





پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد ریاضی کاربردی

کاربرد مدیریت تخلیه در توزیع بهینه ترافیک

استاد راهنما

سرکار خانم دکتر عقیده حیدری

استاد مشاور

جناب آقای دکتر رضا قفبری

نگارش: انیس آلپوشوکه

بهمن ماه 1391

الهی به حرمت آن نام که تو خوانی و به حرمت آن صفت که تو چنانی دریاب که می توانی .

الهی عمر خود به باد کردم و برتن خود پیدا کردم . گفتی و فرمان نکردم درماندم و درمان نکردم .

الهی عاجز و سرگردانم نه آنچه دارم دانم و نه آنچه دانم دارم .

الهی اگر تو مرا خواستی من آن خواستم که تو خواستی .

الهی به بهشت و حور چه لازم مرادیده ای ده که از هر نظر بهشتی سازم .

الهی در دل های ماجر تخم محبت مکار و بر جان های ماجز الطاف و مرحمت خود منکار و بر کشت
 های ماجز باران رحمت خود مبار به لطف ما را دستگیر و به کرم پای دار .
 الهی حجاب های ما را بردار و ما را به ما گذار .

باتقدیر و تشکر از :

خانواده ام که در تمامی سختی هایار و یاورم بوده و هستند .

همسرم که مشوق من در مراحل مختلف این تحقیق است.

استاد ارجمندم **سرکار خانم دکتر حیدری** که به حق مراد طول دوره تحصیل و نیز در مراحل مختلف این تحقیق صبورانه راهنمایی کرده و از محضر علمیشان مستفید گردانیده اند.

و همچنین با تشکر از **جناب آقای دکتر قهری** که با قبول زحمت مشاوری مراد انجام این کار یاری کرده اند.

این نوشته ناچیز تقدیم به ؛

مادر عزیزتر از جانم

که علیرغم تحمل سختی ها و دشواریهای فراوان ، میسر پرپیچ و خم کسب دانش و معرفت را برایم هموار نموده و از دعای خیرش بی نصیب نبوده ام .

و تقدیم به همه آزاد مردانی که در راه آزادی و آزادگی تلاش نموده اند.

پیوست (گواهی اصالت ؛ نشر و حقوق مادی و معنوی اثر)

اینجانب انسبیه آلبوشوکه دانشجوی ورودی سال 1389 مقطع کارشناسی ارشد رشته ریاضی کاربردی گواهی می نمایم چنانچه در پایان نامه خود از فکر، ایده و نوشته دیگری بهره گرفته ام با نقل قول مستقیم یا غیر مستقیم منبع و مأخذ آن

را نیز در جای مناسب ذکر کرده‌ام. بدیهی است مسئولیت تمامی مطالبی که نقل قول دیگران نباشد بر عهده خویش می‌دانم و جوابگوی آن خواهم بود.


دانشجو تأیید می‌نماید که مطالب مندرج در این پایان نامه (رساله) نتیجه تحقیقات خودش می‌باشد و در صورت استفاده از نتایج دیگران مرجع آن را ذکر نموده است.

نام و نام خانوادگی دانشجو
تاریخ و امضاء

اینجانب انسیه آلبوشوکه دانشجوی ورودی سال 1389 مقطع کارشناسی ارشد رشته ریاضی کاربردی گواهی می‌نمایم چنانچه بر اساس مطالب پایان نامه خود اقدام به انتشار مقاله، کتاب و ... نمایم ضمن مطلع نمودن استاد راهنما با نظر ایشان نسبت به نشر مقاله، کتاب و ... و به صورت مشترک و با ذکر نام استاد راهنما مبادرت نمایم.

نام و نام خانوادگی دانشجو
تاریخ و امضاء

کلیه حقوق مادی مترتب از نتایج مطالعات، آزمایشات و نوآوری ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه متعلق به دانشگاه پیام نور می‌باشد.

 <p>دانشگاه پیام نور</p>	<p>باسمه تعالی</p>
---	--------------------

<p style="text-align: center;">شخصات پایان نامه تحصیلی دانشجویان دانشگاه پیام نور</p>	
<p>عنوان پایان نامه: کاربرد مدیریت تخلیه در توزیع بهینه ترافیک</p>	
<p>نام دانشجو: انسیه آلبوشوکه</p>	<p>مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد</p>
<p>دانشکده: علوم پایه</p>	<p>رشته تحصیلی-گرایش: ریاضی-کاربردی</p>
<p>نام استاد راهنما: دکتر عقيله حيدري</p>	<p>نام استاد مشاور: دکتر رضا قنبري</p>
<p>تاریخ دفاع: ۱۳۹۱/۱۱/۱۲</p>	<p>تعداد صفحات:</p>
<p>چکیده :</p> <p>در سالهای اخیر تخلیه و توزیع اورژانسی نواحی شهری مورد توجه عموم قرار گرفته است. سیستم های ترابری مولفه های مرکزی در تخلیه، اثر و زمان مدیریت ترافیک و همچنین سیستم های کنترل برای انجام موفقیت آمیز آن حیاتی هستند. تحقیقات زیادی نشان می دهد که تخلیه و ترابری با هم در ارتباط هستند، در این پایان نامه چارچوب جدیدی برای مدیریت تخلیه را بررسی و الگوریتمی را شرح می دهیم که یک صف طولانی از ترافیک را به حرکت درآورده و همزمان ترافیک را برآورد و زمان سفر را کمینه می کند. این پایان نامه یک مفهوم جدید از واگذاری ترافیک با کمک اصول wardrop است.</p>	
<p>کلمات کلیدی:</p> <p>۱- مدیریت بحران</p> <p>۲- ترافیک</p> <p>۳- بهینه سازی</p>	<p>امضای استاد راهنما:</p> <p>امضای استاد مشاور:</p> <p>تاریخ:</p>

فهرست

1	پیشگفتار.....
	فصل اول
	مفاهیم اولیه
3	مقدمه
3	1.1 مروری بر روند ترافیک
7	2.1 تقاطعها
8	1.2.1 انواع تقاطعها
10	2.2.1 طراحی تقاطعها
11	3.1 تأخیر و انواع آن
12	4.1 ظرفیت
13	5.1 سطح سرویس
14	6.1 حجم ترافیک
15	7.1 سرعت
15	8.1 مدل سازی و انواع سفر
	فصل دوم
17	تخلیه و توزیع بهینه ترافیک
17	مقدمه
17	1.2 پیش بینی احتیاجات در مدیریت تخلیه ترافیک
21	2.2 اهداف کلی عملکرد محدودیت سرعت و عملکرد آن
23	1.2.2 مراحل روش کنترل محدودیت سرعت
25	3.2 بهینه سازی و اصول Wardrop
28	4.2 چارچوب توزیع در یک سیستم سامان دهی شده تخلیه
28	1.4.2 تغییرپذیری ترافیک (ترافیک متغیر) در یک فرایند تخلیه

30	5.2 محاسبه هزینه زمان سفر
31	6.2 بهینه سازی
33	1.6.2 فرایند بهینه سازی
36	7.2 تحلیل هزینه سفر در یک بخش خیابانی
40	8.2 یک مورد مطالعاتی (دامنه توزیع در یک تخلیه)
44	1.8.2 آخرین زمان برای کنترل شارش ورودی
49	9.2 شبیه سازی
51	فصل سوم
51	برنامه نویسی
51	1.3 الگوریتم هزینه‌ی سفر
54	2.3 برنامه نویسی
56	3.3 یک مورد مطالعاتی
63	4.3 شبیه سازی
65	نتیجه گیری و پیشنهادات
66	پیوست
81	مراجع
82	لغت نامه فارسی به انگلیسی

پیشگفتار

امروزه یکی از بحث برانگیزترین مسائل هر جامعه، مسئله ترافیک است. با وجود آنکه همه ساله میلیاردها ریال صرف ایجاد راه‌ها و تاسیسات جدید می‌شود، تراکم ترافیک در خیابان‌ها روز به روز افزایش می‌یابد. امروزه در بیشتر شهرهای بزرگ و متوسط میزان ترافیک به خصوص در ساعات اوج به حد اشباع و غیرقابل قبولی رسیده است. بنابراین استفاده از فناوری‌های نوین در کنترل ترافیک ضرورت اجتناب ناپذیری است و به همان میزان که ترافیک مطلوب می‌تواند نشان‌گر توسعه پایدار در صنعت حمل‌ونقل باشد، استفاده از فناوری‌های روز و به کارگیری رهیافت‌های جدید باعث تسريع در روند توسعه و تأثیرگذاری در تمام شاخصه‌های زندگی بشر امروزی خواهد شد. همه ساله سهم قابل توجهی از بودجه دولت‌ها صرف بهبود و یافتن راه حل مناسب مدیریتی جهت کاهش آسیب‌های ترافیکی می‌شود که این راه حل اهداف زیر را دنبال می‌کند.

- کاهش آسیب‌های اقتصادی از طریق کاهش بودجه.
- کاهش آسیب‌های جبران ناپذیر جانی و روانی و افزایش ایمنی.
- جلوگیری از اتلاف وقت از طریق کاهش زمان تأخیر و سفر.
- کاهش آسیب‌های زیست محیطی.

در این تحقیق، سعی ما بر این است که از طریق یک راهکار مدیریتی تمامی اهداف فوق را دنبال کنیم. به طور کلی هدف مدیریت ترافیک^۱، استفاده بهینه از خطوط ارتباطی موجود و افزایش ایمنی راه‌هاست.

این هدف باید تا حد ممکن بدون لطمه زدن به محیط زیست تحقق یابد. به عبارت دیگر، مدیریت ترافیک، استفاده از امکانات موجود، افزایش بهره‌وری آن‌ها و حفظ منافع عمومی مربوط به شبکه راه‌های ارتباطی است. اقدامات مربوط به اعمال مدیریت ترافیک شهری، به نوع ترافیک بستگی دارد. برای مثال، اقدامات مرتبط به اعمال مدیریت برای تسهیلات مربوط به عابران پیاده، دوچرخه سوارها و یا وسایل نقلیه سنگین با یکدیگر متفاوت است. همیشه اشکالاتی در هماهنگی بین این اقدامات وجود دارد و به ندرت می‌توان طرحی تهیه کرد که در تمامی جوانب سودمند باشد.

¹ Traffic management

به عنوان مثال، افزایش فضای سبز پیاده رو که در تقویت روحیه به ویژه در افراد مسن و معلول بسیار مفید است، ممکن است سبب کاهش سطح لازم برای عبور عابران پیاده شود. اصولاً طرح‌های مدیریت ترافیکی با توجه به انواع مختلف جاده‌ها و نیازهای گوناگون مردم با یکدیگر متفاوت است و نیز طرح هر موضوع ترافیکی با طرح همین موضوع در جایی دیگر و یا در زمانی دیگر ممکن است یکسان نباشد.

این تحقیق دارای سه فصل است. فصل اول شامل مفاهیم ترافیکی مرتبط با بحث است که البته به اختصار و با هدف درک بهتر و راحت‌تر موضوع بیان شده است.

فصل دوم شامل ارائه راه حل جهت توزیع و تخلیه ترافیک به همراه یک مثال است.

فصل سوم به بیان برنامه و الگوریتم مربوطه می‌پردازد.

فصل اول

مفاهیم اولیه

مقدمه

برنامه‌ریزی حمل‌ونقل شامل به کارگیری تکنولوژی، اصول علمی در تصمیم‌گیری‌ها، طراحی‌های عملکردی، عملیات‌ها و مدیریت تسهیلات در انواع مختلف حمل‌ونقل است تا حمل‌ونقلی ایمن، سریع، راحت، اقتصادی و سازگار با محیط زیست برای مردم و کالا فراهم کند و بدین منظور باید با پارامترهای مهم و تاثیرگذار بر جریان ترافیک آشنا بود. در این فصل به اختصار به معرفی چند پارامتر مهم می‌پردازیم و از مراجع (1391, [8]) و ([9], 1375) بیشتر استفاده شده است.

1.1 مروری بر روند ترافیک

نیاز به حمل‌ونقل به تاریخ و تمدن برمی‌گردد. در سالهای 1930 تا 1940، طراحی هندسی و سازه‌ای راه‌ها اهمیت ویژه‌ای یافت. تحقیقات زیادی در این زمینه صورت گرفت و مهندسی راه به عنوان یکی از مواد درسی در دانشگاه‌ها مطرح گردید. بدین ترتیب مسائل ترافیک جاده‌ها و همچنین افزایش سرعت، تراکم و تصادفات مطرح گردید. این مسائل شامل ارتباط داخلی طبیعت شهر و قوانین فیزیکی زمان، فاصله و حرکت است. بنابراین، موضوع جدید مهندسی ترافیک به وجود آمد، که بر مطالعه و اصلاح عملکرد ترافیک در شبکه جاده‌ها، تقاطع‌ها و پایانه‌ها تاکید دارد.

انسان ها ساختار پیچیده‌ای دارند که بر رانندگی مؤثر است مدیریت ترافیک نیازمند آشنایی کامل با خصوصیات راننده است. وظیفه مهندسین ترافیک طراحی راه‌هایی است که بتوان به کمک آن اطلاعات را به گونه ای در اختیار راننده قرار داد تا پاسخی ایمن و مناسب از سوی راننده را در پی داشته باشد.

در سال 1950، در تمامی کشورها حدود صد شهر با جمعیت بیش از یک میلیون نفر وجود داشته، این در شرایطی است که در سال 2000 این تعداد به بیش از هزار شهر رسید. بدین ترتیب در دهه‌های اخیر، مهندسی ترافیک و به خصوص مهندسی ترافیک شهری، اهمیت ویژه‌ای یافت.

107 سال پیش وقتی اولین اتومبیل به نام ماشین دودی وارد ایران شد موجی از شادی و سرور را در بین مردم برانگیخت. مردم براین باور بودند که این وسیله چهارچرخ می‌تواند موجب رفاه و آسایش در جامعه شود اما هرگز این تصور را در ذهن خود راه نمی‌دادند که این وسیله روزی زندگی کردن را برای آنها سخت کند.

با شروع شهرسازی به صورت مدرن در سال 1300 شمسی به تدریج واردات ماشین به ایران افزایش یافت و در سال 1326 شمسی اولین کارخانه اتومبیل سازی در ایران تولیدات خود را روانه بازار کرد. در همان سال‌ها بود که برای کاهش عوارض و مضرات آن ماشین‌ها، قوانین و مقررات مختلفی وضع شد و به دنبال وقوع دو حادثه تصادف در تهران کمیسیون در وزارت کشور، 87 سال پیش یعنی درآبانماه سال 1304 تشکیل و اولین نظامنامه یا آئین نامه رانندگی تدوین شد. این کمیسیون دستور بکارگیری ماموران راهنمایی و رانندگی در تهران و شمیران را صادر کرد و همچنین دستور داد که تنها پس از معاینه اتومبیل به صاحبان آن گواهینامه داده شود.

با وجود این سابقه طولانی کمتر کسی احتمال می‌داد که روزی شاهد کم توجهی به قوانین راهنمایی و رانندگی در کشور باشیم و این کم توجهی در جامعه فراگیر شود.

اجرای قوانین و مقررات و نظارت برآن امری اجتناب ناپذیر و لازمه آسودگی و اطمینان خاطر برای سفرهای درون شهری و بین شهری است اما امروز پس از گذشت 87 سال از انتشار آن توصیه‌ها شاهد صدور روزانه 90 هزار قبض جریمه برای رانندگان متخلف هستیم.

تعریف 1-1. ترافیک^۲ یک واژه شناخته شده بین المللی است و در قوانین به مجموعه عبور و مرور وسایل نقلیه و اشخاص و حیوانات در راه‌ها اطلاق می‌گردد. ترافیک از سه عامل تشکیل می‌شود این عوامل عبارت از انسان، راه و

² Traffic

وسیله نقلیه می‌باشد. چنانچه هر یک از این عوامل سه گانه نباشند اصولاً مسأله‌ای به نام ترافیک وجود نخواهد داشت. هر ساله بر تعداد وسایل نقلیه در جاده های کشور افزوده می‌شود و انتظار می‌رود که این افزایش در آینده نیز ادامه یابد.

افزایش وسایل نقلیه بستگی به عواملی نظیر رشد جمعیت، اوضاع اجتماعی - اقتصادی، تحولات فرهنگی و چگونگی بهره‌وری از زمین دارد.

در بحث مدیریت ترافیک از جمله موضوعاتی که می‌تواند تأثیر و قابلیت فناوری‌های نوین در امر ترافیک را ارتقاء دهد و در عین حال از صرف هزینه‌های زیاد جلوگیری کند جلب مشارکت عمومی شهروندان با ایجاد بستر و شرایط لازم خواهد بود که به سبب تأثیر و تأثر منافع حاصل از ترافیک مطلوب، زمینه برای مشارکت جدی مردم فراهم خواهد شد.

با نگرش به پیشینه شکل‌گیری ترافیک در ایران در صد سال گذشته که باعث بروز شرایط و وضعیت کنونی شده است ضرورت برون رفت از آثار مخرب و زیان‌بار فعلی در ابعاد مختلف برای همگان موضوعی غیرقابل تردید است لذا مواجهه علمی و کارشناسی با این پدیده که از آن به عنوان بحران ملی یاد می‌شود با توجه به اصل پدیده حمل - و نقل ترافیک ضروری به نظر می‌رسد.

مردم ترافیک را جزء لاینفک زندگی خود دانسته و با آثار زیانبار آن دست و پنجه نرم می‌کنند که از جمله این مشکلات می‌توان به سنگینی حجم ترافیک در ساعات اوج اشاره کرد که موجبات بروز و افزایش آلودگی‌های زیست محیطی، نگرانی و مشکلات روحی و جسمی، تأخیر در حل مسائل روزمره، حوادث و سوانح ناشی از خستگی و کم حوصلگی، مناقشه جدی بین مردم و پلیس و هزاران معضل دیگر را فراهم کرده است و تمام کسانی که در تهران و شهرهای بزرگ ساکن هستند کم و بیش با این مشکلات روبه رو بوده و متأسفانه روز به روز بر دامنه این نابسامانی‌ها افزوده می‌شود. بخشی از آثار زیانبار ترافیک تهران ناشی از سوخت‌های فسیلی است که عمده این آلاینده‌ها در اثر احتراق موتورهای درون سوز و مربوط به تردد خودروها در شهر است. برابر برخی آمارهای ارائه شده روزانه ۲۰ نفر بر اثر آلودگی هوا در شهر تهران جان خود را از دست می‌دهند یا در برخی گزارش‌ها از مرگ سالانه ۵۴ هزار تهرانی در اثر آلودگی هوا حکایت می‌کند و پیش‌تر یکی از مسئولین تعداد مرگ و میرهای شهروندان تهرانی بر اثر آلودگی هوا را در ۸ سال گذشته با کشته شدگان جنگ تحمیلی مقایسه کرده بود.

عمده‌ترین علل افزایش آلودگی ناشی از سوخت خودروها، افزایش حجم ترافیک در ساعات اوج و به تبع آن قفل شدن ترافیک در برخی از معابر است که چنانچه با توسل به فناوری‌هایی نظیر سامانه ترافیک برخط بتوانیم اطلاعات لازم را در اختیار شهروندان قراردهیم، قادر خواهیم بود با ساماندهی و توزیع سفرها از حجم ترافیک ساعات اوج کاسته و از گسترش آلودگی و پیامدهای ناگوار آن تا حد قابل توجهی بکاهیم.

از طرفی دیگر، توجه جدی متولیان و مسئولین به موضوعاتی نظیر توسعه حمل و نقل عمومی نظیر مترو، اتوبوسرانی و ...، گسترش شبکه بزرگراهی، توجه به رشد و ارتقای فضای سبز، حذف سوخت‌های فسیلی از چرخه انرژی، جلوگیری از توسعه صنایع آلاینده، حذف خودروهای فرسوده و اجرای طرح محدوده تردد هرچند در جای خود قابل تحسین است و تأثیرگذار بوده و در کوتاه مدت نقش مهمی در کاهش آثار زیانبار ترافیک ایفا کرده است لیکن نباید تمام جواب مسئله ترافیک را فقط در این شاخص‌ها جستجو کرد.

امنیت هدف نخستین

هدف اصلی مهندسی ترافیک ایجاد یک سیستم امن برای رفت و آمد در خیابان‌های شهری و برون شهری می‌باشد و این مسئله از اهمیت بسزایی برخوردار است. در سال‌های اخیر تعداد کشته شدگان در خیابان‌های امریکا در حدود 40000-43000 نفر در هر سال بوده با این وجود در مقایسه با دهه اول سال 1970 که تعداد کشته شدگان 55000 نفر در هر سال بوده هنوز این رقم قابل توجه است به همین دلیل است که رفت و آمد ایمن همیشه در اولویت اول قرار دارد.

چهار جزء اصلی که در سیستم ترافیک تأثیر متقابل دارند عبارتند از

- استفاده کنندگان راه
- وسیله نقلیه
- وسایل کنترل ترافیک
- محیط اطراف

بهترین راه حل این معضل اجتماعی-اقتصادی-فرهنگی، آموزش فرهنگ ترافیک به شهروندان و ترویج عدم استفاده از اتومبیل شخصی است آموزش صحیح فرهنگ ترافیک به همه طبقات جامعه و علاقه‌مند ساختن آنها به رعایت اصول این فرهنگ می‌تواند در اصلاح وضعیت ترافیک و کاهش مسائل و مشکلات ناشی از آن تأثیر به سزایی داشته

باشد. آموزش باید به طور مداوم و به صورت بنیادی و ریشه‌ای صورت پذیرد. از عوامل مهم که باید از طریق افزایش سطح فرهنگ جامعه اصلاح شود، نحوه استفاده از وسایل نقلیه شخصی است. وسایل نقلیه شخصی عامل حاکم بر حمل و نقل شهری بوده و در آینده نیز عامل حاکم باقی خواهد ماند.

ساختار شهری فعلی و کاربری اراضی جاری با هدف سهولت جابجایی و حرکت سریع برای ماشین‌ها این حاکمیت را دو چندان کرده است. برای رسیدن به ترافیک مطلوب‌تر باید استفاده از وسیله نقلیه (استفاده تک نفره از وسیله نقلیه بجای حمل و نقل عمومی) کاهش یابد و سیستم متعادل تری برای حمل و نقل ایجاد گردد. آموزش ترافیک به صورت بنیادی و فرهنگی بهتر است از گروه‌های سنی پایین و از سطوح کودکان و دبستان شروع شود تا این فرهنگ از کودکی در خمیره نسل آینده حک شود. گفتیم که یکی از عوامل تشکیل دهنده ترافیک، راننده است که باید فرهنگ استفاده از وسیله نقلیه خود و کاربرد آن را بخوبی بداند و بشناسد تا بتواند به گونه‌ای رانندگی کند که خود انتظار دارد دیگران رانندگی کنند. باید توجه داشت که آموزش بطور مداوم و مستمر برای گروه رانندگان که نقش بسیار حساسی را در ترافیک شهرها به عهده دارند، انجام بشود. جاده‌ها و راه‌های ما باید با تکیه بر اصول مهندسی ترافیک طراحی و احداث شود و از کیفیت ایمنی و ضریب اطمینان مطلوب برخوردار و به علائم شناخته شده بین المللی مجهز باشند.

2.1 تقاطع‌ها

تقاطع جاده‌ای یا خیابانی مکانی است که دو یا چند راه به یکدیگر متصل و یا یکدیگر را قطع می‌کنند. تقاطع‌ها بخش اجتناب ناپذیری از شبکه معابر شهری هستند، به این معنی که بسیاری از معابر در یک تقاطع با هم شریک‌اند و بخش عمده تصادفات و تاخیرات زمانی در تقاطعات رخ می‌دهد که علت اصلی آن همگرا شدن جریان‌های ترافیکی مختلف در یک نقطه است .

به طور کلی ظرفیت تقاطع‌ها، ظرفیت جاده‌های شهری را مشخص می‌کند. از آن جایی که در یک تقاطع همه متقاضیان سهم هستند، پس باید در طراحی آن ایمنی، سرعت، هزینه و ظرفیت در نظر گرفته شود .

1.2.1 انواع تقاطع‌ها

- **تقاطع همسطح^۳**. مکانی است که دو یا چند راه به یکدیگر ملحق می‌شوند که هر یک به صورت شعاعی

از تقاطع خارج شده و قسمتی از آن را تشکیل می‌دهد و به آن **شاخه تقاطع^۴** گفته می‌شود. به عبارت دیگر تقاطعی است که کلیه مسیرهای منتهی به آن در یک سطح قرار داشته باشد.

برای جدا کردن وسایل نقلیه که به جهات مختلف گردش می‌کنند و برای کاهش تعداد برخوردها و هدایت بهتر جریان ترافیک، سعی بر این است که تقاطع‌های همسطح را جداسازی کنند که این کار مزایایی دارد که مهمترین آنها عبارت است از کنترل محدودیت سرعت وسایل نقلیه، کمک به گردش وسایل نقلیه با زاویه‌ای مناسب، کمک به رانندگان برای انتخاب مسیر مناسب و

- **تقاطع غیرهمسطح^۵**. مکانی که دو یا چند خیابان یکدیگر را در جاده در سطوح مختلف بدون اتصال قطع می‌کنند که به دلایل زیر ساخته می‌شوند.

1. هنگامی که امکان تامین ظرفیت کافی برای عبور ترافیک از طریق تقاطع‌های همسطح وجود نداشته باشد.

2. هنگامی که در مقایسه با تقاطع‌های همسطح، مخارج احداث تقاطع غیرهمسطح با توجه به کاهش تأخیر و صرفه جویی در وقت و افزایش ایمنی قابل توجه باشد.

3. هنگامی که ایجاد تقاطع غیر هم سطح از نظر اقتصادی به صرفه تر باشد.

³ At grade intersection

⁴ Intersection branch

⁵ Grade – seperated intersection



شکل 1-1 یک نمونه تقاطع غیرهمسطح

- **تبادل‌ها.** زمانی که بخواهیم حجم بالای ترافیک را با حفظ ایمنی و کارایی مورد نظر از تقاطع عبور دهیم یکی از روش‌های جدا کردن خطوط عبوری به صورت ناهمسطح است که به طور کلی به آن تبادل گفته می‌شود.
- **میدان.** تقاطعی است دایره‌ای شکل و یک طرفه بدون تجهیزات چراغ‌های ترافیکی که در آن جریان ترافیک حول یک جزیره‌ی دایره‌ای حرکت می‌کند. میدان نوین عبارت است از شکل تازه‌ای از کنترل تقاطع که ایمنی و بازدهی عبور جریان را تأمین می‌کند. برخی میدان‌ها به وسیله چراغ کنترل می‌شوند در حالی که در برخی دیگر ترافیک ورودی باید در برابر ترافیک موجود در میدان احتیاط کند. میدان حالت خاصی از تقاطع همسطح است از این رو بسیاری از نکات و عواملی که طراحی تقاطع‌ها مدنظر است در مورد میدان نیز صادق است معمولاً در موارد معینی بهتر است به جای تقاطع همسطح ساده از میدان استفاده شود. این موارد عبارتند از
 1. زمانی که که وسایل نقلیه‌ای که به سمت چپ گردش می‌کنند بیش از 30٪ کل ترافیک را تشکیل می‌دهند.
 2. زمانی که بیش از چهار مسیر بهم برسند.
 3. مواقعی که عرض مسیر منتهی به تقاطع به اندازه‌ای نباشد که امکان ایجاد خطوط برای وسایل نقلیه گردنده به چپ وجود داشته باشد.

4. مواقعی که تقاطع بعدی آنقدر نزدیک باشد که امتداد صف وسایل نقلیه متوقف در پشت چراغ قرمز به تقاطع برسد.

5. مواقعی که امتداد مسیرهایی که بهم می‌رسند به صورت Y باشد.

چندین مطالعه در امریکا، اروپا و استرالیا دریافته‌اند که میدان‌ها از سایر تقاطع‌ها عملکرد بهتری در ایمنی دارد.

دلائل افزایش ایمنی در میدان‌ها عبارتند از

- میدان‌ها نقاط برخورد کمتری در مقایسه با تقاطع‌ها دارند.
- وجود انحراف در ابتدای ورودی میدان سرعت را کاهش می‌دهد. سرعت کمتر در میدان‌ها به راننده اجازه می‌دهد تا زمان بیشتری برای واکنش داشته باشد همچنین شدت برخوردها کاهش می‌یابد.
- از آنجا که کاربران راه با سرعت‌های یکسان تری در میدان حرکت می‌کنند شدت تصادفات در مقایسه با تقاطعات کاهش می‌یابد.
- وجود خط گذاری در ابتدای ورودی میدان سبب می‌شود تا ماشین‌ها برای ورود به میدان با تأمل بیشتری در انتظار فاصله مورد قبول باشند و لذا از برخوردها کاسته می‌شود.

از مزایای دیگر میدان، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد

1. می‌توان کلیه گردش‌ها و حرکات را در میدان انجام داد.
2. در مواردی که بیش از چهار مسیر به یکدیگر می‌رسند میدان‌ها از دیگر تقاطع‌ها مناسب‌ترند.
3. مخارج ساختن یک میدان معمولاً از تقاطع ناهمسطح کمتر است.

2.2.1 طراحی تقاطع‌ها

در طراحی تقاطع‌ها مواردی که باید در نظر گرفته شوند به شرح زیر است.

- مسیر بندی مناسب که باعث افزایش ایمنی و از بین بردن سردرگمی رانندگان در محدوده تقاطع می‌شود.
- طراحی مناسب قوس‌ها و خطوط گردشی که باعث امنیت تقاطع و افزایش ظرفیت می‌شود.
- طراحی درست شیب‌بندی در تقاطع‌ها به گونه‌ای که سبب جمع شدن آب‌های سطحی و کاهش ایمنی نگردد.

- میدان دید در تقاطع‌ها.
- طراحی خطوط کمکی به معنی طراحی خیابان‌های جدید یا افزودن فرعی در مسیر مورد نظر که باعث افزایش ظرفیت و کاهش ترافیک در تقاطع می‌شود.
- وضعیت روسازی، عدم وجود ناهمواری و لغزندگی که باعث افزایش ترافیک و کاهش ایمنی می‌شود.
- وضعیت روشنایی تقاطع.
- طراحی تسهیلات عابرین پیاده.
- نصب بجا و بموقع علائم و چراغ‌های راهنمایی.

با توجه به اینکه تقاطع‌ها به عنوان گره‌های شبکه حمل و نقل بیش‌ترین تأخیر را به وسایل نقلیه تحمیل می‌کنند پس به دنبال راه مناسب برای از بین بردن این تأخیرات هستیم. روشی که علاوه بر کاهش تأخیر، باعث کاهش فشار روانی رانندگان و صرفه جویی در مصرف سوخت و انرژی بشود.

3.1 تأخیر و انواع آن

شبکه حمل و نقل شهری از دو بخش معابر و تقاطع‌ها تشکیل می‌گردد. با توجه به این که تقاطع‌ها به عنوان گره‌های شبکه حمل و نقل شهری بیش‌ترین تأخیر را به وسایل نقلیه تحمیل می‌کنند، آگاهی از میزان تأخیر و انواع آن از اطلاعات مورد نیاز مدل‌های تخصیص ترافیک است.

زمان تأخیر در یک تقاطع به عوامل متعددی از جمله چگونگی رفتار رانندگان، شرایط خاص منطقه‌ای، مشخصات فیزیکی تقاطع و خیابان‌های ورودی آن، زمان بندی چراغ در تقاطع و حجم ترافیک در خیابان‌های ورودی به تقاطع بستگی دارد.

انواع تأخیر را به صورت زیر می‌توان بیان کرد.

- **تأخیر توقف⁶**. مدت زمانی که یک وسیله نقلیه در صف متوقف و منتظر عبور از تقاطع یا لینک⁷ (جاده یا خیابان) است.

⁶ Stopped- time delay

⁷ Link

- **تأخیر رویکرد^۸**: مدت زمان انتظار، از وقتی که یک وسیله نقلیه به انتهای یک صف در یک تقاطع یا لینک ملحق می‌شود تا زمان تخلیه و عبور از خط توقف را گویند.
 - **تأخیر زمان سفر^۹**: اختلاف بین زمان سفر مورد انتظار راننده برای عبور از تقاطع یا لینک با زمان واقعی عبور از آن را گویند.
 - **تأخیر وسایل کنترل کننده**: این تأخیر عبارت است از تأخیری که در نتیجه یک وسیله کنترل کننده ایجاد می‌شود که می‌تواند یک علامت ترافیکی و یا علامت ایست باشد.
- متوسط هر کدام از تأخیرها عبارت است از میانگین تمام تأخیرات وسایل در یک دوره مشخص.

4.1 ظرفیت^{۱۰}

از دیگر عوامل مهم در ایجاد ترافیک ظرفیت جاده است. **ظرفیت** جاده عبارت است از حداکثر تعداد وسایل نقلیه‌ای که بتوانند در مدت زمان معین با کیفیتی قابل قبول در مقطعی مشخص از جاده از یکی از خطوط یا تمام عرض آن در یک جهت یا هر دو جهت از جاده عبور کنند که تابع عوامل متعددی چون طرح هندسی، نوع روسازی، عوامل جوی، خصوصیات رانندگان و شرایط ترافیکی و کنترلی است.

در تعریف ظرفیت فرض شده است که شرایط آب و هوایی و وضعیت روسازی جاده مطلوب است در این تعریف

- **شرایط ترافیکی** به مشخصات جریان ترافیک استفاده کننده از تسهیلات مربوط می‌شود و شامل تفکیک انواع وسیله نقلیه در جریان ترافیک، توزیع ترافیک در جهات مختلف حرکت و نسبت توزیع ترافیک در هر خط عبوری می‌باشد.
- **شرایط کنترلی** به انواع عمومی و یا خاص ادوات کنترل و تنظیم ترافیک مربوط است. محل نوع و زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی یکی از شرایط کنترلی مؤثر در ظرفیت راه‌ها می‌باشد. شرایط کنترلی دیگر، شامل علائم ایست، علائم ممنوعیت گردش و علائم محدودیت استفاده از خطوط و نظایر آنهاست.

⁸ Approach delay

⁹ Travel- time delay

¹⁰ Capacity

- ظرفیت برای یک نقطه یا یک قسمت از تسهیلات تعریف می‌شود. این موضوع به شرایطی که در موارد بالا گفته شد مربوط می‌شود. یک قسمت باید دارای شرایط موجود پایداری باشد در هر نقطه‌ای که این شرایط تغییر کند ظرفیت نیز تغییر می‌کند.
- کیفیت استفاده از جاده با معیار سطح سرویس بیان می‌شود که در ادامه مورد بحث قرار می‌گیرد. نکته قابل ذکر این است که سطح سرویس در حال تغییر است و ثابت نیست.

5.1 سطح سرویس¹¹

سطح سرویس یک معیار سنجی کیفی است که شرایط عملی ترافیک و میزان رضایت رانندگان از این شرایط را توصیف می‌کند. این معیار به عواملی نظیر سرعت، زمان سفر، آزادی مانور (به معنی آزادی انتخاب خطوط حرکتی در خیابان یا جاده) و ایمنی جاده بستگی دارد. تحلیل سطح سرویس بر پایه تحلیل تقاضا، خصوصیات هندسی راه، میزان جریان موجود و عملکرد راه انجام می‌شود.

وضعیت ترافیکی از نظر کیفی شش سطح سرویس دارد.

- **سطح سرویس A.** این سطح سرویس بیانگر تردد آزاد است و حرکت هر یک از وسایل نقلیه در جریان ترافیک مستقل از حضور سایر وسایل نقلیه می‌باشد همچنین حجم ترافیک و چگالی آن کم و سرعت وسایل نقلیه زیاد است. در این سطح رانندگان می‌توانند سرعت خود را ثابت نگه دارند. میانگین سر فاصله وسایل نقلیه 146 متر یا حدوداً 24 خودروی سواری است.
- **سطح سرویس B.** در این نوع تردد پایدار و همیشگی است جریان ترافیکی متعادل و نسبتاً آزاد است ولی سرعت حرکت به علت تراکم وسایل نقلیه محدود می‌شود هر چند رانندگان از نظر انتخاب سرعت و خط به طور کامل آزاد هستند در این سطح سرعت نسبت به سرویس مرحله قبل کمتر ولی میزان این کاهش قابل توجه نیست. میانگین سر فاصله وسایل نقلیه 89/3 متر یا حدوداً 15 خودروی سواری است.
- **سطح سرویس C.** در این نوع تردد پایدار و همیشگی است اما حرکت هر وسیله نقلیه به طور قابل توجهی تحت تأثیر رفتارهای سایر وسایل نقلیه حاضر در جریان ترافیک قرار می‌گیرد. سرعت و قابلیت مانور در جاده کم می‌شود و رانندگان در انتخاب سرعت و خط محدودیت دارند و آرامش و راحتی به طور قابل

¹¹ Level of service

ملاحظه‌ای در این سطح کاهش می‌یابد. میانگین سر فاصله وسایل نقلیه 61/8 متر یا حدوداً 10 خودروی سواری است.

- **سطح سرویس D.** این سطح سرویس دارای چگالی بالاست و میانگین سرعت با افزایش جریان شروع به کم شدن می‌کند، سرعت وسایل نقلیه از حالت یکنواخت و متعادل خارج و بر حسب وضعیت ترافیک کم و زیاد می‌شود و آزادی مانور نسبتاً کم است. میانگین سر فاصله وسایل نقلیه 46 متر یا حدوداً 7 خودروی سواری است.

- **سطح سرویس E.** در این سطح سرویس شرایط عملی تردد ترافیک نزدیک به ظرفیت سیستم است. به بیان دیگر ظرفیت سیستم در این سطح سرویس اتفاق می‌افتد و بیشترین حجم ترافیک به ظرفیت برای سطح سرویس برابر یک است سرعت همه وسایل نقلیه کاهش می‌یابد اما این کاهش نسبتاً یکنواخت است. آزادی برای مانور و انجام سبقت بدون در نظر گرفتن جریان جمعی ترافیک بسیار مشکل است و عموماً این کار با مجبور کردن وسایل نقلیه به "راه دادن" صورت می‌گیرد. سطح آرامش و راحتی بسار تنزل می‌یابد. در این سطح، تردد عموماً ناپایدار و غیردائم خواهد بود. جریان ترافیک به صورت حرکت و توقف در می‌آید.

- **سطح سرویس F.** این سطح سرویس برای تعریف تردد از کار افتاده بکار می‌رود این شرایط در جایی بوجود می‌آید که میزان ترافیک آن از میزان حجم ترافیکی که جاده می‌تواند عبور دهد فراتر رود. صف‌های طولانی پشت سر هم از ویژگی‌های این سطح سرویس است وسایل نقلیه در چنین سطحی لحظه‌ای در حرکت و لحظه‌ای در توقف هستند. جریان حرکت وسایل نقلیه شدیداً ناپایدار و غیر دائم است. همچنین وسایل نقلیه ممکن است برای چند صد متر و یا بیشتر با سرعت قابل قبولی حرکت کنند و سپس مجبور شوند یک توقف نسبتاً طولانی داشته باشند. همچنین سطح سرویس F نقطه‌ای را نشان می‌دهد که مازاد تقاضا نسبت به ظرفیت باعث مختل شدن جریان ترافیک شده است و هنگامی که وسایل نقلیه از محل وقفه خارج می‌شوند عملکرد نسبتاً خوب است ولی با این وجود کمبود ظرفیت موجود سبب تشکیل صف می‌شود.

6.1 حجم ترافیک^{۱۲}

حجم ترافیک عبارت است از تعداد وسایل نقلیه‌ای که در مدت زمان معینی در جهت یا جهات مشخص از یک یا چند خط مقطع سیستم از جاده عبور می‌کنند و در واقع اساس مقایسه جاده‌ها نسبت به هم به شمار می‌آید. مطالعه و اندازه‌گیری حجم ترافیک از جمله در تعیین اهمیت جاده‌ها نسبت به یکدیگر، تصمیم‌گیری در مورد اولویت تعمیر جاده‌ها،

¹² Traffic volume

ایجاد جاده‌های جدید، تعیین تغییرات تردد در زمان‌های مختلف، تعیین ظرفیت جاده‌ها و تعیین نوع و تعداد وسایل کنترل ترافیک بکار می‌رود.

7.1 سرعت

در مدیریت ترافیک بررسی سرعت وسایل نقلیه برای نصب علائم در نقاط و محل‌های مناسب و تعیین حداکثر سرعت، ضروری است همچنین در راهسازی نیز سرعت از عوامل ضروری طرح جاده‌ها برای تعیین شعاع قوس‌ها، درصد شیب‌ها، مسافت دید و ... است.

سرعت، تأخیر و زمان سفر شاخص‌های وابسته‌ای هستند که معمولاً با یکدیگر نشانه عملکرد امکانات ترافیکی اند به همین دلیل بهبود سرعت در راه‌ها گامی برای بهینه کردن و مدیریت جریان‌های ترافیکی است.

8.1 مدل سازی و انواع سفر

بر اساس آمارگیری‌های انجام شده اطلاعاتی به دست می‌آید که با توجه به آن می‌توان وضعیت سفر و وضع ترابری موجود را مدل‌سازی کرد.

در واقع مدل‌سازی وقتی میسر می‌شود که بتوان الگوی سفر را مشخص کرد و برای تشخیص الگوی سفر لازم است سفرها را بر حسب موارد مشخص، نوع فعالیت اقتصادی- اجتماعی، مقصود از سفر، زمان سفر و ... تفکیک کرد.

به طور کلی می‌توان گفت مدل‌هایی که بر اساس وضعیت سفر و امکانات ترابری ساخته می‌شوند الگوی سفر را تشکیل می‌دهند.

در ترابری شهری لازم است در موارد زیر مدل‌سازی انجام شود.

1. تولید سفر 2. توزیع سفر 3. تفکیک ترافیک 4. تخصیص سفر.

• تولید سفر^{۱۳}

در این رابطه معمولاً سفرها را به دو گروه تقسیم می‌کنند. سفر از مبدأ خانه^{۱۴} و سفر از مبدأ غیرخانه.

¹³ Trip generation

¹⁴ Trip of home

سفر از مبدأ خانه به سفرهایی گفته می‌شود که خانه‌ی سفر کننده مبدأ آن باشد به عبارت دیگر هر سفری که از خانه آغاز می‌شود و به تبع آن سفر از مبدأ غیر خانه به سفرهایی گفته می‌شود که از هر مکانی به جز خانه آغاز شود.

• توزیع سفر^{۱۵}

ساختن مدل از توزیع سفر یعنی این که مشخص شود سفرهای تولید شده در هر حوزه به چه نحوی بین حوزه‌های دیگر توزیع می‌شوند.

• تفکیک ترافیک^{۱۶}

در این مبحث معمولاً سفرها را به دو گروه تفکیک می‌کنند. سفرهایی که به کمک وسایل نقلیه شخصی صورت می‌گیرد و سفرهایی که به کمک وسایل نقلیه عمومی انجام می‌شوند. فرض می‌شود که انتخاب نوع سفر بستگی به مخارج کلی سفر با هر نوع از وسایل نقلیه دارد.

• تخصیص سفر^{۱۷}

مشخص کردن مسیر سفر افراد با وسایل مختلف را تخصیص ترافیک یا تخصیص سفر گویند. با توجه به این که شبکه، مسیر و وسایل نقلیه عمومی مشخص است، بیش‌تر موضوع تخصیص ترافیک به تعیین میزان استفاده از سایر وسایل در شبکه مورد نظر مربوط می‌شود.

آشنایی با مفاهیم بیان شده در مطالعه موضوعی ترافیک امری طبیعی است. حال با دانستن مفاهیم کلیدی و اولیه و جمع‌آوری این اطلاعات می‌توان به یافتن مشکلات موجود و ارائه راه حل برای برطرف نمودن این مشکلات اقدام کرد که در فصل بعد بیان خواهد شد.

¹⁵ Trip distribution

¹⁶ Traffic seprated

¹⁷ Trip assignment

فصل دوم

تخلیه و توزیع بهینه ترافیک

مقدمه

در یک فرایند تخلیه، هدف حفظ شارش ترافیک (پایداری جریان ترافیک و ممانعت از توقف) بصورت هموار و پایدار در خط سیرهای تخلیه است. بنابراین، کانون مدیریت تخلیه ترافیک، تحلیل ظرفیت، توزیع ترافیک و مدیریت ترافیک است. در این فصل ابتدا به معرفی راهکار کنترل محدودیت سرعت پرداخته ([7], 1999) و ([3] s. , 1994) و سپس با استفاده از اصول Wardrop در واگذاری ترافیک به بیان راه حل جهت بهینه سازی جریان ترافیک می پردازیم و در این زمینه از مراجع ([5], 1986) و ([1] D. , 1998) بیشتر استفاده شده است.

1.2 پیش بینی احتیاجات در مدیریت تخلیه ترافیک

در مبحث ترافیک به ویژه ترافیک در مقیاس بزرگ، مسائل مختلف بخصوص مسائل مربوط به تولید سفر و توزیع و شارش آن مورد توجه هستند. اصولاً بهترین خط سیرها آنهایی هستند که با در نظر گرفتن سرعتی که می توان در آن داشت، ظرفیت، خطرهای موجود از هر حادثه و تأخیرات احتمالی انتخاب می شوند. افزون براین، تخلیه ترافیک (به حرکت درآوردن صفوف ترافیکی) هر زمان باید به وسیله نمایشگرهایی کنترل شود.

ابتدا به معرفی حالات ترافیک می‌پردازیم.

ترافیک پایدار به وضعیت ترافیکی گویند که تقاضا (درخواست راننده برای تردد در مسیر) در آن به نحوی است که هر گونه اختلال در جریان، بدون هیچ مداخله کنترلی رفع می‌شود.

ترافیک نیمه پایدار زمانی رخ می‌دهد که تقاضا به نحوی است که ترافیک روان و موج رسیدن ناگهانی، هر یک می‌توانند برای مدت زمان طولانی ادامه پیدا کنند. در این حالت اختلال‌های کوچک در جریان ترافیک معمولاً رفع می‌شوند اما هر گونه اختلال بزرگ منجر به تراکم می‌شود.

ترافیک ناپایدار به وضعیتی گفته می‌شود که هرگونه اختلال در جریان ترافیک، باعث ایجاد تراکم می‌شود.

تعریف 1.2. گردنه یا گلوگاه بخشی از لینک است که ظرفیت بخش بالایی آن q_{cap}^{up} از ظرفیت بخش پایینی آن q_{cap}^{down} بیشتر باشد. گلوگاه می‌تواند به علل زیر بوجود آید.

- طراحی زیر ساخت‌ها.
- افت‌وخیزهای تکرار شونده که منجر به کاهش ترافیک می‌شوند مثل افت‌وخیز جریان ورودی.
- رویدادهایی مانند تصادفات.

چنان چه ظرفیت ورودی، q_{in} از ظرفیت گلوگاه بیشتر باشد، تراکم به وجود می‌آید که این تراکم اثرات منفی به روی ظرفیت و توان عملیاتی لینک می‌گذارد. این اثرات شامل افت‌وخیزهای ترافیکی در گلوگاه و مسدود شدن نقطه خروجی می‌شود.



شکل (1-2) فعال شدن گلوگاه و انتشار تراکم ([7], 1999)

یکی از راهکارهای موجود جهت مقابله با این تراکم‌ها و مشکلات ناشی از آن احداث زیرساخت‌های جدید به منظور افزایش معابر است که به دلیل هزینه‌های سنگین اقتصادی، زیست محیطی و کمبود فضا در مناطق شهری راه حل مناسبی به نظر نمی‌آید.

راهکار دیگری که جهت مقابله با ترافیک وجود دارد استفاده از وسایل حمل‌ونقل عمومی مانند اتوبوس، مترو و ... است. با اولویت عبور دادن به آنها و بالا بردن هزینه استفاده از خودروهای شخصی از طریق قیمت سوخت و مالیاتهای مربوط به اشغال خیابانها است که این کار نیازمند برنامه‌ریزی‌های مدیریتی و سرمایه گذاری‌های بلند مدت است.

راهکار دیگر استفاده از سیستم کنترلی است.

یکی از مهمترین عوامل تصادفات در سراسر جهان سرعت بیش از حد مجاز وسایل نقلیه می‌باشد. با توجه به رشد روز افزون جمعیت و همچنین تعداد وسایل نقلیه باید به دنبال گسترش و به کارگیری روش‌هایی نوین در جهت کاهش صدمات ناشی از حرکت با سرعت بالا بود.

در عصر حاضر ارتقای سطح زندگی و بالا رفتن ارزش زمان برای مردم از یک طرف و عدم امکان توسعه زیر ساخت‌های حمل و نقل به موازات رشد تقاضا بدلیل زمانبر بودن، هزینه بالا و محدودیت منابع از طرف دیگر، سیستم حمل و نقل را وادار کرده است تا به فکر استفاده بهینه از زیر ساخت‌های موجود به منظور پاسخگویی به تقاضای حمل و نقل باشد.

در برنامه‌های ایمن سازی تغییر عملکرد و عادات انسان‌ها (اعم از جلوگیری از رانندگی تحت نفوذ الکل و مواد مخدر، بستن کمربند ایمنی و بازدید فنی وسایل نقلیه) به راحتی امکان پذیر نمی‌باشد اما بهبود ایمنی به شکل عملیات و اصلاحات موردی هندسی مانند استفاده از ابزار کنترل سرعت و ترافیک، جداسازی ترافیک، طرح هندسی تقاطع‌ها و جاده‌ها و حذف نقاط حادثه خیز معمولاً مؤثرند.

تابلوهای سرعت متغیر نمونه‌ای از ابزارهای کنترل سرعت می‌باشند.

تابلوهای محدودیت سرعت نمونه‌ای از علائم کاربردی در سیستم‌های حمل و نقل هستند که در طول مسیر برای اعلام سرعت مجاز بر اساس شرایط متغیر راه محیط و عوامل مؤثر بر آن مورد استفاده قرار می‌گیرند.

این تابلوها از دیودهایی که شدت نور بالایی دارند ساخته می‌شوند و قابلیت دیدِ نوری را در شرایط نامساعد، مطمئن می‌سازند. از ویژگی‌های این تابلوها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد

- قابلیت دید تابلوها برای رانندگان در تمام شرایط روشنایی امکان پذیر است.
- در موقعیت‌های اضطراری حالت نمایشی تابلوها به صورت دواير چشمک زن تغییر می‌کند.
- دارای مقاومت مکانیکی و دوام کافی است.
- مجهز به کنترل است.
- زمان دقیق تغییر سرعت مجاز بر روی تابلوها ثبت می‌شود.

در صورتی که نصب این تابلوها هدفمند و بصورت علمی صورت گیرد می‌تواند دارای مزیت‌های زیر باشد.

1. میانگین سرعت و تصادفات رانندگی را کاهش می‌دهد.
2. تخلفات رانندگی ناشی از سرعت غیرمجاز را کاهش می‌دهد.
3. در محیط‌های متراکم می‌تواند جریانهای ترافیکی را آرام کند.
4. از ترمز زدن‌های مداوم جلوگیری می‌کند.

از جمله عوامل مؤثر در تغییرات سرعت عبارتند از

1. **قوس‌ها.** بر اساس آمار و اطلاعات نرخ تصادفات در قوس‌ها حدود 3 برابر بیشتر از نرخ تصادفات در سایر نقاط جاده است که علت اصلی این تصادفات ناشی از، از دست دادن کنترل وسیله نقلیه و مناسب نبودن امکان دید برای راننده می‌باشد.
2. **حداکثر شیب راه.** این متغیر از پارامترهای مربوط به شرایط جاده‌ای است که نقش مهمی در وقوع تصادفات دارد به خصوص در شیب‌های بیش از 6% که نرخ تصادفات بسیار بیشتر است. نصب تابلوهای محدودیت سرعت به ویژه در سرازیری‌های جاده‌ای باعث می‌شود که سرعت مجاز با توجه به مسافت‌های لازم جهت ترمزگیری تنظیم شده و باعث کاهش تصادفات شود.
3. **روزهای بارانی.** این متغیر بیانگر تأثیراتی از قبیل مواجه شدن با روسازی خیس و دید کم خواهد بود و نیز باعث کاهش اصطکاک در اثر خیس شدن روسازی می‌شود.

4. **حجم تردد روزانه ترافیک.** این متغیر یکی از متغیرهای اساسی بوده که نقش عوامل انسانی و وسیله نقلیه و اثرهای مشترک این دو مورد را در برمی گیرد. بدیهی است که در یک مسیر هر چند ناامن تا ترددی انجام نشود تصادفی روی نخواهد داد.

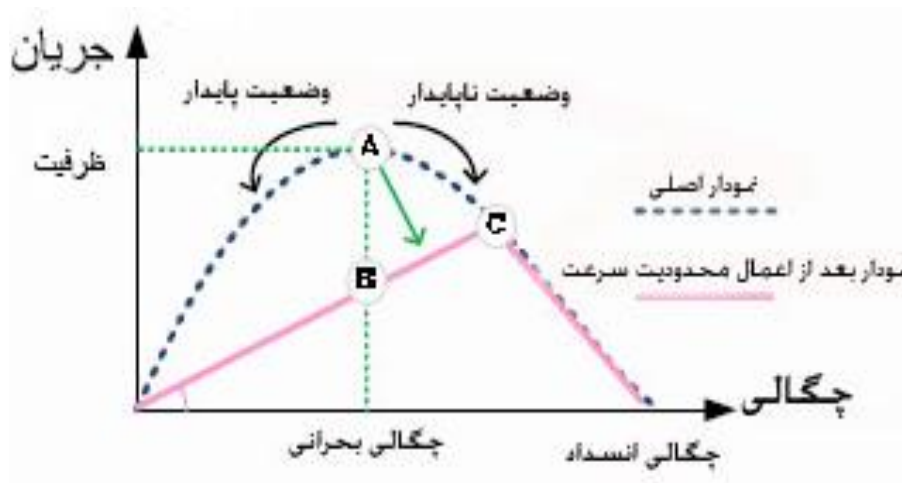
کنترل سرعت یک ابزار کنترلی، جهت مدیریت رفتار رانندگان در جاده‌های شهری و خیابان‌هاست که از طریق تعیین حدود مجاز سرعت در لینک‌ها، آب و هوا، تصادفات و مسائل ایمنی و نمایش این حدود روی تابلوهای متغیر خبری وضعیت ترافیک را مدیریت می‌کند.

این روش در کشورهایی نظیر فنلاند، هلند، انگلستان، آمریکا و آلمان مورد استفاده قرار گرفته است.

2.2 اهداف کلی عملکرد محدودیت سرعت و عملکرد آن

به طور کلی هدف از این نظریه کاهش تراکم، کاهش زمان سفر، بهبود سطح سرویس، پایداری (همگن سازی) سرعت-، کاهش توقفات ناگهانی، بهبود ایمنی و کاهش تصادفات است.

شکل زیر نمودار جریان-چگالی^{۱۸} را نشان می‌دهد. مطابق شکل افزایش چگالی در یک بخش از لینک افزایش جریان (خروجی) از آن بخش را نتیجه می‌دهد.



نمودار (1-2) نمودار چگالی - جریان. شیب خطی که مبدأ را به نقطه‌ای روی نمودار متصل می‌کند معرف سرعت متوسط در وضعیت ترافیکی متناظر با آن نقطه است. ([7], 1999)

¹⁸ Density

تعریف 2.2. چگالی، تعداد وسایل نقلیه‌ای است که در زمان واحد، از مقطع مشخصی از یک سیستم عبور می‌کند. **چگالی بحرانی** به معنای این است که چگالی در حال نزدیک شدن به حالت اشباع است و **چگالی انسداد** به حالتی گوئیم که هیچ وسیله نقلیه‌ای قادر به حرکت در طول سطح مقطع نیست.

پس از آن که در چگالی بحرانی نقطه (A) جریان به بیشترین مقدار خود (ظرفیت جاده) می‌رسد افزایش چگالی، کاهش میزان جریان را در پی دارد که این به معنی شروع ایجاد تراکم و وضعیت ناپایدار ترافیکی (حالت توقف و حرکت) است. کاهش جریان ادامه دارد تا این که در چگالی انسداد (چگالی راه بندان) مقدار جریان به صفر برسد بنابراین وضعیت ترافیکی از صفر تا چگالی بحرانی، پایدار (ترافیک روان یا ترافیک بدون توقف و حرکت) و از چگالی بحران تا چگالی انسداد، ناپایدار است.

فرض کنید حالت ترافیک در بخشی از جاده در نقطه A قرار دارد اگر محدودیت سرعت در این بخش اعمال شود حالت ترافیک به جای نقطه A به مکانی بین نقاط B و C منتقل می‌شود و در واقع شیب خطی که مبدأ را به نقطه A متصل می‌کرد، کاهش می‌یابد. چنین اقدامی باعث کاهش نسبی جریان خروجی از ناحیه کنترل شده می‌گردد و در ضمن حالت پایداری ترافیک را حفظ می‌کند حتی اگر تقاضای ترافیکی بالا باشد، حالت ترافیک در نهایت به نقطه C می‌رسد. در واقع چگالی بحران به نقطه C منتقل می‌شود پس می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که اعمال محدودیت سرعت در یک بخش باعث دو عملکرد می‌شود که به صورت زیر است.

1. وضعیت ترافیک به حالت ناپایدار تغییر نکند و یا این که تغییر وضعیت به حالت ناپایدار به تأخیر افتد.

2. کاهش نسبی جریان اتفاق افتد.

باید توجه داشت که کنترل سرعت در مواقعی که تقاضا بالاست و ظرفیت به حد اشباع رسیده (چگالی انسداد) تأثیر چندانی در جلوگیری از توقف و حرکت ندارد به عبارت دیگر برای تأثیر بهتر، وضعیت ترافیک باید در حالت نیمه پایدار باشد زیرا در وضعیت پایدار اختلالات بدون دخالت سامانه‌های کنترلی رفع می‌شود و در حالت ناپایدار هرگونه محدودیت سرعت موجب اختلال و موج رسیدن ناگهانی می‌شود.

بر اساس توضیحات داده شده دو راهکار وجود دارد.

1. راهکار همگن سازی با استفاده از قانون بقای جریان^{۱۹}

این دیدگاه تأکید بر استفاده از کنترل محدودیت سرعت به عنوان ابزاری است که می‌تواند از طریق کاهش اختلاف سرعت و چگالی بین گروه‌های مختلف خودرو (خودروهای موجود در خطوط مختلف و یا قطعات مختلف جاده) به ایجاد یک جریان همگن و پایدار در جاده‌ها و خیابان‌ها منجر شود.

در رویکرد همگن‌سازی معمولاً از مقادیر محدودیت سرعت‌های بیش‌تر از سرعت بحرانی (متوسط سرعت در چگالی بحرانی) استفاده می‌کنند. بنابراین این محدودیت سرعت‌ها، جریان ترافیک را محدود نمی‌کنند بلکه به مقدار کمی متوسط سرعت را کاهش و چگالی را افزایش می‌دهند. این همگن سازی باعث ایجاد جریان ترافیک پایدارتر و ایمن‌تر می‌شود. از دیگر نتایج بهبود کیفیت هوا و کاهش مصرف سوخت از طریق کاهش تعداد توقف‌ها و حرکت‌هاست.

2. راهکار جلوگیری از تفکیک ترافیک

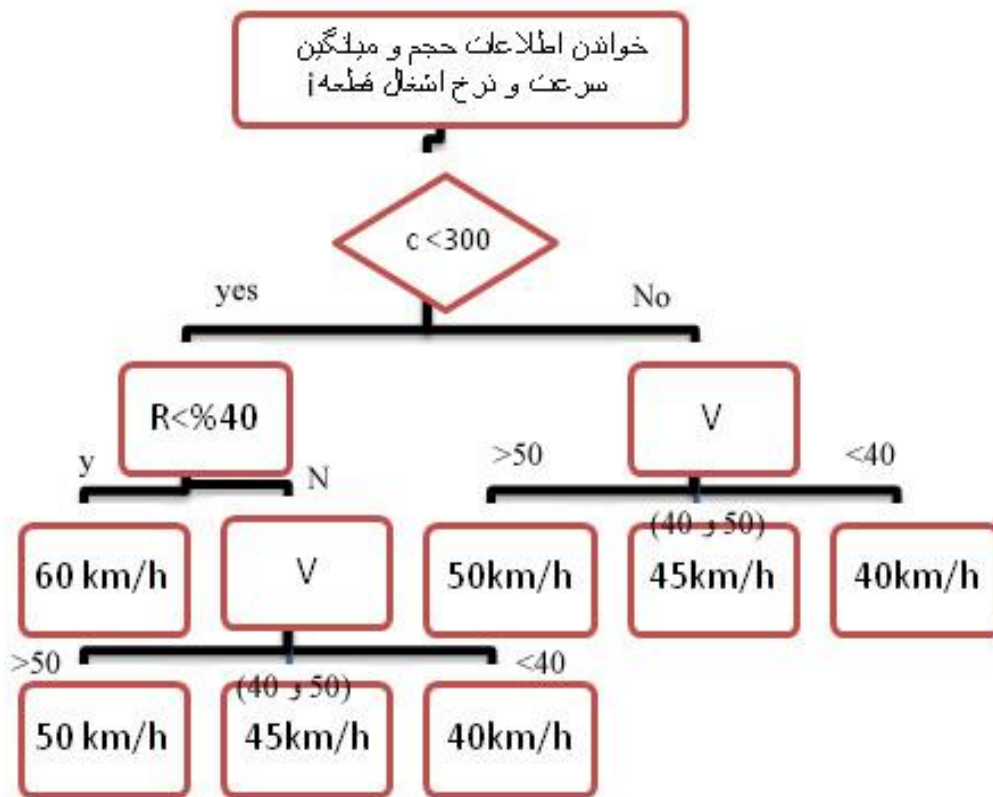
این راهکار برای جلوگیری از شکل‌گیری چگالی‌های بالا در طول خیابان‌های شهری به ویژه مناطق گلوگاه است. به منظور کنترل جریان ورودی به ناحیه متراکم، اجازه استفاده از محدودیت سرعت‌های کمتر از سرعت بحرانی را می‌دهد. با استفاده از این راهکار افزایش جریان‌های ترافیکی و کاهش زمان سفر قابل دستیابی است. هر زمان که جریان ورودی گلوگاه از ظرفیت آن بیشتر باشد، پیش از فعال شدن گلوگاه و تشکیل تراکم با اعمال محدودیت سرعت در فاصله مناسب از گلوگاه (500 تا 700 متر) جریان خروجی از بخش کنترل شده (جریان ورودی به گلوگاه) را به مقدار کافی کاهش می‌دهیم تا تقریباً برابر با ظرفیت گلوگاه شود ($q_{cap}^{down} \cong q_{in}$). به این ترتیب از تشکیل تراکم و افت ظرفیت جلوگیری کرده که منجر به بهبود نرخ جریان خروجی از گلوگاه و در نتیجه بهبود نرخ جریان خروجی از لینک و کاهش زمان سفر می‌شود.

1.2.2 مراحل روش کنترل محدودیت سرعت

- دریافت اطلاعات کلی یا لحظه‌ای ترافیک یا هر دو.
- استفاده از یک الگوریتم برای تعیین محدودیت سرعت و دستورات کنترلی با توجه به اطلاعات.

¹⁹ جریان وارد شونده به لینک با جریان خارج شونده از لینک برابر است

در این الگوریتم ابتدا لینک به مجموعه‌ای از قطعات تقسیم می‌شود که هر قطعه دارای یک حسگر و تابلو متغیر خبری است و به صورت واحد عمل می‌کند. پس از دریافت اطلاعات هر قطعه (میانگین جریان، سرعت و ..) یک ساختار درختی برای تصمیم‌گیری در مورد محدودیت سرعت‌ها در وضعیت‌های مختلف ترافیکی شکل می‌گیرد.



شکل 2-2 درخت تصمیم برای تعیین محدودیت سرعت قطعه i

c = حجم قطعه i

V = میانگین سرعت قطعه i

R = نرخ اشغال قطعه i

اطلاعات حجم، سرعت و نرخ اشغال از حسگر دریافت می‌شود ابتدا حجم قطعه i خوانده می‌شود که یا کمتر از 300 وسیله نقلیه و یا بیشتر است. در صورت بیشتر بودن، میانگین سرعت قطعه i خوانده می‌شود که سه حالت ممکن است

رخ دهد حالت اول، اگر میانگین سرعت وسیله نقلیه بیشتر از $50 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ باشد، توصیه این است که با سرعت $50 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ حرکت کند. حالت دوم، اگر میانگین سرعت وسیله نقلیه کمتر از $40 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ باشد، توصیه این است که با سرعت $40 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ حرکت کند و حالت سوم، در صورتی که سرعت وسیله نقلیه بین $40 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ تا $50 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ باشد، توصیه این است که با سرعت $45 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ حرکت کند. در صورتی که حجم قطعه i کمتر از 300 وسیله نقلیه باشد، نرخ اشغال قطعه i خوانده می‌شود. نرخ اشغال یا بیشتر از 40٪ و یا کمتر است. در صورت بیشتر بودن اطلاعات میانگین سرعت قطعه i خوانده می‌شود که مطابق فوق است و در صورت کمتر بودن توصیه می‌شود که سرعت وسیله نقلیه به $60 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ تغییر کند.

3.۲ بهینه‌سازی و اصول Wardrop

یکی از شیوه‌های تحقیقاتی مدیریت ترافیک در تخلیه، انجام آن با شبیه سازی است. در حقیقت شبیه سازی اغلب تحلیل‌های بهینه سازی را کامل می‌کند.

اصول Wardrop (W. , 1952) [6] شامل دو اصل است. اولین به کار بردن اصل تعادل است (UE)^{۲۰} و زیر بنای این اصل این است که هر کاربری به کاربر دیگر برای کاهش هزینه‌ی سفر کمک کند و دومین اصل، سیستم بهینه یا به عبارتی (SO)^{۲۱} است و زیر بنای این اصل این است که سیستم به طریقی طراحی شود که هزینه‌ی سفر کاربران کاهش یابد.

در زیر مدل‌بندی SO که توسط پتا^{۲۲} (s. , 1994) [3] و کری^{۲۳} (1986) بیان شده را مشاهده می‌کنیم. در این مدل بندی پارامترها و متغیرهای تصمیم مختلفی به کار می‌روند که به شرح زیر است.

نماد	شرح
------	-----

²⁰ User equilibrium

²¹ System optimal

²² Petta

²³ Carey

x^{ta}	تعداد وسایل نقلیه روی لینک a از آغاز در بازه زمانی t
$h_{ta}x^{ta}$	هزینه زمان سفر وقتی که لینک a شامل وسایل x^{ta} می شود از آغاز در بازه زمانی t
m^{ta}	تعداد وسایل نقلیه خروجی از لینک a در بازه زمانی t
d^{ta}	تعداد وسایل نقلیه ورودی به لینک a در بازه زمانی t
I_n^t	تعداد وسایلی که مبدأ حرکت آنها گره n است در بازه زمانی t
O_n^t	تعداد وسایل نقلیه ای که مقصد آنها گره n است در بازه زمانی t
$B(n)$	ترافیک ترک کننده گره n
$g_a x^{ta}$	تابع خروجی که با شرایط ترافیکی روی لینک رابطه دارد و بیشینه وسایلی است که در زمان t از لینک a خارج می شوند. این تابع، پیوسته، غیر کاهشی و مقعر است.
$C(n)$	ترافیک ورودی به گره n
x^{t+1a}	تعداد وسایل نقلیه روی لینک a در بازه زمانی $t+1$

جدول 1-2 شرح نمادهای مدل پتا و کری

اکنون مدل به صورت زیر است

$$\text{Min } z(x) = \sum_t \sum_a h_{ta} x^{ta} \quad (1)$$

- 2)

s.t

$$\sum_{b \in B(n)} d^{tb} = \sum_{c \in C(n)} m^{tc} + I_n^t - O_n^t \quad \forall t, n \quad (2-2)$$

$$m^{ta} \leq g_a x^{ta} \quad \forall t, a \quad (3-2)$$

$$m^{ta} = x^{ta} - x^{t+1a} + d^{ta} \quad \forall t, a \quad (4-2)$$

$$x^{ta} \geq 0, m^{ta} \geq 0, d^{ta} \geq 0 \quad \forall t, a \quad (5-2)$$

رابطه	شرح
(1-2)	کمینه سازی هزینه زمان سفر
(2-2)	شرایط تعادل گره را در بافرلینک ^{۲۴} شرح می‌دهد که تعداد کل وسایلی که به لینک b وارد می‌شوند مساوی هست با تعداد کل وسایلی که از لینک c خارج می‌شوند به علاوه وسایلی که مبدأ حرکتشان گره n است منهای وسایلی که مقصدشان گره n است.
(3-2)	شارش خروجی را محدود می‌کند به این معنی که خروجی از لینک نمی‌تواند از حد ظرفیت لینک بیشتر باشد.
(4-2)	شرایط تعادل لینک را نشان می‌دهد که شمار کلی وسایلی که از لینک a خارج می‌شوند مساوی است با وسایلی که در زمان شروع کار به روی لینک a قرار دارند منهای وسایلی که در زمان بعدی بروی لینک a قرار دارند به علاوه وسایلی که به لینک a وارد می‌شوند.
(5-2)	شرط نامنفی متغیرهای تصمیم

جدول 2-2 شرح روابط مدل پتا و کری

تعریف 3.2. بافرلینک مکانی است که صفوف ترافیکی ایجاد شده و مانند یک انبار عمل می‌کند. به این معنی که وسایل نقلیه در بافرلینک انبار می‌شوند تا زمانی که امکان تخلیه برایشان فراهم شود. مدل S0 در پیش بینی‌های شارش ترافیک در طول تخلیه بسیار مفید است. در بخش بعدی به طور مفصل تحلیل روش‌هایی در مدیریت تخلیه که در 4 منظر زیر بیان شده شرح خواهیم داد.

1. تحلیل اجرایی لینک
2. برآورد شارش خروجی
3. محاسبه هزینه سفر
4. بهینه سازی و تخلیه

²⁴ Buffer link

4.2 چارچوب توزیع در یک سیستم سامان دهی شده تخلیه

هنگامی که چگالی لینک به واسطه یک میزان متفاوت نرخ شارش ورودی و خروجی تغییر کند، مسافران باید مسیرشان را انتخاب کنند. برانستون^{۲۵} (1976) روابط بین شارش ورودی و خروجی را در یک لینک بیان کرد که در مجموع ظرفیت ها، دو شارش داریم که ممکن است با هم قابل قیاس نباشند. با فرض این که در افت و خیزهای ترافیک روزانه، شارش ورودی بیش تر از ظرفیت خروجی باشد (تقاضای ورود به لینک بیش از ظرفیت لینک باشد) پس شارش ورودی ابتدا صعود و سپس نزول می کند تا زمانی که ثابت شود و به حد ظرفیت خروجی برسد. یک روش موثر برای نگهداری تعادل جریان ورودی و جریان خروجی درگیر شدن با پیچ (خطوط کمکی غیر مستقیمی که با هدف کاهش بار ترافیک روی خطوط اصلی طراحی می شوند) است. تئوری برانستون می تواند به تحقیقات جدید در مورد مفاهیم مدیریت ترافیک کمک کند که نتیجه آن بهبود فرایند تخلیه است.

ابتدا کنترل کننده ترافیک اجازه می دهد که یک میزان ورودی ترافیک سنگین وارد لینک شود. لینک میزان شارش ورودی را نگهداری می کند که با میزان شارش خروجی مساوی یا کمتر مساوی است. پس اضافه های ورودی به طور اجباری باید دور بزنند یا از پیچ استفاده کنند. برای استفاده درست از این تئوری نیاز به استفاده از بهترین خط سیرهاست که در این مورد بهترین خط سیر، کوتاهترین مسیر فرض شده است.

تعریف 4.2 نقطه ترکیبی نقطه ای است که وسایل نقلیه که لینک های متفاوت را ترک کرده اند در این نقطه به هم

متصل و از این به بعد در یک جریان حرکت می کنند.

در ادامه یک تحلیل از ترکیب نقاط درون شبکه تخلیه شرح داده می شود.

1.4.2 تغییر پذیری ترافیک (ترافیک متغیر) در یک فرایند تخلیه

در طول رویدادهای فعلی تخلیه، در یک زمان کوتاه، نرخ ورود ابتدا صعود می کند و به یک مقدار اوج می رسد و سپس کاهش خواهد یافت. وسایل نقلیه خط سیرهای ورودی را طی خواهند کرد و به بیشترین حد خواهند رسید و بعد از گذشت مدت زمانی سرانجام پراکنده خواهند شد.

²⁵ Bronstoon

نمودار 2-2 مثالی از منحنی رسیدن (ورود) در 24 ساعت زمان تخلیه است. محور عمودی نشان دهنده بخشی از تقاضای کلی رسیدن (ورود) در ساعت است.

معادله (6-2) یک نوع تابع ورود در مدل تخلیه است که توسط توئی دی^{۲۶} ([5], 1986) بیان شد.

$$F_i(t) = 1 - e^{-(t^{a_i}/b_i)} \quad (6-2)$$

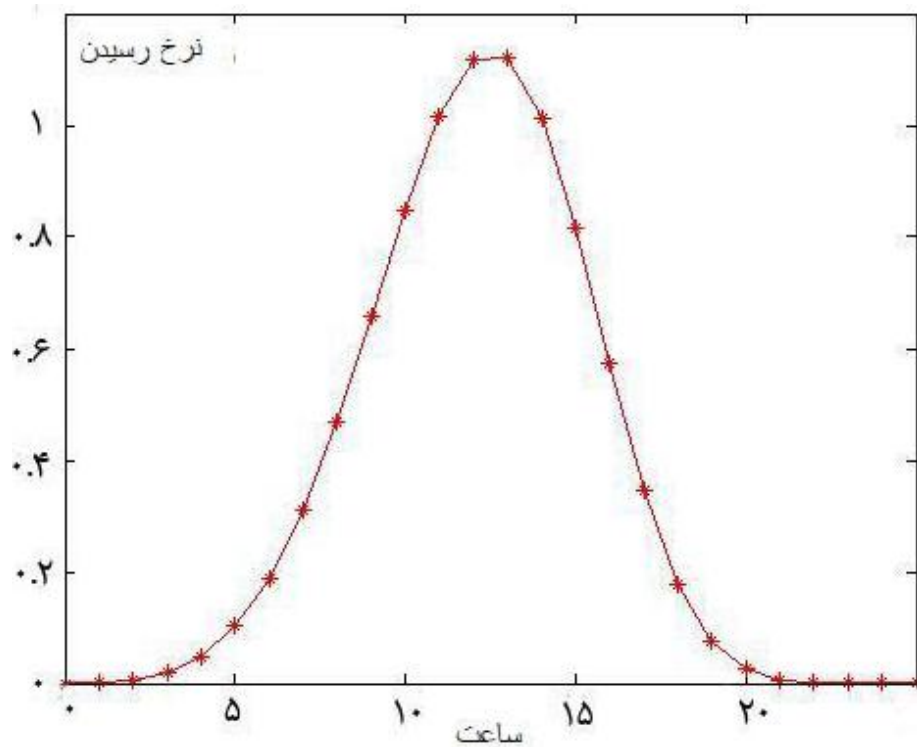
معادله (7-2) تابع نرخ رسیدن (ورود) است.

$$A(t) = \frac{a_i}{b_i} t^{a_i-1} (e^{-(t^{a_i}/b_i)}) \quad (7-2)$$

در معادله (6-2)، $F_i(t)$ نشان دهنده تابع چگالی تجمعی از وسایل نقلیه در حال عزیمت و a_i و b_i پارامترهای تعیین کننده F_i برای هر ناحیه (مساحت) تخلیه i هستند.

مساحت زیر منحنی در نمودار 2-2، 100٪ تقاضای کلی در 24 ساعت زمان تخلیه است بر طبق نتیجه تحقیقات در طول 24 ساعت فرایند تخلیه، 80٪ از متقاضیان سفرهایشان را در یک بازه ده ساعته از 7 صبح تا 5 بعد از ظهر آغاز خواهند کرد. حال بازه زمانی را از ده ساعت به 8 ساعت فشرده می کنیم. بنابراین تقریباً 10٪ متقاضیان قبل از 8 صبح در لینک قرار خواهند گرفت و 80٪ از متقاضیان در طول 8 ساعت بعدی (از 8 صبح تا 4 بعد از ظهر) در لینک قرار خواهند گرفت. با بکار بردن این مقادیر $F(16)=0/9$ ، $F(8)=0/1$ در معادله (6-2)، پارامترهای a ، b به ترتیب 4/45 و 99309/8 به دست خواهند آمد.

²⁶ Tweedi



نمودار 2-2 منحنی نرخ رسیدن (ورود)

این منحنی با استفاده از رابطه (2-7) در طول 24 ساعت زمان تخلیه به دست آمده است.

$$A(0)=0$$

$$A(5)=0.009$$

$$A(10)=0.08$$

$$A(15)=0.08$$

$$A(20)=0.002$$

5.2 محاسبه هزینه زمان سفر

در حالیکه عبارات مدل به وضوح قابل فهم هستند، اما حل آنها در موارد مطالعاتی کاملاً مشکل است به ویژه در یک شرایط فشرده (ترافیک سنگین). در این طرح هزینه زمان سفر را در یک شرایط سنگین ترافیکی محاسبه می‌کنیم.

معادله (8-2) تابع تولید هزینه زمان سفر است که در سال 1990 توسط کری بیان شد. در آن $A_r(t)$ نرخ رسیدن (ورود) وسایل نقلیه و $A_d(t)$ نرخ حرکت (خروج) وسایل نقلیه است و C هزینه زمان سفر و t_0 مدت زمان انتظار در صف می باشد.

$$C = \int_0^{t_0} [A_r(t) - A_d(t)] dt \quad (8-2)$$

6.2 بهینه سازی

این بخش یک مدل ویژه بهینه سازی را برای شارش در طول توزیع تخلیه شرح می دهد. برای واگذاری سفر در بازه های زمانی ویژه در مدل تخلیه، t_0 زمان شروع محاسبه و t_{stop} زمان تغییر وضع اوضاع ترافیک است برای مثال زمان راه اندازی پیچ وقتی که لینک به سطح اشباع تعریف شده خود می رسد. معادلات (9-2) تا (13-2) یک مدل برای فرایند توزیع SO شبکه ی تخلیه را نشان می دهد.

$$\text{Min } z = \sum_a \sum_i h^a(x_i) \quad (9-2)$$

s.t

$$\sum_{b \in B(n)} \int A_{ri}(t) dt = \sum_{c \in C(n)} \int A_{di}(t) dt \quad \forall i, n \quad (10-2)$$

$$A_{di}(t)^a \leq C_a \quad \forall i, a \quad (11-2)$$

$$\int A_d(t)^a dt = [(f_i(t_i))^a - (f_{i+1}(t_{i+1}))^a] + \int A_r(t)^a dt \quad \forall i, a \quad (12-2)$$

$$A_d(t)^a \geq 0, A_r(t)^a \geq 0 \quad (13-2)$$

نماد	شرح
i	گام‌های مختلف در یک فرایند تخلیه
x_i^a	تعداد کل وسایل نقلیه ورودی به لینک a در گام i
$x^a = f_i^a(t)$	تعداد وسایل نقلیه موجود در لینک a در زمان t در گام i
$h^a(x_i)$	هزینه سفر وسیله نقلیه به لینک a در گام i
$A_{ri}(t)^a$	نرخ ورود به لینک a در گام i
$A_{di}(t)^a$	نرخ خروجی از لینک a در گام i
$B(n)$	ترافیک ترک کننده گره n
$C(n)$	ترافیک وارد شونده به گره n
t_i	زمان شروع گام i ام
C_a	ظرفیت خروجی لینک a
$A_{ri}(t)$	نرخ ورود به بافرلینک در زمان t در گام i
$A_{di}(t)$	نرخ خروج از بافرلینک در زمان t در گام i
$f_{i+1}(t+1)^a$	تعداد وسایل نقلیه موجود در لینک a در زمان $t+1$ در گام $i+1$

جدول 2-3 شرح نمادهای مدل فرایند توزیع SO شبکه تخلیه

رابطه	شرح
(9-2)	کمینه سازی زمان سفر روی لینک در یک گام زمانی خاص
(10-2)	شرط تعادل گره در بافرلینک را بیان می‌کند به این معنی که تعداد وسایل وارد شونده به گره n با تعداد وسایل خارج شونده از گره n برابر است.
(11-2)	محدود کردن شارش خروجی، به این معنی که خروجی از لینک نمی‌تواند از حد ظرفیت لینک بیشتر باشد.
(12-2)	شرایط تعادل لینک را بیان می‌کند به این معنی که تعداد وسایل خارج شونده از لینک برابر با موجودی لینک بعلاوه تعداد وسایل وارد شونده به لینک می‌باشد.
(13-2)	شرط نامنفی بودن متغیرهای تصمیم

جدول 2-4 شرح روابط مدل فرایند توزیع SO شبکه تخلیه

در کل زمان سفر هر وسیله نقلیه در یک لینک، پایه محاسبه زمان لازم برای ورود به لینک می‌باشد تا زمانی که همه وسایل جلوی صف، لینک را ترک کنند.

1.6.2 فرایند بهینه سازی

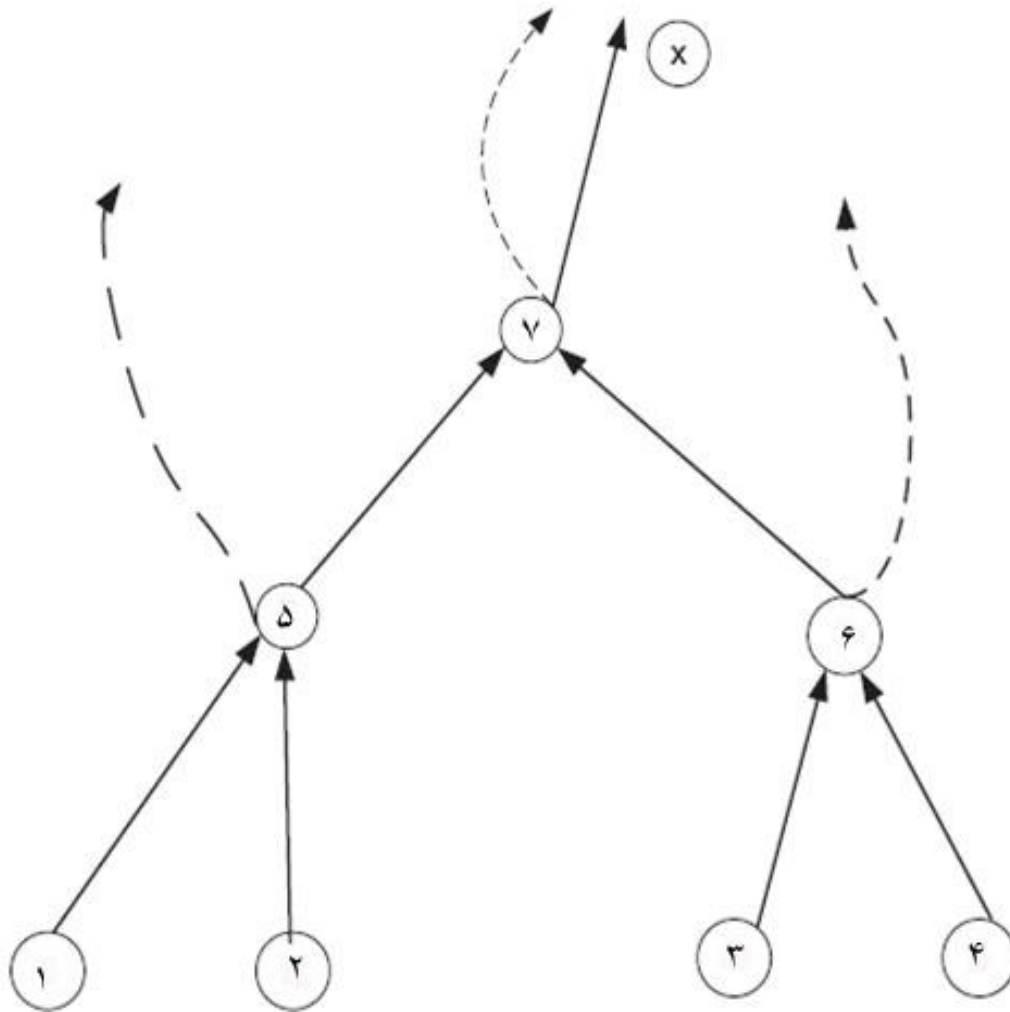
بخش قبل به ما نشان داد که معادلات بهینه سازی را می‌توان در کاربرد تحلیل‌های تخلیه به کار برد و در این بخش به بیان استراتژی بهینه خواهیم پرداخت.

اصول شرح داده شده در زیر را می‌توان استراتژی توزیع شارش در نظر گرفت.

- استراتژی توزیع، جهت کمینه کردن هزینه کلی سفر، به استفاده از جاده‌های اصلی (بزرگ)، نیازمند است.
- پیچ خط سیری باید ظرفیت کافی داشته باشد چرا که در ساعات اوج استفاده از خطوط، این پیچ‌ها باعث کاهش تراکم سنگین می‌شود.

نمودار 2-3 یک مثال از خیابان‌های اصلی (بزرگ) را در شبکه تخلیه نشان می‌دهد.

خطوط پررنگ جاده‌های اصلی تخلیه هستند در حالیکه خط‌چین، پیچ‌های ممکن را نشان می‌دهد. برای مثال در لینک 7 اگر ظرفیت ورودی از لینک‌های 5 و 6 به این گره سنگین نباشد به پیچ نیاز نیست. اما در غیر این صورت، به پیچ نیاز خواهیم داشت. میزان شارش‌ها می‌تواند به سرعت در نقاط ترکیبی شبکه تخلیه افزایش یابد. پس نقاط ترکیبی باید در این زمان وظیفه خروجی را انجام دهند. طبق نمودار 2-3 دو شاخه در یک جاده بزرگ (اصلی) به هم خواهند پیوست. فرض می‌کنیم که ظرفیت برای نقطه ترکیبی به وجود آمده $2500 \frac{\text{vehicle}}{h}$ است. در این مورد مطالعاتی زمانی که نرخ شارش ورودی نسبت به ظرفیت آن سنگین‌تر است مبین این است که ترافیک ناپایدار شده باشد.



نمودار 2-3 یک نمونه شبکه تخلیه

شمای ترسیمی زیر استراتژی های ممکن را برای پیچیدن نشان می دهد.

منظور از A_{dj} نرخ حرکت از گره j و A_{rj} نرخ رسیدن به گره j می باشد.

استراتژی I_1 نشان می دهد که گره 7 قبل از گره های 5 و 6 به ظرفیت خود می رسد و بنابراین پیچ روی گره 7 رخ می دهد.

استراتژی I_2 نتیجه دیگری را بیان می کند که زمانی که گره 7 به ظرفیتش می رسد ابتدا پیچ روی گره 5 و 6 و سپس پیچ روی گره 7 پیشنهاد می شود.

در استراتژی I_3 ما ابتدا می توانیم پیچ را روی گره 6 و سپس در گره 5 و 7 به کار ببریم.



شکل 2-3 استراتژی های ممکن برای پیچیدن

7.2 تحلیل هزینه سفر در یک بخش خیابانی

در این بخش تابع هدف معادله (2-9) محاسبه و هزینه تولید شده را از ابتدای تراکم تا زمان راه‌اندازی پیچ محاسبه می‌کنیم. هزینه کلی می‌تواند بهینه شود و به مقدار کمینه برسد.

از این پس وضعیت ترافیک بر حسب هزینه سفر و شرایط شارش طبق زیر رده بندی می‌شود.

زیر ظرفیت با چگالی پایین. این ترافیک همواره ثابت است و متناظر با سطح سرویس A یا B است که نرخ خروجی بیش‌تر از نرخ ورودی است.

تراکم بدون پیچ. با یک افزایش در نرخ رسیدن، سرعت سفر کاهش می‌یابد و لینک‌ها به طور صعودی متراکم می‌شوند ولی پیچی برای از بین بردن تراکم وجود ندارد.

تراکم با پیچ. وقتی که بیشتر قسمت‌های جاده به ظرفیتشان می‌رسند کنترل کننده ترافیک زمانی را که پیچ می‌تواند راه‌اندازی شود برآورد می‌کنند.

در بخش‌های بعدی وقتی که نرخ رسیدن $A_r(t)$ نسبت به نرخ حرکت $A_d(t)$ بیش‌تر است، یک حجم سنگین از ورودی داخل بخش‌ها شارش می‌کند و برای یک زمان مشخص نگهداری می‌شود و سپس نرخ ورود و خروج متعادل خواهد شد که این یک وضعیت ایده آل است.

یک لینک i و یک نقطه شروع t_0 را تعریف می‌کنیم که t_0 ، زمانی است که نرخ حرکت (خروج) به ظرفیت خود رسیده است. وسایل نقلیه موجود در لینک، قبل از زمان t_0 را با C_i و زمانی که این وسایل لینک را ترک کنند را با t_{clear} نشان می‌دهیم همچنین زمانی که چگالی لینک به یک سطح تعریف شده می‌رسد آنگاه باید پیچ راه‌اندازی شود که این زمان را t_{stop} می‌نامیم. دو حالت ممکن است پیش آید.

$$t_{clear} > t_{stop} \quad \text{یا} \quad t_{clear} \leq t_{stop}$$

حالت اول $t_{clear} \leq t_{stop}$

از t_0 تا t_{stop} نرخ حرکت یا خروج نشان داده می‌شود با $A_d(t) = A_d$ که ثابت است. در طول این مدت تعداد کل وسایل نقلیه که لینک را ترک می‌کنند Q_{left} می‌باشد:

$$Q_{left} = A_d \times (t_{stop} - t_0) - C_i \quad (14-2)$$

این رابطه نشان می‌دهد که تعداد وسایل نقلیه‌ای که لینک را ترک می‌کنند برابر با حاصلضرب نرخ حرکت (خروج) در مدت زمان سفر بروی لینک (از زمان شروع محاسبه تا زمان راه‌اندازی پیچ) منهای تعداد وسایل نقلیه موجود در لینک قبل از شروع محاسبه می‌باشد چرا که ما تعداد وسایلی را محاسبه می‌کنیم که از زمان شروع محاسبه وارد لینک شده‌اند و به موجودی لینک قبل از زمان شروع محاسبه نیازی نداریم.

بر طبق معادله (2-12) وسایلی که در انتهای صف نگهداشته می‌شوند را با $Q_{conserve}$ نمایش می‌دهند که تفاوت بین تعداد وسایل نقلیه‌ای که حرکت کردند یا به عبارتی از لینک خارج شدند در بازه زمانی شروع محاسبه تا زمان راه‌اندازی پیچ و وسایل نقلیه‌ای که رسیده‌اند یا به عبارتی به لینک وارد شدند در بازه زمانی شروع محاسبه تا زمان راه‌اندازی پیچ به علاوه تعداد وسایل نقلیه‌ای که قبل از شروع محاسبه در لینک موجود بوده، است.

$$Q_{conserve} = \int_{t_0}^{t_{stop}} A_r(t) dt - \int_{t_0}^{t_{stop}} A_d(t) dt + c_i \quad (15-2)$$

آخرین گروه وسایل نگهداشته شده به زمانی نیاز دارند که این زمان را t_{form} می‌نامیم. این زمان نشان‌دهنده زمان از بین رفته از وقتی که اولین وسیله نقلیه وارد لینک شده و در گروه آخرین وسایل نگهداشته شده قرار می‌گیرد تا زمان t_{stop} است.

$$t_{enter} = t_{stop} - t_{form} + \varepsilon \quad (16-2)$$

و ε یک مقدار کوچک از زمان است. علاوه بر این تعداد وسایل نگهداشته شده روی لینک i در زمان t برابر است با

$$\begin{aligned} x = f_i(t) &= \int_{t_0}^t A_r(t) dt - \int_{t_0}^t A_d(t) dt + C_i \\ &= (A_r F(t) \Big|_{t_0}^t) - A_d(t - t_0) \\ &= A_r [1 - e^{-(t^a/b)} \Big|_{t_0}^t] - A_d(t - t_0) + C_i \end{aligned} \quad (17-2)$$

توضیح این رابطه مشابه رابطه (2-15) است. از این به بعد رابطه (2-17) را با x می‌شناسیم.

A_{rT} بسط کلی نرخ رسیدن وسایل نقلیه به لینک می‌باشد.

وقتی یک وسیله نقلیه وارد لینک می‌شود به t_{dc} نیاز خواهد داشت که زمان مورد نیاز برای تخلیه و پیش‌روی موجودی لینک یا صفوف جلویی است.

$$t_{dc} = \frac{x}{A_d} \quad (18)$$

- 2)

زمان مورد نیاز برای تخلیه صفوف جلویی برابر با حاصل تقسیم تعداد وسایل نقلیه نگهداشته شده بروی لینک بر نرخ حرکت (خروج) می باشد.

بر پایه تحلیل های بالا هزینه کلی سفر به رسیدن وسایل نقلیه از t_0 تا t_{stop} مرتبط است که می تواند به پنج صورت زیر بیان شود.

1. هزینه وسایل نگهداشته شده در بافرلینک ($Q_{conserve}$).

$$C_1 = \int_{t_{stop}-t_{form}}^{t_{stop}} A_r(t)(t_{stop}-t) dt \quad (19-2)$$

هزینه وسایل نگهداشته شده برابر با حاصلضرب نرخ رسیدن (ورود) در تفاضل زمان راه اندازی پیچ و زمان مورد نظر در بازه زمانی t_{enter} تا t_{stop} است.

2. هزینه کلی زمان سفر برای وسایل نگهداشته شده که بافرلینک را ترک می کنند.

$$C_2 = \int_0^{t_{dc}} A_d(t_{dc}-t) dt \quad (20-2)$$

یعنی حاصلضرب نرخ حرکت (خروج) در تفاضل زمان مورد نیاز برای تخلیه صفوف جلویی لینک و زمان مورد نظر در بازه زمانی 0 تا t_{dc} است.

3. هزینه زمان برای وسایل نقلیه ای که سفرشان را کامل می کنند، که باقی مانده زمان سفر پس از اینکه وسایل نقلیه بافرلینک را ترک کردند را با t_2 نمایش می دهیم. بعبارتی t_2 مدت زمان سفر بروی لینک است.

$$C_3 = Q_{conserve} t_2 \quad (21-2)$$

این رابطه نشان دهنده حاصلضرب وسایل نگهداشته شده در زمان سفر بروی لینک می باشد.

4. هزینه کلی سفر برای وسایلی که حرکت کردند و بافرلینک را ترک کردند.

$$C_4 = \int_{t_0}^{t_{\text{stop}} - t_{\text{form}}} (A_r(t) t_{dc}) dt \quad (22-2)$$

به این معنی که حاصلضرب نرخ حرکت (خروج) در مدت زمان لازم برای تخلیه صفوف جلویی لینک در بازه زمانی t_0 تا t_{enter} برابر با هزینه سفر برای وسایل نقلیه‌ای که بافرلینک را ترک کردند می‌باشد.

5. زمان برای هر وسیله نقلیه‌ای که بافرلینک را ترک می‌کند و باقی‌مانده سفر را کامل می‌کند.

$$C_5 = A_d(t_{\text{stop}} - t_0) t_2 \quad (23-2)$$

این هزینه از حاصلضرب نرخ حرکت (خروج) و زمان سفر بروی لینک در تفاضل زمان راه‌اندازی پیچ و زمان شروع محاسبه بدست می‌آید.

هزینه سفر برای وسایلی که قبل از شروع محاسبه در لینک بودند برابر با حاصلضرب تعداد وسایل موجود در لینک قبل از شروع محاسبه در زمان سفر بروی لینک می‌باشد.

$$C_{ci} = c_i t_2 \quad (24-2)$$

در نهایت هزینه سفر وسایل نقلیه‌ای که قبل از t_0 ، در لینک موجود بودند را نباید در هزینه کلی زمان سفر در نظر گرفت.

$$C_{\text{case1}} = \sum_{i=1}^5 c_i - c_{ci} \quad (25-2)$$

حالت دوم . $t_{\text{clear}} > t_{\text{stop}}$

در این حالت بردارهایی که در زیرآمده‌اند، دلالت بر هزینه کلی سفر وسایل نقلیه تازه وارد شده دارد بنابراین

$$C_6 = \int_{t_0}^{t_{\text{stop}}} A_r(t) (t_{\text{stop}} - t) dt \quad (26-2)$$

حاصلضرب نرخ رسیدن (ورود) در تفاضل زمان راه‌اندازی پیچ و زمان مورد نظر در بازه زمانی t_0 تا t_{stop} برابر با هزینه سفر وسایل نقلیه تازه وارد شده می‌باشد.

مشابهاً در معادله (2-22)، هزینه کلی زمان سفر برای وسایل نقلیه تازه رسیده که بافرلینک را ترک می‌کنند برابر است با

$$C_7 = \int_{t_0}^{t_{stop}} A_r(t) t_{dc} dt \quad (27-2)$$

این هزینه برابر با حاصلضرب نرخ رسیدن (ورود) در زمان لازم برای تخلیه صفوف جلویی لینک در بازه زمانی t_0 تا t_{stop} می‌باشد.

و سرانجام هزینه زمان سفر وسایل نقلیه‌ای که قصد کامل کردن سفرشان را دارند برابر است با

$$C_8 = \left(\int_{t_0}^{t_{stop}} A_r(t) dt \right) t_2 \quad (28-2)$$

یعنی حاصلضرب نرخ رسیدن (ورود) در بازه زمانی t_0 تا t_{stop} در زمان سفر بروی لینک برابر هزینه ذکر شده می‌باشد.

بنابراین زمان کلی سفر به صورت زیر بیان می‌شود.

$$C_{case\ 2} = \sum_{i=6}^8 C_i \quad (29-2)$$

8.2 یک مورد مطالعاتی (دامنه توزیع در یک تخلیه)

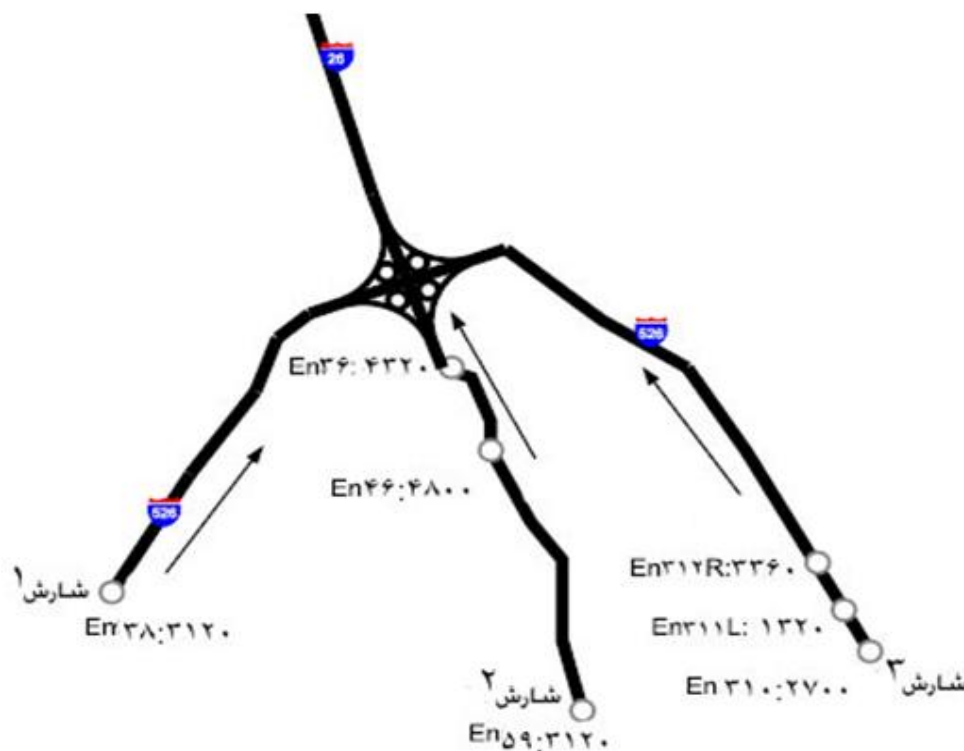
این قسمت نتیجه یک مورد مطالعه واقعی روی مسیر جاده‌ای I-26 در امریکا است.

بخش بزرگی از تخلیه از طریق دو شاخه 526 انجام می‌شود که در شکل (2-4) نشان داده شده است. هر کدام از خط سیرها تخلیه را به سمت مقصد نهایی کلمبیا پیش خواهند برد. این مورد مطالعاتی شامل برآوردی از حداکثر سرعت قابل پذیرش ترافیک به همراه محاسبه C_{case1} در یک لینک از شبکه تخلیه می‌شود.

در شکل (4-2) تعدادی از وسایل نقلیه در هر نقطه ورودی نشان داده شده‌اند که "En" نامیده می‌شود و تقاضای کلی رسیدن وسایل نقلیه در یک 24 ساعت را نمایش داده است و برای هر لینک سه ورودی وجود دارد. منحنی نرخ رسیدن (ورود) نیز در نمودار 2-2 نمایش داده شد.

ظرفیت برای هر ورودی حدود $2200 \frac{\text{vehicle}}{h}$ است. در هر مسیر کلمبیا قبل از نقطه ترکیبی 3 ورودی وجود دارد پس ظرفیت کل حدود $6600 \frac{\text{vehicle}}{h}$ هست و طبق شکل (4-2) تقاضا برای سه شاخه حدود $22740 \frac{\text{vehicle}}{h}$ می‌باشد پس می‌توان فهمید که نقطه ترکیبی اغلب از ظرفیتش تجاوز می‌کند بنابراین، یک روش مدیریتی برای از بین بردن تراکم باید به کار برد.

میانگین زمان سفر بدون تراکم^{۲۷} در جدول (5-2) نمایش داده شده است.



شکل 4-2 یک نمونه ترکیب شارش‌ها در تخلیه ترافیک

سرعت آزاد (ساعت/ مایل)	زمان سفر (دقیقه)	نقطه شروع لینک
------------------------	------------------	----------------

²⁷ سفر بدون تراکم = سفر در حالت آزاد (حالتی که وسایل نقلیه به راحتی و با سرعت ثابت و بدون وقفه به حرکت خود ادامه می‌دهند)

En:59	8	65
En:38	8	55
En:310	13	60

جدول 5-2 زمان سفر بدون تراکم

این اطلاعات را می‌توان در محاسبه نرخ رسیدن به نقطه ترکیبی از سه شاخه غربی (شارش 1)، شاخه جنوبی (شارش 2) و شاخه شرقی (شارش 3) به کار برد.

طبق معادله (2-7) و نتایج نشان داده شده در بخش 2-4 داریم.

نرخ رسیدن از غرب عبارت است از

$$A_{r1}(t) = 3 \times (3120) \left(\frac{4/45}{99309/8} \right) \left(t - \frac{8}{60} \right)^{4/45-1} \times e^{\left(-\frac{(t-8/60)^{4/45}}{99309/8} \right)}$$

$$= 0/419 \times (t-0/133)^{3/45} \times e^{\left(-\frac{(t-0/133)^{4/45}}{99309/8} \right)}$$

نرخ رسیدن از جنوب عبارت است از

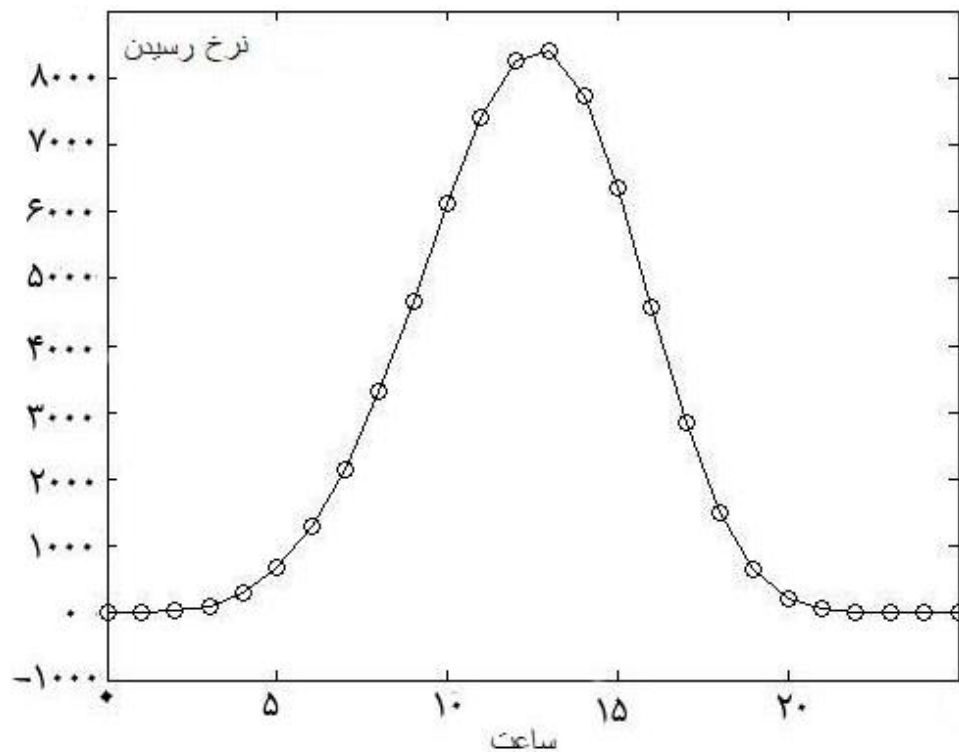
$$A_{r2}(t) = 3 \times (3120 + 4800 + 4320) \left(\frac{4/45}{99309/8} \right) \left(t - \frac{8}{60} \right)^{4/45-1} \times e^{\left(-\frac{(t-8/60)^{4/45}}{99309/8} \right)}$$

$$= 1/645 \times (t-0/133)^{3/45} \times e^{\left(-\frac{(t-0/133)^{4/45}}{99309/8} \right)}$$

نرخ رسیدن از شرق عبارت است از

$$A_{r3}(t) = 3 \times (3360 + 1320 + 2700) \left(\frac{4/45}{99309/8} \right) \left(t - \frac{13}{60} \right)^{4/45-1} \times e^{\left(-\frac{(t-13/60)^{4/45}}{99309/8} \right)}$$

$$= 0/922 \times (t - 0/217)^{3/45} \times e^{\left(-\frac{(t-0/217)^{4/45}}{99309/8} \right)}$$



نمودار 4-2 نرخ رسیدن پس از ترکیب

نمودار (4-2) نرخ رسیدن (ورود) به نقطه ترکیبی را نشان می‌دهد. این نمودار از ترکیب نرخ رسیدن (ورود) سه شاخه شرقی، غربی و جنوبی و محاسبه آن در 24 ساعت زمان تخلیه بدست آمده است.

$$A_{r1}(5) + A_{r2}(5) + A_{r3}(5) = 678 / 1$$

$$A_{r1}(10) + A_{r2}(10) + A_{r3}(10) = 6090 / 96$$

$$A_{r1}(15) + A_{r2}(15) + A_{r3}(15) = 6331$$

$$A_{r1}(20) + A_{r2}(20) + A_{r3}(20) = 184 / 35$$

$$A_{r1}(25)+A_{r2}(25)+A_{r3}(25)=0/006$$

$$A_{r1}(10/2)+A_{r2}(10/2)+A_{r3}(10/2)\simeq 6600$$

پس یافتیم که در $t=10/2h$ لینک به نرخ شارش $6600 \frac{\text{vehicle}}{h}$ می‌رسد.

قبل از این گفتیم که شاخه‌های شرقی و غربی در $I - 26$ با هم ترکیب می‌شوند و آن‌ها را باید فقط در نقطه‌های ترکیبشان با هم در نظر گرفت.

در بخش 5-2 فرض کردیم که ظرفیت نقطه ترکیبی بوجود آمده از بهم پیوستن دو شاخه $2500 \frac{\text{vehicle}}{h}$ است بنابراین می‌توان نشان داد که

$$A_{d1}+A_{d3}\leq 2500 \quad (30-2)$$

با استفاده از نمودار 4-2 و ترکیب سه نرخ رسیدن (ورود)، درمی‌یابیم که نرخ شارش $2500 \frac{\text{vehicle}}{h}$ در $t=9/65h$ اتفاق می‌افتد. با شروع در $t=9/65h$ نرخ شارش خروجی دو شاخه در قسمت بالایشان محدود می‌شود، جایی که A_{d1} به یک مقدار ثابت $800 \frac{\text{vehicle}}{h}$ و A_{d3} به $1700 \frac{\text{vehicle}}{h}$ می‌رسد و اگرچه هنوز زیر ظرفیت $2200 \frac{\text{vehicle}}{h}$ هستند اما نقاط ترکیبی به بالاترین حد خود رسیده‌اند و با ادامه افزایش ترافیک شاخه‌های غربی و شرقی به بافرلینک تبدیل می‌شوند.

1.8.2 آخرین زمان برای کنترل شارش ورودی

ماکسیمم تعداد وسایل نقلیه نگهداشته شده در شاخه غربی را می‌توان برآورد کرد.

برای مثال طول شاخه غربی را 7 مایل در نظر بگیرید و فرض کنید که میانگین طول اتومبیل 16 فوت²⁸ است.

ماکسیمم فضای اشغال شده را با D_{safe} نشان می‌دهیم که تقریباً $55 \frac{\text{foot}}{\text{vehicle}}$ می‌شود.

ماکسیمم تعداد وسایل نقلیه نگهداشته شده عبارت است از

$$\frac{l}{D_{safe}} = \frac{(7 \times 5280)}{55} \simeq 672(\text{vehicle})$$

²⁸ Foot

چون زمان لازم برای طی مسیر از ورودی تا خروجی 8 دقیقه است، پس ماشین‌ها قبل از $t = (9/65 - \frac{8}{60}) = 9/517$ h وارد می‌شوند و لینک را در $t = 9/65$ h ترک می‌کنند.

وسایل نگهداشته شده در t_0 برابر است با

$$C_i = f(9/65) = \int_{9/517}^{9/65} A_{r1} dt = 104 \text{ (vehicle)}$$

بنابراین آخرین زمانی که می‌توان پیچ را راه‌اندازی کرد، زمانی است که وسایل نقلیه نگهداری شده به تعداد 672 میرسند، که حداکثر فضای اشغال شده بافرلینک یا ماکسیمم مقدار سطح اشباع است که زمان آن را t_{latest} گویند. می‌دانیم $t_{stop} \leq t_{latest}$ که t_{latest} با استفاده از رابطه 2-15 محاسبه می‌شود.

$$\int_{9/65}^{t_{latest}} A_{r1}(t) dt - 800(t_{latest} - 9/65) + 104 = 672 \rightarrow t_{latest} \approx 12/1$$

حالت 1 (case1) می‌تواند برای محاسبه زمان سفر از $9/65$ تا $t_{latest} = 12/1$ به کار برده شود. با دانستن اینکه جاده در $t = 10/2$ h به یک نرخ شارش $6600 \frac{\text{vehicle}}{\text{h}}$ می‌رسد پس $t_{form} = 0/55$. هزینه سفر برای وسایلی که در پایان نگهداشته شده‌اند ($Q_{conserve}$) برابر است با

$$C_1 = \int_{t_{stop} - t_{form}}^{t_{stop}} A_r(t_{stop} - t) dt = 172 \text{ (vehicle} \times \text{h)}$$

طبق معادله (20-2) چون وسایل نگهداشته شده به $t_{dc} = \frac{672}{800} = 0/84$ h برای تخلیه و پیش روی نیاز دارند پس

$$C_2 = \int_0^{0/84} A_d(0/84 - t) dt = 282 \text{ (vehicle} \times \text{h)}$$

باقی مانده زمان سفر که همان زمان سفر بر روی لینک می‌باشد t_2 است. فرض می‌کنیم $t_2 = 1/25$ h حال هزینه زمان سفر برای C_3 برابر است با

$$C_3 = 672 \times 1/25 = 840 \text{ (vehicle} \times \text{h)}$$

و C_4 در زیر محاسبه شده است

کاربرد مدیریت تخلیه در توزیع بهینه ترافیک

$$C_4 = \int_{9/65}^{t_{\text{stop}} - t_{\text{form}}} (A_r \times t_{dc}) dt =$$

$$\int_{9/65}^{11/55} 0/419 \times (t - 0/133)^{3/45} \times e^{-\frac{(t-0/133)^{4/45}}{99309/8}} \times 0/84 = 1547 (\text{vehicle} \times h)$$

و

$$C_5 = A_d t_{\text{stop}} t_2 = 800 \times (12/1 - 9/65) \times 1/25 = 2450 (\text{vehicle} \times h)$$

$$c_{ci} = 130 \times 1/25 = 130$$

پس هزینه سفر در حالت اول برابر است با

$$C_{\text{case1}} = 172 + 282 + 840 + 1547 + 2450 - 130 = 5161 (\text{vehicle} \times h)$$

میدانیم که 2500 وسیله نقلیه در نقطه ترکیبی وجود داشت که اگر این وسایل نقلیه در یک شرایط ترافیکی بدون تراکم (سفر در حالت آزاد بدون ترافیک) سفر کنند به هزینه زمان سفر

$$C_{\text{total}} = \left(\frac{8}{60} + t_2 \right) \times 2500 = 3457 (\text{vehicle} \times h)$$

نیاز خواهند داشت که تخلیه را کامل کنند.

یک پیچ را در نظر بگیرید که تقریباً به $3/5 h$ زمان نیاز دارد که شارش را کامل کند، اگر همه این 2500 وسیله نقلیه بخواهند از پیچ در زمان $t = 9/65 h$ استفاده کنند آن‌ها نیاز خواهند داشت به هزینه سفر

$$C_{\text{detour}} = 3/5 \times 2500 = 8750 (\text{vehicle} \times h)$$

که سفرشان را کامل کنند.

بنابراین با استفاده از بافرلینک ترافیک روی خطوط را تخلیه و نرخ شارش ورودی را در حد ظرفیت حفظ می‌کنیم و باقی وسایل نقلیه هم می‌توانند از پیچ استفاده کنند.

برای شاخه شرقی نیز صورت زیر است.

چون زمان لازم برای طی شاخه شرقی از ورودی تا خروجی 13 دقیقه است پس ماشین‌ها قبل از $t = \left(9/65 - \frac{13}{60}\right) = 9/43 \text{ h}$ وارد می‌شوند و لینک را در $t = 9/65 \text{ h}$ ترک می‌کنند.

و وسایل نگهداشته شده در t_0 برابر است با

$$C_i = \int_{9/43}^{9/65} A_{r3}(t) dt = 365 (\text{vehicle})$$

و همچنین

$$\int_{9/65}^{t_{\text{latest}}} A_{r3}(t) dt - 1700(t_{\text{latest}} - 9/65) + 365 = 672 \rightarrow t_{\text{latest}} \approx 12$$

$$t_{\text{form}} = 10/2 - 9/43 = 0/77$$

$$C_1 = \int_{t_{\text{stop}} - t_{\text{form}}}^{t_{\text{stop}}} A_r(t_{\text{stop}} - t) dt = 378/86 (\text{vehicle} \times \text{h})$$

$$t_{\text{dc}} = \frac{672}{1700} = 0/39 \text{ h}$$

$$C_2 = \int_0^{0/39} A_d(0/39 - t) dt = 129/29 (\text{vehicle} \times \text{h})$$

زمان سفر بروی لینک $t_2 = 1/25 \text{ h}$ است. هزینه زمان سفر برای C_3 برابر است با

$$C_3 = 672 \times 1/25 = 840 (\text{vehicle} \times \text{h})$$

و C_4 در زیر محاسبه شده است.

$$C_4 = \int_{9/65}^{t_{\text{stop}} - t_{\text{form}}} (A_I \times t_{dc}) dt =$$

$$\int_{9/65}^{11/23} 0.922 \times (t - 0.217)^{3/45} \times e^{-\frac{(t-0.217)^{4/45}}{99309/8}} \times 0.39 = 1258 (\text{vehicle} \times h)$$

$$C_5 = A_d t_{\text{stop}} t_2 = 1700 \times (12 - 9/65) \times 1/25 = 4994 (\text{vehicle} \times h)$$

پس شمار وسایلی که رسیدند و قصد اتمام سفر خود را دارند برابر است با

$$c_{ci} = 365 \times 1/25 = 456/2$$

$$C_{\text{case1}} = 378/86 + 129/29 + 840 + 4999 + 1258 - 456/2 = 7148/89 (\text{vehicle} \times h)$$

اگر این 2500 وسایل نقلیه در یک شرایط ترافیکی بدون تراکم (سفر در حالت آزاد بدون ترافیک) سفر کنند به هزینه زمان سفر

$$C_{\text{total}} = \left(\frac{13}{60} + t_2 \right) \times 2500 = 3666/6 (\text{vehicle} \times h)$$

نیاز خواهند داشت که تخلیه را کامل کنند.

برای رسیدن به یک سطح بهینه ما نباید از تمام ظرفیت بافرلینک تا زمانی که به حد اشباع برسد، استفاده کنیم یعنی $t_{\text{stop}} = t_{\text{latest}}$ ، در این حالت باید یک نقطه‌ی زمانی مانند t_x یا t_{stop} داشته باشیم که اولین مرتبه استفاده از پیچ است که در نهایت، زمان کلی سفر را کمینه می‌کند و همچنین t_x باید از t_{latest} کمتر باشد.

بعنوان مثال، می‌توانیم مراحل زمانی را تقسیم کنیم به

$$1. \text{ از } t=9/65 \text{ تا } t=t_x$$

$$2. \text{ از } t=t_x \text{ تا } t=t_{\text{recovery}} \text{ که } t_{\text{recovery}} \text{ زمانی است که نرخ رسیدن (ورود) از } 800 \frac{\text{vehicle}}{h} \text{ کمتر است.}$$

اگر در روابط بالا از $t=9/65$ تا $t=12/1$ زمان‌های دیگری مانند $t=9/85$ یا $t=11/35$ جایگذاری کنیم هزینه سفر با آنچه در شاخه غربی بدست آوردیم متفاوت خواهد بود. با این جایگذاری‌ها به دست می‌آوریم که بهترین زمان راه اندازی پیچ $t \approx 10/95$ h است.

چنانچه ما یک زمان نامناسب را برای راه‌اندازی پیچ انتخاب کنیم ممکن است چندین ساعت از زمان را تلف کنیم پس می‌توان با به کار بردن مدل SO بهترین زمان را برای راه‌اندازی پیچ محاسبه کرد.

زمان کلی سفر در بین زمان‌های متفاوت راه‌اندازی پیچ به طور قطعی یک مقدار کمینه دارد. میدانیم که زمان سفر روی پیچ نسبت به زمان سفر روی مسیر اصلی طولانی‌تر است برای مثال زمان سفر روی مسیر اصلی $1/25h \approx 1/38h + 8(\text{min})$ می‌باشد. که $8(\text{min})$ زمان سفر در حالت آزاد روی شاخه غربی و $1/25h$ هم زمان سفر بروی لینک می‌باشد و زمان سفر بروی پیچ از این زمان بیشتر خواهد بود.

در ابتدای رسیدن نقطه خروج به حد ظرفیتش ممکن است وسایل نقلیه روی خط سیر اصلی سریع حرکت کنند ولی در صورتیکه ما پیچ را در زمان مناسب راه‌اندازی نکنیم هزینه سفر نسبت به زمانی که پیچ در زمان مناسب راه‌اندازی شود قابل مقایسه نیست. با افزایش ترافیک روی خط سیر اصلی زمان سفر هم افزایش می‌یابد و این زمان سفر نسبت به زمان سفر روی پیچ بیشتر می‌شود و در صورتیکه پیچ در زمان مناسب راه‌اندازی نشود وسایل نقلیه انتظار در صف‌های طولانی را برای اتمام سفرشان تجربه خواهند کرد. بنابراین زمان بهینه راه‌اندازی پیچ، زمان سفر را کاهش می‌دهد.

9.2 شبیه سازی

وقتی هزینه رسیدن نسبت به ظرفیت لینک بالاتر است لینک شروع به تخمین و محاسبه می‌کند و دانستیم که منحنی رسیدن باید پیوسته باشد Vissim یک مفهوم بزرگ و دقیق از شبیه سازی ترافیک است که در شاخه غربی به کار برده شد.

وسایل نقلیه در یک ناحیه خروجی با ظرفیت 800vehicle/h بعد از $t=9/65$ ترکیب شدند و هزینه سفر برای وسایل نقلیه‌ای که از $t=9/65$ تا $t=12/1$ از لینک عبور کردند ثبت شد. هزینه‌های شبیه سازی شده در حالت اول C_2 و C_4 هستند که C_4 هزینه سفر برای وسایل نقلیه‌ای که بافر را قبل از $t=12/1$ ترک کردند و C_2 هزینه سفر برای

وسایل نقلیه نگهداری شده در $t=12/1$ که بافرلینک را ترک کردند. C_2 و C_4 مستقیماً با رفتار بافرلینک رابطه دارند. ما برای امتحان از 40 نسخه استفاده کردیم.

در شبیه‌سازی می‌توان یک نتیجه برای پشتیبانی از سیستم شرح داد. معادله زیر محاسبه half-width را با 97٪ در 40 نسخه عینی نشان می‌دهد.

$$h = t_{39,975} \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2$$

$$s = \sqrt{S^2}$$

$$\mu: \bar{x} \pm h$$

که h half-width با 97٪ اطمینان و s انحراف معیار و n تعداد نسخه هاست.

ما یک half-width با برآورد 1٪ از مقدار اصلی را مد نظر داریم که برای C_4 کمتر از 6 vehicle-h است و برای C_2 کمتر از 3 vehicle-h است که این مقادیر با استفاده از 40 نسخه عینی بدست آمده‌اند.

$$\bar{C}_2 = 387(\text{vehicle} \times h), S_{c2} = 5/7(\text{vehicle} \times h)$$

$$\bar{C}_4 = 511(\text{vehicle} \times h), S_{c4} = 4/5(\text{vehicle} \times h)$$

بنابراین داریم.

$$h_{c2} = 2,02 \times \frac{5/7}{\sqrt{39}} \approx 1/9(\text{vehicle} \times h)$$

$$h_{c4} = 2,02 \times \frac{4/5}{\sqrt{39}} \approx 1/5(\text{vehicle} \times h)$$

مقدار اصلی C_2 با 97٪ اطمینان هست $387 \pm 1/9(\text{vehicle} \times h)$ و مقدار اصلی C_4 هست $511 \pm 1/5(\text{vehicle} \times h)$.

برای C_2 زمان بیشتری برای ترک وسایل نقلیه نگهداشته شده نیاز است.

فصل سوم

برنامه نویسی

در این فصل به بیان الگوریتم هزینه‌ی سفر و برنامه‌های مربوط به فرمول نویسی‌های فصل قبل با استفاده از نرم افزار *Matlab* می‌پردازیم.

1.3 الگوریتم هزینه‌ی سفر

گام 0: ابتدا منحنی ترکیب نرخ‌های ورود به هر بافر را رسم کن و زمان ترکیب شارش‌ها در حد ظرفیت بافر و همچنین زمان ترکیب شارش‌ها در حد ظرفیت نقطه ترکیبی را بدست آور و آن را در t_{stop} قرار ده. همچنین نرخ‌های خروج (A_d) از هر بافر را با استفاده از t_{stop} و نرخ‌های ورود بدست آور و ثابت در نظر گیر.

گام 1: طول بافر مورد نظر را به عنوان ثابت l در نظر بگیر و با استفاده از میانگین طول اتومبیل (D_{safe}) بوسیله رابطه زیر حداکثر وسیله نقلیه موجود روی بافر را محاسبه کن و در $Max\ number$ قرار ده.

$$Max\ number = \frac{l}{D_{safe}}$$

همچنین زمان سفر بروی لینک را به عنوان ثابت در نظر بگیرو در t_2 قرار ده.

گام ۲: با استفاده از t_{stop} و همچنین زمان حرکت در حالت آزاد بر روی بافر مورد نظر (T)، زمان ورود به بافر را با استفاده از رابطه زیر بدست آور و آن را زمان شروع محاسبه تعریف کن و در t_0 قرار ده.

$$t_0 = \left(t_{stop} - \frac{T}{60} \right)$$

همچنین تفاضل زمان ترکیب شارش‌ها در حد ظرفیت بافر و t_{stop} را در t_{form} قرار ده.

گام ۳: با استفاده از رابطه زیر تعداد وسایل نقلیه موجود بر روی بافر را قبل از شروع محاسبه بدست آور و در C_i قرار ده.

$$C_i = \int_{t_0}^{t_{stop}} A_r(t) dt$$

و زمان لازم برای تخلیه لینک از این وسایل نقلیه را با t_{clear} نمایش ده.

همچنین آخرین زمان راه اندازی پیچ را با t_{latest} نمایش ده و بوسیله رابطه زیر آن را بدست آور.

$$\int_{t_{stop}}^{t_{latest}} A_{r1}(t) dt - A_d(t_{latest} - t_{stop}) + C_i = \text{Max number}$$

گام ۴: اگر $t_{clear} \leq t_{stop}$ از گام ۵ تا گام ۱۰ را طی کن.

در غیر اینصورت از گام ۱۱ تا گام ۱۲ را طی کن.

گام ۵: t_{stop} را با t_0 و t_{latest} را با t_{stop} جایگزین کن همچنین از t_0 تا t_{stop} تعداد وسیله نقلیه خروجی را با استفاده از رابطه زیر بدست آور و در Q_{left} قرار ده.

$$Q_{left} = A_d \times (t_{stop} - t_0) - C_i$$

گام ۶: تعداد وسیله نقلیه نگهداشته شده در بافر را با استفاده از رابطه زیر بدست آور و در $Q_{conserve}$ قرار ده.

$$Q_{conserve} = \int_{t_0}^{t_{stop}} A_r(t) dt - \int_{t_0}^{t_{stop}} A_d(t) dt + c_i$$

گام 7: تعداد وسیله نقلیه موجود بروی بافر را در زمان مورد نظر با استفاده از رابطه زیر بدست آور و در $f_i(t)$ قرار ده.

$$x = f_i(t) = \int_{t_0}^t A_r(t) dt - \int_{t_0}^t A_d(t) dt + C_i$$

گام 8: زمان پیش روی وسایل نقلیه در بافر را بوسیله رابطه زیر بدست آور و در t_{dc} قرار ده.

$$t_{dc} = \frac{\text{Max number}}{A_d}$$

گام 9: هزینه سفر را با استفاده از روابط زیر بدست بیاور و در C_1 و C_2 و C_3 و C_4 و C_5 قرار ده.

$$C_1 = \int_{t_{stop}-t_{form}}^{t_{stop}} A_r(t) (t_{stop}-t) dt$$

$$C_2 = \int_0^{t_{dc}} A_d(t_{dc}-t) dt$$

$$C_3 = Q_{conserve} t_2$$

$$C_4 = \int_{t_0}^{t_{stop}-t_{form}} (A_r(t) t_{dc}) dt$$

$$C_5 = A_d(t_{stop}-t_0) t_2$$

گام 10: هزینه سفر برای وسایل نقلیه موجود بروی بافر قبل از شروع محاسبه را با استفاده از رابطه زیر بدست آور در C_{ci} قرار ده.

$$C_{ci} = c_i t_2$$

سپس با استفاده از رابطه زیر هزینه کلی سفر را در این حالت ($t_{clear} \leq t_{stop}$) بدست آور و در C_{case1} قرار ده.

$$C_{case1} = \sum_{i=1}^5 c_i - c_{ci}$$

گام 11: هزینه سفر را با استفاده از روابط زیر بدست آور و در C_6 و C_7 و C_8 قرار ده.

$$C_6 = \int_{t_0}^{t_{\text{stop}}} A_r(t)(t_{\text{stop}} - t) dt$$

$$C_7 = \int_{t_0}^{t_{\text{stop}}} A_r(t)t_{dc} dt$$

$$C_8 = \left(\int_{t_0}^{t_{\text{stop}}} A_r(t) dt \right) t_2$$

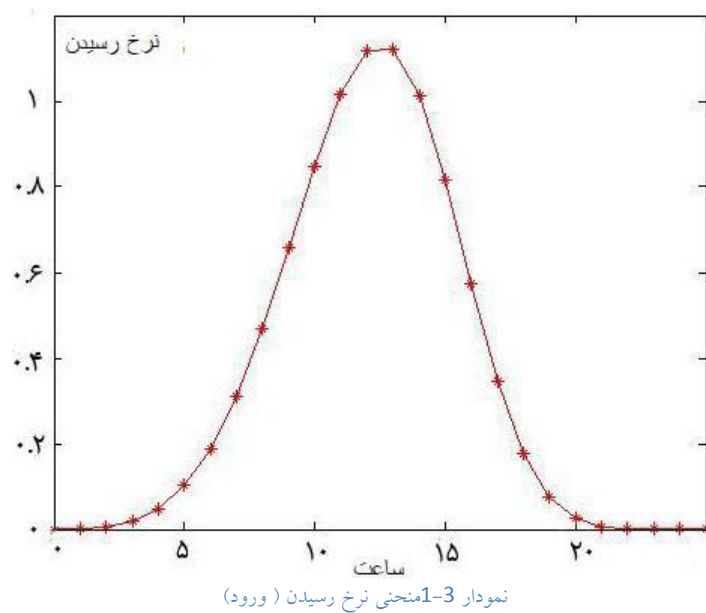
گام 12: هزینه کلی سفر را با استفاده از رابطه زیر بدست آور و در $C_{\text{case 2}}$ قرار ده.

$$C_{\text{case 2}} = \sum_{i=6}^8 C_i$$

2.3 برنامه نویسی

برای رسم نمودار مربوط به ترکیب نرخ‌های ورود از دستور *plot* استفاده می‌کنیم. این دستور برای رسم خط و منحنی در صفحه دو بعدی استفاده می‌شود. این تابع نیز مانند سایر توابع موجود در *Matlab* بسته به تعداد و نوع ورودی‌هایش نتایج متفاوتی ارائه می‌دهد.

نتیجه‌ی اجرای دستور نیز در پنجره‌ی *figures* رسم می‌گردد.



ابتدا به بیان جواب برنامه هزینه سفر می پردازیم.

$$C_{\text{case1}} = 5/1615 \text{ e } +003$$

همچنین جواب برنامه مدل کمینه سازی به صورت زیر است در این برنامه از دستور *linprog* استفاده شده است.

x =

$$1/0 \text{ e } +003 \times$$

$$0/6469$$

$$1/4289$$

$$1/6290$$

$$\text{fval} = -1/9158 \text{ e } +003$$

$$\text{exitflag} = 1$$

برنامه فوق جواب دیگری نیز دارد که با استفاده از روش سیمپلکس می توان به آن دست یافت.

x =

$$1/0e +003 \times$$

$$0$$

$$0,7820$$

$$1,6290$$

$$fval = -19158 e +003$$

$$exitflag = 1$$

3.3 یک مورد مطالعاتی

این قسمت نتیجه یک مورد مطالعه واقعی روی میدان امام خمینی در شهرستان نیشابور می باشد. بخش بزرگی از تخلیه از طریق دو شاخه امام خمینی (از تقاطع ارگ- امام خمینی) و 15 خرداد (از تقاطع امیرکبیر- 15 خرداد) انجام می شود. هر کدام از خط سیرها تخلیه را به سمت مقصد نهایی 17 شهریور پیش خواهند برد. این مورد مطالعاتی شامل برآوردی از حداکثر سرعت قابل پذیرش ترافیک به همراه محاسبه C_{case1} در یک لینک از شبکه تخلیه می باشد.

در شاخه 15 خرداد تقاضای سفر $1000 \frac{vehicle}{h}$ است و در شاخه امام خمینی تقاضای سفر $1500 \frac{vehicle}{h}$ است. ظرفیت برای هر ورودی در شاخه 15 خرداد حدود $178 \frac{vehicle}{h}$ و در شاخه امام خمینی $206 \frac{vehicle}{h}$ می باشد. ظرفیت کل شاخه 15 خرداد حدود $350 \frac{vehicle}{h}$ و ظرفیت کل شاخه امام خمینی $618 \frac{vehicle}{h}$ می باشد و تقاضا برای دو شاخه حدود 2500 است پس می توان فهمید که نقطه ترکیبی اغلب از ظرفیتش تجاوز می کند بنابراین یک روش مدیریتی برای از بین بردن تراکم باید به کار برد.

میانگین زمان سفر بدون تراکم در جدول زیر آمده است.

میانگین سفر بدون تراکم	سرعت آزاد	زمان (دقیقه)
شاخه امام خمینی	50	0/96
شاخه 15 خرداد	50	1/2

جدول 3-1 زمان سفر بدون تراکم در مورد مطالعاتی میدان امام خمینی

این اطلاعات را می‌توان در محاسبه نرخ رسیدن به نقطه ترکیبی از دو شاخه امام خمینی (شارش 1)، شاخه 15 خرداد (شارش 2) به کار برد.

هزینه سفر را برای شاخه 2 برآورد می‌کنیم.

طبق معادله (2-7) داریم.

نرخ رسیدن از شاخه امام خمینی برابر است با

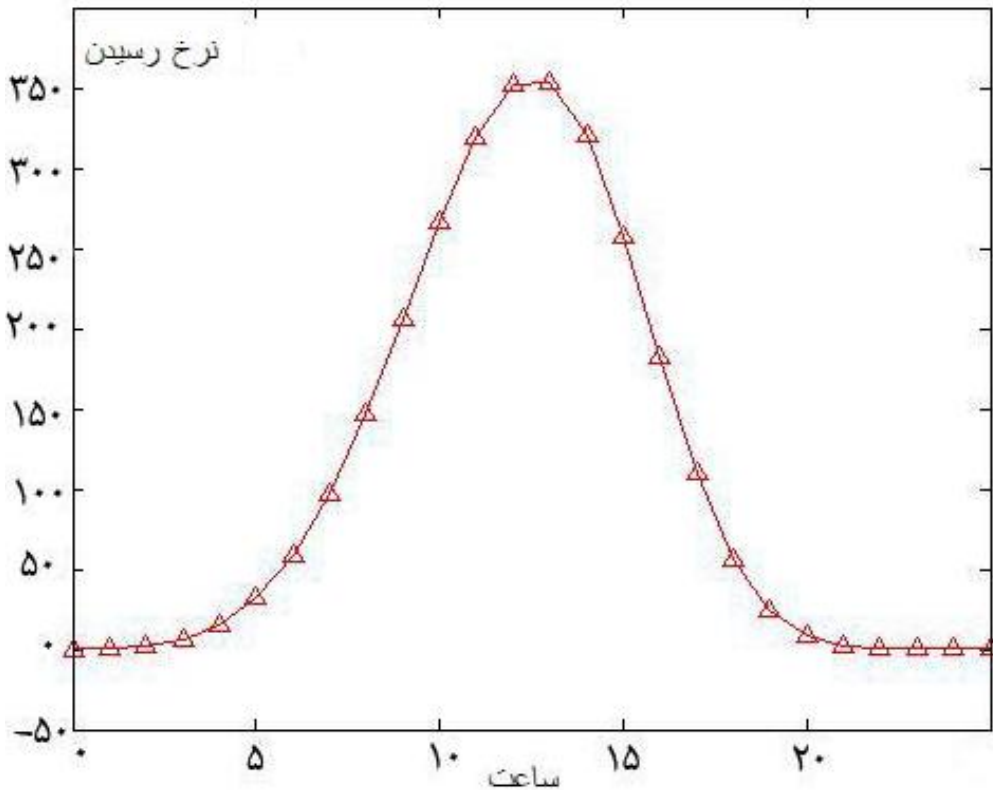
$$A_{r1}(t) = 1500 \times \left(\frac{4/45}{99309/8} \right) \left(t - \frac{0/96}{60} \right)^{4/45-1} \times e^{\left(-\frac{(t-0/96/60)}{99309/8} \right)^{4/45}}$$

$$= 0/06 \times (t-0/016)^{3/45} \times e^{\left(-\frac{(t-0/016)}{99309/8} \right)^{4/45}}$$

نرخ رسیدن از شاخه 15 خرداد برابر است با

$$A_{r2}(t) = 1000 \times \left(\frac{4/45}{99309/8} \right) \left(t - \frac{1/2}{60} \right)^{4/45-1} \times e^{\left(-\frac{(t-1/2/60)}{99309/8} \right)^{4/45}}$$

$$= 0/04 \times (t-0/02)^{3/45} \times e^{\left(-\frac{(t-0/02)}{99309/8} \right)^{4/45}}$$



نمودار 2-3 منحنی نرخ رسیدن در مورد مطالعاتی میدان امام خمینی

نمودار (7-2) نرخ رسیدن (ورود) به نقطه ترکیبی را نشان می‌دهد. این نمودار از ترکیب نرخ رسیدن (ورود) سه شاخه شرقی، غربی و جنوبی و محاسبه آن در 24 ساعت زمان تخلیه بدست آمده است.

$$A_{r1}(5) + A_{r2}(5) = 25 / 22$$

$$A_{r1}(10) + A_{r2}(10) = 211 / 77$$

$$A_{r1}(15) + A_{r2}(15) = 204 / 66$$

$$A_{r1}(20) + A_{r2}(20) = 6 / 14$$

با استفاده از نمودار رسم شده درمی‌یابیم که در $t = 12 / 5h$ شاخه 2 به نرخ شارش $300 \frac{\text{vehicle}}{h}$ می‌رسد.

میدانیم که شاخه‌های 1 و 2 با هم ترکیب می‌شوند و آن‌ها را باید فقط در نقطه‌های ترکیبی‌شان با هم در نظر گرفت.

فرض می‌کنیم که ظرفیت نقطه ترکیبی بوجود آمده از بهم پیوستن دو شاخه $200 \frac{\text{vehicle}}{h}$ است بنابراین می‌توان نشان داد که

$$A_{d1} + A_{d2} \leq 200$$

با استفاده از نمودار و ترکیب دو نرخ رسیدن (ورود)، درمی‌یابیم که نرخ شارش $200 \frac{\text{vehicle}}{h}$ در $t = 9/5h$ اتفاق می‌افتد. با شروع در $t = 9/5h$ نرخ شارش خروجی دو شاخه در قسمت بالایشان محدود می‌شود، جایی که A_{d1} به یک مقدار ثابت $120 \frac{\text{vehicle}}{h}$ و A_{d2} به $80 \frac{\text{vehicle}}{h}$ میرسد و اگرچه هنوز زیر ظرفیتهایشان هستند اما نقطه ترکیبی (میدان امام خمینی) به بالاترین حد خود رسیده است و با ادامه افزایش ترافیک شاخه‌های 1 و 2 به بافرلینک تبدیل می‌شوند. ماکسیمم تعداد وسایل نقلیه نگهداشته شده در شاخه 2 را می‌توان برآورد کرد.

طول شاخه 2 را 1 کیلومتر در نظر بگیرید و فرض کنید که میانگین طول اتومبیل 0/016 کیلومتر است. فضای اشغال شده را با D_{safe} نشان می‌دهیم

ماکسیمم تعداد وسایل نقلیه نگهداشته شده عبارت است از

$$\frac{l}{D_{\text{safe}}} = \frac{1}{0/016} \approx 62/5 (\text{vehicle})$$

چون زمان لازم برای طی مسیر (شاخه 2) از ورودی تا خروجی $1/2$ دقیقه است، پس ماشین‌ها قبل از $t = (9/5 - \frac{1/2}{60}) = 9/48 h$ وارد می‌شوند و لینک را در $t = 9/5 h$ ترک می‌کنند.

وسایل نگهداشته شده در t_0 برابر است با

$$C_i = f(9/5) = \int_{9/48}^{9/5} A_{r2} dt \approx 2 (\text{vehicle})$$

بنابراین آخرین زمانی که می‌توان پیچ را راه‌اندازی کرد، زمانی است که وسایل نقلیه نگهداری شده به تعداد $62/5$ میرسند، که حداکثر فضای اشغال شده بافرلینک یا ماکسیمم مقدار سطح اشباع است که زمان آن را t_{latest} گویند.

می‌دانیم $t_{\text{stop}} \leq t_{\text{latest}}$ و t_{latest} برابر است با

$$\int_{9/5}^{t_{\text{latest}}} A_{r2}(t) dt - 80(t_{\text{latest}} - 9/5) + 2 = 16 \rightarrow t_{\text{latest}} \approx 10/5$$

حالت 1 می‌تواند برای محاسبه زمان سفر از $9/5$ تا $t_{latest}=10/5$ به کار برده شود. با دانستن اینکه جاده در $t=12/5$ h به یک نرخ شارش $300 \frac{\text{vehicle}}{\text{h}}$ می‌رسد پس $t_{form}=3$. هزینه سفر برای وسایلی که در پایان نگهداشته شده‌اند ($Q_{conserve}$) برابر است با

$$C_1 = \int_{t_{stop}-t_{form}}^{t_{stop}} A_r(t_{stop}-t)dt = 252/41 \text{ (vehicle} \times \text{h)}$$

طبق معادله (20-2) چون وسایل نگهداشته شده به $t_{dc} = \frac{62/5}{80} = 0/78$ h برای تخلیه و پیش روی نیاز دارند پس

$$C_2 = \int_0^{0/78} A_d(0/78-t)dt = 24/41 \text{ (vehicle} \times \text{h)}$$

باقی مانده زمان سفر که همان زمان سفر بروی لینک می‌باشد t_2 است. فرض می‌کنیم $t_2 = 0/018$ h حال هزینه زمان سفر برای C_3 برابر است با

$$C_3 = 62/5 \times 0/018 = 1/125 \text{ (vehicle} \times \text{h)}$$

و C_4 در زیر محاسبه شده است .

$$C_4 = \int_{10/5}^{t_{stop}-t_{form}} (A_r \times t_{dc}) dt = \int_{9/5}^{7/5} 0/04 \times (t-0/02)^{3/45} \times e^{-\frac{(t-0/02)^{4/45}}{99309/8}} \times 0/78 = -87/52 \text{ (vehicle} \times \text{h)}$$

و

$$C_5 = A_d t_{stop} t_2 = 80 \times (10/5 - 9/5) \times 0/018 = 1/44 \text{ (vehicle} \times \text{h)}$$

$$c_{ci} = 2 \times 0/018 = 0/036$$

پس هزینه سفر در حالت اول برابر است با

$$C_{case1} = 252/41 + 24/41 + 1/125 - 87/52 + 1/44 - 0/036 = 191/82 \text{ (vehicle} \times \text{h)}$$

میدانیم که 200 وسیله نقلیه در نقطه ترکیبی وجود داشت که اگر این وسایل نقلیه در یک شرایط ترافیکی بدون تراکم (سفر در حالت آزاد بدون ترافیک) سفر کنند به هزینه زمان سفر

$$C_{\text{total}} = \left(\frac{1}{60} + t_2 \right) \times 200 = 7/6 (\text{vehicle} \times \text{h})$$

نیاز خواهند داشت که تخلیه را کامل کنند.

شاخه 1 (لینک امام خمینی)

ماکسیمم تعداد وسایل نقلیه نگهداشته شده در شاخه 1 را نیز می توان به همین صورت برآورد کرد.

طول شاخه 1 را 0/8 کیلومتر در نظر بگیرید و فرض کنید که میانگین طول اتومبیل 0/016 کیلومتر است. فضای اشغال شده را با D_{safe} نشان می دهیم

ماکسیمم تعداد وسایل نقلیه نگهداشته شده عبارت است از

$$l/D_{\text{safe}} = 0/8 / 0/016 \approx 50 (\text{vehicle})$$

چون زمان لازم برای طی مسیر (شاخه 1) از ورودی تا خروجی 0/96 دقیقه است، پس ماشین ها قبل از $t = \left(9/5 - \frac{0/96}{60} \right) = 9/48 \text{ h}$ وارد می شوند و لینک را در $t = 9/5 \text{ h}$ ترک می کنند.

وسایل نگهداشته شده در t_0 برابر است با

$$C_i = f(9/5) = \int_{9/48}^{9/5} A_{r1} dt \approx 2/5 (\text{vehicle})$$

بنابراین آخرین زمانی که می توان پیچ را راه اندازی کرد، زمانی است که وسایل نقلیه نگهداری شده به تعداد 50 میرسند، که حداکثر فضای اشغال شده بافرلینک یا ماکسیمم مقدار سطح اشباع است که زمان آن را t_{latest} گویند.

$$\int_{9/5}^{t_{\text{latest}}} A_{r1}(t) dt - 120(t_{\text{latest}} - 9/5) + 2/5 = 50 \rightarrow t_{\text{latest}} \approx 9/8$$

حالت 1 می‌تواند برای محاسبه زمان سفر از $9/5$ تا $t_{latest}=9/8$ به کار برده شود. با دانستن اینکه جاده در $t=12/5$ h به یک نرخ شارش $300 \frac{\text{vehicle}}{h}$ می‌رسد پس $t_{form}=2/7$. هزینه سفر برای وسایلی که در پایان نگهداشته شده‌اند ($Q_{conserve}$) برابر است با

$$C_1 = \int_{t_{stop}-t_{form}}^{t_{stop}} A_r(t_{stop}-t) dt = 224/57 (\text{vehicle} \times h)$$

طبق معادله (20-2) چون وسایل نگهداشته شده به $t_{dc} = \frac{50}{120} = 0/41$ h برای تخلیه و پیش روی نیاز دارند پس

$$C_2 = \int_0^{0/41} A_d(0/41-t) dt = 10/08 (\text{vehicle} \times h)$$

باقی مانده زمان سفر که همان زمان سفر بروی لینک می‌باشد t_2 است. فرض می‌کنیم $t_2=0/018$ h حال هزینه زمان سفر برای C_3 برابر است با

$$C_3 = 50 \times 0/018 = 0/9 (\text{vehicle} \times h)$$

و C_4 در زیر محاسبه شده است.

$$C_4 = \int_{9/5}^{t_{stop}-t_{form}} (A_r \times t_{dc}) dt =$$

$$\int_{9/5}^{7/1} 0/06 \times (t-0/016)^{3/45} \times e^{-\frac{(t-0/016)^{4/45}}{99309/8}} \times 0/41 = -77/66 (\text{vehicle} \times h)$$

و

$$C_5 = A_d t_{stop} t_2 = 120 \times (9/8 - 9/5) \times 0/018 = 0/65 (\text{vehicle} \times h)$$

$$c_{ci} = 2 \times 0/018 = 0/036$$

پس هزینه سفر در حالت اول برابر است با

$$C_{case1} = 224/57 + 10/08 + 0/9 - 77/66 + 0/65 - 0/036 = 158/50 (\text{vehicle} \times h)$$

میدانیم که 200 وسیله نقلیه در نقطه ترکیبی وجود داشت که اگر این وسایل نقلیه در یک شرایط ترافیکی بدون تراکم (سفر در حالت آزاد بدون ترافیک) سفر کنند به هزینه زمان سفر

$$C_{total} = \left(\frac{0.96}{60} + t_2 \right) \times 200 = 6.8(\text{vehicle} \times h)$$

نیاز خواهند داشت که تخلیه را کامل کنند.

4.3 شبیه سازی

وسایل نقلیه در یک ناحیه خروجی با ظرفیت 80 vehicle/h بعد از $t = 9/5$ ترکیب شدند و هزینه سفر برای وسایل نقلیه‌ای که از $t = 9/5$ تا $t = 10/5$ از لینک عبور کردند ثبت شد. هزینه‌های شبیه سازی شده در حالت اول C_1 و C_5 هستند که هزینه سفر برای وسایل نقلیه‌ای که بافر را قبل از $t = 10/5$ ترک کردند و C_1 هزینه سفر برای وسایل نقلیه نگهداری شده در $t = 10/5$ که بافرلینک را ترک کردند. C_5 و C_1 مستقیماً با رفتار بافرلینک رابطه دارند. ما برای امتحان از 10 نسخه استفاده کردیم.

در شبیه سازی می توان یک نتیجه برای پشتیبانی از سیستم شرح داد. معادله زیر محاسبه half-width را با 97٪ در 10 نسخه عینی نشان می دهد.

$$h = t_{9,975} \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2$$

$$s = \sqrt{S^2}$$

$$\mu: \bar{x} \pm h$$

که h فاصله اطمینان با 97٪ اطمینان و s انحراف معیار و n تعداد نسخه هاست.

$$\bar{C}_1 = 244.3(\text{vehicle} \times h), S_{C1} = 23.35(\text{vehicle} \times h)$$

$$\bar{C}_5 = 252.41(\text{vehicle} \times h), S_{C5} = 0.18(\text{vehicle} \times h)$$

بنابراین داریم.

$$h_{c1} = 2,22 \times \frac{23,35}{\sqrt{9}} \approx 17,29 (\text{vehicle} \times h)$$

$$h_{c5} = 2,22 \times \frac{0,18}{\sqrt{9}} \approx 0,13 (\text{vehicle} \times h)$$

مقدار اصلی C_1 با 97٪ اطمینان هست $2443 \pm 17,29 (\text{vehicle} \times h)$ و مقدار اصلی C_5 هست $25241 \pm 0,13 (\text{vehicle} \times h)$

در نتیجه برای C_1 زمان بیشتری برای ترک وسایل نقلیه نگهداشته شده نیاز است.

برنامه نویسی مورد مطالعاتی میدان امام خمینی

جواب برنامه مرتبط با هزینه سفر در لینک پانزده خرداد نیز به صورت زیر می باشد.

$$C_{\text{case1}} = 191,8377$$

و همچنین جواب برنامه مدل کمینه سازی نرخ ورود و خروج در میدان امام خمینی نیز به صورت زیر می باشد.

x =

75/8748

175/8748

3/0000

$$fval = -100,0000$$

$$exitflag = 1$$

این مدل جواب بهینه دیگری نیز دارد که با استفاده از روش سیمپلکس بدست می آید.

x =

0

100
3

fval = -100

exitflag =1

نتیجه گیری و پیشنهادات

مفهوم بافرلینک یک ابزار مفید برای مدیریت شارش در طول تخلیه و کمینه کردن زمان کلی سفر در یک شریط بحرانی است.

در این مدل وقتی نرخ ورود نسبت به ظرفیت خروجی بیشتر است لینک شروع به نگهداری وسایل نقلیه می‌کند و تبدیل به بافر می‌شود و با بدست آوردن زمان مناسب راه اندازی پیچ بار ترافیکی روی بافر کاهش و هزینه سفر کمینه می‌شود مشروط بر اینکه نمایشگرهایی به طور مداوم ناظر بر عملکرد بافر و لینک باشند.

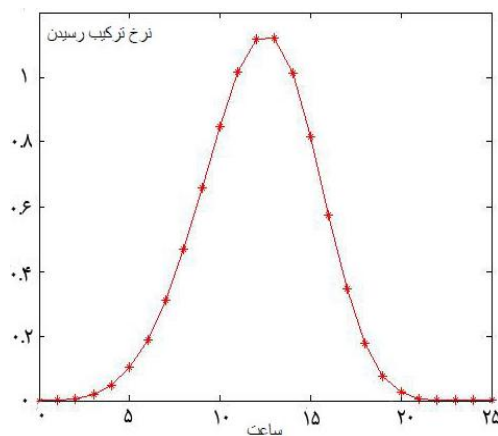
تا کنون کوشش‌های بسیاری در زمینه کاهش بار ترافیکی و کاهش زمان سفر صورت گرفته است و ما امیدواریم که این تحقیق در جهت بهبود شرایط ترافیکی مورد استفاده قرار گرفته و در آینده بتوانیم طرحی جامع‌تر و کامل‌تر ارائه دهیم.

پیوست

پیوست شماره 1 شرح برنامه‌ها

* برای رسم نمودار از دستور plot استفاده می‌کنیم.

```
x=1*[0:25];
y=(0.00004*(x).^3-45).*exp(-(x).^4-45)/99309-8);
plot(x,y,'r-*')
xlabel('hour')
ylabel('Arrival rate')
```



* برنامه نویسی هزینه سفر به شکل زیر می‌باشد در این برنامه بعضی مقادیر را ثابت در نظر می‌گیریم.

```
Ad= 800;
T=8;
t_stop=9*65;
t_0=t_stop-T/60
t_clear=8;
t_latest=12*1;
L=36960;
```

```

D_safe=55;
max_number=(L/D_safe)
t_form=0.55;
t_Q=t_stop-t_0
t_dc=max_number/Ad
t_2=1.25;
if t_stop>=t_clear
C_i=quad(@(t) (0.419*((t-0.133).^3.45).*exp(-(t-0.133).^4.45)/99309.8)),t_0,t_stop)
t_0=t_stop;
t_stop=t_latest;
Q_left=Ad*(t_stop-t_0)-C_i
%Q_conserve=quad(@(t) (0.419*((t-0.133).^3.45).*exp(-(t-0.133).^4.45)/99309.8))-Ad.*(t_stop-t_0)+c_i,t_0,t_stop)
%f_it=quad(@(t) (0.419*((t-0.133).^3.45).*exp(-(t-0.133).^4.45)/99309.8))-Q_left,t_0,t)
C_1=quad(@(t) (0.419*((t-0.133).^3.45).*exp(-(t-0.133).^4.45)/99309.8)).*(t_stop-t),t_stop-t_form,t_stop)
C_2=quad(@(t) (Ad*(t_dc-t)),0,t_dc)
C_3=max_number*t_2
C_4=quad(@(t) 0.419*((t-0.133).^3.45).*exp(-(t-0.133).^4.45)/99309.8)*t_dc),t_0,t_stop-t_form)
C_5=Ad*(t_stop-t_0)*t_2
C_C=C_i*t_2
C_case1=C_1+C_2+C_3+C_4+C_5-C_C
else
c_1=quad(@(t) (0.419*((t-0.133).^3.45).*exp(-(t-0.133).^4.45)/99309.8)).*(t_stop-t),t_0,t_stop)
c_2=quad(@(t) (0.419*((t-0.133).^3.45).*exp(-(t-0.133).^4.45)/99309.8)).*t_dc),t_0,t_stop)
f=quad(@(t) (0.419*((t-0.133).^3.45).*exp(-(t-0.133).^4.45)/99309.8)))
c(3)=(f*t_2)
c_case2=c_1+c_2+c_3
end

```

و جواب برنامه فوق به صورت زیر است.

t_0 =

9.5167

max_number =

672

t_Q =

0 1333

t_dc =

0 8400

C_i =

103 8977

Q_left =

1.8561e+003

C_1 =

171 9596

C_2 =

282 2400

C_3 =

840

C_4 =

1 5471e+003

C_5 =

2 4500e+003

C_C =

129 -8721

C_case1 =

5 -1615e+003

* برای نوشتن برنامه مدل کمینه سازی بخش 6.2 از دستور *linprog* استفاده می کنیم.

```
clc
%% Objective function cof
f=[2 -45;-2 -45;0]
%% InEqu
A=[ 0 1 0]
b=[2200]
%% Eq
Aeq = [0 0 1
       -0 -133 0 -133 0]
beq = [1629
       104]
%% Bound
myoptions = optimset('linprog');
lb=[ 0 0]
[x,fval,exitflag,output,lambda] = linprog
(f,A,b,Aeq,beq,lb,[],[],myoptions)
```

و جواب این برنامه به صورت زیر می باشد.

f =

2 -4500
-2 -4500
0

A =

0 1 0

b =

2200

Aeq =

0	0	1	-0000
-0	-1330	0	-1330
			0

beq =

1629
104

lb =

0 0

Optimization terminated.

x =

1

-0e+003 *

0

-6469

1

-4289

1

-6290

fval =

-1

-9158e+003

exitflag =

1

output =

iterations: 3

algorithm: 'large-scale: interior point'

```

cgiterations: 0
    message: 'Optimization terminated.'

lambda =

    ineqlin: 1.5424e-009
        eqlin: [2x1 double]
        upper: [3x1 double]
        lower: [3x1 double]

```

برنامه فوق جواب دیگری نیز دارد که با استفاده از روش سیمپلکس می‌توان به آن دست یافت.

```

clc
%% Objective function cof
f=[2 -45;-2 -45;0]
%% InEqu
A=[ 0 1 0]
b=[2200]
%% Eq
Aeq = [0 0 1
       -0 -133 0 -133 0 ]
beq = [1629
       104]
%% Bound
myoptions =
optimset(myoptions,'Simplex','on','LargeScale','off');
lb=[ 0 0]
[x,fval,exitflag,output,lambda] = linprog
(f,A,b,Aeq,beq,lb,[],[],myoptions)

```

و جواب این برنامه

```

Optimization terminated.

x =

    1.0e+003 *

         0
    0.7820
    1.6290

```

```
fval =

-1.9158e+003

exitflag =

1

output =

    iterations: 0
    algorithm: 'medium scale: simplex'
    cgiterations: []
    message: 'Optimization terminated.'
lambda =

    ineqlin: 0
    eqlin: [2x1 double]
    upper: [3x1 double]
    lower: [3x1 double]
```

* برنامه نویسی مورد مطالعاتی میدان امام خمینی

برنامه مرتبط با هزینه سفر در لینک پانزده خرداد نیز به صورت زیر می باشد.

```
Ad= 80;
T=1.2;
t_stop=9.5;
t_0=t_stop-T/60
t_clear=8;
t_latest=10.5;
L=1;
D_safe=0.016;
max_number=(L/D_safe)
t_form=3;
t_Q=t_stop-t_0
t_dc=max_number/Ad
t_2=0.018;
if t_stop>=t_clear
C_i=quad(@(t) (0.04*((t-t_0).^3).^45).*exp(-(t-t_0).^4
.45)/99309.8)),t_0,t_stop)
```



```

t_0=t_stop;
t_stop=t_latest;
Q_left=Ad*(t_stop-t_0)-C_i
%Q_conserve=quad(@(t) (0.419*((t-0.133).^3.45).*exp(-(t-0.133).^4.45)/99309.8))-Ad.*(t_stop-t_0)+c_i,t_0,t_stop)
%f_it=quad(@(t) (0.419*((t-0.133).^3.45).*exp(-(t-0.133).^4.45))/99309.8))-Q_left,t_0,t)
C_1=quad(@(t) (0.04*((t-0.02).^3.45).*exp(-(t-0.02).^4.45)/99309.8)).*(t_stop-t),t_stop-t_form,t_stop)
C_2=quad(@(t) (Ad*(t_dc-t)),0,t_dc)
C_3=max_number*t_2
C_4=quad(@(t) 0.04*((t-0.02).^3.45).*exp(-(t-0.02).^4.45)/99309.8)).*t_dc,t_0,t_stop-t_form)
C_5=Ad*(t_stop-t_0)*t_2
C_C=C_i*t_2
C_case1=C_1+C_2+C_3+C_4+C_5-C_C
else
c_1=quad(@(t) (0.04*((t-0.02).^3.45).*exp(-(t-0.02).^4.45)/99309.8)).*(t_stop-t),t_0,t_stop)
c_2=quad(@(t) (0.04*((t-0.02).^3.45).*exp(-(t-0.02).^4.45)/99309.8)).*t_dc,t_0,t_stop)
f=quad(@(t) (0.04*((t-0.02).^3.45).*exp(-(t-0.02).^4.45)/99309.8))
c(3)=(f*t_2)
c_case2=c_1+c_2+c_3
end

```

و جواب بصورت زیر می باشد.

t_0 =

9.4800

max_number =

62.5000

t_Q =

0.0200

t_dc =

$$0 \cdot 7813$$

$$C_i =$$

$$1 \cdot 4954$$

$$Q_{left} =$$

$$78 \cdot 5046$$

$$C_1 =$$

$$252 \cdot 4121$$

$$C_2 =$$

$$24 \cdot 4141$$

$$C_3 =$$

$$1 \cdot 1250$$

$$C_4 =$$

$$-87 \cdot 5265$$

$$C_5 =$$

$$1 \cdot 4400$$

$$C_C =$$

$$0 \cdot 0269$$

$$C_{case1} =$$

$$191 \cdot 8377$$

و برنامه مدل کمینه سازی نرخ ورود و خروج در میدان امام خمینی نیز به صورت زیر می باشد.

```

clc
%% Objective function cof
f=[1;-1;0]
%% InEqu
A=[ 0    1    0]
b=[300]
%% Eq
Aeq = [0      0      1
       -0.02  0.02   0]
beq = [3
       2]
%% Bound
myoptions = optimset('linprog');
lb=[ 0 0]
[x,fval,exitflag,output,lambda] = linprog
(f,A,b,Aeq,beq,lb,[],[],myoptions)

```

و جواب آن

f =

```

1
-1
0

```

A =

```

0    1    0

```

b =

```

300

```

Aeq =

```

0      0      1.0000
-0.0200 0.0200      0

```

beq =

```

3

```

```

2

lb =

    0    0

Optimization terminated.

x =

    75.8748
   175.8748
     3.0000

fval =

   -100.0000

exitflag =

     1

output =

    iterations: 3
    algorithm: 'large-scale: interior point'
 cgiterations: 0
    message: 'Optimization terminated.'

lambda =

    ineqlin: 7.8806e-010
     eqlin: [2x1 double]
    upper: [3x1 double]
    lower: [3x1 double]

```

این مدل جواب بهینه دیگری نیز دارد که با استفاده از روش سیمپلکس بدست می‌آید.

```

clc
%% Objective function cof

```

```

f=[1;-1;0]
%% InEqu
A=[ 0 1 0]
b=[300]
%% Eq
Aeq = [0 0 1
       -0.02 0.02 0]
beq = [3
       2]
%% Bound
myoptions =
optimset(myoptions,'Simplex','on','LargeScale','off');
lb=[ 0 0]
[x,fval,exitflag,output,lambda] = linprog
(f,A,b,Aeq,beq,lb,[],[],myoptions)

```

و جواب

f =

```

1
-1
0

```

A =

```

0 1 0

```

b =

```

300

```

Aeq =

```

0 0 1.0000
-0.0200 0.0200 0

```

beq =

```

3
2

```

```
lb =  
  
    0    0  
  
Optimization terminated.  
  
x =  
  
    0  
   100  
    3  
  
fval =  
  
   -100  
  
exitflag =  
  
    1  
  
output =  
  
    iterations: 0  
    algorithm: 'medium scale: simplex'  
    cgiterations: []  
    message: 'Optimization terminated.'  
  
lambda =  
  
    ineqlin: 0  
    eqlin: [2x1 double]  
    upper: [3x1 double]  
    lower: [3x1 double]
```

پیوست شماره 2 (شرح نمادها)

نماد	شرح
q_{cap}^{up}	ظرفیت بخش بالایی گلوگاه
q_{cap}^{down}	ظرفیت بخش پایینی گلوگاه
q_{in}	ظرفیت ورودی
UE	اصل اول از اصول <i>Wordrop</i> یا به عبارتی اصل تعادل
SO	اصل اول از اصول <i>Wordrop</i> یا به عبارتی اصل بهینه سازی
$F_i(t)$	تابع ورود در زمان t در گام i
$A(t)$	تابع نرخ رسیدن (ورود)
$A_r(t)$	نرخ رسیدن یا ورود
$A_d(t)$	نرخ حرکت یا خروج
C	هزینه سفر
t_Q	مدت زمان استقرار در صفوف ترافیک
t_0	زمان شروع محاسبه
t_{stop}	زمانی که چگالی لینک به یک سطح تعریف شده می‌رسد یا به عبارتی زمانی که پیچ راه اندازی می‌شود.
C_i	موجودی لینک از وسایل نقلیه
Q_{left}	وسایل نقلیه ترک کننده لینک
$Q_{conserve}$	وسایل نقلیه ای که در لینک نگهداری می‌شوند.
t_{form}	زمان منقضی برای اولین وسیله نقلیه که وارد لینک شده و در گروه آخرین وسایل نقلیه نگهداری شده در لینک قرار می‌گیرد.
t_{dc}	زمان لازم برای تخلیه و پیش روی برای وسایل نقلیه در صفوف جلویی
t_2	زمان لازم برای کامل کردن سفر یا به عبارتی زمان سفر بروی لینک
D_{safe}	بیشینه فضای اشغال شده توسط لینک
t_{latest}	آخرین زمان راه اندازی پیچ
t_{clear}	زمان ترک لینک توسط وسایل نقلیه موجود بروی آن قبل از شروع محاسبه

پیوست شماره 3 (شرح واحدها)

واحد	شرح
$\frac{\text{km}}{\text{h}}$	$\frac{\text{کیلومتر}}{\text{ساعت}}$
$\frac{\text{vehicle}}{\text{h}}$	$\frac{\text{وسیله نقلیه}}{\text{ساعت}}$
$\frac{\text{foot}}{\text{vehicle}}$	$\frac{\text{فوت}}{\text{وسیله نقلیه}}$
vehicle*h	ساعت * وسیله نقلیه
h	ساعت
min	دقیقه


مراجع

- [1].Duanmu.J,Taaffe.K. Buffering in evacuation management for optimal traffic demand distribution elsevier journal ,Transportation Reasearch part E.(2012)
- [2]. Lenz. M. Nonlinear Speed-Control for a continuum. proc.14th World cong IFAC .Q 67-72. (2003)
- [3].Petta. S System Optimal Dynamic Assignment in congested Networks. Doctoral dissertation-the university of texas at ausitn. (1994)
- [4].Robinson and Khattak. Role Of Traffic Incidents in Hampton Roads Hurrincance Evacution. TRB Annual metting,Washington. Dc. (2009)
- [5]. Tweedi and Rewland. A Methodology for Estimating Emergency Evacuation Time. The social science journal 23 ,189-204. (1986)
- [6] Wardrop. Some Theoretical aspects of road Traffic reasearch .in Proceedings of institute of civit engineers ,part[I] ,352-362. (1952)
- [7] Zakhar. H. Self-Sufficient control of Speed on freeways.int. Symp.Traffic control system. Berkeley .(1999)
- [8]. شاه حسینی ز و حقانی م . برنامه ریزی حمل و نقل و مهندسی ترافیک . نشر آوا(1391)
- [9]. شاهی ج. مهندسی ترافیک .مرکز نشر دانشگاهی.(1375)

لغت نامه فارسی به انگلیسی

<i>Saturation</i>	اشباع
<i>Traffic fluctuation</i>	افت وخیز ترافیکی
<i>Measurement</i>	اندازه گیری
<i>High way</i>	بزرگراه
<i>Delay</i>	تأخیر
<i>Evacuation</i>	تخلیه
<i>Estimate</i>	تخمین - برآورد
<i>Trip assignment</i>	تخصیص سفر
<i>Congestion</i>	تراکم
<i>Merge</i>	ترکیب کردن
<i>Traffic seperated</i>	تفکیک ترافیک
<i>At grade intersection</i>	تقاطع همسطح
<i>Grade – seperated intersection</i>	تقاطع غیرهمسطح
<i>Balance</i>	تعادل
<i>Distribution</i>	توزیع
<i>Trip distribution</i>	توزیع سفر
<i>Trip generation</i>	تولید سفر
<i>Detour</i>	پیچ
<i>Road</i>	جاده
<i>Departure</i>	حرکت - خروج
<i>Densiyt</i>	چگالی
<i>Tigger</i>	راه اندازی
<i>Level of service</i>	سطح سرویس
<i>Travel</i>	سفر
<i>System optimal</i>	سیستم ایتیم یا بهینه
<i>Branch</i>	شاخه

<i>In flow</i>	شارش ورودی
<i>Out flow</i>	شارش خروجی
<i>Capacity</i>	ظرفیت
<i>User equilibrium</i>	کاربرد تعادل
<i>Node</i>	گره
<i>Lane</i>	لانه
<i>Link</i>	لینک - جاده
<i>Calculation</i>	محاسبه
<i>Distination</i>	مقصد
<i>Rate</i>	نرخ
<i>rate Departure</i>	نرخ حرکت یا خروجی
<i>Arrival rate</i>	نرخ ورود
<i>Merging point</i>	نقطه ترکیبی
<i>Exit point</i>	نقطه خروجی
<i>Conserve</i>	نگهداری
<i>Assignment</i>	واگذاری
<i>Vehicle</i>	وسیله نقلیه
<i>Cost</i>	هزینه

	<p style="text-align: center;">In the name of God</p> <p style="text-align: center;">Dissertation details, PayameNoor University</p>	
<p>Title: Buffering in evacuation management for optimal traffic demand</p>		
<p>Faculty: Basic Science Department / Branch: Mathematical Sciences / Applied Math</p>		
<p>Student's name: Ensiehe Alboshoke Supervisor's name: Dr. Aghileh Headari</p>		
<p>For degree: M. S. C</p>		
<p>Date of Presentation:----- Number of pages:-----</p>		
<p>Abstract: This paper presents a new framework for managing congestion during emergency evacuations. The algorithm allows a long link of the network to be used as a buffer to keep the traffic flow moving in. Concurrently, a detour trigger time is estimated to keep the traffic under-saturated in the buffer zone and minimize the total travel time. The integration algorithm presented in this paper is an efficient mathematical solution for travel time cost calculation. A case study is presented to demonstrate the efficacy of the traffic demand buffering strategy developed in this research for managing the evacuation flow.</p>		
<p>Signature of Supervisor:</p> <p>Signature of Advisor:</p> <p>Date:</p>	<p>Keywords:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. emergency management 2. Optimization 3. traffic 	



*Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
M.Sc. in Applied Mathematic*

Title:

*Buffering in evacuation management for optimal traffic demand
Distribution*

Supervisor:

Dr. Aghileh Heydari

Advisor:

Dr. Reza Ghanbri

By:

Ensiehe Alboshoke

2012

