دستورالعمل نحوه بکارگیری نرم افزارهای شبیه‌سازی جریان ترافیک در انجام مطالعات ساماندهی ترافیک

و روند انتخاب و تعیین خروجی های شبیه سازی متناسب با تسهیلات متفاوت ترافیکی

فهرست عناوین

۱- بررسی اجمالی روند انجام مطالعات ساماندهی ترافیکی در شهر تهران ۲
۱-۱- ضرورت استفاده از نرم افزارهای شبیه ساز در پروژه های ساماندهی ترافیک ۲
۱-۲- خلاصه مراحل و نتایج قابل ارائه در هر مرحله از مطالعات ساماندهی ٤
۲- روند انتخاب و تعیین خروجی های شبیه سازی متناسب با تسهیلات متفاوت ترافیکی ۶
۲-۱- روش های مختلف دسته بندی تسهیلات ترافیکی ٦
۲-۱-۱- دسته بندی بر اساس نوع جریان ٦
۲-۱-۲- دسته بندی بر اساس سلسله مراتب عملکردی ۷
۲-۲- معرفی موارد حائز اهمیت در شبیه سازی تسهیلات مختلف ۸
۳- ارائه توصیه های لازم برای انجام مطالعات ساماندهی در زمینه بکارگیری نرم افزارهای شبیه ساز ۱۱
۳-۱- ساختار و روند کلی شبیه سازی در یک پروژه ساماندهی ۱۱
۳-۲- اهداف پروژه ١٤
۳-۲-۱- طرح ریزی مدل ١٤
۳-۲-۲- بازدید از محدوده مطالعاتی ۱۵
۳-۲-۳- تعیین سلسله مراتب معابر ۱۷
۳-۲-٤- طرح مراکز نواحی ۱۷
۳-۲-۵- ماتریس های مورد نیاز ۱۸
۳-۲-۵-۱- نوع خودرو ۱۸
۳-۲-۵-۲- هدف سفر/کاربری ۱۸
۳-۲-۵-۳- نوع خودروها ۱۹
۳-۲-٦- دوره زمانی ۱۹
۳-۳- تعیین داده های مورد نیاز و جمع آوری داده های موجود برای انجام شبیه سازی ۲۰
۳-۳-۱- نقشه ها ۲۰
۳-۳-۲- خصوصیات فیزیکی شبکه معابر ۲۱
۳-۳-۳- داده های مرتبط با تقاضای سفر ۲۱
۳-۳-٤- داده های مورد نیاز برای کنترل شبیه سازی انجام شده ۲۲

۳-۳-۵- داده های ترافیکی موجود ۲٤
۳-۳-۵- ۱- سایر داده های مورد نیاز ۲٤
۳-٤- برخی نکات در مورد آمار برداری ترافیکی ۲٤
۳-۵- ساخت شبکه ۲٦
۳-۵-۱- نقشه های پس زمینه ۲٦
۳-۵-۲- نواحی ۲۷
۳-۵-۳- نحوه کنترل تقاطع و اولویت های عبوری ۲۷
۳-۵-٤- مسیر و ایستگاه های اتوبوس ۲۷
۳-٦- شبیه سازی گزینه های پیشنهادی ۲۸
۳-٦-۱- تحلیل نتایج شبیه سازی ۲۸
۳-٦-۲- خروجی های نرم افزارهای خرد نگر ۲۸
۳-٦-۲-۱- خروجی انیمیشنی ۲۹
۳-٦-۲-۲- خروجی عددی ۳۰
۳-٦-۳- تحلیل خروجی ها ۳۱
۳-٦-۳-۱- مرور پیشینه تحقیق و سوابق مطالعات مربوط به تعیین پارامتر کنترلی مناسب ۳۱
۳-٦-۳-۲- پارامترهای کنترلی پیشنهادی به عنوان معیار ارزیابی در شبیه سازی تسهیلات مختلف ۳٦
۳-٦-۳-۳- روند استفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌ساز در پروژه‌های ساماندهی ۲۹
۳-۷- ارائه خروجی ها ۳۸
٤- جمع بندی و نتیجه گیری ۴۰
منابع و مآخذ ۴۱

فهرست شکل‌ها

شکل ۱ - دسته‌بندی سلسه مراتب شبکه معابر بر اساس سطح دسترسی و میزان خودروی عبوری ۸
شکل ۲ - ساختار کلی انجام شبیه سازی در پروژه های ساماندهی ترافیک ۱۲
شکل ۳ - طرح ریزی مدل ۱۵
شکل ٤ - روند استفاده از نرمافزارهای شبیهساز در پروژههای ساماندهی ۳۸
شکل ٥ - ورودیها و خروجیهای اصلی فرآیند شبیهسازی ۳۹

فهرست جداول

جدول ۱ - مراحل و نتایج قابل ارائه در هر مرحله از شبیه سازی..... ۵
جدول ۲ - خلاصه مرور پیشینه تحقیق در انتخاب پارامترهای کنترلی..... ۳۵
ادامه جدول ۲ - خلاصه مرور پیشینه تحقیق در انتخاب پارامترهای کنترلی ۳۶

مقدمه

امروزه مطالعات ساماندهی ترافیک شهرها از عمده ترین پروژه های ترافیک در شهرداری ها محسوب می شوند. هر یک از این پروژه‌ها، اهداف ترافیکی خاصی را دنبال می کنند و به طور معمول هدف نهایی این مطالعات؛ کاهش تأخیرات، افزایش ایمنی، کاهش آلودگی و به طور کلی بهبود وضعیت ترافیکی و زیست محیطی در نواحی تحت مطالعه است. هدف از تدوین این کتابچه، ارائه دستورالعملی کلی در ارتباط با نحوه بکارگیری نرم افزارهای شبیه ساز جریان ترافیک و بیان فاکتورهای مهم در روند شبیه‌سازی، تحلیل، و ارائه نتایج مطالعات ساماندهی ترافیک شهری است. همچنین موارد حائز اهمیت در شبیه‌سازی هر دسته از تسهیلات ترافیکی مورد نظر، بررسی شده و در نهایت ساختار کلی شبیه‌سازی در یک پروژه ساماندهی، شامل موارد حائز اهمیت در مواردی مانند طرح ریزی مدل (موارد مورد نیاز در فرآیند ساخت مدل نرم‌افزاری)، داده‌های ورودی شبیه‌سازی، روند ساخت شبکه، فاکتورهای تأثیرگذار در تحلیل خروجی‌های شبیه‌سازی و ارائه نتایج شبیه‌سازی ارائه می‌گردد.

۱- بررسی اجمالی روند انجام مطالعات ساماندهی ترافیکی در شهر تهران

مطالعات ساماندهی حمل و نقل که مطالعات با افق کوتاه مدت و میان مدت است، معمولاً به ارائه راهکارهای اصلاحی برای رفع مشکلات مربوط به نقاط بحرانی و نیمه بحرانی ترافیک شهر منجر شده و لذا نسبت به مطالعات کلان دارای نمود اجرایی کوتاه مدت بیشتری است.

مطالعات ساماندهی شامل:

- مطالعات ساماندهی اجزای شبکه (تقاطع‌ها و معابر)
- مطالعات وضعیت ایمنی شبکه
- مطالعات وضعیت حمل و نقل همگانی (شامل طراحی و بازنگری خطوط اتوبوسرانی در سطح جزئی، مینی‌بوسرانی و تاکسیرانی و نیز مسائل مربوط به پایانه‌ها)
- مطالعات وضعیت پارکینگ
- سایر موارد

۱ -۱ - ضرورت استفاده از نرم افزارهای شبیه ساز در پروژه‌های ساماندهی ترافیک

محدوده مطالعاتی در یک ساماندهی ترافیک می تواند در سطوح مختلفی مطرح گردد. به عبارت دیگر، محدوده مطالعاتی می تواند طیفی از یک تقاطع ساده تا یک شبکه پیچیده را در برگیرد. یکی از ارکان مطالعات ساماندهی، بخش تحلیل وضع موجود محدوده مطالعاتی است که جنبه های گوناگونی را شامل می شود.

تحلیل وضعیت موجود ترافیک براساس شاخص‌ها و پارامترهای مربوطه اغلب به کمک نرم‌افزارهای شبیه‌ساز تخصصی صورت می‌گیرد. بدین منظور لازم است اطلاعاتی از جمله مقطع عرضی و جهات حرکتی معابر، طرح هندسی و حرکات موجود در تقاطع ها، حجم و ترکیب ترافیک تقاطع ها، نحوه کنترل تقاطع ها و تردد عرضی عابر پیاده در تقاطع برداشت گردد که به عنوان اطلاعات ورودی نرم افزار شبیه سازی، در بخش شناخت وضع موجود مطالعات ساماندهی جمع آوری گردد.

به دلیل اینکه نرم افزارهای شبیه ساز، تا پیش از انجام مطالعات کالیبره نمودن نرم‌افزارهای مهندسی ترافیک بر اساس شرایط ترافیکی شهر تهران (۱۳۹۱-۱۳۸۹)، بومی سازی نشده بود، مهندسین ترافیک تلاش می‌کنند تا بر مبنای معیارهای ظاهری ترافیک وضع موجود، نظیر میزان پس زدگی صف در رویکردهای یک تقاطع، شبیه سازی وضع موجود را هر چه بیشتر به واقعیت نزدیک کنند. بنابراین، در این حالت، قضاوت کارشناسی نقش مهمی ایفا می نماید.

در روش دقیق‌تر، برخی مشخصات ترافیک نظیر زمان سفر، سرعت سفر و تأخیر به صورت میدانی برداشت گردیده و با نتایج شبیه سازی وضع موجود مقایسه می گردد و در صورت وجود اختلاف با اعمال تغییراتی، شبیه سازی وضع موجود را هر چه بیشتر به واقعیت نزدیک می کنند.

متناسب با شرح خدمات، ممکن است یک افق طرح برای مطالعه ساماندهی در نظر گرفته شود که در این حالت لازم است احجام سال طرح پیش بینی گردد و وضع موجود در دو حالت تحلیل گردد؛ وضع موجود تحت احجام موجود و وضع موجود تحت احجام افق طرح.

علاوه بر کاربرد در تحلیل وضع موجود، در بخش ارزیابی گزینه ها نیز از شبیه سازی استفاده می‌شود. در این روش، راهکارهای پیشنهادی در قالب گزینه‌های مختلف تولید و تحلیل می گردد. با توجه به شرایط موجود و موقعیت محدوده مطالعاتی، گزینه‌های پیشنهادی متنوعی می توان تولید کرد. از آن جمله می توان به چراغدار کردن یک تقاطع بدون چراغ، بهینه سازی چراغ راهنمایی تقاطع های چراغدار، اصلاح طرح هندسی تقاطع های همسطح یا میدان، اجرای انواع تقاطع های غیر همسطح و تغییر الگوی حرکتی معابر شبکه مطالعاتی اشاره کرد.

در مرحله مقایسه و ارزیابی گزینه‌ها، گزینه های پیشنهادی شبیه سازی شده و سپس براساس نتایج تحلیل نرم‌افزاری با یکدیگر مقایسه می گردند. همواره، گزینه اول در ساخت گزینه ها، گزینه حفظ وضع موجود (عدم انجام کار) است. از مقایسه نتایج شبیه سازی هر یک از گزینه ها با گزینه اول، میزان تغییرات پارامترهای مختلف ترافیک نسبت به وضع موجود پیش بینی می گردد. بدین منظور، ابتدا گزینه اول (حفظ وضع موجود) شبیه سازی می‌شود و بعد از آنکه مدل شبیه سازی شده را تا حد امکان به واقعیت وضع موجود شبیه ساختند، سایر گزینه ها را از روی آن تولید و شبیه سازی می نمایند.

باید توجه نمود که برای افزایش میزان مطابقت خروجی نرم افزارهای شبیه ساز ترافیکی و وضعیت موجود که از برداشت های میدانی به دست آمده است نمی توان اقدام به هر گونه تغییری در نرم افزار نمود. یکی از اصلی ترین این مسائل افزایش تعداد خطوط عبوری است که امری شایع در کشور و بخصوص شهر تهران است. به عنوان مثال، انجام این کار موجب می‌شود که چنانچه ارزیابی سناریو افزایش عرض معبر مد نظر کارشناس باشد، با خطای جدی در برآورد اثر این افزایش عرض روبرو شود.

به کمک شبیه سازی می‌توان وضعیت محدوده مطالعاتی را به ازای اجرای هر یک ازگزینه ها پیش بینی و بررسی نمود. بعد از شبیه سازی گزینه های مختلف و ارائه نتایج آن، نوبت به ارزیابی گزینه ها می رسد. در این

راستا، معمولاً بهتر است از روش های تصمیم گیری چند معیاره[1] استفاده شود. از جمله معیارهای تصمیم گیری در این مرحله، معیارهای ترافیکی (مانند؛ میزان تأخیرات، تعداد توقف ها، سرعت سفر)، معیار ایمنی ترافیک، معیارهای شهرسازی و معیار هزینه است. اصلی ترین کاربرد نتایج شبیه سازی در برآورد معیارهای ترافیکی است که این معیار نیز به نوبه خود ممکن است ترکیبی از چندین پارامتر خروجی شبیه سازی باشد. نتیجه مرحله ارزیابی، رتبه بندی گزینه ها خواهد بود که جهت تصمیم‌گیری به مدیران مربوطه ارائه می گردد.

علاوه بر موارد فوق، از قابلیت نمایشی نرم افزارهای شبیه ساز ترافیک نیز در انتقال هر چه بهتر مفاهیم به مدیران مربوطه استفاده می گردد. به کمک نمایش تصویری و سه بعدی، می توان وضعیت موجود و آتی محدوده مطالعاتی را تحت هر یک از گزینه ها به خوبی نشان داد. این قابلیت این امکان را فراهم می سازد تا درک بهتری از اجرای هر یک از گزینه ها برای مسئولین ایجاد شده و در نتیجه تصمیم گیری ساده تر گردد.

مطالب فوق نشان دهنده جایگاه ویژه نرم افزارهای شبیه ساز در مطالعات ساماندهی و انتخاب گزینه‌های نهایی می باشد. با این وجود متأسفانه معمولاً در شرح خدمات این نوع از مطالعات، موضوع اهمیت و نحوه صحیح شبیه سازی و تحلیل مسائل ترافیک شهری توسط نرم افزارهای شبیه ساز آنگونه که شایسته آن است، مورد توجه قرار نگرفته است.

۱ -۲ - خلاصه مراحل و نتایج قابل ارائه در هر مرحله از مطالعات ساماندهی

در انجام یک مطالعه ساماندهی ترافیکی لازم است برخی از موارد مورد بررسی قرار گیرد؛ تبیین کامل اهداف، تعریف یک طرح نهایی از کار و زمان‌بندی، تمرکز بر روی مراحل انجام کار و مرور و بازبینی گزارش‌های تحلیلی از موارد مهم در یک پروژه شبیه‌سازی می باشد. جدول (۱) مراحل مختلف شبیه‌سازی و همچنین نتایجی که در هر مرحله آماده تحویل می‌گردد را نشان می‌دهد.

[1]. AHP, TOPSIS , SAW

جدول ۱ - مراحل و نتایج قابل ارائه در هر مرحله از شبیه سازی [۱]

مراحل	نتایج قابل ارائه
طرح نهایی مطالعه	مطالعه طرح نهایی و زمان بندی تهیه برنامه جمع آوری داده تهیه برنامه کالیبراسیون برنامه ضمانت کیفیت
جمع آوری داده	گزارش جمع آوری داده
توسعه مدل	ساخت اولیه مدل
بررسی خطا	ساخت نهایی مدل
کالیبراسیون	گزارش نتایج کالیبراسیون
تحلیل های جایگزین	گزارش تحلیل های جایگزین
گزارش نهایی	گزارش نهایی گزارش فنی

گزارش نهایی که شامل فرض‌ها، گام‌های تحلیل و نتایج تحلیل با جزئیات کامل است، به منظور کمک به تصمیم‌گیران جهت انتخاب یکی از گزینه‌ها پیشنهاد شده است. جزئیات دقیق تحلیل در گزارش فنی بیان می‌شود. گزارش نهایی باید شامل موارد: اهداف مطالعه و طرح نهایی، نگاه کلی به روش‌های مطالعه، جمع‌آوری داده، اعتبارسنجی و نتایج آن، بررسی تأثیر فرض‌ها، تشریح طرح‌های جایگزین و نتایج باشد.

با توجه به روند مطالعات ساماندهی ترافیکی، هیچگونه اطلاعاتی درباره توانایی ها و عملکردهای مورد انتظار از نرم افزار استفاده شده، نحوه انجام آمارگیری، نوع اطلاعات جمع آوری شده، فرض های بکار رفته در مدل شبیه سازی، نحوه کالیبراسیون نرم افزار به منظور نزدیک تر شدن نتایج مدل شبیه سازی به واقعیت و همچنین نحوه اعتبار سنجی مدل و نزدیکی آن به واقعیت ارائه نگردیده و تنها به بیان احجام شمارش شده و انجام آمارگیری در ساعت اوج اکتفا شده است.

بررسی‌های صورت گرفته، فقدان اعتبار سنجی مدل‌ها را در روند ساماندهی ترافیکی نشان می‌دهد. از طرف دیگر آمارهای برداشت شده نیز اطلاعات مناسبی را برای انجام اعتبار سنجی در اختیار نمی‌گذارد.

۲ -روند انتخاب و تعیین خروجی‌های شبیه سازی متناسب با تسهیلات متفاوت ترافیکی

امروزه نرم‌افزارهای شبیه‌ساز در مطالعات ساماندهی ترافیکی به منظور کمک به تجزیه و تحلیل‌های مهندسی به طور گسترده مورد استفاده قرار می گیرد. با وجود آنکه از این گونه شبیه سازی ها می توان اطلاعات گسترده و جامعی به دست آورد، ولی ممکن است بسیار وقت گیر و نیازمند منابع بسیار باشد. منابع مورد نیاز برای توسعه، کالیبراسیون و کاربرد مدل‌های شبیه سازی با میزان پیچیدگی پروژه، اندازه محدوده مطالعاتی، مدت زمان پروژه، تعداد طرح های جایگزین، کمیت و کیفیت داده ها تغییر می کند. لذا پیاده سازی یک روند مناسب در اجرای پروژه های شبیه سازی به منظور گرفتن نتایج صحیح و با قابلیت اطمینان بالا حائز اهمیت بوده و نیازمند یک مدیریت قوی است.

۲ -۱ - روش‌های مختلف دسته بندی تسهیلات ترافیکی

در این بخش، روش‌ها و معیارهای مختلفی که می تواند برای دسته بندی تسهیلات حمل ونقل شخصی بکارگرفته شود، معرفی و بررسی شده است. در نهایت در انتهای این بخش نیز با توجه به موارد عنوان شده، دسته بندی مورد نظر در این کتابچه ارائه شده است.

۲ -۱ -۱ - دسته بندی بر اساس نوع جریان

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

- جریان غیر منقطع
- جریان منقطع

تسهیلاتی که دارای جریان غیر منقطع هستند، هیچ وقفه خارجی در جریان ترافیک ندارند. جریان کاملاً غیر منقطع اصولاً در آزادراه‌ها، که تقاطع همسطح ، چراغ راهنمایی، علائم توقف یا احتیاط یا دیگر وقفه های خارجی در خود جریان ترافیک نیست، وجود دارد. این نوع از تسهیلات از لحاظ دسترسی تحت کنترل کامل هستند. بنابراین مشخصات جریان ترافیک منحصراً بر ارتباط بین وسایل نقلیه با خیابان و محیط بنا شده است.

با وجود اینکه جریان کاملاً غیر منقطع فقط در آزاد راه‌ها (همچنین در مقاطعی از سطح بزرگراه‌ها) وجود دارد که شامل مقاطع پایه و همچنین مقاطع همگرایی و واگرایی می‌شود، در برخی مقاطع از بزرگراه‌های دو خطه و بزرگراه‌های چند خطه برون شهری می تواند بوجود آید. بصورت کلی، گفته می‌شود جریان‌های غیرمنقطع می تواند در شرایطی وجود داشته باشد که فاصله بین چراغ‌های راهنمایی و یا دیگر عوارض مهم، بیشتر از ۲ کیلومتر باشد.

تسهیلات دارای جریان منقطع آنهایی هستند که شامل وقفه های بیرونی ثابتی در طراحی و عملکرد شان

باشند. بیشترین و از لحاظ عملکردی مهمترین وقفهٔ بیرونی، چراغ راهنمایی است . چراغ راهنمایی متناوباً در طول سیکل های خود برای جریان‌های ترافیکی در حرکت، وقفه ایجاد می‌نماید. از دیگر عوامل ایجاد وقفه در تقاطعات، علائم توقف و احتیاط در آنها می باشد. معمولاً ١٦ موقعیت برخورد برای وسایل نقلیه در حال عبور از تقاطع وجود دارد که چهار برخورد بین حرکات مستقیم، چهار برخورد بین حرکات گردش به چپ و هشت برخورد بین حرکات گردش به چپ و مستقیم وجود دارد. به علاوه هشت برخورد دیگر در هنگام بهم‌پیوستن جریان ترافیک وقتی که وسایل نقلیه در حال گردش به چپ و راست با جریان مستقیم برای تکمیل یک مانور مطلوب درهم ادغام می‌شوند، ایجاد می‌شود که در بحث شبیه سازی نیز مسئله توجه به قبول فرصت[1] برای وسایل نقلیه نیز حائز اهمیت می باشد. عابرین پیاده نیز امکان برخوردهای بیشتری را به این مجموعه اضافه می‌کنند.

سه سطح کنترل قابل اجراء در یک تقاطع وجود دارد:

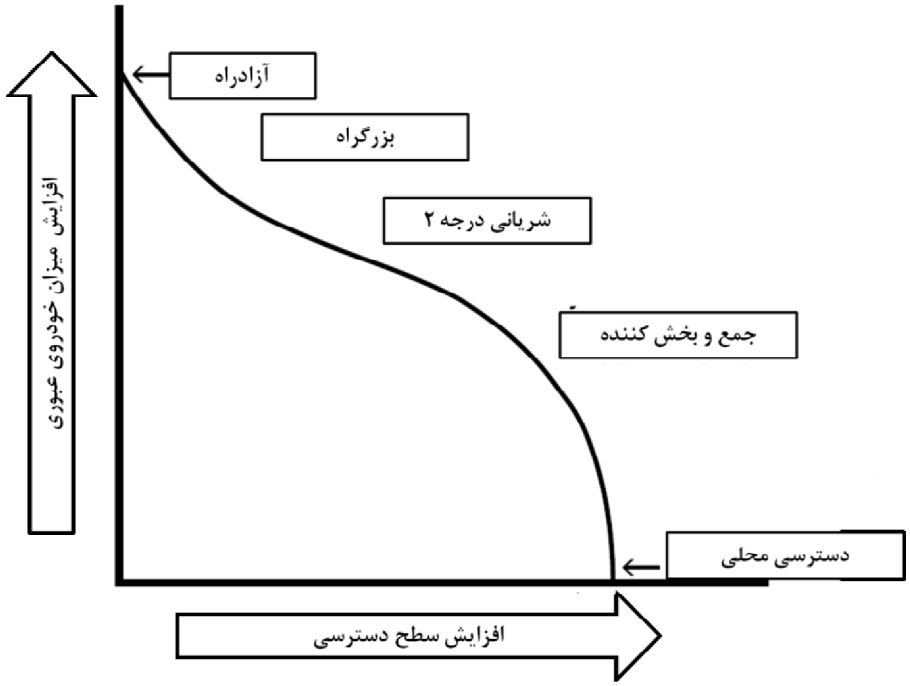
- سطح یک، قوانین اساسی و اولیه طراحی راه
- سطح دو، استفاده از تابلوهای ایست و حق‌تقدم
- سطح سه، نصب چراغ‌های راهنما

تفاوت اصلی بین تسهیلات جریان غیر منقطع و منقطع، موضوع زمان استفاده از مسیر است. در تسهیلات غیرمنقطع، معبر در هر زمان برای رانندگان و وسایل نقلیه قابل دسترسی است. در تسهیلات جریان منقطع، حرکت بصورت دوره‌ای با چراغ قرمز مسدود می‌گردد. بنابراین زمان‌بندی چراغ، دسترسی را در بازه‌های زمانی محدود می‌کند. در رابطه با تقاطعات بدون چراغ راهنمایی نیز، اولویت عبور و یا ایجاد فرصت عبور ما بین وسایل نقلیه برای وارد شدن به تقاطع، تنها بخشی از زمان را در اختیار وسایل نقلیه عبوری از تقاطع قرار می‌دهد.

٢-١-٢- دسته بندی بر اساس سلسله مراتب عملکردی

شبکه معابر شهری از دیدگاه دیگری نیز دسته‌بندی می‌شوند که در آن میزان عملکرد معابر بر اساس معیارهای "سطح دسترسی" و "میزان عبوردهی وسایل نقلیه" صورت می‌پذیرد. همانگونه که در شکل (١) نشان داده شده است، با افزایش میزان عبوردهی وسایل نقلیه، میزان دسترسی به کاربری‌های حاشیه‌ای کاهش می یابد. بر این اساس، آزادراه بیشترین میزان عبوردهی وسایل نقلیه را داشته و دسترسی محلی بیشترین سطح دسترسی را به کاربری‌ها فراهم می آورد.

[1] Gap Acceptance



شکل ۱ - دسته‌بندی سلسه مراتب شبکه معابر بر اساس سطح دسترسی و میزان خودروی عبوری

۲ -۲ - معرفی موارد حائز اهمیت در شبیه سازی تسهیلات مختلف

در این بخش با در نظر گرفتن هدف نمونه برداری که انجام شبیه سازی است، مواردی که در نمونه مورد بررسی برای هر دسته از تسهیلات مهم هستند بیان می‌شود. شناسایی این موارد به تحلیل مناسب تسهیلات مورد نظر و در نتیجه به دست آوردن نتایج بهتر از شبیه سازی کمک می کند. در بندهای آتی، توصیه‌های لازم برای انجام مطالعات ساماندهی در زمینه بکارگیری نرم افزارهای شبیه‌ساز انجام شده، و با ارائه توضیحات دقیق‌تر در ارتباط با مراحل مختلف انجام فرآیند شبیه‌سازی، پارامترهای کنترلی موثر در مقایسه نتایج شبیه‌سازی تعیین خواهد شد. بدیهی است، پارامترهای مذکور با در نظر گرفتن موارد حائز اهمیت در هر یک از تسهیلات ترافیکی تعیین خواهند شد.

- **معرفی موارد حائز اهمیت در تقاطعات چراغدار**

تقاطع چراغدار بنا به تعریف آیین نامه راه‌های شهری [۲]، "تقاطع همسطح دو یا چند راه است که جریان

ترافیک آنها با استفاده از چراغ راهنما تنظیم می شود". سرفاصله اشباع و زمان از دست رفته در این نوع تقاطعات تأثیر بسیار زیادی دارند. نکته مهم در مورد این دو متغیر آن است که تأثیر آنها در دیگر تسهیلات ترافیکی بسیار کمتر است.

از سوی دیگر در صورت وجود پارک حاشیه‌ای زیاد، مانور خروج از پارک سبب تغییر خط یا توقف خودروهای در حال حرکت می شود که بر ظرفیت تقاطع اثرگذار خواهد بود. از دیگر نکاتی که لازم است مورد توجه قرار گیرد تأثیر نپذیرفتن تقاطع از تقاطعات مجاور است.

نکته دیگری که لازم است مورد توجه قرار گیرد، تفاوت عملکرد چراغ‌های برنامه پذیر و چراغ‌های هوشمند و بالتبع شبیه‌سازی آنها است. ثابت بودن طول چرخه در چراغ‌های برنامه پذیر باعث می شود که بتوان بازه های آمارگیری را متناسب با طول چرخه تنظیم نمود. این عمل هم کار شخص آمارگیر را آسان می کند و هم امکان مقایسه مواردی مثل طول صف و حجم در چرخه های متوالی را فراهم می نماید. از طرف دیگر چراغ‌های هوشمند، گاه زمان سبز یک فاز را تمدید و گاه کوتاه می کنند. در چنین حالاتی احتمال اشتباه شخص آمارگیر و همچنین احتمال بروز رفتارهای غیرعادی از رانندگان دور از ذهن نیست.

- **معرفی موارد حائز اهمیت در تقاطعات بدون چراغ**

تقاطعات بدون چراغ تقاطعاتی هستند که کنترل آنها بدون چراغ راهنمایی و رانندگی صورت می‌گیرد. این تقاطعات با استفاده از تابلوهای ایست یا توقف و یا حتی فقط با قوانین حق تقدم کنترل می شوند. مهمترین رفتاری که در تقاطعات بدون چراغ رخ می دهد قبول فرصت است. در تقاطعات بدون چراغ هم، مشابه تقاطع چراغدار، پارک حاشیه ای خودروها، تردد عابران پیاده و شیب معابر بر ظرفیت تقاطع اثرگذار خواهد بود.

- **معرفی موارد حائز اهمیت در معابر آزادراهی و بزرگراهی**

آیین‌نامه طراحی راه‌های شهری بزرگراه را چنین تعریف می‌کند[۲]: راهی است که ترافیک دو طرف آن به طور فیزیکی از یکدیگر جداست و در طول قابل ملاحظه‌ای از آن می توان جریان ترافیک را به صورت پیوسته فرض کرد. برای تأمین چنین وضعیتی، نحوه صحیح ورود و خروج وسایل نقلیه طراحی می شود. بزرگراه می تواند تعداد محدودی تقاطع همسطح داشته باشد به شرطی که فاصله تقاطع‌ها از یکدیگر زیاد باشد.

در برداشت آمار از بزرگراه‌ها، وجود قطعه هایی که در تعریف بزرگراه صدق کنند بگونه ای که تحت تأثیر ورود و خروج رمپ و لوپ ها و همچنین تراکم جریان بالادست قرار نداشته باشند، نکته اصلی است. نکته دیگر در معابر بزرگراهی، رفتارهای ترافیکی غالب در بزرگراه‌ها است. رفتار غالب در معابر بزرگراهی، پیروی خودرو است.

فیلمبرداری یکی از گزینه‌های مناسب برای دستیابی به داده‌های مورد نیاز است.

- **معرفی موارد حائز اهمیت در معابر شریانی درجه ۲**

مهمترین رفتارهای ترافیکی معابر شریانی، پیروی خودرو[۱] و تغییر خط[۲] است. بنابراین در مواردی می‌توان میزانی از رفتار پیروی خودرو را مشاهده نمود که تا حدی پیوستگی جریان ترافیک در آن برقرار باشد. این امر مستلزم غالب بودن نقش جابجایی معبر بر نقش دسترسی آن است. بعلاوه لازم است که به اثر مانور پارک حاشیه‌ای در تغییر خط (توزیع و چگونگی پارک حاشیه‌ای) توجه شود.

- **معرفی موارد حائز اهمیت در مقاطع واگرایی و همگرایی**

رفتارهای ترافیکی مهم در مقاطع همگرایی و واگرایی تغییر خط و قبول فرصت هستند. از این بین، در مقاطع همگرایی قبول فرصت دارای اهمیت بیشتری است اما در مقاطع واگرایی، تغییر خط مهمتر است. لازم است حجم عبوری در زمان برداشت به اندازه‌ای باشد که بتوان مقادیر لازم برای محاسبه میزان قبول فرصت را به دست آورد.

[۱] Car following

[۲] Lane changing

۳- ارائه توصیه های لازم برای انجام مطالعات ساماندهی در زمینه بکارگیری نرم‌افزارهای شبیه ساز

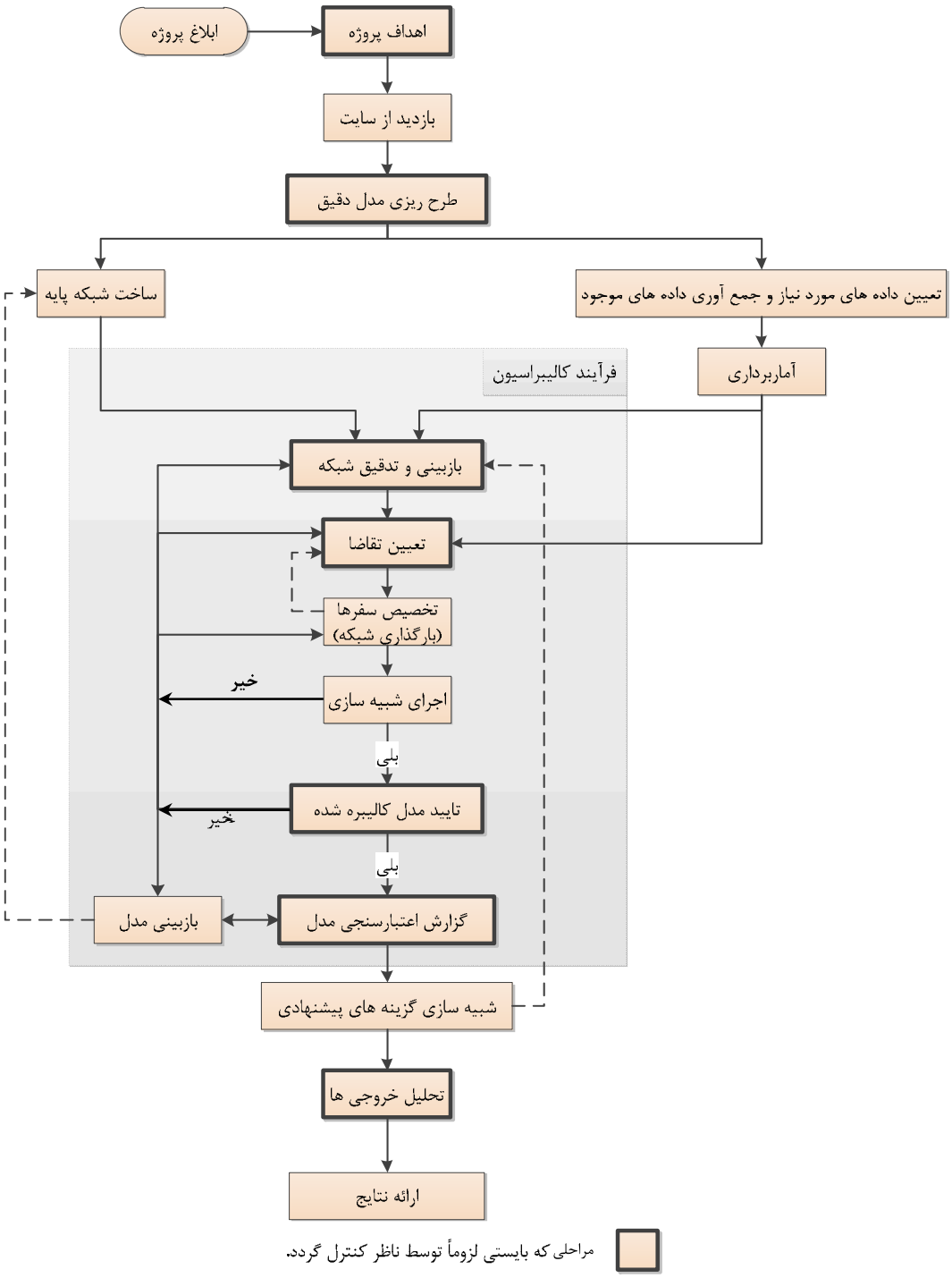
در مطالعات ساماندهی، شبیه‌سازی یکی از ابزارهای مطالعات در اتخاذ تصمیمات مهندسی و مدیریتی است. زیرا تقریباً تمام تحلیل‌های مهندسی، مقایسه گزینه ها و ارائه راهکارها می تواند بر اساس خروجی های حاصل از شبیه‌سازی انجام گیرد. تمرکز اصلی در این بخش بر روی گام‌های لازم برای استفاده از یک نرم‌افزار شبیه‌ساز در مطالعات ساماندهی و گام های ضروری بعد از به‌کارگیری نرم‌افزار در ارتباط با تحلیل نتایج حاصل از مدل شبیه‌ساز است. فرآیندی که در ادامه می آید در ارتباط با انجام یک شبیه‌سازی به صورت دقیق است و بسته به نوع و مدت زمان انجام هر پروژه، مباحث مالی و دقت مورد نیاز در هر پروژه، می توان بخش های محدودی از این فرآیند را با حفظ ساختار کلی نادیده گرفت. نکته حائز اهمیت در این فرآیند نظارت فنی و دقیق ناظران این نوع مطالعات ساماندهی بر کل فرآیند شبیه‌سازی است.

۳ -۱ - ساختار و روند کلی شبیه سازی در یک پروژه ساماندهی

شبیه‌سازی به منظور استفاده در یک پروژه ساماندهی به طور معمول دارای ساختاری مطابق با ساختار ارائه شده در شکل (۲) است. این ساختار جهت اجرای یک پروژه کامل شبیه سازی بوده و دارای گام‌های متوالی و مرتبط به یکدیگر است که در بخش‌های مختلف این گزارش در ارتباط با هر یک از این گام‌ها به تفصیل بحث می‌شود.

نکته حائز اهمیت در این ساختار، بازبینی و بررسی کامل در انتهای هر مرحله به منظور اطمینان از مناسب بودن فرآیند طی شده تا آن مرحله برای ورود به مرحله بعدی و پاسخگویی به نیازهای پروژه در دست مطالعه است. در جریان یک مطالعه ساماندهی، نظارت دقیق در تمام مراحل اجرای پروژه امری ضروری است. لازم به ذکر است، در ساختار ارائه شده، مستطیل‌های دارای حاشیه ضخیم‌تر مراحلی هستند که دارای اهمیت زیاد بوده و لذا نیازمند نظارت دقیق‌تری هستند.

در ساختار ارائه شده، تعدادی فرآیند تکرار شونده وجود دارد که بایستی متناسب با بودجه، زمان، دقت و اهداف انجام پروژه برنامه‌ریزی شود. در تمام مراحل شبیه‌سازی، شبیه‌ساز بایستی درکی کامل نسبت به این فرآیندهای تکراری داشته باشد. چراکه فرآیندهای مذکور بسیار پرهزینه و زمان بر هستند و در صورتی که خطاهای پیش آمده در جریان مدل‌سازی در مرحله مربوط به خود شناسایی نشوند، تشخیص آنها در مراحل بعدی دشوارتر و احتمالاً پرهزینه‌تر است و می‌تواند منجر به ایجاد تأخیر در پروژه گردد.



شکل ۲ - ساختار کلی انجام شبیه سازی در پروژه های ساماندهی ترافیک

به منظور یکنواختی در تعاریف و جلوگیری از ابهام، در ادامه واژه‌های به کار رفته در ساختار ارائه شده تعریف می شوند (توجه شود که این تعاریف مختص مطالعات ساماندهی شهری است و هدف تغییر تعاریف ادبیات نیست):

محدوده مطالعاتی: ناحیه فیزیکی محدوده ای که توسط مدل بررسی می شود. ناحیه مطالعاتی ممکن است به منظور اطمینان از فراهم کردن تمام نیازهای پروژه، وسیع‌تر از محدوده مورد نظر کارفرما در نظر گرفته شود.

مدل: در شبیه سازی، مدل به مجموعه شبکه و سفرهای تخصیص داده شده به آنها اطلاق می شود.

شبکه پایه: مجموعه ای از گره‌ها، پیوندها و خصوصیات مرتبط با آنها بدون در نظر گرفتن تقاضا.

دوره آماده سازی[1] :دوره زمانی بین شروع شبیه‌سازی و رسیدن به معیار پایداری مورد نظر. به عنوان نمونه در صورتی که معیار پایداری شبکه تعداد خودروهای موجود در شبکه در نظر گرفته شود، دوره زمانی آماده سازی، برابر دوره زمانی مورد نیاز برای شبیه‌سازی قبل از ثابت شدن تعداد خودروهای موجود در شبکه در هر گام زمانی است.

تقاضا: مشخصات و حجم سفرهایی که در داخل شبکه توسط وسایل نقلیه در طول مدت شبیه سازی باید انجام گیرد (توجه شود که این تعریف، با مفهوم تقاضا در مدل‌های کلان‌نگر متفاوت است).

تخصیص: فرآیند بارگذاری ماتریس تقاضا بر روی شبکه.

کالیبراسیون: فرآیندی است به منظور شناسایی مقادیر پارامترهای کلی و پارامترهای ویژه پیوندها (معابر) برای تنظیم رفتار رانندگی و عملکرد خودروها به منظور نزدیکی هرچه بیشتر نتایج مدل به رفتارهای مشاهده شده در جریان واقعی ترافیک در محدوده مطالعاتی.

اعتبار سنجی: فرآیندی غیر تکراری برای بررسی صحت مدل ساخته شده.

گزارش اعتبار سنجی: گزارشی که در آن نتایج اعتبار سنجی مبتنی بر صحت عملکرد مدل ارائه می گردد.

ظرفیت[2]: حداکثر حجم وسایل عبوری در طول یک بازه زمانی مشخص در یک تسهیلات.

تأخیر[1]: تفاوت زمان سفر واقعی تجربه شده برای هر خودرو و زمان سفر آزاد در صورتی که راننده با سرعت

---

[1] Warm-up Period

[2] Capacity

مطلوب خود در داخل پیوند حرکت نماید، تعریف می شود.

در ادامه، هر یک از مراحل ارائه شده در ساختار کلی شکل (۲) بررسی خواهد شد.

۳ -۲ - اهداف پروژه

پس از ابلاغ پروژه، تعیین اهداف پروژه از مهم‌ترین گام‌های لازم به منظور تعیین هزینه‌های نهایی و برنامه‌ریزی جهت سایر مراحل لازم در فرآیند انجام مطالعات است و باید قبل از شروع سایر مراحل مشخص گردد. لازم است اهداف پروژه با توجه به نیازهای پروژه، بودجه و افق زمانی انجام پروژه تعیین گردد. اهداف یک پروژه تأثیر بارزی بر روی کل فرآیند یک مطالعه ساماندهی داشته و متناسب با اهداف تعیین شده، ساختار مطالعه ساماندهی و ابزارهای لازم جهت رسیدن به آنها تعیین می گردد.

لازم به ذکر است ساختار ارائه شده در این بخش از کتابچه، مربوط به استفاده از نرم افزار شبیه ساز خردنگر در یک پروژه ساماندهی می باشد و فرض گردیده است که در مرحله تعیین اهداف، استفاده از نرم افزار شبیه‌ساز ریزنگر ضروری تشخیص داده شده است.

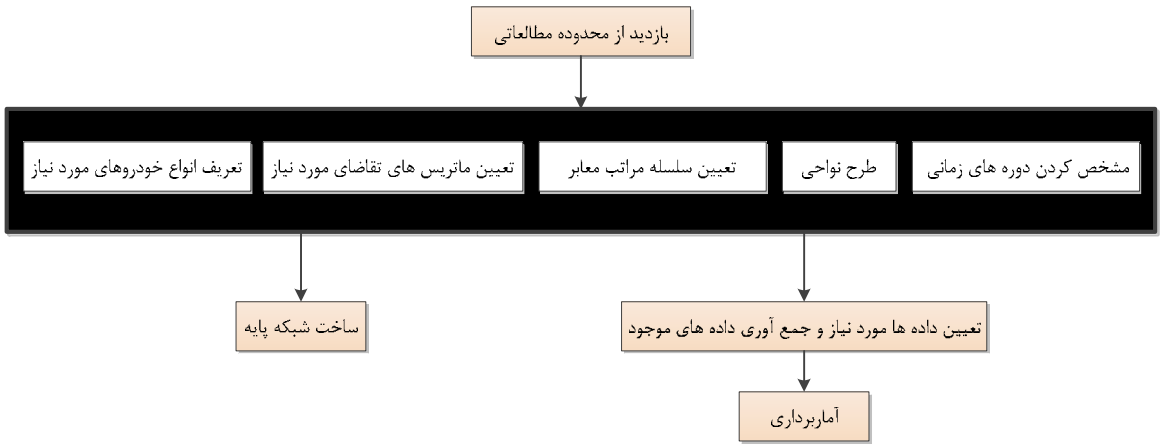
۳-۲-۱- طرح ریزی مدل[۲]

در این بخش گام‌های لازم جهت طرح ریزی مدل شبیه ساز ارائه می گردد. در واقع، توصیف داده‌های مورد نیاز برای ساخت مدل در یک پروژه شبیه‌سازی به تفکیک گام‌های مختلف مورد نیاز برای انجام کار، در این بخش بیان خواهد شد. شکل (۳) موارد حائز اهمیت در طرح ریزی مدل شبیه ساز را نشان می‌دهد. در ادامه هر یک از این موارد تشریح خواهد گردید.

---

[۱] Delay

[۲] Model Planning



شکل ۳ - طرح ریزی مدل

۳-۲-۲- بازدید از محدوده مطالعاتی

بازدید از محدوده مطالعاتی از موارد ضروری در هر پروژه ساماندهی است و در صورت امکان این بازدید باید توسط اعضای تیم کارشناسی پروژه انجام شود. این بازدیدها باید در دوره زمانی مورد نظر جهت مدل سازی صورت گیرد و در صورت متوالی نبودن دوره شبیه‌سازی بایستی بازدیدهای جداگانه در هر یک از دوره‌های شبیه‌سازی صورت گیرد (به عنوان نمونه در دوره اوج صبح و عصر). از آنجا که ممکن است موضوع ترافیکی خاصی در ارتباط با یک دوره زمانی وجود داشته باشد، ضروریست عملکرد شبکه در کل دوره مورد بررسی قرار گیرد (به عنوان نمونه ممکن است در دوره زمانی شبیه‌سازی معبری توسط پلیس مسدود و یا زمان بندی چراغ راهنمایی تغییر نماید). سایر مواردی که لازم است در بازدید میدانی از محدوده مطالعاتی در نظر گرفته شود شامل موارد زیر است؛

- **استفاده از دوربین فیلم برداری.** در بازدیدهای میدانی جهت ثبت جزئیات و همچنین به منظور مستند سازی کل فرآیند شبیه‌سازی، استفاده از دوربین فیلم برداری توصیه می‌شود. بهتر است تاریخ و زمان هر فیلم برداری بر روی آن درج شود. این امر باعث ثبت اطلاعات دائمی از محدوده مطالعاتی شده و می تواند در سرتاسر پروژه مورد استفاده قرار گیرد.
- **فیلم‌برداری از تقاطع‌های چراغ‌دار.** در صورت وجود تقاطعات چراغ دار در محدوده مطالعاتی، فیلم برداری از هر تقاطع برای حداقل یک چرخه کامل و ترجیحاً چندین چرخه ضروری است. این امر برای کنترل

عملکرد صحیح تقاطعات چراغ دار در مدل مفید بوده و می تواند برای ارزیابی عملکرد چراغ راهنمایی به صورت ثابت و یا متغیر با تقاضا مورد استفاده قرار گیرد.

- **رسم نمودار زمانی و فازبندی مشاهده شده از چراغ‌های راهنمایی محدوده مطالعاتی.** حتی در صورت اخذ اطلاعات نمودار زمانی چراغ‌های راهنمایی محدوده مطالعاتی از ارگان‌های مربوطه، رسم نمودار زمانی مشاهده شده در مدل نمودن تقاطع مفید است.

- **توصیه به استفاده از یک دوربین نصب شده بر روی خودرو و رانندگی در تمام معابر محدوده مطالعاتی.** این امر در تقریب زدن زمان سفر و بدست آوردن اطلاعاتی از شرایط ترافیکی در کل محدوده مورد مطالعه مفید خواهد بود.

- **استفاده از دوربین عکس‌برداری در بازدیدهای میدانی و در صورت امکان، عکس برداری از تمام تقاطعات محدوده مطالعاتی.** عکس های برداشت شده باید شامل تمام خطوط توقف و علائم تعیین شده باشند. این عکس‌ها در دوره ساخت شبکه و اطمینان از عملکرد صحیح تقاطعات بسیار مفید است.

- **عکس‌برداری از ایستگاه‌های اتوبوس در صورت مهم بودن مدل نمودن صحیح آنها.** در عکس های برداشت شده بایستی مشخص شود که آیا ایستگاه در خارج از مسیر[۱] قرار دارد و یا در داخل مسیر[۲]. در صورتی که ایستگاه اتوبوس شامل اطلاعاتی در ارتباط با نحوه سرویس دهی باشد، بهتر است از این اطلاعات نیز عکس تهیه شود. در بازدیدهای میدانی، توجه به نحوه توقف اتوبوس ها در محل ایستگاه مهم می باشد. در بسیاری از موارد اگرچه به منظور جلوگیری از ایجاد اختلال در حرکت سایر خودروها ایستگاه اتوبوس به صورت خارج از مسیر طراحی شده است، ولی نحوه توقف اتوبوس ها به گونه‌ای می باشد که عملاً منجر به انسداد خط عبوری مجاور ایستگاه در مدت زمان توقف اتوبوس می گردد.

- **ارزیابی میدان دید در تقاطعات.** در بسیاری از نرم افزارهای شبیه ساز ریزنگر، امکان اضافه نمودن میدان دید برای هر یک از رویکردهای تقاطع وجود دارد. این پارامتر تأثیر زیادی بر روی عملکرد تقاطع دارد و در صورت امکان پذیر بودن تعیین آن در بازدیدهای، میدانی مقدار زمان لازم برای کالیبره کردن شبکه را کاهش می دهد.

- **برداشت و ثبت سایر مشخصات محدوده مطالعاتی.** ثبت (در صورت امکان عکس برداری) هر ویژگی و

[۱] Off Line
[۲] On Line

رویداد دائمی در معابر محدوده مطالعاتی که بر روی حرکت جریان ترافیک تأثیرگذار است نظیر؛ موقعیت‌های عبوری عابر پیاده، محدوده‌های ایستادن و سوار و پیاده شدن مسافرین تاکسی، محدوده‌های پارک حاشیه‌ای، نقطه شروع و پایان خطوط ویژه اتوبوس، سرعت گیرها و غیره. موارد بیان شده در مرحله ساخت شبکه در نرم‌افزار شبیه‌ساز مورد استفاده قرار می گیرد و نیاز به انجام بازبینی‌های مجدد را کاهش می دهد.

۳-۲-۳- تعیین سلسله مراتب معابر

سلسله مراتب معابر از جمله موارد تأثیر گذار در خروجی‌های حاصل از شبیه‌سازی به ویژه در بحث تخصیص و انتخاب مسیر توسط رانندگان است. سلسله مراتب معابر از طریق طبقه‌بندی پیوندها در گروه‌هایی با ویژگی‌های عمومی یکسان نظیر سرعت، ظرفیت، هزینه استفاده از آن و غیره انجام می شود. از طرف دیگر این سلسله مراتب می‌تواند بر روی رفتار رانندگان تأثیرگذار باشد. این تأثیرات در نرم‌افزارهای شبیه‌ساز از طریق تغییر در پیش فرض‌های هر یک از انواع معابر (بزرگراهی، شریانی و غیره) نظیر ظرفیت، سرعت، مسافت دید، تغییرات زمان عکس‌العمل و غیره در نظر گرفته می‌شود.

۳-۲-٤- طرح مراکز نواحی

طرح نواحی یکی از مهم‌ترین عناصر شبکه بوده و نیازمند برنامه ریزی دقیق است. طرح نامناسب نواحی منجر به ایجاد مشکلاتی در فرآیند تخصیص و توسعه ماتریس تقاضا و در نتیجه شبیه سازی ضعیف می‌گردد. در یک محدوده مطالعاتی دو نوع ناحیه به صورت زیر تعریف می شود:

- **نواحی خارجی[۱]:** این نوع نواحی در لبه های شبکه مورد استفاده قرار می گیرد و به طور معمول تعریف کننده خط کمربند[۲] محدوده مطالعاتی هستند.
- **نواحی داخلی[۳]:** نواحی هستند که در داخل محدوده مطالعاتی قرار داشته و برای نشان دادن بلوک‌های شهری، کاربری‌ها و غیره که در واقع نقاط عمده تولید و جذب سفر در داخل ناحیه مورد مطالعه هستند، مورد استفاده قرار می‌گیرند و ممکن است به چندین پیوند[٤] متصل باشند.

---

[۱] External Zones

[۲] Cordon line

[۳] Internal zones

[٤] link

۳-۲-۵- ماتریس های مورد نیاز

پیش از انجام آمار برداری، بایستی ماتریس های مورد نیاز با توجه به هدف پروژه ساماندهی جهت استفاده در شبیه سازی تعیین شود. منظور از ماتریس های مورد نیاز، ماتریس‌های تقاضا بر اساس نوع خودروها، اهداف سفر، کاربری ها و هر نوع ترکیبی از آنها است که در ادامه توضیح بیشتری در هر مورد ارائه می‌گردد. به عنوان مثال در یک پروژه شبیه سازی برای بررسی اثرات ترافیکی ایجاد یک کاربری خاص ممکن است نیازمند بررسی اثرات ترافیکی متقابل تقاضای جذب و تولید شده در آن کاربری خاص و سایر تقاضای جابجایی موجود باشد. در این شرایط با توجه به نیاز پروژه بایستی حداقل دو ماتریس، یکی در ارتباط با سفرهای جذب و تولید شده توسط آن کاربری خاص و دیگری در ارتباط با سایر سفرهای موجود ایجاد شود.

۳-۲-۵-۱- نوع خودرو

با توجه به این موضوع که افزایش تعداد ماتریس های تقاضا باعث افزایش هزینه های مطالعاتی می‌گردد، باید نوع خودروهایی که ماتریس تقاضای مورد نیاز خویش را دارند، تعیین شود. در صورت وجود ماتریس‌های تقاضای مختلف برای انواع مختلف وسایل نقلیه، با استفاده از آمار برداری مربوطه بایستی تعداد خودروهای اختصاص یافته به هر ماتریس را مشخص نمود. به عنوان نمونه اگر در مطالعه برای تاکسی‌ها، ماتریس تقاضا در نظر گرفته شده است، در آمارگیری باید تاکسی‌ها از سایر جریان ترافیک تفکیک شود.

با توجه به ترکیب ترافیک موجود در تهران و تعداد بالای تاکسی‌های شهری، توصیه می‌گردد در شبیه‌سازی‌ها، حداقل گروه‌های خودروهای زیر در نظر گرفته شود:

- شخصی
- تاکسی
- اتوبوس
- سنگین

۳-۲-۵-۲- هدف سفر/کاربری

در هنگامی که از ماتریس‌های تقاضا در شبیه سازی استفاده می‌گردد، می توان از ماتریس‌های مبتنی بر اهداف سفر (بر اساس کاربری‌های مبدا و مقصد)، در شبیه سازی استفاده نمود. این امر می تواند در تحلیل های بعدی شبکه مفید واقع شود. لازم به ذکر است که فرآیند آماربرداری و تشکیل چنین ماتریس‌هایی فعالیت نسبتاً دشواری است.

۳-۲-٦- نوع خودروها

یکی دیگر از مواردی که در هنگام طرح ریزی یک مدل شبیه ساز و قبل از آمار برداری باید مورد استفاده قرار گیرد، تعیین نوع خودروهای مورد نیاز است. در نرم‌افزارهای شبیه ساز به صورت پیش فرض چندین نوع خودرو وجود دارد که می توان به آنها خودروهایی اضافه و یا حذف نمود. هرچند که نوع خودروها در یک نرم افزار شبیه ساز از پیش تعیین شده و یا توسط شبیه ساز تعریف می شود، ولی قبل از استفاده در نرم افزار باید توانایی های دینامیکی خودرو و ویژگی‌های فیزیکی آن کنترل شده و ویرایش شود.

۳-۲-۷- دوره زمانی

در مرحله طرح مدل لازم است دوره زمانی مورد نیاز جهت شبیه سازی مشخص گردد. دوره شبیه سازی با توجه به اهداف پروژه و گزینه‌های پیشنهادی اولیه مورد نظر تعیین می‌گردد. هر اندازه دوره زمانی شبیه‌سازی کوتاه‌تر در نظر گرفته شود، فعالیت های صورت گرفته جهت برآورد تقاضا کاهش می یابد. در بیشتر موارد تغییر دوره زمانی شبیه‌سازی در هنگام رخداد تغییری خاص در خصوصیات فیزیکی در طول روز اتفاق می افتد. به عنوان نمونه یک خط عبوری ممکن است تا ساعت ۱۰ صبح به صورت خط ویژه برای اتوبوس و از آن به بعد برای سایر خودروها مورد استفاده قرار گیرد. در این حالت در صورتی که دوره مدل سازی از ساعت ۱۰ صبح فراتر رود بایستی تغییر در دوره زمانی اعمال گردد.

در شبیه‌سازی با توجه به نظر شبیه ساز می توان از روش‌های مختلفی برای مدل نمودن تغییرات ناگهانی استفاده نمود، ولی شبیه ساز باید با توجه به امکانات و قابلیت هایی که نرم افزار شبیه ساز در اختیار قرار می دهد، از ساده ترین روش برای مدل نمودن این تغییرات استفاده نماید. به عنوان نمونه اگر در یک زمان مشخص نوع کنترل تقاطع عوض شود این امر در مدل شبیه ساز می‌تواند با معرفی یک دوره زمانی در هنگام تغییر نحوه کنترل تقاطع در نظر گرفته شود. اما این روش مستلزم یک مجموعه جدید از ماتریس ها است. اما روش ساده تر استفاده از برنامه زمانی اصلی مربوط به کنترل[1] موجود در اکثر نرم افزارهای شبیه ساز است. این روش نیازمند تغییرات اندک بوده و استفاده از ماتریس های قبلی را امکان پذیر می سازد.

جنبه‌های دیگری که ممکن است مستلزم تغییر در دوره زمانی باشد شامل:

- تغییر در اولویت های عبوری

[1] Master control plan

در بیشتر نرم افزارهای شبیه ساز، امکان تغییر در نحوه کنترل تقاطع بدون تغییر در دوره زمانی وجود دارد. اما تغییر در اولویت های عبوری اختصاص داده شده وجود ندارد. به عنوان نمونه اگر در یک تقاطع، حرکتی در زمان مشخصی از روز ممنوع شود، تغییر در دوره زمانی لازم است.

- تغییر در نسبت انواع مختلف خودروها

به عنوان نمونه ممکن است نسبت خودروهای سنگین به سبک در دوره زمانی شبیه سازی تغییر نماید که این امر می‌تواند به سادگی بدون تغییر دوره زمانی و تنها از طریق تغییر در تقاضا در شبیه سازی در نظر گرفته شود.

- تغییر در برنامه زمانی حرکت اتوبوس‌ها و مدت زمان توقف در ایستگاه ها

دوره زمانی حرکت و مدت زمان توقف در یک ایستگاه ممکن است در طول روز متفاوت باشد. به عنوان نمونه یک ایستگاه اتوبوس در مجاورت یک مرکز اداری ممکن است بعد از ساعت ۹ صبح دارای زمان توقف بیشتری در ایستگاه باشد. در تعدادی از نرم افزارهای شبیه ساز این تغییرات می‌تواند بدون تغییر در دوره زمانی در نظر گرفته شود.

۳ -۳ - تعیین داده های مورد نیاز و جمع آوری داده های موجود برای انجام شبیه‌سازی

داده های مورد نیاز جهت انجام شبیه سازی در پروژه های مطالعات ساماندهی را می توان به چهار گروه تقسیم بندی نمود؛

- نقشه های محدوده مطالعاتی (ترجیحاً نقشه های اتوکد با فرمت های dxf و dwg)
- خصوصیات فیزیکی شبکه معابر
- داده های مورد نیاز در ارتباط با تقاضای ترافیک
- داده های مربوط به کالیبراسیون

۳-۳-۱ - نقشه ها

بدست آوردن نقشه های اتوکد با فرمت dxf یا dwg در کوتاه ترین زمان ممکن، امکان شروع برنامه ریزی و ساخت شبکه را فراهم می آورد.

توجه ۱ : ساخت شبکه در نرم افزارهای شبیه ساز بدون استفاده از نقشه ها بسیار زمان بر است.

توجه ۲ : استفاده از نقشه‌های با فرمت‌های دیگر و عکس‌های هوایی در کنار نقشه‌های اتوکد می‌تواند ساخت فیزیک شبکه را آسان‌تر نماید.

۳-۳-۲- خصوصیات فیزیکی شبکه معابر

داده‌های مورد نیاز از شبکه معابر محدوده مطالعاتی برای شبیه‌سازی شامل موارد زیر است؛

- تعداد و عرض خطوط عبوری شبکه معابر
- نقشه‌های دقیق از تقاطعات که نشان دهنده موقعیت خطوط توقف[۱]، نحوه گردش‌ها و اولویت‌های عبوری در تقاطع است. در صورت در دسترس نبودن این نقشه‌ها می توان از عکس و طرح‌های مناسب استفاده نمود.
- شیب (به ویژه در مواردی همانند برآورد آلودگی هوا در محدوده مطالعاتی).
- محدودیت های سرعت.
- هر نوع ویژگی هایی در معبر که بر روی جریان ترافیک تأثیرگذار است؛ نظیر سرعت گیرها، پارک حاشیه ای، محل توقف مسافرین تاکسی و غیره.
- موقعیت و نوع پارکینگ‌های غیر حاشیه ای (پارک کوتاه مدت، بلند مدت، خصوصی، غیر مسکونی و غیره).
- موقعیت ایستگاه های اتوبوس.
- موقعیت خطوط عابر پیاده و نحوه عملکرد آنها (نظیر تقاضای عبور، نحوه حرکت و غیره).
- نحوه عملکرد چراغ های راهنمایی (طول چرخه، فازها و غیره).
- محدودیت‌های موجود برای انواع خودروها (نظیر خطوط ویژه اتوبوس، خطوط ویژه خودروهای پر سرنشین).

۳-۳-۳- داده های مرتبط با تقاضای سفر

برآورد تقاضای سفر یکی از مهم‌ترین بخش‌های یک پروژه ساماندهی است. از آنجا که معمولاً جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز تقاضای ترافیک در یک مرحله انجام می گیرد، این مرحله بایستی با دقت زیادی مورد توجه قرار گرفته و از جمع آوری داده های کافی برای ساخت مدلی که اهداف مطالعات را برآورده می‌کند، اطمینان حاصل گردد.

یکی از اساسی‌ترین داده های مورد نیاز جهت جمع آوری، شمارش حرکات گردشی است. این شمارش شامل شمارش تعداد خودروهایی که در یک دوره زمانی معین حرکت گردشی خاصی را در یک تقاطع انجام

[۱] Stop lines

می‌دهند می شود و ممکن است این شمارش ها به تفکیک نوع خودرو صورت گیرد. این داده ها جهت ساخت ماتریس پایه ضروری بوده و ممکن است جهت اعتبار سنجی مدل ساخته شده نیز مورد استفاده قرار گیرد.

به طور ایده آل تمام حرکات موجود و مجاز در کلیه تقاطعات محدوده مطالعاتی در یک روز شمارش گردند و در صورت امکان پذیر نبودن آمارگیری در یک روز، هر گروه از تقاطعات مجاور یکدیگر باید در یک روز آمارگیری شوند. در این حالت بایستی تعدادی از تقاطعات به منظور اصلاح شمارش های صورت گرفته به صورت مشترک شمارش گردد. در بعضی مواقع محدودیت های بودجه باعث می گردد تنها تعداد معینی از تقاطعات شمارش گردد.

برای تعدادی از نرم افزارهای شبیه ساز نظیر Paramics برداشت احجام باید به یک ماتریس مبدأ - مقصد تبدیل شود. از سوی دیگر، تعدادی از نرم افزارها نظیر Aimsun و VISSIM می توانند هم حرکات گردشی و هم ماتریس مبدأ - مقصد را به عنوان ورودی تقاضا دریافت نمایند. معمولاً داده‌های مدل‌های تقاضا، منبع مناسبی جهت برآورد تقاضا نیستند. زیرا اولاً این داده ها معمولاً محدود به نزدیک‌ترین دوره ده ساله آماری است، ثانیاً ناحیه آنها معمولاً بسیار بزرگ‌تر از نواحی مورد نیاز جهت استفاده در مدل های شبیه ساز است. روش ثبت پلاک یکی از بهترین و دقیق ترین روش ها جهت تخمین ماتریس مبدأ - مقصد است. تحلیل‌گر، ایستگاه هایی را در مرزهای ناحیه و تعدادی ایستگاه های کنترلی را در داخل ناحیه مشخص می‌نماید. در این ایستگاه ها شماره پلاک خودروها ثبت می شود. سپس از طریق انطباق پلاک خودروها، تقاضا برای هر ناحیه مشخص می شود.

آمار برداری به روش ثبت پلاک دارای هزینه بالایی است (در بعضی مواقع نیازمند فیلم برداری با استفاده دوربین‌های خاص برای ثبت پلاک در موقعیت هایی با سرعت بالا است)، به این منظور اکثر تحلیل گران برای تخمین ماتریس از داده های حاصل از شمارش احجام که دارای هزینه کمتری هستند، استفاده می نمایند.

۳-۳-٤- داده‌های مورد نیاز برای کنترل شبیه‌سازی انجام شده

داده های کنترلی، که در فاز تحلیل خروجی‌های نرم‌افزار برای ارزیابی سناریوهای مختلف ممکن در پروژه ساماندهی مورد نظر از آنها استفاده می‌شود، شامل اندازه گیری ظرفیت و عملکرد سیستم نظیر زمان سفر، تأخیر و طول صف و غیره است. به منظور معتبر و مفید بودن فرآیند مقایسه با وضعیت موجود، این برداشت‌ها بایستی همزمان با شمارش‌های ترافیکی برداشت شوند.

- **داده های مربوط به زمان سفر**

برداشت زمان سفر می تواند در تعیین دقیق قسمت هایی از محدوده مطالعاتی که خودروها ممکن است با

سرعت بالا و یا با سرعت کم حرکت نمایند و ارائه راهکارهایی جهت بهبود وضعیت آنها مورد استفاده قرار گیرد. از آنجا که اعتبار سنجی زمان‌های سفر خیلی کوتاه دشوار است، لازم است در ارتباط با اعتبار سنجی مدل با استفاده از زمان سفر تصمیم‌گیری‌های لازم صورت پذیرد. زمان سفر برداشت شده برای مسیرهای اصلی شبکه می‌تواند با خروجی‌های مدل ساخته شده مقایسه گردیده و برای کالیبراسیون مورد استفاده قرار گیرد.

بهترین منبع برای برداشت زمان سفر بین دو نقطه، استفاده از اتومبیل ناظر است. یک یا چندین وسیله نقلیه طول تسهیلات ترافیکی مورد نظر را چندین مرتبه در دوره مورد نظر جهت شبیه سازی طی نموده و زمان سفر از طریق میانگین گیری از زمان سفرهای برداشت شده محاسبه می شود. تعداد دفعات لازم جهت بدست آوردن میانگین زمان سفر بستگی به سطح اطمینان مورد نظر و تغییرات زمان سفر برداشت شده دارد.

- **داده های مربوط به ظرفیت و جریان اشباع**

ظرفیت و داده‌های مربوط به جریان اشباع به دلیل تعیین زمان انتقال سیستم از حالت غیر متراکم به حالت متراکم از با ارزش‌ترین داده‌های کالیبراسیون است. ظرفیت در هر یک از معابر محدوده مطالعاتی بلافاصله در پایین دست صف خودروها قابل اندازه گیری است. به طور ایده آل صف تشکیل شده بایستی به مدت یک ساعت ادامه یابد اما با تخمینی منطقی، ظرفیت را می توان از صفی که نیم ساعت نیز ادامه دارد، تخمین زد.

نرخ اشباع، جریان عبوری در یک ساعت از یک تقاطع است، به صورتی که در آن خودروها به طور پیوسته از صف بالادست جدا شده و وارد تقاطع می شوند و فرض می گردد که چراغ راهنمایی برای آن رویکرد به مدت یک ساعت سبز است. برای تمام تقاطعات چراغ دار موجود در محدوده شبیه سازی که جریان عبوری از آنها نزدیک به ظرفیت آنها است، نرخ اشباع باید اندازه گیری شود. در این موقعیت ها برآورد نرخ اشباع و در نتیجه ظرفیت دارای تأثیر زیادی بر روی عملکرد مورد نظر چراغ راهنمایی دارد. لذا از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است که ظرفیت و جریان اشباع در تقاطعات با دقت برداشت شود.

- **داده های مربوط به طول صف و زمان تأخیر**

به طور معمول برداشت طول صف در هر نقطه از محدوده مطالعاتی که صف های قابل توجهی در آن تشکیل می شود، ضروری است. همانطور که در بخش های قبلی عنوان گردید این محل‌ها در بازدیدهای میدانی صورت گرفته از محدوده مطالعاتی مشخص می گردد. اطلاعات محلی از موقعیت های تشکیل صف و طول آن می تواند مهم و مفید باشد.

شمارش صف ها همراه با شمارش حرکات گردشی در تقاطعات جهت کالیبره نمودن شبکه پایه مورد استفاده

قرار می‌گیرد. بدون داده‌های صف، کالیبره کردن و در نتیجه اعتبار سنجی مدل دشوار بوده و در صورتی که مدل ساخته شده در جریان شبیه سازی طول های مورد انتظار را در محل های مورد انتظار نشان ندهد، خروجی‌های مدل چندان قابل اعتماد نیست.

تأخیر را می توان از طریق اتومبیل شناور و یا مطالعات تأخیر در تقاطعات مجزا محاسبه نمود. تأخیر محاسبه شده در تقاطعات با استفاده از اتومبیل ناظر (شناور) تاحدودی دارای انحراف است، به این دلیل که تأخیر برداشت شده مربوط به یک مسیر خاص در داخل شبکه است. این انحراف را می توان از طریق اجرای اتومبیل شناور در مسیرهای مختلف به حداقل رساند. بدیهی است که در واقع زمان تأخیر، تفاوت میان زمان سفر خودروی شناور با زمان سفر جریان آزاد در طول مسیر طی شده در شبکه است.

۳-۳-۵- داده های ترافیکی موجود

قبل از اقدام به برداشت آمار، باید در حداقل زمان ممکن داده‌های موجود از سازمان‌های مربوطه دریافت گردد. داده‌های دریافت شده باید مورد بازبینی قرار گیرد تا مشخص شود که امکان استفاده مستقیم از آنها در فرآیند مدل‌سازی به عنوان نمونه در فرآیند کالیبراسیون و یا اعتبار سنجی وجود دارد یا خیر. همچنین می توان از این داده در تعیین دوره زمانی مناسب برای جمع آوردی داده های تکمیلی استفاده نمود.

۳-۳-۵-۱- سایر داده های مورد نیاز

متناسب با نوع شبیه سازی مورد نیاز ممکن است داده های خاصی نظیر متوسط سرعت، مدل های ترافیکی قبلی ساخته شده در محدوده مطالعاتی مورد نیاز باشد. این نوع داده نیز قبل از برداشت آمار مشخص گردد.

۳-۴- برخی نکات در مورد آمار برداری ترافیکی

در یک پروژه ساماندهی در صورتی که نتوان تمام داده های مورد نیاز را از سازمان های وابسته نظیر سازمان ترافیک، معاونت ترافیک مناطق و غیره فراهم نمود، بایستی اقدامات لازم جهت برداشت آمارهای مورد نیاز صورت پذیرد. هر پروژه مطالعاتی داده‌های مختص به خود را داشته و داده‌ها با توجه به دقت و اهداف آن پروژه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

قبل از اقدام به آمارگیری ترافیکی لازم است مشخصات و ویژگی های کلی آمارگیری نظیر؛ دوره آمارگیری ، نوع آمارگیری‌ها، موقعیت ایستگاه‌ها و غیره مشخص و با کارفرما و سازمان های مربوطه هماهنگی‌های لازم صورت پذیرد. در این مرحله ارائه گزارشی در ارتباط با جزئیات آماربرداری‌ها به کارفرما مفید است. در گزارش آماربرداری لازم است، نوع آمار برداری ها، موقعیت هر ایستگاه آمارگیری (و ترجیحاً موقعیت نقشه جزئیات که مشخص کننده

موقعیت هر آمارگیر در طول دوره آمارگیری است) و دوره زمانی آمارگیری بیان شود.

قبل از آمارگیری، شبیه‌ساز باید درک کاملی از داده های مورد نیاز جهت ساخت مدل و چگونگی استفاده از آنها در جریان مدل سازی داشته باشد.

سایر مواردی که در آمارگیری ها بایستی مورد توجه قرار گیرد شامل ؛

- تقاطعات کلیدی و همچنین تقاطعاتی که می توان جزئیات کمتری از آنها را برداشت نمود، مشخص گردد.
- بهتر است احجام ترافیک در تقاطعات و معابر در بازه های زمانی ۵ دقیقه شمارش شده و در صورت غیر ممکن بودن، شمارش احجام در بازه های زمانی حداکثر ۱۵ دقیقه ای صورت پذیرد.
- در ارتباط با برداشت صف تشکیل شده توسط خودروها، قبل از برداشت بایستی مشخص گردد که تعداد خودروهای در صف مورد نیاز می باشد و یا طول پس زدگی صف خودروها.
- در صورت استفاده از ماتریس تقاضا و نیاز به انجام آماربرداری به منظور تشکیل ماتریس مبدأ - مقصد سفرها، می‌توان از مصاحبه کنار جاده‌ای استفاده نمود. در این حالت بایستی دقت لازم در تعیین موقعیت ایستگاه‌ها صورت گیرد. این ایستگاه‌ها باید خط کمربندی کاملی را در پیرامون محدوده مطالعاتی تشکیل دهند. همچنین بهتر است ایستگاه‌هایی در داخل محدوده برای تشکیل خطوط برش، تعیین گردد.
- در صورت آمار برداری از طریق ثبت پلاک، دوره های آمار برداری حداکثر ۱۵ دقیقه در نظر گرفته شود. البته کل مدت آماربرداری باید برابر دوره تحلیل باشد.
- دوره زمانی آمارگیری باید شامل زمان کافی قبل و بعد از ساعت اوج به منظور مدل نمودن انباشتگی و پراکندگی ترافیک باشد.
- قبل از اقدام به هر نوع آمار برداری لازم است به پلیس و سایر سازمان‌های مربوطه در ارتباط با زمان و نحوه آمار برداری اطلاع داده شده و مجوزهای لازم اخذ گردد. این امر احتمال توقف در فرآیند آمارگیری را تا حد زیادی کاهش می دهد.
- قبل از آمارگیری باید اطمینان حاصل نمود که آمارگیران دقیقاً داده‌هایی که لازم است جمع‌آوری نمایند را درک کرده‌اند. در صورت انجام آمارگیری توسط شرکت های آمارگیری، نظارت دقیق بر کل فرآیند آمارگیری به منظور طی کردن روندی صحیح و مطابق با موارد مورد نیاز ضروریست.
- قبل از استفاده از داده ها در ساخت مدل لازم است صحت داده ها مورد بررسی قرار گرفته و تبادل نظر در

ارتباط با هرگونه خطا با شرکت های آمارگیری انجام شود. عدم موفقیت در شناسایی و اصلاح خطاها در این مرحله و اصلاح آنها در گام های بعدی بسیار پر هزینه خواهد بود.

تمام آمارگیری‌ها باید مطابق با مراجع معتبر مرتبط با آمارگیری انجام شود (نظیر جمع آوری داده‌ها و استاندارد سازی آنها[1])، در غیر این صورت همواره سوال در ارتباط با دقت داده ها وجود داشته و ممکن است منجر به عدم پذیرش مدل ساخته شده توسط کارفرما گردد.

۳ -۵ - ساخت شبکه

ساخت شبکه پس از مرحله طرح‌ریزی و در نظر گرفتن تمام جنبه‌ها شروع می شود.با توجه به اینکه اصلاح خطاهای موجود در مرحله ساخت شبکه در مراحل بعدی بسیار وقت گیر و پر هزینه خواهد بود، مراحل ساخت شبکه باید با دقت بالا انجام شود، بدین منظور علاوه بر موارد عنوان شده پیشین بایستی به موارد زیر توجه شود.

۳-۵-۱ - نقشه های پس زمینه

در تمام نرم افزار های شبیه ساز امکان وارد کردن فایل‌های AutoCad و عکس های هوایی و نقشه‌های GIS با فرمت های مختلف وجود دارد. پس از وارد کردن فایل مناسب، اولین گام کنترل و تنظیم مقیاس مناسب است.

موقعیت پیوندها و گره‌ها اولین گام در ساخت شبکه پایه در نرم افزار های شبیه ساز بوده و بایستی در رسم آنها دقت لازم در نظر گرفته شود. پس از رسم هر لینک، خصوصیات آنها نظیر تعداد خط عبوری، عرض هر خط، نوع خط و غیره مشخص می گردد. گره تنها در موقعیت‌هایی که تغییرات فیزیکی در یک پیوند وجود دارد، تعریف شده و معمولاً در موارد زیر در نظر گرفته می شوند؛

- تغییر در تعداد خطوط عبوری
- تغییر در نوع استفاده از خطوط عبوری
- تقاطع
- محل عبور عابر پیاده

[1] Traffic Data Collection and its Standardization

۳-۵-۲- نواحی[۱]

نواحی، نقاط شروع و پایان برای حرکت خودروها هستند و در نتیجه زوج نقاط مبدأ و مقصد را در ماتریس تقاضا تعیین می نمایند. نواحی به وسیله ارتباط دهنده‌ها[۲] به پیوندها متصل می‌شود. هر ناحیه با توجه به نوع آن می‌تواند به یک یا چند پیوند متصل شود. در هنگام ساخت شبکه بایستی از اتصال مستقیم نواحی به تقاطعات خودداری شود.

۳-۵-۳- نحوه کنترل تقاطع و اولویت های عبوری

پس از رسم تقاطع لازم است کلیه حرکت های گردشی مورد بازبینی قرار گرفته و تعداد خطوط عبوری برای دسترسی به هر رویکرد بررسی شود. در رسم تقاطعات چراغ دار و بدون چراغ کنترل موارد زیر ضروریست؛

- **تقاطع چراغ دار**
  - نوع چراغ راهنمایی (ثابت، متغیر، نیمه متغیر)
  - طول چرخه چراغ راهنمایی، تعداد فازها، مدت زمان سبز هر فاز، زمان زرد و تمام قرمز
  - محل خطوط توقف
  - نحوه گردش ها
- **تقاطع بدون چراغ**
  - اولویت های عبور
  - نحوه گردش
  - محل خطوط توقف

۳-۵-٤- مسیر و ایستگاه های اتوبوس

در آخرین گام از ساخت شبکه، ایستگاه ها و مسیرهای حمل ونقل همگانی مشخص می گردد. ویرایش شبکه بعد از این مرحله ممکن است بر روی مسیرهای اتوبوس ها و موقعیت ایستگاه ها تأثیرگذار باشد.

---

[۱] Zones

[۲] Conector

۳ -۶- شبیه سازی گزینه های پیشنهادی

پس از اعتبار سنجی موفقیت آمیز مدل پایه در مرحله کالیبراسیون و رسیدن به حداقل خطاهای قابل قبول، در گام بعدی بایستی گزینه های پیشنهاد شده در مطالعات ساماندهی شبیه سازی و مورد ارزیابی قرار گیرد. در این مرحله بایستی یک کپی پشتیبان از مدل پایه تهیه گردد و تغییرات مربوط به گزینه های پیشنهادی بر روی کپی های پشتیبان صورت پذیرد. به منظور شبیه سازی گزینه های پیشنهادی، لازم است موارد زیر در نظر گرفته شود؛

- پس از ساخت مدل پایه و اعتبار سنجی آن در مرحله ساخت و شبیه سازی گزینه های پیشنهادی پارامترهای مدل بایستی ثابت و بدون تغییر نگه داشته شود. در برخی موارد در هنگام ساخت مدل گزینه پیشنهادی ممکن است تغییراتی در شبکه مدل ایجاد شود که بین مدل پایه و مدل گزینه پیشنهادی مشترک باشد. به عنوان نمونه شبیه ساز ممکن است در حین ساخت گزینه پیشنهادی متوجه شود که میدان دید یکی از رویکردهای تقاطع مورد مطالعه که به طور مستقیم مربوط به گزینه پیشنهادی نیست ضعف داشته و نیازمند اصلاح است. در صورتی که این اصلاح در گزینه پیشنهادی اعمال گردد، بایستی در مدل پایه نیز صورت پذیرد. در غیر این صورت نتایج شبیه سازی مدل پایه و گزینه پیشنهادی به طور مستقیم قابل مقایسه با یکدیگر نخواهد بود و در صورت اعمال این اصلاحات در مدل پایه فرآیند اعتبار سنجی مدل پایه بایستی تکرار گردد.
- در اکثر نرم افزارهای شبیه‌ساز مسیر اتوبوس به صورت لیستی از گره‌ها و لینک‌ها ذخیره می‌شود. هر گونه تغییر در شبکه که شامل حذف و یا اضافه کردن پیوند می گردد، ممکن است سبب کارنکردن مسیر اتوبوس گردد، لذا لازم است پس از ساخت گزینه پیشنهادی، عملکرد صحیح مسیرهای اتوبوس بررسی گردد.

۳-۶-۱- تحلیل نتایج شبیه سازی

در نهایت مروری بر انواع خروجی‌های یک شبیه‌سازی (شامل خروجی انیمیشنی و عددی) و توضیح مختصر هر یک به همراه کاربردها و همچنین نحوه تحلیل خروجی‌ها انجام می‌شود.

۳-۶-۲- خروجی های نرم افزارهای خردنگر

نرم افزارهای خرد نگر به طور معمول دو دسته خروجی تولید می نمایند:

الف) خروجی های عددی در قالب جداول، نمودارها، فایل‌های نوشتاری و گرافیکی که آمارهای موجود در ارتباط با مدل شبیه‌سازی شده را نشان می دهند

ب) خروجی‌های انیمیشنی که حرکت تک تک خودروها را در داخل شبکه و در مدت زمان شبیه سازی نشان می‌دهد.

به منظور بدست آوردن یک تصویر کلی از نتایج، تحلیل‌گر باید خروجی‌های انیمیشنی و عددی را با هم مورد ملاحظه قرار دهد.

از آنجا که خروجی‌های انیمیشنی، فقط نتایج مربوط به یک بار اجرای[۱] مدل شبیه‌سازی شده را نشان می‌دهد، نتیجه‌گیری در مورد عملکرد سیستم ترافیک که فقط از نتیجه یک انیمیشن بدست آمده است، قابل اطمینان نبوده و لازم است برای چند بار اجرای شبیه‌سازی، نتایج ملاحظه شده و قضاوت نهایی بر آن اساس صورت گیرد.

۳-٦-۲-۱- خروجی انیمیشنی

از آن جهت که خروجی‌های انیمیشنی به تحلیلگر اجازه می‌دهند رفتار وسیله نقلیه مدل شده را دیده و بدین ترتیب دقت پیاده سازی شبکه را مورد ارزیابی قرار دهد، ابزاری مفید هستند. همچنین تحلیل‌گر می تواند با بازبینی انیمیشن‌ها تا حدودی منطق مدل‌های رفتاری موجود در مدل ساخته شده را بررسی نماید. تحلیل‌گر باید بر روی زمان‌ها و محل‌هایی که ازدحام صورت می گیرد، تمرکز کند. ابزارهایی که می‌تواند به تحلیل‌گر در این بازنگری ها کمک کنند، ابزارهایی هستند که به تحلیل‌گر امکان پرش به زمان‌های مختلف (نمایش لحظه‌ای) در داخل مدل، را بدهند، ابزارهایی که به تحلیلگر کمک می کنند تا مشکلات ازدحام نقطه‌ای (نقاط مهم[۲] و رنگ آمیزی پیوندها به صورت متغیر[۳]) را پیدا کند و ابزارهای تشخیصی مانند "ردیابی وسیله نقلیه[٤]" که به تحلیلگر امکان دنبال کردن حرکت یک وسیله نقلیه را در داخل شبکه می دهد.

- نمایش‌های لحظه‌ای[۵]، وضعیت شبیه سازی را در نقاط مشخص زمانی (به عنوان نمونه در هر ۵ دقیقه یک بار) در طول مدت شبیه‌سازی ثبت می کند. تحلیل‌گر می‌تواند شبیه سازی را از هر نقطه زمانی برای بررسی رفتار وسیله نقلیه شروع کند. نمایش‌های لحظه‌ای می توانند یک وسیله بسیار اقتصادی برای بازنگری انیمیشن در بازه‌های شبیه سازی طولانی باشند. سپس با اجرای انیمیشن از آخرین لحظه قبل از شروع ازدحام، می توان بازبینی مفصل تری انجام داد.

---

[۱] replication

[۲] Hotspot

[۳] Dynamic link coloring

[٤] Vehicle trace

[۵] Snapshots

- با اجرای انیمیشن علامتی بر روی محل‌هایی از شبکه که تراکم در حال بالا رفتن است قرار می‌گیرد که تحت عنوان نقاط مهم شناخته می‌شوند. این امر در شناسایی محل‌ها و زمان شروع و پایان ازدحام در شبکه‌های بزرگ و بازه‌های طولانی شبیه‌سازی بسیار مفید است.
- رنگ آمیزی پیوند به صورت متغیر[1]، رنگ پیوند را مطابق با عملکرد مشخصه توسط تحلیل‌گر، مانند چگالی، سرعت و ... را عوض می کند. به عنوان مثال، هنگامی که چگالی در طول مدت شبیه‌سازی از کم به زیاد تغییر می کند، رنگ پیوند ممکن است از آبی به قرمز تغییر کند. چنانچه نرم‌افزار قابلیت تشخیص نقاط مهم را در انیمیشن نداشته باشد، رنگ آمیزی پیوند به صورت متغیر می تواند برای شناسایی نقاط مشکل دار در شبکه به کار گرفته شود.
- ردیابی وسیله نقلیه، به تحلیل‌گر این امکان را می دهد که یک خودرو را در داخل شبکه دنبال کرده و بدین طریق، مناسب بودن رفتار وسیله نقلیه در مدت زمان شبیه سازی را ارزیابی نماید.

تحلیلگر ممکن است تحلیل های خود را به طور کلی بر پایه مشاهدات حاصل از نتایج انیمیشن قرار دهد، هرچند که این روش توصیه نمی شود، ولی در این موارد تحلیل‌گر بایستی به این نکته توجه نماید که به دلیل ماهیت تصادفی مدل های شبیه ساز خردنگر، ممکن است با مشاهده یک اجرای شبیه سازی مشکلات مربوطه در شبکه شبیه‌سازی شده دیده نشود. به همین جهت، تحلیل گر نباید فقط انیمیشن خروجی را بازنگری کند و باید خروجی های عددی را هم بازبینی نماید.

۳-۶-۲-۲- خروجی عددی

اکثر نرم‌افزارهای شبیه‌ساز خردنگر، نتایج عددی حاصل از اجرای مدل را در قالب جداول، نمودارها، فایل-های متنی و یا بانک‌های اطلاعاتی که اصطلاحاً " گزارش" نامیده می شود، ارائه می‌کنند.

گزارش‌ها معمولاً خلاصه‌ای از رفتار حرکتی وسایل نقلیه در شبکه مورد نظر را که به وسیله مدل، شبیه‌سازی شده‌اند، نشان می‌دهند. نتایج حاصل از شبیه سازی ممکن است بر اساس زمان یا فضا خلاصه بندی شوند. درک این مورد که نرم افزار نتایج را چگونه جمع آوری و خلاصه می کند، برای تحلیل‌گر بسیار حائز اهمیت است. بدین ترتیب از ایجاد خطا در تفسیر خروجی‌های عددی جلوگیری می شود. نرم‌افزار شبیه ساز خردنگر ممکن است نرخ های لحظه‌ای (مانند سرعت لحظه‌ای) مشاهده شده در یک لحظه زمانی خاص را گزارش نماید، یا اینکه ممکن است اطلاعات را در یک بازه زمانی جمع آوری کرده و مجموع، حداکثر یا میانگین را گزارش کند. بسته به نوع

[1] Dynamic link coloring

بسته نرم افزاری، ممکن است فعالیت وسیله نقلیه که بین گام های زمانی اتفاق می افتد (مانند عبور از روی یک شناساگر) ثبت، جمع آوری و گزارش نشود. نرم‌افزار شبیه ساز خردنگر ممکن است نتایج مربوط به یک نقطه خاص پیوند در شبکه یا نتایج مربوط به کل پیوند و یا یک مسیر متشکل از چند پیوند را گزارش دهد. خروجی نقاط خاص ممکن است مشابه موارد گزارش شده در شناساگرهای موجود در محدوده مطالعاتی باشد.

عامل مهم در تحلیل درست خروجی‌های عددی حاصل از یک مدل شبیه ساز خردنگر، درک صحیح از چگونگی جمع آوری این اطلاعات و نحوه ارائه آنها است. روش جمع آوری اطلاعات و چگونگی محاسبه خروجی‌هایی نظیر سرعت، چگالی، طول صف و غیره بایستی از طریق راهنمای نرم افزار مورد استفاده تعیین و یا در صورت عدم وجود از ارائه دهندگان بسته نرم افزاری پرسیده شود.

۳-۶-۳- تحلیل خروجی ها

همان‌گونه که عنوان شد، نرم افزارهای شبیه ساز خردنگر دارای خروجی های متنوعی هستند. در جریان تحلیل خروجی‌ها، لازم است تحلیل‌گر متناسب با اهداف پروژه و شاخص‌های ترافیکی در نظر گرفته شده (به منظور بررسی گزینه‌های پیشنهادی و وضع موجود شبیه سازی شده)، خروجی‌های مناسب را از میان کل خروجی‌های نرم افزار انتخاب نماید. در تحلیل خروجی‌ها نباید تنها به ارائه خروجی‌های کلی از شبکه شبیه‌سازی شده نظیر کل زمان سفر، کل مسافت پیموده شده و غیره اکتفا شود. بلکه لازم است خروجی‌های مربوط به هر یک از تسهیلات (با توجه به اهداف پروژه) نظیر طول صف، سرعت، چگالی، و غیره ارائه گردد.

در تحلیل نتایج و ارزیابی تسهیلات مختلف پس از شبیه‌سازی، پارامترهای کنترلی متفاوتی استفاده می‌شود و معیار ارزیابی تسهیلات گوناگون یکسان نیست. از سوی دیگر، میزان تأثیر پارامترهای کنترلی متعددی که ممکن است برای یکی از تسهیلات در نظر گرفته شود نیز متفاوت بوده و در نتیجه اولویت استفاده از این پارامترها برای ارزیابی هر یک از تسهیلات ترافیک دارای اهمیت است.

در ادامه، پس از مرور مختصر پیشینه تحقیق و بررسی اجمالی مطالعاتی که در ارتباط با تعیین پارامترهای کنترلی مناسب در هر یک از تسهیلات ترافیکی انجام شده است، پارامترهای کنترلی پیشنهادی که می‌تواند به عنوان معیار ارزیابی هر یک از انواع تسهیلات شبیه‌سازی شده مورد استفاده قرار گیرد، معرفی خواهد شد.

۳-۶-۳-۱- مرور پیشینه تحقیق و سوابق مطالعات مربوط به تعیین پارامتر کنترلی مناسب

پیش از آنکه در مورد این پارامترها بحث شود، لازم است تا آشنایی ابتدایی با معیارهای ضروری برای این پارامترها صورت گیرد. ویژگی‌های مهم و لازم برای اینکه بتوان از یک پارامتر ترافیکی به عنوان معیار کنترل

شبیه‌سازی استفاده کرد، شامل موارد زیر است:

۱- سادگی جمع آوری: به جهت کنترل شبیه سازی، پارامتری باید انتخاب شود که جمع آوری آن امکان پذیر و تا حد ممکن ساده باشد به علاوه امکان گرفتن خروجی آن از نرم افزار مورد مطالعه مهیا باشد.

۲- حساسیت به شرایط ترافیکی در زمان برداشت: پارامترهای کنترلی می بایست به شرایط ترافیک در محل و زمان برداشت حساس باشند. در غیر اینصورت مقایسه گزینه‌ها بسیار دشوار خواهد بود.

۳- سازگاری با نحوه محاسبه در نرم افزار های شبیه ساز مختلف: نرم افزار های شبیه ساز مختلف منطق یا روش خاص خود را برای تهیه خروجی‌ها دارند. لذا پارامترهای کنترلی بایستی به گونه‌ای باشند که نحوه محاسبه آنها در برداشت‌های میدانی و در نرم افزارهای مورد مطالعه مشابه باشد.

٤- منطقی بودن: انتخاب بعضی پارامترها برای بعضی تسهیلات غیر منطقی است و ممکن است پارامتر مورد نظر برای موقعیت مفروض نامربوط باشد. مثلاً معیار طول صف برای مقاطع بزرگراهی غیر منطقی است.

علاوه بر معیار های فوق در تعیین پارامترهای کنترلی، توجه به این نکته که پارامتر مورد نظر منعکس کننده سطح سرویس تسهیلات مورد مطالعه می باشد یا نه بسیار مهم است. راهنمای ظرفیت بزرگراه ها[۱] [۳] و راهنمای کالیبراسیون نرم‌افزارهای شبیه ساز تهیه شده در ایالات ویرجینیا [٤]، توصیه نموده‌اند که در صورت امکان بهترین پارامتر کنترلی پارامتری است که معرف سطح سرویس تسهیلات مورد مطالعه نیز باشد. هر دوی این منابع استدلال نموده‌اند در صورتی که نتایج مدل و واقعیت از نظر سطح سرویس تسهیلات مورد نظر به میزان قابل قبولی مشابه باشد، بیشتر نتایج و خروجی‌های دیگر نیز تشابه خوبی خواهند داشت.

با وجود معیارها و توصیه‌های فوق الذکر در تعیین پارامترهای کنترلی عوامل دیگری از قبیل طرح هندسی و محدودیت منابع و بودجه نیز می تواند موثر باشد. در مجموع می توان پارامترهایی از قبیل چگالی، تأخیر، زمان سفر، سرعت، طول صف و نرخ جریان را به عنوان پارامترهای کنترلی در نظر گرفت.

با بررسی سوابق تحقیقات انجام شده، مشخص شد که تا کنون محققان مختلف پارامترهای کنترلی گوناگونی را مورد مطالعه قرار داده‌اند. به عنوان نمونه در سال ۲۰۰۲ ما[۲] و عبدالحی[۳] در مطالعه کالیبراسیون نرم افزار Aimsun

---

[۱] HCM

[۲] Ma

[۳] Abdulhai

برای بزرگراه ها از پارامتر کنترلی حجم جریان استفاده کردند[۵]. هورداکیس[۱] در سال ۲۰۰۳ برای نرم افزار Aimsun و روی مقاطع بزرگراهی از دو پارامتر سرعت و حجم استفاده نمود[٦]. پارک[۲] و اشنیبرگر[۳] در همان سال و در مطالعات اعتبار سنجی نرم افزار VISSIM در یک شبکه شهری از پارامتر های کنترلی زمان سفر و طول صف استفاده نمودند[۷]. همچنین تولدو[٤] و همکارانش نیز در سال ۲۰۰۳ در مطالعات اعتبار سنجی نرم افزار MITSIMLab روی مجموعه ای از یک شبکه شهری و چند مقطع آزاد راهی از پارامترهای سرعت، حجم جریان، زمان سفر و طول صف به عنوان پارامترهای کنترلی استفاده نمودند[۸]. در سال ۲۰۰۳ کیم[۵] و ریلت[٦] به کالیبراسیون دو نرم افزار TRANSIMS و CORSIM روی مقاطع آزاد راهی پرداخته و از نرخ جریان به عنوان پارامتر کالیبراسیون استفاده کردند[۹]. در سال ۲۰۰٤ بن -آکیوا[۷] و همکارانش به کالیبراسیون و اعتبارسنجی نرم‌افزار MITSIMLab روی شبکه ای از تقاطعات شهری، شریانی‌ها و آزاد راه‌ها پرداخته و از سرعت، چگالی و نرخ جریان به عنوان پارامترهای کنترلی استفاده کردند[۱۰]. در همان سال چو[۸] و همکارانش در مطالعات کالیبراسیون نرم افزار PARAMICS روی چند مقطع آزادراهی از پارامترهای نرخ جریان و زمان سفر استفاده نمودند[۱۱]. مطالعه دیگری که در سال ۲۰۰٤ صورت پذیرفت توسط مریت[۹] و روی نرم افزار CORSIM و برای شبکه ای از شریانی ها بود، وی در مطالعه کالیبراسیون و اعتبار سنجی خود از طول صف و تأخیر استفاده کرد[۱۲]. در سال ۲۰۰۵ کیم و همکارانش با در نظر گرفتن زمان سفر به عنوان پارامتر کنترلی به کالیبراسیون نرم افزار VISSIM برای شبکه های آزاد راهی و شریانی پرداختند[۱۳]. در همان سال شعبان[۱۰] و رضوان[۱۱] برای کالیبراسیون نرم افزار SimTraffic روی یک شبکه شهری از دو پارامتر کل مسافت پیموده شده و طول صف به عنوان پارامترهای کنترلی استفاده

---

[۱] Hourdakis

[۲] Park

[۳] Schneeberger

[٤] Toledo

[۵] Kim

[٦] Rilett

[۷] Ben-Akiva

[۸] Chu

[۹] Merritt

[۱۰] Shaabaan

[۱۱] Radwan

کردند[۱٤]. همچنین پارک و کی[۱] برای کالیبراسیون نرم افزار VISSIM روی یک تقاطع منفرد از زمان سفر برای کنترل استفاده نمودند[۱۵]. اوکچ[۲] و کریک[۳] در کالیبراسیون و اعتبار سنجی نرم‌افزار PARAMICS روی یک شبکه شبکه شهری پارامترهای نرخ جریان، درصد گردش‌ها، زمان سفر و طول صف را کنترل کردند[۱٦]. در سال ۲۰۰۷ بالاکریشنا[٤] و همکارانش در کالیبراسیون نرم افزار MITSIMLab روی مقاطع آزادراهی از نرخ جریان برای کنترل نتایج استفاده کردند[۱۷]. در همان سال سیوفو[٥] و همکارانش برای کالیبراسیون نرم افزار Aimsun در مقاطع آزاد راهی از نرخ جریان و سرعت به عنوان پارامترهای کنترلی استفاده کردند[۱۸]. در همان سال کونتو[٦] و ساکومانو[۷] برای کالیبراسیون نرم افزار VISSIM در تقاطعات از همان پتانسیل وقوع تصادف به عنوان پارامتر کنترلی استفاده کردند[۱۹]. هانگ[۸] و سان[۹] در سال ۲۰۰۹ برای کالیبراسیون نرم افزار VISSIM در مقاطع آزاد راهی از دو پارامتر کنترلی نرخ جریان و سرعت استفاده کردند[۲۰]. در سال ۲۰۱۰ نیز دونگ[۱۰] و همکارانش مطالعه مشابهی انجام دادند، مطالعه آنها نیز روی نرم افزار VISSIM و با کنترل دو پارامتر نرخ جریان و سرعت صورت پذیرفت[۲۱]. جدول (۲) نتایج بدست آمده از مرور پیشینه تحقیق را به صورت خلاصه بیان می کند.

---

[۱] Qi

[۲] Oketch

[۳] Carrick

[٤] Balakrishna

[٥] Ciuffo

[٦] Cunto

[۷] Saccomanno

[۸] Huang

[۹] Sun

[۱۰] Doung

جدول ۲ - خلاصه مرور پیشینه تحقیق در انتخاب پارامترهای کنترلی

ویژگی های تحقیق				پارامتر های کنترلی									
محقق یا محققان	سال تحقیق	نرم‌افزار مورد مطالعه	تسهیلات	حجم جریان	سرعت	زمان سفر	طول صف	نرخ جریان	چگالی	تأخیر	پتانسیل تصادف	درصد گردش‌ها	کل مسافت پیموده شده
ما - عبدالحی	۲۰۰۲	Aimsun	بزرگراه	•									
هورداکیس	۲۰۰۳	Aimsun	بزرگراه	•	•								
پارک - اشنیبرگر	۲۰۰۳	VISSIM	شبکه			•	•						
تولدو و همکاران	۲۰۰۳	MITSIMLab	شبکه	•	•	•	•						
کیم - ریلت	۲۰۰۳	TRANSIMS Corsim	آزاد راه					•					
بن اکیوا و همکاران	۲۰۰٤	MITSIMLab	شبکه		•			•	•				
چو و همکاران	۲۰۰٤	PARAMICS	آزاد راه			•		•					
مریت	۲۰۰٤	Corsim	شبکه				•			•			
کیم و همکاران	۲۰۰۵	VISSIM	شبکه			•							
شعبان - رضوان	۲۰۰۵	SimTraffic	شبکه				•						•
پارک - کی	۲۰۰۵	VISSIM	تقاطعات			•							
اوکچ - کریک	۲۰۰۵	PARAMICS	شبکه			•	•	•				•	
بالاکریشنا و همکاران	۲۰۰۷	MITSIMLab	آزاد راه					•					

ادامه جدول ۲- خلاصه مرور پیشینه تحقیق در انتخاب پارامترهای کنترلی

ویژگی های تحقیق				پارامتر های کنترلی									
محقق یا محققان	سال تحقیق	نرم‌افزار مورد مطالعه	تسهیلات	حجم جریان	سرعت	زمان سفر	طول صف	نرخ جریان	چگالی	تأخیر	پتانسیل تصادف	درصد گردش‌ها	کل مسافت پیموده شده
سیوفو و همکاران	۲۰۰۷	Aimsun	آزاد راه		•			•					
کونتو - ساکومانو	۲۰۰۷	VISSIM	تقاطعات								•		
هونگ – سان	۲۰۰۹	VISSIM	آزاد راه		•			•					
دونگ و همکاران	۲۰۱۰	VISSIM	آزاد راه		•			•					

۳-۶-۳-۲- پارامترهای کنترلی پیشنهادی به عنوان معیار ارزیابی در شبیه‌سازی تسهیلات مختلف

لازم به ذکر است که تعاریف و نحوه محاسبه پارامترهای گوناگون در نرم افزارهای مختلف با هم متفاوت است. بنابراین انتخاب پارامتر مقایسه‌ای برای بررسی هم‌زمان نتایج شبیه‌سازی در چند نرم‌افزار مختلف، فرآیند بسیار دشواری است. دو دلیل عمده را برای این مطلب می‌توان ذکر کرد:

۱) اگر قرار باشد برای هر نرم افزار بنا به منطق همان نرم‌افزار آمار برداری شود، مقایسه نتایج به دست آمده پس از شبیه‌سازی تسهیلات مورد نظر، با نتایج نرم‌افزار دیگر عملاً غیر معقول است. چرا که زمانی می‌توان دو چیز را با هم مقایسه کرد که آن دو در یک محیط و شرایط و با یک تعریف برداشت شده باشند.

۲) انتخاب پارامتری که نحوه محاسبه و تعریف آن در نرم افزارهای مختلف یکسان باشد، عملاً بسیار سخت است.

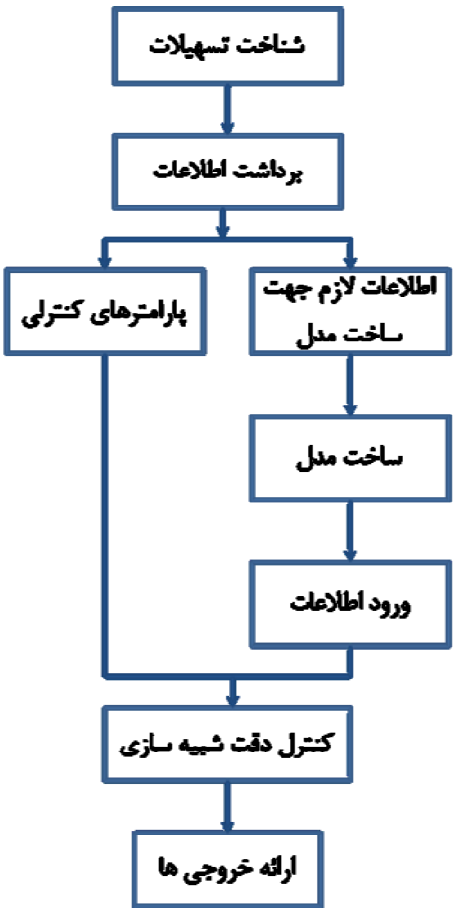
به طور کلی در مطالعه شبکه، معمول‌ترین پارامتر کنترلی زمان سفر و حجم است. در مقاطع آزادراهی که دارای طول زیاد و شامل مقاطع همگرایی، واگرایی و تداخلی است، معمولاً نرخ جریان، زمان سفر و سرعت به عنوان پارامتر کنترلی انتخاب می شوند و در تقاطعات، معمول ترین پارامتر کنترلی طول صف است.

در نهایت، با دانستن این مطلب که سه نرم‌افزار معمول برای شبیه‌سازی تسهیلات ترافیکی در ایران،

نرم‌افزارهای Aimsun، VISSIM و Synchro هستند، و با توجه به موارد مذکور در مطالعات مرور شده و همچنین با استفاده از تجربه بدست آمده در پروژه "مطالعات کالیبره نمودن نرم افزارهای مهندسی ترافیک بر اساس شرایط ترافیکی شهر تهران"[۲۲]، پیشنهاد می‌شود که برای تقاطعات چراغدار معیار طول صف، برای تقاطعات بدون چراغ معیار حجم ترافیک و تأخیر، برای مقاطع آزاد راهی و شریانی از سه معیار سهم استفاده از خطوط، چگالی و متوسط سرعت، و بالاخره برای مقاطع همگرایی و واگرایی، متوسط سرعت و نرخ جریان به عنوان پارامترهای کنترلی انتخاب شوند.

۳-٦-۳-۳- روند استفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌ساز در پروژه‌های ساماندهی

پیش از آنکه آخرین مرحله از روند شبیه‌سازی یک پروژه ساماندهی، یعنی ارائه خروجی‌ها بیان شود لازم است که در قالب یک طرح گرافیکی کلیت مباحث مطرح شده مورد توجه قرار گیرد. شکل (٤) چنین طرحی را نشان می‌دهد. این فلوچارت در بردارنده اجزاء و مراحل مختلفی است که باید در طی روند ساماندهی به صورت گام به گام طی شود تا شبیه‌سازی بر طبق ساختار صحیح و علمی انجام گیرد. این روند از شناخت دقیق تسهیلات مورد نظر شامل عوارض فیزیکی و خصوصیات ترافیکی آغاز می‌شود. با توجه به اینکه بخش فعلی خلاصه تمامی مطالب قبلی همین کتاب است، از تشریح موارد به دلیل جلوگیری از تکرار مطلب خودداری می‌شود. پس از شناخت دقیق آنچه باید شبیه‌سازی شود، عملیات برداشت اطلاعات صورت می‌گیرد. اطلاعات باید برای ساخت و کالیبراسیون و همچنین برای اعتبارسنجی مدل ساخته شده برداشت شود. در این مرحله باید هم اطلاعات مورد نیاز برای ساخت مدل شناسایی و برداشت شود، و هم اطلاعات مربوط به پارامترهای کنترلی. پارامترهای کنترلی تعیین می‌کنند که شبیه‌سازی تا چه میزان رضایت‌بخش بوده و روند کالیبراسیون در چه مرحله‌ای است. مرحله بعدی ساخت کامل شبکه است که شامل ساخت فیزیک و وارد کردن اطلاعات می‌شود. سپس بایستی به کمک روش‌های سنجش میزان خطا و بر اساس اختلاف نتایج مشاهدات و شبیه‌سازی‌ها از پارامترهای کنترلی، دقت شبیه‌سازی انجام شده برآورد شود. بالاخره آخرین گام ارائه گرافیکی نتایج است که در بخش (۳-۷) تشریح خواهد شد.



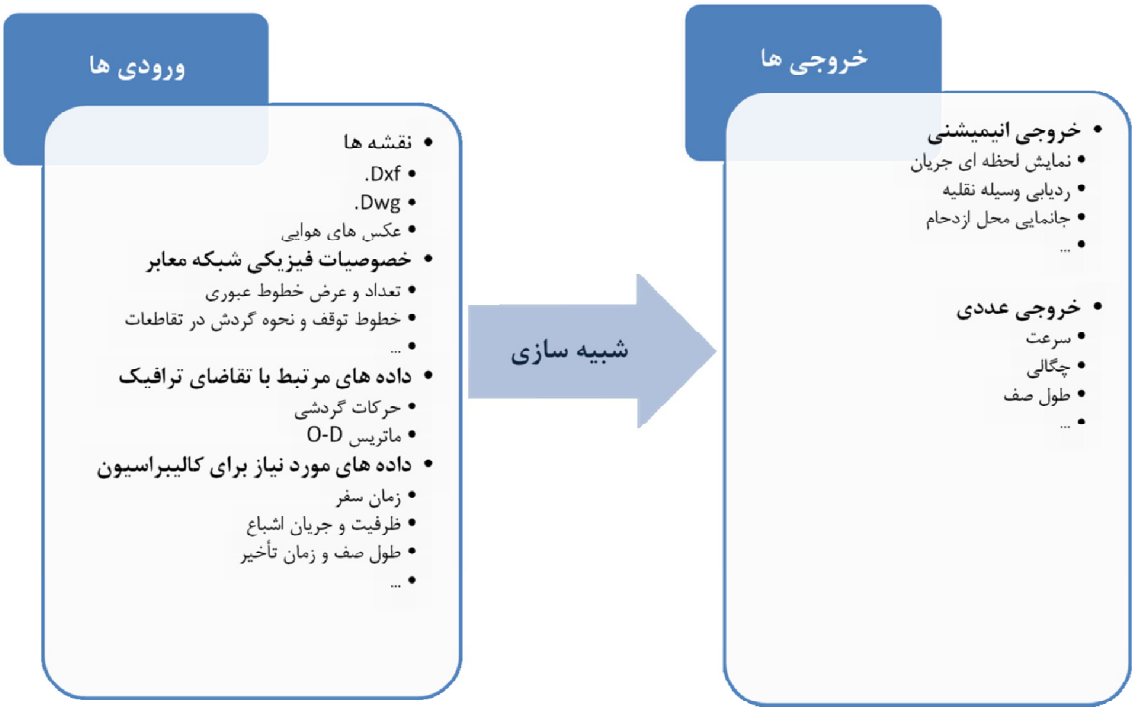
شکل ۴ - روند استفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌ساز در پروژه‌های ساماندهی

۳ -۷ - ارائه خروجی ها

نتایج شبیه سازی بسته به نوع ارائه لازم ممکن است در یکی از قالب های گزارش، اسلاید، فیلم و غیره بیان گردد. نکته حائز اهمیت در ارائه خروجی‌های شبیه‌سازی، بیان شفاف و کامل مراحل طی شده در یک پروژه بر اساس فلوچارت ارائه شده در شکل (۲) می باشد. در صورتی که نتایج برای گروه های غیر تخصصی بیان می گردد، لازم است به جای وارد شدن به بحث های فنی نظیر کالیبراسیون، بیشتر از خروجی های گرافیکی، عکس، فیلم، نمودارها و غیره جهت نشان دادن نتایج استفاده شود.

لازم به ذکر است با توجه به ماهیت تصادفی بودن نرم افزارهای شبیه‌ساز خردنگر، ارائه نتایج تنها به شکل نمودار و جداول مقایسه‌ای به منظور نشان دادن میزان تغییرات شاخص‌های ترافیکی گزینه های پیشنهادی نسبت به وضع موجود کافی نبوده و پیشنهاد می‌شود از تحلیل و آزمون‌های آماری نظیر تحلیل واریانس و آزمون فرض صفر[1] در ارتباط با خروجی‌ها و به منظور اطمینان از صحت نتیجه گیری های اولیه استفاده گردد.

در شکل (٤) به طور خلاصه ورودی‌ها و خروجی‌های فرآیند شبیه‌سازی در یک پروژه ساماندهی ترافیک شهری ارائه شده است.



شکل ۵- ورودی‌ها و خروجی‌های اصلی فرآیند شبیه‌سازی

[1] T-test

۴ - جمع بندی و نتیجه‌گیری

در این کتابچه، گام های لازم برای استفاده از یک نرم‌افزار شبیه‌ساز در مطالعات ساماندهی و گام های ضروری بعد از به‌کارگیری نرم افزار در ارتباط با تحلیل نتایج حاصل از مدل شبیه ساز، ارائه گردید. طی کردن مراحل و گام‌های بیان شده در این کتابچه، موجب افزایش دقت در مدل سازی و اعتبار بیشتر خروجی‌های شبیه‌سازی در فرآیند انجام مطالعات ساماندهی ترافیکی می‌گردد. نکته حائز اهمیت تر در این فرآیند، تعیین اهداف یک پروژه ساماندهی و لزوم بکار گیری نرم افزار شبیه ساز ریزنگر در آن مطالعه می باشد. چرا که امروزه روش ها و ابزارهای تحلیل ترافیک متنوعی جهت استفاده در اختیار مهندسین و برنامه‌ریزان حمل و نقل وجود دارد که هر کدام از این روش ها و ابزارها دارای توانایی و محدودیت های خاص خود بوده و بعلاوه ابزاری که بتواند تمام نیازهای خاص یک سازمان را برآورده نماید، وجود ندارد. لذا لازم است به منظور جلوگیری از اتلاف وقت و هزینه و افزایش بازدهی مطالعات ساماندهی، قبل از شروع به انجام پروژه، هماهنگی‌ها و تصمیم‌گیری‌های لازم در ارتباط با اهداف مورد نظر و همچنین ابزار و روش‌های تحلیلی مناسب و متناسب با اهداف تعریف شده، صورت پذیرد.

منابع و مآخذ

١- Federal Highway Administration, "Traffic Analysis Toolbox, Volume III:Guidelines for Applying Traffic Microsimulation Modeling Software", Publication NO. FHWA-HRT-٠٤-٠٤٠., (٢٠٠٤).

٢- سازمان طرح و تهیه آیین نامه وزارت مسکن و شهرسازی، (١٣٧٤)، "آیین نامه طراحی راه‌های شهری، بخش١- مبانی".

٣- Transportation Research Board, "Highway Capacity Manual", National Research Council, Washington DC, (٢٠٠٠).

٤- Virginia Department of Transportation, "Microscopic Simulation Model Calibration and Validation Handbook", Virginia Transportation Research Council, (٢٠٠٦).

٥- Ma, T., Abdulhai, B.: Genetic algorithm-based optimization approach and generic tool for calibrating traffic microscopic simulation parameters. Transp. Res. Rec. ١٨٠٠, ٨–١٥ (٢٠٠٢).

٦- Hourdakis, J., Michalopoulos. P.G., Kottommannil, J.: Practical procedure for calibrating microscopic traffic simulation models. Transp. Res. Rec. ١٨٥٢, ١٣٠–١٣٩ (٢٠٠٣).

٧- Park, B., Schneeberger, J.D.: Microscopic simulation model calibration and validation—case study of VISSIM simulation model for a coordinated signal system. Transp. Res. Rec. ١٨٥٦, ١٨٥–١٩٢ (٢٠٠٣).

٨- Toledo, T., Koutsopoulos, H.N., Davol, A., Ben-Akiva, M.E., Burghout, W., Andreasson, I., Johansson, T., Lundin, C.: Calibration and validation of microscopic traffic simulation tools – Stockholm case study. Transp. Res. Rec. ١٨٣١, ٦٥–٧٥ (٢٠٠٣).

٩- Kim, K.O., Rilett, L.R.: Simplex-based calibration of traffic microsimulation models with intelligent transportation systems data. Transp. Res. Rec. ١٨٥٥, ٨٠–٨٩ (٢٠٠٣).

١٠- Ben-Akiva, M.E., Darda, D., Jha, M., Koutsopoulos, H.N., Toledo, T.: Calibration of microscopic traffic simulation models with aggregate data. In: Proceedings of the ٨٣rd TRB Annual Meeting, Washington, DC (٢٠٠٤).

١١- Chu, L., Liu, H.X., Oh, J.S., Recker, W.: A calibration procedure for microscopic traffic simulation. In: Proceedings of the ٨٣rd TRB Annual Meeting, Washington, DC (٢٠٠٤).

١٢- Merritt, E.: Calibration and validation of CORSIM for Swedish road traffic conditions. In: Proceedings of the ٨٣rd TRB Annual Meeting, Washington, DC (٢٠٠٤).

١٣- Kim, S. J., Kim, W., Rilett, L. R.: Calibration of micro-simulation models using non-parametric statistical techniques. In: Proceedings of the ٨٤rd TRB Aannual Meeting, Washington, DC (٢٠٠٥).

١٤- Shaaban, K.S., Radwan, E.: A calibration and validation procedure for microscopic simulation model: a case study of sim traffic arterial streets. In: Proceedings of the ٨٤rd TRB Annual Meeting, Washington, DC (٢٠٠٥).

١٥- Park, B., Qi, H.: Development and evaluation of simulation model calibration procedure. In: Proceedings of the ٨٤rd TRB Annual Meeting, Washington, DC (٢٠٠٥).

١٦- Oketch, T., Carrick, M.: Calibration and validation of a micro-simulation model in network analysis. In: Proceedings of the ٨٤rd TRB Annual Meeting, Washington, DC (٢٠٠٥).

١٧- Balakrishna, Ramachandran, Antouiou, Constantinos, Ben-Akiva, Moshe, Koutsopoulos, Haris .N., and Wen, Yan. Calibration of microscopic traffic simulation models. Transportation Research Record: No.١٩٩٩, pp. ١٩٨–٢٠٧, (٢٠٠٧).

١٨- Ciuffo, Biagio F., and Punzo, Vincenzo, and Torrieri, Vincenzo. Comparison of simulation-based and model-based calibrations of traffic-flow microsimulation models. Transportation Research Record, No.٢٠٨٨, pp. ٣٦-٤٤, (٢٠٠٨).

١٩- Cunto, Flávio, Saccomanno, Frank F. Calibration and validation of simulated vehicle safety performance at signalized intersections. Accident Analysis and Prevention. Vol. ٤٠, pp ١١٧١-١١٧٩, (٢٠٠٨).

٢٠- Huang, Weinan, and Sun, Jian. A NSGA-II based parameter calibration algorithm for traffic microsimulation model. Proceedings of the IEEE Computer Society: ٢٠٠٩ International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation, (٢٠٠٩).

٢١- Duong, David, SAaccomanno, Frank, and Hellinga, Bruce. Calibration of microscopic traffic model for simulating safety performance. Proceedings of the Annual Transportation Research Board Conference, Washington, D.C., Paper # ١٠-٠٨٥٨, (٢٠١٠).

٢٢ -دانشگاه علم و صنعت ایران، "مطالعات کالیبره نمودن نرم افزارهای مهندسی ترافیک بر اساس شرایط ترافیکی شهر تهران"، ١٣٩١.

This document was created with Win2PDF available at http://www.daneprairie.com.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.