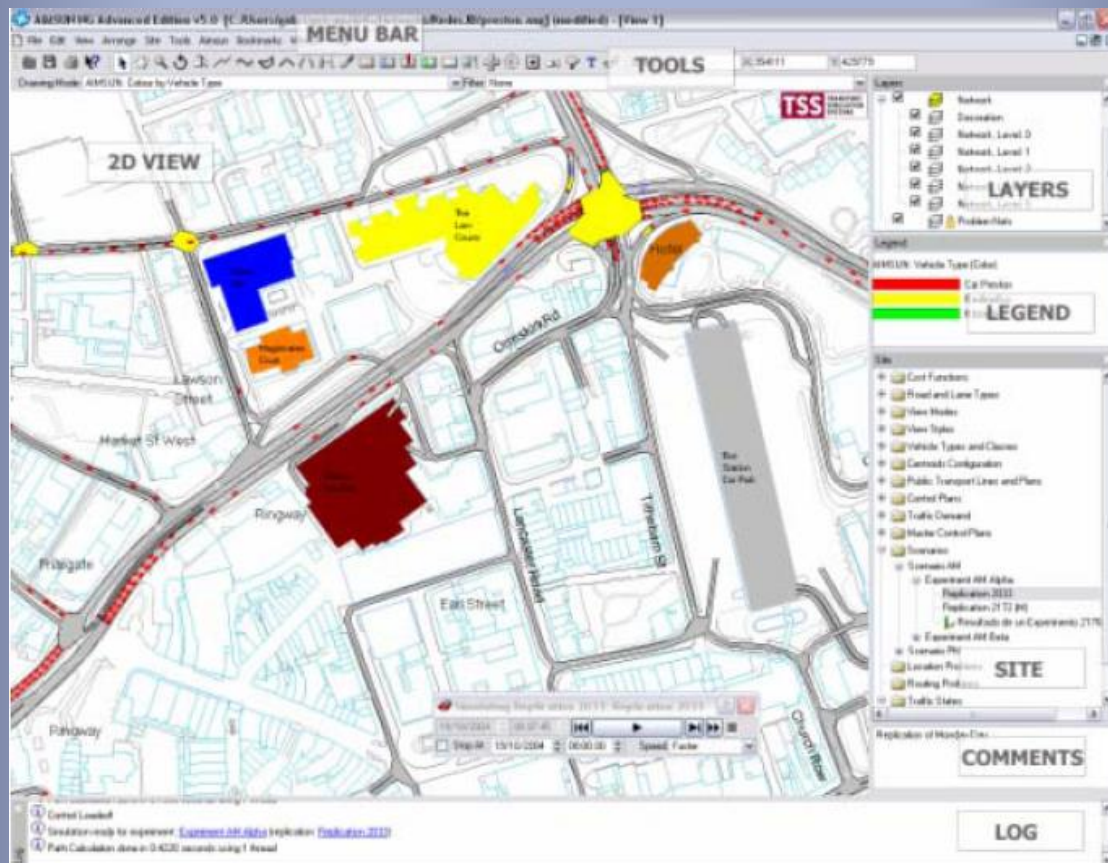




کاربرد رایانه در حمل و نقل و ترافیک

محمد صدیق باور

دانشگاه جامع علمی کاربردی شهرداری های شیراز

۱۳۹۲-۱۳۹۱-۲

سلام الله عليه

با توسعه استفاده از اتومبیل و بروز مشکلات و مسائل در ترافیک شهری، تخصص مهندسی ترافیک مطرح شده و به ایفای نقش در زمینه حل مشکلات و برنامه ریزی حمل و نقل پرداخته است. از آن هنگام تا کنون نقش و روشهای مهندسی ترافیک متناسب با افزایش نیازها و پیچیدگی های این رشته در طول زمان تغییر و توسعه یافته است. امروزه به دنبال ترویج این عقیده که راه حل ابتدایی افزایش تسهیلات حمل و نقل راه حل قطعی نیست وظیفه مهندسين ترافیک عبارت از آن گردیده که امکان حرکت ایمن و کارای افراد و کالا را با بهره گیری حداکثر از تسهیلات موجود فراهم نمایند.

در حال حاضر مسئله ترافیک در شهرهای بزرگ به عنوان یک معضل جدی مطرح است. در کشور ما نیز زمان و هزینه های بسیاری به جهت توقف حرکت وسایل نقلیه و یا لا اقل کند شدن حرکت آنها به هدر می رود. فرسودگی انسانها، از دست رفتن زمان و آلودگی هوا از جمله معضلات مربوط به افزایش ترافیک در شهرهای بزرگ می باشد. در واقع بالا بودن هزینه های ناشی از ترافیک است که صرف منابع در جهت حل معضلات را در فرایند اقتصاد حمل و نقل توجیه پذیر می سازد و وظیفه مهندسين ترافیک در این زمینه یافتن راه حلی است که با صرف حداقل سرمایه حداکثر رفاه و آسایش و کارایی اقتصادی را موجب گردد این راه حل الزاماً شامل ساخت معابر جدید و توسعه معابر نمی شود زیرا حل مشکل ترافیکی در شهرها یک دوگانگی است و ممکن است گسترش بدون مطالعه شبکه معابر شهری عوارض جانبی از قبیل افزایش تقاضای سفر و رشد ترافیک در آینده را به دنبال داشته باشد. بعلاوه هزینه هایی که این گونه ساخت و سازها

بر جامعه تحمیل می کند (از جنبه های مختلف اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و سیاسی) بسیار زیاد و در صورت عدم موفقیت طرح جبران ناپذیر است.

با توجه به دلایل ذکر شده ، امروزه ترافیک و برنامه ریزی حمل و نقل از مهمترین وظایف مربوط به امور شهر و شهرداری هاست. با پیچیده شدن مسئله ترافیک شهری استفاده از رایانه در جهت کنترل و مدیریت ترافیک روز به روز متداولتر می شود و از این میان شبیه سازی کامپیوتری به عنوان ابزاری قوی و کارآمد هر روز بیشتر از پیش مورد توجه و استفاده مهندسین حمل و نقل واقع می گردد.

حمل و نقل و وسائل آن به دلیل وجود پایه دقیق تئوریکی بسیار سازگار و قابل انطباق در برنامه های کامپیوتری برای شبیه سازی یا حل مدل بسیار مناسب می باشند و امروزه نرم افزارهای گوناگون ترافیکی در خدمت کارشناسان این زمینه می باشد

فصل اول

کلیات

فصل اول : کلیات

۱-۱ تاریخچه شبیه سازی

مطالعات علمی بر جریان ترافیک از دهه ۱۹۳۰ و با اعمال تئوری احتمال در توصیف ترافیک جاده ای در سال ۱۹۳۶ توسط آدامز آغاز و با مطالعات مدل‌های مرتبط با حجم و سرعت و تحقیق بر روی وضعیت ترافیک در تقاطعها توسط ب. گرین شیلدرز در دهه های ۳۰ و ۴۰ ادامه یافت. در دهه ۱۹۵۰ موجی از توسعه و پیشرفت تئوری های جریان ترافیک بر پایه راهکارهای متنوع نظیر تعقیب اتوموبیل، تئوری موج ترافیک (قیاس هیدرو وینامیکی) و تئوری صف کشی (گارتز، مسر و راسی، ۱۹۹۲) ایجاد شد. مبنای شبیه سازی ترافیک عمدتاً در سال ۱۹۵۲ استقرار یافت یعنی زمانیکه آقای واردراپ از آزمایشگاه تحقیقاتی حمل و نقل در انگلستان مفهوم تاخیر تقاطع را معرفی کرد (فرمول و بستر). مدتی بعد زمانیکه گرلا ف تر خود را با عنوان شبیه سازی ترافیک بزرگراه به وسیله کامپیوتر متغیر گسسته همه منظوره در UCLA در سال ۱۹۵۵ منتشر کرد، شبیه سازی کامپیوتری آغاز شد. وی در آن رساله شبیه سازی میکروسکپی با واحدهای سلولی را مطرح کرد. در دهه ۱۹۶۰ می از برکلی برای مفاهیم کنترل خودرو، مدل‌های ماکروسکوپیک را بکار برد. در سطوح ملی، در دهه ۱۹۷۰ شاهد انجام آزمایشات متعددی با استفاده از نرم افزارهای شبیه سازی ترافیک توسط TRL انگلستان و اداره بزرگراههای فدرال آمریکا بودیم. در طی دهه ۱۹۸۰ با افزایش تواناییهای شبیه سازی کامپیوتری و اجرای برنامه های شبیه سازی بر روی کامپیوترهای خانگی با قابلیت نمایش گرافیکی، تکنولوژی به سرعت توسعه یافت. سیستمهای پیشرفته تری (نظیر INTERGRATION, CORSIM) به همراه توسعه سیستم حمل و نقل هوشمند (Van Aerde, Skabardonis, ۱۹۹۹) ایجاد شدند.

۲-۱ شبیه سازی کامپیوتری

شبیه سازی به فن مدل سازی سیستم ها اطلاق می شود و در اصل تقلیدی از عملکرد فرآیند یا سیستم واقعی می باشد. شبیه سازی طراحی یک مدل از یک سیستم و یک فرآیند واقعی و انجام آزمایش هایی بر روی آن با دوهدف زیرمی باشد که عبارتند از:

- کشف نحوه عملکرد سیستم

- ارزیابی عملکرد سیستم در شرایط مختلف

جواب بهینه در شبیه سازی فقط در حالت شرایط محدود قابل محاسبه می باشد. برای رسیدن به نتیجه مطلوبتر موارد زیر را باید در نظر گرفت:

- افزایش طول زمان

- افزایش تعداد دور

منظور از شبیه سازی کامپیوتری، مطالعه سیستم و بهبود رفتار یک سیستم یا فرآیند، در طول زمان به کمک کامپیوتر (نرم افزار) می باشد. برای پاسخگویی به پرسش: (چه می شود اگر...؟) از شبیه سازی استفاده می شود. در اصل آزمایشگاهی برای عملکرد سیستم و انجام آزمایشات مختلف بر سیستم می باشد. مدل ساخته شده از یک سیستم که در واقع نمایش انتزاعی سیستم واقعی می باشد بایستی دارای جزئیات و دقت لازم از سیستم واقعی باشد. ساخت مدل مناسب، هنری است که از طریق آن می توان کلیه پارامترهای سیستم را بررسی کرد.

۱-۳ چه زمانی استفاده از مدل‌های شبیه سازی باید مطرح شود

از آنجا که مدل های شبیه سازی یک پروسه پویا و دینامیک را در اشکال (فرم های) آماری و تصویری شرح می دهند ، آنها می توانند برای یک محدوده وسیعی از کاربردها ، هر کجا که باشد مورد استفاده قرار گیرد.

- عملیات ریاضی، یک مسئله اجرا نشدنی یا غیر کافی (ناقص) که ناشی از مقیاس فضایی یا زمانی آن و یا پیچیدگی مراحل مختلف (پروسه) جریان ترافیک است .
- هنگامیکه مفروضات اساسی (پایه ای) یک فرمول ریاضی (برنامه خطی) یا یک روش ذهنی (غیر مستدل) تا حدی شک و تردید را در قسمتی و یا در قابلیت بکار گیری این نتایج بوجود می آورد
- اطلاعات و فرمولبندی ریاضی بیان می کند که ترافیک دینامیک (پویا) و کنترل ترافیک دینامیک محیط ، حالت مشابه یک سیستم جریان (حالت) ثابت پیوسته ساده تر (کوچکتر) است .
- به منظور توضیح دادن (اینکه) چگونه نتایج آماری تولید شدند ، نیاز به دیدن جلوه های ویژه انیمیشنی وسایل نقلیه برای حصول یک درک از اینکه چطور سیستم رفتار می کند به وجود می آید .
- وضعیت فشرده بر یک زمان عمده و مهم اصرار دارند.

این موضوع باید تاکید شود که شبیه سازی ترافیک به خودی خود (به تنهایی) نمی تواند بجای مدل‌های بهینه سازی مورد استفاده قرار گیرد و نیازمند مدل کردن فعالیت ها و روش های (شیوه های) طراحی است . شبیه سازی می تواند برای پوشش موارد بالا علاوه بر زیرمدل های برنامه های دیگر و یا به عنوان یک ابزار کمکی برای ارزیابی و تعمیم دادن نتایج حاصل از روشهای دیگر باشد . برخی از مقادیر آماری نمونه (مقادیر

موثر/تاثیرگذارنامیده می شود(MOE) بوسیله شبیه سازی مدلها بدست آمده و در جدول ۱-۱ لیست شدند (ثبت شدند).

چنین آمارهایی می توانند برای هر مقطع یک بزرگراه معین (شبکه ارتباطی) ، برای هر دوره زمانی مشخص و برای بدست آوردن یک میزان از جزئیات که هم سه بعدی(فضایی) است و هم ناپیوسته موقت ،تهیه شوند. تراکم وپیوستگی این داده ها با جایگزین کردن شبکه کوچکتر و عریض کردن شبکه و در نهایت معین کردن یک دوره زمانی ممکن است همچنان وجود داشته باشد .

جدول ۱-۱

آمار (ارقام) خروجی شبیه سازی : مقادیر تاثیر گذار (موثر)

واحد(مقدار) برای هر شاخه ارتباطی و برای هر شبکه یکپارچه(کامل)	
مدت حرکت اتوبوس (شامل ایستادن و حرکت کردن)	سفر: وسیله نقلیه - مایل
مذتی که اتوبوس مطلقاً در حرکت است	مدت سفر: وسیله نقلیه - دقیقه
تاخیر اتوبوس	مدت حرکت: وسیله نقلیه - دقیقه
راندمان اتوبوس: زمان حرکت بعلاوه زمان سفر	زمان تاخیر: وسیله نقلیه - دقیقه / افراد - دقیقه
سرعت اتوبوس	راندمان: زمان حرکت بعلاوه زمان سفر
توقف های اتوبوس	میانگین زمان سفر هر وسیله نقلیه در یک مایل
زمانی که ظرفیت ایستگاه اتوبوس از حد مجاز تجاوز کند	میانگین تاخیر هر وسیله نقلیه در یک مایل
زمانی که ایستگاه خالی است	میانگین زمان سفر هر وسیله نقلیه
مصرف سوخت	میانگین زمان در صف اتوبوس
خروج CO	میانگین زمان توقف
خروج HC	میانگین سرعت
خروج NOX	توقف وسیله نقلیه
	حجم اشغال شبکه
	متوسط سطح نگهداری شبکه استفاده شده
	تعداد فاز سیگنال(علامت) که خراب شده
	میانگین طول صف
	حداکثر طول صف
	تغییرات خطوط
	سفر های اتوبوس
	سفر های شخصی با اتوبوس

۴-۱ شبیه سازی در مهندسی ترافیک

مدیریت و برنامه ریزی صحیح سیستم های ترافیکی مستلزم درک صحیح از آن سیستم ها است. تحلیل این

سیستم ها در شرایط کنونی دارای پیچیدگی های بسیاری است که عمدتاً ناشی از موارد زیرند:

۱- افزایش محدوده شهرها

۲- افزایش تقاضای سفر

۳- افزایش پیچیدگی معیارهای کنترل ترافیک

۴- نیاز به اندازه گیری و ارزیابی اثرات جانبی ایجاد تغییر در سیستم ترافیک

۵- نیاز به در نظر گرفتن اهداف متعدد و گاه متضاد با یکدیگر در تحلیل

البته افزایش پیچیدگی ها باعث غیر ممکن شدن تحلیل سیستم ها نمی گردد و شبیه سازی کامپیوتری ابزاری

قوی در جهت تحلیل سیستمهای پیچیده است.

پیچیدگی بیش از حد سیستم های ترافیکی و کثرت اجزا و روابط آنها و همچنین توانایی قابل توجه روش

شبیه سازی در تحلیل و پیش بینی شرایط، باعث گردیده تا در بررسی سیستمهای ترافیکی از این روش

استفاده زیادی شود به طوریکه تا کنون نرم افزارهای گوناگونی برای این منظور تهیه و ارائه شده اند. استفاده

از شبیه سازی فواید بسیاری به دنبال داشته است و می توان تغییر معیارهای کارائی سیستم را در اثر ایجاد هر

نوع تغییر فرضی ارزشگذاری و بررسی نمود. با بهره گیری از شبیه سازی بدون صرف هزینه و زمان قابل

توجه و بدون نیاز به انجام آزمایشهای عملی که مستلزم انقطاع جریان ترافیک و ایجاد تغییرات در محیط

ترافیکی بوده و عواقب اقتصادی و اجتماعی نیز به دنبال دارند می توان اثرات حاصله از هر طرح مورد نظر را

قبل از اجرای آن بررسی نمود.

از هنگام ارائه مدل‌های شبیه‌سازی طراحان و مهندسان از قید محدودیتهای مرتبط با آزمودن راه‌حلهای نوین قبل از اجرای عملی آنها رهایی یافته‌اند و علاوه بر آن این امکان برایشان پدید آمده که:

۱- نقائص و نقاط ضعف ایده‌هایشان را بشناسند.

۲- به صورت سعی و خطا به یک طرح بهینه دست پیدا کنند.

۳- به مقایسه طرحهای مختلف برای انتخاب بهترین طرح پردازند.

با انجام موارد ذکر شده در فوق، احتمال موفقیت یک طرح بیشینه می‌گردد و این امر از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است زیرا حصول به نتایج موفقیت‌آمیز در یک طرح، حمایت عمومی از آنرا به دنبال دارد و این امر برای انجام برنامه‌های دراز مدت مدیریت ترافیک الزامی است. از جانب دیگر، وجود تجربه‌ای غیر مفید یا مضر اعتبار سازمان متولی ترافیک شهر را تضعیف می‌سازد و به عنوان مانعی بر سر راه ظهور تغییرات اصلاحی آتی عمل می‌کند.

۱-۴-۱ کاربردهای شبیه‌سازی ترافیک

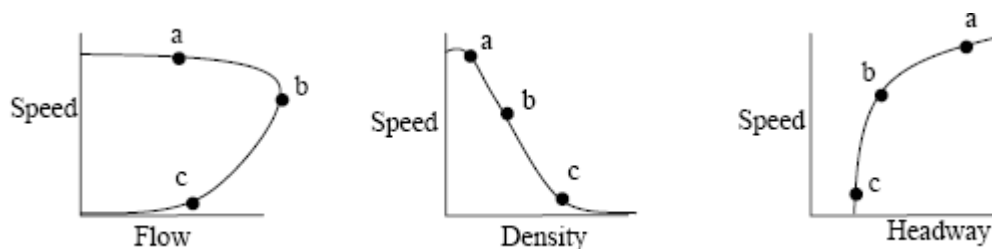
مدل‌سازی شبیه‌سازی ترافیک کاربردهای فراوانی دارد، مانند آنالیز مسائل متنوع و گوناگونی که به راحتی با دیگر روشها قابل مطالعه نیستند (راسی، لیبرمن، ۱۹۹۲). یک دلیل استفاده از شبیه‌سازی ترافیک، انجام آزمایش بدون تعلیق و متوقف ساختن سیستم واقعی (مثلاً بدون اختلال ترافیک واقعی) به علاوه شبیه‌سازی امکان اجرای سیستم‌ها را با سرعتی بسیار بالاتر از دنیای واقعی فراهم می‌سازد (یو، ۱۹۹۲). شبیه‌سازی ترافیک، همچنین می‌تواند در ارزیابی پتانسیل راهها - قبل از اینکه ساخته شوند - مورد استفاده قرار گیرد تا موارد زیر را مورد بررسی قرار دهد:

- اثر تکنیکهای مدیریت ترافیک
- چگونه به بهترین شکل پارامترهای راه تنظیم گردد
- بررسی اثر ترافیک و ارزیابی استرژیهای جایگزین کاهش ترافیک (اشمیت و لیند، ۱۹۹۹/۲۰۰۰ - یو، ۱۹۹۹ و کانگ ۲۰۰۰)
- به طور کلی کاربرد های شبیه سازی ترافیکی از این قرار است:
- ۱- طراحی حمل و نقل (تخمین سود و هزینه، مطالعه پیچیده ترافیکی، آنالیز صدور گازهای زائد و ...)
- ۲- طراحی بزرگراهها (آنالیز ظرفیت بزرگراهها، طراحی مکان های دریافت عوارض، طراحی تقاطعها و میادین و...)
- ۳- کنترل ترافیک و عملکرد آن (کنترل علائم ترافیکی، مدیریت محدود نمودن ترافیک شهری، طراحی مناطق بدون حادثه و ...)
- ۴- مدیریت ترافیک آزادراهها (آنالیز گلوگاهها، ارزیابی HOV/HOT و ...)
- ۵- حمل و نقل عمومی (اولویت علائم ترافیکی، مدل های تقاضای سفر و...)
- ۶- ارزیابی ITS (آنالیز سیستمهای مشاهده ترافیک، ارزیابی الگوهای جدید کنترلی و...)
- ۷- تحقیقات و توسعه

۵-۱ تئوری جریان ترافیک و مشخصه های تئوری

همانطور که گفته شد، تئوریهای جریان ترافیک پایه هدایت شبیه سازیهای ترافیک هستند. مشخصه های بنیادی جریان ترافیک، جریان، سرعت و تراکم هستند (NCSU, 1997). درک این مشخصه ها برای انجام شبیه سازی ترافیک ضروری است. ارتباط بین جریان و سرعت را می توان با نموداری نظیر شکل ۱-۱ نشان داد. این شکل، تناظر مستقیم بین ارتباط سرعت-جریان و سرعت-تراکم ماکروسکوپی و تعقیب-توویل میکروسکوپی که در نمودار به عنوان سرعت-پیشروی نام برده شده را نشان می دهد.

دقت کنید که چگونه نقاط a (بدون ترافیک)، b (جریان گنجایش) و c (پر ترافیک) که معرف سه گونه شرایط متفاوت ترافیک هستند، در این سه نمودار با هم مرتبط هستند. (Rakha, Baker, Hellinga, 1996; Van Aerde; 1999. Van Aerde, Skabardonis)



شکل ۱-۱ ارتباط بین سرعت-جریان، سرعت-تراکم، سرعت-پیشروی

جریان: یعنی تعداد خودروهایی که در یک فاصله زمانی انتخابی عبور می کنند (کانگ ۲۰۰۰). همچنین بعنوان میزان جریان یا حجم جریان، اغلب بیانگر نرخ جریان در واحد ساعت است و به صورت زمان مشاهده و شمارش خودرو تعریف می شود.

برای مثال فرض کنید ۵۵۰ خودرو در طی ۱۵ دقیقه شمارش شوند. نرخ میزان جریان برابر ۲۲۰۰ دستگاه خودرو در طی ۱ ساعت خواهد بود و فرض می شود که این فاصله زمانی ۱۵ دقیقه یک ساعت تمام است (که جریان در طول آن ساعت تغییرات زیادی ندارد). (NCSU, ۱۹۹۶)

سرعت: در بیشتر مدل‌های تحلیلی به صورت "اندازه عملکرد" (که معرف میزان خودروی در حرکت است) تعریف می‌شود و به دو صورت اندازه گیری می‌شود (NSCU, ۱۹۹۶ - Kang, ۲۰۰۰).

متوسط سرعت‌های زمانی (TMS): متوسط سرعت‌های اندازه گیری شده تمام خودروهایی است که از یک نقطه ثابت در فاصله زمانی مشخصی عبور می‌کنند و از سرعت‌های ثبت شده تک تک خودروهایی که از آن نقطه عبور کرده اند بدست می آید:

$$u_t = \frac{\sum_{i=1}^n u_i}{n} \quad (1-1)$$

متوسط سرعت مکانی (SMS): متوسط زمانی است که هر خودرو در طول یک قطعه می پیماید و از تقسیم زمان پیمایش متوسط ۲۰ مسافت اندازه گیری شده محاسبه می‌شود. (کانگ ۲۰۰۰)

$$u_s = \frac{nL}{\sum_{i=1}^n t_i} \quad (2-1)$$

که:

u_t = متوسط سرعت زمانی

u_i = سرعت ثبت شده خودرو

n = تعداد خودروهای مشاهده شده

u_s = متوسط سرعت مکانی (SMS)

l = طول قطعه بزرگراه

t_i = زمان پیمایش قطعه توسط خودرو

تراکم یا تمرکز ترافیک: تعداد خودروهایی است که واحد طول خیابان را در یک لحظه اشغال کرده اند. با افزایش خودروهای عبوری از یک نقطه مشخص جاده در واحد دقیقه، تراکم خودروها افزایش می یابد (کانگ، ۲۰۰۰ و بادینسکی، ۲۰۰۰). یک راه ساده برای درک تراکم ترافیک مشاهده منظره هوایی خیابان و شمارش تعداد خودروها در یک قطعه مشخص مسیر از یک لاین می باشد. این روش، تراکم ترافیک را به ازای هر قطعه جاده به ما می دهد (مثلاً ۲۰۰ خودرو در هر مایل در طول یک لاین) و می تواند به صورت زیر بیان شود.

$$k = \frac{5280}{\bar{d}} \quad (3-1)$$

K = تراکم (خودرو در هر مایل-لاین)

۵۲۸۰ فوت = ۱ مایل

$\bar{d}$ = متوسط مسافت پیش روی در یک لاین (فوت بر خودرو)

برای مثال اگر متوسط مسافت پیشروی (مسافت بین دو سپر جلوی دو ماشین متوالی) ۲۳ فوت باشد تراکم ترافیک حدوداً ۲۳۰ خودرو در مایل در هر لاین بدست می آید.

از آنجا که منظره هوایی ترافیک همیشه در دسترس نیست تراکم اغلب از فرمول زیر محاسبه میشود.

$$K = \frac{q}{u} \quad (4-1)$$

$$K = \text{تراکم}$$

$$q = \text{نرخ جریان (خودرو بر ساعت)}$$

$$u = \text{متوسط سرعت حرکت (مایل بر ساعت)}$$

دیگر فاکتورهای مربوط به تراکم ترافیک شامل تراکم فشردگی، حد بالایی که لاین منفرد میتواند در خود نگه دارد، متوسط مسافت پیشروی، تراکم بهینه، که زمانی است که ترافیک در یک لاین برابر با ظرفیت جریان آن خط می گردد و سطح خدمات که محدوده ای از کمتر از گنجایش تا توقف کامل جریان را در بر می گیرد. (NSCU، ۱۹۹۶)

مشخصه های ترافیکی جریان، سرعت و تراکم با رابطه زیر با هم ارتباط دارند.

$$q = uk \quad \text{یا} \quad \text{تراکم} * \text{سرعت} = \text{جریان} \quad (۵-۱)$$

به هر حال اولین مدل جریان ترافیک هر سه مولفه جریان - تراکم - سرعت را در برداشته و بر پایه مشاهدات ترافیک بود. این مدل ماکروسکوپی آشنا و معروف گرین شیلز بود. وی یک رابطه خطی ساده بین سرعت و تراکم پیشنهاد کرد. (Van Aerde, Rakha, ۱۹۹۵ و کانگ ۲۰۰۰)

$$U = u_f \left(1 - \frac{k}{k_f}\right) \quad (۶-۱)$$

که :

$$u = \text{متوسط سرعت ترافیک}$$

$$u_f = \text{سرعت جریان آزاد (تراکمی برابر یا در حد صفر)}$$

$$k_j = \text{تراکم ترافیک (حداکثر تراکم و سرعت)}$$

امروزه ارتباط کلی بین سرعت-تراکم و نرخ جریان عموماً توسط شکل ۱-۳ توصیف می شود.

که

$$q_m = \text{حداکثر میزان جریان}$$

$$u_f = \text{سرعت جریان آزاد (در تراکم صفر یا نزدیک صفر)}$$

$$u = \text{سرعت بهینه}$$

$$k_j = \text{تراکم بهینه}$$

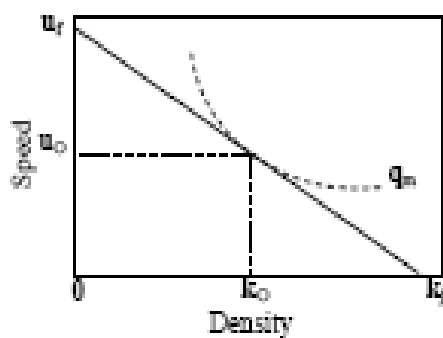
$$k = \text{تراکم فشردگی (حداکثر تراکم و سرعت)}$$

شکل ۱-۳ ارتباط سرعت و تراکم را با فرض داشتن رابطه خطی نشان می‌دهد. شکل ۱-۲ رابطه بین سرعت-

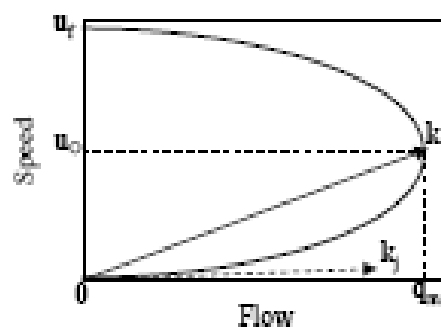
جریان را بیان می‌دارد و سمت راست‌ترین نقطه نحی (k) و بیشترین میزان جریان را نشان می‌دهد. سرعت

بهینه (u) و تراکم بهینه (k) مشخص کننده میزان جریان ایده آل است که در آن

موثرترین و کارا ترین بهره برداری از معبر به دست می‌آید.

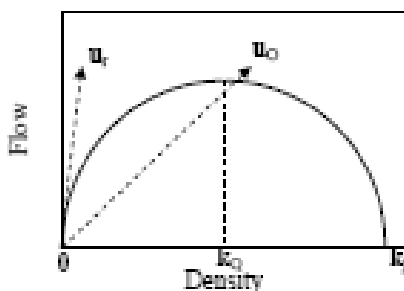


شکل ۱-۳: رابطه سرعت-تراکم



شکل ۱-۲: رابطه جریان-سرعت

شکل ۴-۱ ارتباط بین جریان-تراکم را نشان می دهد. جریان تا زمانی که به حداکثر برسد افزایش می یابد. این جریان حداکثر با سرعت بهینه و تراکم بهینه منطبق است. پس از این نقطه اوج ، میزان جریان کاهش می یابد تا به تراکم فشرده گی برسد.



شکل ۴-۱: رابطه جریان-تراکم

جزئیات بیشتر در مورد توسعه و بسط فرمولهای تئوری جریان ترافیک و شبیه سازی ترافیک و پیچیدگیهای مدلسازی که به ارتباط بین سرعت، جریان و تراکم می پردازد ، می تواند با مرور و مطالعه کانگ (۲۰۰۰) و گارتز ، مهمسنی ، مسر ، لیو ، کونارد و رسی (۱۹۹۲) و NSCU (۱۹۹۶) و می (۱۹۹۰) به دست آید. در حالیکه تئوریهای زیادی در ارتباط با شبیه سازی ترافیک وجود دارد، سه مفهوم دیگر به صورت اجمالی مرور می گردد:

تئوری تعقیب خودرو، تئوری موج ضربه ای و تئوری صف کشی

تئوری تعقیب خودرو به اثر متقابل موجود بین یک جفت خودرو که هر دو در یک لاین در حرکتند می پردازد. مشخصه هایی که در این کنش و برهم کنش نقش دارند عبارتند از: خودروها، پیشروی، فاصله زمان بین خودروهای متوالی و میزان شتاب مثبت/منفی بین خودروها (کانگ ۲۰۰۰، لیبرمن و رسی ۱۹۹۲)

تئوری موج ضربه ای بعنوان یک روش متعارف برای پیش بینی رفتار جریان ترافیک در بزرگراهها تکامل یافته است (کانگ ۲۰۰۰). تصور کنید در ساعت شلوغی، تراکم ترافیک افزایش می یابد و شما ترافیک را در مقابلتان تماشا می کنید، ناگهان اتوموبیلی پس از ترمز و لغزش شدید متوقف می شود و موجی از چراغهای قرمز (وسائل نقلیه پشت آن خودرو) روشن می شود و به سمت شما جریان جریان می یابد. این موج ضربه ای است - حد و مرز بین تراکم قبل از ترمز و تراکم بعد از ترمز، در جاییکه رانندگان ترمز کرده و تراکم افزایش می یابد. موج ناگهانی موجی از چراغ (ترمز) هاست که به سوی شما جریان می یابد (NSCU, ۱۹۹۶).

معادله پیوستگی مبنا و پایه تحلیل موج ضربه ای است که ما را به بیان زیر راهنمایی می کند (کانگ ۲۰۰۰).

$$\frac{\partial k}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = 0 \quad (7-1)$$

که

∂k = تمرکز و تراکم خودروها بین دو ایستگاه

∂t = مدت زمان فعالیتهای شمارش ترافیک همزمان در ایستگاه ۱ و ۲

∂q = تفاوت بین شدت جریان ورودی و خروجی

∂x = فاصله بین ایستگاه ۱ و ۲

مفهوم مرتبط با تئوری موج ضربه ای این است که رفتار عمومی جریان ترافیک می تواند بوسیله دینامیک جریان توصیف گردد. توصیف ترافیک بوسیله دینامیک جریان به تئوریهایی انجامید که نشاندهنده وجود موجهای ضربه ای که در پیش بینی رفتار جریان ترافیک بزرگراه استفاده می گردند، بود (کانگ ۲۰۰۰). بررسی ترافیک از این منظر با عنوان "تئوری هیدرودینامیکی جریان ترافیک" هم نام برده می شود. تئوری که می تواند رفتار گذرای ترافیک را نشان دهد و ثبت کند.

تئوری صف کشی می توانند در تحلیل شکل گیری و محو شدن صفوف و تعیین میزان تاخیر حادث شده توسط هر واحد خودروی مستقل بکار رود (کانگ ۲۰۰۰).

صفوف هنگامی که تقاضا (تعداد خودرو) از گنجایش فرتر رود و فزونی خودروهای انباشته شده در پشت یک گلوگاه باعث تاخیر زمان عزیمت آنها می شود، شکل می گیرند (NSCU, ۱۹۹۶).

تئوری صف کشی برای شبیه سازی و مدلسازی موفق ترافیک لازم و ضروری است.

۱-۶ طبقه بندی مدل های شبیه سازی

به طور کلی مدل های شبیه سازی را می توان به سه دسته زیر تقسیم نمود:

- ماکروسکوپی (فیدلیتی پایین) کلی نگری

- مزوسکوپی (فیدلیتی مختلط)

- میکروسکوپی (فیدلیتی بالا) جزئی نگری

۱-۶-۱ مدل های شبیه سازی ماکروسکوپی:

مدل های شبیه سازی ماکروسکوپی خصوصیات جریان ترافیک متوسط را از طریق مدل های جریان و موج های ضربه ای بررسی و تحلیل می کند. در مورد این مدل ها یک چیز قطعی است به ازای هر مجموعه ورودی شبیه سازی، فقط یک مجموعه خروجی شبیه سازی می تواند وجود داشته باشد (کنراد، دیون و یاگار، ۱۹۹۸).

فرض بعضی از مدل های ماکروسکوپی آن است که ترافیک در طول فاصله زمانی نمونه برداری به طور یکنواختی توزیع شده است. این فرض در ثبت و نمایش برهم کنش های خاص بین خودروهای منفرد و مجزا

یا بین خودروها و دستگاههای کنترل ترافیک ناتوان است، اما به وسیله آن می توان روابط پایه ای بین جریان، تراکم و سرعت را به سادگی به دست آورد (Rakha, et. Al, ۱۹۹۸, کانگ ۲۰۰۰).

یک مدل ماکروسکوپی محدودیت ها و آغاز عملیات و عملکردها را با صرف نظر از جزئیات مورد بررسی قرار می دهند. به عنوان مثال ازدحام و ترافیک در یک منطقه فقط از نظر تأثیر بر روی سرعت کلی خودروها در مسیر و میزان جریان و حجم جابجایی کلی مورد بررسی قرار می گیرد. تغییر مسیر عبور و مرور به هیچ عنوان در یک روش ماکروسکوپی بررسی نمی شود. تغییر در مسیر عبور و مرور ممکن است فقط به دلیل تغییر در میزان ترافیک به صورت جزئی بررسی گردد.

مدلهای ماکروسکوپی ترافیک را مانند جریان یک مایع همگن و روان در درون لوله تقریب می زنند (تئوری هیدرودینامیک جریان ترافیک). عناصر تشکیل دهنده این جریان خودروها هستند که جمعاً و با هم تحت عناوین "جریانها" و "پلاتون ها" و "پروفیل های جریان" مورد بحث قرار می گیرند.

در این نوع مدل ها وسایل نقلیه بصورت منفرد مدل نمی شوند. این نوع شبیه سازی برای حالت استاتیکی شرایط ترافیکی بکار برده می شود. از جمله این نرم افزارها می توان متانت، اوتوس و فرفلو را نام برد.

۱-۶-۲ مدل های شبیه سازی مزوسکوپی:

یک مدل مزوسکوپی در اغلب موارد، بیشتر محدودیت ها و همچنین اکثر عملکردها را تشریح می کنند با این تفاوت که جزئیات کمتری مورد بررسی قرار می گیرند و عملکردها زیاد جزئی تحلیل نمی شوند، به عنوان مثال تغییر یک محل عبور و مرور در این روش فقط برای خودروهای تکی و در مقایسه با هم مورد بررسی قرار می گیرند و تأثیرات بررسی تک تک خودروها به تنهایی بررسی نمی شود.

در این نوع مدل ها سرعت وسایل نقلیه در یک قسمت از مسیر مساوی است و در ضمن وسایل نقلیه به صورت مجزا برای انتخاب مسیر مدل سازی می شوند. از این نوع برنامه های شبیه سازی به منظور ارزیابی ATIS استفاده می شود. از جمله این نرم افزارها می توان دیناسمارت، دینامیت و انتگریشن را نام برد.

۱-۶-۳ مدل های شبیه سازی میکروسکوپی:

مدلهای شبیه سازی میکروسکوپی به واحدهای خودروی منفرد رفتار آنها می پردازند. یک مدل میکروسکوپی هم محدودیت های سیستم و هم عملکردها را با جزئیات بسیار بالا تشریح می کند. به عنوان مثال، یک تغییر در خطوط عبور و مرور می تواند قوانین رانندگی را در مسیر تحت تأثیر قرار دهد و همچنین تصمیمات جهت انتخاب مسیر و میزان کاربرد و راه را در پروسه های دیگر متحول نماید. میزان و زمان طول کشیدن تغییر مسیر و در نتیجه تغییر در میزان عبور و مرور نیز در این روش قابل اندازه گیری است.

. مدلهای میکروسکوپی معمولاً از متغیرهای تصادفی بهره می برند که در آن خودروها در حالیکه در طول شبیه سازی در حرکتند، در معرض مراحل و فرآیندهای تصادفی قرار می گیرند (کنراد، دیون و یانگار، ۱۹۹۸). ورودیها در مدلهای میکروسکوپی می توانند بر اساس اطلاعات واقعی نظیر اطلاعات جمع شده از " تیوب شمارها" (تیوبهای پلاستیکی که به منظور شمارش تعداد خودروها در جاده جاگذاری می شوند) یا شمارش خودروها به وسیله مشاهده باشد.

معمولاً مدلهای میکروسکوپی بر مبنای معادلات تعقیب خودرو هستند، که واکنش خودرو را بر مبنای اعمال مجموعه کنترل خودروهای پیش رویش، تعیین می کند ((کانگ ۲۰۰۰ و کاستوری ۲۰۰۰)).

شبیه سازی میکروسکوپی به خصوص زمانی مفید است که مدل جهت ارزیابی خصوصیات مختلف و متفاوت جاده نظیر کنترل چراغهای راهنمایی، کنترل رهترها و علائم و تابلو پیامهای متغیر به کار

رود(Castori, ۲۰۰۰, Skabardonis, Van Aerda, ۱۹۹۹, Rakha, et. Al. , ۱۹۹۸). بعلاوه مدل‌های شبیه

سازی میکروسکوپی، به صورت گسترده ای برای سنجش پیشنهادها و جایگزین‌هایی برای بهبود ترافیک استفاده می شوند(کانگ ۲۰۰۰).

از جمله این نرم افزارها می توان ایتراس، کرسیم، پارامیکس، الماسونس، ترانسیمز، ویسیم، میتسیم و ایمسان را نام برد.

representative Traffic Simulation Models

Name	Discrete Time	Discrete Event	Micro	Mesoscopic	Macro	Deterministic	Stochastic
NETSIM	X		X				X
NETFLO 1		X		X			X
NETFLO 2	X				X	X	
FREFLO	X				X	X	
ROADSIM	X		X				X
FRESIM	X		X				X
CORSIM	X		X				X
INTEGRATION	X		X				X
DYNASMART	X			X		X	
CARSIM	X		X				X
TRANSIMS	X			X			X

جدول ۱-۲: انواع نرم افزارهای شبیه سازی

مدلهای بافیدلتی بالا (میکروسکوپی) و نتایج نرم افزاری تحقیقات حاصله جهت توسعه بسیار پرهزینه هستند (در مقایسه با سایر روش های کلی نگری) البته مدلهای جزئی نگر و میکروسکوپی نتایج دقیقتری به دست می دهند البته در بسیاری موارد و به دلیل عدم نیاز به دقت بالا همچنین بخرنج بودن فاکتورهای مورد بررسی و تعداد آنها که می بایست کالبره شوند نیازی به کاربرد روشهای میکروسکوپی نیست.

مدلهایی بافیدلتی پایین (کلی نگر) بسیار ساده تر و کم هزینه تر قابل توسعه یافتن هستند، این روش ها ممکن است ریسک دقیق بودن و در نتیجه ریسک اشتباه بالایی برخوردار هستند و در بسیاری موارد نتایج حاصله بی ارزش و غیرقابل استفاده و یا ناکافی هستند. استفاده از روشهای بافیدلتی پایین و کلی نگری در مواردی مناسب هستند که:

- نتایج در ارتباط با جزئیات میکروسکوپی نیستند.
 - شکل عملکرد تأثیر زیادی بر روی زمان عملیات گذاشته باشد.
 - مدل قابل دسترسی و توسعه آن و منابع موجود محدود باشند.
- در خلال هر بخش، توسعه دهنده یا کاربر امکان بسیار بالایی جهت طراحی در مدل شبیه سازی دارد. توسعه دهنده یا کاربر باید مشخص کند که حساسیت مدل در مقایسه با امکانات موجود زندگی واقعی چقدر است. به عنوان مثال، اگر مدل قرار است جهت آنالیز مقاطع متداخل مورد

استفاده قرار گیرد، سپس یک راه علاج با جزئیات بالا جهت تغییر در خط و مسیر عبور و مرور نیاز است، با در نظر گرفتن نیاز به مدل‌های میکروسکوپی یا مسوسکوپی به عبارت دیگر:

اگر که مدل جهت یک آزادراه طراحی شده باشد و با کمترین بریدگی‌های محدود و بدون هیچ تداخل و چهارراهی، بررسی تغییر مسیر عبور و مرور از اهمیت بسیار بالایی برخوردار نبوده و مدل ماکروسکوپی (کلی نگر) احتمالاً جهت این روش کافی است.

۷-۱ لزوم اعتبار سنجی مدل‌های شبیه سازی

اگر چه استفاده از تکنیک شبیه سازی کامپیوتری، روشی موثر در شتاخت نقاط ضعف طرح‌ها قبل از اجرای آن است و مزیت‌های بسیاری به همراه دارد، ولی همواره باید به مسئله حوزه اعتبار مدل شبیه سازی توجه خاص مبذول گردد. شبیه سازی کامپیوتری یک ابزار قدرتمند است و مانند تمام ابزارهای پرقدرت، در عین دارا بودن مزایای بسیار، می‌تواند نتایج گمراه کننده‌ای ارائه نماید و در حالی که نتایج آن هیچ ارتباطی با سیستم واقعی ندارد چنین بنماید که بیانگر شرایط سیستم واقعی است. همراهی اکثر این برنامه‌ها با انیمیشن و حجم زیاد اعداد تولید شده در ضمن شبیه سازی می‌تواند منجر به ایجاد اطمینانی کاذب نسبت به نتایج شبیه سازی گردد.

بنابراین همواره باید میزان اعتبار مدل‌های شبیه سازی مورد توجه قرار گیرد و با تعیین حوزه اعتبار مدل‌ها، از تعمیم نتایج به حالت‌هایی که در حوزه اعتبار آنها قرار ندارد خودداری شود. این امر وقتی از اهمیت بیشتری برخوردار است که شرایط سیستم مورد نظر در تهیه مدل با شرایط سیستم مورد نظر در تهیه مدل با شرایط سیستمی که نتایج شبیه سازی در آن بکارگرفته می‌شود تفاوت داشته باشد. کاربرد نرم افزارهای

کامپیوتری تهیه شده در دیگر کشورها در مورد شبکه ترافیکی شهرهای ایران، مهندسین ترافیک را با چنین چالشی مواجه می سازد. از یک طرف شبکه ترافیکی و اجزاء آن به دلیل پیچیدگی آنها، استفاده از چنین نرم افزارهایی را ناگزیر می سازد و از طرف دیگر هیچ تصویری در مورد انطباق نتایج خروجی نرم افزارها با آنچه در شرایط واقعی رخ می دهد وجود ندارد.

به دلیل آنکه شرایط ترافیک در ایران، تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای با دیگر کشورها دارد، لازم است در بهره‌گیری از نرم افزارهای تهیه شده در دیگر کشورها حساسیتی خاص نسبت به اعتبارسنجی مدل داشت. اما طبیعت قضیه چنان است که معمولاً هر گاه امکان استفاده از چنین نرم افزارهایی فراهم می گردد، توجه به اعتبار سنجی مدل به دلیل مشکلات عدیده‌ای که به همراه دارد مورد غفلت قرار می گیرد. خطر حصول نتایج غیر صحیح در اثر غفلت از اعتبار سنجی مدل، در مورد شبکه ترافیکی شهرهای ایران مضاعف است، زیرا این گونه نرم افزارها در مرحله تهیه برای شبکه ترافیکی کشورهای پیشرفته پرداخت و اعتبارسنجی شده‌اند اما علیرغم وجود تفاوت‌های بنیادی بین شبکه ترافیکی ایران و دیگر کشورها، در ایران فعالیتی در این زمینه صورت نگرفته است. از آنجا که بدلیل جاذبه نرم افزارهای شبیه سازی، از این نرم افزارها در ایران نیز استفاده شده است، انجام تحقیقی در مورد اعتبار سنجی آنها ضروری است.

در حالت کلی برای آنکه امکان بهره‌گیری از یک نرم افزار فراهم گردد لازم است قبلاً در مورد مسائل زیر تحقیق شده باشد:

الف) بررسی تفاوت‌های مشخصات جریان ترافیک ایران و شرایط لحاظ شده در مدل

ب) پرداخت مدل به نحوی که بتوان با استفاده از آن به نتایج قابل قبول دست یافت.

فصل دوم

نرم افزارهای ترافیکی

در حال حاضر برنامه‌های کامپیوتری نیز برای کمک به طراحی بهینه زمان‌بندی کنترل هماهنگ چراغ‌های راهنمایی وجود دارد. ایده اصلی این برنامه‌ها، محاسبه مجموعه‌ای از پارامترهای زمان‌بندی (مانند افسست‌ها، طول سیکل و زمان هر فاز می‌باشد) که ضمن رعایت محدودیت‌های تعیین شده، سبب بهبود برخی از معیارهای کارایی شوند (مانند کاهش تأخیر کل و یا تعداد توقف‌ها). از معروف‌ترین این برنامه‌های کامپیوتری می‌توان به TRANSYT-7F و SYNCHRO اشاره کرد که در بخش‌های بعدی در مورد آنها توضیحات مختصری ارائه می‌شود.

۲-۴-۳-۱) نرم‌افزار TRANSYT-7F

نرم‌افزار TRANSYT^۱ نخستین بار توسط مرکز تحقیقات راه و حمل و نقل انگلستان در اواخر دهه ۶۰ میلادی طراحی شد و تاکنون بارها اصلاح و ویرایش شده است [۷]. نسخه هفت این نرم‌افزار

^۱ TRAffic Network Study Tool

در اواخر دهه ۷۰ و اوایل دهه ۸۰ طبق درخواست اداره بزرگراه‌های فدرال (FHWA)^۱ برای آمریکا اصلاح گردید و از آن زمان TRANSYT-7F نام گرفت. TRANSYT-7F یکی از برنامه‌هایی است که به طور گسترده برای زمان‌بندی بهینه کریدورها و شبکه‌ها استفاده می‌شود.

مدل TRANSYT دو قابلیت عمده دارد: (۱) شبیه‌سازی جریان ترافیک، (۲) بهینه‌سازی برنامه زمان‌بندی چراغ‌ها. نرم‌افزار TRANSYT برای شبیه‌سازی از مدل‌های ماکروسکوپیک که دسته‌ای از وسائل نقلیه را مدل می‌کند، استفاده می‌نماید و وسائل نقلیه را به طور منفرد مدنظر قرار نمی‌دهد. این مدل از الگوریتم تجزیه دسته وسائل نقلیه برای شبیه‌سازی گسترش و تجزیه دسته‌های وسائل نقلیه در قطعات راه استفاده می‌کند. با استفاده از مدل TRANSYT می‌توان به طور واقعی جریان ترافیک را در معابر شریانی و شبکه مدل کرد و تعدادی از مهم‌ترین معیارهای عملکرد شبکه مانند تأخیر، توقف، طول صف، مصرف سوخت و زمان سفر را تخمین زد. دومین قابلیت TRANSYT بهینه‌سازی برنامه زمان‌بندی است. برای تعیین برنامه بهینه، نرم‌افزار طول سیکل، طول فاز و افسه‌ها را تا رسیدن به برنامه بهینه بر اساس تابع هدفی که کاربر تعریف کرده است ادامه می‌دهد. تعدادی از توابع هدف در برنامه TRANSYT عبارتند از:

- ۱- حداقل شدن شاخص عدم مطلوبیت که به صورت ترکیبی از توقف و تأخیر تعریف می‌شود.
- ۲- حداقل شدن شاخص عدم مطلوبیت که به صورت ترکیبی از توقف، تأخیر همراه با تخصیص جریمه در صورت پس‌زدن صف، تعریف می‌شود.
- ۳- حداکثر شدن فرصت‌های تسلسل^۲ در یک کریدور.
- ۴- حداکثر شدن گذردهی (یعنی مجموع وسائل نقلیه‌ای که از خط توقف عبور می‌کنند).

پس از آن که تابع بهینه مشخص شد، نرم‌افزار بر اساس الگوریتم جستجوی «Hill Climbing» برنامه زمان‌بندی «بهینه» را مشخص می‌کند.

^۱ Federal Highway Administration

^۲ Progression Opportunities

۲-۴-۳-۲) نرم افزار SYNCHRO

نرم افزار SYNCHRO یکی دیگر از نرم افزارهایی است که برای بهینه سازی زمان بندی چراغ های راهنمایی (طول سیکل، طول فاز و افسه ها) به کار می رود. نرم افزار SYNCHRO برای بهینه سازی از تابعی استفاده می کند که هدف آن حداقل شدن ترکیبی از تأخیرها، تعداد توقف ها و تعداد وسائل نقلیه تشکیل دهنده صف است. مزیت منحصر به فرد SYNCHRO توانایی آن در مدل سازی دقیق عملکرد کنترل کننده های القایی در یک سیستم هماهنگ^۱ است.

۲-۵) رمپ مترینگ (راهگردبانی)

رمپ مترینگ (راهگردبانی) یکی از روش های کنترل ترافیک است که در سیستم های آزادراهی/ بزرگراهی استفاده می شود. این سیستم ورود وسائل نقلیه به آزادراه/ بزرگراه را با استفاده از چراغ راهنمایی، علائم افقی و عمودی و دروازه ها تنظیم می کند. اهداف رمپ مترینگ (راهگردبانی) عبارتند از:

۱- ایجاد تعادل بین تقاضا و ظرفیت و به حداقل رساندن وقفه های عملیاتی^۲.

۲- افزایش ایمنی به ویژه در صورت وجود نقص در طرح هندسی.

سیستم راهگردبانی در حال حاضر در بسیاری از مناطق آمریکا شامل مینیاپولیس^۳، سنت پل^۴ در سیاتل^۵ و آستین^۶ در تگزاس^۷ استفاده می شوند. اغلب این سیستم ها به هدف خود یعنی کاهش تأخیر و افزایش ایمنی دست یافته اند. در این بخش به انواع مختلف سیستم های راهگردبانی و مفاهیم عملیاتی آنها توصیف می گردد.

^۱ Coordinated System

^۲ Operational Breakdowns

^۳ Minneapolis

^۴ St. Paul

^۵ Seattle

^۶ Austine

^۷ Texas

طرح اولیه سیستم

آنچه موجب تمایز این روش با سیستم‌های منفرد و یا سیستم‌های پاسخ‌گو به ترافیک می‌شود، این است که در این سیستم همه کنترل‌کننده‌ها با یکدیگر در ارتباط هستند. در این حالت امکان اثرگذاری شرایط یک راهگرد بر سایر راهگردها فراهم می‌شود. در صورت استفاده از کنترل‌کننده‌های مرتبط، نرخ راهگرد در کنترل‌کننده مرکزی محاسبه شده و سپس برنامه توسعه یافته به کلیه کنترل‌کننده‌ها مخابره می‌شود.

۲-۶) شبیه‌سازی ترافیک

شبیه‌سازی ابزاری است که امکان مطالعه سیستم‌های پیچیده در آزمایشگاه را به جای مطالعات میدانی فراهم می‌آورد. هدف شبیه‌سازی، ساخت مدلی است که بتواند رفتار سیستم واقعی را تخمین زده و سپس در تلاش برای تعیین ویژگی‌های مهم سیستم واقعی، آزمایش شود. مدل می‌تواند به صورت فیزیکی و یا ریاضی ساخته شود. در این بخش بر مدل‌های ریاضی که در کامپیوتر اجرا می‌شوند، توجه ویژه‌ای معطوف شده است.

شبیه‌سازی کامپیوتری ابزار قدرتمندی است که می‌تواند نقش مهمی در تحلیل و ارزیابی تسهیلات حمل و نقلی ایفا کند؛ به ویژه هنگامی که سایر رویکردهای تحلیلی از دقت کافی برخوردار نباشند. استفاده از مدل‌سازی در مطالعه سیستم‌های پیچیده حمل و نقلی چندین مزیت را به دنبال دارد. نخست، شبیه‌سازی امکان ایجاد سناریوهای مختلف در محیط‌های کنترل شده را ایجاد می‌کند؛ بدون آن که نیازی به انجام مطالعات میدانی و آزمون راهبردهای متفاوتی که بعضاً غیر عملی هستند، باشد. دوم، شبیه‌سازی بسیار سریع‌تر و پربازده‌تر از مطالعات میدانی به نتیجه می‌رسد. همچنین داده‌های فراوانی از شاخص‌های کارایی را در دسترس قرار می‌دهد که ممکن است جمع‌آوری آنها در مطالعات میدانی غیر عملی و ناممکن باشد.

۲-۶-۱) مدل‌های شبیه‌سازی ترافیک

مدل‌های شبیه‌سازی ترافیک را به روش‌های مختلفی می‌توان طبقه‌بندی کرد. در ساده‌ترین روش، مدل‌ها بر اساس نوع تسهیلاتی که شبیه‌سازی می‌کنند، طبقه‌بندی می‌شوند. بر اساس این روش مدل‌ها به مدل‌های شبیه‌سازی تقاطع، مدل‌های شبیه‌سازی آزادراه‌ها و مدل‌های شبیه‌سازی شبکه‌های شهری تقسیم می‌شوند. در یک طبقه‌بندی دیگر مدل‌ها به دو دسته تصادفی^۱ و قطعی^۲ تقسیم می‌شوند. مدل‌های تصادفی، عدم قطعیت پدیده ترافیک را با استفاده از توابع توزیع احتمال آماری مدل می‌کنند. در مدل‌های قطعی فرض می‌شود که جریان ترافیک کاملاً قطعی و مشخص است. در حالی که واضح است که این فرض کاملاً نادرست است و تنها ساخت و استفاده از مدل را تسهیل می‌کند.

متداول‌ترین روش طبقه‌بندی، مدل‌ها را بر اساس میزان نگاه تجمعی^۳ مدل، به سه گروه مدل‌های شبیه‌سازی میکروسکوپی، ماکروسکوپی و مزوسکوپی^۴ تقسیم می‌کند. مدل‌های میکروسکوپی، وسایل نقلیه منفرد و تعاملات بین آنها را شبیه‌سازی کرده و می‌توانند ترافیک را با جزئیات بسیار مدل کنند اما به داده‌های ورودی بسیار و زمان زیادی برای محاسبه نیاز دارند. مدل‌های میکروسکوپی بر اساس جزئیات تئوری‌های تغییر خط عبوری و ورود چند وسیله نقلیه پشت سر هم عمل می‌کنند. از طرف دیگر، مدل‌های ماکروسکوپی، ترافیک را به شکل جریان تجمعی مدل می‌کنند. مدل‌های ماکروسکوپی از مدل‌های پیوسته^۵ مانند مدل گرین‌شیلد که رابطه بین سرعت، جریان و جگالی را مشخص می‌سازند، استفاده می‌کنند. البته مدل‌های ماکروسکوپی جزئیات کمتری را نسبت به مدل‌های میکروسکوپی ارائه می‌نمایند، اما در عوض می‌توانند محدوده بزرگ‌تری را پوشش داده و در زمان کوتاه‌تری اجرا شوند.

^۱ Stochastic
^۲ Deterministic
^۳ Aggregation
^۴ Mesoscopic
^۵ Continuum

مدل‌های مزوسکوپیک، در محدوده‌ای بین مدل‌های ماکروسکوپیک و مدل‌های میکروسکوپیک قرار دارند. به عنوان مثال در حالی که مدل‌های ماکروسکوپیک قادر به شبیه‌سازی رفتارهای تغییر خط، هم‌گرایی^۱ و واگرایی^۲ جریان ترافیک نیستند، مدل‌های مزوسکوپیک می‌توانند این رفتارها را مدل کنند.

۲-۶-۲) نمونه‌هایی از مدل‌های شبیه‌سازی ترافیکی

طی دو سه دهه اخیر، مدل‌های پیچیده فراوانی برای شبیه‌سازی ترافیک طراحی شده‌اند که هر یک از توانایی شبیه‌سازی وظایف ترافیکی متفاوتی برخوردار هستند. مرور کلیه این مدل‌ها فراتر از هدف این کتاب است و در این قسمت تنها دو مدل که به صورت گسترده در شبیه‌سازی ترافیک مورد استفاده قرار می‌گیرند و در زمینه ITS نیز کاربرد دارند مورد بررسی قرار می‌گیرند که عبارتند از: مدل‌های CORISM و INTEGRATION.

۲-۶-۲-۱) مدل CORSIM

این مدل می‌تواند علاوه بر شبکه آزادراهی، هم‌زمان سایر طبقه‌بندی‌های شبکه معابر را نیز مدل نماید [۹]. این مدل از ترکیب دو مدل قدیمی تر Netsim و Fresim ساخته شده است. Netsim یک مدل میکروسکوپیک است که برای مدل‌سازی شبکه معابر به کار می‌رود. در مدل Netsim وسائل نقلیه بر اساس قوانین حرکت وسائل نقلیه به دنبال یکدیگر در شبکه حرکت می‌کنند. این مدل می‌تواند رفتارهای تغییر خط عبوری، حرکات گردشی و پاسخ به ابزارهای کنترل ترافیک را مدل کند. از مدل Fresim برای شبیه‌سازی شبکه‌های آزادراهی استفاده می‌شود. این مدل، یک مدل میکروسکوپیک است که می‌تواند طرح‌های هندسی پیچیده بزرگراهی و سناریوهای مختلف بهره‌برداری را شبیه‌سازی کند. مدل Corsim خروجی‌های فراوانی را در مورد شاخص‌های عملکردی کل شبکه و هر یک از کمان‌ها در اختیار کاربر قرار می‌دهد. این مدل از زمان ابداع تاکنون بارها مورد

¹ Merging

² Diverging

ارزیابی قرار گرفته است و در حال حاضر یکی از مدل‌هایی است که به صورت گسترده برای شبیه‌سازی ترافیک به کار گرفته می‌شود.

۲-۲-۶-۲ مدل INTEGRATION

این مدل در دهه ۸۰ میلادی توسط وِنارد^۱ و همکارانش تهیه شد و از نخستین مدل‌هایی است که برای مدل‌سازی عملیات‌های ITS و به ویژه مدل‌سازی لحظه‌ای هدایت مسیر ساخته شده است. با توجه به این که این مدل حرکت وسیله نقلیه در شبکه را دنبال می‌کند، یک مدل مزوسکوپیک محسوب می‌شود. در این مدل رفتارهای تغییر خط عبوری و دنباله‌روی وسیله نقلیه مدل نمی‌شوند اما در عوض، مدل وسایل نقلیه را بر اساس رابطه جریان-چگالی مشابه رابطه گرین‌شیلد جابجا می‌کند.

۲-۲-۳ توصیه‌هایی در مورد استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی

گام نخست در استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی انتخاب دقیق‌ترین مدل است. ویژگی‌ها و نقاط قوت و ضعف مدل‌های شبیه‌سازی با یکدیگر متفاوت است و بنابراین انتخاب صحیح مدل بسیار مهم است. گام بعدی پس از انتخاب مدل، کالیبراسیون مدل بر اساس مشاهدات حقیقی است. در حقیقت کالیبراسیون، اصلاح پارامترهای مدل به نحوی است که نتایج آن بیشترین مشابهت را به دنیای واقعی داشته باشند. در پایان نکته مهمی که باید مورد توجه قرار گیرد، این است که چون اکثر مدل‌های شبیه‌سازی ذاتاً تصادفی هستند، بنابراین نتایج هر بار اجرای برنامه، به علت تفاوت ارقامی که به صورت تصادفی در هر اجرای مدل ساخته می‌شوند، با یکدیگر متفاوت است. برای تصحیح این تفاوت‌ها باید برنامه به دفعات و به تعداد لازم اجرا شده و میانگین و واریانس پارامترهای حاصل از مدل محاسبه شود.

¹ Van Aerde

کاربرد رایانه در مهندسی ترافیک

آشناسدن با رایانه شخصی (میکرو کامپیوتر) در فعالیتهای روزانه، یک نوآوری مجذوب کنندهای در فعالیتهای مهندسی ترافیک، در حدود سال ۱۹۸۰ بود. ارزش مؤثر رایانه شخصی در آنالیز، تولید و جمع آوری مفروضات بود کهبداع و آشناسازی سریع در تکنولوژی را در دستور کار قرار داد. این روند با پیشرفتهای روزافزون در قدرت سخت افزارهای قابل دسترس و نرم افزارهای به کار برده شده در سخت افزار، اهمیت بیش از پیش پیدا نموده است. در تکنولوژی امروز به یاد آوردن این موضوع که سخت افزارها در سال ۱۹۸۰ قابل دسترسی نبوده و ماشینها فقط ۸ bit تا ۴۸ k حافظه داشتند، مشکل است. بحث عمده روز این بود که آیا درایوهای نرم (Floppy drives) را می توان با قیمت ارزان و با قدرت و قابلیت ذخیره ای متوسط با نوارهای کاست ساخت؟

اندازه‌گیری و شمارش‌های ترافیکی در حال حاضر توسط ریزپردازنده‌ها انجام می‌شوند. اطلاعات می‌توانند از ماشین‌های موجود در ایستگاه‌ها به گزارش نهایی جریان پیدا کنند، بدون اینکه دوباره تایپ یا قالب‌بندی شوند. تأکید اساسی در روند زنجیره‌ای مفروضات است:

تحلیل → تولید → جمع‌آوری

مهندسان می‌توانند اطلاعات را به کمک صفحه کلید رایانه به درون دستگاه‌های ترافیکی انتقال دهند و ساعت به طور خودکار زمان واقعه را ثبت کرده و آن را برای تحلیل به فعالیت وا دارد. امروزه در استفاده از رایانه‌های شخصی و ماشین‌های بزرگتر توجه به کاربرد سیستم‌های ویژه، در مهندسی است که به کمک رایانه‌ها کار می‌کنند. این کتاب در قسمت‌های مختلفی کاربردهای رایانه و پیشرفت در کاربرد رایانه در مهندسی ترافیک را عنوان می‌کند.

الف. طرز عمل و روندها در این متن

این متن برای حل مسائل می‌تواند بدون کاربرد یک رایانه استفاده شود، اما بهتر است که مسائل با کمک یک کاربرگ و ابزارهای رایانه‌ای دیگر حل شوند. هر فصلی در برگرفته مجموعه‌ای از مسائل است، بعضی از این مسائل می‌توانند فقط با یک ماشین حساب و دانسته‌هایی مربوط به آن فصل، حل شوند. مسائل دیگر نیاز به استفاده از کاربرگ دارند، بنابراین نیازی نیست که خواننده بدون دلیل نظراتش را تحمیل کند، و در بسیاری از موارد می‌تواند بدون صرف زمان و انرژی بیش از حد، آزموده شود.

ب. رایانه‌های مرکزی

بعضی از برنامه‌ها نیاز به ظرفیت بالای رایانه مرکزی دارند بنابراین بعضی از انجمن‌ها و آژانس‌ها استفاده از ترمینال‌های متصل به یک رایانه مرکزی را نسبت به رایانه شخصی ترجیح دادند. این متن جهت رایانه‌های شخصی تعیین شده، اگر چه برای پیشرفت علوم رایانه‌ای می‌توان از بسته‌های مین فریم استفاده کرد. نحوه استفاده از رایانه‌های شخصی به خوبی با تعلیم افراد مبتدی آموزش داده می‌شود (همه می‌توانند از آن استفاده کنند)، به علاوه روند فعالیت‌ها به سوی افزایش قدرت رایانه‌های شخصی است و شبکه ارتباطی، چنین ماشین‌های اطلاعات و مفروضات را تقسیم‌بندی می‌کنند.

ج. هدف جامع بسته‌های نرم‌افزاری

هدف جامع نرم‌افزار برای رایانه‌های شخصی افزایش قدرت به‌صورتی است که مهندسان امروزی به ندرت نیاز به انجام برنامه‌ریزی داشته باشند. حداقل نظم‌ی که برای برنامه‌های جامع هدف‌دار در هر اداره وجود دارد، شامل، گریگ‌ها، مرتب کردن اطلاعات پایه، نمودارها و ارتباطات است. اغلب این موارد در بسته‌های نرم‌افزاری کامل قابل دسترسی هستند که اجازه خواهند داد تا داده‌ها از یک برنامه به برنامه دیگر منتقل شوند.

د. بسته‌های مخصوص ترافیک

علاوه بر کاربرد نرم‌افزارهای جامع هدف‌دار مهندسی ترافیک یک لیست کامل برنامه‌های پیشرفته رایانه‌ای در زمینه عملیات و فعالیت‌های حمل‌ونقل در اختیار دارد که بسیاری از آن‌ها در حوزه‌هایی از قبیل موارد زیر می‌باشند:

- تخصیص ترافیک
 - ظرفیت بزرگراه‌ها
 - بهینه‌سازی زمان‌بندی چراغ‌های تقاطع‌ها
 - جریان‌های اصلی و شبکه‌های ارتباطی
 - دیاگرام‌های زمان-مکان
 - مدل‌سازی شبکه ارتباطی
- این برنامه‌ها در ادامه بحث توضیح داده خواهد شد.

خلاصه

در این فصل وظایف مهندس ترافیک تذکر داده شد و کلید موضوعات مورد علاقه مهندس ترافیک و اطلاعات قابل استفاده که مربوط به شغل مهندس ترافیک می‌باشد، مطرح گردید. در فصل دوم در ادامه این مطالب به سیستم حمل‌ونقل و پرداخته می‌شود.

