



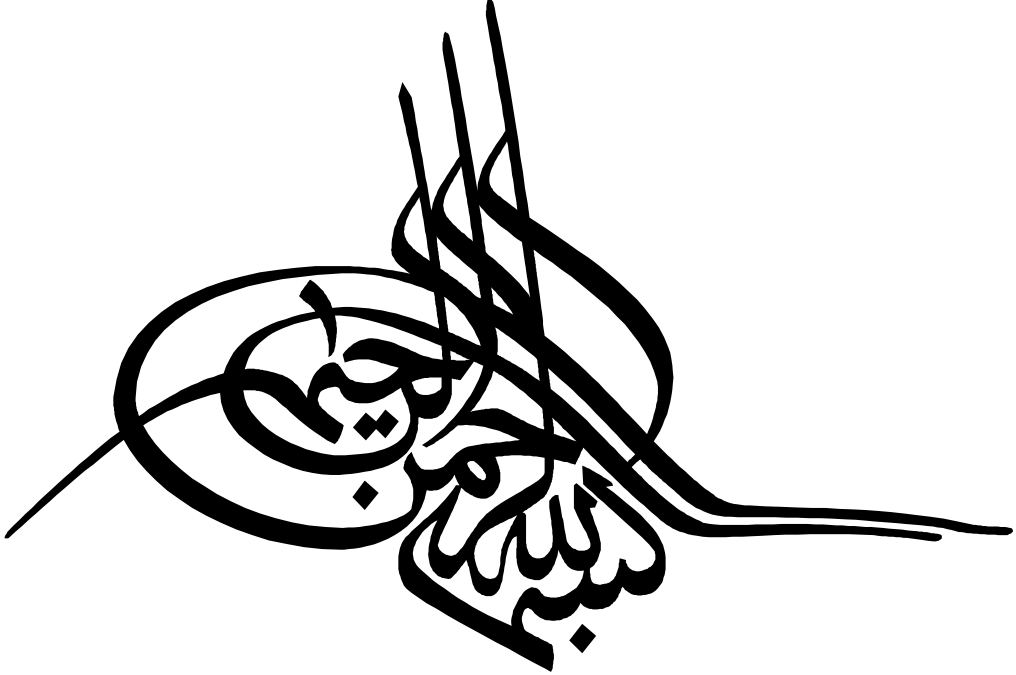
( )

# تراکم ترافیک در آزاد راهها و بزرگراهها

دفتر مطالعات فناوری و ایمنی

دبیرخانه مجمع جهانی راه (پیارک) در ایران





وزارت راه و ترابری  
معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری



دبیرخانه مجمع جهانی راه (پیارک) در ایران

# تراکم ترافیک در آزادراهها و بزرگراهها

( گزارش کمیته شماره ۴ )

:

**Traffic Congestion on Motorways and  
Dual-Carriageway Roads**

:

دفتر مطالعات فناوری و ایمنی

دبیرخانه مجمع جهانی راه (پیارک) در ایران

تراکم ترافیک در آزاد راهها و بزرگراهها (گزارش کمیته ۴) / تهیه و تألیف کمیته فنی راههای بتنی مجمع جهانی راه (پیارک)؛ [ برای ] دفتر مطالعات فناوری و ایمنی دبیرخانه مجمع جهانی راه ( پیارک) در ایران؛ مترجم پیمان میثاقی؛ ویراستار فنی مرجان روحانی. -- تهران: وزارت راه و ترابری، معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری پژوهشکده حمل و نقل، ۱۳۸۴. ۴۸ ص.: جدول، نمودار.

ISBN 964-6299-51-2

شابک: ۹۶۴-۶۲۹۹-۵۱-۲

فهرست نویسی براساس اطلاعات فیبا.

کتاب حاضر ترجمه گزارشی است تحت عنوان:

**Traffic Congestion on motorways and dual-Carriageway roads**

۱. ترافیک. ۲. ترافیک -- مهندسی. الف. میثاقی، پیمان، مترجم. ب. روحانی، مریم، ویراستار. ج. ایران. وزارت راه و ترابری. پژوهشکده حمل و نقل. د. انجمن بین المللی دائمی کنگره های اره (ایران). دبیرخانه. ه. انجمن بین المللی دائمی کنگره راه

**Association of Road Congresses Permanent International**

۳۸۸/۳۱۲

HE۳۳۶/۴۴

۱۳۸۴

م ۸۴-۴۲۴۴۴

کتابخانه ملی ایران

دفتر مطالعات فناوری و ایمنی

گروه مطالعات تطبیقی

|                       |   |
|-----------------------|---|
| عنوان گزارش           | : تراکم ترافیک در آزادراهها و بزرگراهها (گزارش کمیته شماره ۴)   |
| تهیه و تألیف          | : دبیرخانه مجمع جهانی راه (پیارک) - کمیته شماره ۴   |
| مترجم                 | : پیمان میثاقی  |
| ویرایش فنی            | : مرجان روحانی  |
| ویرایش ادبی           | : عصمت شیخ الاسلامی   |
| ناشر                  | : پژوهشکده حمل و نقل  |
| تاریخ انتشار          | : زمستان ۱۳۸۴   |
| نوبت چاپ              | : اول   |
| کد انتشار             | : 84/RRRT/185   |
| شابک                  | : ۹۶۴-۶۲۹۹-۵۱-۲   |
| تیراژ                 | : ۱۵۰۰ نسخه   |
| قیمت                  | : ۱۰۰۰ تومان  |
| لیتوگرافی چاپ و صحافی | : مرکز چاپ و انتشار مؤسسه عالی آموزش و پژوهش مدیریت و برنامه ریزی   |
| نشانی                 | : میدان آرژانتین - ابتدای بزرگراه آفریقا - اراضی عباس آباد - ساختمان شهید دادمان - وزارت راه و ترابری - طبقه سیزدهم شمالی - دفتر مطالعات فناوری و ایمنی |
|                       | تلفکس: ۸۲۲۴۴۱۶۴   |
|                       | وب سایت فروش نشریات   |
|                       | web: www.rahiran.ir   |
|                       | http://shop.rahiran.ir  |

\*کلیه حقوق برای ناشر محفوظ است\*



## بسمه تعالی

وزارت راه و ترابری به عنوان متولی اصلی صنعت حمل و نقل کشور، نیازمند استفاده از بخش وسیعی از خدمات مهندسی در زمینه طراحی، ساخت، نگهداری و بهره‌برداری از اجزای سیستم حمل و نقل می‌باشد. از این رو ضروری است که دانش فنی مورد نیاز به طور مستمر در اختیار مدیران و کارشناسان مربوطه قرار گرفته تا نیازهای مطالعاتی و تحقیقاتی آنها مرتفع گردد. معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری وزارت راه و ترابری درصدد است ضمن شناسایی نیازهای اساسی بخشهای مختلف وزارت متبوع و انجام تحقیقات علمی - کاربردی در زمینه مسایل فنی حمل و نقل و همچنین استفاده از آخرین دستاوردها و انجام مبادلات علمی با مجامع و سازمانهای علمی و تخصصی ذیربط، از جمله مجمع جهانی راه (پیارک)، به رفع این نیازها بپردازد. در همین راستا این معاونت برآن است تا با تهیه و تدوین مجموعه گزارشهای تخصصی کمیته‌های مختلف مجمع جهانی راه (پیارک)، دانش فنی مورد نیاز را به شکلی مناسب در اختیار بخشهای مختلف وزارت متبوع و سایر متخصصان قرار دهد.

گزارش حاضر تلاشی در راستای نیل به این هدف می‌باشد. در این گزارش سعی شده است که تصویر نسبتاً کاملی از موضوعات گوناگون مرتبط با وضعیت بحرانی ترافیک فراهم شود. این موضوع از هر دو جنبه آن یعنی عواقب ناشی از وضعیت بحرانی شبکه راه در طول زمان و اثرات این وضعیت در هر لحظه یا نقطه از شبکه مورد بحث قرار می‌گیرد. البته به دلیل پیچیدگی موضوع و اهمیت آن، مطالب این گزارش به آزادراهها و بزرگراهها و سیستم‌های مشابه محدود گردید. امید است که با تلاش‌های صورت گرفته در دفتر مطالعات فناوری و ایمنی و همکاری افرادی که در تهیه این گزارش ما را یاری رساندند، گامی مؤثر در جهت ایجاد تحول، نوآوری و ارتقای عملکردها برداشته شود.

شایان ذکر است نشر این گزارش با حمایت مالی پژوهشکده حمل و نقل صورت پذیرفته که بدینوسیله از بخش‌های مختلف پژوهشکده قدردانی و سپاسگزاری می‌گردد.

معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری

دفتر مطالعات فناوری و ایمنی

## مختصری در خصوص پیارک

انجمن بین‌المللی دائمی کنگره‌های راه (پیارک) با هدف جمع‌آوری و انتشار اطلاعات در خصوص مسایل مربوط به جاده و ترافیک آن، اصلاح و استاندارد کردن شیوه‌های طراحی، اجرایی، اداری و مالی و نگهداری راهها، یکنواخت کردن علائم و نشانه‌ها، کدهای مربوط به آمد و شد در شاهراههای کشورهای مختلف و پیش‌بینی شبکه ارتباطی لازم متناسب با پیشرفت‌های اقتصادی و اجتماعی کشورها در سال ۱۹۰۸ همزمان با برگزاری اولین کنگره آن و با شرکت ۲۷ کشور جهان در پاریس تشکیل شد.

این انجمن، با مشارکت کشورهای مختلف هر چهار سال یکبار در زمان و مکانی که توسط دولت‌های عضو مورد توافق قرار می‌گیرد، کنگره‌ای را برگزار می‌کند و هم‌اکنون با تغییر نام به مجمع جهانی راه با بیش از ۲۰۰۰ نماینده از ۱۰۵ کشور عضو به کار خود ادامه می‌دهد. در سال ۲۰۰۳ میلادی بیست‌ودومین کنگره این مجمع در شهر دوربان آفریقای جنوبی برگزار گردید.

اهداف کلی و اولیه پیارک را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود:

۱- بهبود ارتباطات بین‌المللی

۲- تدوین سیاست‌های حمل‌ونقل جاده‌ای

۳- ارتقای کیفیت برنامه‌ریزی، ساخت، بهسازی و نگهداری راهها

۴- ارتقای کیفیت اجرایی و مدیریت سیستم‌های راه

امروزه این اهداف شکل جدیدی پیدا کرده و با سرعت بیشتری تعقیب می‌گردد که عبارتند از:

۱- افزایش همکاری بین‌المللی

۲- پیشرفت هر چه سریعتر و جهت‌دار نمودن سیاست‌های برنامه‌ریزی، ساخت، بهسازی و نگهداری راهها

طی سال‌های اخیر، فعالیت‌های مجمع جهانی راه (پیارک) در ایران گسترش یافته و با تشکیل دبیرخانه این مجمع در معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری وزارت راه و ترابری و معرفی اعضا، سعی بر آن شده که هر چه بیشتر با مرکز پیارک در فرانسه ارتباط لازم برقرار شود. اعضای که برای این مجمع در نظر گرفته شده شامل یک عضو اصلی و یک عضو مکاتبه‌ای برای هر یک از کمیته‌های ۱۸ گانه مندرج در زیر می‌باشند:

۱- بخش "مدیریت و اداره سیستم راه"

TC1-1: کمیته اقتصاد سیستم راه

TC1-2: کمیته سرمایه‌گذاری در سیستم راه

TC1-3: کمیته عملکرد ادارات راه

TC1-4: کمیته مدیریت عملکرد شبکه راه

## ۲- بخش "حمل و نقل پایدار" با عضویت اعضای اصلی و مکاتبه‌ای کمیته‌های تخصصی:

- TC2-1: کمیته توسعه پایدار و حمل و نقل جاده‌ای
- TC2-2: کمیته راههای بین شهری و حمل و نقل یکپارچه
- TC2-3: کمیته مناطق شهری و طراحی یکپارچه شهری
- TC2-4: کمیته حمل و نقل بار و حمل و نقل ترکیبی
- TC2-5: کمیته نیازهای راههای برون شهری و قابلیت دسترسی

## ۳- بخش "ایمنی راهها"

- TC3-1: کمیته ایمنی راهها
- TC3-2: کمیته مدیریت ریسک در راهها
- TC3-3: کمیته عملیات تونلهای راه
- TC3-4: کمیته راهداری زمستانی

## ۴- بخش "کیفیت و زیرساختهای راه"

- TC4-1: کمیته مدیریت منابع مالی در زیرساختهای راه
- TC4-2: کمیته اثرات متقابل راه و وسیله نقلیه
- TC4-3: کمیته روسازی راه
- TC4-4: کمیته پلها و سازه‌های مرتبط
- TC4-5: کمیته عملیات خاکی، زهکشی و بستر روسازی

ریاست پیارک در ایران بر عهده آقای دکتر مرتضی قارونی نیک بوده، آقای مهندس اصغر نادری سمت دبیر پیارک و آقای مهندس مهران قربانی مسؤولیت دبیرخانه پیارک در ایران را عهده‌دار می‌باشند. با توجه به اهداف اصلی مجمع جهانی راه، دبیرخانه پیارک در ایران با بازنگری در تشکیلات و اعضای خود به جهت رسیدن به ترکیب ایده‌آل چه به لحاظ امکانات و تسهیلات و چه به لحاظ نیروهای تخصصی فعال امیدوار است که بتواند در ارتقای سطح دانش فنی و تخصصی زیرمجموعه‌های مختلف حمل و نقل جاده‌ای کشور سهم و نقش خود را ایفاء نماید.

## دبیرخانه پیارک در ایران

# تراکم ترافیک در آزادراهها و بزرگراهها

## فهرست مطالب

| صفحه | عنوان   |
|------|---|
| ۱    | چکیده   |
| ۲    | مقدمه   |
| ۵    | ۱- تعریف مسأله و شناسایی عوامل کنترل کننده آن                     |
| ۵    | ۱-۱- قابلیت اطمینان شبکه راه                                      |
| ۱۰   | ۱-۲- تعریف وضعیت بحرانی ترافیک و اثرات مربوط به آن                |
| ۱۳   | ۱-۳- علل تراکم ترافیک   |
| ۱۴   | ۱-۴- الگوها و فراوانی وقوع  |
| ۱۵   | ۱-۵- پارامترهای اندازه گیری تراکم                                 |
| ۱۶   | ۱-۶- عواملی که به ایجاد تراکم کمک می کنند                         |
| ۱۹   | ۲- روش هایی برای پیش بینی و اندازه گیری وضعیت بحرانی ترافیک       |
| ۱۹   | ۲-۱- مقدمه  |
| ۲۱   | ۲-۲- پدیده تراکم ترافیک قابل پیش بینی                             |
| ۲۴   | ۲-۳- پدیده تراکم ترافیک غیر معمول                                 |
| ۲۵   | ۲-۴- پدیده تراکم ترافیک غیر قابل پیش بینی                         |
| ۲۶   | ۲-۵- اثرات ناشی از کارهای ترمیم و نگهداری                         |
| ۳۱   | ۳- راهکارهایی برای حل مشکل تراکم ترافیک                           |
| ۳۱   | ۳-۱- مقدمه  |
| ۳۱   | ۳-۲- اقدامات ساختاری  |
| ۳۳   | ۳-۳- اقدامات مدیریتی  |
| ۳۴   | ۳-۴- اقدامات عمومی  |
| ۳۶   | ۳-۵- اقدامات منطقه ای در بخش هایی از آزادراه در ورودی های آزادراه |
| ۳۸   | ۴- چشم انداز آینده  |
| ۴۵   | ۵- نتیجه گیری   |
| ۴۶   | ۶- ضمیمه  |



## چکیده

این گزارش تصویری از موضوعات مربوط به وضعیت بحرانی ترافیک را ترسیم می‌کند. موضوع تراکم ترافیک از لحاظ مراحل برنامه‌ریزی و مدیریتی از دو بعد اصلی آن، یعنی عواقب ناشی از حالت بحرانی موجود شبکه راه و اثرات زمانی یا مکانی مربوط به وضعیت بحرانی شبکه، مورد بحث قرار می‌گیرد. مطالب این گزارش به علت پیچیدگی موضوع و اهمیتی که در ارتباط با راههای اصلی شبکه پیدا می‌کند، به آزادراهها و سیستم‌های مشابه آن محدود شده است. هدف اصلی این گزارش تعیین زمینه‌های مشترک در کارها و تجربیات بین‌المللی، در بررسی‌های نظری و همچنین کنترل و شناسایی راه‌حل‌های ممکن می‌باشد.

بین میزان توسعه روش‌های نظری، که در مجموع به نظر می‌رسد در مراحل پیشرفته‌ای قرار گرفته و روش‌های عملی، اختلاف قابل‌ملاحظه‌ای وجود دارد. تصمیم‌گیری درباره کارهای اصلاحی معمولاً بدون در نظر گرفتن پارامترهای مهم و اولویت‌دار صورت می‌گیرد. در ضمن این امور اصولاً محدود به اصلاحات ساختاری است، در حالی که اقدامات در سطح مدیریتی همچنان در حد تجربی باقی مانده است. هزینه بالا و منابع اقتصادی محدودی که به بخش اجرا اختصاص داده می‌شود، موجب طولانی‌تر شدن کارهای اصلاحی و وخیم‌تر شدن وضعیت بحرانی ترافیک می‌گردد. اساس این گزارش بر مفهوم "قابلیت اطمینان" گذاشته شده است که به صورت ایمنی، روانی و راحتی در ارتباط با چهار عاملی که بر روی هم اثر متقابل دارند یعنی انسان، وسیله نقلیه، جاده و محیط تعریف می‌شود. چند روش برای محاسبه شاخص کیفیت به همراه یک شبکه مرجع برای ارزیابی آن پیشنهاد شده است.

به نظر می‌رسد که حداکثر مقدار تراکم مشخص است ولی این قضیه درباره مقدار حداقل صادق نیست. با توجه به این که لازم است اقدامات اصلاحی در مرحله برنامه‌ریزی و همچنین در زمان ارزیابی کارایی آنها انجام گیرد، به همین دلیل سعی شده است که تعریفی از تراکم واقعی، در صف ایستادن و کاهش سرعت حرکت ارایه شود که همه با آن موافق باشند. به منظور تعیین دلایل اصلی ایجاد اختلالات ترافیکی در راههای بین‌شهری، الگوها و کثرت وقوع آنها و برای رسیدن به تعریفی از پارامترها و عواملی که می‌توانند برای ارزیابی آنها به کار روند، مطالعه‌ای در مورد این اختلالات صورت گرفته است.

مطلب مهمی که در رابطه با ساختار مدیریتی آزادراه وجود دارد، کنترل قابلیت اطمینان شبکه در ارتباط با کارهای زیربنایی و ابعاد مدیریتی منفرد می‌باشد. در نتیجه لازم است که روشهایی برای پیش‌بینی رشد شاخص کیفیت راه در میان‌مدت و یا درازمدت مشخص گردد و پس از آن برنامه‌ریزی برای اقداماتی که قرار است انجام گیرد، شروع شود. در این گزارش روشهایی برای پیش‌بینی و ارزیابی وضعیت بحرانی راه با در نظر گرفتن محدودیت جاده در خصوص محل لازم برای کارهای حفاظتی، پیشنهاد شده است. اقداماتی که می‌توانند مشکل تراکم ترافیک را حل یا حداقل با آن مقابله کنند، هدفشان یا افزایش ظرفیت جاده است (اقدامات ساختاری) یا کاهش میزان تقاضا (اقدامات مدیریتی). این دو راهبرد همدیگر را نفی نمی‌کنند، بر عکس می‌توانند با هم تلفیق شوند تا بیشترین اثر را داشته باشند. در مورد اقدامات فوق‌الذکر، تعدادی از راهکارهای برگزیده در کشورهای مختلف توضیح داده شده و همچنین تعدادی راه‌حل جدید پیشنهاد گردیده است.

## مقدمه

ایجاد اختلال در ترافیک که منجر به کاهش سرعت حرکت اتومبیل‌ها یا توقف کامل آنها می‌شود پدیده‌ای است که با افزایش قابلیت جابجایی در راهها و نزدیک شدن آن به حدی معادل ظرفیت راه، به طور روزافزونی تکرار می‌شود. اگر ما نحوه وقوع این پدیده و به‌خصوص سابقه تاریخی آن در کشورهای مختلف جهان را مورد مطالعه قرار دهیم، مشخص می‌شود که این موضوع با افزایش جمعیت و فعالیت‌های اقتصادی و تولیدی ارتباط دارد. بنابراین، از لحاظ مکانی این پدیده ابتدا در مناطق مسکونی و به‌خصوص مناطق پرجمعیت تر رخ می‌دهد و بعد با سرعتی مشابه سرعت افزایش قابلیت جابجایی وسایل نقلیه متناسب با کاهش روزافزون استفاده از دیگر وسایل حمل‌ونقل، به نواحی بین‌شهری منتقل می‌شود.

از نظر زمانی، اوج ترافیک که معمولاً در ساعات و روزهای مشخصی از سال اتفاق می‌افتد، درصد کمتری از افزایش را در مقایسه با مقادیر متوسط که رشد بیشتری داشته و به تدریج موجب کاهش فاصله بین مقادیر حداکثر و حداقل شده، نشان می‌دهد.

این امر نشان می‌دهد که نمودار سالانه توزیع ترافیک دارای یک سری نقاط اوج با روند معمولاً سینوسی در فاصله زمانی بین نقاط اوج می‌باشد (نمونه‌ای از این پدیده در نمودار ۱ آورده شده است).

اگر این واقعیت که به دلیل ترافیک و وضعیت‌های آب‌وهوایی مختلف، دوره‌های تعمیر و نگهداری راه در طول سال محدود می‌شود نیز در نظر گرفته شود، درمی‌یابیم که به چه دلیل زمان‌های بحرانی ترافیک از چند روز در سال که در آن "وضعیت بحرانی معمول" ثبت می‌شود به مدت زمان بیشتری که در آن "وضعیت بحرانی همه‌گیر" شروع می‌شود، افزایش می‌یابد (نمونه‌ای از این پدیده در نمودار ۲ شرح داده شده است).

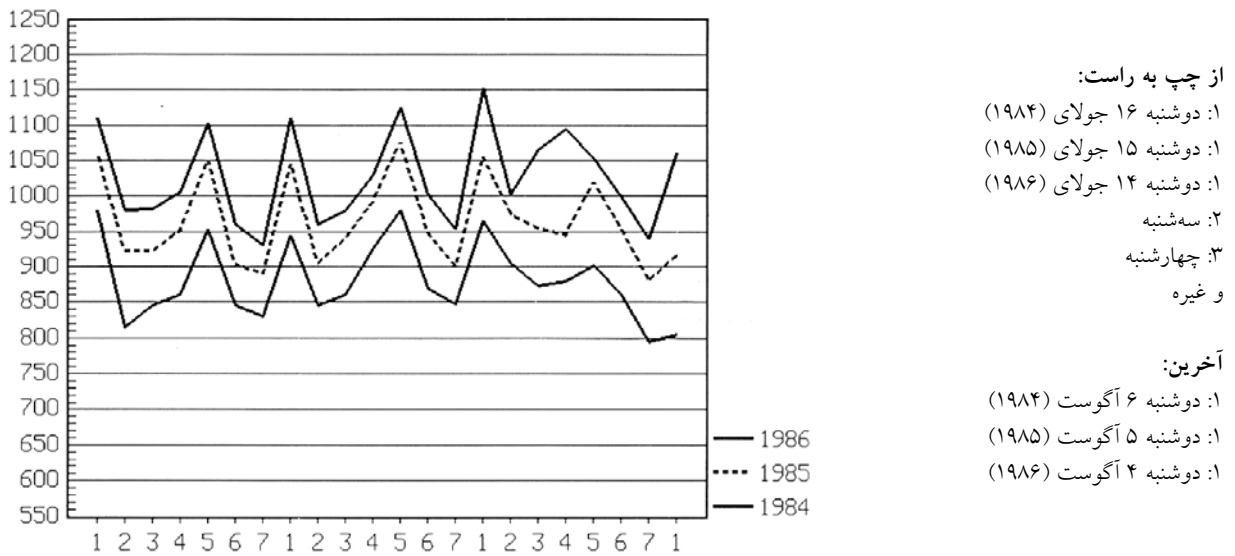
در نتیجه، مشکلات تراکم ترافیک را باید پیشاپیش، هم در مرحله مدیریت و هم در طی مرحله برنامه‌ریزی و تعریف پارامترهای طراحی، مورد توجه قرار داد. بنابراین عاقلانه خواهد بود که اطلاعاتی درباره مشخصات و وضعیت تراکم ترافیک نه تنها بعد از وقوع آن بلکه حتی قبل از این که اتفاق بیافتد، کسب نمود. این امر موجب می‌شود که تقریباً در همه موارد از منابع موجود استفاده بهینه شود، ضمن این که از وقوع شرایطی که منجر به بدتر شدن کیفیت ترافیک می‌گردد، نیز جلوگیری می‌شود یا حداقل میزان وقوع آن کاهش می‌یابد.

وظیفه اصلی مدیریت کارآی شبکه راه، شناسایی ابعاد مختلف پدیده وضعیت بحرانی، پیش‌بینی صحیح آن در حد ممکن، اندازه‌گیری آن به منظور کنترل یا جلوگیری از وقوع آن و شناسایی گامهای قطعی یا موقتی است که باید در هر دو مرحله برنامه‌ریزی و مدیریت برداشته شود.

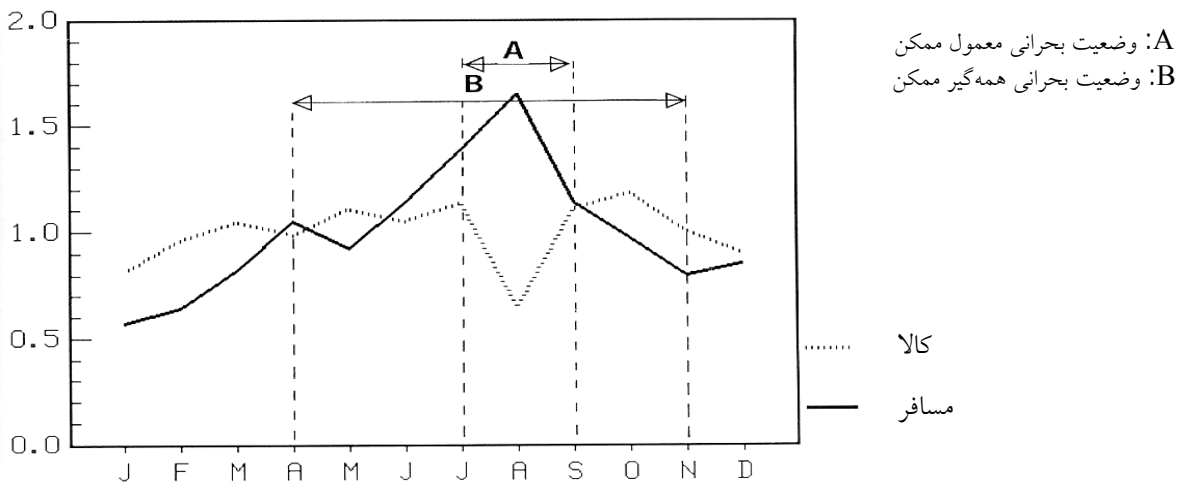
در این گزارش سعی شده است که تصویر نسبتاً کاملی از موضوعات گوناگون مرتبط با وضعیت بحرانی ترافیک فراهم شود. امروزه به دلیل کمبود تحقیقات در این زمینه همچنان نکات مبهمی در این خصوص وجود دارد.

این موضوع از هر دو جنبه آن یعنی عواقب ناشی از وضعیت بحرانی شبکه راه در طول زمان و اثرات این وضعیت در هر لحظه یا نقطه از شبکه، مورد بحث قرار می‌گیرد.

به دلیل اقدامات نادرست و ضعیفی که در مرحله پیش‌بینی و برنامه‌ریزی صورت گرفته، وضعیت بحرانی موجود به درازا کشیده و وخیم‌تر شده است. روش‌های مختلفی برای مقابله با این دو مشکل وجود دارد که به طور تفکیک‌ناپذیری به هم مرتبط هستند.



نمودار ۱- نمونه‌ای از توزیع روزانه ترافیک



نمودار ۲- نمونه‌ای از توزیع موقت پدیده اوج ترافیک

علاوه بر این، به دلیل پیچیدگی موضوع و اهمیتی که برای شبکه اصلی راهها دارد، تصمیم گرفته شد که مطالب این گزارش به این زیرساخت‌ها، با اشاره خاص به آزادراه‌ها و سیستم‌های مشابه، محدود شود. اگر این نکته در نظر گرفته شود که مشکلات تراکم ترافیک شهری دارای اهمیت خاصی است و نیاز به راهکارهایی دارد که با راه‌حل‌های مربوط به راههای بین‌شهری فرق داشته و در نتیجه نیاز به بررسی از زاویه دید جداگانه و متمایزی دارد، انتخاب راههای فوق‌الذکر از بین انواع دیگر همچنین قابل توجه خواهد بود [رجوع شود به گزارش "کاهش ترافیک خودروهای شخصی در مراکز شهری" مرجع 10.01.B (۱۹۹۰) پیارک]. این مطلب در مورد مشکلات مربوط به راههای یک‌خطه نیز صادق است.

اگر تنها خطوط اصلی ارتباط بین شهری مورد توجه قرار گیرد، باید ابتدا تأکید نمود که کشورهای مختلف دارای شرایط کاملاً متفاوتی نسبت به یکدیگر هستند که موجب تشدید حساسیت موضوع و در نتیجه ایجاد اختلاف بسیار زیاد در میزان درک عملی و فنی آن می‌شود.

بنابراین، هدف اصلی این گزارش به تصویر کشیدن وضعیت موجود در سطح بین‌المللی است تا بتوان موارد مشترک را در بررسی‌های نظری و همچنین کنترل و شناسایی راه‌حل‌های ممکن، تعیین نمود. به این منظور، به تمام کشورهای عضو کمیته فنی مربوط به راه‌های بین‌شهری پرسش‌نامه‌ای ارسال گردید که هدف آن جمع‌آوری هرگونه اطلاعات مفید برای تعریف و تجزیه و تحلیل مشکل می‌باشد. متن پرسش‌نامه در ضمیمه آورده شده است.

موارد مشترک برگرفته از پاسخ‌های به دست آمده موضوع بحث زیر می‌باشد، لیکن لازم است بعضی مسایل کلی ابتدا مورد توجه قرار گیرند. اغلب پاسخ‌های دریافت شده از طرف کشورهای بود که دارای وسایل نقلیه بیشتری بودند و به نظر می‌رسد که جدی‌ترین مشکل مربوط به محدودیت و کنترل وضعیت بحرانی در مرحله مدیریت باشد. ۱۳ کشور از ۲۹ کشور موجود در کمیته به پرسش‌نامه پاسخ دادند اما در اکثر موارد پاسخ‌هایی که به سؤالات داده شد، کامل نبود و برای ایجاد اطلاعات حایز اهمیت کفایت نمی‌کرد. این مطلب نشان می‌دهد که اگرچه پدیده تراکم ترافیک به طور کلی در راه‌های بین‌شهری، در هر کجا، مسأله‌ای جدی است، ولی در سطح جهان به طور محدودی مورد توجه قرار گرفته است.

اساس مقایسه بین‌المللی به نظر موجه می‌رسد، به این دلیل که امکان دارد بتوان از این طریق راه‌حل‌های ممکن برای مشکلات موجود را شناسایی کرده و اقدامات بازدارنده‌ای را برای مواجهه با مشکل در نقاطی که هنوز این پدیده رخ نداده است، در نظر گرفت.

یک مطلب مهم دیگر که بر اساس نظرخواهی به عمل آمده محرز می‌گردد، اختلاف آشکار بین میزان توسعه روش‌های نظری، که در مجموع به نظر می‌رسد در حد بالایی از پیشرفت قرار گرفته‌اند و روش‌های عملی است. به نظر می‌رسد که یک رابطه دقیق بین این پدیده که باید اصلاح شود و راه‌حلی که باید اعمال گردد وجود ندارد. یعنی اغلب روش‌های مدیریتی و سازه‌ای بدون در نظر گرفتن اولویت‌های مناسب یا پارامترهای با اهمیت بیشتر، اتخاذ می‌شوند.

در وضعیت کنونی، اقدامات اصلاحی در واقع همچنان محدود به اصلاحات سازه‌ای هستند، در حالی که به نظر می‌رسد اقدامات مدیریتی هنوز در حد تجربی باقی مانده است. هزینه بالا و میزان منابع اقتصادی که ممکن است به بخش اجرا اختصاص داده شود، موجب طولانی‌تر شدن اقدامات اصلاحی و تداوم و وخیم‌تر شدن وضعیت بحرانی ترافیک می‌گردد. این مطلب به وضوح نیاز به گسترش مطالعات برای یافتن راه‌حلی به ویژه در ارتباط با مدیریت را نشان می‌دهد. این امر با تجزیه و تحلیل و اجرای تمام روش‌های ممکن همکاری در سطح بین‌المللی و پشتیبانی از تحقیقات جدید و همچنین پروژه‌هایی که قبلاً شروع شده است، ممکن می‌باشد.

در پایان باید تأکید شود که فهرست مطالبی که برای تنظیم موضوعات این گزارش در نظر گرفته شده، نتیجه بحث مفصلی در کمیته فنی مربوط به راه‌های بین‌شهری است و به همین دلیل به خودی خود و صرف‌نظر از محتویات آن، سیاست معمول در تجزیه و تحلیل برای دستیابی به یک برداشت کامل از مشکل را از زاویه دید نظری و عملی نشان می‌دهد.

## ۱- تعریف مسأله و شناسایی عوامل کنترل کننده آن

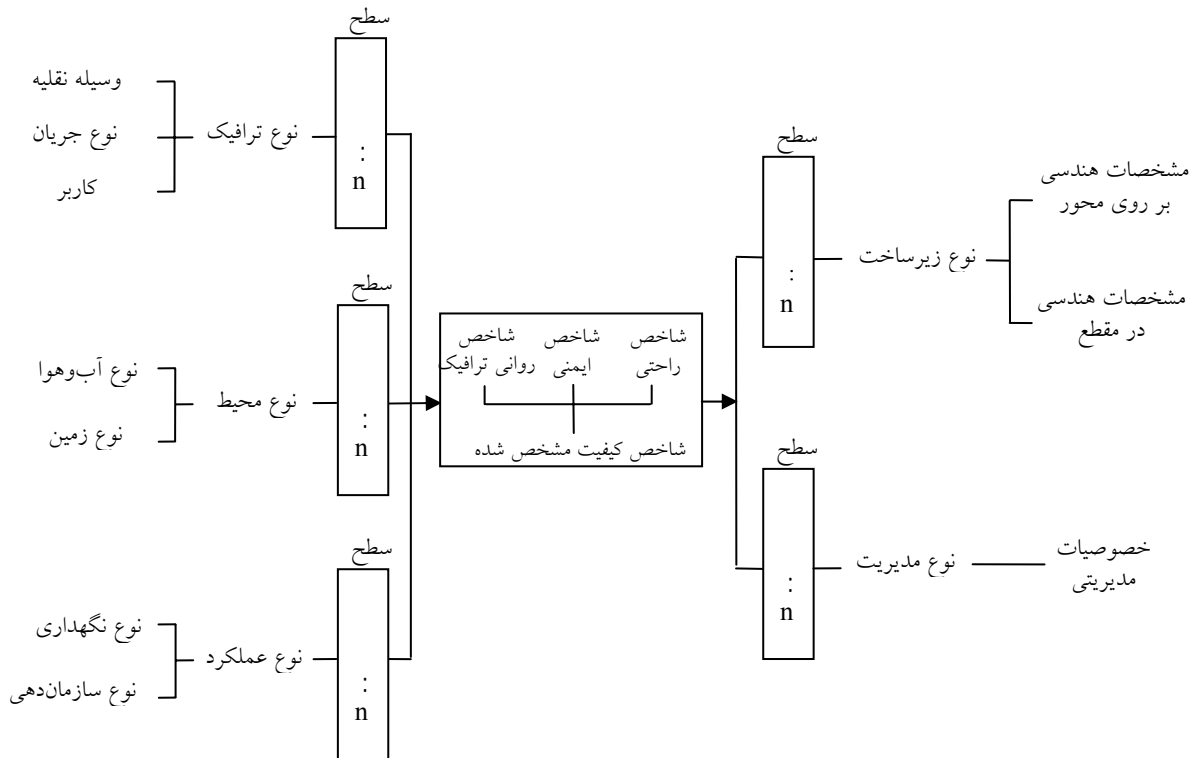
### ۱-۱- قابلیت اطمینان شبکه راه

به منظور درک بهتر از مشکلات مربوط به وضعیت بحرانی راه و تنظیم آن با یک ترتیب منطقی شامل اهداف مدیر راه از یک طرف و انتظارات کاربر از طرف دیگر، باید ابتدا به مفهوم "قابلیت اطمینان شبکه" اشاره کرد. چهار عامل وجود دارد که با اثرگذاری بر روی هم وضعیت ترافیکی یک راه را تعیین می کنند که عبارتند از انسان، وسیله نقلیه، جاده و محیط. این وضعیت ترافیک ممکن است بر حسب ایمنی، روانی و راحتی اندازه گیری شود که سه ویژگی مهم برای قابلیت اطمینان راه می باشند. برای دستیابی به نتایج معتبر در این خصوص، قابلیت اطمینان باید در مرحله برنامه ریزی و به بهترین نحو ممکن محاسبه و پیش بینی شود.

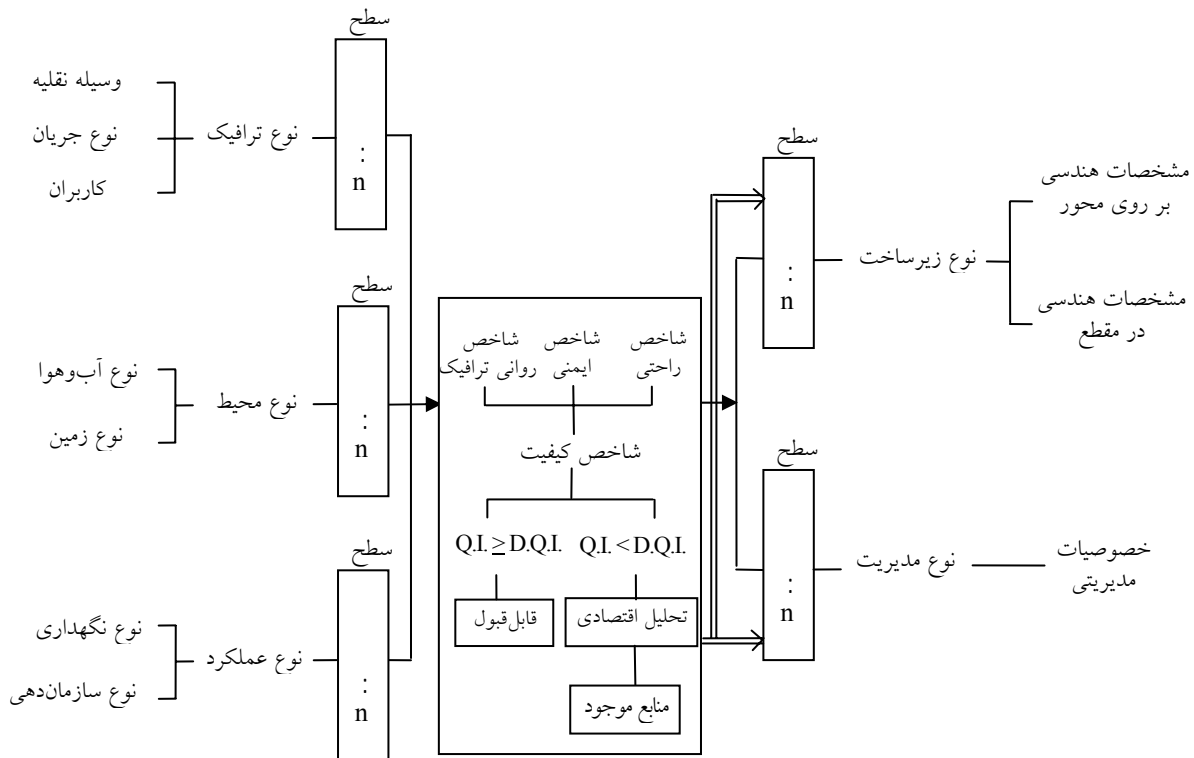
به علاوه، تعیین قطعی مقادیر حدی برای رده بندی سطوح قابلیت اطمینان امکان پذیر نیست زیرا انتخاب آنها به اهداف اجتماعی، اقتصادی و مالی بستگی دارد. با وجود این، واضح است که هرچه سطح قابلیت اطمینان بالاتر باشد، میزان هزینه های مربوط به اجرای اولیه، به طور قابل توجهی افزایش خواهد یافت و فواید آن عاید بخش کمی از کاربران خواهد شد.

اگر رابطه متقابل بین پارامترهای مختلف دقیقاً مشخص بود، امکان شناسایی مناسب ترین زیرساخت و روش مدیریتی برای اهداف از پیش تعیین شده ای که بر اساس یک شاخص کیفیت که منابع موجود را با توجه به ترافیک، محیط و مدیریت در نظر می گیرد، وجود داشت. یک روش محاسبه شاخص کیفیت در نمودار ۳ نشان داده شده است. از طرف دیگر، با مقایسه زیرساخت ها و روش های مدیریتی موجود و سایر عوامل (ترافیک، محیط و عملکرد)، امکان ارزیابی شاخص کیفیت وجود دارد. اگر این شاخص برای رسیدن به اهداف مورد نظر مناسب نباشد، می توان اصلاحات سازه ای و مدیریتی لازم را مشخص نمود. نمودار ۴ طرحی را که در آن از این معیار استفاده شده است، نشان می دهد.

به نظر می رسد که اگر این فرآیند را به این صورت خلاصه کنیم، انجام آن نیز مشکل تر باشد زیرا ارتباط کمی بین پارامترها تخمین زده می شود، به خصوص به این دلیل که محدوده سطوح اولیه مختلف (ترافیک، محیط و عملکرد) که باید منجر به تشخیص محدوده سطوح ثانویه (زیرساخت و مدیریت) گردد، دقیقاً تعریف نشده اند. همچنین به نظر می رسد که مقادیر شاخص کیفیت در ارتباط با ارزیابی اقتصادی تعریف نشده اند. این مطلب مستلزم استفاده از شیوه های ساده تر و اغلب دور از واقعیت می باشد که موجب بروز مشکلات نسبتاً زیادی در مدیریت راهها می شود.



نمودار ۳- مثالی برای مراحل محاسبه شاخص کیفیت (برای پروژه‌ها)



نمودار ۴- مثالی برای مراحل محاسبه شاخص کیفیت (برای کنترل)

اگر بخواهیم یک شبکه مرجع برای شاخص کیفیت ترافیک بسازیم که تا حدی مرتبط با الگوی کلاسیک منحنی‌های جریان باشد، جدول ۱ به دست خواهد آمد.

جدول ۱- مثالی از شبکه مرجع برای ارزیابی شاخص کیفیت ترافیک

| درجه    |           |           | اختلاف سرعت (km/h) | سرعت (km/h) | کنترل کیفیت | سطح سرویس معمول | وضعیت جریان ترافیک | سطح بهره‌برداری  |           |
|---------|-----------|-----------|--------------------|-------------|-------------|-----------------|--------------------|------------------|-----------|
| خطر     | تأخیر     | فشار عصبی |                    |             |             |                 |                    | خوب              | رضایت‌بخش |
| کم      | هیچ       | کم        | ۱۵                 | ۱۱۵         | ۰           | A               | آزاد               | خوب              | ۱         |
| متوسط   | کم        | متوسط     | ۱۵                 | ۱۰۰         | ۰/۳۵        | B - C           | شرطی               | رضایت‌بخش        |           |
| زیاد*   | متوسط     | زیاد      | ۴۰                 | ۸۵          | ۰/۶۵        | D - E           | آهسته              | ضعیف             |           |
| زیاد*   | زیاد      | زیاد      | ۲۰                 | ۴۵          | ۱/۰۰        | F1              | خیلی آهسته         | پیش بحرانی       | ۲         |
| متوسط** | خیلی زیاد | خیلی زیاد | ۱۵                 | ۲۵          | ۰/۶۵        | F2              | در صف              | بحرانی           |           |
| کم**    | بی‌نهایت  | زیاد      | ۱۰                 | ۱۰          | ۰/۳۵        | F3              | مسدود              | بیش از حد بحرانی |           |
|         |           |           |                    |             |             |                 |                    |                  |           |

\*: بیشترین درجه خطر در حال حرکت  
 \*\*: بیشترین درجه خطر ضمن حرکت به جلو  
 بین دو توقف متوالی در جریان ترافیک

۱: سطح بهره‌برداری قابل قبول  
 ۲: سطح بهره‌برداری غیرقابل قبول، به جز بعضی موارد استثنا

واضح است که منطقه‌ای که معمولاً به عنوان سطح F تعریف می‌شود و در جدول ۱ در سه بخش آورده شده است (سطح F3 غیرواقعی است زیرا تقریباً به انسداد ترافیک مربوط می‌شود که در حقیقت در سطوح F1 و F2 آغاز می‌گردد)، برای شبکه راه مطلوب نیست. ولی منطقه D-E، که وضعیت جریان ترافیک آهسته را نشان می‌دهد، نیز منجر به بهره‌برداری ضعیف با سطح فشار عصبی و خطر بالا می‌گردد. بنابراین، اگر تعداد کاربران راه در مقایسه با حد از پیش تعیین شده بیشتر باشد، این محدوده قابل قبول نخواهد بود.

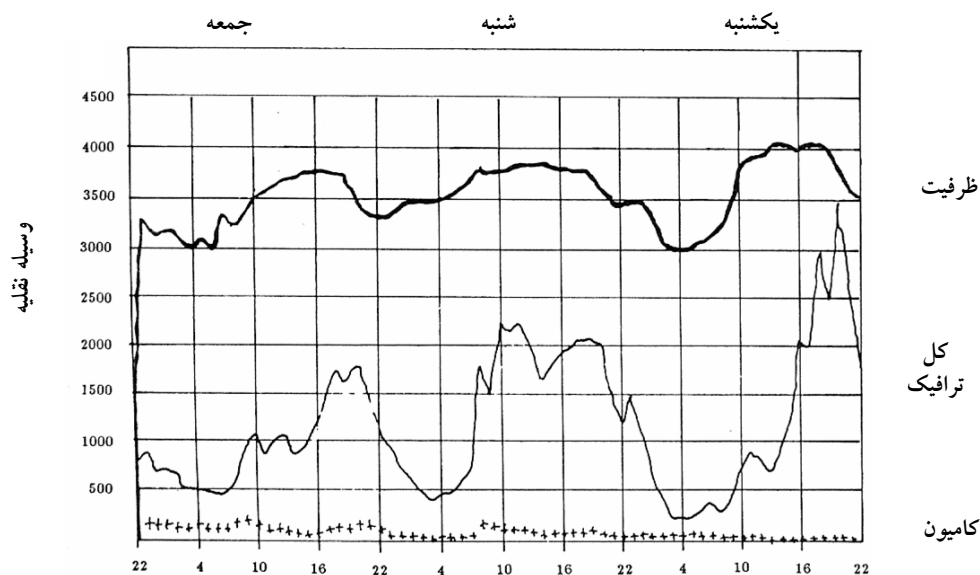
به همین دلیل برای قابل اطمینان بودن آزادراه، سطحی که از آن بهره‌برداری می‌شود باید به سطوح A و C محدود گردد که در آن جریان ترافیک آزاد است و در نتیجه سطح فشار عصبی، تأخیر و خطر می‌تواند در حد صفر و نه بیشتر از متوسط تا کم حفظ شود. شرایط فوق در صورتی امکان‌پذیر است که ترافیک، محیط و سطح بهره‌برداری در ارتباط با سطح موجود زیرساخت و مدیریت، در حد بالای پایداری حفظ شود و برای حصول این هدف باید نسبت حجم ترافیک به ظرفیت جاده، پیوسته در یک محدوده مشخص باقی بماند.

این وضعیت تقریباً به ندرت در طی یک سال رخ می‌دهد زیرا تغییرات ترافیک علاوه بر نیاز کاربران راه و شرایط تعمیر و نگهداری راه موجب می‌شود که وضعیت پیش-بحرانی یا حتی بدتر از آن وضعیت بحرانی ناشی از تقاضای بیش از عرضه، رخ دهد. این نکته مهمی است که لازم است در تحقیقی که موضوع تراکم ترافیک در آزادراه و

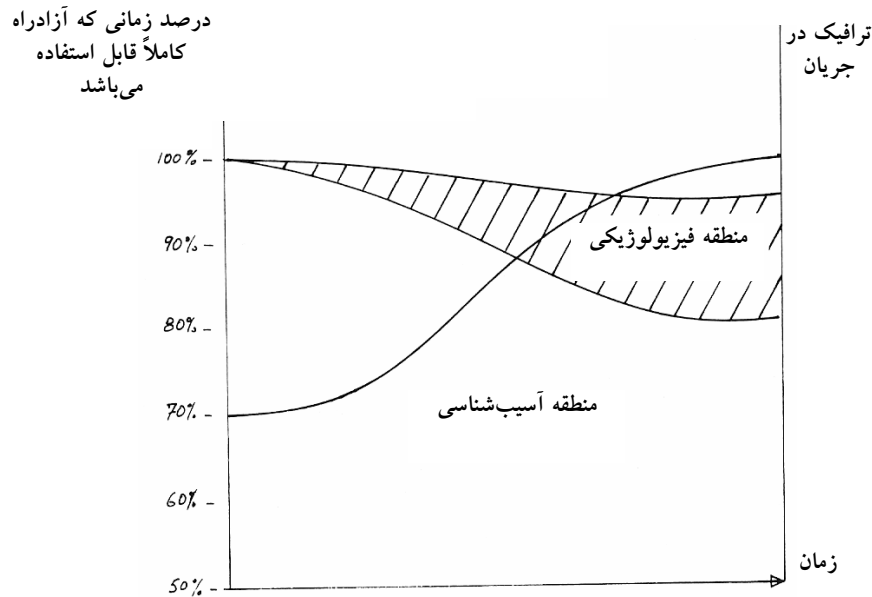
عواقب آن برای کاربران را در بر می‌گیرد، کاملاً مورد بررسی قرار گیرد. در این مقاله باید ابتدا مفهوم پایداری ظرفیت یک بخش از راه برای جذب ترافیک را رد کنیم. به دلیل این که پایداری به ترکیبی از پارامترهای مختلف بستگی دارد که نشانگر چهار عامل مؤثر در جریان ترافیک هستند، همان‌طور که قبلاً به آنها اشاره شد، ظرفیت یک بخش از آزادراه در زمان‌های مختلف بسیار متغیر است.

اگر حداکثر مقدار این ظرفیت ساعتی را برای یک راه مشخص (در شرایط کاملاً ایده‌آلی که ایجاد آن تقریباً غیرممکن است) برابر با ۱۰۰ فرض کنیم، در طی ۸۷۶۰ ساعت در یک سال امکان دستیابی به مقادیر ظرفیت (که می‌توانند به عنوان مقادیر بالقوه یا ممکن تعریف شوند) کمتر از ۳۰-۴۰ درصد است که بر اساس خودروی هم‌ارز برای مشخصات ویژه وسیله نقلیه، کاربر و محیط خاص آن راه یا آن زمان بیان می‌شود (مثالی از این مطلب در نمودار ۵ نشان داده شده است).

این امر مربوط به فرضیه نه چندان واقع‌گرایانه‌ای است که کل آزادراه در هر زمانی در دسترس است. به دلیل فرسوده شدن سازه راه و افزایش ترافیک، به مرور زمان لازم است که کارهای تعمیراتی بیشتری انجام شود که اغلب موجب می‌گردد که تنها بخشی از مقطع مورد مطالعه جاده از لحاظ زمانی و مکانی، برای ترافیک قابل دسترسی باشد. نتیجه این است که با گذشت زمان و افزایش ترافیک، بسته به نوع راه و ترافیک آن، درصدی از زمان که در طی آن بخشی از راه برای کارهای تعمیراتی اشغال شده است افزایش می‌یابد (نمودار ۶). برای درصدهایی کمتر از یک حد مشخص، مسلماً بهره‌برداری از راه در ناحیه "آسیب شناسی تعمیرات" صورت می‌گیرد و احتمالاً عواقب جدی برای ترافیک دارد.



نمودار ۵- مثالی از تغییرات در نمودار تقاضای ترافیک و عرضه ساعتی ظرفیت



نمودار ۶- مثالی از منطقه تغییرات با اشاره به قابل استفاده بودن آزادراه برای ترافیک در طول زمان کارهای ترمیمی

آنچه که ذکر شد اغلب اثر زیادی بر روی ترافیک می گذارد، با این وجود، این نکته در کتاب های راهنما و آیین نامه ها به درستی در نظر گرفته نشده است. به جز در موارد خاص، تعیین ابعاد مقاطع راه برای به حساب آوردن اختلالات ترافیکی ناشی از تصادفات نیز در نظر گرفته نشده است. در واقع، ابعاد راه همیشه برای وضعیت با کارایی کامل از دید فنی و عملکردی و ارتباط دادن جریان ترافیک در حال تغییر با ظرفیت تعیین شده بر اساس مقادیر متوسط پارامترها، تعیین شده است.

در عمل، هیچ یک از این موارد با واقعیت تطابق ندارد و در نتیجه ضرر ناشی از این سیستم عملکرد اغلب متوجه کاربران راه می شود. البته این بدان معنا نیست که آزادراهها باید برای بدترین حالات ممکن طراحی شوند ولی باید پیش بینی معتبری از محتمل ترین نسبت های تقاضا به عرضه در ارتباط با فعالیت های تعمیر و نگهداری احتمالی و در صورت امکان نرخ تصادفات انجام گیرد. این معتبرترین روش برای مدیریت روزانه زیرساخت می باشد زیرا که قادر به تحقق اهداف روانی، ایمنی و راحتی که بیشتر کاربران در سفرهای خود آن را انتظار دارند، می باشد.

آنچه بیشتر توجه کاربران را جلب می کند امکان وقوع ازدحام (تراکم) ترافیک نیست بلکه مدت زمان این راهبندان و اثرات ناشی از آن می باشد. هر کاربری که از یک جاده می گذرد، در حله اول علاقه مند به دریافت اطلاعاتی درباره مسیری که می خواهد طی کند و احتمالاً انتخاب مسیر دیگر در صورت مناسب نبودن مسیر قبل است یا در صورت وقوع اختلالات، می خواهد بداند که چه مقدار اتلاف وقت خواهد داشت و برای جلوگیری از بروز مشکل چه کاری می تواند انجام دهد. با این وجود، این یک واقعیت است که ازدحام ترافیک اغلب بیش از آنچه که پیش بینی شده طول می کشد. ازدحام (تراکم) ترافیک حتی ممکن است به دلیل کنجکاوای کاربرانی که هنگام عبور از بخش بحرانی توقف می کنند تا ببینند چه چیز موجب آهسته شدن سرعت حرکت شده، ایجاد شود. توضیحاتی که داده شد سؤالاتی را مطرح می کند:

- صف را چه طور تعریف می‌کنیم؟
- چگونه اندازه گرفته می‌شود؟
- چگونه ایجاد می‌شود؟
- چگونه گسترش می‌یابد؟
- چگونه می‌توان از وقوع آن جلوگیری کرد؟
- از نظر تأخیر، استرس و خطر چه عواقبی برای جریان ترافیک دارد؟

این‌ها سؤالاتی هستند که یک مدیر راه باید قادر به پاسخگویی به آنها باشد تا بتواند پدیده تراکم را در مرحله مدیریت به بهترین نحو پیش‌بینی، کنترل و اداره کند.

همان‌طور که قبلاً گفته شد، مسلماً نه مدیر و نه کاربر علاقه‌ای به مواجهه شدن با چنین وضعیتی ندارند، اما در عمل این پدیده اجتناب‌ناپذیر است. جلوگیری کامل از بروز پدیده تراکم ترافیک، برای جامعه اقتصادی نیست مگر این که فواید حاصل از آن متناسب با هزینه‌ای که صرف آن می‌شود باشد. بنابراین در بیشتر مواقع مدیران و کاربران باید به این امر واقف باشند که باید با پدیده تراکم مدارا کنیم. با وجود این، لازم است که مدیران به نحوی عمل کنند که فقط تراکمی که بر اساس تحلیل اقتصادی ارزش جلوگیری کردن ندارد، پیش بیاید و سایر شرایط پیش‌بینی و کنترل شوند. این به تنهایی کافی نیست و کسانی که از جاده استفاده می‌کنند نیز باید بدانند که در چنین شرایطی چگونه عمل کنند تا از ایجاد موانع اضافی برای ترافیک جلوگیری شود. متأسفانه باید اعتراف کرد که در این زمینه اطلاعات کمی درباره این گونه پدیده‌ها وجود دارد و این امر موجب می‌شود که یک مدیر به سختی بتواند به درستی وارد عمل شود زیرا کاربران به هیچ طریقی نیاموخته‌اند که چگونه با این نوع ترافیک برخورد کنند. این مطلب موجب ترکیب دو مسأله متضاد شده و اغلب منجر به شرایط خیلی بد ترافیکی می‌شود. حال ببینیم که به منظور یافتن راه‌حلی برای سؤالاتی که قبلاً مطرح شد چه اقداماتی در جهان صورت می‌گیرد.

## ۱-۲- تعریف وضعیت بحرانی ترافیک و اثرات مربوط به آن

هدف این بخش شناسایی اصطلاحات متداولی است که مقایسه وضعیت بحرانی که در راه‌های کشورهای مختلف رخ می‌دهد را به طور مستقیم و به بهترین نحو امکان‌پذیر می‌سازد تا امکان انجام یک تحلیل عمومی از لحاظ نظری و عملی فراهم شود.

لازم به ذکر است که برای دستیابی به این هدف باید در هر دو مرحله برنامه‌ریزی و مدیریت، سطح بحرانی یک زیرساخت تحت کنترل قرار گیرد تا از وقوع حالت تراکم که معمولاً به سرعت منجر به وخیم شدن وضعیت ترافیک و از بین رفتن قابلیت اطمینان راه در منطقه راه‌بندان می‌شود، جلوگیری شود.

همان‌طور که بعداً خواهیم دید، این پدیده پیامد مستقیم تأثیر منفی آن بر روی تعداد زیادتری از کاربران نسبت به زمانی که ترافیک در بحرانی‌ترین حالت است و همچنین اتلاف وقت روبه افزایش ناشی از تداوم تراکم می‌باشد.

بنابراین لازم و مفید خواهد بود که دو حالتی که وضعیت مشخص ترافیک را در راه نشان می‌دهند، پیشنهاد شوند. اولین حالتی که می‌توان تعریف کرد "مرحله بحرانی تدریجی (یا پیش-تراکم)" است که مشخصه آن بدتر شدن

جریان ترافیک می‌باشد که البته همچنان برای اغلب کاربران قابل کنترل است. در این حالت هر نوع کند شدن حرکتی که رخ می‌دهد احتمالاً به صورت طبیعی در شرایط تقاضای ثابت یا به هر نسبتی در شرایط پایدار تقاضا و با توجه به ظرفیت راه رفع خواهد شد.

حالت دوم که می‌توان تعریف کرد "وضعیت بحرانی آشکار (یا پرازدحام)" است که مشخصه آن وضعیت کاملاً وخیم جریان کل ترافیک و افزایش تدریجی پدیده صف است.

اگر نیاز به جلوگیری از حالت دوم یعنی حالت پرازدحام یا حداقل نگه داشتن آن در کمترین مقدار ممکن باشد، حالت اول یعنی حالت پیش-تراکم باید تحت کنترل باشد تا به موقع از بدتر شدن آن و تبدیل به حالت دوم جلوگیری شود. از این لحاظ به نظر می‌رسد که در تعریف ترافیک پیش-تراکم اتفاق نظر وجود داشته باشد. مطابق این تعریف، در مرحله پیش-تراکم حجم ترافیک به مقادیری نزدیک به ظرفیت جاده می‌رسد به طوری که وقتی تقاضا برابر با ظرفیت است، صحبت از تراکم ترافیک می‌شود.

به طور کلی، به نظر نمی‌رسد که پاسخ‌هایی که به پرسش‌نامه داده شد معیار دقیقی از مقادیر حدی که توسط کشورهای مختلف در نظر گرفته می‌شود به دست دهد اما معتقدیم که بر اساس اظهارات HCM این مقادیر برای حالت پیش تراکم برای حجم ترافیک بین ۷۰ تا ۸۰ درصد ظرفیت بر اساس منحنی‌های جریان که عموماً انتخاب می‌شوند (سطح سرویس E-D) تعیین شده‌اند. از طرف دیگر، حالت تراکم فرض می‌کند که میزان تقاضا نسبت به عرضه بیشتر است که پیامد آن حجم ترافیکی است که بین صفر (ترافیک متوقف با سرعت صفر) و ظرفیت (ترافیک در صف با سرعت تقریباً ۴۰ km/h) در نوسان است.

پدیده "کند شدن حرکت" به ترافیک در حال حرکت اطلاق می‌شود که اگرچه با سرعت مطلوب حرکت نمی‌کند ولی با سرعت کم و بدون وقفه در حال حرکت است و ممکن است گاهی اوقات به حالت "توقف و حرکت" تبدیل شود. از طرف دیگر پدیده "صف" زمانی آغاز می‌شود که یک ستون از وسایل نقلیه با سرعت متوسط خیلی کم حرکت می‌کنند به طوری که بعضی از وسایل نقلیه متوقفند و مابقی به سمت جلو در حرکتند و در این حالت پدیده "توقف و حرکت" ویژگی غالب است. از پیامدهای صف معمولاً بخشی از راه با جریان ترافیک آهسته می‌باشد و با وجود این که صف دارای شروع مشخصی است، کند شدن حرکت در طول نسبتاً زیادی از راه اثر می‌گذارد.

با این وجود، آغاز پدیده تراکم با تشکیل یک صف از وسایل نقلیه، از این نظر که اتلاف وقت ممکن است به طور قابل توجهی افزایش یابد، برای جریان ترافیک بسیار مضر است و همان‌طور که قبلاً بیان شد، برای خاتمه این وضعیت به زمان بیشتری نسبت به آنچه در برخورد اول لازم به نظر می‌رسد، نیاز است.

قبل از آنکه یک صف واقعی تشکیل شود و گسترش یابد، معمولاً ترافیک شروع به کند شدن می‌کند (سطح E) و در پی آن، با کاهش سرعت‌های متوالی و افزایش تراکم ترافیک مواجه می‌شویم. در نتیجه، یک کاهش سرعت قابل توجه وجود دارد که در یک فاصله زمانی کوتاه صفی از وسایل نقلیه با سرعت‌های رو به کاهش و از دست دادن ظرفیت قابل جذب را تشکیل می‌دهد. در این موقع است که حالت "توقف و حرکت" معمول با توقف‌های موقت و شروع مجدد به صورت پیوسته در جریان ترافیک، آغاز می‌گردد. به علاوه، با طولانی‌تر شدن صف، سه منطقه متمایز ایجاد خواهد شد:

- اولین منطقه در طول مقطع بحرانی راه قرار دارد که ترافیک در آن با سرعت و حجمی نزدیک به مقدار ظرفیت در حال حرکت به جلو می‌باشد،
- دومین منطقه، منطقه آشفته‌گی جریان است که در آن ترافیک از حالت سنگین به ترافیک پرازدحام تبدیل می‌شود که البته همچنان در حال حرکت است و نزدیک به محلی است که در آن وضعیت بحرانی رخ داده است،
- بالاخره، اگر در جهت مخالف ترافیک پیش رویم، یک منطقه طولانی در حال گسترش وجود دارد که ترافیک به صورت "توقف و حرکت" ولی با توقف‌های طولانی و خیلی عقب‌تر از جلوی صف، در حال حرکت به جلو است.

در این لحظه، اگر این پدیده را به صورت نمادین خلاصه کنیم، می‌توان گفت که هر چه بخش جلو عقب می‌رود، صف گسترش می‌یابد (پیشروی در خلاف جهت حرکت). بالعکس، وقتی انتهای صف به سمت جلو پیش می‌رود (پیشروی در جهت حرکت)، صف کوچک‌تر می‌شود.

آنچه گفته شد، تطابق نزدیک و واضحی با اطلاعات تجربی دارد که نشان می‌دهد هر چه تعداد وسایل نقلیه در یک بخش از راه افزایش می‌یابد، تعامل بین وسایل نقلیه افزایش می‌یابد که این همراه با یک کاهش سرعت تدریجی است که نهایتاً منجر به توقف جریان حرکت خودروها برای مدت زمان نسبتاً طولانی می‌شود.

اگرچه حداکثر تراکم که بر اساس کل توقف‌ها بیان شده به نظر واضح می‌رسد، ولی چنین چیزی برای مقدار حداقل وجود ندارد. با توجه به این موضوع لازم است این پدیده تحت نظارت قرار گیرد و مقادیر متوسط تا نزدیک مقدار حداکثر مورد استفاده قرار گیرند تا این که اقدامات اصلاحی در هر دو مرحله برنامه‌ریزی و ارزیابی کارآیی آنها انجام شود.

اصولاً، این فقط به این معنا نیست که باید بر روی تعریف تراکم واقعی توافق کرد بلکه باید بر روی تعریف صف و کند شدن حرکت نیز توافق نمود. به عبارت دیگر، باید برای تعریف کامل این پدیده یک مقیاس مشترک تعیین شود. این امر خصوصاً در ارتباط با راه‌های ارتباطی مهم بین‌شهری که در قیاس با وقوع وضعیت بحرانی رو به وخامت تدریجی، تعدد توقف کامل در آنها عملاً وجود ندارد، مهم به نظر می‌رسد.

اگر چه این کار دارای مزیت ارایه یک روش عمومی محاسبه است ولی تعریف یک وضع بحرانی با مقایسه ساده تقاضا و عرضه یعنی نسبت  $v/c$  (نسبت تعداد وسایل نقلیه به ظرفیت)، در عمل ایجاد مشکل خواهد کرد. اگر ظرفیت یک راه در مرحله برنامه‌ریزی قابل اندازه‌گیری با پارامترهایی که آن را توصیف می‌کنند باشد، ارزیابی آن در مرحله مدیریت که در آن اندازه‌گیری پارامترها و ارزیابی آنها دشوار است، مشکل‌تر خواهد بود. اگرچه شبیه‌سازی تقاضا در مرحله برنامه‌ریزی امکان‌پذیر است، اما اندازه‌گیری ساده حجم ترافیک تنها در مرحله مدیریت، به هیچ وجه برای درک وضعیت ترافیکی یک راه کافی نیست مگر این که به نحوی به پارامترهای دیگر مرتبط شود.

همچنین، عموماً ملاحظه شده است که یک مقدار مشخص برای نسبت  $v/c$  شرایط ترافیکی را که به صورت‌های مختلف تعبیر می‌شود تعیین می‌کند، بسته به این که جریان ترافیک مربوط به وسایل نقلیه گردشگری است یا شامل دیگر انواع جریان‌های ترافیک مانند کارگر و یا مسافر هرروزه می‌باشد. بنابراین جالب خواهد بود که بعضی از انواع دیگر پارامترهایی که بیانگر شرایط ترافیکی مناسب هستند را به وضعیت بحرانی و پیامدهای مربوط به آن مرتبط

سازیم گو این که در راستای برداشتن گام‌های دقیق مدیریتی، امکان اندازه‌گیری به‌هنگام این پارامترها نیز در مرحله مدیریت به حساب آورده می‌شود.

با توجه به ملاحظات قبلی که بر اساس تجربه به دست آمده و با بهره‌گیری از جنبه‌های مشترک عملکرد کشورهای دیگر پیشنهاد می‌شود که در مرحله برنامه‌ریزی و طراحی، به سرعت پیش‌بینی شده جریان ترافیک وسایل نقلیه که انتظار می‌رود در شرایط بحرانی رخ دهد و سپس به میزان تأخیر متوسط در زمان سفر که با توجه به سرعت پروژه تخمین زده می‌شود، مراجعه شود.

از طرف دیگر، در مرحله برنامه‌ریزی، ممکن است در حالت کندی حرکت به سرعت اندازه‌گیری جریان ترافیک و فاصله متوسط موقت بین خودروهای متوالی و در حالت صف به حداکثر طول صف، مدت زمان صف و طول مدت این پدیده، مراجعه شود. در حقیقت این عوامل عموماً به عنوان مناسب‌ترین عوامل برای توصیف وضعیت بحرانی ترافیک ناشی از تشکیل صف و کندی حرکت، پذیرفته شده‌اند.

### ۱-۳- علل تراکم ترافیک

آشفته‌گی ترافیک در یک راه بین‌شهری معمولاً در اثر چهار دسته از عوامل زیر رخ می‌دهد:

- الف- وجود تقاطع یا راههای دسترسی
- ب- زیادی تقاضا در مقایسه با حداکثر عرضه موجود
- پ- محدودیت‌های مربوط به حداکثر عرضه موجود به دلیل مشکلات خاص جاده
- ت- محدودیت‌های مربوط به حداکثر عرضه موجود به دلیل مشکلات خاص جریان ترافیک

هم‌زمان با افزایش رده جاده‌ها (جاده‌های با استانداردهای بالاتر)، علل نوع الف اهمیت کمتری پیدا می‌کنند زیرا حذف تقاطع و محدود کردن و فاصله‌بندی بین راههای دسترسی، نتایج بهتری را با توجه به پدیده بحرانی مربوطه حاصل می‌کند. این علت خاص تقریباً در مثال تحلیل شده آزادراههای بین‌شهری کاملاً از بین می‌رود و فقط در حالت آزادراههای با عوارض مطرح خواهد شد که در آن سیستم اخذ عوارض ممکن است در نواحی مرکزی که ورود و خروج در آن زیاد است برای جریان ترافیک ایجاد شرایط بحرانی کند.

علل نوع ب مربوط به نوسانات عادی ترافیک می‌باشند و معمولاً دارای طبیعت دوره‌ای هستند (روزانه، هفتگی، فصلی). آنها عمدتاً بخش‌های پایانی آزادراهها را که دسترسی به نواحی مرکزی را فراهم می‌کنند، یا بخش‌هایی را که دارای جریان ترافیک سنگین هستند، تحت تأثیر قرار می‌دهند. وخامت پدیده مربوطه با ازدیاد حجم ترافیک به سرعت افزایش می‌یابد.

علل نوع پ احتمالاً ناشی از فعالیت‌های تعمیراتی معمول و غیرمعمول راه و یا نیاز به افزایش تعداد خطوط عبوری راه می‌باشد. اگر برای انحراف ترافیک از مسیر اصلی، مسیرهای مناسب دیگری وجود نداشته باشد، این نوع عملیات مستلزم بستن بخشی از راه و در نتیجه تجمع ترافیک در بخش دیگر خواهد بود. پدیده بحرانی مربوط به این عوامل در یک منطقه متغیر می‌باشد از این نظر که در طی لحظات و روزهایی که ترافیک سنگین‌تر است وضعیت

وخیم تر می شود. به علاوه، همان طور که قبلاً گفته شد، این عوامل، از نظر فنی و زمانی، وابسته به عمر زیرساخت هستند و به افزایش غیرمعمول قابلیت جابجایی و تغییرات قوانین عمومی مربوط به وزن محور حساس می باشند.

علل نوع ت به تصادفات و مخصوصاً آن مواردی که منجر به مصدومیت افراد می شود، یا وجود خرده پاره هایی که نمی توان به راحتی آنها را جابجا کرد، مربوط می شوند. این علت مهم شامل حضور وسایل نقلیه غیرمعمول از نظر اندازه یا نوع بار می باشد. صرف نظر از اشغال فضایی بیش از وسایل نقلیه معمول، این گروه از وسایل نقلیه اغلب با سرعت پایین حرکت می کنند و احتیاج به اسکورت (محافظ) دارند و در نتیجه به میزان قابل توجهی موجب کاهش سرعت سایر وسایل نقلیه می گردند. در خصوص علل نوع ت، باید اشاره شود که وضعیت بحرانی در نتیجه توقف وسایل نقلیه در راه به دلیل خرابی یا به ویژه شرایط آب و هوایی نامناسب رخ می دهد.

تاکنون تحلیلی درباره اهمیت نسبی هر یک از این علل در مقام مقایسه با مجموع وقایع بحرانی وجود ندارد. از نتایج بررسی های انجام شده در بعضی از کشورهایی که این پدیده در آنها تحت کنترل پیوسته قرار دارد، یک مقیاس به دست می آید که در آن تصادفات در درجه اول، جریان ترافیک در درجه دوم (شامل علل مربوط به تقاطع ها و راههای دسترسی) و عملیات تعمیر و نگهداری جاده در درجه سوم قرار دارند.

#### ۱-۴- الگوها و فراوانی وقوع

اگر حالات بحرانی را بر حسب احتمال وقوع آنها در نظر بگیریم، آنها را می توان به سه گروه اصلی تقسیم کرد که عبارتند از:

i. پدیده تراکم قابل پیش بینی (سابقه دار)

ii. پدیده تراکم استثنایی (غیرمعمول)

iii. پدیده تراکم غیرقابل پیش بینی (نامنظم)

پدیده های نوع (i) دارای طبیعت تکراری هستند و بر یک اساس منظم که بستگی به عملکرد قابل ارزیابی روزانه، هفتگی یا فصلی دارد، استوار می باشند. آنها به اوج ترافیک که مختص نوع راه مورد استفاده می باشند، مرتبط هستند و معمولاً به علل الف و ب که در بخش ۱-۳ توضیح داده شد، مربوط می باشند. پیش بینی های درازمدت در مورد این نوع پدیده با احتساب افزایش حجم ترافیک نیز ممکن می باشد.

پدیده های نوع (ii) دارای طبیعت اتفاقی هستند و معمولاً به وقایع مهم اجتماعی، سیاسی و ورزشی مرتبط هستند. بنابراین آنها فقط می توانند در میان مدت و کوتاه مدت و در هر حال فقط پس از تعیین تاریخ و زمان یا مدت واقعه ای که آنها را ایجاد می کند، پیش بینی شوند. پیش بینی های مربوطه معمولاً در حالات منظم معتبر هستند. پیش بینی روند طبیعی افزایش حجم ترافیک بالاخص خیلی دشوار است. این نوع پدیده در اثر عللی که در نوع ب توضیح داده شد به وجود می آید.

پدیده نوع (iii) مستقیماً به وقوع تصادفات حاد، توقف وسایل نقلیه در راه به دلیل خرابی های جدی یا بدی شرایط آب و هوایی که بسیار بر روی ترافیک اثر می گذارد، مربوط می باشد. آنها در اثر عواملی که تحت نوع ت مطرح شد، به وجود می آیند و از نظر پیش بینی حالت عدم قطعیت ایجاد می کنند. در این مورد فقط می توان میزان خطر را تخمین زد.

در مورد هر سه دسته شناسایی شده مربوط به فراوانی، موانعی که در اثر علل نوع پ یعنی کاهش عرضه به علت کارهای تعمیراتی در جاده، ایجاد می‌شوند، همیشه بیشترین علل افزایش شدید تراکم می‌باشند و به دلیل این واقعیت که امکان پیش‌بینی خیلی محدود است، دارای اهمیت بیشتری می‌باشند.

### ۱-۵- پارامترهای اندازه‌گیری تراکم

همان‌طور که قبلاً اشاره شد، دانش پدیده تراکم ترافیک در دو مرحله خاص زیر اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند:

- مرحله برنامه‌ریزی، هنگامی که پارامترهای برنامه‌ریزی زیرساخت راه تعیین می‌شوند.
- مرحله مدیریت، هنگامی که باید اقداماتی برای کاهش ناراحتی کاربران در هنگام وقوع آشفتگی ترافیک انجام شود.

اگرچه نیاز به پیش‌بینی در مورد اول کاملاً واضح است، در مورد دوم یعنی در طی مرحله مدیریت نیز لازم است برای کسب اطلاعات مناسب در مورد موقعیت پیش از وخیم شدن وضعیت، قدم‌هایی برداشته شود. از آنجایی که معمولاً تراکم ترافیک گرایش به بدتر شدن دارد، ظهور اولیه آشفتگی معمولاً منجر به بروز رفتار غیرعادی در کاربران می‌شود که به سرعت رشد آن می‌افزاید.

با توجه به موضوع فوق باید یک سری پارامترهای عینی به منظور کسب اطلاعات بیشتر در خصوص این پدیده شناسایی شوند. با توجه خاص به مرحله مدیریت، این مطلب بدین معنی است که برای تنظیم سیستم‌های خودکار کنترل ترافیک باید پارامترهای انتخاب شده به راحتی و به سرعت قابل‌ارزیابی بوده و کاملاً قابل‌اجرا باشند. با توجه به تعریف ارائه شده در بخش ۱-۲ و تجربه عملی به دست آمده در کشورهای مختلفی که بیشتر آنها مبتلا به مساله آشفتگی ترافیک هستند، به نظر می‌رسد که می‌توان پارامترهای زیر را برای ارزیابی عینی (واقع‌بینانه) پدیده تراکم ترافیک برگزید:

الف- حجم جریان ترافیک

ب- ترکیب ترافیک

پ- تعداد کل وسایل نقلیه

ت- حداکثر طول صف

ث- طول مدت پدیده تراکم

ج- حداکثر زمان صف

چ- تأخیر متوسط در جریان وسایل نقلیه

ح- سرعت متوسط جریان

خ- فاصله بین وسایل نقلیه

اندازه‌گیری این پارامترها در حال حاضر یک کار متداول است، چه در مورد جریان وسایل نقلیه، ترکیب ترافیک و چه سرعت جریان ترافیک و فاصله بین خودروها. دامنه وسیعی از روش‌های ارزیابی و دستگاهها وجود دارد اما لزومی به توضیح آنها در این گزارش نیست. با وجود این، باید تأکید شود که تعدادی از فناوری‌های جدید در حال حاضر در مراحل پیشرفته آزمایش هستند از جمله آنهایی که از دوربین‌های دیجیتالی اسکن تصاویر استفاده می‌کنند،

دورنمای جالبی را ارائه می‌کنند که ترکیب اعداد دیجیتالی فوق‌الذکر را با مشاهدات از نوع بصری که ایجاد عینی آنها در شرایط متفاوت دشوار خواهد بود، ممکن می‌سازد.

در ارتباط با پارامترهای دیگری که اشاره شد، در حال حاضر تجربه مشترکی در ارزیابی مستقیم آنها در دسترس نیست. در مورد حداکثر طول صف و تعداد کل وسایل نقلیه سعی شده است از روش‌های ارزیابی با استفاده از عکس‌های هوایی و فیلم‌هایی که از داخل هواپیما و هلیکوپتر گرفته شده است، استفاده شود. نتایجی که تاکنون به دست آمده است خیلی امیدوارکننده نیست و هزینه بالا و مشکلات اجرایی استفاده از آنها را محدود می‌کند. در این گونه موارد، صرف‌نظر از فناوری‌های جدیدی که پیشتر ذکر شد، لازم است که کارهای تحقیقاتی افزایش و گسترش یابند.

سایر پارامترها، یعنی طول دوره پدیده تراکم، حداکثر زمان صف و تأخیر متوسط در جریان وسایل نقلیه می‌توانند با استفاده از الگوریتم‌های ساده‌ای که برای اندازه‌گیری پارامترهای دیگر به کار می‌روند، ارزیابی شوند. زمانی که مقیاس ارزیابی مربوط به تراکم، صف و کندی حرکت دقیقاً و به روشنی تعیین شود، با تحلیل سرعت و فاصله بین وسایل نقلیه می‌توان کلیه اطلاعات لازم در این زمینه را به دست آورد. تا آنجا که به مرحله برنامه‌ریزی و مدیریت مربوط می‌شود، اطلاعات به دست آمده در مرحله مدیریت می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین، لازم خواهد بود که به یک اساس ثابت تجربی که ارکان تسهیل‌کننده ارزیابی و پیش‌بینی را فراهم می‌سازد، مراجعه شود.

### ۱-۶- عواملی که به ایجاد تراکم کمک می‌کنند

بر اساس تجربه‌ای که تاکنون در کشورهای مختلف به دست آمده است و با توجه به پاسخ‌هایی که به پرسش‌نامه‌ها داده شده، معلوم می‌شود که پیدایش پدیده تراکم معمولاً به تعدادی عوامل دقیق که احتمالاً به عنوان علل مستقیم شناخته می‌شوند، بستگی دارد.

اهمیت نسبی هر یک از این عوامل بسیار متغیر است و نمی‌تواند در یک عبارت جامع تعریف شود. با این وجود، باید تأکید نمود که ترکیب اثرات دو یا چند عامل موجب تسریع گسترش این پدیده، گسترش ابعاد آن از نظر زمانی و مکانی و افزایش احتمال وقوع آن می‌شود. بدین معنی که پدیده تراکم ممکن است در زمانی اتفاق بیافتد که هیچ یک از علل مستقیم به تنهایی به حد بحرانی نرسیده‌اند، بلکه در این مورد اثر ترکیبی مسبب ایجاد آشفستگی است. عوامل شناسایی شده عبارتند از:

الف- نوع زیرساخت

ب- نوع وسیله نقلیه

پ- نوع کاربر

ت- نوع مدیریت راه و ترافیک

## الف) نوع زیرساخت

ظرفیت یک زیرساخت راه در درجه اول به مشخصات فیزیکی آن مرتبط است. این ارتباط حتی برای افراد غیرمغرب نیز کاملاً واضح است. تجربیات بین‌المللی موجب ایجاد روش‌های مشترکی برای محاسبه ظرفیت با استفاده از تعداد معینی از این مشخصات شده است که با توجه به آن امکان تعیین اهمیت نسبی خاص فراهم شده است. محاسبات انجام شده توسط AASHTO و درج شده در "راهنمای تعیین ظرفیت بزرگراهها" که یکی از پرستفاده‌ترین راهنماها در سطح دنیاست، ظرفیت را با اشاره مستقیم به نکات زیر تعریف کرده است:

- تعداد و عرض خطوط عبوری
- فاصله بین موانع احتمالی جانبی
- مشخصات جاده در سطح و ارتفاع
- وجود تقاطع‌های با زاویه قائم

تجربه مدیریت، به خصوص در کشورهای با بیشترین میزان جابجایی، نشان می‌دهد که عوامل دیگری از نوع فیزیکی وجود دارند که بر روی ظرفیت راه تأثیر می‌گذارند. این عوامل شامل موارد زیر هستند:

- وجود شانه تثبیت شده برای توقف در خارج راه یا خطوط عبوری اضطراری
- وجود تونل‌های پی‌درپی و یا تونل‌های با طول زیاد یا پل بلند در طول مسیر
- مسیر مسطح‌حالی و ارتفاعی

اینها عواملی هستند که عمدتاً به رفتار رانندگان مربوط می‌شوند به این علت که آنها را چه به دلیل اعتماد به نفس زیاد و چه به دلیل فشار عصبی، تشویق به انجام کارهای غیرقابل قبول برای ایجاد شرایط ترافیکی بهینه می‌کنند. تأثیر این عوامل بر روی ظرفیت هنوز به صورت عددی بیان نشده است، اما منطقی به نظر می‌رسد که تحقیقات کامل‌تری در این راستا صورت گیرد تا بتوان این عوامل را در یک ارزیابی ظرفیت پیش‌گیرانه و قابل اجرا لحاظ نمود.

## ب) نوع وسیله نقلیه

تأثیرات ترکیب جریان وسایل نقلیه (بر حسب وسایل نقلیه مسافربری و حمل کالا) بر روی مقدار ظرفیت راه به وضوح تعیین و نمودارهای محاسباتی آنها تهیه شده است و امکان محاسبه آنها با استفاده از ضریب هم‌ارز در واحد خودروی سواری (PCU)، به صورت عینی فراهم شده است. مسأله کاملاً بررسی شده و توسعه بیشتر شامل مطالعه روش‌های استاندارد کردن نتایج مربوط به کشورهای مختلف، به منظور فراهم‌سازی یک مقایسه مؤثر بین شرایط ملی می‌باشد.

همچنین لازم است که تحلیلی از اثرات ناشی از وجود کالاهای غیرمعمول در جریان وسایل نقلیه شروع شود. این مقوله دوم خصوصاً در بیشتر نواحی پیشرفته صنعتی و در مواردی که شرایط حمل و نقل اجازه راه‌حل‌های دیگر را نمی‌دهد، روندی رو به رشد دارد و در نتیجه منجر به ایجاد عواقب جدی در ارتباط با آشفته‌گی ترافیک می‌شود.

### پ) نوع کاربر

تحلیل تأثیرات مشخصات کاربران بر روی پیدایش اوضاع بحرانی در آزادراهها، اخیراً آغاز شده است و حتی در حال حاضر نیز به عنوان یک روش متداول به حساب می‌آید. با این وجود، از لحاظ نظری شناسایی این عامل به عنوان عاملی که مستقیماً بر روی تراکم اثر می‌گذارد، کاملاً مورد قبول است. بر اساس اطلاعاتی که بر پایه تجربه بین‌المللی تأیید شده است، مشاهده خواهد شد که مشخصات اصلی که باید به آنها اشاره شود عبارتند از:

- فراوانی استفاده از نوع مشخصی از راه
- کثرت استفاده از بخش معینی از راه
- فاصله‌ای که قبل از ورود به بخش معینی از راه طی می‌شود
- فاصله‌ای که تا رسیدن به مقصد نهایی طی خواهد شد

مسلماً این‌ها عواملی هستند که مستقیماً قابل اندازه‌گیری نیستند و آنها را می‌توان فقط با انجام نظرخواهی‌های نمونه بر روی کاربران راه حین عبور از یک مسیر و یا با انجام تحلیل‌های آماری در نقاط شروع و خاتمه سفر، تعیین نمود.

### ت) نوع مدیریت راه و ترافیک<sup>۱</sup>

عدم وجود مقیاس‌های مناسب برای مقابله با افزایش طبیعی تقاضای ترافیکی به طور کلی، و تقاضای ترافیکی کامیون به طور خاص، در یک راه مشخص، عامل اصلی نزول کیفیت ترافیک است. برعکس، مدیریت راه و ترافیک (RTM) مداوم و مؤثر، در همه موارد نقش بزرگی در کاهش پدیده‌های آشفته‌گی ترافیک دارد و بیشتر اوقات آنها را به تعویق می‌اندازد.

در بخش ۳ توضیحی درباره فعالیت‌هایی که به طور گسترده‌ای در زمینه مدیریت راه و ترافیک انجام می‌شود و خصوصاً مواردی که بیشترین کارایی را داشته‌اند، داده می‌شود. لازم به ذکر است که هدف اصلی RTM تنها اجتناب از شرایط بحرانی ترافیک که بیشتر اوقات از لحاظ نظری و یا اقتصادی امکان‌پذیر نیست، نمی‌باشد. بلکه هدف از آن کاهش پراکندگی و جلوگیری از افزایش تدریجی پدیده آشفته‌گی ترافیک است تا بتوان تعداد کاربرانی را که در معرض نزول کیفیت سرویس قرار می‌گیرند، در پایین‌ترین حد ممکن نگاه داشت. در حالی که انواع کارآمد راه، وسایل نقلیه و کاربر مورد مطالعه و اجرا قرار گرفته است، انواع RTM با همان درجه کارایی نیز باید توسعه یابد تا بتوان از تضادهای خطرناک جلوگیری نمود. باید توجه داشت که کاربران به آزادراه‌های جدید به عنوان راه‌هایی که دارای مشخصات فیزیکی بهتری نسبت به راه‌های معمولی هستند نگاه نمی‌کنند، بلکه آنها را یک روش کاملاً متفاوت حمل‌ونقل می‌دانند که به طریق خاصی تجهیز و اداره می‌شوند تا بتوانند یک کیفیت سرویس عالی و بیشترین قابلیت اطمینان را ایجاد کنند.

با در نظر گرفتن موارد فوق، در حال حاضر نمی‌توان یک روش یکسان مدیریت راه و ترافیک را در کشورهای مختلف پیدا نمود که قابل‌اعمال در سیستم‌های آزادراهی باشد. این روش عمدتاً از انواع مختلف ارزیابی کیفیت سرویس و میزان قابلیت اطمینان و همچنین اثرات مالی و اقتصادی گزینه‌های مختلف به دست می‌آید.

## ۲- روش‌هایی برای پیش‌بینی و اندازه‌گیری وضعیت بحرانی ترافیک

### ۲-۱- مقدمه

با توجه به مسایلی که قبلاً مورد بحث قرار گرفت، مطلب مهمی که بخش مدیریت آزادراه باید در نظر بگیرد کنترل قابلیت اطمینان در ارتباط با نیازهای کسانی است که از اجزای یک شبکه راه کنترل شده استفاده می‌کنند (کنترل) و این چیزی نیست جز تعیین ابعاد جاده متناسب با حجم ترافیکی که از آن عبور می‌کند (طرح).

بر پایه چنین تحلیلی بخش مدیریت باید قادر به تشخیص تقریبی عواقب انتخاب‌های مختلف بر حسب امکان بالقوه وقوع وضعیت بحرانی در آینده باشد. همان‌طور که گفته شد همیشه نمی‌توان برای جلوگیری کامل از پدیده بحرانی وارد عمل شد. در این مرحله، می‌توان به منظور پیش‌بینی میان‌مدت محتمل‌ترین شاخص کیفیت راه در سال‌های آتی، جهت تعیین مناسب‌ترین مقیاس، روش‌های کمابیش پیچیده‌ای را تصور نمود. همچنین می‌توان روش‌های کنترلی را به کار برد که برای مدیریت اوضاع بحرانی به کمک سیستم‌های تقریباً پیچیده پیش‌بینی، امکان اجرای سریع اقدامات مربوط به مدیریت ترافیک را فراهم می‌سازند.

همان‌گونه که در بخش ۱ اشاره شد، تحلیلی از پاسخ‌هایی که توسط کشورهای عضو مؤسسه به پرسش‌نامه ارسالی از طرف کمیته فنی مربوط به راه‌های بین‌شهری، داده شده بود، مشخص می‌کند که پیش‌بینی پدیده تراکم ترافیک در همه جا یکسان نیست و به نظر می‌رسد که مرحله برنامه‌ریزی و طراحی، با توجه به مسأله مدیریت، به معنای واقعی کلمه رواج دارد. به علاوه در کشورهایی که تراکم ترافیک رخ می‌دهد، مرتباً روش‌های مختلف پیش‌بینی به کار می‌رود.

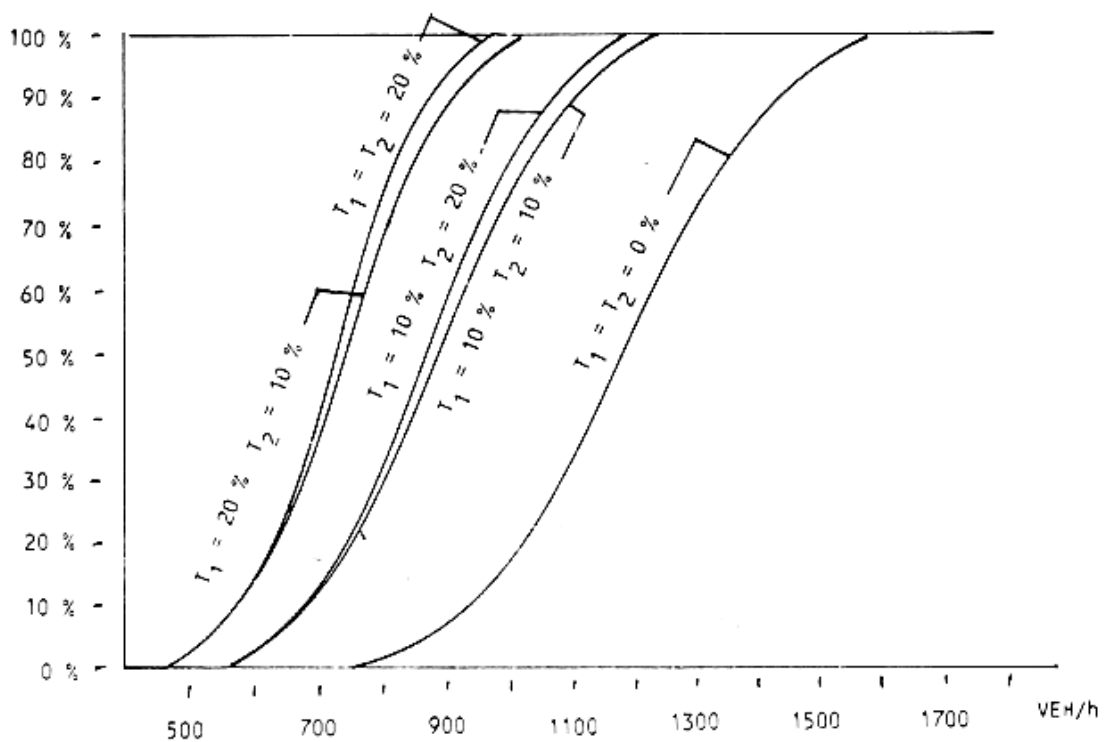
امکان شناسایی دو روش مشخص وجود دارد. اولین روش در کشورهایی که استفاده از راهنمای تعیین ظرفیت بزرگراهها (HCM) در آنها رایج است، دیده می‌شود. در این مورد، از آنجایی که کیفیت ترافیک بر اساس معیار سطح سرویس توضیح داده می‌شود و با نسبت  $v/c$  ارزیابی می‌گردد، مشکل مربوط به پیش‌بینی پدیده تراکم ترافیک اصولاً به صورت پیش‌بینی حجم ترافیک در بخش‌های مورد نظر راه بررسی می‌شود. با مقایسه تراکم ترافیک پیش‌بینی شده و ظرفیت تخمین زده شده می‌توان سطوح سرویسی را که نهایتاً پیش خواهد آمد، تعیین نمود. هدف روش دیگر که مخصوص کشورهایی است که در آنها پدیده تراکم ترافیک به صورت خیلی پیچیده‌تر و مفصل‌تر نسبت به HCM وجود دارد، شناسایی مدل‌های احتمالات ریاضی است که می‌تواند حالات مختلفی را که واقعاً اتفاق می‌افتند به بهترین نحو ممکن توصیف کند. اصولاً ما در یک مرحله انتقال بین معیار تحلیل استاتیک که با تجربه تثبیت شده ولی کامل و جامع نیست، و معیار تحلیل دینامیک که با توجه به اطلاعات تجربی محدودی که در دسترس می‌باشد، هنوز کاملاً مشخص نشده است، قرار داریم. به منظور پیش‌بینی صحیح از وضعیت بحرانی ترافیک همیشه بهتر است که در داخل پدیده کار شود، کار به کمک پیچیده‌ترین مدل‌ها و الگوریتم‌های ممکن انجام گیرد و در نتیجه محتمل‌ترین شرایط ترافیک مشابه‌سازی شود.

با وجود این، با توجه به دو مرحله‌ای که بخش مدیریت در آنها دخیل است، روش‌ها متفاوت هستند. در حقیقت، تلاش برای دستیابی به نتایج قابل اطمینان‌تر با استفاده از روشهای تفصیلی در مراحل میان‌مدت و درازمدت

برنامه‌ریزی، اگر نگوییم که کار شاقی است، باید گفت کار بیهوده‌ای خواهد بود. در مجموع، وقتی عامل اصلی یعنی ترافیک قابل پیش‌بینی، کاملاً نامعلوم است، بی‌فایده خواهد بود تمام ابعاد مسأله بیش از حد بسط داده شود. این مطلب برای مرحله مدیریت که شامل کنترل مستقیم ترافیک و اداره ترافیک در جریان می‌باشد، صحیح نیست. در این مورد، حتماً باید با استفاده از سیستم‌های بسیار پیشرفته پیش‌بینی، اندازه‌گیری‌های دقیق و به موقعی انجام داد. برای تأیید این موضوع کافی است که به آزمایشی اشاره کنیم که در یک آزادراه که بخشی از آن به دلیل کارهای تعمیراتی بسته بوده، انجام شده است. مشاهده شده است که بر اساس حجم ترافیک ثبت شده در فواصل زمانی ۱۵ دقیقه و تخمین حجم ترافیک معادل در هر ساعت، در شرایط ترافیکی یکسان، پدیده صف ترافیک با فراوانی‌های متفاوت اتفاق افتاده است. مثالی از این نتیجه در نمودار ۷ نشان داده شده است.

جدول ۲- احتمال تشکیل صف

| ۰   | ۲۵   | ۵۰   | ۷۵   | ۱۰۰  | درصد کامیون‌های سنگین | درصد صف |
|-----|------|------|------|------|-----------------------|---------|
| ۷۵۰ | ۱۰۶۰ | ۱۲۱۰ | ۱۳۶۰ | ۱۷۰۰ | ۰                     | ۰       |
| ۵۶۰ | ۸۰۰  | ۹۱۰  | ۱۰۲۰ | ۱۲۸۰ | ۱۰                    | ۱۰      |
| ۵۴۰ | ۷۷۰  | ۸۸۰  | ۸۸۰  | ۱۲۳۰ | ۲۰                    | ۱۰      |
| ۴۶۰ | ۶۵۰  | ۷۵۰  | ۷۵۰  | ۱۰۵۰ | ۱۰                    | ۲۰      |
| ۴۵۰ | ۶۴۰  | ۷۵۰  | ۷۵۰  | ۱۰۲۰ | ۲۰                    | ۲۰      |



نمودار ۷- مثالی از تغییرات در احتمال تراکم در ارتباط با جریان و ترکیب وسایل نقلیه باری

متأسفانه تمام این موارد نشان می‌دهد که شناسایی، پیش‌بینی و فهم این پدیده تنها با توجه به مقادیر حجم ترافیک، چقدر مشکل است. بنابراین، نتیجه نهایی، که همان وضعیتی است که گسترش پیدا می‌کند، هم به نوساناتی که در فواصل زمانی انتخاب شده رخ می‌دهد و هم به ترتیب واقعی وسایل نقلیه در جریان ترافیک به شدت مربوط می‌باشد. این مطلب نتایج حاصل از تحقیقات نظری انجام شده در این زمینه را تأیید می‌نماید. پرواضح است که در چنین موقعیتی همکاری بین‌المللی نه تنها از دید مقایسه نظرات و پیشرفت‌های نظری بلکه خصوصاً به منظور توسعه منبع اطلاعات تجربی، تا چه حد لازم است.

در ارتباط با روش‌های تحلیل، مطالعات بسیاری بر روی موضوعات مختلفی در حال انجام است، با این وجود، تأکید بیشتر بر مشکلات مشخصی مثل تأثیر تعمیر و نگهداری، تراکم ترافیک در راههای شهری و موارد مشابه است. بنابراین، بهتر است که به منظور بهینه‌سازی منابع و تسریع کسب نتایج مهم و چشمگیر، انتشار اطلاعات به دست آمده و نمونه‌های تحقیقاتی که تاکنون دنبال شده ترویج گردد. از آنجا که یک دستورالعمل مشترک نظری و تجربی وجود ندارد، شایسته است که این گزارش با برخی اطلاعات عمومی درباره ساختاری مناسب برای فرآیند تحلیل، تلفیق شود. در این راستا، مواردی که در بعضی از کشورها قبلاً طرح‌ریزی شده است مدنظر قرار گرفته و راه برای فرصت‌های آتی جهت ادغام و گسترش بیشتر باز گذاشته می‌شود. با این وجود، بر اساس تمام روش‌های تحلیل یک نیاز اولیه و ضروری به وجود یک تعریف مشترک برای مفهوم قابلیت اطمینان و کیفیت سرویسی که به کاربران راه ارایه می‌شود، از نظر ارتباط بین وضعیت پیش‌بینی شده و اقدامات اصلاحی احتمالی، احساس می‌شود.

## ۲-۲- پدیده تراکم ترافیک قابل پیش‌بینی

همان‌طور که در بند ۱-۴ اشاره شد، چنین پدیده‌هایی اصولاً به یک افزایش دوره‌ای معمول در تقاضا در مقایسه با عرضه موجود مرتبط هستند. در نتیجه، آنها تا زمانی که مدل‌های قابل اطمینان برای پیش‌بینی شرایط ترافیک در دوره‌های مشاهده مشابه موجود هستند، در درازمدت نیز قابل پیش‌بینی می‌باشند. با این همه، بر اساس آنچه در بندهای قبل ذکر شد، برای پیش‌بینی صحیح موانع ترافیک، پیش‌بینی ترافیک اگرچه کافی نمی‌باشد، ولی یک شرط ضروری است. در واقع مورد اخیر، به تأثیر متقابل یک سری پارامترهای پیچیده بستگی دارد که یکی از آنها ترافیک می‌باشد که خصوصیات را بر حسب تغییر در مکان و زمان نشان می‌دهد و اثراتی را ایجاد می‌کند که در معرض تغییرات است. بنابراین، اگر از یک دید کلی پیش‌بینی پدیده مسدود شدن ترافیک منوط به مقایسه بین ترافیک پیش‌بینی شده و ظرفیت راه باشد، باید مقدار ظرفیت به عنوان یک پارامتر در نظر گرفته شود. در نتیجه، روش‌های پیش‌بینی باید در دسترس بودن مدل‌های مناسب برای تفسیر پدیده ترافیک را در نظر بگیرند که از جمله آنها می‌توان به تهیه بررسی‌های کمی و کیفی برای کنترل هزینه و فایده یا مقرون‌به‌صرفه بودن کار بر حسب کیفیت سرویسی که در اختیار کاربران راه قرار داده می‌شود، اشاره نمود. به طور خلاصه، ساختار بهینه مدل‌های پیش‌بینی پدیده تراکم ترافیک معمول، سه زیرساخت زیر را در بر می‌گیرد:

- پیش‌بینی ترافیک
- تفسیر و شبیه‌سازی پدیده ترافیک
- تعیین یک شبکه مرجع مناظر با راههای مختلف ممکن

اگر هر یک از زیرساخت‌ها را به تنهایی در نظر بگیریم، وضعیت موجود بین‌المللی در تحقیق نظری- عملی نتایج بسیار رضایت‌بخشی را در خصوص مورد اول (مدل‌های پیش‌بینی ترافیک) نشان می‌دهد ولی در ارتباط با دو مورد دیگر خیلی کمتر توسعه یافته است. اگرچه در مورد این موضوعات چشم‌انداز جالبی وجود دارد، در حال حاضر، آنها همچنان به عنوان ابزاری برای تحلیل وضعیت‌های خاص باقی می‌مانند که به سختی می‌توانند به یکدیگر مرتبط شوند.

در ارتباط با "پیش‌بینی ترافیک"، تجربه عمومی نشان داده است که یک مدل به تنهایی قادر به توصیف تمام اوضاع ممکن نیست، در عوض لازم است که یک سری مدل با هم تلفیق شوند که هر کدام در یک زمینه یا یک نوع جریان ترافیک خاص عمل کنند. بعضی از مهم‌ترین روش‌هایی که در پیش‌بینی ترافیک مورد استفاده قرار می‌گیرند در زیر خلاصه شده‌اند:

- روش سنتی که در آن سری‌های مشاهده شده به اجزای مشخصی (روند، دوره و فصلی بودن) که در مدل‌های تکثیری و یا جمعی مرتب شده‌اند تفکیک می‌شوند. اجرای این روش فوق‌العاده ساده است، در حقیقت فقط نیاز به انجام یک سری محاسبات آماری در حد مقدماتی دارد.
- مدل‌های Box-Jenkins یک متغیره که سری‌ها را بر حسب پیوندهای تابعی ARMA<sup>1</sup> یا ARIMA<sup>2</sup> بیان می‌کند. استفاده از این روش نیاز به نرم‌افزارهای خاص با قیمت بالا و آشنایی با مبانی نظری کارهای آماری دارد. این معیار تحلیل برای این که حوزه وسیعی از اتفاقات واقعی را به طور مناسب دربر گیرد، از خصوصیات خمیری مدل‌ها استفاده می‌کند.
- معیار تحلیل طیفی، که در اصل در رشته مهندسی مخابرات به کار می‌رود، اینجا می‌کند که سری‌های ارایه شده ثابت باشند، حداقل تا حدودی (میانگین و واریانس). با این روش سری‌های زمانی مشاهده شده بر حسب مجموع توابع دوره‌ای با دوره‌ها و بزرگی‌های مختلفی توصیف می‌شوند. اعمال این معیار نیاز به مهارت و نرم‌افزارهای خاص دارد. مزیت اصلی تحلیل طیفی امکان تفکیک دوره‌ها با مدت کمتر از فاصله بین مقادیر دو مشاهده است.
- روش رگرسیون چندمتغیره با ترافیک به عنوان اثر حاصله بعضی متغیرهای خارجی (بیرونی) برخورد می‌کند. استفاده از این روش بسیار ساده است، زیرا بر اساس روش‌های تخمین (احتمالات و حداقل مربعات) که برای تعداد زیادی از محققین شناخته شده است، قرار دارد.

با وجود روش‌های فراوان پیش‌بینی، لازم است تأکید شود که نمی‌توان هیچ یک از آنها را به عنوان تکنیک بهینه قبول کرد. در این خصوص، جدیدترین آثار چاپ شده پیشنهاد می‌کنند که چندین روش مختلف به‌طور هم‌زمان به کار رود و پیش‌بینی نهایی به صورت تابعی از ترکیب این روش‌های پیش‌بینی بیان شود.

از یک دید کلی می‌توان گفت که به منظور مفید بودن مقیاس‌های مشخصی که برای مقابله با پدیده تراکم ترافیک به کار می‌رود، روش پیش‌بینی باید عناصر مربوط به شناخت این پدیده را برای شناسایی و اجرای این مقیاس‌ها، در مدت زمان لازم فراهم سازد. بنابراین، معقول به نظر می‌رسد که کار با تخمین‌های متوالی صورت گیرد

1-Auto Regressive Moving Average

2- Auto Regressive Integrated Moving Average

که شروع آن به عنوان مثال با پیش‌بینی‌هایی در سال و برای بخش‌های وسیعی از شبکه راه باشد که امکان پیش‌بینی آنها از قبل وجود دارد و سپس به سمت جزئیات بیشتر بر حسب زمان و مکان که نیاز به اطلاعات جدیدتری دارد پیش رود. در خصوص تفسیر و شبیه‌سازی پدیده ترافیک، تفکرات نظری و توصیف مدل هنوز در حال پیشرفت است. نکات جالب متفاوتی از تحقیقاتی که در کشورهای مختلف در حال اجرا است، به دست می‌آید و اگرچه نتایجی که تاکنون به دست آمده در مجموع خیلی کامل نیست ولی ادامه راهی که در پیش گرفته شده است، در صورت امکان و با بکارگیری متخصصین بیشتری در این زمینه، مناسب به نظر می‌رسد.

می‌توان مشاهده نمود که بررسی پارامتر ظرفیت از یک برنامه طراحی خصوصیات فیزیکی راه و ترافیکی که در آن جریان دارد به فرآیندی که هدف آن کسب اطلاع درباره رفتار رانندگان است تبدیل شده است. به عبارت دیگر، پذیرفته شده است که در کل ظرفیت، نتیجه ارزیابی عناصر اصلی می‌باشد که توسط رانندگانی که در حال استفاده از راه تحت شرایط خاص می‌باشند انجام می‌گیرد. با استفاده از تمثیل صحنه تئاتر، مثل این است که کار، تئاتر و داستان دست نخورده باشد و تولیدکننده و بازیگران تغییر کنند. در نتیجه، اجرا مانند قبل نخواهد بود. زمانی که هدف تحقیق به حوزه عمل منتقل می‌شود، ابزار تحلیل لزوماً تغییر خواهند کرد. تکنیک‌های جبری با توجه به مشاهدات تجربی که منجر به شناسایی قانون واقعه می‌شود به تکنیکی که بر اساس احتمالات است تبدیل می‌شود.

به طور خاص، دو روش دیده می‌شود: اولین روش بر یک اساس تجربی وسیع، مفصل و منظم قرار گرفته است و اوضاع مشابه را با توجه به پارامترهایی که از نظر دستیابی به شبکه‌ای تفسیری مهم می‌باشند مقایسه می‌کند. در عوض، روش دوم بر پایه مشاهدات تجربی با وسعت کمتر ولی جزئیات بیشتر قرار دارد و برای این که از مقدار کمی اطلاعات، مدل‌های مناسب تفسیر با پارامترهای معنی‌دارتر به دست آورد، از ابزار تحلیل با طبیعت آماری استفاده می‌کند. همان‌طور که مشاهده می‌شود، جمع‌آوری اطلاعات برای این دو روش چه از لحاظ زمانی و چه از لحاظ مکانی دشوار می‌باشد. به همین دلیل است که تحقیق در این راستا به کندی پیش می‌رود و تاکنون نتایج کمی به دست آمده است. برای غلبه بر این مشکل، شاید بررسی امکان همکاری بین‌المللی از طریق کمیته فنی مربوط به راههای بین‌شهری، به منظور اجرای یک برنامه هماهنگ شده در جمع‌آوری اطلاعات تجربی درباره پدیده تراکم ترافیک، مفید باشد. این عمل به همراه تنظیم یک بانک اطلاعاتی که هر کس امکان دسترسی به آن را داشته باشد به درک سریع‌تر این جریان کمک می‌کند.

بالاخره ملاحظه می‌شود که تا آنجا که به معیار شبکه مرجع مربوط می‌شود و در خصوص فنون جدید برای تحلیل تراکم ترافیک، بانک اطلاعات تجربی جمع‌آوری شده برای مطالعه و تحقیق به عنوان یک چارچوب فنی مرجع به کار می‌رود. بند ۱-۵ فهرستی از پارامترهایی که در این زمینه به عنوان پارامترهای مهم شناخته شده‌اند را نشان می‌دهد.

با وجود این، توصیف واقعی ساختار شبکه و مقادیری که به عنوان مقادیر حدی تعیین می‌شوند، نه تنها به ابعاد کاملاً فنی مطلب بلکه به خصوص به یک سری ملاحظات اجتماعی و اقتصادی بستگی دارد. از این نظر، لازم است که تعداد مناسبی از زمینه‌ها را تعیین نمود که هم دربرگیرنده عواملی باشند که وابسته به پدیده ترافیک نیستند و هم در میزان ارزیابی وضعیت بحرانی اثر می‌گذارند. از جمله این زمینه‌ها می‌توان موارد ذکر شده را نام برد:

- وجود تعهدات مالی

- درجه رشد و تحول جابجایی
- سطح حساسیت با توجه به کیفیت سرویس دهی راه
- وضعیت و میزان ارزیابی سایر روش های حمل و نقل

ارزیابی هر یک از عوامل خارجی مهم و یا به طور کلی تمام عوامل باید بر پایه مقایسه انواع تحلیل های اقتصادی و هزینه و سود باشد. جداول ۳ و ۴ مثالی از یک چارچوب مرجع برای مقادیر حدی که ممکن است در فرآیند پیش بینی و بررسی شرایط ترافیک در مراحل برنامه ریزی و مدیریت به کار رود را نشان می دهند.

### ۲-۳- پدیده تراکم ترافیک غیرمعمول

این پدیده به سختی در درازمدت قابل پیش بینی می باشد زیرا وابسته به رخداد های اجتماعی، ورزشی و موارد مشابه دیگری است که معمول و مرسوم نیستند و عموماً در مدت زمانی کمتر از ۲۴ ساعت رخ می دهند. در این جا تنها می توان بررسی هایی بر اساس تئوری احتمالات انجام داد که در هر حال تحت تأثیر زمان و تاریخ وقوع واقعه و تعداد افرادی که احتمال دارد در آن وجود داشته باشند قرار دارد و در نتیجه، فقط می توان در میان مدت و کوتاه مدت کار کرد. با توجه به این دلایل که تقریباً هرگز به تنهایی اقدامات سازه ای مهم را توجیه نمی کنند، پیش بینی تراکم ترافیک غیرمعمول معمولاً به جنبه های مربوط به مدیریت ترافیکی راه ختم می شود.

با وجود این، وقتی این وقایع مخصوصاً به شکل عمومی مطرح می شوند (مسابقات المپیک، مسابقات قهرمانی فوتبال جهان، بزرگداشت رویداد های ویژه تاریخی و غیره) تمایل به حل پیامدهای آن انجام اندازه گیری های مهم خاص را توجیه می کند. در چنین مواردی کاملاً واضح است که کسانی که مسؤول برنامه ریزی جنبه های فنی اقدامات هستند نه تنها باید مشکلات قریب الوقوع (عواقب ناشی از اتفاقات غیرمعمول) را در نظر داشته باشند بلکه باید مشکلات عمومی ضمنی در پدیده معمول تراکم ترافیک را نیز در نظر بگیرند.

همچنان در خصوص ترافیک غیرمعمول دیده می شود که اندازه گیری هایی که برای مواجهه با عواقب این پدیده تهیه شده است معمولاً نتیجه تجربیات پیشین در ارتباط با موارد مشابه است و به ندرت استفاده از ابزارهای نظری را شامل می شود. با این وجود، باید اشاره شود که این گونه مقایسه ها به دلیل تغییرات کمی و کیفی که ممکن است بین دو واقعه در ترافیک رخ دهد، اغلب بی اهمیت هستند.

در نتیجه، تا آنجا که به ترافیک غیرمعمول مربوط می شود، آنچه عموماً انجام شده شناسایی مدت زمانی است که این پدیده طول می کشد و سپس به کار انداختن سیستم نظارت پارامترهای ترافیک به منظور فعال کردن اقدامات اصلاحی در نظر گرفته شده است. نظارت می تواند هم به صورت دستی و هم به صورت خودکار انجام شود. از جمله پارامترهایی که بیشتر مشاهده شده اند می توان تغییرات روند جریان- سرعت و فاصله زمانی بین وسایل نقلیه را نام برد. به طور خلاصه، برای این نوع تراکم ترافیک می توان به جای روش های پیش بینی، الگوریتم های تفسیر و شبیه سازی را بکار برد. نتایج تحلیل های نظری- تجربی برای پیش بینی پدیده تراکم ترافیک معمول که در بخش قبل معرفی شد می تواند در مطالعه این عوامل بسیار مفید واقع شود.

جدول ۳- مقادیر حدی ممکن برای شاخص کیفیت بر حسب درصد اتلاف وقت کلی در طول کل زمان سفر

| درجه انتخاب         | ۱     | ۲              | ۳       | شاخص کیفیت |
|---------------------|-------|----------------|---------|------------|
| خوب                 | ۰     | ۰              | ۰       |            |
| رضایت بخش           | ۰     | ٪۵             | ٪۱۰     |            |
| ضعیف                | ٪۵    | ٪۱۰            | ٪۱۵     |            |
| بحرانی              | ٪۱۰   | ٪۱۵            | ٪۲۰     |            |
| ابزارهای مالی       | بالا  | متوسط          | پایین   | مدیریت     |
| سیاست توسعه         | بالا  | متوسط          | پایین   |            |
| تصویر               | بالا  | متوسط          | پایین   |            |
| مشخصات کاربران اصلی | تجاری | تجاری- توریستی | توریستی | کاربران    |
| محل درآمد           | بالا  | متوسط          | پایین   |            |
| مسیرهای جایگزین     | خیلی  | کم             | هیچ     |            |

جدول ۴- مقادیر حدی ممکن برای شاخص تراکم بر حسب میزان اتلاف وقت پیش‌بینی شده در طول زمان متوسط سفر

| درجه مدیریت | وضعیت جریان خروج | ۱   | ۲     | ۳   | نوع مقیاس               |
|-------------|------------------|-----|-------|-----|-------------------------|
| عدم وجود    | کاهش سرعت        | ۰   | ۰     | ۰   | هیچ                     |
|             | کاهش سرعت زیاد   | ۰   | ٪۲/۲۵ | ٪۵  | اطلاعات                 |
| صف          | تشکیل صف         | ٪۵  | ٪۱۰   | ٪۱۵ | اطلاعات- مقیاس‌های محلی |
|             | صف وسایل نقلیه   | ٪۱۵ | ٪۲۵   | ٪۳۵ | اطلاعات- مقیاس‌های محلی |
|             | مسدود شدن ترافیک | ٪۳۵ | ٪۵۰   | ٪۶۵ | اطلاعات- مقیاس‌های محلی |
|             | مسدود شدن ترافیک | ٪۳۵ | ٪۵۰   | ٪۶۵ | اطلاعات- مقیاس‌های محلی |

## ۲-۴- پدیده تراکم ترافیک غیرقابل پیش‌بینی

همان‌طور که در بند ۱-۳ بیان شد، چنین پدیده‌هایی یا به دلیل رویداد وقایع اتفاقی به وجود می‌آیند که معمولاً بخشی از راه را مسدود می‌کنند (تصادفات، وسایل نقلیه خراب شده)، یا به دلیل شرایط رانندگی ضعیف (مه، برف و غیره) رخ می‌دهند. از تجربه متداول آموخته‌ایم که اگرچه می‌توان پیامدهای یک واقعه را به دقت مطالعه و پیش‌بینی

نمود، این واقعیت که آنها از قانون وقوع تصادفی تبعیت می‌کنند نشانگر آن است که این وقایع تنها بر اساس قانون احتمالات قابل پیش‌بینی هستند. به علاوه، برای پیش‌بینی شرایط ترافیک، از لحظه‌ای که این پدیده رخ می‌دهد و با آگاهی از شرایط فیزیکی در این بخش از راه (به خصوص در مورد تصادفات)، می‌توان از فرآیند پیش‌بینی برای تراکم ترافیک استثنایی (غیرمعمول) استفاده نمود.

برای محدود کردن حوزه پدیده‌های غیرقابل پیش‌بینی تا حد ممکن، مسلماً لازم است عللی که تکرار می‌شوند و بنابراین دیگر اتفاقی نیستند (برای نمونه، نقاط سیاه ناشی از تصادفات، وضعیت روشنایی و غیره) را برطرف نمود. در نتیجه، فرآیند پیش‌بینی باید تا حدی پیش‌رود که شامل تحلیل پارامترها و پدیده‌هایی باشد که خیلی به مساله مورد نظر مرتبط نیستند، مانند بررسی نواحی که تصادفات زیادی در آنها رخ می‌دهد و افزایش آنها در طول زمان، روندهای اقلیمی و مربوط به هواشناسی، عملکرد سطوح راه فرسوده و ساییده شده و غیره. این بحث مجدداً نشان می‌دهد که نمی‌توان درباره تراکم ترافیک فقط از نقطه‌نظر جنبه‌های داخلی و بیشتر سازه‌ای که تاکنون انجام می‌شده است نگاه کرد برعکس، تمام عواملی که در این خصوص دخیل هستند باید مورد توجه قرار گیرند. در این زمینه، در مورد موضوعاتی مثل تصادفات و نقاط سیاه<sup>۱</sup> و به طور کلی مطالب مربوط به روسازی و وضع آب‌وهوا، تجربیات بین‌المللی مناسبی که بتواند به منظور توسعه بیشتر به عنوان نقاط مرجع به کار رود، وجود ندارد. بنابراین، لازم است که تحقیقاتی در این راستا انجام گیرد تا این که متخصصان برای مشارکت هر چه بیشتر، به خصوص در این مورد خاص، تشویق گردند.

## ۲-۵- اثرات ناشی از کارهای ترمیم و نگهداری

در بند ۱-۴ اشاره شد که نیاز به انجام کارهای ترمیم و نگهداری در راه، در حضور جریان ترافیک، حوادث ترافیکی بیشتری را ایجاد می‌نماید که با موارد دیگری که قبلاً مطرح شد تداخل می‌کند. در این جا، کافی است مختصراً اشاره شود که از آنجا که این تجربه در تمام کشورها وجود دارد، این نوع کارها وقتی مبتنی بر اقدامات برنامه‌ریزی شده برای تعمیر چند بخش از آزادراه هستند، می‌توانند دارای طبیعت عادی (قابل پیش‌بینی) باشند. این اقدامات زمانی غیرمعمول به شمار می‌آیند که به اقداماتی مربوط شوند که وقایع استثنایی و غیرمعمول آنها را ایجاد می‌کند (ریزش کوه، سوانح و غیره) یا آنکه ممکن است به اصلاح راه (خطوط عبوری اضافی، نواحی توقف کنار جاده و غیره) یا کلاً به سازه آزادراه (ایجاد خروجی‌های جدید، ساختن تقاطع‌های جدید و غیره) مربوط باشند.

در هر دو مورد، اگرچه محدودیت‌های زمانی مختلفی وجود دارد، ولی همیشه امکان پیش‌بینی تراکم ترافیک به علت وجود نواحی در دست تعمیر، وجود دارد. در این موارد پیش‌بینی تراکم ترافیک نتیجه مستقیم برنامه‌ریزی عملیات مربوطه است. در واقع، این کار باید همیشه انجام شود. با توجه به این مطلب که چون تراکم مستقیماً از بخش مدیریت راه ناشی می‌شود، عواقب آن به شدت متوجه کاربران می‌گردد. این موضوع بیشتر وقتی که راه موردنظر، آزادراه دارای عوارض می‌باشد، صحت دارد. وجود چنین راه‌بندانی موجب می‌شود که بخش‌های فنی مربوطه در تمام کشورهای دنیا نسبت به این مشکل حساس باشند. در نتیجه، دامنه وسیعی از روش‌ها برای بررسی عواقب ناشی از عملیاتی که در راه انجام می‌شود بر حسب تراکم ترافیک و همچنین دامنه وسیعی از مدل‌ها برای بهبود برنامه‌ریزی محل عملیات، مدت زمان و فراوانی آنها وجود دارد. پارامترهایی که عمدتاً در نظر گرفته می‌شوند عبارتند از:

- نوع تراکم ترافیکی که به جریان ترافیک تحمیل می‌شود (خطوط عبوری منفرد، تغییر از یک راه به راه دیگر، بخش‌هایی از جاده که بخشی از آنها مسدود است و غیره)
- مشخصات هندسی راه (مسیر راه، مقاطع طولی و عرضی)
- ترکیب و توزیع زمانی ترافیک
- طول زمان عملیات
- تأثیرات بر حسب هزینه ساخت، استفاده از تکنیک‌های مختلف
- بررسی کمی تراکم اغلب بر حسب موارد زیر انجام می‌شود:
- تأخیر کلی در جریان ترافیک
- تعداد وسایل نقلیه‌ای که دخیل هستند
- نرخ تصادفات

با وجود این، می‌خواهیم که اهمیت پیش‌بینی دقیق بر حسب ظرفیت را در مواردی که بخشی از راه بسته است (این امر در زمان تصادفات نیز رخ می‌دهد)، خاطر نشان سازیم. در این جا، محدوده مناسب مقادیر ظرفیت در چارچوبی که در آن احتمال وقوع حداقل ۵۰٪ از موارد وجود دارد پیشنهاد می‌شود که عبارتند از:

$$0.8 \leq C_u \leq C \quad \text{خط عبوری منفرد SL}$$

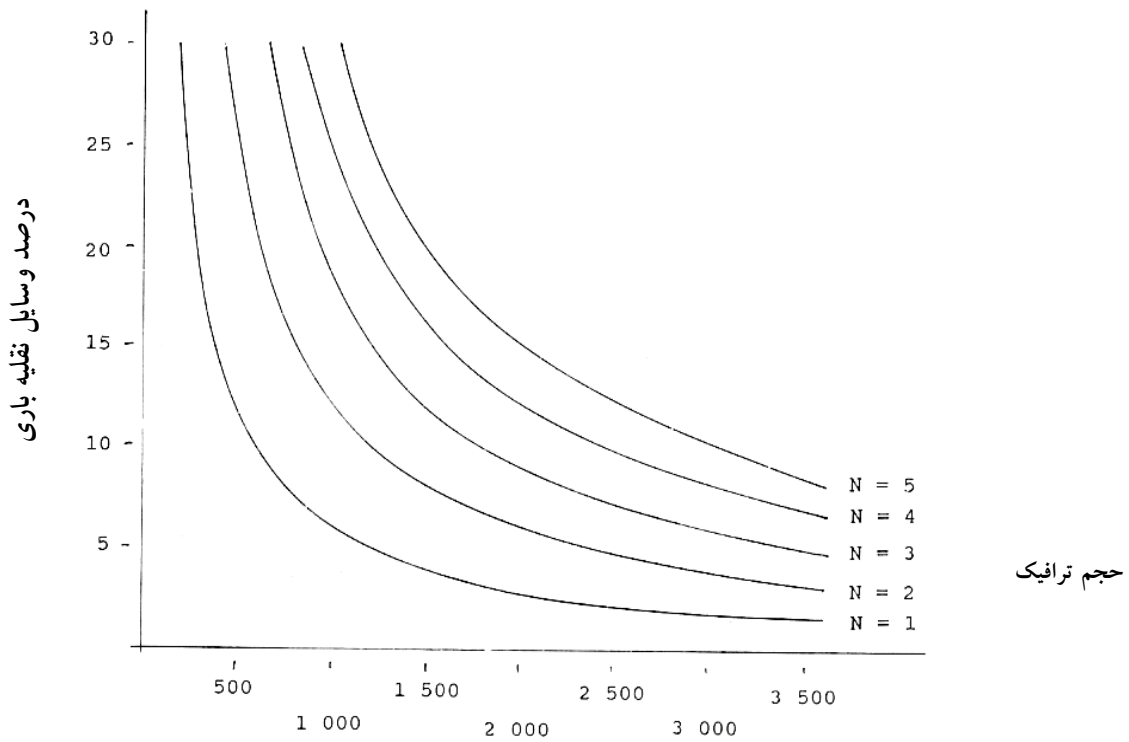
$$0.6 \leq C_d \leq C \quad \text{خط عبوری منفرد با انحراف SLd}$$

که در آن C نشانگر ظرفیت یک خط عبوری در شرایط معمولی است.

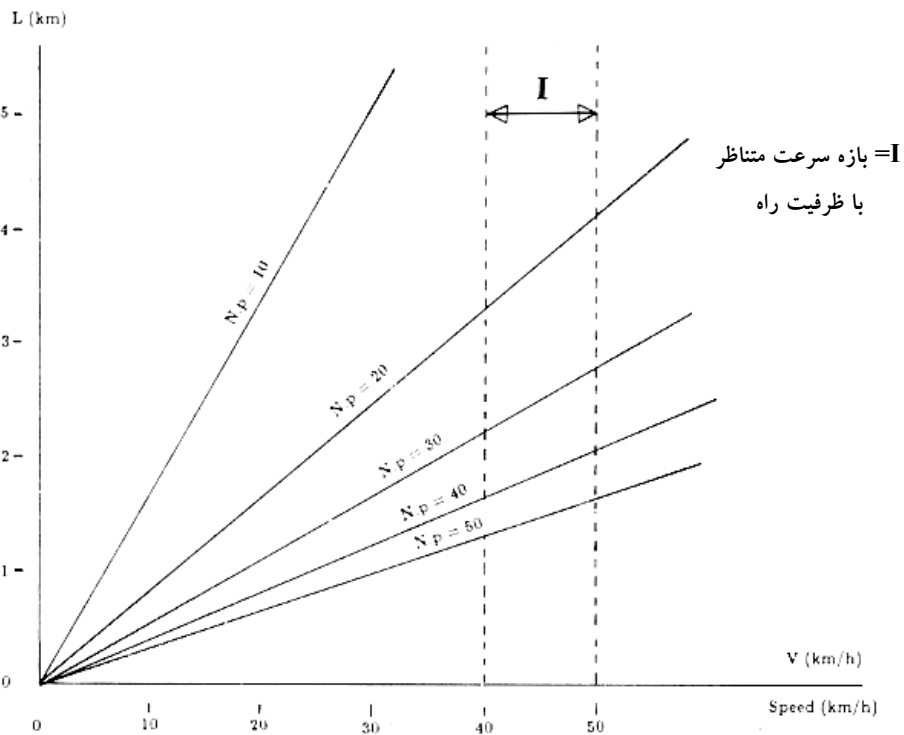
این بدان معنی است که وقتی یک راه دوطرفه با دو خط عبوری فقط به یک خط عبوری در هر جهت حرکت محدود می‌شود، ظرفیت کلی کمتر از نصف مقدار معمول و معادل مقدار مربوط به حالت خط عبوری منفرد می‌گردد، ترافیک به شکل "دسته‌ای"<sup>۱</sup> در می‌آید و وسایل نقلیه یکدیگر را مقید می‌کنند. وقتی جریان ترافیک در خطوط عبوری زیاد می‌شود بخش نیمه‌بسته بحرانی می‌شود و بسته به این که وسایل نقلیه چطور به بخش انحرافی می‌رسند، مقادیر ظرفیت ترافیک در دسترس خیلی متفاوت خواهد بود. به علاوه، وقتی تصادف رخ می‌دهد ممکن است که راه کاملاً مسدود شود و تا زمانی که وسایل نقلیه تصادفی جابجا نشوند، مسدود بماند. در این مورد مشخصاً تأخیر به دلیل مسدود شدن راه افزایش می‌یابد و عموماً اتفاق می‌افتد که حتی وقتی راه باز می‌شود به دلیل این که کاربران راه تمایل دارند آنچه را که مسبب کندی حرکت بوده با چشم خود ببینند، جریان ترافیک کندتر خواهد بود.

از جمله پارامترهای بسیار مهم دیگر در ارتباط با عملیات در جاده، پارامترهای مربوط به طول بخش نیمه‌بسته راه به دلیل انجام کارهای ترمیم و نگهداری و کثرت این گونه کارها است. این دو، عناصر کلیدی هستند که باید به منظور اجتناب از وضعیت بحرانی تحت کنترل قرار گیرند. به طور خاص، در ارتباط با حداکثر طول بخش نیمه‌بسته راه، بعضی از نمودارهای (نمودارهای ۸ و ۹ و ۱۰) مقدار این پارامتر را نشان می‌دهند و می‌توانند به بخش مدیریت کمک کنند که در طی مرحله برنامه‌ریزی عملیات ترمیم و نگهداری، تعیین نمایند که چه طولی از راه ممکن است به روی جریان ترافیک بسته باشد. نمودار ۹ ابعادی را که می‌تواند انتخاب شود بر حسب طول حداکثر  $L = f(v)$  با

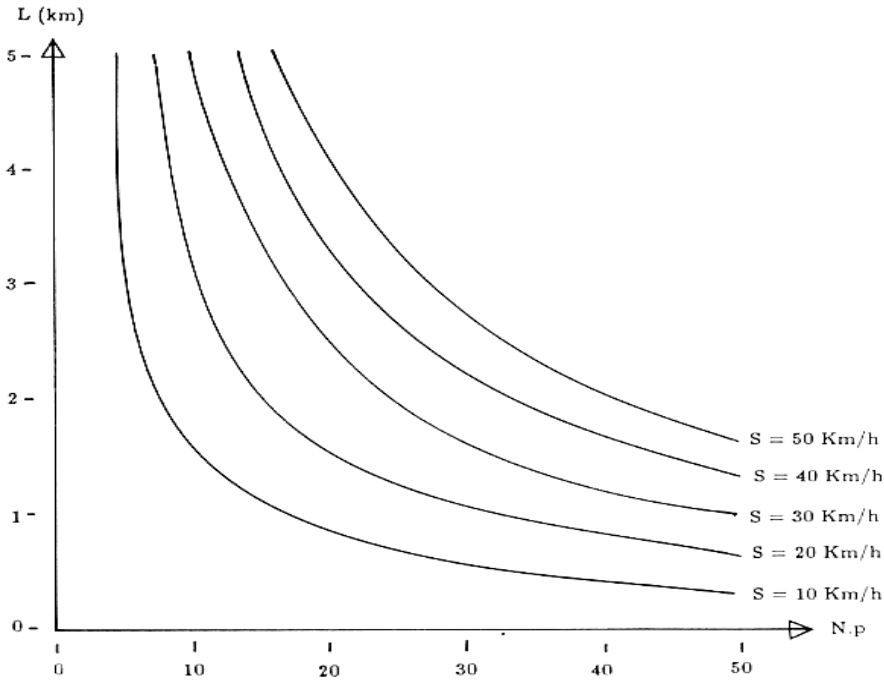
همان مقدار  $N.p$  (که  $N$  = متوسط تعداد وسایل نقلیه در دقیقه و  $p$  = درصد ترافیک در سرعت کاهش یافته  $V$  در ارتباط با ظرفیت است) را نشان می دهد. نمودار ۱۰ منحنی های  $L = f(N.p)$  را با همان سرعت  $V$  نشان می دهد.



نمودار ۸- مثال توزیع تعداد وسایل نقلیه باری در دقیقه به نسبت ترافیک و درصد وسایل نقلیه باری



نمودار ۹- مثالی از چگونگی تخمین زدن حداکثر فاصله بخش نیمه مسدود راه به نسبت کندروترین وسیله نقلیه در جریان ترافیک با همان تعداد وسایل نقلیه کندرو



نمودار ۱۰- حداکثر فاصله بخش‌های نیمه‌بسته به نسبت تعداد وسایل نقلیه با سرعت حرکت کم با توجه به سرعت متناظر

جدول ۵- مثالی از تعیین شاخص فراوانی بخش نیمه‌بسته راه بر حسب درصد فاصله طی شده متوسط

| فاصله متوسط - بلند<br>(کاربران راههای بین شهری) |                     | فاصله متوسط - کوتاه<br>(کاربران راههای درون شهری) |                     | مشخصات ترافیک |
|---|---------------------|---|---------------------|---------------|
| ترافیک کم - متوسط                               | ترافیک متوسط - زیاد | ترافیک کم - متوسط                                 | ترافیک متوسط - زیاد | شاخص فراوانی  |
| ۰   | ۰                   | ۰   | ۰                   | خوب           |
| ٪۲/۵  | ٪۱                  | ٪۱  | ۰                   | رضایت بخش     |
| ٪۵  | ٪۲/۵                | ٪۲/۵  | ٪۱                  | ضعیف          |
| ٪۱۰   | ٪۵                  | ٪۵  | ٪۲/۵                | بحرانی        |
| > ٪۱۰   | > ٪۵                | > ٪۵  | > ٪۲/۵              |               |

برای در نظر گرفتن تغییرات جریان ترافیک در یک ساعت، باید توجه کرد که معمولاً نوسانی نسبت به مقدار متوسط ظرفیت‌های ترافیک و حداقل برابر با ۱۵٪، رخ می‌دهد و صف که قبلاً به آن اشاره شد، حتی در حجم ترافیک خیلی کم و در بیشتر موارد با مقادیر تراکم ترافیک متوسط تقریباً ۱۰٪، شروع به شکل گرفتن می‌کند. به طور کلی این موضوع منجر به تعیین مقادیر  $L_T$  می‌گردد که به عنوان حداکثر طول مطلق بخش‌های نیمه‌بسته (که حداقل مربوط به کل بخش بسته شده می‌باشد) در نظر گرفته می‌شود.

از این نظر، اگرچه می‌دانیم که مقدار دقیق  $L_r$  باید بر اساس قانون احتمالات تعیین شود، ولی با استفاده محتاطانه از فرمول زیر نیز می‌توان  $L_r$  را تخمین زد:

$$L_r \min = 0.7 L_r$$

پارامتر مهم دیگر در برنامه‌ریزی محل در دست ترمیم مربوط به فراوانی وقوع آن است. اگر این فراوانی زیاد باشد، احتمال دارد کاربر راه، در طول سفر خود، به تعداد زیادی از بخش‌های نیمه‌بسته برخورد کند که اگرچه لزوماً موجب تراکم ترافیک نمی‌شود ولی موجب تأخیر در زمان سفر می‌گردد. اگر ترافیک تا حدودی متراکم باشد، مشکل نه تنها در بخش‌هایی که در دست ترمیم هستند، بلکه در طول بیشتری از راه که به ناچار ترافیک در آن با سرعت کمی جریان دارد، پیش خواهد آمد.

در حقیقت، تعدادی از بررسی‌های انجام شده در زمانی که کارهای تعمیراتی مهمی با فواصل چندین کیلومتر از یکدیگر در دست اجرا بودند، مشخص نمود که یک رابطه قوی بین تراکم تولید شده در هر منطقه عملیاتی و بخش‌هایی از راه که بعد از آن قرار گرفته است، وجود دارد. در بعضی از ساعات بحرانی خاص، حتی اگر طول منطقه عملیاتی کمتر از ۵ درصد کل طول آزادراه بود، مقدار سرعت که به طور منظم ثبت می‌شد، همیشه بسیار کم بود. دلیل این مطلب عموماً این است که ازدحام در جریان ترافیک حتی در بخش کوتاهی از راه، با وجود حجم مشخصی از ترافیک، اثراتی بر روی مسافت بسیار طولانی‌تری از راه گذاشته است.

از طرف دیگر، به منظور اجتناب از تأخیر ایجاد شده به واسطه بسته شدن بخش‌هایی از راه به دلیل تأثیر زیادی که مناطق در دست تعمیر بر زمان سفر در آزادراه دارند، لازم است که در چارچوب کارهای مدیریتی، فراوانی به متوسط طول سفر ربط داده شود. در نتیجه، ترافیک روزانه که در نواحی اطراف شهر متمرکز است و طول کمی از راه را در مقام مقایسه با ترافیک کاری یا ترافیک توریستی در بر می‌گیرد، چندان تحت تأثیر انسدادهای حاصله قرار نمی‌گیرد.

در این خصوص، نمونه‌ای از شبکه مرجع مانند آنچه در جدول ۵ نشان داده شده است، پیشنهاد می‌شود. این شبکه محدوده‌های فراوانی که برای دو نوع از کاربران راه (بین‌شهری و شهری) و برای دو نوع ترافیک متناظر (کم و زیاد) بسیار معتبر است را مشخص می‌کند.

چهار دسته فراوانی شناسایی شده است که در محدوده خوب تا بحرانی یا غیرقابل پیش‌بینی قرار دارند. مقادیر فراوانی (f) در جدول ۴ منعکس شده‌اند که می‌تواند به درصد طولی از راه که در معرض نیمه‌بسته شدن قرار گرفته ( $L_r$ ) نسبت به کل طول هر بخش از راه ( $L_t$ ) مربوط شود. به عبارت دیگر:

$$f = \frac{L_r}{L_t}$$

باید در نظر داشت که به منظور محاسبه طول کلی که در معرض نیمه‌بسته شدن قرار دارد، باید از فرمول زیر استفاده نمود:

$$L_r = L_d + \alpha L_u + \beta L'$$

که در آن  $\beta = 0/5$ ،  $\alpha = 0/8$ ، خط عبوری منفرد  $L_u =$  بخش نیمه‌بسته  $L' =$  و انحراف  $L_d =$  است.

هر طول بر حسب کل بخش نیمه‌بسته راه محاسبه می‌شود.

### ۳- راهکارهایی برای حل مشکل تراکم ترافیک

#### ۳-۱- مقدمه

اقداماتی که می‌توانند تراکم ترافیک را حل کنند یا حداقل با آن مقابله کنند، دارای یکی از دو هدف کلی زیر می‌باشند:

- ۱- افزایش دائمی ظرفیت راه (اقدامات سازه‌ای) و کاهش مقادیر بحرانی تقاضا با بهبود توزیع آن در زمان و مکان
- ۲- از بین بردن عللی که ممکن است گاهی اوقات یک افت موقتی را در ظرفیت ایجاد کنند (اقدامات مدیریتی بر حسب اطلاعات، نظارت، کنترل و غیره).

این دو روش یکدیگر را نفی نمی‌کنند، بلکه می‌توانند به منظور مؤثرتر بودن با هم ترکیب شوند. لازم است خاطر نشان سازیم که اقدامات سازه‌ای معمولاً بیشتر احتیاج به برنامه‌ریزی برای تعهدات مالی و دخالت بخش‌های دیگری (بخش مالی، مقامات مسئول محلی و غیره) به غیر از بخش مدیریت دارد. در عوض، اقدامات مدیریتی می‌توانند مستقیماً از طریق بخش مدیریت انجام شوند. از این رو، اگر چه آنها نیاز به برنامه‌ریزی مناسب دارند، اما برای اجرا احتیاج به زمان کمتری دارند.

در حال حاضر، در مورد آزادراهها (مثل سایر زمینه‌های حمل‌ونقل)، تمایل زیادی به حداکثر استفاده از امکانات موجود و به کار بردن اقدامات مدیریتی پیش از مواجهه با کار دشوار ساخت مجدد راه، وجود دارد.

بدیهی است که به منظور مقابله با پدیده تراکم ترافیک می‌توان در مرحله برنامه‌ریزی، اقدامات سازه‌ای را ترتیب داد یا در صورت لزوم استفاده از اقدامات مدیریتی را در نظر گرفت. در مرحله اجرا تنها اقدامات مدیریتی که می‌توانند انجام شوند اقداماتی خواهند بود که قادر به اثرگذاری سریع بر روی ترافیک در معرض تراکم باشد. به علاوه، این فصل تمام اقداماتی را که کمابیش نزد عموم پذیرفته شده و برای مقابله با پدیده تراکم ترافیک در بیشتر کشورها انتخاب شده است، مورد بحث قرار می‌دهد.

فصل بعد نظرات جدید و ابتکار عمل‌هایی را توضیح می‌دهد که در کشورهایی با مشکلات پیچیده و اضطراری رو به گسترش است. لیکن هنوز این نظرات و روشها مورد پذیرش قرار نگرفته و در سطح بین‌المللی متداول نمی‌باشند.

#### ۳-۲- اقدامات ساختاری

ایجاد زیرساخت‌های جدید، طیفی از اقدامات جدید را مطرح می‌کند، از جمله افزایش تعداد خطوط عبوری، طراحی مجدد بخش‌هایی از آزادراه و اصلاح طرح هندسی خط مرکزی جاده در صورتی که به عنوان علت اصلی وضعیت بحرانی شناخته شود و ساخت آزادراههای کاملاً جدید.

#### الف) ساخت بخش‌های جدیدی از آزادراه

به طور کلی، تمام کشورها این گزینه را انتخاب می‌کنند و این نه تنها به دلیل نیاز به حل مشکل تراکم ترافیک یا وضعیت بحرانی می‌باشد بلکه بر پایه دلایل و نیازهای بیشتری است که از فرصت مسلم کسب یک تقاضای بالقوه

نشأت می‌گیرد، که در غیر این صورت به دلیل عدم وجود آن یا در هر صورت پایین‌تر بودن سطح دسترسی به سیستم آزادراه یقیناً مناسب نمی‌باشد.

استفاده از چنین روشی با سیاست اقدامات زیربنایی، برای شرکت‌هایی که یک شبکه از آزادراهها را اداره می‌کنند ساده‌تر از شرکت‌هایی خواهد بود که یک آزادراه را اداره می‌کنند. در حقیقت، واضح است که فرآیند برنامه‌ریزی یک منطقه تحت نظارت وسیع‌تر احتمالاً انعطاف‌پذیرتر خواهد بود و از نظر هزینه و سود خیلی بهتر از حالتی که فقط یک بخش از راه دخیل است، به تعادل می‌رسد.

### ب) تنظیم ورودی‌های آزادراه

در کشورهایی که از کاربران راه عوارض گرفته می‌شود، نوع خاصی از تراکم ملاحظه می‌شود که آن را "منظم" می‌خوانیم. این نوع تراکم به ایستگاههای خروج و یا ورود مربوط می‌شود (بسته به این که عوارض بر اساس مسافت طی شده یا به صورت کلی دریافت شود. یعنی بسته به این که ایستگاههای ورودی که راننده در آنها توقف می‌کند تا بلیطی را که نشانگر مسافت طی شده است بردارد، وجود داشته باشند یا نداشته باشند). واضح است که درست مانند تمام موارد دیگر که جریان ثابتی از کاربران از یک سری دروازه عبور می‌کنند (مانند دروازه فرودگاه، صندوق‌های فروشگاههای بزرگ و غیره)، تأخیر و صف، به نسبت حجم متوسط و اوج حجم ترافیک در راه، تعداد دروازه‌ها و زمان لازم برای گرفتن بلیط در ایستگاه ورودی شکل می‌گیرد.

بخش مدیریت زمانی تصمیم به مداخله می‌گیرد که به نظر برسد پدیده تراکم ترافیک و فراوانی آن به حدی رسیده است (یا به زودی به آن می‌رسد) که دیگر نه برای رانندگان قابل قبول است و نه با کیفیت استاندارد سرویس که در راه تدارک دیده شده سازگار است.

اصلاح یک ایستگاه از لحاظ سازه‌ای لزوماً شامل افزایش تعداد دروازه‌ها نیست، بلکه اقداماتی که بتواند عللی را که موجب تراکم ترافیک شده است برطرف سازد انتخاب می‌کند. بنابراین، اصلاح سازه‌ای یک ایستگاه اغلب شامل گسترش منطقه ایستگاه، عریض‌تر کردن خروجی‌هایی که به ایستگاه می‌رسند و بهسازی طرح هندسی تقاطع‌های با وضع عادی به نسبت جریان وسایل نقلیه‌ای که برای حرکت در جهات مختلف وارد آن می‌شوند، نیز می‌باشد.

### پ) طراحی مجدد مقاطع عرضی

در حال حاضر، اقدامات سازه‌ای معمولاً فقط وابسته به افزایش ابعاد راه، با افزایش تعداد خطوط عبوری که در محدوده بین شهری معمولاً از دو تا سه خط در هر مسیر راه متغیر است، می‌باشد.

یک اصلاح دیگر در مقطع عرضی معمولاً مربوط به لزوم تضمین حاشیه اطمینان برای وسایل نقلیه خراب یا وسایل نقلیه‌ای که درگیر سانحه‌ای شده‌اند، از طریق ایجاد مناطقی خارج از جریان ترافیکی که ممکن است مسدود شود یا با گسترش خط عبوری اضطراری، می‌باشد. همچنین نواحی تبادل اغلب به منظور جلوگیری از وجود نقاطی که خصوصاً مستعد ایجاد تراکم ترافیک هستند، در معرض تغییرات و اصلاحات قرار دارند.

## ت) اصلاح هندسی محور راه

اقدامات زیرساختی شامل مشخصات راه مثل پروفیل طولی و پلان محور راه، شیب عرضی، شعاع قوس‌های افقی و عمودی (به غیر از تعریض مقطع عرضی) به ندرت انتخاب می‌گردند. در نتیجه، اگر قرار بود مشکل به کل آزادراه مربوط باشد، بدین معنی بود که استانداردهایی که در طراحی آن به کار رفته بودند دیگر به‌روز نیستند (به خصوص با توجه به مشخصات فنی پیشرفته وسایل نقلیه و درک تازه‌ای که از ایمنی فعال و غیر فعال وجود دارد)، بدین ترتیب، نوع استراتژی قطعاً نمی‌تواند شامل تعداد قابل توجهی از اقدامات موضعی باشد.

از طرف دیگر، اگر مشکل مربوط به بخش‌های محدودی از آزادراه باشد، معمولاً اقدامات مدیریتی (اطلاعات و یا تدارکاتی برای کاربران) برگزیده می‌شود، زیرا اقدامات زیرساختی هدفشان اصلاح مشخصات هندسی است و در مقایسه با سودی که از آن حاصل می‌شود (که فقط به بخش‌های کمی از راه محدود می‌باشد)، کار بسیار سختی خواهد بود.

## ۳-۳- اقدامات مدیریتی

در محدوده این نوع کارها، باید سیاست‌های بزرگ و اقدامات مربوط به برنامه‌ریزی شبکه حمل‌ونقل را که معمولاً در حوزه مسئولیت‌ها و توانایی محدود بخش مدیریت نمی‌باشند، در نظر گرفت. این امور مربوط به مسئولین تصمیم‌گیرنده دیگری می‌شود که کارها از طریق آنها هماهنگ می‌شود تا این که بین تقاضای ملی برای روش‌های مختلف حمل‌ونقل موجود، تعادل برقرار گردد.

این استراتژی‌ها که می‌توان آنها را به عنوان بخش "خارجی" بدنه مدیریت آزادراهها تعریف کرد، معمولاً بر اساس یک سری اقدامات هماهنگ و برنامه‌ریزی شده قرار دارند. این اقدامات شامل توسعه روش‌هایی که منظورشان کاهش فشار تولید شده به دلیل حمل بار در آزادراهها، بهبود روش‌های دیگر حمل‌ونقل عمومی بین‌شهری (قطار، هواپیما و غیره)، و افزایش هزینه‌های نقدی و فوری تحمیل شده بر کاربران آزادراه می‌باشد. هزینه‌های نقدی و فوری شامل پرداخت مالیات بیشتر برای سوخت، افزایش نرخ عوارض یا اخذ عوارض در نواحی جدید می‌باشد و به طور کلی دارای اهداف بازدارنده می‌باشند.

مشخصاً، دامنه بسیار وسیع‌تری از اقدامات "داخلی" وجود دارد که منحصراً در حوزه وظایف بخش مدیریت قرار دارد. منظور از این اقدامات رسیدن به دو هدف زیر است:

۱- بهبود استفاده از آزادراههای موجود

۲- بهبود توزیع تقاضا در زمان

ابتدا اقدامات عمومی که معمولاً اتخاذ می‌گردند توضیح داده می‌شود و بعد از آن به موارد خاصی پرداخته می‌شود که می‌توانند در بخش‌هایی از آزادراه که به دلیل عملیات مرمت و نگهداری یا تصادفات، تمام یا بخشی از آن بسته شده است و یا در ایستگاههای اخذ عوارض، به کار روند.

### ۳-۴- اقدامات عمومی

این اقدامات شامل مواردی است که معمولاً به نفع کاربران راه می‌باشد و رانندگان می‌توانند از آنها قبل از آغاز سفر استفاده کنند. هدف از انجام این اقدامات کاهش ترافیک ساعات ازدحام یا کاهش موارد خاصی است که می‌تواند به طور بالقوه منجر به تراکم ترافیک شود. به نظر می‌رسد که اقداماتی که در زیر ذکر می‌شود در کشورهای مختلف دارای ارجحیت است.

#### الف) اطلاعات مقدماتی برای کاربران راه

بسیاری از کشورها اکنون چنین روشی را برگزیده‌اند که شامل فراهم کردن اطلاعات از طریق تقویم‌هایی می‌باشد که وضعیت‌های احتمالی ترافیک را توصیف می‌کند، بهترین ساعات برای بیرون رفتن را پیشنهاد می‌کند و اطلاعاتی درباره تعطیلات آخر هفته یا زمان‌های خاصی که بحرانی‌ترین وقت به حساب می‌آیند در اختیار می‌گذارد. این نوع اطلاعات برای کاربران از طریق تحلیل تناوب یک پدیده بحرانی که مستلزم تکرار یک رویداد خاص می‌باشد (سیل تردد توریست‌ها در مناسبت‌های خاص، تعطیلات تابستانی، تعطیلات آخر هفته و غیره) یا با توجه به وقایع خاص دیگری که زمان آن از قبل مشخص است، به دست می‌آید. از اطلاعات بازدارنده نیز عموماً زمانی استفاده می‌شود که لازم باشد اطلاع داده شود که بعضی بخش‌های آزادراه به دلیل عملیات تعمیراتی درازمدت در جاده، به طور کلی یا جزئی مسدود می‌باشند.

سیستم دیگری که تقریباً در تمام کشورهایی که مشکلات ترافیک علت نگرانی مردم است، متداول می‌باشد، پخش اطلاعات مربوط به وضعیت ترافیک از رادیو است. اغلب، برنامه‌های خاصی برای رانندگان وجود دارد، در واقع، گزارش‌های خبری بسیار زیادی و حتی برنامه‌هایی مخصوص کاربران راه پخش می‌شود. در بعضی موارد، که بخش مدیریت علاقه‌مند به برقراری ارتباط با رانندگان است، کاربران راه می‌توانند مستقیماً با مرکز اطلاعات تلفن که اطلاعات مشخصی را جمع‌آوری و پخش می‌کند، تماس بگیرد.

#### ب) مدیریت ترافیک

روش‌هایی که در زمینه مدیریت ترافیک بر اساس رده‌بندی وسایل نقلیه، دوره‌ها یا محل‌های مشخص، به کار می‌روند از یک کشور به کشور دیگر خیلی فرق می‌کنند. هیچ‌یک به اقدامات محدودکننده برای طبقه خاصی از وسایل نقلیه متوسل نمی‌شوند زیرا اگر گاهی اوقات پیش بیایند، می‌توانند مشکلاتی را از نظر اطلاعاتی که به کاربران می‌دهند، ایجاد کنند و خطر انتقال تراکم ترافیک به جای دیگر، مثلاً به ترافیک یک آزادراه معمولی، را دارند. بسیاری از کشورها از اقدامات محدودکننده برای بعضی از رده‌ها استفاده می‌کنند ولی فقط در روزهای مشخص. به عنوان مثال، وسایل نقلیه باری در تعطیلات آخر هفته و تعطیلات دیگری که در آن انتظار ترافیک فشرده‌ای می‌رود. در این مورد، مشکل اطلاعات بازدارنده با انتشار تقویمی از تمام روزهایی که آمدوشد در آنها ممنوع است، از یک سال قبل، حل می‌شود.

این آینده‌نگری به منظور جلوگیری از عبور و مرور انواع مختلف وسایل نقلیه به‌طور هم‌زمان، در زمان‌های مشخصی است که از نظر ترافیک در وضعیت بحرانی قرار دارند. این روش با ممنوع کردن عبور وسایل نقلیه باری با

وزن بیشتر از مقدار از پیش تعیین شده، یا با ممنوع کردن حمل بار خطرناک یا عبور بعضی وسایل نقلیه خاص برای یک زمان طولانی، اجرا می‌شود.

معمولاً این تحریم در طول یک دوره مشخص و در کل یک منطقه بسط داده می‌شود و موجب روانی ترافیک می‌گردد. در واقع، اگر به عنوان مثال دو راه را در نظر بگیریم که یکی از آنها در یک منطقه مسطح و هموار قرار دارد و دیگری در کوهستان، با فرض اجازه عبور متوسط ۲۰٪ وسیله نقلیه باری، این ممنوعیت موجب افزایشی در حجم ترافیک جابجا شده می‌شود. این افزایش نسبت به حالت عدم تحریم به ترتیب برای مورد اول ۵۰٪ و برای مورد دوم ۱۰۰٪ می‌باشد.

با وجود این، در حقیقت این افزایش‌ها بر حسب ترافیک کنترل شده فقط به صورت نظری هستند زیرا در خیلی از روزهای ممنوع تابستانی، وسایل نقلیه باری که در واقع ممکن است از راه عبور کنند، حتی بدون وجود ممنوعیت هم خیلی کم می‌باشد.

از طرف دیگر، در بعضی از روزها در طول ممنوعیت تابستانه، این کار دارای اثر مثبت بسیار قوی بر روی روانی ترافیک و مخصوصاً بر ایمنی آن است. با این وجود، این مطلب تأثیر نامطلوبی در روزهای قبل و بعد از زمان ممنوعیت خواهد داشت که بعضی اوقات افزایش چشمگیری در ترافیک وسایل نقلیه باری دیده می‌شود.

### پ) مدیریت کارگاه

برنامه‌ریزی فعالیت‌های تعمیراتی مطلب بسیار مهمی است و باید نیاز به تعمیر و نگهداری راه از نظر سازه‌ای با نیازهای ترافیکی آن که دارای طبیعت کاربردی (عملی) است، مرتبط گردد. این بدان معنی است که ترافیکی که از یک راه می‌گذرد و اثراتی که نیمه‌بسته بودن احتمالی یک بخش از راه، به دلیل عملیات مربوط به تعمیر جاده، در وضع ترافیک خواهد گذاشت، بایستی قابل پیش‌بینی باشد.

به‌طور کلی، به منظور اجرای این امر، دوره‌های کار و منطقه‌بندی آن به دقت تعیین می‌شوند. اگرچه روش‌هایی که برای این منظور استفاده می‌شوند، بسیار متفاوت هستند. هدف این برنامه‌ریزی آن است که کارهایی که قرار است در یک بخش مشخص از راه انجام شوند، صرف‌نظر از داشتن ماهیت‌های متفاوت در یک دوره زمانی انجام شوند تا آن بخش از راه تا حد امکان کمتر اشغال شده باشد.

در برنامه‌ریزی کارهای تعمیراتی، هرگاه ممکن باشد و به خصوص با توجه به نوع کاری که باید انجام شود، اغلب به نظر می‌رسد که بهتر است کارها فقط در طول شب انجام شود که حجم ترافیک عموماً با توجه به مقادیر متوسط در روز، خیلی کمتر است.

در محدوده‌ای وسیع‌تر، در مراحل برنامه‌ریزی و اجرای زیرساخت‌های جدید، بخش مدیریت فرصت دارد که انتخاب مواد، فناوری‌های سازه‌ای و فنون ساخت را به سمت راه‌حل‌هایی هدایت کند که می‌توانند نیاز به اقدامات تعمیراتی را به تأخیر بیاورند.

### ۳-۵- اقدامات منطقه‌ای در بخش‌هایی از آزادراه و ورودی‌های آزادراه

این اقدامات شامل عملیاتی است که هدف از آنها اجتناب از تراکم ترافیک در راهها یا کنترل پدیده صف، به‌خصوص در بخش‌های نیمه‌بسته، می‌باشد. موارد زیر اقداماتی هستند که عموماً مورد استفاده قرار گرفته‌اند و به عنوان مؤثرترین اقدامات در نظر گرفته شده‌اند.

#### الف) نظارت و مدیریت ترافیک

تکنیک‌های زیادی برای نظارت و کنترل ترافیک در یک بخش از راه یا در یک آزادراه وجود دارد. ورودی‌های آزادراه نیز مانند سرعت، خطوط عبوری و مسیرهای جایگزین کنترل می‌شوند. می‌توان به راحتی ثابت کرد که اگر این اقدامات به درستی برنامه‌ریزی و به دقت تست شوند، می‌توانند فواید زیادی برای جریان ترافیک داشته باشند. استفاده از این اقدامات باید با مقایسه مشکلات احتمالی و کارایی هزینه توجیه شود.

یکی از انواع اقدامات که به نظارت و کنترل ترافیک مربوط می‌گردد، شامل بررسی وسایل نقلیه‌ای است که وارد بعضی بخش‌های بحرانی آزادراه یا بخش‌هایی که به‌طور بالقوه بحرانی هستند، می‌شوند. به منظور محدود کردن جریان وسایل نقلیه‌ای که وارد آزادراه می‌شوند، تمام دروازه‌های ورودی هم‌زمان به‌طور خودکار بسته می‌شوند یا فواصل زمانی که بر اساس آن وسایل نقلیه اجازه ورود دارند، طولانی‌تر می‌شود. در هر دو حالت، هدف محدود کردن دسترسی و کاهش تقاضا در زمان است. با این وجود، این محدودیت باید با دقت بسیار اتخاذ گردد تا موجب افزایش تراکم ترافیک در شبکه ترافیک معمول که به سمت آزادراه جریان دارد، نشود.

اقدام دیگری که معمولاً در نواحی که خیلی در معرض تراکم ترافیک است انجام می‌شود، استفاده از سیستم کنترل سرعت و مسیر و در نتیجه، مدیریت ترافیک از طریق سیستم‌های اطلاع‌رسانی است که در این مورد معمولاً شامل تابلوهای فرمان می‌شود. این تابلوها دارای پیام‌های متغیر است (معمولاً با نشان دادن سرعتی که باید در طی مسیر حفظ شود) و کار آن، مطلع ساختن کاربر راه از عملی است که باید انجام دهد تا از پدیده تراکم جلوگیری شده یا بهبود روانی ترافیک در نواحی بحرانی حفظ شود. در صورت وجود شرایط خیلی وخیم نیز از سیستم‌های اطلاع‌رسانی برای راهنمایی یا وادار نمودن وسایل نقلیه به ترک آزادراه از نزدیک‌ترین خروجی، استفاده می‌شود.

در بعضی از کشورها سیستم‌های پخش خبر در حال کار یا در حال آزمایش می‌باشند، در مقایسه با سیستم تابلوهای خبری که لزوماً در نقاط مشخصی قرار دارند، سیستم پخش خبر دارای امتیاز بزرگ همراهی با کاربر راه در تمام طول سفر می‌باشد.

تحقیقات و آزمایش‌های بیشتری بر روی امکان استفاده از تلویزیون به عنوان یک منبع خبر در وسایل نقلیه دارای تلویزیون، در حال انجام است. با وجود این، تردیدهای زیادی در این خصوص وجود دارد، به دلیل این که احتمال دارد راننده تمرکز حواس خود را از دست بدهد که خود خطرات دیگری به همراه دارد. یک اقدام دیگر می‌تواند انحراف جریان ترافیک به مسیر مخالف باشد که اغلب در زمان اجرای کارهای تعمیراتی یا در موارد اضطراری (خرابی‌ها، تصادفات و غیره) انجام می‌شود. به ندرت اتفاق می‌افتد که ترافیک به راه‌های دیگر منحرف شود، هم به این دلیل که زیرساخت‌هایی که چنین امکانی را فراهم می‌کنند همیشه وجود ندارند و هم به دلیل این که برای مؤثر بودن چنین راه‌حلی، وجود یک سیستم پیشرفته اطلاع‌رسانی به کاربر ضروری است.

سیستم جریان جزرومدی که در آن، خطوط عبوری یک راه در هر دو جهت مورد استفاده قرار می‌گیرند به ندرت در مناطق بین‌شهری استفاده می‌شود زیرا احتیاج به نظارت و سیستم‌های اطلاع‌رسانی و مدیریت بسیار گران دارد. در مناطق شهری، بعضی از بخش‌های مدیریت این راه‌حل را تنها برای طول‌های خیلی کمی از راه، برگزیده‌اند.

#### ب) اقدامات در مناطقی که در معرض تراکم دائمی هستند

به نظر نمی‌رسد که تاکنون کشورهای مختلف از مدل‌های رفتاری یکسانی برای مدیریت تراکم ترافیک با قاعده (قابل پیش‌بینی) که در مناطق تحت تعمیر یا نقاطی که تصادف رخ داده است، استفاده کنند. چنین وضعیت‌های بحرانی و همچنین کنترل ترافیک به منظور محدود کردن اثر پدیده تراکم، با استفاده از اقداماتی که در بالا شرح داده شد، صورت می‌گیرد، ولی در این مورد، اقداماتی که در کشورهای مختلف به منظور بهبود و انتشار دقیق‌تر پیام‌هایی درباره تراکم برداشته شده، ظاهراً تأثیر بیشتری دارد.

بخش مدیریت و همچنین کاربران به وضوح نیاز به اطلاعات بیشتری در شرایط ترافیکی غیرمعمول دارند. همچنین به نظر می‌رسد که اقدامات مختلف و با درجات متفاوتی، مخصوصاً در این‌گونه موارد، وجود دارد که توسط کسانی که به روش دستی و تجربی کار می‌کنند، در مقایسه با کسانی که از سیستم‌های پیچیده و پیشرفته استفاده می‌نمایند، به کار می‌روند. با وجود این، نیاز به گفتن ندارد که به دلیل طبیعت غیرقابل پیش‌بینی و تغییرپذیری علل این نوع مشکلات، از لحاظ مکانی و زمانی، به سختی می‌توان سیستم‌های نظارت و مدیریت بسیار گران، خیلی پیچیده و حتی عمومی‌تری را انتخاب نمود.

#### پ) اقدامات مربوط به شیوه‌های اخذ عوارض (برای آزادراهایی با این نوع مدیریت)

علاوه بر خودکار بودن دروازه‌های ورودی آزادراه که اخیراً بیشتر بخش‌های مدیریت از آن استفاده می‌کنند، روش‌هایی نیز برای اجرای خروجی‌های خودکار در حال فعال شدن هستند. این روش‌ها شامل سیستم‌هایی هستند که به کاربر اجازه می‌دهند عملیات اخذ عوارض را با استفاده از کارت‌های عبور مخصوصی که قبلاً خریداری شده‌اند یا با همان کارت‌های حساب بانکی جاری خود انجام دهند.

در این سیستم تقریباً به اندازه نصف زمانی که معمولاً در جمع‌آوری دستی عوارض صرف می‌شد در وقت صرفه‌جویی می‌شود. از طرف دیگر، این سیستم به‌طور گسترده‌ای توسط مسافران هرروزه استفاده می‌شود ولی به ندرت توسط توریست‌ها به کار می‌رود. این بدان معنا است که این اقدام می‌تواند مشکلات بحرانی را برای مدت مشخصی در ایستگاه‌هایی که در اطراف شهرها قرار دارند حل کند، در حالی که اگر ابعاد راه درست تعیین نشده باشد، مشکلات در تعطیلات آخر هفته یا در طول روزهای تعطیل، همچنان باقی است.

در انتها باید گفت که بیشتر کشورهایی که زیرساخت مناسبی دارند، اخیراً یک برنامه کاملاً خودکار آزمایشی (جدید) اخذ عوارض ایجاد کرده‌اند که به کاربران اجازه ورود و خروج از آزادراه را در حالی که با همان سرعت در حرکت هستند می‌دهند. به عبارت دیگر، در زمانی که دستگاه‌های خودکار مخصوص، شماره پلاک خودرو را بابت عوارض اخذ شده ثبت می‌کنند، رانندگان به هیچ وجه مجبور به توقف نیستند.

#### ۴- چشم‌انداز آینده

همان‌طور که در مقدمه اشاره شد، زمینه‌ای که به وضع بحرانی ترافیک در جاده مربوط می‌شود گسترده و پیچیده می‌باشد و همچنین نیاز به اقداماتی دارد که درجات آن در کشورهای مختلف متفاوت می‌باشد زیرا همان‌طور که درک کاربران از وضع بحرانی متفاوت است، شرایط بحرانی زیرساخت‌های آنها قطعاً با هم فرق می‌کند. به علاوه، انجام اقداماتی به منظور حل اوضاع بحرانی ترافیک نه تنها به سرمایه‌گذاری‌های قابل توجه بلکه به سازمان‌دهی و مدیریت مناسب نیاز دارد که به سختی توجیه‌پذیر است. احتمالاً این‌ها دلایلی هستند که موجب شده‌اند این موضوع هنوز کاملاً روشن نبوده و همچنان دارای عدم قطعیت باشد.

بر پایه تعاریفی که پدیده تراکم را مشخص می‌کنند، مشاهده شد که اگرچه می‌توان بر روی عناصر کیفی به توافق رسید ولی در واقع هر کشوری مقادیر عددی و محدوده‌های کلی مختلفی را به کار می‌برد. مفهوم قابلیت اطمینان راه که مفهوم کیفیت سرویس‌دهی بر آن اساس قرار دارد، هنوز به ندرت مورد استفاده قرار می‌گیرد و مطالعات عمیقی بر روی آن صورت نگرفته است. به همین دلیل است که هنوز نمی‌توان به این موضوع به عنوان یک موضوع کاملاً تعریف شده نگریست.

روش‌های قدیمی ارزیابی همچنان مورد استفاده قرار می‌گیرند که امکان انجام کارهای بیشتری را نسبت به زمانی که پدیده‌ای به نام تراکم ترافیک وجود نداشته، فراهم نمی‌سازند. کنترل اوضاع بحرانی هنوز با کمک اقدامات موقت و به صورت ابتدایی انجام می‌گیرد اما تمام این موارد کمکی به یادآوری رویدادهایی که قبلاً اتفاق افتاده نمی‌کند.

بر پایه آنچه که در کشورهای مختلف مشاهده شده است، می‌توان گفت که این به اصطلاح مشکلات ترافیکی (مانند پدیده تراکم)، به مشکلات سیاسی تبدیل می‌شوند که باید حل شده یا حداقل در آن محدوده (چارچوب) مورد بحث قرار گیرند و از نظر دیگر مشکلات فنی مربوط به دستگاهها و وسایل و سیستم‌های بسیار پیچیده و پیشرفته‌ای هستند که باید به بهبود زیرساخت راه کمک کنند.

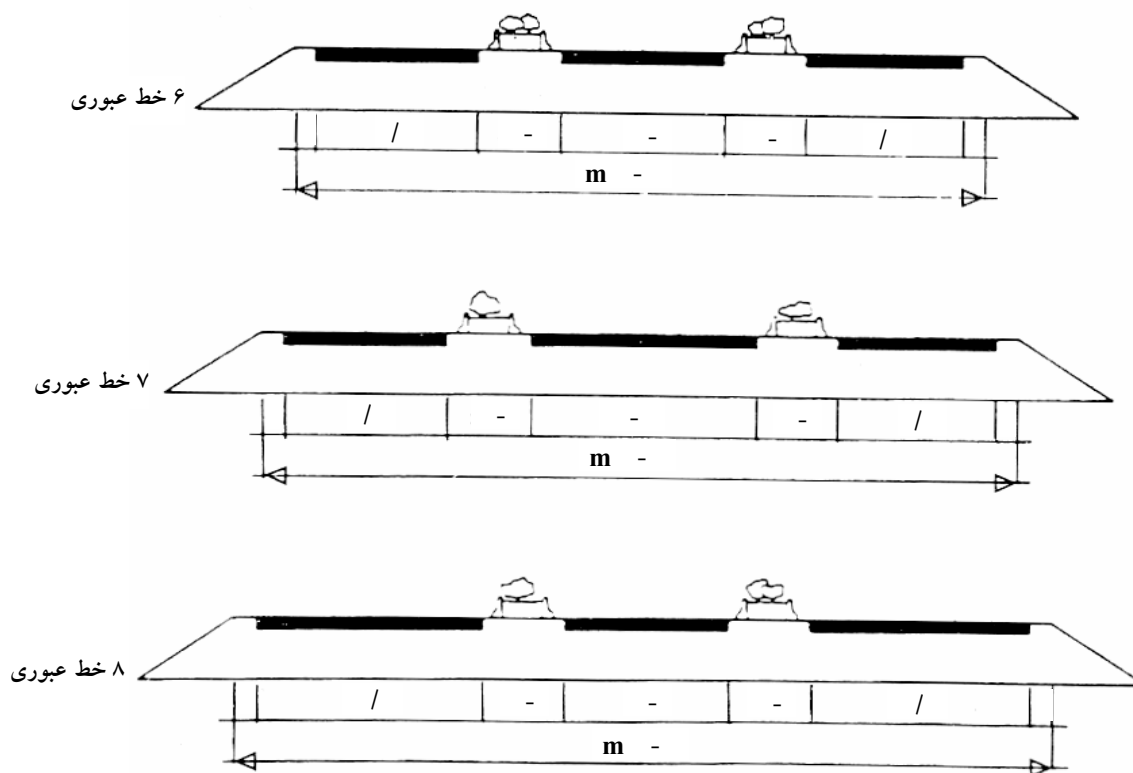
با وجود این، اگر چنین مشکلاتی از دید فنی و توسط متخصصین ترافیکی به قدر کفایت تحلیل، مطالعه و بررسی نشوند، نمی‌توان برای برطرف نمودنشان به‌طور مناسبی با آنها مقابله کرد. به علاوه، اگر چه برای هر مشکل ترافیکی خاص لازم است که مناسب‌ترین راه‌حلی که نه تنها مؤثر بلکه کارآ نیز باشد شناسایی شود، ولی لزوم ترتیب دادن روشهایی برای مداخله سیستماتیک در مشکلات بحرانی مختلف به منظور فراهم ساختن اطلاعاتی در ارتباط با راه‌حل‌های ممکن با توجه به هزینه‌ها و سودها و پارامترهای ترافیک و وضع بحرانی، بیش از پیش احساس می‌شود. ولی هدف از اغلب کارهایی که انجام شده به جای تأکید بر پیش‌بینی و علل ایجاد مشکلات، همچنان فراهم ساختن (تأمین) راه‌حلها می‌باشد.

در حقیقت، تا آنجا که به راه‌حل‌ها مربوط می‌شود، علاوه بر مواردی که در بخش ۳ اشاره شد (که در کشورهای نسبت به سایر کشورها شدیداً با مشکل ترافیک درگیر هستند، بکار گرفته می‌شوند)، ابداعات مختلفی در حال شکل گرفتن است که در آینده کمک بزرگی به مدیریت خواهد کرد.

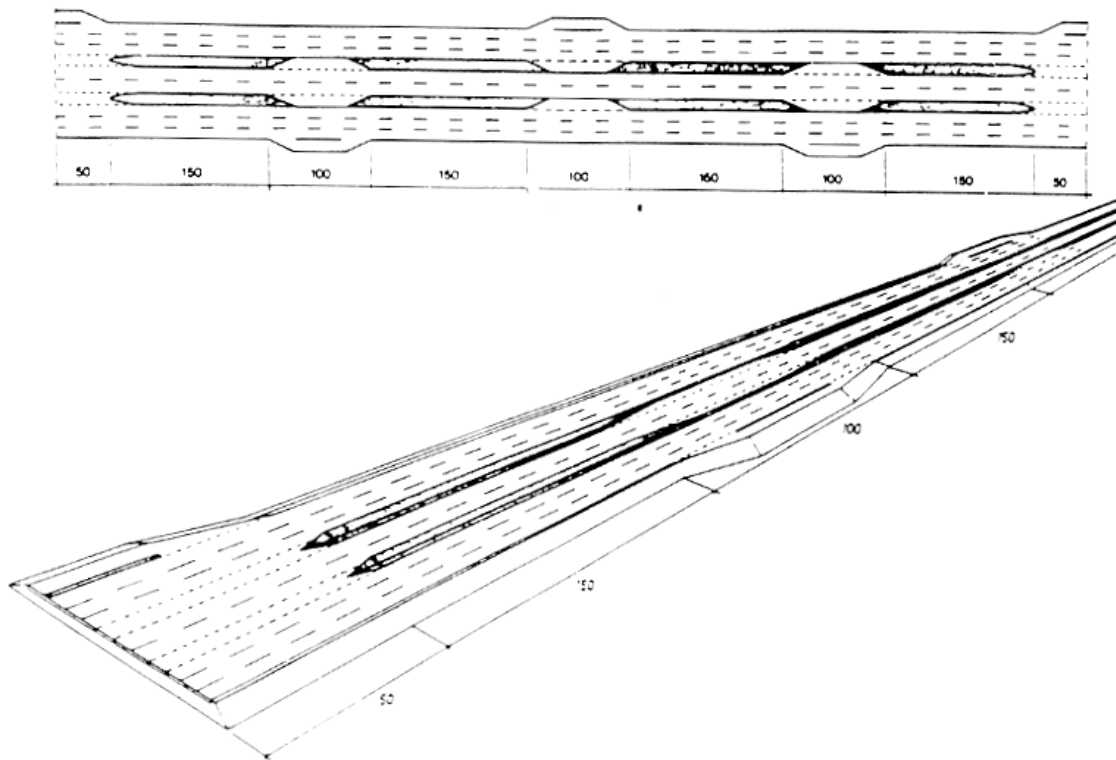
در خصوص اقدامات ساختاری، یک طرح ابتکاری درباره طراحی مجدد و تغییر مقاطع عرضی آزادراهها در ایتالیا ارایه شد. چنین طرحی به سوی تعریف (تعیین) نوع جدیدی از مقاطع در آزادراه با دید ایجاد انعطاف‌پذیری بیشتر و استفاده از شبکه حمل‌ونقل آزاد راهها گرایش دارد.

این مطلب انتقال بخش‌هایی که در حال حاضر به عنوان خطوط عبوری اضطراری استفاده می‌شوند، از کناره آزادراه به مرکز آن را در بر می‌گیرد. به این ترتیب می‌توان یک ناحیه مرکزی ایجاد نمود که به عنوان راه سواره‌روی سوم استفاده شود و بتواند برای کارهای تعمیراتی راه، برای عبور ترافیک از هر یک از جهت‌ها و یا هر دو جهت و یا برای عبور نوع خاصی از وسایل نقلیه، نیز مورد استفاده قرار گیرد.

اگر چنین نظریه‌ای جنبه عملی پیدا کند، فواید زیادی از آن عاید خواهد شد که هم به نفع کاربران راه و هم به نفع بخش مدیریت می‌باشد. به علاوه، این نظریه به ظاهر معمولی در واقع می‌تواند راه‌حل روشنی برای کار دشوار ساخت زیرساخت‌های جدید و یا نیاز به تنظیم مجدد راههایی که قبلاً به ۳ خط عبوری تعریض شده‌اند، می‌باشد. این کار همچنین موجب بهبود عملکرد زیرساخت در زمان کارهای تعمیراتی، تصادفات یا اوج ترافیک می‌گردد. نمودارهای ۱۱ و ۱۲ تصویری اجمالی از این ابتکار عمل را نشان می‌دهند. جدول ۶ بعضی عناصر را برای مقایسه این راه‌حل با آنچه که قبلاً به کار می‌رفته است به‌طور خلاصه نشان می‌دهد.



نمودار ۱۱- تصویر کلی از مقطع عرضی پیشنهاد شده (۶-۷-۸ خط عبوری)



نمودار ۱۲- تصویر اجمالی از پلان و نمای سه‌بعدی یک بخش از جاده با ۸ خط عبوری

جدول ۶- مقایسه راه‌حل جدید و راه‌حل قدیمی

| C۳ و C۴ | C۲    | C۱    | ابعاد جاده | تعداد خطوط عبوری | نوع راه‌حل |
|---------|-------|-------|------------|------------------|------------|
| ۴۰۰۰    | ۸۰۰۰  | ۸۰۰۰  | ۲۴ m       | ۴ *              | X          |
| ۶۰۰۰    | ۱۲۰۰۰ | ۱۲۰۰۰ | ۳۳ m       | ۶ *              | Y          |
| ۸۰۰۰    | ۱۲۰۰۰ | ۸۰۰۰  | ۳۰ - ۳۳ m  | ۶ **             | A          |
| ۱۰۰۰۰   | ۱۴۰۰۰ | ۸۰۰۰  | ۳۳ - ۳۶ m  | ۷ **             | B          |
| ۱۰۰۰۰   | ۱۶۰۰۰ | ۱۲۰۰۰ | ۳۶ - ۳۹ m  | ۸ **             | C          |
| ۱۲۰۰۰   | ۱۸۰۰۰ | ۱۲۰۰۰ | ۳۹ - ۴۲ M  | ۹ **             | D          |
| ۱۰۰۰۰   | ۲۰۰۰۰ | ۱۲۰۰۰ | ۴۵ - ۴۸ m  | ۱۰ **            | E          |
| ۱۲۰۰۰   | ۲۴۰۰۰ | ۱۲۰۰۰ | ۵۱ - ۵۴ m  | ۱۱ **            | F          |

\* راه‌حل قدیمی

\*\* راه‌حل جدید

C = ظرفیت اسمی (PCU/h) در هر دو جهت تحت شرایط عادی

C = ظرفیت اسمی (PCU/h) در هر دو جهت در شرایط اوج

C = ظرفیت اسمی (PCU/h) در جهت شلوغ‌تر در شرایط اوج

C = ظرفیت اسمی (PCU/h) در هر دو جهت در شرایط تراکم در راه یک‌خطه (تصادف یا عملیات تعمیر و نگهداری)

علاوه بر این راه‌حل، طرح جالب دیگری، مجدداً در ایتالیا انجام شده است که شامل نظریه ساخت اولین آزادراه برای گروه خاصی از وسایل نقلیه می‌باشد. در یک بخش از یک آزادراه کوهستانی که بحرانی‌ترین آزادراه در کل شبکه آزادراه‌های ایتالیا می‌باشد، پیشنهاد شد که یک بخش جدید به طول ۵۰ km در کنار آزادراه قدیمی ساخته

شود که فقط برای عبور وسایل نقلیه باری سنگین مورد استفاده قرار گیرد تا این که کارایی هر دو آزادراه بالا رود و هزینه‌ها کاهش یابد. اگر چه این پیشنهاد مورد تأیید قرار نگرفت و بیشتر به دلایل مربوط به عوامل محیطی تغییر داده شد، ولی با توجه به فواید فنی و اقتصادی متعددی که احتمالاً به دست خواهد آمد، نظریه استفاده از آزادراهها برای شرایط خاص و برای انواع مشخصی از وسایل نقلیه به زودی مورد استقبال مجدد قرار خواهد گرفت.

در عوض، امروزه اختصاصی شدن از نظر کاربران متداول شده است. برای مثال جاده‌های کمربندی در اطراف شهرهای بزرگ ساخته شده‌اند، تا از عبور آزادراهها از مناطق شهری (که شدیداً دچار ازدحام ترافیک هستند) جلوگیری شود.

در حوزه اقدامات مدیریتی، عقاید جدید در خصوص روشهایی برای مدیریت ترافیک در حال شکل‌گیری است. به عنوان مثال، معمولاً عبور انواع مشخصی از وسایل نقلیه در بعضی روزهای شلوغ ممنوع اعلام می‌گردد. این امر همان‌طور که در بخش ۳ مطرح شد، موجب بروز مشکلات زیادی می‌شود که اعتبار سیستم را پایین می‌آورد. این مطلب بدین معنا است که شاید عاقلانه باشد که در منطق فعلی حاکم بر تهیه تقویم ممنوعیت‌ها، تجدیدنظر شود. همچنین امکان مشخص کردن روزهایی که در آن عبور انواع مشخصی از وسایل نقلیه باری یا نوع باری که مجاز است حمل شود، می‌تواند در نظر گرفته شود. همین استدلال می‌تواند برای گروههای دیگری که حضور آنها در جریان منظم ترافیک تأثیرات منفی بر روی وسایل نقلیه باری خواهد گذاشت، مورد توجه قرار گیرد.

در ارتباط با برنامه‌ریزی و مدیریت مناطق تحت تعمیر، به خصوص در مناطقی که کمبود یک ارزیابی معتبر از کار در ارتباط با طول مدت آن و اثرات آن در زیرساخت در طی سالیان دراز احساس می‌شود و هنگامی که تمام تأثیرات آن بر روی جریان ترافیک اجتناب‌ناپذیر است، چنین ارزیابی صورت می‌گیرد.

با وجود این به منظور رعایت زمان‌بندی تعیین شده و برای اجتناب از اثرگذاری بر روی ترافیک، شرکت‌هایی که مسئول کارهای تعمیراتی هستند اغلب راه را اجاره می‌کنند که این کار در صورتی که مقیاس زمانی مربوطه رعایت نگردد، غیرقانونی محسوب می‌شود. همچنین تشویق شرکت‌های مسئول به سازمان‌دهی کارها به طریقی که موجب بی‌نظمی در ترافیک شود غیرقانونی است. در بعضی از موارد، اطلاعاتی که درباره راه داده می‌شود نه تنها مربوط به طبیعت کاری که در حال اجراست می‌شود بلکه کاربر راه نیز از تاریخ شروع و پایان کار و از حجم آن مطلع می‌گردد. این عمل در حال حاضر در هلند متداول است در حالی که در سایر کشورها این نوع اطلاعات دقیق و روشن به دلیل نگرانی از عدم موفقیت در اجرای برنامه زمان‌بندی، در اختیار گذاشته نمی‌شود.

در خصوص مدیریت راههایی که در محل‌های تحت تعمیر نیمه‌بسته هستند، روش‌های مختلفی در حال توسعه می‌باشد. به منظور آماده کردن وسایل نقلیه‌ای که به سمت این نواحی در حرکتند و برای کاهش میزان تغییر جریان ترافیک در حال ورود، که همان‌طور که دیده شد می‌تواند بین مقادیر حداقل و حداکثر، حتی تا حد ۱۰۰٪ نیز متغیر باشد، بهتر است که آن بخش از راه که برای هدایت وسایل نقلیه به یک خط عبوری در نظر گرفته شده طولانی‌تر شود. این کار با قرار دادن تابلوهای هشداردهنده‌ای که ترافیک را از ۲ کیلومتر جلوتر به حرکت در یک خط عبوری هدایت می‌کنند، امکان‌پذیر است.

اگر کاربران راه در اجرای صحیح این عمل موفق شوند، ترافیک بر اساس مقادیری نزدیک به ظرفیت راه به آرامی در طول بخش نیمه‌بسته جریان خواهد داشت. طبیعتاً، لازم است که تابلوهای راهنمایی مشخصی که می‌توانند راننده را مطلع سازند و او را به انجام سریع عمل موردنظر هدایت کنند مورد مطالعه و طرح‌ریزی قرار گیرند.

آنچه در بالا ذکر شد لزوماً همیشه معتبر نیست. برای مثال، در بخش‌هایی از آزادراه‌ها که کوهستانی هستند و به‌خصوص وسایل نقلیه کم‌سرعت تمایل به سفر در آنها را دارند، این نوع اقدام موجب بدتر شدن وضع می‌شود. به علاوه، در راه‌های انحرافی بهتر است که بخش‌های تعویض راه، که معمولاً در بیشتر مناطق نیمه‌بسته نقطه بحرانی محسوب می‌شوند، تا حد امکان طولانی‌تر شوند. این کار موجب تسهیل در تردد وسایل نقلیه کم‌سرعت می‌شود بدون این که مجبور به کاهش بیش از حد سرعت خود و در نتیجه کاهش سرعت جریان ترافیک شوند.

در چنین شرایطی، در حقیقت ایده‌آل خواهد بود که سرعت در مناطق نیمه‌بسته در حد ۴۰-۵۰ کیلومتر در ساعت حفظ شود. به این ترتیب، می‌توان بدون اتلاف زمان حرکت، از ترافیکی که در تمام طول راه دارای حجمی نزدیک به ظرفیت راه می‌باشد، به اندازه دو برابر سود برد. یک اقدام تقریباً جدید دیگر که مؤثر بودن آن باید حداقل با انجام آزمایش‌هایی مشخص شود، ایجاد راه انحرافی است که به‌جای این که از خط عبوری سمت چپ شروع شود، از سمت راست شروع می‌شود. ابتدا، ترافیک باید کاملاً به سمت راست راه منحرف شود و سپس کاملاً به سمت چپ منتقل گردد.

این عمل که در ابتدا ممکن است ضدونقیض به نظر برسد، در واقع موجب تسهیل در ترافیک با سرعت حرکت پایینی می‌شود که در ابتدای بخش نیمه‌بسته در همان سمت خود باقی مانده و ناگزیر به تغییر مسیر به خط عبوری سریعتر که همراه با خطر برخورد با ترافیک مقابل می‌باشد، نمی‌گردد.

علاوه بر این، باید توجه نمود که در حد ظرفیت یک خط عبوری، در بخشی که بعد از بخش نیمه‌بسته قرار دارد، هنوز خط عبوری سمت راست خطی است که بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد، در نتیجه با این عمل ترافیک با حجم کمتر مجبور به حرکت مجدد به سمت یک خط عبوری می‌شود. از این گذشته، فضای بیشتر موجود برای ایجاد راه انحرافی، این نوع حرکت‌ها (مانورها) را نیز تسهیل می‌نماید.

یک اقدام بسیار جدید که هنوز مورد استفاده قرار نگرفته است ولی بر اساس آنچه که قبلاً درباره صف ترافیک بیان شد، باید قاعدتاً موجب برطرف شدن آن بشود، شامل ایجاد ناحیه‌ای برای تجمع ترافیک قبل از بخش نیمه‌بسته می‌باشد. این کار با کمک نصب یک سیستم چراغ قرمز و تابلوهای موقتی، که نشان دهد وسایل نقلیه باری باید به سمت خط عبوری راست و خودروهای شخصی به سمت خط عبوری چپ حرکت کنند، صورت می‌گیرد. سیستم چراغ قرمز باید به محض رسیدن شاخص تراکم به حد پیش-تراکم، که همان‌طور که قبلاً توضیح داده شد حدی است که تولید صف می‌کند، شروع به کار کند.

این اقدام باید امکان غربال کردن ترافیک بر حسب سرعت را به منظور تسهیل جریان آن در طول منطقه بحرانی، فراهم سازد. در حقیقت، در این مورد، وضع جریان خروجی از بخش مذکور بهینه می‌شود، در حالی که وسایل نقلیه هر کدام با همان سرعت موجود خود که یا کمتر از سرعت ظرفیت راه و یا معادل آن است، ناگزیر به حرکت در دسته‌های جداگانه می‌شوند. سیستم چراغ‌های قرمز باید در طول یک سری از بخش‌های پی‌درپی راه قرار گیرند و تقریباً مانند یک خط راه‌آهن با بخش‌های مسدود، کار کنند.

تمام این کارها نه تنها باید به کاهش اتلاف وقت جریان خروجی بیشتری از وسایل نقلیه که در یک صف قرار گرفته‌اند کمک کند، بلکه باید موجب کاهش مصرف سوخت، کاهش استرس و بهبود ایمنی باشد. در واقع، در این مورد، وسایل نقلیه می‌توانند در زمان نشان داده شده با چراغ قرمز، با موتورهای خاموش بی‌حرکت بمانند.

به منظور انجام این عمل، لازم است وضعیت زمانی در هنگام هدایت گروهها به سمت منطقه بحرانی و تعداد وسایل نقلیه موجود به‌طور کامل و دقیق مورد مطالعه قرار گیرد تا بتوان روانی ترافیک را در منطقه حفظ کرد که احتمالاً این کار با قرار دادن یک سری از چراغ‌های قرمز مذکور در فواصل مناسب امکان‌پذیر است.

در این خصوص، مشاهده شد که کاربرانی که در بحرانی‌ترین نقاط آزادراه دارای تونل سفر می‌کنند، در اغلب موارد عملاً خود را به‌طور ناخودآگاه با شرایط وفق می‌دهند. در واقع، در بخش‌هایی از راه که جلوتر از منطقه‌ای که صف در آن تشکیل شده قرار گرفته‌اند، ملاحظه می‌شود که در فواصل ثابت، ترافیک ناشی از توقف وسایل نقلیه سنگینی که برای قرار نگرفتن در حالت توقف و حرکت متوالی توقف نموده‌اند، وجود ندارد. با وجود این، از آنجا که در حالت فوق هیچ نظم خاصی وجود ندارد و وسایل نقلیه بر اساس طبقه‌بندی از هم تفکیک نشده‌اند، صف هیچ امتیازی ندارد.

بالاخره، اقدام دیگری که ممکن است اتخاذ گردد، ایجاد یک خط عبوری اضافی در بخش نیمه‌بسته می‌باشد که در جهت جریان ترافیک مورد استفاده قرار می‌گیرد. خط عبوری اضطراری معمولاً برای این منظور استفاده می‌شود. این اقدام همچنین می‌تواند در زمان‌هایی اجرا شود که صف شکل می‌گیرد و با گذشت زمان طولانی‌تر می‌شود. در این مورد، استفاده از یک خط عبوری دیگر، ظرفیت ناحیه بحرانی را تقریباً دو برابر می‌کند و مهم‌تر از آن این که به جریان ترافیک خروجی ثبات بیشتری می‌دهد.

به این ترتیب، در طول زمانی که لازم است تابلوها تغییر داده شوند (حدوداً ۱۵ دقیقه)، حداقل نیمی از ترافیکی که می‌تواند عبور کند، به صورت طبیعی تخلیه شده است، در حالی که بعد از نصب تابلوها یک جریان ۸۰٪ به دست می‌آید. همچنین در این مورد، برای این که پدیده تراکمی که به خوبی محدود شده برای یک دوره زمانی طولانی‌تر کنترل شود، مناسب خواهد بود که یک سیستم خودکار به کار رود که از حضور کارکنان در زمان ترافیک جلوگیری کند.

اقدام دیگری نیز با هدف تسهیل در ایجاد انحراف در راه به منظور جلوگیری از کاهش بیش از حد سرعت ناشی از وجود منطقه تعویض مسیر خیلی کوتاه در ایتالیا مورد مطالعه قرار گرفت و آزمایش شد. این کار با اضافه کردن یک ناحیه قوس‌دار با دو کلوتوئید به طول‌های ۵۰ و ۷۰ متر، تداوم (پیوستگی) مقطع را در آزادراه‌های سه‌خطه در هر جهت حفظ خواهد کرد.

در ارتباط با اطلاعاتی که درباره وضعیت ترافیک در راه داده می‌شود، یک روش جدید در فرانسه آزمایش و اجرا شد. بر اساس آن نظریه، سطح روانی قبل از بخش موردنظر با کمک یک رنگ ساده بیان می‌شود که مثل چراغهای قرمز (راهنمایی)، برای عبور آزاد یا ترافیک بدون قید و شرط (غیرشرطی) سبز، برای ترافیک شرطی زرد و برای ترافیک با سرعت کم قرمز است و هنگامی که راه شلوغ است و صف شروع به شکل گرفتن می‌کند، رنگ سیاه با کمک اطلاعات نوشتاری که حد صف و اتلاف وقت را مشخص می‌کند، می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. مسلماً، به منظور جلوگیری از سوءتفاهم یا اشتباه، اطلاعات باید در یک صفحه سفید تنظیم شوند.

با وجود این، شکی نیست که با توجه به مشکلات ضمنی که در این روش وجود دارد، نیاز به اطلاعات بهنگام و معتبر، به منظور دادن اطلاعات صحیح در خصوص میزان جریان خروجی، اهمیت دارد. در مورد بخش‌هایی که اغلب بحرانی می‌باشند، نصب این سیستم‌ها مفید خواهد بود.

در پایان، در مورد آزادراه‌های عوارضی، به منظور اجتناب از تراکم هم در ایستگاه‌ها و هم در راه، عوارض مخصوص تراکم می‌تواند وضع شود تا ترافیک پرازدحام در زمان‌هایی که کمتر بحرانی هستند پخش شود، مانند آنچه که در سایر سرویس‌های عمومی برای جلوگیری از اوج مصرف صورت گرفته است. با وجود این، انجام این کار به چند دلیل ممکن نیست، اگر چه طرح‌هایی از این نوع داده شده است.

ساده‌سازی اخذ عوارض می‌تواند موجب بهبود قابل توجه زمان سرویس و در نتیجه موجب افزایش ظرفیت جریان خروجی ایستگاه شود. در بعضی از موارد برای سرعت بخشیدن به عمل اخذ عوارض و اجتناب از پرداخت بقیه پول، مبلغ عوارض گرد می‌شود.

به علاوه، در منطقه آزادراه‌های عوارضی، امکان وجود عوارض متغیر به جهت استفاده بهتر از آزادراه‌ها به دقت بررسی شده است. در این راستا، به عنوان مثال، عوارض مخصوص شب برای وسایل نقلیه باری و همچنین عوارض زمانی، طرح‌ریزی شده است. با وجود این، برداشتن چنین قدم‌هایی سخت می‌باشد با توجه به این که سرویس نقطه‌ای نیست بلکه در زمان و مکان نیز امتداد دارد.

تحقیقات بیشتر در حال تحلیل این موضوع هستند که آیا می‌توان اقداماتی را انجام داد که به مدیریت اخذ عوارض مربوط می‌شود که بتواند بر روی روانی ترافیک ایستگاه اثر بگذارد. در حال حاضر، ایستگاه‌های عوارضی معمولاً توسط کارکنانی که در نوبت‌های ۸ ساعته کار می‌کنند، اداره می‌شوند. این نوبت‌های طولانی، اگر نوسانات ترافیک با شلوغی‌های زیاد در نظر گرفته شود خیلی ایده‌آل نیستند. بنابراین، به منظور جلوگیری از انواع مختلف تراکم، لازم خواهد بود که ابعاد ایستگاه تا حد امکان بزرگ باشد و تعداد دروازه‌ها به مقدار لازم افزایش یابد. در این صورت، مناسب خواهد بود که ایستگاهی با ابعاد تقریباً ایده‌آل موجود باشد، نوبت‌های کاری ۸ ساعته نیز حفظ شود و به طریقی سازمان‌دهی شود که امکان دربر گرفتن تمام دوره‌های زمانی را که شامل زمان اوج ترافیک هم می‌شود داشته باشد ولی در این زمان‌ها نوبت‌های کاری ۴ ساعته باشد. این اقدام که ظاهراً ساده است و قطعاً از نظر روانی ترافیک مؤثر خواهد بود، نیاز به موافقت اتحادیه کارگری دارد که مجدداً مورد بررسی قرار گیرد و این امر چندان کار ساده‌ای نیست.

## ۵- نتیجه گیری

در چنین گزارشی، بررسی موضوع پیچیده و چندبعدی مشکل تراکم ترافیک کار ساده‌ای نیست. از طرف دیگر، جامع‌ترین روش را برای توضیح این موضوع انتخاب کرده‌ایم با اعتقاد به این که دیگر در این زمینه انجام عملیات متفرقه کافی نخواهد بود بلکه تمام سطوحی که مشکل ترافیک راه ممکن است در آنها ظاهر شود، باید در نظر گرفته شوند. در حقیقت، در مرحله برنامه‌ریزی می‌توان از پیش اوضاع غیرمطلوب را مشخص کرد تا این که مفیدترین عوامل برای انتخاب‌های مناسب در این مرحله تعیین شود.

همچنین در سطح مدیریت، باید بخش مدیریت قادر به اعتماد کردن به یک سری روش‌ها، مدل‌ها، الگوریتم‌ها و اطلاعات مربوط به راه باشد، به این منظور که نقش فعالی در پیش‌بینی، کنترل و مدیریت تراکم ترافیک داشته باشد. هر بخش از این گزارش به سمت تهیه اطلاعاتی مربوط به ارزیابی و چاره‌های ممکن برای تراکم سوق دارد که میراث مشترک تجربه بین‌المللی و مهارت فنی را در بر می‌گیرد.

به عنوان آخرین بخش این گزارش، یک سری ملاحظات نهایی منظور شده است به این امید که ممکن است توسط پیارک مورد توجه قرار گیرد تا این مساله بنیادی مورد بررسی قرار گیرد. عملاً تمام سیستم‌ها و قوانین در حال اجرا در کشورهای مختلف به امکانات کاملاً در حال بهره‌برداری کامل و کارآیی اشاره می‌کند که همان‌طور که مشاهده شد واقع‌گرایانه نیستند زیرا در اکثر موارد تراکم در نتیجه تصادفات یا کارهای تعمیراتی در جاده رخ می‌دهد که معمولاً رانندگان را ناگزیر به استفاده از تنها یک خط عبوری آزادراه می‌کند.

در نهایت، تأکید خاصی بر یافتن یک فصل مشترک برای همه مسایل مربوط به مدیریت ترافیک، به خصوص در ساعات پیک ترافیک می‌شود. تنها از این طریق مسئولین آزادراهها می‌توانند حداکثر توانایی/ بازده برای حمل‌ونقل مردم و کالاها را تضمین کنند.

اگرچه تعریف موارد مشابهی که در روش‌های در حال اجرا در کشورهای مختلف وجود دارد می‌تواند بدون ایجاد هیچ آشفتگی در جریان این بحث، به یک مرحله دیگر موكول شود (زمانی که قوانین ترافیک خاص عملاً مورد مقایسه قرار می‌گیرند)، ولی مناسب خواهد بود که طرز فکر شکل گرفته در بخش مدیریت نسبت به بحران ترافیک آزادراهها تعریف شود. تعداد زیادی از پارامترها باید مرتباً تحت نظارت قرار گیرند، زیرا به اصلاح میزان پویایی ترافیک وسایل نقلیه موتوری وابسته هستند.

در گذشته نه چندان دور، اقدامات اصلی مسئولین آزادراهها مربوط به اجتناب از تراکم، عمدتاً بر اقداماتی در جهت بهبود منحنی‌های جریان ترافیک تمرکز داشتند و در نتیجه در سطح سرویس عمل می‌کردند. اصلاحاتی که برای برگرداندن کیفیت به خطر افتاده سرویس به حالت اول، بدون قربانی کردن تقاضا به کار می‌رفتند، تقریباً وابسته به گسترش، نوسازی یا افزایش زیرساخت موجود راه بودند. در حال حاضر، دامنه امکانات وسیع‌تر است. هدف از سعی و تلاش فناوری‌های در حال توسعه، اثر گذاشتن بر روی جریان آزاد و راحت می‌باشد. این کار با کمک ابتکارات پیشرفته بسیاری که شامل تمام عناصر مشخص‌کننده ترافیک می‌باشد، صورت می‌پذیرد. بهبود زیرساخت قطعاً در اولویت است. حفظ کارآیی راه توسط مدیریت ترافیک نیز به طور خاص مطرح می‌باشد. عملیات اطلاع‌رسانی به کاربر با هدف اعلان ساعات عبور مختلف و طرح‌هایی برای فرق گذاشتن بین کرایه‌های حمل‌ونقل (شامل عوارض) بر اساس تمرکز تقاضای ترافیک، آینده‌نگری‌هایی برای کاهش تراکم هستند و در کنار اصلاحات ساختاری پیش می‌روند.

## ۶- ضمیمه

## پرسش نامه

به منظور آماده کردن این گزارش به نحوی که در آن حالات و معیارهایی که در کشورهای مختلف استفاده می‌شود منعکس شود، منطقی خواهد بود که اطلاعات و داده‌هایی در خصوص ابعاد مختلف موضوع کسب شود. بنابراین پرسش‌نامه زیر را که در کل، رؤس مطالبی را که برای گزارش پیشنهاد شده دنبال می‌کند و این موضوع را محدود به سیستم بزرگراههای بزرگ در نظر می‌گیرد، آماده کرده‌ایم.

## ۱. اطلاعات آماری - بزرگی و اهمیت مشکل

قبل از برخورد با مشکل پیچیده‌ای مثل تراکم که قطعاً نیاز به تحقیقات بیشتری دارد و توجه این مجمع و دولت‌ها را به اهمیت خود جلب کرده است، لازم است که یک سری اطلاعات آماری برای سنجش بزرگی و شدت این مشکل در کشورهای مختلف داشته باشیم. این امر همچنین این امکان را می‌دهد که مشخص کنیم که اطلاعات آماری ما تا چه حد است، اطلاعاتی که معمولاً یکدست و ساده فرض می‌شود، در حالی که خیلی نامتجانس بوده و دستیابی به آنها سخت می‌باشد. این مسأله ما را وادار به جستجوی نقاط اشتراکی که برای درک بهتر مشکل مفید است، می‌نماید. برای دستیابی کامل‌تر به این نقاط اشتراک، لطفاً به سؤالات زیر پاسخ دهید:

الف- چند کیلومتر آزادراه اصلی یا بزرگراههای مشابه در کشور شما وجود دارد؟

ب- چند کیلومتر از راههای فوق می‌توانند به عنوان شبکه یا بخش‌هایی در محدوده شهرهای بزرگ محسوب شوند و چند کیلومتر به عنوان بزرگراههای غیرشهری؟

پ- حجم ترافیکی که در این سیستم جریان دارد چه مقدار می‌باشد (بر حسب کیلومتر طی شده، تقسیم شده به ترافیک مسافری و ترافیک باری)؟

ت- میزان بحرانی بودن تخمین زده شده در این سیستم چقدر است؟ پارامتر یا پارامترهای اندازه‌گیری را توضیح دهید و طی یک بررسی، علل به وجودآورنده وضعیت بحرانی را مشخص نمایید.

ث- آیا زمان این دوره بحرانی به‌طور روزافزونی در حال افزایش است؟ اگر چنین است، لطفاً اطلاعاتی درباره طول زمان و علل مربوطه بدهید.

ج- آیا این آمار مربوط به دامنه تغییرات قابل‌استفاده بودن راه در طی زمان برای ترافیک، در نتیجه عملیات تعمیراتی افزایش یافته می‌باشد؟ اگر جواب مثبت است، لطفاً آنها را ذکر نمایید.

## ۲. مشکلات مربوط به بحرانی بودن سیستم در طول زمان

در این بخش نیز مانند بخش قبل که مربوط به مدیریت می‌باشد، ما به سه مطلب می‌پردازیم که پس از شناخته شدن و توسعه، به بخش مدیریت کمک می‌کنند که به نحوی عمل کند که فعالیت‌هایش بر حسب میزان بحرانی بودن زیرساخت بهینه شود. موضوعات این بخش عبارتند از: تعریف بحرانی بودن یا برعکس قابل اطمینان بودن سیستم، این

امر چطور می‌تواند اندازه‌گیری شود و چه اقداماتی برای جلوگیری یا کنترل آن لازم است؟ برای بسط این موضوعات، لطفاً به سؤالات زیر پاسخ دهید:

الف- آیا در کشور شما یک روش استاندارد شده یا معتبر برای محاسبه شاخص کیفیت یا سطح سرویس برای اهداف طراحی یا ارزیابی یک بخش از بزرگراه وجود دارد؟ اگر جواب مثبت است، لطفاً به اختصار توضیح دهید.

ب- آیا یک شبکه مرجع برای بررسی شاخص کیفیت جریان ترافیک وجود دارد؟ اگر جواب مثبت است، لطفاً شرح دهید که چطور اعمال می‌شود.

پ- آیا روش‌های خودکار برای پیش‌بینی و اندازه‌گیری بحرانی بودن در طول زمان وجود دارد؟ اگر جواب مثبت است، لطفاً به اختصار توضیح دهید.

ت- مهم‌ترین پارامترهایی که معمولاً در بررسی شاخص کیفیت از آنها استفاده می‌شود چیست؟

ث- آیا مقادیر حدی و با توجه به آنها محدوده شاخص کیفیت تعیین شده است؟ اگر جواب مثبت است، لطفاً به اختصار توضیح دهید.

ج- آیا بحرانی بودن راهها به توانایی بخش مدیریت در سرمایه‌گذاری یا به مشخصات ترافیک مربوط است؟ اگر چنین است، به چه صورت؟

چ- مختصراً هر اقدام مدیریتی یا سازه‌ای که برای بهبود کیفیت سرویس انجام شده است یا می‌تواند انجام شود و هر سودی که از آن حاصل می‌شود را توضیح دهید.

### ۳. مشکلات مربوط به بحرانی بودن سیستم در مرحله مدیریت

در این بخش نیز سه مبحث مورد بررسی قرار می‌گیرد که پس از آنکه شناخته شده و توسعه یافتند، بخش مدیریت را قادر به ارزیابی پدیده تراکم و پیش‌بینی میزان رشد آن به خصوص به صورت به‌هنگام می‌کنند تا بتوان اطلاعات معتبری فراهم کرد و به موقع برای جلوگیری از بدتر شدن ترافیک اقدام کرد.

مهم‌ترین مطلب برای کاربران در واقع تنها رخ دادن پدیده تراکم نیست بلکه مدت زمان و اثرات آن نیز می‌باشد. کاربری که در یک راه در حرکت است، ابتدا علاقه‌مند به داشتن اطلاعاتی درباره مسیری است که قصد طی کردن آن را دارد، احتمالاً برای این که بتواند مسیر دیگری را انتخاب کند یا این که بداند در صورت مختل بودن مسیر انتخاب شده چه مقدار اتلاف وقت خواهد داشت و برای اجتناب از آن چه کاری می‌تواند انجام دهد. موضوعات زیر در این بخش می‌گنجد: پدیده تراکم و یا به‌طور اخص، صف چیست، چگونه می‌تواند پیش‌بینی و اندازه‌گیری شود و نهایتاً چه قدم‌هایی برای جلوگیری از آن می‌توان برداشت و یا بعد از ایجاد چگونه می‌توان آن را کنترل کرد.

از شما می‌خواهیم به سؤالات زیر پاسخ دهید:

الف- تعریف "صف" در کشور شما چیست؟

ب- آیا هیچ روشی برای پیش‌بینی شکل‌گیری پدیده تراکم به‌وجود آمده است؟ اگر جواب مثبت است، لطفاً به اختصار شرح دهید یا مدارک موجود را ارسال فرمایید.

- پ- چه روش‌هایی را برای اندازه‌گیری صف، گسترش آن در زمان و مکان و تعیین اثرات آن بر روی ترافیک بر حسب تأخیرها، فشار و به خطر افتادن ایمنی، به کار می‌برید؟
- ت- آیا معیارهایی برای تعیین حدودی برای طول سازه راه و مسیرهای انحرافی و همچنین فراوانی آنها وضع شده است؟ اگر چنین است، این معیارها کدامند و به چه دلیل تعیین شده‌اند؟
- ث- آیا مقادیر حدی مشخص گردیده‌اند و در این خصوص آیا شاخص‌هایی برای نشان دادن وضع تراکم تعیین شده‌اند؟ اگر جواب مثبت است، به اختصار توضیح دهید.
- ج- مهم‌ترین پارامترهایی که معمولاً در تعیین شاخص تراکم به کار می‌روند کدامند؟
- چ- مختصراً اقدامات مدیریتی را که برای برطرف کردن یا تضعیف شکل تراکم انتخاب یا طراحی شده و نتایج احتمالی به دست آمده از آنها را توضیح دهید. در ارزیابی این اقدامات می‌توانید به انواع شاخص‌های پیشنهادی گزارش شده اشاره کنید.

کشورهایی که به این پرسش‌نامه پاسخ دادند عبارتند از: استرالیا، اتریش، کوبا، فنلاند، فرانسه، انگلستان، مجارستان، فلسطین اشغالی، ایتالیا، ژاپن، هلند، ایالات متحده آمریکا و جمهوری روسیه.

# فهرست انتشارات

## الف) پروژه‌های تحقیقاتی

۱. بررسی عوامل مؤثر در ارزیابی و توجیه فنی و اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی پروژه‌های راه و راه‌آهن
۲. کاربرد آب و مصالح محلی چابهار برای ساخت بلوکهای ساختمانی
۳. شیوه‌های طراحی و کاربرد حفاظها و ضربه‌گیرهای ایمنی در راهها
۴. ضوابط طراحی و اجرای روسازی راه آهن بدون بالاست
۵. بررسی و مقایسه فنی و اقتصادی رویه‌های بتنی و آسفالتی
۶. راهنمای طراحی و اجرای سیستم زهکشی آبهای سطحی و زیرسطحی راه، راه‌آهن و فرودگاه (و نقشه‌های اجرایی)
۷. ضوابط طراحی و اجرای آسفالت ماستیک
۸. بررسی مسائل کمی و کیفی مصرف قیر در راههای کشور
۹. راهنمای طراحی و ایمن‌سازی پایه علائم راه
۱۰. روش‌های جدید طرح مخلوط‌های آسفالتی بر اساس عملکرد و پیشنهاد روش مناسب برای کشور
۱۱. راهنمای تثبیت لایه‌های خاکریز و روسازی راهها
۱۲. تسلیح خاکریز و بستر راهها با استفاده از ژئوگرید
۱۳. سیستم حمل‌ونقل ریلی
۱۴. ارایه روش‌های ساماندهی فعالیت عوارض بزرگراهها و آزادراههای کشور
۱۵. ظرفیت باربری محوری شمعها

## ب) گزارش‌های تخصصی

۱. پیشنهاداتی برای آزمایش ژئوتکستایله‌ها
۲. ممیزی ایمنی راه
۳. راهنمایبهای سودمند برای طراحی و ساخت خاکریزهای راه
۴. روشها و شرایط لازم برای عملیات خاکی به منظور کاهش اثرات زیست محیطی پروژه‌های راه
۵. آلودگی ناشی از دی‌اکسید نیتروژن در تونلهای راه
۶. ایمنی در تونلهای
۷. مدیریت ترافیک و کیفیت سرویس
۸. گزارش سالانه ژوئیه ۲۰۰۳ GRSP
۹. بهینه سازی شبکه‌های موجود بین شهری
۱۰. بیست و دومین همایش جهانی راه پیارک
۱۱. یارانه‌ها هزینه‌ها و منافع اجتماعی حمل‌ونقل عمومی

۱۲. برنامه‌ریزی و بودجه در شبکه راهها
۱۳. روشهای مشارکت همگانی در توسعه پروژه راه
۱۴. قیمت‌های بین‌المللی سوخت (بنزین و گازوییل)
۱۵. سیاست حمل‌ونقل اروپایی تا سال ۲۰۱۰
۱۶. مبانی تحلیل اقتصادی
۱۷. انتخاب مصالح و طراحی روسازی‌های انعطاف‌پذیر برای آمدوشد و شرایط آب‌وهوایی سخت
۱۸. راهنمای فیلم‌های IRF
۱۹. راهنمای ممیزی ایمنی راه
۲۰. ارتقاء و بهبود عملکرد داخلی راهها
۲۱. فرآیند تصمیم‌گیری در اعمال سیاست‌های پایدار حمل‌ونقل جاده‌ای
۲۲. کیفیت خدمات جاده‌ای
۲۳. روشهای ارزیابی اقتصادی برای پروژه‌های راه در کشورهای عضو پیارک
۲۴. روشهایی برای ارزیابی خطر وقوع زمین لغزه‌ها
۲۵. روشهای ساده نگهداری راه
۲۶. تقسیم مسئولیت برای داشتن جاده‌های ایمن‌تر
۲۷. راههای دسترسی به مناطق برون شهری
۲۸. تجهیزات اتوماتیک بررسی ترک‌خوردگی روسازی راه
۲۹. تأمین مالی و ارزیابی اقتصادی
۳۰. بهبود تأمین منابع مالی و مدیریت نگهداری راه
۳۱. بازیافت روسازی‌های انعطاف‌پذیر موجود
۳۲. حمل‌ونقل هوشمند
۳۳. محیط زیست و پروژه‌های راهسازی
۳۴. راهنمای ارزیابی سیستم‌های نگهدارنده خاک
۳۵. آشنایی با مفاهیم مدیریت روسازی
۳۶. راهنمای انعقاد قرارداد، نحوه انتخاب و مدیریت مشاوران در فعالیتهای مهندسی پیش از ساخت
۳۷. تضمین کیفیت در عملیات خاکی
۳۸. طبقه‌بندی تونل‌ها، دستورالعمل‌ها، تجربیات موجود و پیشنهادات
۳۹. نقش مدل‌های اقتصادی و اجتماعی - اقتصادی در مدیریت راه
۴۰. رویه‌های بتنی مسلح پیوسته
۴۱. حمل‌ونقل ترکیبی، اقداماتی جهت تشویق به استفاده از حمل‌ونقل عمومی
۴۲. پیشرفت مدیریت و تأمین بودجه نگهداری راهها در افریقا
۴۳. برنامه ملی ایمنی ترافیک کشور ترکیه
۴۴. بررسی توسعه حمل‌ونقل در منطقه اسکاپ در سال ۲۰۰۳، آسیا و اقیانوسیه

- ۴۵. تبادل فناوری و توسعه
- ۴۶. راههای دارای رویه بتنی
- ۴۷. تجدید ساختار بخش راه
- ۴۸. حمل و نقل کالا
- ۴۹. گزارش سالانه ژوئن ۲۰۰۴ GRSP
- ۵۰. بکارگیری مصالح حاصل از بازیافت رویه‌های آسفالتی و بتن خرد شده در خاکریز
- ۵۱. تراکم ترافیک در آزادراهها و بزرگراهها

### ج) کتب

- ۱. فرهنگ جامع دریایی
- ۲. برنامه‌ریزی و طراحی فرودگاه (دو جلد)
- ۳. فرهنگ و اصطلاحات فنی و مهندسی راه
- ۴. راهنمای ایمنی راه (پیارک)
- ۵. فرهنگ مصور دریایی (همراه با نسخه الکترونیک)

### د) لوح فشرده

- ۱. نشریات Austroads (شامل ۱۸۶ عنوان از نشریات وزارت راه استرالیا و نیوزلند در موضوعات مختلف بصورت فایل pdf)
- ۲. فیلم‌های آموزشی راه IRF (شامل ۱۰۷ فیلم در ۴۲ لوح فشرده)
- ۳. نشریات SWOV (شامل ۱۳۸ عنوان از نشریات SWOV, DRI, VTI, NCHRP در موضوعات مختلف بصورت فایل pdf)
- ۴. آیین‌نامه ایمنی راهها (مجموعه هفت جلدی منتشر شده از سوی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی)





WORLD ROAD ASSOCIATION – PIARC

ROAD AND TRANSPORTATION MINISTRY  
DEPUTY OF  
EDUCATION, RESEARCH AND TECHNOLOGY  
Web: [www.rahiran.ir](http://www.rahiran.ir)

# **Traffic Congestion on Motorways and Dual-Carriageway Roads**

THE BUREAU OF TECHNOLOGY & SAFETY STUDIES

PIARC SECRETARIAT IN IRAN

84/RRRT/185