۰ - ۰/۵٤D$$

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

$$S = ۵۵/۰ - ۰/٤۵ \frac{V}{S} \quad ، \quad V=۱۲۲/۲ \; S \; -۲/۲۲ \; S^{۲}$$

$$\frac{V}{D} = ۵۵/۰ - ۰/٤۵ \; D \quad ، \quad V= ۵۵/۰ \; D \; -۰/۲٤۵D^{۲}$$

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

مدلهای ریاضی سرعت – چگالی را همچنین برای تعیین (۱) سرعت آزاد جریان ، (۲) چگالی اشباع و (۳) ظرفیت می توان دست کاری کرد. سرعت آزاد جریان زمانی رخ می دهد که چگالی "$o\,Veh/h$" باشد . بنابراین : $S_{۵۵/۰} - ۰/۴۵ \times ۰ = ۵۵/۰\ mi/h$ بطور مشابه ، چگالی اشباع زمانی که سرعت "$o\,mi/h$" است رخ می دهد .

$$D = \frac{۵۵/۰}{۰/۴۵} = ۱۲۲/۲ \qquad S = ۰ = ۵۵/۰ - ۰/۴۵ \quad : \text{یا}$$

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

$$V = ۵۵/۰D - ۰/۴۵D^{۲} \qquad \frac{dv}{dD} = ۰ = ۵۵ - ۰/۹D$$

$$D = \frac{۵۵/۰}{۰/۹۰} = ۶۱/۱$$

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

$$S_{۵۵/۰} - ۰/۴۵ \times ۶۱/۱ = ۲۷/۵\ mi/h$$

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

$$V= S\times D = ۲۷/۵ \times ۶۱/۱=۱۶۸۰$$

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

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

مسائل :

۵-۱- حجم ۹۰۰ در یک تقاطع مشاهده گردید . اوج نرخ جریان در طول یکساعت برای این ضرائب ساعت اوج بیابید : ۱/۰۰ ، ۰/۹۰ ، ۰/۸۰ ، ۰/۷۰ . نتایج را ترسیم کرده و توضیح دهید.

۵-۲- یک جریان ترافیکی متوسط سر فاصله زمانی وسایل نقلیه را ۲/۲ در mi/h ۵۰ نشان می دهد . چگالی و نرخ جریان را برای این جریان محاسبه نمائید.

۵-۳- یک شناسگر بزرگراهی سطح اشغال ۰/۲۵۵ را یک دوره ۱۵ دقیقه ای ثبت کرده است . اگر طول شناسگر ^{fi} ۳/۵ و طول متوسط وسایل نقلیه ^{fi} ۲۰ باشد ، براساس این مقادیرچگالی چقدر است ؟

۵-٤- دریک مکان مشخص ، سرعت متوسط مکانی mi/h ٤۰ و نرخ جریان ۱٦۰۰ اندازه گیری شده است . چگالی در این مکان برای دورهٔ تحلیل جقدر است ؟

۵-۵- AADT برای مقطع مشخصی veh/day ۲۵۰۰۰ است اگر جاده بصورت یک جاده شعا عی شهری طبقه بندی شده باشد ، چه مقدار حجم جهتی ساعت طرح خواهد بود.

۵-٦- زمان سفرهای ذیل برای وسایل نقلیه که یک قطعه ۲ کیلومتری از جاده ای را طی می کنند ، اندازه گیری شده است . سرعت متوسط زمانی (TMS) و سرعت متوسط مکانی (SMS) را برای این اطلاعات محاسبه کنید. چرا همیشه SMS از TMS بیشتر است .

وسیله نقلیه	زمان سفر(s)
۱	۱۵٦
۲	۱٤٤

۱٤٤	۳
۱٦۸	٤
۱۲٦	۵
۱۳۲	٦

۵-۷- شمارش های ذیل در یک تقاطع در طول یک ساعت اوج صبحگاهی بدست آمده است . اولاً حجم ساعتی ، ثانیاً بیشترین نرخ جریان در طول ساعت و ثالثا ضریب ساعت اوج را تعیین نمائید.

حجم	دوره زمانی
150	8:00-8:15AM
155-	8:15-8:30AM
165	8:30-8:45AM
160	8:45-9:00

۵-۸- داده های شمارش ترافیکی ذیل از یک شناسگر ثابت در یک راه اصلی بدست آمده

۱. ماه	۲. تعداد روزهای کاری هفته در ماه	۳. تعداد کل روزهای ماه	۴. حجم کل ماهانه	۵. حجم کل هفتگی
Jan	22	31	200,000	170,000
Feb	20	28	210,000	171,000
Mar	22	31	215,000	185,000
Apr	22	30	205,000	180,000
May	21	31	195,000	172,000
Jun	22	30	193,000	168,000
Jul	23	31	180,000	160,000
Aug	21	31	175,000	150,000
Sep	22	30	189,000	175,000
Oct	22	31	198,000	178,000
Nov	21	30	205,000	182,000
Dec	22	31	200,000	176,000

با استفاده از این اطلاعات اولاً AADT . ثانیاً ADT برای هرماه ، ثالثاً AAWT ، رابعاً AWT برای هر ماه را تعیین نمائید با استفاده از این اطلاعات ، در خصوص نوع تسهیلات و تقاضایی که سرویس دهی می کند چه تشخیصی می توان داد ؟

۵-۹- از یک مطالعه جریان آزاد راهی در محلی شاخص رابطه درجه بندی شده سرعت – چگالی ذیل بدست آمده :

(S = ۵۷/۵ (۱– ۰/۰۰۸ D برای این رابطه ، اولاً سرعت آزاد جریان ، ثانیاً چگالی اشباع ، ثالثاً رابطه سرعت – جریان ، رابعاً رابطه جریان – چگالی و خامساً ظرفیت را بدست آورید.

۵-۱۰- تمام سئوالات مساله ۵-۹ را برای رابطه درجه بندی شده سرعت – چگالی ذیل پاسخ دهید :

$$S = 61.2e^{-0.015D}$$