جمهوری اسلامی ایران

سازمان برنامه‌وبودجه کشور

راهنمای مدل‌سازی تردد در مطالعات تفصیلی حمل‌ونقل شهری و مطالعات تفصیلی ساماندهی ترافیک شهری

نشریه شماره ۹۱۶

آخرین ویرایش ۰۶-۰۴-۱۴۰۵

معاونت فنی، زیربنایی و تولیدی

امور نظام فنی و اجرایی

nezamfanni.ir

وزارت کشور

دفتر حمل ونقل و دبیرخانه شورای عالی

هماهنگی ترافیک شهرهای کشور

moi.ir

۱۴۰۵

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی و اجرایی معاونت فنی، زیربنایی و تولیدی سازمان برنامه و بودجه کشور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این ضابطه کرده و آن را برای استفاده به جامعه‌ی مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلط‌های مفهومی، فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این‌رو، از شما خواننده‌ی گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هر گونه ایراد و اشکال فنی، مراتب را به‌صورت زیر گزارش فرمایید:

۱- ***شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.***

۲- ***ایراد مورد نظر را بصورت خلاصه بیان دارید.***

۳- ***در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال کنید.***

کارشناسان این امور نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه:

تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی‌شاه – مرکز تلفن ۳۳۲۷۱

سازمان برنامه و بودجه کشور، امور نظام فنی و اجرایی

web: nezamfanni.ir Email: nezamfanni@chmail.ir

باسمه‌تعالی

پیشگفتار

با افزایش تقاضای سفر و پیچیده‌تر شدن نظام‌های حمل‌ونقل شهری، استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی تردد به‌عنوان یکی از مهم‌ترین ابزارهای برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری در حوزه حمل‌ونقل بیش‌ازپیش اهمیت یافته است. بااین‌حال، بررسی مطالعات انجام‌شده در شهرهای کشور نشان می‌دهد که در بسیاری از موارد، نبود دستورالعملی واحد برای ساخت، پرداخت، اعتبارسنجی و بهره‌برداری از مدل‌های شبیه‌سازی تردد، موجب تفاوت در کیفیت مطالعات و کاهش قابلیت اعتماد به نتایج آن‌ها شده است.

مدل‌های شبیه‌سازی تردد، ابزار اصلی پیش‌بینی تغییرات جریان تردد، ارزیابی سیاست‌ها و پروژه‌های ترافیک و پشتیبانی از تصمیم‌گیری‌های عملیاتی هستند. بنابراین، تدوین چارچوبی منسجم برای ساخت و کاربرد این مدل‌ها، از الزامات اساسی برنامه‌ریزی علمی و مبتنی بر داده در حوزه حمل‌ونقل و ترافیک شهری محسوب می‌شود.

این دستورالعمل با هدف ایجاد وحدت رویه در فرایند شبیه‌سازی تردد شهری، تبیین الزامات گردآوری داده‌ها، ساختار مدل‌های شبیه‌سازی، روش‌های پرداخت و اعتبارسنجی، گزینه‌سازی و تحلیل نتایج تدوین شده است. تلاش شده است تا ضمن بهره‌گیری از ضوابط معتبر بین‌المللی، امکان استفاده از نرم‌افزارها و روش‌های مختلف متناسب با شرایط شهرهای کشور فراهم شود.

امید است این دستورالعمل بتواند به‌عنوان مرجع فنی قابل‌اتکا برای دستگاه‌های اجرایی و مشاوران مورد استفاده قرار گیرد و زمینه ارتقای کیفیت مطالعات حمل‌ونقل، افزایش قابلیت اعتماد به نتایج مدل‌ها و بهبود فرایند تصمیم‌گیری را فراهم سازد.

از تمامی صاحب‌نظران و متخصصان دعوت می‌شود با ارائه پیشنهادها و تجربیات اجرایی خود، در بهبود و تکامل این مجموعه مشارکت کنند.

حمید امانی همدانی

معاون فنی، زیربنایی و تولیدی

۱۴۰۵

تهیه و کنترل «راهنمای مدل‌سازی تردد در مطالعات تفصیلی حمل‌ونقل شهری»

[نشریه شماره ۹۱۶]

اعضای گروه تهیه‌کننده:

علی نادران	مهندسین مشاور آوند طرح و اندیشه	مدیرعامل- دکترای راه و ترابری
رضا دهستانی	مهندسین مشاور آوند طرح و اندیشه	دکترای برنامه‌ریزی حمل‌ونقل
محمدرضا رافعی	مهندسین مشاور آوند طرح و اندیشه	دانشجوی دکترای برنامه‌ریزی حمل‌ونقل
سروش رحیمی	وزارت راه و شهرسازی	دانشجوی دکترای برنامه‌ریزی حمل‌ونقل

اعضای گروه نظارت:

سیدمجتبی شفیعی بهنمیری	وزارت کشور	مدیرکل دفتر حمل‌ونقل و دبیر شورای عالی هماهنگی ترافیک شهرهای کشور
فرشاد غیبی	وزارت کشور	رئیس دبیرخانه شورای عالی هماهنگی ترافیک شهرهای کشور

اعضای گروه هدایت و راهبری (سازمان برنامه‌وبودجه کشور):

وحید سعیدیان	سازمان برنامه‌وبودجه کشور	معاون امور حمل‌و نقل، عمران شهری و روستایی
علیرضا توتونچی	سازمان برنامه‌وبودجه کشور	معاون امور نظام فنی‌و اجرایی
فرزانه آقارمضانعلی	سازمان برنامه‌وبودجه کشور	رئیس‌گروه امور نظام فنی‌و اجرایی
زینب سقائی نوش‌آبادی	سازمان برنامه‌وبودجه کشور	کارشناس امور نظام فنی‌و اجرایی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

مقدمه ۱

بخش اول- اصول مدل‌سازی ۳

مقدمه ۵

فصل ۱- مروری بر مدل‌سازی ۷

۱-۱- سطح جزییات مدل‌سازی ۹

۱-۱-۱- مدل‌سازی قطعی ۹

۱-۱-۲- مدل‌سازی شبیه‌سازی خردنگر ۱۳

۱-۱-۳- مدل‌سازی تاکتیکی ۱۳

۱-۱-۴- مدل‌سازی پیاده‌ها ۱۴

۱-۱-۵- مدل‌سازی آلاینده‌ها ۱۴

۱-۲- ساده‌سازی‌های متداول در مدل‌سازی ۱۴

۱-۳- مراحل اولیه‌ی طراحی ۱۶

۱-۴- فرآیند سه مرحله‌ای مدل‌سازی ۱۶

۱-۴-۱- مرحله‌ی اول: مدل پایه ۱۷

۱-۴-۲- مرحله‌ی دوم: مدل پایه‌ی افق ۱۷

۱-۴-۳- مرحله‌ی سوم: مدل اعمال تغییر ۱۸

۱-۴-۴- چه زمانی از فرآیند سه مرحله‌ای مدل‌سازی استفاده شود؟ ۱۸

۱-۴-۵- ارزیابی طرح ۱۸

۱-۵- فرآیند ارزیابی مدل ۱۹

۱-۵-۱- تعیین محدوده مورد مطالعه ۱۹

۱-۵-۲- فهرست انتظارت از مدل‌سازی ۲۰

فصل ۲- برنامه‌ریزی برای انجام مدل‌سازی ۲۳

۲-۱- آشنایی با شبکه حمل‌ونقل ۲۵

۲-۲- هدف مدل‌سازی ۲۵

۲-۳- محدوده مورد مطالعه ۲۵

۲-۴- خروجی‌های موردنیاز ۲۶

۲-۵- نرم‌افزار مدل‌سازی ۲۷

۲-۶- برنامه‌ریزی برای آماربرداری و گردآوری داده‌ها ۲۸

فصل ۳- گردآوری داده‌ها ۲۹

۳-۱- منابع داده‌های موجود ۳۱

۳-۲- بازدید میدانی ۳۲
۳-۳- اندازه نمونه آماری ۳۳
۳-۴- شرایط عادی تردد ۳۴
۳-۵- حمل‌ونقل شخصی ۳۴
۳-۵-۱- شمارش حجم تردد وسایل نقلیه ۳۵
۳-۵-۲- زمان حرکت/ سرعت حرکت ۳۶
۳-۵-۳- زمان سفر ۳۷
۳-۵-۴- طول صف ۳۸
۳-۶- حمل‌ونقل همگانی ۳۹
۳-۶-۱- زمان سفر اتوبوس‌ها ۳۹
۳-۶-۲- نحوه استفاده از ایستگاه اتوبوس و زمان توقف در ایستگاه ۳۹
۳-۶-۳- نحوه استفاده از خط ویژه اتوبوس ۴۰
۳-۷- دوچرخه ۴۰
۳-۸- پیاده ۴۰
۳-۹- زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی ۴۰
۳-۹-۱- قواعد پایه ۴۰
۳-۹-۲- انواع کنترل چراغ راهنمایی ۴۱
۳-۹-۳- تقاطع‌های متصل به مرکز پایش تردد ۴۲
۳-۹-۴- تقاطع‌های غیر متصل به مرکز پایش تردد ۴۳
۳-۹-۵- فازهای وابسته به تقاضا ۴۳
۳-۹-۶- وجود لچکی در رویکرد تقاطع ۴۳
۳-۹-۷- چراغ‌های غیرسبز و زرد چشمک‌زن ۴۴
۳-۱۰- جریان اشباع ۴۴
۳-۱۱- درجه‌ی اشباع ۴۵
۳-۱۱-۱- زمان سبز استفاده‌نشده ۴۶
۳-۱۱-۲- اندازه‌گیری درجه اشباع ۴۹
فصل ۴- ساخت مدل پایه ۵۳
۴-۱- پرداخت مدل پایه ۵۵
۴-۲- اعتبارسنجی مدل پایه ۵۶
فصل ۵- ساخت مدل طرح پیشنهادی ۵۸
۵-۱- مدل پایه‌ی افق ۶۰
۵-۲- مدل طرح پیشنهادی ۶۱

۵-۲-۱- تغییرات در طراحی تقاطع ۶۲
۵-۲-۲- تغییر جریان تردد ۶۲
۵-۲-۳- تنظیمات وابسته به تقاضا ۶۳
۵-۲-۴- تنظیمات حمل‌ونقل همگانی ۶۳
۵-۳- تحلیل حساسیت ۶۳
۵-۴- مرحله ساخت ۶۴
۵-۵- اندرکنش سطوح مختلف مدل‌سازی ۶۴
۵-۶- بهینه‌سازی مدل طرح پیشنهادی ۶۵
۵-۶-۱- بهینه‌سازی اولیه ۶۷
۵-۶-۲- تنظیم دقیق و ارزیابی اثرات ۷۱
۵-۶-۳- اجرای میدانی ۷۴
۵-۷- ارزیابی مدل ۷۶
فصل ۶- گزارش مدل‌سازی ۷۷
۶-۱- گزارش پرداخت مدل ۷۹
۶-۲- گزارش اعتبارسنجی مدل ۸۰
۶-۳- گزارش مدل پایه‌ی افق ۸۰
۶-۴- گزارش مدل طرح پیشنهادی ۸۱
۶-۵- گزارش اثرات طرح پیشنهادی ۸۲
۶-۶- ارزیابی اثرات اجتماعی ۸۲
۶-۷- ارائه‌ی خروجی‌های مدل‌سازی ۸۳
۶-۸- مدل‌سازی سه‌بعدی ۸۳
بخش دوم- فرآیند ساخت مدل ۸۵
مقدمه ۸۷
فصل ۷- فرآیند ساخت مدل در نرم‌افزار ویسیم ۸۹
۷-۱- مقدمه ۹۱
۷-۱-۱- معرفی ویسیم ۹۱
۷-۱-۲- نسخه‌های نرم‌افزار ۹۱
۷-۱-۳- کاربرد مناسب ویسیم ۹۱
۷-۲- آماده‌سازی ۹۲
۷-۲-۱- مرزهای محدوده مدل ۹۲
۷-۲-۲- گردآوری داده‌ها ۹۳
۷-۲-۳- بازه‌های زمانی مدل‌سازی ۹۵

۷-۲-۴- تصویر پس‌زمینه ۹۶
۷-۳- رابط کاربری گرافیکی ۹۶
۷-۳-۱- اجزای شبکه ۹۶
۷-۳-۲- فهرست ۹۷
۷-۳-۳- نمایش سریع ۹۹
۷-۳-۴- مدیریت گزینه‌ها ۹۹
۷-۴- پرداخت مدل پایه ۱۰۰
۷-۴-۱- پارامترهای مدل ۱۰۱
۷-۴-۲- شبکه ۱۰۳
۷-۴-۳- داده‌های تردد ۱۱۲
۷-۴-۴- انتخاب مسیر ۱۱۶
۷-۴-۵- چراغ‌راهنمایی ۱۱۸
۷-۵- اعتبارسنجی مدل پایه ۱۱۹
۷-۵-۱- تصادفی بودن ۱۱۹
۷-۵-۲- الزامات اعتبارسنجی مدل ۱۲۰
۷-۶- ساخت مدل طرح پیشنهادی ۱۲۴
۷-۶-۱- مدل پایه‌ی افق ۱۲۴
۷-۶-۲- مدیریت گزینه‌ها ۱۲۴
۷-۶-۳- جریان‌ها و مسیرها در طرح پیشنهادی ۱۲۵
۷-۶-۴- زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی در مدل طرح پیشنهادی ۱۲۶
۷-۶-۵- جریان اشباع در مدل طرح پیشنهادی ۱۲۶
۷-۶-۶- حمل‌ونقل همگانی در مدل طرح پیشنهادی ۱۲۶
۷-۷- خروجی‌های مدل ۱۲۶
۷-۷-۱- روش‌ها ۱۲۷
۷-۷-۲- داده‌ها ۱۳۱
فصل ۸- فرایند ساخت مدل در نرم‌افزار ایمسان ۱۳۷
۸-۱- مقدمه ۱۳۹
۸-۱-۱- مقدمه‌ای بر ایمسان ۱۳۹
۸-۱-۲- نسخه‌های نرم‌افزار ۱۳۹
۸-۱-۳- کاربرد مناسب ایمسان ۱۳۹
۸-۲- آماده‌سازی ۱۴۰
۸-۲-۱- مرزهای مدل ۱۴۰

۸-۲-۲- گردآوری داده‌ها ۱۴۱
۸-۲-۳- بازه‌های زمانی مدل ۱۴۳
۸-۲-۴- طرح شبکه ۱۴۵
۸-۳- رابط کاربری گرافیکی ۱۴۶
۸-۳-۱- گزینه ۱۴۷
۸-۳-۲- آزمایش ۱۴۹
۸-۳-۳- اجرا و نتیجه ۱۴۹
۸-۴- پرداخت مدل پایه ۱۴۹
۸-۴-۱- پارامترهای مدل ۱۵۰
۸-۴-۲- ساختار شبکه ۱۵۱
۸-۴-۳- داده‌های تردد ۱۶۲
۸-۴-۴- انتخاب مسیر ۱۶۵
۸-۴-۵- کنترل چراغ‌های راهنمایی ۱۶۹
۸-۵- اعتبارسنجی مدل پایه ۱۷۲
۸-۵-۱- تصادفی‌بودن ۱۷۳
۸-۵-۲- الزامات اعتبارسنجی مدل ۱۷۴
۸-۵-۳- بررسی و اصلاح ۱۷۶
۸-۶- ساخت مدل طرح پیشنهادی ۱۷۷
۸-۶-۱- مدل پایه‌ی افق ۱۷۷
۸-۶-۲- روند کاری گزینه-مبنا ۱۷۸
۸-۷- خروجی‌های مدل ۱۸۰
۸-۷-۱- روش‌ها ۱۸۰
۸-۷-۲- داده‌ها ۱۸۳
بخش سوم- فرآیند ارزیابی مدل ۱۸۷
مقدمه ۱۸۹
فصل ۹- مروری بر فرآیند ارزیابی مدل ۱۹۱
۹-۱- مرحله اول فرآیند ارزیابی مدل: تعیین محدودهٔ مورد مطالعه برای مدل پایه ۱۹۳
۹-۲- مرحله دوم فرآیند ارزیابی مدل: ساخت و پرداخت مدل پایه ۱۹۳
۹-۳- مرحله سوم فرآیند ارزیابی مدل: اعتبارسنجی مدل پایه ۱۹۳
۹-۴- مرحله چهارم فرآیند ارزیابی مدل: تعیین محدودهٔ مورد مطالعه برای مدل طرح پیشنهادی ۱۹۴
۹-۵- مرحله پنجم-الف فرآیند ارزیابی مدل: ساخت مدل پایه‌ی افق ۱۹۴
۹-۶- مرحله پنجم-ب فرآیند ارزیابی مدل: ساخت مدل طرح پیشنهادی ۱۹۴

۹-۷- مرحله ششم فرآیند ارزیابی مدل: اتمام فرآیند ارزیابی مدل ۱۹۴
فصل ۱۰- مراحل مستقل از نرم‌افزار در فرآیند ارزیابی مدل ۱۹۷
۱۰-۱- مقدمه ۱۹۹
۱۰-۲- مرحله اول فرآیند ارزیابی مدل: تعیین محدودهٔ مورد مطالعه برای مدل پایه ۱۹۹
۱۰-۲-۱- مقدمه ۱۹۹
۱۰-۲-۲- تعیین محدودهٔ مورد مطالعه ۲۰۰
۱۰-۲-۳- هدف از مدل‌سازی ۲۰۱
۱۰-۲-۴- فهرست تغییرات ناشی از طرح پیشنهادی ۲۰۱
۱۰-۲-۵- روش مدل‌سازی ۲۰۱
۱۰-۲-۶- فهرست تقاطع‌هایی که باید مدل شوند ۲۰۱
۱۰-۲-۷- نرم‌افزار و نسخه‌ی آن ۲۰۱
۱۰-۲-۸- فهرست انتظارات از مدل‌سازی ۲۰۲
۱۰-۲-۹- تائید مرحله اول فرآیند ارزیابی مدل ۲۰۲
۱۰-۳- مرحله چهارم فرآیند ارزیابی مدل: تعیین محدوده مورد مطالعه برای مدل طرح پیشنهادی ۲۰۲
۱۰-۳-۱- مقدمه ۲۰۲
۱۰-۳-۲- تعیین محدوده‌ی مورد مطالعه برای مدل طرح پیشنهادی ۲۰۲
۱۰-۳-۳- هدف از مدل‌سازی ۲۰۳
۱۰-۳-۴- روش مدل‌سازی ۲۰۳
۱۰-۳-۵- طرح‌های پیشنهادی برای آینده ۲۰۴
۱۰-۳-۶- تقاضا در آینده ۲۰۴
۱۰-۳-۷- گزارش‌دهی ۲۰۵
۱۰-۳-۸- فهرست انتظارات از مدل‌سازی ۲۰۵
۱۰-۳-۹- تائید مرحله چهارم فرآیند ارزیابی مدل ۲۰۵
۱۰-۴- مرحله ششم فرآیند ارزیابی مدل: اتمام فرایند ارزیابی ۲۰۵
فصل ۱۱- فرآیند ارزیابی مدل در نرم‌افزار ایمسان ۲۰۷
۱۱-۱- دامنه کاربرد ۲۰۹
۱۱-۲- مرحله دوم-الف فرآیند ارزیابی مدل: ساخت مدل اسکلت‌بندی ایمسان ۲۰۹
۱۱-۲-۱- مدل اسکلت‌بندی ایمسان ۲۰۹
۱۱-۲-۲- کاربرد مدل اسکلت‌بندی ایمسان ۲۰۹
۱۱-۲-۳- گزارش مدل‌سازی ۲۰۹
۱۱-۲-۴- پارامترهای نرم‌افزار و شبیه‌سازی ۲۱۰
۱۱-۲-۵- دستگاه مختصات و واحدهای مدل ۲۱۰

۱۱-۲-۶- تصویر پس‌زمینه، وارد کردن مدل یا زیرشبکه ۲۱۱
۱۱-۲-۷- طبقه‌بندی و انواع وسایل نقلیه ۲۱۱
۱۱-۲-۸- درجه‌بندی معبر و نوع خط ۲۱۴
۱۱-۲-۹- مدل تخصیص و انتخاب مسیر ۲۱۵
۱۱-۲-۱۰- ساختار شبکه ۲۱۵
۱۱-۲-۱۱- سایر مسائل مدل‌سازی ۲۱۶
۱۱-۲-۱۲- تائید مرحله دوم-الف ۲۱۶
۱۱-۳- مرحله دوم-ب فرآیند ارزیابی مدل: پرداخت مدل پایه ایمسان ۲۱۷
۱۱-۳-۱- پرداخت مدل پایه ایمسان ۲۱۷
۱۱-۳-۲- کاربرد مدل پایهٔ پرداخت‌شدهٔ ایمسان ۲۱۷
۱۱-۳-۳- گزارش پرداخت ۲۱۷
۱۱-۳-۴- داده‌های پایه تردد ۲۱۸
۱۱-۳-۵- حمل‌ونقل همگانی ۲۱۹
۱۱-۳-۶- داده‌های چراغ‌های راهنمایی ۲۲۰
۱۱-۳-۷- گره‌ها و گردش‌ها ۲۲۱
۱۱-۳-۸- عملکرد شبکه ۲۲۲
۱۱-۳-۹- مجموعه داده‌های واقعی ۲۲۲
۱۱-۳-۱۰- سایر مسائل مدل‌سازی ۲۲۲
۱۱-۳-۱۱- تائید مرحله دوم-ب ۲۲۳
۱۱-۴- مرحله‌ی سوم فرآیند ارزیابی مدل: اعتبارسنجی مدل پایه ایمسان ۲۲۳
۱۱-۴-۱- اعتبارسنجی مدل پایه ایمسان ۲۲۳
۱۱-۴-۲- گزارش اعتبارسنجی ۲۲۳
۱۱-۴-۳- تنظیم مدل مرحله‌ی دوم-ب ۲۲۴
۱۱-۴-۴- جریان اشباع/ درجه‌ی اشباع ۲۲۴
۱۱-۴-۵- مقایسه‌ی جریان تردد ۲۲۴
۱۱-۴-۶- تحلیل طول صف ۲۲۵
۱۱-۴-۷- مقایسه‌ی زمان سفر ۲۲۵
۱۱-۴-۸- بررسی آزمایش و گزارش خطا ۲۲۶
۱۱-۴-۹- سایر مسائل مدل‌سازی ۲۲۶
۱۱-۴-۱۰- تائید مرحله سوم ۲۲۶
۱۱-۵- مرحله‌ی پنجم-الف فرآیند ارزیابی مدل: ساخت مدل پایه‌ی افقی ایمسان ۲۲۷
۱۱-۵-۱- مقدمه ۲۲۷

۱۱-۵-۲- گزارش مدل پایه‌ی افق ۲۲۷
۱۱-۵-۳- تغییرات مشخصات هندسی/ چراغ‌های راهنمایی ۲۲۷
۱۱-۵-۴- تغییرات جریان در مدل پایه‌ی افق ۲۲۷
۱۱-۵-۵- جریان اشباع، طول صف و زمان سفر ۲۲۸
۱۱-۵-۶- سایر مسائل مدل‌سازی ۲۲۸
۱۱-۵-۷- تائید مرحله پنجم-الف ۲۲۸
۱۱-۶- مرحله‌ی پنجم-ب فرآیند ارزیابی مدل: ساخت مدل طرح پیشنهادی ایمسان ۲۲۸
۱۱-۶-۱- مقدمه ۲۲۸
۱۱-۶-۲- گزارش مدل طرح پیشنهادی ۲۲۹
۱۱-۶-۳- تغییرات مشخصات هندسی / چراغ‌های راهنمایی ۲۲۹
۱۱-۶-۴- تغییرات جریان در مدل طرح پیشنهادی ۲۲۹
۱۱-۶-۵- جریان اشباع، طول صف و زمان سفر ۲۲۹
۱۱-۶-۶- سایر مشکلات مدل‌سازی ۲۳۰
۱۱-۶-۷- تائید مرحله پنجم-ب ۲۳۰
فصل ۱۲- فرآیند ارزیابی مدل در نرم‌افزار ویسیم ۲۳۱
۱۲-۱- محدوده ۲۳۳
۱۲-۲- مرحله دوم فرآیند ارزیابی مدل: پرداخت مدل پایه در ویسیم ۲۳۳
۱۲-۲-۱- پرداخت مدل پایه در ویسیم ۲۳۳
۱۲-۲-۲- گزارش پرداخت ۲۳۳
۱۲-۲-۳- دستگاه مختصات و واحدهای مدل ۲۳۴
۱۲-۲-۴- گزینه‌ها ۲۳۴
۱۲-۲-۵- پارامترهای نرم‌افزار و شبیه‌سازی ۲۳۴
۱۲-۲-۶- تصویر پس‌زمینه ۲۳۵
۱۲-۲-۷- انواع وسایل نقلیه ۲۳۵
۱۲-۲-۸- توزیع سرعت مطلوب ۲۳۵
۱۲-۲-۹- طبقه‌بندی و انواع وسایل نقلیه ۲۳۶
۱۲-۲-۱۰- رفتار رانندگی ۲۳۷
۱۲-۲-۱۱- نوع رفتار در کمان ۲۳۸
۱۲-۲-۱۲- روش تخصیص ترافیک ۲۳۸
۱۲-۲-۱۳- ساختار شبکه ۲۳۹
۱۲-۲-۱۴- محدودیت سرعت ۲۳۹
۱۲-۲-۱۵- اندازه‌گیری جریان اشباع ۲۴۰

۱۲-۲-۱۶- مدل‌سازی حمل‌ونقل همگانی ۲۴۰
۱۲-۲-۱۷- چراغ‌های راهنمایی ۲۴۱
۱۲-۲-۱۸- سایر مسائل مدل‌سازی ۲۴۱
۱۲-۲-۱۹- تائید مرحله دوم ۲۴۲
۱۲-۳- مرحله‌ی سوم فرآیند ارزیابی مدل: اعتبارسنجی مدل پایه ویسیم ۲۴۲
۱۲-۳-۱- اعتبارسنجی مدل پایه ویسیم ۲۴۲
۱۲-۳-۲- گزارش اعتبارسنجی ۲۴۲
۱۲-۳-۳- وسایل نقلیه ورودی ۲۴۳
۱۲-۳-۴- انتخاب مسیر وسایل نقلیه ۲۴۴
۱۲-۳-۵- قوانین اولویت عبور / نواحی تداخلی ۲۴۴
۱۲-۳-۶- اصلاح سرعت ۲۴۵
۱۲-۳-۷- عملکرد شبکه ۲۴۵
۱۲-۳-۸- جریان اشباع ۲۴۶
۱۲-۳-۹- مدل‌سازی حمل‌ونقل همگانی ۲۴۷
۱۲-۳-۱۰- مدل‌سازی تردد دوچرخه ۲۴۸
۱۲-۳-۱۱- مدل‌سازی تردد پیاده ۲۴۹
۱۲-۳-۱۲- چراغ‌های راهنمایی و وابستگی به تقاضا ۲۴۹
۱۲-۳-۱۳- دانه‌های تصادفی ۲۵۰
۱۲-۳-۱۴- سایر تنظیمات مدل نسبت به مرحله‌ی دوم ۲۵۰
۱۲-۳-۱۵- هشدارها/ خطاهای مدل ۲۵۰
۱۲-۳-۱۶- مقایسه‌ی جریان تردد پایه ۲۵۱
۱۲-۳-۱۷- تحلیل طول صف ۲۵۲
۱۲-۳-۱۸- مقایسه‌ی زمان سفر ۲۵۲
۱۲-۳-۱۹- سایر مسائل مدل‌سازی ۲۵۲
۱۲-۳-۲۰- تائید مرحله سوم ۲۵۲
۱۲-۴- مرحله‌ی پنجم-الف فرآیند ارزیابی مدل: ساخت مدل پایه‌ی افقی ویسیم ۲۵۳
۱۲-۴-۱- مقدمه ۲۵۳
۱۲-۴-۲- گزارش مدل پایه‌ی افق ۲۵۴
۱۲-۴-۳- گزینه‌ها ۲۵۴
۱۲-۴-۴- تغییرات مشخصات هندسی ۲۵۴
۱۲-۴-۵- تغییرات چراغ‌های راهنمایی ۲۵۵
۱۲-۴-۶- جریان تردد در مدل پایه‌ی افق ۲۵۵

۱۲-۴-۷- مدل‌سازی حمل‌ونقل همگانی ۲۵۶
۱۲-۴-۸- مدل‌سازی دوچرخه ۲۵۶
۱۲-۴-۹- مدل‌سازی پیاده ۲۵۶
۱۲-۴-۱۰- دانه‌های تصادفی ۲۵۷
۱۲-۴-۱۱- سایر تنظیمات مدل نسبت به مرحله سوم ۲۵۷
۱۲-۴-۱۲- هشدارها / خطاهای مدل ۲۵۷
۱۲-۴-۱۳- طول صف ۲۵۸
۱۲-۴-۱۴- زمان سفر ۲۵۸
۱۲-۴-۱۵- سایر مسائل مدل‌سازی ۲۵۸
۱۲-۴-۱۶- تائید مرحله پنجم-الف ۲۵۹
۱۲-۵- مرحله‌ی پنجم-ب فرآیند ارزیابی مدل: ساخت مدل طرح پیشنهادی ویسیم ۲۵۹
۱۲-۵-۱- مقدمه ۲۵۹
۱۲-۵-۲- گزارش مدل طرح پیشنهادی ۲۶۰
۱۲-۵-۳- گزینه‌ها ۲۶۰
۱۲-۵-۴- تغییرات مشخصات هندسی ۲۶۰
۱۲-۵-۵- تغییرات چراغ‌های راهنمایی ۲۶۱
۱۲-۵-۶- جریان تردد در مدل طرح پیشنهادی ۲۶۱
۱۲-۵-۷- مدل‌سازی حمل‌ونقل همگانی ۲۶۲
۱۲-۵-۸- مدل‌سازی دوچرخه ۲۶۲
۱۲-۵-۹- مدل‌سازی پیاده ۲۶۲
۱۲-۵-۱۰- دانه‌های تصادفی ۲۶۳
۱۲-۵-۱۱- سایر تنظیمات مدل نسبت به مراحل سوم/ پنجم-الف ۲۶۳
۱۲-۵-۱۲- هشدارها / خطاهای مدل ۲۶۳
۱۲-۵-۱۳- طول صف ۲۶۴
۱۲-۵-۱۴- زمان سفر ۲۶۴
۱۲-۵-۱۵- سایر مسائل مدل‌سازی ۲۶۵
۱۲-۵-۱۶- تائید مرحله پنجم-ب ۲۶۵
فصل ۱۳- فرآیند ارزیابی مدل پیاده در نرم‌افزار ویسواک و لژیون ۲۶۷
۱۳-۱- محدوده ۲۶۹
۱۳-۲- مرحله دوم فرآیند ارزیابی مدل: پرداخت مدل پایهٔ پیاده ۲۶۹
۱۳-۲-۱- پرداخت مدل پایهٔ تردد پیاده ۲۶۹
۱۳-۲-۲- گزارش پرداخت ۲۶۹

۱۳-۲-۳- نسخه‌ی نرم‌افزار ۲۷۰
۱۳-۲-۴- داده‌های تقاضا ۲۷۰
۱۳-۲-۵- انواع پیاده‌ها ۲۷۰
۱۳-۲-۶- مدل‌سازی حمل‌ونقل همگانی ۲۷۰
۱۳-۲-۷- چراغ‌های راهنمایی ۲۷۱
۱۳-۲-۸- فضای قابل‌دسترس پیاده ۲۷۱
۱۳-۲-۹- حرکت پیاده‌ها ۲۷۲
۱۳-۲-۱۰- هشدارها / خطاهای مدل ۲۷۳
۱۳-۲-۱۱- سایر مسائل مدل‌سازی ۲۷۳
۱۳-۲-۱۲- تائید مرحله دوم ۲۷۳
۱۳-۳- مرحله سوم فرآیند ارزیابی مدل: اعتبارسنجی مدل پایهٔ پیاده ۲۷۴
۱۳-۳-۱- اعتبارسنجی مدل پایهٔ پیاده ۲۷۴
۱۳-۳-۲- گزارش اعتبارسنجی ۲۷۴
۱۳-۳-۳- سایر تنظیمات مدل نسبت به مرحله‌ی دوم ۲۷۵
۱۳-۳-۴- هشدارها / خطاهای مدل ۲۷۵
۱۳-۳-۵- مقایسه‌ی تعداد تردد پیاده ۲۷۵
۱۳-۳-۶- مقایسه‌ی ماتریس‌های مبدأ-مقصد ۲۷۵
۱۳-۳-۷- مقایسه‌ی زمان سفر ۲۷۵
۱۳-۳-۸- تائید مرحله سوم ۲۷۶
۱۳-۴- مرحله‌ی پنجم-الف فرآیند ارزیابی مدل: ساخت مدل پایه‌ی افقی تردد پیاده ۲۷۶
۱۳-۴-۱- مقدمه ۲۷۶
۱۳-۴-۲- گزارش مدل پایه‌ی افق ۲۷۷
۱۳-۴-۳- تغییرات فضای قابل‌دسترس تردد پیاده ۲۷۷
۱۳-۴-۴- تغییرات اجزاء مدل ۲۷۷
۱۳-۴-۵- تغییرات تقاضای تردد پیاده ۲۷۷
۱۳-۴-۶- تغییرات حمل‌ونقل همگانی ۲۷۸
۱۳-۴-۷- تغییرات چراغ‌های راهنمایی ۲۷۸
۱۳-۴-۸- سایر تنظیمات مدل نسبت به مرحله سوم ۲۷۸
۱۳-۴-۹- هشدارها / خطاهای مدل ۲۷۹
۱۳-۴-۱۰- سایر مسائل مدل‌سازی ۲۷۹
۱۳-۴-۱۱- تائید مرحله پنجم-الف ۲۷۹
۱۳-۵- مرحله پنجم-ب فرآیند ارزیابی مدل: ساخت مدل طرح پیشنهادی پیاده ۲۷۹

۱۳-۵-۱- مقدمه ۲۷۹
۱۳-۵-۲- گزارش مدل طرح پیشنهادی ۲۸۰
۱۳-۵-۳- تغییرات فضای قابل‌دسترس تردد پیاده ۲۸۰
۱۳-۵-۴- تغییرات اجزاء مدل ۲۸۱
۱۳-۵-۵- تغییرات حمل‌ونقل همگانی ۲۸۱
۱۳-۵-۶- تغییرات چراغ‌های راهنمایی ۲۸۱
۱۳-۵-۷- بررسی سازگاری جریان ۲۸۲
۱۳-۵-۸- سایر تنظیمات مدل نسبت به مرحله‌ی پنجم-الف ۲۸۲
۱۳-۵-۹- هشدارها / خطاهای مدل ۲۸۲
۱۳-۵-۱۰- زمان سفر ۲۸۲
۱۳-۵-۱۱- سایر مسائل مدل‌سازی ۲۸۳
۱۳-۵-۱۲- تائید مرحله پنجم-ب ۲۸۳
بخش چهارم- مدل‌های قطعی ۲۸۵
فصل ۱۴- فرآیند ساخت مدل در نرم‌افزار سینکرو ۲۸۸
۱۴-۱- مقدمه ۲۸۹
۱۴-۱-۱- معرفی سینکرو ۲۸۹
۱۴-۱-۲- نسخه‌های نرم‌افزار ۲۸۹
۱۴-۱-۳- کاربرد مناسب سینکرو ۲۸۹
۱۴-۱-۴- داده‌های مورد نیاز و مقادیر محاسبه‌شده در نرم‌افزار سینکرو ۲۹۰
۱۴-۱-۵- تصویر پس‌زمینه ۲۹۰
۱۴-۲- تنظیمات خط عبور ۲۹۱
۱۴-۲-۱- مقادیر ورودی توسط کاربر ۲۹۲
۱۴-۲-۲- مقادیر محاسبه‌شده توسط سینکرو ۲۹۸
۱۴-۳- تنظیمات حجم ۳۰۰
۱۴-۳-۱- مقادیر ورودی توسط کاربر ۳۰۱
۱۴-۳-۲- مقادیر محاسبه‌شده توسط سینکرو ۳۰۴
۱۴-۴- تنظیمات برنامه زمان‌بندی ۳۰۵
۱۴-۴-۱- مقادیر ورودی توسط کاربر در تنظیمات گره ۳۰۶
۱۴-۴-۲- مقادیر ورودی توسط کاربر در تنظیمات زمان‌بندی ۳۰۹
۱۴-۴-۳- مقادیر محاسبه‌شده توسط سینکرو ۳۱۴
۱۴-۵- تنظیمات فازبندی ۳۱۷
۱۴-۵-۱- مقادیر ورودی توسط کاربر ۳۱۷

۱۴-۶- تنظیمات شناساگر ۳۲۰
۱۴-۶-۱- مقادیر ورودی توسط کاربر ۳۲۰
۱۴-۷- تنظیمات شبیه‌سازی ۳۲۵
۱۴-۷-۱- مقادیر ورودی توسط کاربر ۳۲۵
۱۴-۸- تنظیمات راهنمای ظرفیت راه‌ها ۳۲۷
۱۴-۸-۱- تقاطع چراغدار – سواره ۳۲۷
۱۴-۸-۲- تقاطع چراغدار- سایر موضوعات سواره ۳۳۱
۱۴-۸-۳- تقاطع چراغدار –پیاده ۳۳۶
۱۴-۸-۴- تقاطع چراغدار- گذرگاه عرضی پیاده ۳۳۸
۱۴-۸-۵- تقاطع چراغدار – دوچرخه ۳۴۲
۱۴-۸-۶- تقاطع چراغدار – تنظیمات دوچرخه ۳۴۳
۱۴-۸-۷- تقاطع با کنترل توقف دوطرفه – سواره ۳۴۵
۱۴-۸-۸- تقاطع با کنترل توقف دوطرفه - تنظیمات حرکت‌ها ۳۴۶
۱۴-۸-۹- تقاطع با کنترل توقف دوطرفه -خط ۳۴۹
۱۴-۸-۱۰- تقاطع با کنترل توقف دوطرفه – پیاده ۳۴۹
۱۴-۸-۱۱- تقاطع با کنترل توقف دوطرفه – گذرگاه عرضی پیاده ۳۵۰
۱۴-۸-۱۲- تقاطع با کنترل توقف همه طرفه ۳۵۲
۱۴-۸-۱۳- تقاطع با کنترل توقف همه طرفه - تنظیمات حرکت ۳۵۳
۱۴-۸-۱۴- تقاطع با کنترل توقف همه طرفه - تنظیمات خط ۳۵۳
۱۴-۹- ملاحظات ویژه ۳۵۴
۱۴-۹-۱- پرداخت مدل ۳۵۴
۱۴-۹-۲- تعدیل حجم تردد ۳۵۸
۱۴-۹-۳- خطوط پرسرنشین ۳۵۹
۱۴-۹-۴- کنترل تردد تطبیقی (چراغ‌های راهنمایی هوشمند) ۳۵۹
۱۴-۹-۵- خط ویژه دوچرخه ۳۶۰
۱۴-۱۰- میدان ۳۶۰
۱۴-۱۱- نرم‌افزار سیم‌ترافیک ۳۶۰
۱۴-۱۲- گزارش ۳۶۱
فصل ۱۵- پیوست ۳۶۳
کتاب‌نامه ۳۶۵
واژه‌نامه انگلیسی به فارسی ۳۶۶

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱–۱- فرآیند سه مرحله‌ای مدل‌سازی ۱۷
شکل ۱–۲- ارتباط بین سطوح مختلف مدل‌سازی در فرآیند سه مرحله‌ای مدل‌سازی ۱۹
شکل ۳–۱- نیمرخ جریان تردد در شرایط عادی (منحنی بالایی) و ازدحام (منحنی پایینی) ۴۸
شکل ۳–۲- شرایط ازدحام مدل‌شده در لین‌سیگ یا ترانزیت با زمان سبز استفاده‌نشده ۴۸
شکل ۳–۳- جریان اشباع کاهش‌یافته که به اشتباه معادل زمان سبز استفاده‌نشده اعمالی در شکل ۳–۲ لحاظ شده ۴۸
شکل ۳–۴- نمونه‌هایی از بازه‌های زمانی تقاضای زیاد و کم ۵۱
شکل ۴–۱- رویکرد کلی ساخت مدل پایه ۵۶
شکل ۵–۱- رویکرد کلی ساخت مدل طرح پیشنهادی ۶۰
شکل ۵–۲- رویکرد پیشنهادی برای بهینه‌سازی مدل طرح پیشنهادی ۶۶
شکل ۵–۳- رویکرد بهینه‌سازی اولیه ۶۸
شکل ۵–۴- رابطه‌ی تأخیر در تقاطع و درجه‌ی اشباع ۷۰
شکل ۵–۵- روش تنظیم دقیق بهینه‌سازی و ارزیابی اثرات ۷۲
شکل ۵–۶-اجرای میدانی برنامه زمان‌بندی تنظیم‌گرهای چراغ راهنمایی ۷۵
شکل ۷–۱- پنجره‌ی اجزای شبکه و فهرست کلیک‌راست نمونه ۹۷
شکل ۷–۲- فهرست‌های متصل: کمان‌ها در سمت چپ و مسیرهای ایستای وسایل نقلیه در سمت راست ۹۸
شکل ۷–۳- فهرست‌های متصل: خطوط حمل‌ونقل همگانی در سمت چپ و ایستگاه‌ها در سمت راست ۹۸
شکل ۷–۴- فهرست نتایج گره ۹۸
شکل ۷–۵- پنجره‌ی نمایش سریع (وسایل نقلیه در شبکه) ۹۹
شکل ۷–۶- پنجره‌ی ساختار پروژه ۱۰۰
شکل ۷–۷- پنجره‌ی پارامترهای شبیه‌سازی ۱۰۱
شکل ۷–۸- پنجره‌ی تنظیمات شبکه ۱۰۳
شکل ۷–۹- گزینه‌های جانمایی همگرایی خطوط (جانمایی توصیه‌شده در سمت راست) ۱۰۴
شکل ۷–۱۰- پنجره‌ی رفتار رانندگی ۱۰۷
شکل ۷–۱۱- استقرار نواحی کاهش سرعت برای پرداخت جریان اشباع ۱۰۹
شکل ۷–۱۲- نمونه‌ای از تنظیمات اولیه‌ی قوانین اولویت عبور در خط‌کشی‌های شطرنجی ۱۱۰
شکل ۷–۱۳- نمونه‌ای از طبقه وسایل نقلیه ۱۱۳
شکل ۷–۱۴-پنجره‌ی ایجاد زمان اعزام خطوط حمل‌ونقل همگانی ۱۱۵
شکل ۷–۱۵- نمونه‌ای از مقایسه‌ی زمان سفر مشاهده‌شده و مدل‌شده‌ی تجمیعی ۱۲۲
شکل ۷–۱۶- تصویری از پنجره‌ی مرورگر پروژه‌ها ۱۲۵
شکل ۷–۱۷- پنجره‌ی پیکربندی ارزیابی و زبانه‌ی مدیریت نتایج ۱۲۸

شکل ۷–۱۸- پنجره‌ی پیکربندی ارزیابی و زبانه‌ی ویژگی‌های نتایج ۱۲۸
شکل ۷–۱۹- پنجره‌ی پیکربندی ارزیابی و زبانه‌ی خروجی مستقیم ۱۲۹
شکل ۷–۲۰- پنجره‌ی فهرست نتایج ۱۲۹
شکل ۷–۲۱- طرح رنگ کمان‌ها بر اساس سرعت ۱۳۰
شکل ۷–۲۲- نمونه‌ای از یک نمودار ۱۳۱
شکل ۷–۲۳- نمونه‌ای از جانمایی گره ۱۳۲
شکل ۷–۲۴- تنظیمات مربوط به ثبت جریان‌های اشباع در هر چراغ‌راهنمایی ۱۳۳
شکل ۷–۲۵- تنظیمات زمان سفر وسایل نقلیه ۱۳۴
شکل ۷–۲۶- نوارهای طول صف ۱۳۴
شکل ۷–۲۷- جدول زمان‌بندی چراغ‌راهنمایی ۱۳۵
شکل ۷–۲۸- نتایج ارزیابی عملکرد شبکه‌ی وسایل نقلیه ۱۳۵
شکل ۷–۲۹- انتخاب داده‌های فایل ثبت وسایل نقلیه (*.fzp) ۱۳۶
شکل ۸–۱- تعیین زمان پایدار شدن و بازه گرم کردن مدل ۱۴۴
شکل ۸–۲- شرح تنظیمات هندسه‌ی شبکه ۱۴۵
شکل ۸–۳- پنجره‌ی پروژه‌ی جدید ۱۴۷
شکل ۸–۴- رابط کاربری گرافیکی نرم‌افزار ایمسان ۱۴۸
شکل ۸–۵- طول پهلوگاه ایستگاه اتوبوس ۱۵۲
شکل ۸–۶- تنظیمات پنجره‌ی گره در مدل‌های پویا ۱۵۴
شکل ۸–۷- خطوط توقف (خاکستری تیره) در تقاطع چراغ‌دار ۱۵۵
شکل ۸–۸- تقاطعی با جریان‌بندی و فضای ذخیره میانه ۱۵۶
شکل ۸–۹- کمان ورودی یا خروجی زاویه‌دار. زاویه‌ی نمونه‌ی بالایی بیش‌ازحد است ۱۵۶
شکل ۸–۱۰- کاربرد خط جانبی برای مدل‌سازی همگرایی ۱۵۷
شکل ۸–۱۱- طول خط جانبی. کمان سمت چپ بسیار کوتاه است ۱۵۷
شکل ۸–۱۲- کمان شیب‌راهه ورودی با استفاده‌ی درست از خط جانبی ۱۵۸
شکل ۸–۱۳- همگرایی پیچیده ۱۵۸
شکل ۸–۱۴- میدان کوچکی که به‌صورت یک گره مدل شده ۱۵۹
شکل ۸–۱۵- میدان تک‌خطه که با استفاده از ابزار میدان ایجاد شده ۱۵۹
شکل ۸–۱۶- روش ساخت یک میدان چندخطه ۱۶۰
شکل ۸–۱۷- گزینه‌های نیمرخ رسیدن ۱۶۳
شکل ۸–۱۸- پنجره‌ی برنامه‌ی زمان‌بندی خط حمل‌ونقل همگانی ۱۶۴
شکل ۸–۱۹- کنترل هوشمند چراغ‌های راهنمایی ۱۷۱
شکل ۸–۲۰- تخصیص پارامترهای گردش ۱۷۲

شکل ۸–۲۱- پنجره‌ی بررسی‌کننده‌ی شبکه‌ی شبیه‌سازی خردنگر ۱۷۷
شکل ۸–۲۲- زبانه‌ی ایجاد خروجی‌ها در گزینه‌ی پویا ۱۸۰
شکل ۸–۲۳- پنجره‌ی سری‌های زمانی ۱۸۱
شکل ۸–۲۴- پنجره‌ی مجموعه داده‌های واقعی ۱۸۲
شکل ۸–۲۵- زبانه‌ی اعتبارسنجی یک اجرا ۱۸۳
شکل ۸–۲۶- تعریف زیرمسیر ۱۸۴
شکل ۸–۲۷- گزینه‌ی پویا- زبانه‌ی رابط برنامه نویسی کاربردی ایمسان ۱۸۴
شکل ۸–۲۸- فعال‌سازی و تنظیمات صادر کردن فایل‌های fzp ۱۸۶
شکل ۱۰–۱- مراحل مستقل از نرم‌افزار در فرآیند ارزیابی مدل ۱۹۹
شکل ۱۴–۱- پنجره‌ی تنظیمات خط عبور ۲۹۱
شکل ۱۴–۲-تقاطع نامنظم ۲۹۲
شکل ۱۴–۳- پنجره‌ی تنظیمات حجم ۳۰۱
شکل ۱۴–۴- پنجره‌ی تنظیمات زمان‌بندی ۳۰۶
شکل ۱۴–۵- اندازه‌گیری فاصله‌ی چراغ‌های راهنمایی از هم ۳۰۷
شکل ۱۴–۶- فازهای مرتبط با حرکت‌ها بر اساس جهت خیابان اصلی ۳۱۰
شکل ۱۴–۷- پنجره‌ی تنظیمات فازبندی ۳۱۷
شکل ۱۴–۸- پنجره‌ی تنظیمات شناساگر ۳۲۰
شکل ۱۴–۹- شناساگر خیابان فرعی یا چپ‌گرد محافظت‌شده- شناسایی اولین وسیله‌ی نقلیه روی خط ایست ۳۲۲
شکل ۱۴–۱۰- شناساگر چپ‌گرد محافظت‌شده/ مجاز- شناسایی دومین وسیله‌ی نقلیه قبل از خط ایست ۳۲۲
شکل ۱۴–۱۱- شناساگر چپ‌گرد محافظت‌شده/ مجاز - شناسایی سومین وسیله‌ی نقلیه قبل از خط ایست ۳۲۳
شکل ۱۴–۱۲- پنجره‌ی تنظیمات شبیه‌سازی ۳۲۵
شکل ۱۴–۱۳- پنجره‌ی حالت سواره ۳۲۸
شکل ۱۴–۱۴- پنجره‌ی حالت پیاده ۳۳۷
شکل ۱۴–۱۵- پنجره‌ی حالت دوچرخه ۳۴۲
شکل ۱۴–۱۶- پنجره‌ی تنظیمات کنترل دوطرفه - حالت وسیله نقلیه ۳۴۵
شکل ۱۴–۱۷- پنجره‌ی تنظیمات کنترل توقف دوطرفه- حالت پیاده ۳۵۰
شکل ۱۴–۱۸- پنجره‌ی تنظیمات کنترل توقف همه طرفه ۳۵۳
شکل ۱۴–۱۹- پرداخت نرخ جریان اشباع ۳۵۸

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱–۱- ویژگی‌های سطوح مختلف مدل‌سازی ۱۱
جدول ۳–۱- مقادیر ضریب هم‌سنگ سواری ۳۶
جدول ۳–۲- طبقه‌بندی نمونه‌های تقاضای زیاد و کم نشان داده شده در شکل ۳–۴ ۵۱
جدول ۷–۱- انواع زمان‌بندی چراغ راهنمایی ۱۱۹
جدول ۸–۱- راهنمای تعیین روش انتخاب مسیر در ایمسان ۱۶۸
جدول ۸–۲- واژگان مورد استفاده در ایمسان برای چراغ‌های راهنمایی ۱۷۰
جدول ۱۴–۱- کمینه فاصله‌ی چراغ‌های راهنمایی برای نزدیک به هم تلقی شدن ۳۰۷
جدول ۱۴–۲- پارامترهای مورد استفاده در پرداخت مدل ۳۵۵

مقدمه

این نشریه، به‌منظور تشریح رویکرد مورد انتظار از مدل‌سازی در مطالعات تفصیلی حمل‌ونقل/ تفصیلی ساماندهی ترافیک شهری و ایجاد روال‌ها و روندهای مشخص در مدل‌سازی تهیه شده است. شرح خدمات این دو مطالعه و دستورالعمل آن در ضابطه جداگانه آمده است. در مواردی که مشاور قصد دارد روش‌هایی غیر از توصیه‌های این دستورالعمل به کار گیرد، لازم است توجیه فنی خود را به دبیرخانه شورای عالی هماهنگی ترافیک شهرهای کشور در وزارت کشور ارسال و کسب نظر کند. رعایت آیین‌نامه طراحی معابر شهری و ضابطه ۸۰۱ سازمان برنامه‌وبودجه کشور با عنوان «دستورالعمل انجام مطالعات جامع حمل‌ونقل شهری و حومه» و ضابطه ۷۷۷ سازمان برنامه‌وبودجه کشور با عنوان «مطالعات تفصیلی حمل‌ونقل همگانی شهری و حومه» ضروری است، اما اگر مغایرتی بین شاخص‌های آن دستورالعمل با متن حاضر وجود داشت، متن حاضر ملاک عمل خواهد بود.

تمرکز اصلی «راهنمای مدل‌سازی تردد» معطوف به توصیه‌های فنی مرتبط با بهترین روش‌های مدل‌سازی است. در بخش اول موضوعات عمومی مورد بررسی قرار می‌گیرند که در کلیه مدل‌سازی‌های جریان تردد مشترک هستند. توصیه می‌شود همه مدل‌سازها، فارغ از این‌که از چه نرم‌افزاری استفاده می‌کنند، پیش از ساخت مدل، این فصل را مطالعه کنند. در بخش دوم، جزئیات بیشتری در خصوص برخی روش‌های مدل‌سازی تردد به کمک نرم‌افزارها ارائه شده است. در هر فصل، نرم‌افزار مدل‌سازی خاصی برای تحلیل پروژه مورد استفاده قرار گرفته که می‌توان به هر یک به‌صورت جداگانه مراجعه کرد. درصورتی‌که مهارت خاصی برای استفاده از نرم‌افزار مورد نیاز باشد، در فصل مرتبط با همان نرم‌افزار بیان شده است. در بخش سوم نیز، فرآیند ارزیابی مدل برای هر نرم‌افزار ارائه شده است.

در این نشریه، فرض شده که خواننده نسبت به اصول مهندسی ترافیک (شامل کنترل ترافیک به‌وسیله‌ی چراغ‌های راهنما، جریان ترافیک و مطالعات ترافیک) آگاه است. این نشریه، جایگزین راهنمای نرم‌افزارهای تخصصی یا منابع علمی و آموزش مهندسی ترافیک نیست، بلکه در کنار آن به بیان نکات عملی و کاربردی می‌پردازد.

منابع اصلی مورد استفاده در این راهنما، عبارتند از:

- نحوه به‌کارگیری نرم‌افزارهای شبیه‌سازی جریان ترافیک در انجام مطالعات ساماندهی ترافیک، شهرداری تهران، ۱۳۹۱
- راهنمای نرم‌افزارهای مدل‌سازی تردد، انتشارات دیم، ۱۴۰۴
- Traffic Modelling Guidelines (TMG), Transport For London, ver 4, 2021
- Model Auditing Process (MAP), Transport For London, ver 4, 2023
- Traffic Analysis Toolbox, VOL. 3., FHWA, 2004

بخش اول

اصول مدل‌سازی

مقدمه

این بخش شامل موضوعات زیر است که آگاهی از آن همه مدل‌سازان ضروری است:

- سطح جزییات مدل‌سازی
- فرآیند سه مرحله‌ای مدل‌سازی
- فرآیند ارزیابی مدل‌سازی
- برنامه‌ریزی برای انجام یک پروژه‌ی مدل‌سازی
- گردآوری داده‌ها
- ساخت مدل پایه و مدل طرح پیشنهادی
- بهینه‌سازی مدل طرح پیشنهادی
- گزارش مدل‌سازی

فصل ۱

مروری بر مدل‌سازی

مروری بر مدل‌سازی

در این بخش سطح جزییات مدل‌سازی در بخش‌های مختلف این راهنما شامل مدل‌سازی اولیه در فرآیند طراحی، فرآیند سه مرحله‌ای مدل‌سازی و فرآیند ارزیابی مدل‌سازی بررسی شده است.

۱-۱- سطح جزییات مدل‌سازی

ممکن است سطوح مختلفی از جزییات در یک پروژه‌ی مدل‌سازی مورد نیاز باشد. تعیین این سطوح وابسته به هدف طرح و خروجی‌های مورد انتظار از مدل‌سازی است. معمولاً با هدف ارزیابی کامل اثرات یک پیشنهاد، چند سطح مختلف از مدل‌سازی به کار گرفته می‌شود که در ادامه تشریح خواهد شد. سطح جزییات مدل‌سازی مورد نیاز، بخشی از ارزیابی طرح بوده و باید در جلسه‌ی تعیین محدودهٔ مورد مطالعه (بخش ۱-۵-۱-) مورد بررسی قرار گرفته و درباره آن تصمیم‌گیری شود. جدول ۱—۱ برخی ویژگی‌های مهم سطوح مختلف مدل‌سازی و نرم‌افزارهای پرکاربرد در هر سطح جزییات را نشان می‌دهد.

۱-۱-۱- مدل‌سازی قطعی

مدل‌های ترافیک قطعی برای ارزیابی عملکرد تقاطع‌ها و محاسبه‌ی زمان‌بندی بهینه‌ی چراغ‌های راهنمایی (از جمله هماهنگی زمان‌بندی بین تقاطع‌های مختلف) مورد استفاده قرار می‌گیرند. این مدل‌ها بر اساس ظرفیت هر خط ایست ساخته می‌شوند. ظرفیت هر خط با توجه به مشخصات هندسی و جریان تردد ثابت محاسبه می‌شود. مدل‌های قطعی بر اساس جریان‌های تردد هم‌فزون و میانگین زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی عمل می‌کنند و به همین دلیل در مدل‌های قطعی، مدل‌سازی صریح راهبردهای پیچیده‌ی کنترل چراغ‌های راهنمایی، وابستگی به تقاضا و پس‌زدگی صف امکان‌پذیر نیست.

خروجی اصلی این نوع مدل‌ها، درجه‌ی اشباع ترافیک و بیشینه‌ی میانگین طول صف است. این مدل‌ها شاخصی عمومی از عملکرد مناسب طرح پیشنهادی در محدوده‌ی ظرفیت شبکه‌ی معابر (مانند سطح خدمت) ارائه می‌کنند.

دسته‌ی دوم مدل‌های قطعی برای ارزیابی عملکرد تقاطع‌های بدون چراغ راهنمایی یا تقاطع‌های حق‌تقدمی و میدان‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. حق‌تقدم یعنی جریان تردد از معبر فرعی، باید ابتدا اجازه دهد جریان تردد در مسیر اصلی یا جریان حاضر دور میدان عبور کند. به‌بیان‌دیگر، عبور از معبر اصلی اولویت بیشتری نسبت به عبور از یک معبر فرعی یا کم‌اهمیت داشته باشد. اطلاعات ورودی این نوع مدل‌ها مشخصات هندسی و جزئیات میدان دید در تقاطع است. خروجی این مدل میزان تأخیر، صف و ظرفیت است.

جدول ۱-۱- ویژگی‌های سطوح مختلف مدل‌سازی

سطح جزییات مدل‌سازی	نرم‌افزار	مزایا	معایب	خروجی	مقیاس زمانی/ هزینه
قطعی	• LinSig • TRANSYT • ARCADY/PICADY Junctions • VISTRO • HCS	• بهینه‌سازی زمان‌بندی چراغ راهنمایی • تشابه با مشخصات کنترل‌گر چراغ راهنمایی • اولین گام مدل‌سازی • سریع، آسان و مناسب برای ارزیابی مقدماتی گزینه‌ها • سرعت در ارائه نتایج	• توانایی محدود برای مدل‌سازی شیوه‌های مختلف سفر • نمی‌توان تخصیص مجدد ترافیک را مدل‌سازی کرد • جریان تردد را به‌صورت هم‌فزون در نظر می‌گیرد • توانایی محدود برای مدل‌سازی انسداد مسیر به دلیل پس زدن صف • بر اساس میانگین زمان‌بندی چراغ راهنمایی است (وابستگی به تقاضا به‌طور مستقیم مدل‌سازی نمی‌شود)	• درجه اشباع • طول صف • مقادیر توقف و تأخیر • تهیه زمان‌بندی چراغ راهنمایی برای سایر سطوح مدل‌سازی	• سرعت ساخت زیاد (چند روز) • سرعت اجرا کم (چند ثانیه) • هزینه کم
شبیه‌سازی خردنگر	• Aimsun-Next • VISSIM • LEGION • VISWALK	• توانایی مدل‌سازی و ارائه خروجی برای شیوه‌های مختلف سفر • مدل‌سازی واقع‌بینانه رفتار • ارائه خروجی‌های گرافیکی • تغییرات تصادفی جریان تردد/ زمان‌بندی چراغ راهنمایی را در نظر می‌گیرد • تحلیل دقیق‌تر زمان‌بندی چراغ راهنمایی (وابستگی به تقاضا، SCATS، اولویت‌دهی به اتوبوس) • مدل‌سازی اثرات ازدحام و انسداد مسیر به دلیل پس زدن صف	• ساخت و اعتبارسنجی آن زمان‌بر است • نیازمند داده‌های زیادی است • نیازمند تخصص بیشتری است • انتخاب مسیر را در نظر نمی‌گیرد، مگر از مدل‌های تاکتیکی استفاده شود • فرآیند ارزیابی مدل با جزئیات بیشتری همراه است	• زمان سفر • خروجی‌های گرافیکی • شبیه‌سازی سه‌بعدی • نقشه‌های حرارتی (پیاده و خودرو) • حفظ سابقه عملکرد هر خودرو • خروجی‌های دقیق برای محاسبه انتشار آلاینده‌های هوا در محدوده (ارزیابی اثرات محیط زیستی) • جزییات حرکت هر خودرو برای استفاده در نرم‌افزار مدل‌سازی آلایندگی • نقشه‌های انتشار آلاینده‌ها	• سرعت ساخت کم (چند ماه) • سرعت اجرا متوسط (چند ساعت) • هزینه بالا
تاکتیکی	• Aimsun-Next • VISUM • VISSIM	• توانایی مدل‌سازی تخصیص مجدد ترافیک • ارزیابی سریع اثرات بسته شدن معابر • تعیین میان‌برهای بالقوه	• زمان اجرای زیاد است • جریان تردد را به‌صورت هم‌فزون در نظر می‌گیرد • بر اساس میانگین زمان‌بندی چراغ راهنمایی است • ساخت و اعتبارسنجی آن زمان‌بر است	• نمودارهای اختلاف جریان در گزینه‌ها • آمار عملکردی شبکه	• سرعت ساخت اولیه خیلی کم (چندین ماه) • به‌روزرسانی برای طرح پیشنهادی (چند هفته)

جدول ۱-۱- ویژگی‌های سطوح مختلف مدل‌سازی

سطح جزییات مدل‌سازی	نرم‌افزار	مزایا	معایب	خروجی	مقیاس زمانی/ هزینه
		• توانایی ارزیابی تأثیر طرح‌های متعددی که هنوز اجرا نشده‌اند • می‌توان از یک مدل برای بررسی چند طرح پیشنهادی استفاده کند	• پیاده را مدل نمی‌کند • در مدل‌سازی دوچرخه‌سواری ضعیف است	• خروجی‌های مناسب برای محاسبه انتشار آلاینده‌های هوا در محدوده‌های گسترده‌تر (ارزیابی اثرات محیط زیستی) • تأثیر طرح بر اتوبوس‌ها • اطلاعات مسیر حرکت برای مدل‌های شبیه‌سازی خردنگر	• سرعت اجرا کم (چند روز) • هزینه بالاتر

۱-۱-۲- مدل‌سازی شبیه‌سازی خردنگر

مدل‌های شبیه‌سازی خردنگر می‌توانند عملکرد و اندرکنش خودرو، دوچرخه، موتورسیکلت و پیاده را به کمک مدل‌های رفتاری در شبکه در نظر بگیرند. به همین دلیل، مدل‌های شبیه‌سازی خردنگر برای ارزیابی دقیق شبکه‌های متراکم از سایر مدل‌ها مناسب‌تر هستند، زیرا می‌توانند شرایطی مانند ایجاد صف، پس‌زدگی صف در تقاطع‌ها، ورود خودرو از فرعی به اصلی و رویدادهای اتفاقی از جمله خرابی خودرو و راه‌بندان را شبیه‌سازی کنند.

ویژگی‌های پیچیده‌ی کنترل با چراغ راهنمایی مانند وابستگی به تقاضا و حق‌تقدم اتوبوس‌ها را می‌توان با به‌کارگیری حسگرها و اندرکنش خودروها/ پیاده‌ها در مدل شبیه‌سازی خردنگر در نظر گرفت. مدل‌های شبیه‌سازی خردنگر در بعضی از نرم‌افزارها توانایی بازنمایی رفتار واقعی چراغ‌های راهنمایی را دارند. در این حالت خودروها و پیاده‌ها می‌توانند بر زمان‌بندی چراغ‌ها تأثیر بگذارند. البته مدل‌های شبیه‌سازی خردنگر نمی‌توانند زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی را بهینه کنند و به همین دلیل معمولاً همراه با مدل قطعی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در مدل‌های شبیه‌سازی خردنگر به موضوع «تصادفی بودن» وضعیت تردد توجه شده و با استفاده از دانه‌های تصادفی و ایجاد تغییرات تصادفی در شرایط تردد خودروها و پیاده‌ها، نتایج متنوعی به دست می‌آید. با میانگین‌گیری از خروجی‌های حاصل از دانه‌های تصادفی مختلف، دامنه‌ی تغییرات شرایط تردد در دنیای واقعی در نتایج مدل بازنمایی می‌شود.

خروجی رایج مدل‌های شبیه‌سازی خردنگر زمان سفر است. زمان سفر در طول یک مسافت معین که دارای حجم تردد قابل‌قبولی از خودرو یا پیاده است، اندازه‌گیری می‌شود. زمان سفر را می‌توان بر اساس نوع کاربر تفکیک کرد تا تأثیر طرح بر هر دسته کاربر قابل ارزیابی باشد. خروجی‌های متعدد دیگری مانند حجم جریان، طول صف، تأخیر و سرعت را نیز می‌توان چه به‌صورت داده و چه به‌صورت نقشه‌های حرارتی از این مدل استخراج کرد. از خروجی مدل‌های شبیه‌سازی خردنگر می‌توان در سایر نرم‌افزارها استفاده کرد. مثلاً از آن برای تصویرسازی سه‌بعدی یا برآورد آلاینده‌های محیط زیستی ناشی از وسایل نقلیه استفاده می‌شود.

۱-۱-۳- مدل‌سازی تاکتیکی

مدل‌سازی تاکتیکی برای ارزیابی تأثیر تغییرات شبکه معابر بر انتخاب مسیر، سرعت خودروها و ازدحام مورد استفاده قرار می‌گیرد. از مدل‌سازی تاکتیکی در مواردی استفاده می‌شود که گمان می‌رود طرح پیشنهادی بر انتخاب مسیر خودروها اثر خواهد داشت. در این مدل از هم‌فزون کردن جریان‌ها به‌جای مدل‌سازی رفتار هر خودرو به‌صورت جداگانه و از میانگین زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی استفاده می‌شود. بنابراین در این نوع مدل‌سازی، ارزیابی عملکرد طرح در سطح جزئیات ممکن نیست.

مدل‌های تاکتیکی پیش‌بینی می‌کنند که در یک افق ۵ ساله، خودروها چگونه از شبکه‌ی معابر آینده استفاده می‌کنند. این مدل‌ها اثر هم‌فزون تغییر مسیر ناشی از چند طرح مختلف را نیز نشان می‌دهند (جزئیات در بخش۱-۴- فرآیند سه

مرحله‌ای مدل‌سازی ارائه شده است). خروجی اصلی این مدل‌ها عبارتند از نمودارهای اختلاف جریان تردد، شاخص‌های عملکرد شبکه و محل تشکیل صف که از مقایسه چند طرح با وضع پایه به دست می‌آیند.

انتخاب شیوه سفر به‌صورت مستقیم در این مدل‌ها امکان‌پذیر نیست، زیرا به‌جای مدل چهار مرحله‌ای برآورد تقاضای سفر، از ماتریس‌های ثابت برآورد شده برای سال افق به‌منظور تخصیص ترافیک استفاده می‌شود، ولی می‌توان با استفاده از مدل‌های کلان‌نگر تقاضای سفر (که در طرح جامع حمل‌ونقل تهیه شده)، تأثیر طرح‌های پیشنهادی را بر تغییر شیوه سفر برآورد کرده و سپس آن را در سطح تاکتیکی مدل کرد.

۱-۱-۴- مدل‌سازی پیاده‌ها

مدل‌سازی پیاده‌ها در طرح‌هایی به کار گرفته می‌شود که تمرکز بر پیاده‌ها باشد. رایج‌ترین شیوه مدل‌سازی پیاده، استفاده از شبیه‌سازی خردنگر است. در شبیه‌سازی خردنگر، هر پیاده به‌صورت جداگانه مدل شده و اندرکنش آن با سایر پیاده‌ها، وسایل نقلیه و محیط شبیه‌سازی می‌شود. همانند شبیه‌سازی خردنگر خودروها، انواع مختلفی از پیاده‌ها را می‌توان به مدل وارد کرد که در متغیرهایی مانند سرعت پیاده‌روی یا فضای اشغال‌شده در پیاده‌رو با هم متفاوت هستند. خروجی مدل پیاده، سطح خدمت پیاده، نقشه‌های حرارتی، زمان سفر و فیلم‌های شبیه‌سازی سه‌بعدی است.

۱-۱-۵- مدل‌سازی آلاینده‌ها

آلاینده‌های ناشی از تردد خودروها در معابر را می‌توان بر اساس نوع خودرو و سرعت میانگین آن در یک قطعه از معبر برآورد کرد. در این رویکرد از خروجی‌های مدل‌های قطعی و تاکتیکی استفاده می‌شود. البته به دلیل این‌که این مدل‌ها از اطلاعات هم‌فزون استفاده می‌کنند، نمی‌توان آلاینده‌های ایجاد شده در اثر شتاب‌گیری هر خودرو را جداگانه برآورد کرد. در شهرها که دفعات ترمز و شروع به حرکت خودروها قابل ملاحظه است، خروجی‌های مدل شبیه‌سازی خردنگر نتایج دقیق‌تر و با جزئیات بیشتری ارائه می‌دهد.

۱-۲- ساده‌سازی‌های متداول در مدل‌سازی

ساده‌سازی، بخشی از ماهیت مدل‌سازی بوده و در سطوح مختلف مدل‌سازی وجود دارد. استفاده از این ساده‌سازی‌ها برای دست‌یابی به تعادل بین دقت، پیچیدگی، مدت ساخت و مدت اجرای مدل ضروری است. برخی از ساده‌سازی‌های پرکاربرد در مدل‌سازی عبارتند از:

- **پاسخ به تغییرات شرایط تردد:** معمولاً در مدل‌سازی‌های قطعی و شبیه‌سازی خردنگر، تحلیل تغییر مسیر تردد، تغییر زمان سفر یا واکنش به تغییر ازدحام در شبکه در نظر گرفته نمی‌شود. مدل‌های تاکتیکی می‌توانند به‌صورت پویا تغییر مسیر را شبیه‌سازی کنند، اما این توانایی، با افزایش پیچیدگی مدل همراه است و ضرورت آن باید سنجیده شود. معمولاً در خروجی مدل تاکتیکی، به ازای هر بار تخصیص، تنها یک مجموعه سفر و مسیر

وجود دارد.

- **تغییر در تقاضای تردد:** مدل‌ها به‌گونه‌ای ساخته می‌شوند که یک روز عادی در سال را شبیه‌سازی کنند که تعطیلی یا رویداد خاصی در آن نباشد. این بازه‌ی زمانی غالباً در وسط هفته و در طول سال تحصیلی است تا شرایط آب‌وهوایی و روشنایی روز بر تقاضا یا جریان تردد خودروها تأثیر نداشته باشد. در نتیجه از اثرات تفاوت تقاضای تردد در ایام غیرعادی یا تعطیلات صرف‌نظر می‌شود.
- **ساده‌سازی جریان تردد:** نوع وسیله نقلیه/ پیاده و رفتار آن‌ها در مدل‌ها ساده‌سازی می‌شود. به همین منظور در مدل‌ها، خودروها یا به‌صورت «واحد همسنگ خودروی سواری» (بخش ۳-۵-۱-) یا به‌صورت دسته‌ای از کاربران با ویژگی‌های مشابه دسته‌بندی می‌شوند. برخی از این ویژگی‌ها عبارتند از: مشخصه‌های عملکردی، فضای فیزیکی مورد نیاز، رفتارهایی مثل توانایی شتاب گیری، محدودیت‌های دسترسی و غیره.
- **مبدأ و مقصد سفرها:** مدل‌ها مبدأ و مقصد هر سفر را ارائه نمی‌کنند، بلکه یا آن‌ها را در نواحی تقاضا هم‌فزون کرده یا از یک لبه‌ی مدل وارد و از لبه‌ی دیگر خارج می‌کنند. تعداد سفرها و توزیع آن بین مبدأها و مقصدها معمولاً در مدل ثابت است. تأثیر احتمالی یک طرح بر تغییر شیوه سفر، کاهش تقاضا یا پراکندگی سفرها از ساعت اوج به سایر ساعات، معمولاً در مدل‌ها در نظر گرفته نمی‌شود.
- **مدل‌سازی شبکه:** مدل‌های ترافیکی اغلب بر پایه‌ی خط عبور یا کمان هستند و در نتیجه حرکات بافتی بین خطوط (هم‌گرایی و واگرایی) یا عبور از میان خودروها را در نظر نمی‌گیرند. در مدل‌سازی پیاده نیز عبور از مکانی غیر از خط عابر پیاده در نظر گرفته نمی‌شود، درحالی‌که این مسئله در واقعیت اتفاق می‌افتد.
- **در نظر گرفتن ازدحام:** به‌جز در مواردی که از یک مدل شبیه‌سازی خردنگر برای ارزیابی طرح استفاده می‌شود، معمولاً تأثیر ازدحام بر بسته شدن تقاطع یا ایجاد اختلال در جریان تردد در سایر نقاط شبکه در نظر گرفته نمی‌شود. در سایر روش‌های مدل‌سازی باید شرایط ازدحام را به‌صورت دستی در مدل اعمال کرد.
- **عملکرد چراغ‌های راهنمایی:** بسیاری از مدل‌ها نمی‌توانند عملکرد تطبیقی (هوشمند) چراغ‌های راهنمایی یا قابلیت بهینه‌سازی آن‌ها (مانند روش بهینه‌سازی هوشمند SCATS، حق‌تقدم اتوبوس‌ها و تغییر خودکار چراغ با توجه به راهبردهای ترافیکی) را به‌درستی نمایش دهند. در این مدل‌ها معمولاً مقدار زمان چرخه و زمان سبز ثابت است. در مدل‌های شبیه‌سازی خردنگر که به سامانه هوشمند مدیریت چراغ‌های راهنمایی (مانند SCATS) متصل هستند، می‌توان با دقت قابل‌قبولی راهبردهای هوشمند چراغ‌های راهنمایی را شبیه‌سازی کرد.
- **مدل‌سازی انتخاب مسیرهای پیچیده:** در مدل‌سازی سفرها دارای یک مبدأ و مقصد ثابت هستند. در مدل‌های تاکتیکی، انتخاب مسیر بر اساس کم‌هزینه‌ترین مسیر ممکن برای رسیدن به مقصد انجام می‌شود. در سایر نرم‌افزارهای مدل‌سازی، قابلیت پیش‌بینی انتخاب مسیر یا تأثیرگذاری بر آن وجود ندارد. رفتار بعضی خودروها مانند تاکسی‌هایی که به دنبال مسافر هستند یا خودروهای ارسال مرسوله که چند مقصد دارند، به‌درستی قابل

مدل‌سازی نیست. اگر در مدل دسته‌های مختلف خودرو تعریف شود، می‌توان الگوهای انتخاب مسیر متفاوت را نیز به هر دسته تخصیص داد. تفاوت در الگوی انتخاب مسیر شامل اجازه‌ی استفاده از خطوط ویژه برای اتوبوس‌ها، محدودیت‌های عرضی یا ارتفاعی خودرو، محدودیت خودروها در دور زدن و شناخت متفاوت از شبکه معابر است.

۱-۳- مراحل اولیه‌ی طراحی

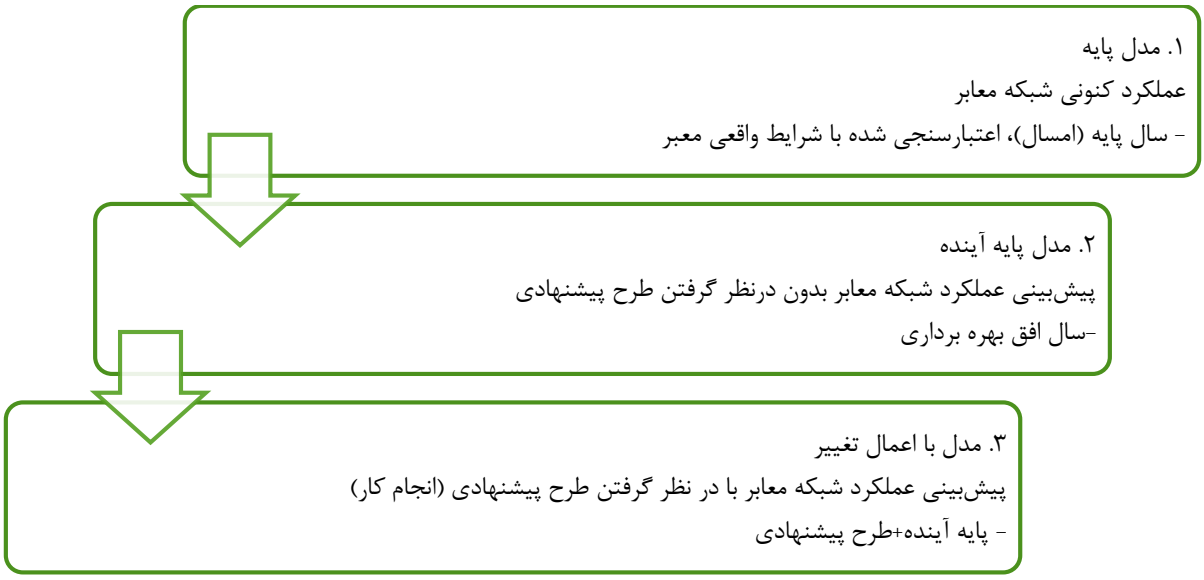
پیش از انجام فرآیند سه مرحله‌ای مدل‌سازی برای ارزیابی جزییات طرح‌های پیشنهادی (بخش ۱-۴-) و سپس فرآیند ارزیابی مدل (بخش ۱-۵-)، مراحل اولیه‌ی طراحی برای طرح‌ها انجام می‌شود. این بخش نگاهی اجمالی به مراحل اولیه‌ی طراحی یا امکان‌سنجی و استفاده از مدل‌سازی برای ارزیابی طرح‌ها دارد.

در مرحله‌ی امکان‌سنجی، گزینه‌های مختلفی مطرح و به‌صورت مقدماتی طراحی می‌شوند تا خروجی‌های مورد انتظار پروژه حاصل شود. در این مرحله، مدل‌سازی گزینه‌های پیشنهادی با هدف کاهش تعداد طرح‌ها انجام می‌شود. در انتها تنها چند گزینه‌ی قابل‌اجرا برای ارزیابی کامل در سطح جزییات به مرحله بعد راه خواهند یافت. در مرحله‌ی امکان‌سنجی، از مدل‌سازی قطعی به دلیل سادگی استفاده می‌شود. فرآیند حذف گزینه‌ها به ذی‌نفعان پروژه کمک می‌کند که درک درستی از تأثیر هر گزینه بر شبکه معابر به دست آورند.

فرآیند حذف گزینه‌ها به تعیین محدوده‌ی پروژه نیز کمک می‌کند. پس از تصمیم‌گیری در خصوص گزینه‌ی مطلوب، فرآیند سه مرحله‌ای مدل‌سازی آغاز می‌شود و پس از اتمام آن، فرآیند ارزیابی مدل انجام خواهد شد.

۱-۴- فرآیند سه مرحله‌ای مدل‌سازی

فرآیند سه مرحله‌ای مدل‌سازی با هدف برقراری ارتباط مناسب میان سطوح مختلف مدل‌سازی و در نظر گرفتن تأثیر اجرای هم‌زمان چند طرح در نقاط مختلف شهر بر تغییر نتایج تخصیص ترافیک در شبکه به کار می‌رود. این فرآیند کمک می‌کند تأثیر طرح پیشنهادی هم به‌صورت مجزا و هم به‌صورت جزئی از شبکه حمل‌ونقل کل شهر در نظر گرفته شود. به‌این‌ترتیب، اندرکنش انواع شیوه‌های سفر شامل خودروی شخصی، موتورسیکلت، اتوبوس، دوچرخه، پیاده و غیره قابل مدل‌سازی و تحلیل خواهد بود. در شکل ۱-۱ و بخش‌های پیش‌رو، این فرآیند و مراحل آن شرح داده شده است.



شکل ۱-۱- فرآیند سه مرحله‌ای مدل‌سازی

۱-۴-۱- مرحله‌ی اول: مدل پایه

مدل پایه مدلی است که برای ارائه‌ی شرایط دقیق ترافیک موجود تعریف می‌شود و در آن جزئیات بر اساس مشاهدات و مقادیر اندازه‌گیری شده در دنیای واقعی تعیین می‌شوند. این مدل برای تحلیل شرایط کنونی شبکه مناسب بوده و به‌عنوان یک مبنای مقایسه برای سنجش تأثیر طرح‌ها در گزینه‌های مختلف قابل استفاده است.

اطلاعات زمان‌بندی چراغ‌ها، نحوه ترسیم شبکه، ظرفیت تقاطع‌ها و اعتبارسنجی شمارش گردش‌ها در محدوده مورد مطالعه در مدل تاکتیکی اولیه بررسی و بازنگری می‌شود تا مدل پایه‌ی تاکتیکی مختص طرح موردنظر ایجاد شود. در کنار این مدل، مدل‌های پایه‌ی قطعی و شبیه‌سازی خردنگر نیز ایجاد می‌شوند تا عملکرد کنونی شبکه را به‌خوبی نشان داده و مطابق ضوابط تعریف شده در فرآیند ارزیابی مدل (بخش ۱-۵-) با استفاده از داده‌های میدانی اعتبارسنجی شوند.

۱-۴-۲- مرحله‌ی دوم: مدل پایه‌ی افق

مدل پایه‌ی افق مدلی است که شرایط سال افق بهره‌برداری طرح در آن نشان داده می‌شود، ولی خود طرح در آن درج نمی‌شود. این مدل باید شامل کلیه‌ی تغییرات شبکه در سال افق باشد. این تغییرات شامل طرح‌های در دست مطالعه، مصوب و در دست اجرایی که تا سال افق به بهره‌برداری خواهند رسید.

با استفاده از مدل‌های تاکتیکی و قطعی و روش‌های تکراری (رفت‌وبرگشتی)، زمان‌بندی بهینه‌ی چراغ‌های راهنمایی برای جریان تردد پیش‌بینی شده در سال افق بهره‌برداری طرح تعیین می‌شود. سپس، مسیرها و زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی در مدل شبیه‌سازی خردنگر بارگذاری شده و مدل پایه‌ی افق شبیه‌سازی خردنگر به دست می‌آید.

۱-۴-۳- مرحله‌ی سوم: مدل اعمال تغییر

مدل اعمال تغییر مدلی است که شرایط سال افق بهره‌برداری طرح در آن نشان داده شده و طرح نیز در آن درج شده است. به‌بیان‌دیگر، با درج طرح‌های پیشنهادی در مدل پایه‌ی افق، مدل اعمال تغییر به دست می‌آید.

با استفاده از مدل‌های تاکتیکی و قطعی و روش‌های تکراری (رفت‌وبرگشتی)، زمان‌بندی بهینه‌ی چراغ‌های راهنمایی برای جریان تردد پیش‌بینی شده در سال افق بهره‌برداری طرح تعیین می‌شود. سپس، مسیرها و زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی در مدل شبیه‌سازی خردنگر بارگذاری شده و مدل اعمال تغییر شبیه‌سازی خردنگر به دست می‌آید.

تأثیری که طرح مورد مطالعه به‌تنهایی در شبکه ایجاد می‌کند، با مقایسه‌ی مدل پایه‌ی افق و مدل اعمال تغییرات قابل ارزیابی است. در برخی موارد، مقایسه‌ی مدل پایه و مدل اعمال تغییرات نیز اطلاعات مفیدی در خصوص تأثیر تغییرات بر شرایط شبکه ارائه می‌کند.

۱-۴-۴- چه زمانی از فرآیند سه مرحله‌ای مدل‌سازی استفاده شود؟

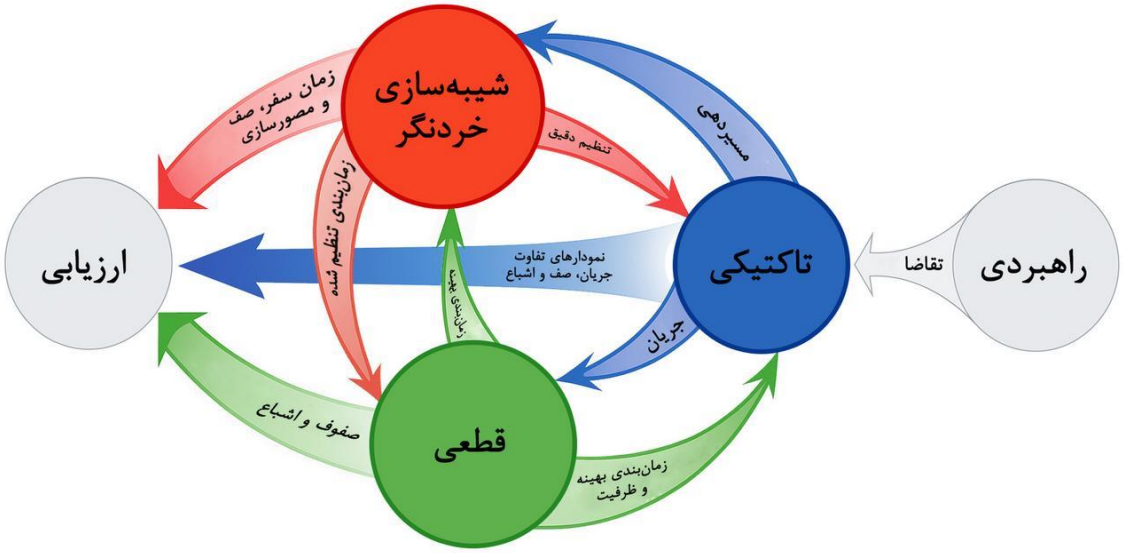
تصمیم‌گیری در خصوص استفاده از فرآیند سه مرحله‌ای مدل‌سازی در جلسه‌ی تعیین محدودهٔ مورد مطالعه (بخش ۱-۵-۱-) انجام می‌شود. توصیه می‌شود فرآیند سه مرحله‌ای مدل‌سازی در موارد زیر برای ارزیابی عملکرد طرح‌ها به کار رود:

- اگر پیش‌بینی شود در اثر اجرای طرح، تخصیص مجدد ترافیک رخ می‌دهد،
- اگر پیش‌بینی شود در اثر اجرای طرحی مجاور طرح کنونی، تخصیص مجدد ترافیک رخ می‌دهد،
- اگر در اثر اجرای طرحی در نزدیکی طرح کنونی، شبکه معابر درون محدوده مورد مطالعه تغییر می‌کند،

۱-۴-۵- ارزیابی طرح

فرآیند تکراری ساخت مدل‌های پایه، پایه‌ی آینده و اعمال تغییر برای ارزیابی طرح‌های پیشنهادی در شکل ۱–۲ مشاهده می‌شود. در ابتدا، لازم است که مدل تاکتیکی در سال پایه بر اساس زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی و ظرفیت‌های تعیین شده در مدل قطعی اعتبارسنجی شده برای سال پایه، مورد بازبینی و اعتبارسنجی قرار گیرد. سپس از مسیرهای مدل تاکتیکی برای پرداخت (کالیبراسیون) مدل پایه‌ی شبیه‌سازی خردنگر استفاده می‌شود.

برای ساخت مدل‌های آینده، باید با استفاده از یک روش تکراری بین مدل تاکتیکی و مدل قطعی و با در نظر گرفتن جریان تردد پیش‌بینی‌شده در سال افق بهره‌برداری، زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی بهینه شود. فرآیند تکراری، شامل انتقال جریان تردد از مدل تاکتیکی به مدل قطعی، بهینه‌سازی زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی و اعمال زمان‌بندی جدید به چراغ‌های راهنمایی در مدل تاکتیکی است. پس از تعیین جریان تردد، مسیرها از مدل تاکتیکی در مدل شبیه‌سازی خردنگر بارگذاری شده و فرآیند ساخت مدل آینده آغاز می‌شود.



شکل ۱-۲- ارتباط بین سطوح مختلف مدل‌سازی در فرآیند سه مرحله‌ای مدل‌سازی

۱-۵- فرآیند ارزیابی مدل

فرآیند ارزیابی مدل، هر یک از گام‌های ارزیابی مدل را تعریف و فرم‌های مورد نیاز برای ارزیابی را ارائه می‌کند. وظیفه‌ی اصلی این فرآیند، اطمینان از تطابق فرآیند ساخت، پرداخت و اعتبارسنجی مدل‌ها با این نشریه است. هرچند در فرآیند ارزیابی مدل، ساختاری مشترک برای مدل‌سازی ارائه شده، اما جزئیات و موارد نیازمند بررسی برای هر نرم‌افزار مدل‌سازی، متفاوت خواهد بود که در فصل‌های آتی این نشریه به آن پرداخته شده است. فرآیند ارزیابی مدل، از شش مرحله تشکیل شده است:

۱ - مرحله ۱: تعیین محدوده مورد مطالعه برای مدل پایه

۲ - مرحله ۲: پرداخت مدل پایه

۳ - مرحله ۳: اعتبارسنجی مدل پایه

۴ - مرحله ۴: تعیین محدوده مورد مطالعه برای مدل طرح پیشنهادی

۵ - مرحله ۵: ساخت مدل طرح پیشنهادی

۶ - مرحله ۶: اتمام فرآیند ارزیابی مدل

۱-۵-۱- تعیین محدوده مورد مطالعه

در ابتدای مطالعه و آغاز فعالیت‌های مدل‌سازی، باید یک جلسه‌ی آشنایی با حضور همه ذی‌نفعان و مشارکت‌کنندگان در فرآیند ارزیابی مدل به‌منظور تعیین محدوده‌ی مورد مطالعه در مدل پایه برگزار شود. در این جلسه، ویژگی‌های کلی طرح پیشنهادی و خروجی‌های و فعالیت‌های مورد نیاز در مراحل مختلف ساخت مدل پایه و مدل طرح پیشنهادی مطرح می‌شود. در این جلسه که به‌عنوان مرحله‌ی اول فرآیند ارزیابی مدل شناخته می‌شود، باید روش و جزئیات مدل‌سازی و

نحوه ارسال گزارش‌ها و چهارچوب مدل‌های ارسالی در آینده در قالب فهرست انتظارت از مدل‌سازی مطابق بخش ۱-۵-۲- تعیین شود و در حین مدل‌سازی به‌عنوان مرجع مورد استفاده قرار گیرد.

پس‌ازاین‌که مدل پایه تائید شد، باید جلسه‌ی تعیین محدوده‌ی مدل پیشنهادی مطابق مرحله‌ی چهارم فرآیند ارزیابی مدل برگزار شود. در این جلسه نیز باید همه ذی‌نفعان حضور داشته باشند. هدف از برگزاری این جلسه، بررسی طرح پیشنهادی و الزامات مدل‌سازی به‌منظور اتخاذ رویکردی مناسب برای ساخت مدل و افزایش کیفیت آن است. هر تغییری باید مستندسازی شده و در فهرست انتظارت از مدل‌سازی به‌روزرسانی شود.

۱-۵-۲- فهرست انتظارت از مدل‌سازی

برای اطمینان از شفاف بودن نیازمندی‌ها و الزامات مدل‌سازی طرح پیشنهادی، باید گزارشی با عنوان فهرست انتظارت از مدل‌سازی پس از تعیین محدوده‌ی مورد مطالعه برای مدل پایه در مرحله‌ی اول فرآیند ارزیابی مدل تهیه شود. این سند کلیه‌ی الزامات مورد توافق برای مدل‌سازی را جمع‌بندی کرده و باید پیش از شروع مرحله‌ی دوم فرآیند ارزیابی مدل به تائید همه ذی‌نفعان در طرح برسد. موضوعاتی که باید در فهرست انتظارت از مدل‌سازی گنجانده شود، عبارتند از:

- **خلاصه‌ی طرح:** شامل خلاصه‌ی طرح، مشخصات مجری طرح، اهداف طرح و خلاصه‌ای از تغییرات پیشنهادی است.
- **محدوده مدل:** جزئیات محدوده مورد مطالعه تحت پوشش هر سطح از مدل‌سازی که مورد نیاز پروژه است.
- **دوره‌های اوج ترافیک:** دوره‌های اوج ترافیک که باید در هر سطح از مدل‌سازی مدل شود را مشخص می‌کند. ممکن است دوره‌های اوج در سطوح مختلف مدل‌سازی متفاوت باشد.
- **الزامات نرم‌افزاری:** جزئیات نسخه‌ی مشخصی از هر نرم‌افزار که برای ارزیابی طرح پیشنهادی مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- **معیارهای پرداخت/اعتبارسنجی:** جزئیات هر فرآیندی که باید دقت بازنمایی واقعیت وضع موجود را در مدل پایه نشان دهد. باید نوع و مقدار قابل‌قبول شاخص‌های نکویی برازش برای داشتن یک مدل پرداخت شده/ اعتبارسنجی شده را بیان کرد.
- **گردآوری داده‌ها:** جزئیات داده‌های موردنیاز برای ساختن مدل پایه ارائه می‌شود که شامل تعیین موجود بودن برخی اطلاعات و یا نیاز به آماربرداری یا بازدید میدانی برای گردآوری داده‌ها می‌شود.
- **داده‌های چراغ‌های راهنمایی:** تعیین چراغ‌هایی که زمان‌بندی آن‌ها از کارفرما دریافت گردآوری خواهد شد یا روش گردآوری زمان‌بندی در تقاطع‌ها یا معبرهایی که به‌صورت محلی کنترل می‌شوند.
- **اندرکنش بین سطوح مدل‌سازی:** جزئیات سطوح مدل‌سازی مورد استفاده و چگونگی اندرکنش سطوح مختلف مدل‌سازی ارائه می‌شود.

- **مدل‌سازی طرح پیشنهادی:** در صورت وجود هرگونه الزام خاص برای ساختن مدل طرح پیشنهادی باید به آن اشاره شود.
- **گزارش/خروجی‌ها:** تعیین خروجی‌های مطلوب مدل‌سازی که شامل مقایسه‌ی گزینه‌های مختلف است و تعیین گزارش‌ها و مدارک پشتیبانی که باید همراه با مدل ارسال شود.
- **برنامه زمان‌بندی:** تعیین زمان‌بندی انجام فعالیت‌ها و زمان‌های کلیدی پروژه
- **اطلاعات ذی‌نفعان:** فهرست ذی‌نفعان در طرح و نحوه ارتباط با ایشان

طرح پیشنهادی ممکن است در حین مدل‌سازی تغییر کند و به همین دلیل گزارش فهرست انتظارت از مدل‌سازی باید در مرحله‌ی چهارم (جلسه‌ی تعیین محدوده‌ی مدل طرح پیشنهادی) بازبینی و در صورت لزوم به‌روزرسانی شود.

فصل ۲

برنامه‌ریزی برای انجام مدل‌سازی

برنامه‌ریزی برای انجام مدل‌سازی

ساخت یک مدل متناسب با اهداف طرح، نیازمند صرف زمان کافی است. بنابراین توصیه می‌شود با تهیه یک برنامه زمان‌بندی از انجام فعالیت‌های مطالعه، فرآیند ساخت مدل هر چه زودتر آغاز شود. در ادامه موضوعاتی که باید هنگام برنامه‌ریزی برای مطالعه و ارزیابی طرح پیشنهادی و تهیه برنامه زمان‌بندی یک پروژه‌ی مدل‌سازی در نظر گرفته شود، بیان شده است. البته در هر پروژه‌ی مدل‌سازی، امکان تغییر الزامات و نیازمندی‌های اولیه وجود دارد که باید مورد توافق همه ذی‌نفعان پروژه قرار گیرد.

۲-۱- آشنایی با شبکه حمل‌ونقل

قبل از آغاز هر فعالیت مدل‌سازی یا برداشت میدانی، لازم است با هماهنگی کارفرما، اطلاعات پایگاه داده‌های موجود را شناسایی و دریافت کرد. فصل ۳- گام‌های آشنایی با محیط تحت مدل‌سازی را شرح می‌دهد. برخی موضوعات عبارتند از:

- مشخصات هندسی معابر، تقاطع‌ها، و گذرگاه‌های پیاده،
- زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی،
- مشخصات خطوط حمل‌ونقل همگانی،
- بازه‌های زمانی اوج،
- تاریخ یا تاریخ‌های شمارش جریان تردد خودکار.

۲-۲- هدف مدل‌سازی

تدوین یک برنامه شفاف منجر به رفع ابهامات شده و امکان ساخت مدل تردد متناسب با اهداف مطالعه را افزایش می‌دهد. تعریف هدف و تعیین خروجی‌های الزامی مدل‌سازی ضروری است. اهداف طرح مشخص می‌کند که چه خروجی‌هایی از مدل‌سازی مورد انتظار است. از طرفی، محدوده‌ی مدل مشخص می‌کند که چه خروجی‌هایی از مدل قابل دریافت است. محدوده‌ی مدل که در مرحله‌ی اول فرآیند ارزیابی مدل (بخش ۱-۵-۱-) تعریف شده است، باید به‌صورت شفاف در گزارش‌ها بیان شود.

۲-۳- محدوده مورد مطالعه

در هنگام ساخت مدل پایه باید همه کاربران راه را در نظر گرفت و به همین دلیل ممکن است برای در نظر گرفتن اثرات طرح بر محدوده‌های بزرگ‌تر، به بیش از یک مدل نیاز باشد. مرزهای مدل باید تمام محدودهایی را که طرح بر جریان تردد، زمان سفر و تأخیر معابر اثر می‌گذارد، شامل شود. به‌عبارت‌دیگر، تأثیر طرح بر هر تقاطع یا معبر به‌صورت جداگانه

بررسی نمی‌شود، بلکه باید تأثیر طرح بر شبکه معابر مجاور را نیز در نظر گرفت.

هنگام تعیین محدوده‌ی مورد مطالعه برای مدل پایه، باید اهداف و تأثیرات بالقوه‌ی طرح پیشنهادی را در نظر گرفت تا خروجی‌های مورد نیاز مدل‌سازی به دست آید. مرزهای محدوده مورد مطالعه برای مدل‌سازی باید مطابق مرحله‌ی اول فرآیند ارزیابی مدل (بخش ۱-۵-۱-)، با تائید کارفرما انتخاب شود. یک تقاطع/معبر باید درون محدوده مورد مطالعه باشد، اگر طرح پیشنهادی شرایط زیر را ایجاد کند:

- تغییرات قابل‌توجه در جریان تردد تقاطع/معبر،
- تغییرات فیزیکی شبکه‌ی معابر،
- تغییر عملکرد کنترل ترافیک (چراغ راهنمایی)،
- با پس‌زدگی صف، خروجی تقاطع را مسدود کند، چه به دلیل تأثیر طرح پیشنهادی باشد و چه ناشی از تغییرات برنامه زمان‌بندی چراغ راهنمایی.

محدوده مورد مطالعه باید به‌طور کامل صف‌های تشکیل شده در ورودی‌های مدل را شامل شده و ظرفیت کافی برای بارگذاری همه وسایل نقلیه در طول دوره‌ی زمانی مدل‌سازی را در تمام گزینه‌ها فراهم سازد. به‌این‌ترتیب، می‌توان مطمئن بود که:

- تأثیر هر انسداد در بالادست به‌سادگی قابل‌شناسایی و برطرف کردن است،
- مدل با زیر برآورد کردن ظرفیت، نتایج اریب و غیرواقعی نشان ندهد.

اگر محدوده مورد مطالعه، شامل بخشی از سامانه‌ی چراغ‌های راهنمایی هوشمند و هماهنگ شده (مانند موج سبز) باشد که قرار است زمان چرخه‌ی یکی از آن‌ها تغییر کند، لازم است محدوده مورد مطالعه بزرگ‌تر شده و کلیه چراغ‌های هماهنگ شده در مدل‌سازی در نظر گرفته شود. اگر برنامه‌ای برای تغییر زمان چرخه وجود نداشته باشد، نیازی به افزایش محدوده مدل نیست مگر آن‌که تقاطع‌های مجاور طرح مشمول شرایط بالا باشند.

توصیه می‌شود که محدوده‌ی مورد مطالعه برای ساخت مدل پایه پیش از شروع کار/قرارداد توسط کارفرما تعیین شود، زیرا در برآورد حجم فعالیت‌ها و مبلغ قرارداد بسیار مؤثر است.

۲-۴- خروجی‌های موردنیاز

در هنگام برنامه‌ریزی یک پروژه‌ی مدل‌سازی باید مشخص شود که چه خروجی‌هایی برای دستیابی به اهداف مطلوب پروژه مدنظر است. خروجی مدل‌سازی باید به‌صورت شفاف نشان دهد که مزایا و معایب طرح چه بوده و اثرات آن چیست. به‌عنوان‌مثال، اگر هدف از پروژه بهبود زمان سفر اتوبوس‌ها باشد، باید در خروجی مدل نتایج زمان سفر اتوبوس از نتایج مربوط به سایر شیوه‌های سفر تفکیک شود. با تعیین خروجی‌های موردنیاز می‌توان سطح جزییات مدل‌سازی و نرم‌افزار

مدل‌سازی مناسب را مشخص کرد. نمونه‌ای از خروجی‌های متداول هر یک از سطوح مدل‌سازی در جدول ۱–۱ ملاحظه می‌شود.

۲-۵- نرم‌افزار مدل‌سازی

پس از مشخص شدن خروجی‌های مورد نیاز طرح، نوع نرم‌افزار مدل‌سازی مورد نیاز برای ارزیابی تعیین خواهد شد. نرم‌افزارهایی که معمولاً برای مدل‌سازی و ارزیابی عملیاتی مورد استفاده قرار می‌گیرند، عبارتند از:

- **قطعی:** برای محاسبه‌ی زمان‌بندی بهینه‌ی چراغ‌های راهنمایی بر اساس شرایط شبکه استفاده می‌شود. زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی به‌دست‌آمده از مدل‌های قطعی، به‌عنوان ورودی انواع دیگر مدل‌ها به کار می‌رود. بسته‌های نرم‌افزاری قابل استفاده شامل لین‌سیگ، ترانزیت و VISTRO هستند.
- **شبیه‌سازی خردنگر:** وقتی محدوده مورد مطالعه نسبتاً بزرگ و پیچیده باشد، از شبیه‌سازی خردنگر به‌جای مدل قطعی استفاده می‌شود. مدل‌های شبیه‌سازی خردنگر نسبت به مدل‌های تاکتیکی، از اطلاعات با جزئیات بیشتری استفاده می‌کنند. در فرآیند سه مرحله‌ای مدل‌سازی (بخش ۱-۴-) از شبیه‌سازی خردنگر برای ارزیابی جزئیات تأثیر طرح پیشنهادی استفاده می‌شود. بسته‌های نرم‌افزاری قابل استفاده شامل ایمسان، LEGION و ویسیم هستند.
- **تاکتیکی:** مدل‌سازی تاکتیکی، عبارت است از استفاده از مدل کلان‌نگر (راهبردی) طرح جامع حمل‌ونقل، که جزییات آن برای تحلیل عملیاتی تدقیق شده است. مدل‌های تاکتیکی محدوده بزرگی را تحت پوشش قرار داده و در فرآیند سه مرحله‌ای مدل‌سازی (بخش۱-۴-) برای شناسایی تأثیر طرح پیشنهادی بر انتخاب مسیر و عملکرد شبکه در مقیاس کلان، مورد استفاده قرار می‌گیرد. بسته‌های نرم‌افزاری قابل استفاده شامل ایمسان و VISUM هستند.
- **میان‌نگر:** تعادلی بین مدل‌های شبیه‌سازی خردنگر و تاکتیکی که نسبت به مدل‌های شبیه‌سازی خردنگر جزئیات کمتری داشته و نسبت به مدل‌های تاکتیکی جزئیات بیشتری دارد. این روش در این نشریه به کار نرفته است. بسته‌های نرم‌افزاری قابل استفاده شامل ایمسان، VISUM و ویسیم هستند.
- **کلان‌نگر:** مدل راهبردی تهیه شده در طرح جامع حمل‌ونقل که برای افق بلندمدت، تقاضای سفر را برای شرایط مختلف شبکه در آینده به کمک مدل‌های چهارمرحله‌ای برآورد تقاضا، برآورد می‌کند. این روش در این نشریه به کار نرفته است و در ضابطه ۸۰۱ سازمان برنامه‌وبودجه کشور به آن پرداخته شده است.

پس از ساخت و پرداخت مدل پایه در یک نسخه نرم‌افزار، ساخت مدل پایه‌ی افق و مدل اعمال تغییر نیز باید در همان نسخه ساخته شود و تغییر به نسخه بالاتر یا پایین‌تر باعث رد کلیه‌ی فعالیت‌های پرداخت و اعتبارسنجی پیشین می‌شود.

۲-۶- برنامه‌ریزی برای آماربرداری و گردآوری داده‌ها

گردآوری داده‌ها و شمارش حجم تردد و انجام سایر آماربرداری‌ها باید در مراحل ابتدایی زمان‌بندی مطالعه در نظر گرفته شود. میزان داده‌های مورد نیاز وابسته به هدف مدل‌سازی و خروجی‌های مورد نیاز است. اطلاعات بیشتر در خصوص انواع داده‌هایی که باید به‌عنوان بخشی از مطالعه برای مدل‌سازی گردآوری شوند، در فصل ۳- شرح داده شده است.

فصل ۳

گردآوری داده‌ها

گردآوری داده‌ها

پس از آشنایی با شبکه، باید داده‌های مورد نیاز برای ساخت مدل متناسب با اهداف مطالعه، گردآوری شود. بدون داشتن داده‌های صحیح، امکان ساخت، پرداخت و اعتبارسنجی صحیح مدل وجود ندارد. گردآوری داده‌ها شامل استفاده از داده‌های موجود و نیز گردآوری داده‌های جدید است که جزییات آن در بخش‌های بعدی توضیح داده خواهد شد.

یکی از دلایل گردآوری داده‌های نادرست، عدم آگاهی و کم‌تجربگی آماربرداران است. برداشت‌های میدانی باید تحت نظارت یک کارشناس باتجربه انجام شود که با مفاهیم مدل‌سازی و روش‌های آماربرداری آشنای کافی داشته باشد. آموزش کافی و بازدید از آماربرداران در حین آماربرداری توسط این کارشناس ضروری است.

۳-۱- منابع داده‌های موجود

برای ساخت مدل پایه باید تا حد ممکن و متناسب با جزییات مورد نیاز مدل، از داده‌های موجود نزد کارفرما و سایر دستگاه‌های مرتبط استفاده شود. برخی از این داده‌ها شامل موارد زیر است:

- داده‌های موقعیت و زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی: شامل چراغ‌های هوشمند و غیرهوشمند،
- **داده‌های آماربرداری از تردد:** شامل شمارش‌های دستی حجم تردد انجام شده در سایر مطالعات،
- **داده‌های شمارش‌گرهای خودکار تردد:** شامل داده‌های حجم تردد و سرعت تردد به تفکیک نوع خودرو در روزهای مختلف،
- **داده‌های دوبین‌های پایش تصویری:** با هدف شمارش دستی حجم تردد به کمک تصاویر دوربین‌ها،
- **داده‌های شبکه اتوبوسرانی:** شامل زمان سفر اتوبوس، سرفاصله حرکت و زمان توقف اتوبوس در ایستگاه که جزئیات آن در بخش ۳-۶- بیان شده است.

برای آشنایی با شبکه می‌توان از نقشه‌ها و تصاویر هوایی استفاده کرد، اما انجام بازدید میدانی و عکس‌برداری برای اطمینان از به‌روز بودن نقشه‌ها ضروری است. نقشه‌های برخط و ابزارهایی که برای این منظور مفید هستند عبارتند از:

- نشان https://neshan.org
- نقشه‌های گوگل[۱]
- Google Earth
- OpenStreetMap

از بین گزینه‌های موجود برای دریافت تصاویر هوایی، در حال حاضر نقشه‌های گوگل بهترین وضوح تصویر را ارائه می‌کند. اگر تصاویر هوایی دریافتی محو یا غیرشفاف باشد، گزینه 3D در نقشه‌های گوگل تصاویر را به گونه دیگری ارائه

[۱] Google Maps

می‌دهد. تصاویر هوایی سال‌های گذشته نیز از Google Earth قابل‌دسترسی است.

یکی از کاربردی‌ترین ابزارهای نقشه‌های برخط، دسترسی به تصاویر سراسرنما (۳۶۰ درجه‌ای) از خیابان است که مانند نگاه کردن از چشمان راننده‌ی مستقر در خیابان، امکان مشاهده کاربری‌های دو طرف و سطح خیابان را فراهم می‌کند. نقشه‌های نشان و گوگل دارای این قابلیت هستند. از هر ابزاری که استفاده شود، توجه به تاریخ تصاویر ثبت شده برای حصول اطمینان از مناسب بودن آن برای اهداف مدل‌سازی ضروری است.

به کمک ین نقشه‌ها می‌توان وضعیت تردد و زمان سفر در معابر را در ساعت مختلف روزهای مختلف هفته مشاهده کرد. نقشه‌های نشان و گوگل دارای این قابلیت هستند.

برای ساخت مدل می‌توان از داده‌های نقشه‌های برخط و پایگاه‌ها داده‌های موجود استفاده کرد. نمونه‌هایی از این داده‌ها عبارتند از: تعداد خط عبور، محل‌های پارک ممنوع، مشخصات هندسی معبر و علائم افقی و عمودی. اما این داده‌ها نباید جایگزین بازدید میدانی شود، زیرا ممکن است قدیمی بوده و نشان‌دهنده‌ی وضعیت کنونی معبر نباشند. بهتر است این داده‌ها به‌عنوان اطلاعات اولیه در نظر گرفته شده و طی بازدید میدانی درستی آن‌ها تائید شود.

۳-۲- بازدید میدانی

پس از ساخت مدل، باید آن را با استفاده از داده‌هایی که از طریق بازدید و برداشت میدانی به دست می‌آیند، پرداخت کرد. کیفیت مدل نهایی و هر تحلیلی که از آن منتج شود، وابسته به داده‌هایی است که برای ساخت مدل مورد استفاده قرار گرفته است. برداشت داده‌ها در تمام محدوده مورد مطالعه باید با روش یکسانی انجام شود تا خطای ناشی از برداشت به مدل وارد نشود.

برداشت میدانی باید برای همه بازه‌هایی که قرار است مدل‌سازی شود، انجام شود. برخی از نکات مهم در بازدید میدانی و داده‌هایی که باید برداشت شوند، عبارتند از:

- مشخصات هندسی تقاطع/ معبر
- طول کمان‌های شبکه، عرض خط عبور و فواصل خطوط عبور عرضی پیاده
- خط‌کشی خطوط عبور و نحوه استفاده از خطوط
- نواحی تغییر خط و همگرایی/واگرایی
- زیرساخت‌های دوچرخه‌سواری شامل خطوط دوچرخه‌سواری (جداشده یا مختلط)، مسیرهای هدایت دوچرخه در تقاطع‌ها
- زمان سفر در شبکه
- جریان اشباع در خطوط توقف تقاطع
- رعایت حق‌تقدم
- مشکلات دید

- شمارش حجم تردد خودروها، دوچرخه‌ها و پیاده‌ها
- ظرفیت خط گردش‌به‌چپ و تأثیر صف آن بر انسداد مسیر
- طول و میزان استفاده از لچکی‌های خطوط گردش
- میزان عبور خودروها از چراغ چشمک‌زن در گذرگاه‌های عرضی پیاده
- انسداد خروجی‌ها
- خطوط ویژه اتوبوس و ساعات کاری آن
- محل ایستگاه اتوبوس، نوع آن (پهلوگاه، کنار خیابان)، و زمان توقف اتوبوس در ایستگاه
- پارکینگ‌ها، پارک حاشیه‌ای و تداخل عملیات پارک خودروها با جریان عبوری
- محدودیت‌ها در شبکه (شامل ممنوعیت پارک حاشیه‌ای، توقف و بارگیری)
- ایستگاه‌های تاکسی
- سرعت مجاز
- عملیات نگهداری و تعمیر معبر و سایر سوانح و تأثیر آن بر تردد
- اندازه‌گیری درجه‌ی اشباع و زمان سبز استفاده‌نشده از چراغ راهنمایی و شناسایی دلیل آن
- زمان سفر (برای حمل‌ونقل شخصی و همگانی)
- محل تشکیل صف و طول آن

بسیاری از داده‌های بالا را می‌توان اندازه‌گیری و به‌صورت کمّی گزارش کرد، اما لازم است، وضعیت کیفی رفتار کاربران راه در محدوده مورد مطالعه نیز در بازدید میدانی موردتوجه قرار گرفته و گزارش شود. برای نمونه، توجه به تطابق رفتار رانندگان با علائم راهنمایی و رانندگی ضروری است، مثلاً هنگامی‌که رانندگان از خط اختصاصی گردش‌به‌راست برای فرار از صف و حرکت مستقیم استفاده می‌کنند.

۳-۳- اندازه نمونه آماری

برداشت میدانی و اندازه‌گیری داده‌ها، با اندازه نمونه کافی صورت گیرد تا نتایج اندازه‌گیری، انطباق قابل‌قبولی با میانگین مقادیر واقعی داشته باشد. در اغلب موارد توصیه می‌شود که دست‌کم دو اندازه‌گیری صورت گیرد. مثلاً عرض معبر درصورتی‌که یکنواخت به نظر می‌رسد، دست‌کم در دو نقطه برداشت شود. یا یک‌بار برداشت طول معبر کافی است. هنگامی‌که داده‌های گردآوری‌شده دارای نوسانات زیادی باشد، تعداد نمونه‌برداری‌ها را باید آن‌قدر افزایش داد تا سطح دقت ٪۱۰ (با سطح اطمینان ٪۹۵) حاصل شود. بسیاری از داده‌ها به زمان وابسته‌اند و باید در بازه‌هایی که قرار است مدل‌سازی شوند، اندازه‌گیری شوند. بنابراین، بهتر است اندازه‌گیری‌ها در طول این بازه توزیع شوند.

۳-۴- شرایط عادی تردد

گردآوری میدانی داده‌ها باید در شرایط عادی تردد، عملکرد عادی چراغ‌های راهنمایی و عدم وجود هرگونه فعالیت یا الگوهای سفر غیرمعمول انجام شود تا نتایج اندازه‌گیری‌ها متأثر از مشکلات دیگری در سایر بخش‌های شبکه نباشد. برخی اختلالات احتمالی در شبکه که نباید آماربرداری و برداشت میدانی را در آن زمان انجام داد، عبارتند از:

- رفتار در روز خاصی از هفته: مانند تعطیلات آخر هفته،
- **رویدادهای برنامه‌ریزی‌شده:** مانند عملیات راه‌سازی، راهپیمایی، مراسم رسمی، جشن‌ها، بستن راه به‌صورت موقت، تعطیلات عمومی و تعطیلات مدارس،
- **رویدادهای برنامه‌ریزی‌نشده:** مانند سوانح رانندگی، قطع موقت چراغ راهنمایی، مدیریت دستی چراغ توسط پلیس برای مدیریت موقت تردد.

داده‌ها باید برای همه زمان‌های بحرانی مورد مطالعه گردآوری شود. این زمان‌ها شامل دوره گرم‌کردن[۱] پیش از ساعت اوج می‌شود. توصیه می‌شود بازه‌های زمانی زیر در نظر گرفته شود:

- ساعت اوج صبح،
- ساعت اوج عصر،
- یک ساعت غیر اوج،
- ساعت اوج تعطیلات آخر هفته که حجم خودروها در آن زیاد است.

ممکن است در مکان‌های مختلفی از محدوده مورد مطالعه، ساعات اوج با هم متفاوت باشد. بنابراین باید بازه زمانی آماربرداری به‌اندازه کافی طولانی باشد تا ساعات اوج همه مکان‌های مدل‌شده به‌دست‌آمده و با واقعیت منطبق باشد.

برای برنامه‌ریزی زمان گردآوری داده‌های میدانی باید با کارفرما مشورت صورت گیرد. ضروری است که عادی بودن شرایط کنترل تردد و چراغ‌های راهنمایی در هنگام گردآوری داده‌ها بررسی شده و یک‌بار به‌صورت میدانی اعتبارسنجی شود. زمان‌های جایگزین باید تعیین شود که اگر گردآوری داده‌ها در روز برنامه‌ریزی‌شده انجام نشد، در روزهای جایگزین انجام شود. همچنین در هنگام هرگونه گردآوری میدانی داده‌ها، کارفرما باید در جریان قرار گیرد تا بر شرایط شبکه نظارت کرده و از تغییرات ناگهانی پیشگیری کند.

۳-۵- حمل‌ونقل شخصی

آماربرداری از وسایل نقلیه شخصی برای دستیابی به برخی داده‌های مورد نیاز در فرآیند پرداخت و اعتبارسنجی مدل

---

[۱] بازه زمان کوتاهی منتهی به ساعات اوج ترافیک که حجم خودروها کم‌کم زیاد می‌شود.

پایه انجام می‌شود. در این بخش برخی از داده‌های مورد نیاز شرح داده شده‌اند.

۳-۵-۱- شمارش حجم تردد وسایل نقلیه

زمان اوج و مدت بازه‌ی آن برای مدل‌سازی بر اساس داده‌های ترددشماری تعیین می‌شود. معمولاً زمان اوج به زمانی اطلاق می‌شود که بیشترین حجم تردد خودروها مشاهده شده باشد. اما داده‌های دیگری مانند تعداد پیاده‌ها، دوچرخه‌ها و طول صف نیز ممکن است در تعیین زمان اوج مؤثر باشند. مدت بازه‌ی اوج معمولاً یک ساعت در نظر گرفته می‌شود، اما گاهی می‌توان از مدت‌زمان‌های طولانی‌تر هم استفاده کرد، مثلاً در مواردی که ازدحام ترافیک در مکان‌های مختلف مدل در زمان‌های مختلفی رخ می‌دهد.

روش، محل برداشت و بازه زمانی آماربرداری باید به تائید کارفرما برسد. شمارش خودروها باید به تفکیک نوع وسیله و در بازه‌های زمانی پانزده دقیقه‌ای انجام شود. تعداد حرکات گردشی نیز باید به تفکیک نوع وسیله در هر تقاطع شمرده شود. در مواقعی که با شبکه‌ای مواجه هستیم که انتخاب مسیرهای پیچیده‌ای دارد، استفاده از آماربرداری مبدأ-مقصد خودروها به‌صورت موضعی توصیه می‌شود. انتخاب شیوه‌ی مناسب به مشخصات شبکه و نرم‌افزار مدل‌سازی بستگی دارد. ترددشماری را می‌توان به‌صورت دستی، با کمک دوربین‌های ثابت در مکان‌های مشخص یا با استفاده از سامانه‌های خودکار تشخیص شماره پلاک انجام داد.

در صورت امکان، ترددشماری باید در یک روز یکسان برای همه تقاطع‌های درون محدوده مورد مطالعه و برای همه بازه‌های زمانی مدل‌سازی انجام شود. استفاده از یک ضریب برای برآورد جریان تردد در یک ساعت اوج بر اساس داده‌های ترددشماری در یک ساعت اوج دیگر، در صورت داشتن اطمینان از ضریب و تائید کارفرما قابل‌قبول است.

بهتر است بازدید میدانی هم‌زمان با ترددشماری صورت گیرد تا داده‌های پرداخت و اعتبارسنجی معتبری گردآوری شده و از عادی بودن شرایط تردد اطمینان حاصل شود. به‌این‌ترتیب، زمان سفر، درجه اشباع و طول صف نیز در زمان ترددشماری اندازه‌گیری می‌شوند. عوامل متعددی مانند مدیریت ترافیک می‌توانند بر نتایج تأثیر گذارند. شناسایی این عوامل در کنار گزارش وضعیت هوا و اتفاقاتی که توسط آماربرداران گزارش شده، حائز اهمیت است. توصیه می‌شود هماهنگی لازم با کارفرما برای بررسی امکان بروز خطا یا عملکرد غیربرنامه‌ریزی‌شده در چراغ‌های راهنمایی در زمان ترددشماری انجام شود.

شمارش تعداد گردش خودروها به تفکیک نوع وسیله در تقاطع دارای محدودیت‌هایی است. گردش یعنی خودرویی که از یک بازوی تقاطع خارج می‌شود و به بازوی دیگر تقاطع وارد می‌شود. باید اطمینان حاصل شود که خودرویی که از یک تقاطع خارج می‌شود به تقاطع‌های مجاور وارد می‌شود یا خیر. اگر اختلاف بین تعداد خودروهای خروجی از یک تقاطع و ورودی به تقاطع مجاور بیش از ۵ درصد بود، باید احتمال خروج خودروها از فاصله بین آن دو تقاطع مثلاً برای ورود به یک معبر فرعی یا پارکینگ به‌صورت میدانی بررسی شود. اگر در بررسی‌ها چنین نقاطی یافت شد، برای برآورد نرخ جریان تردد در هر ساعت باید به مدت ۱۵ دقیقه شمارش لحظه‌ای انجام شود. اگر تفاوت بین خروجی و ورودی زیاد بوده و نقطه

خاصی نیز یافت نشود، باید به مدت ۱۵ دقیقه شمارش لحظه‌ای انجام داده و نتایج آن را با نتایج شمارش اولیه مقایسه و آن را اعتبارسنجی کرد. توصیه می‌شود برای بالا بردن دقت شمارش لحظه‌ای، جریان تردد در تعدادی از چرخه‌های کامل چراغ راهنمایی برداشت شود.

ممکن است در تحلیل جریان تردد در کل یک شبکه، خطاهای شمارش مشخصی در برخی نواحی مشاهده شود، مثلاً جریان تردد در منطقه‌ای بیش از مقدار متناظر در منطقه‌ی مجاور باشد. هنگامی شمارش به‌صورت دستی انجام می‌شود، قانون کلی بر انتخاب مقدار شمارش بالاتر است؛ زیرا معمولاً خطای شمارش از جا انداختن خودروها ناشی است و امکان دوباره شمردن خودرو کم‌تر است. از طرفی با در نظر گرفتن مقدار بزرگ‌تر، طرح بر اساس حالت بحرانی‌تری مدل می‌شود.

حجم تردد از انواع مختلف وسایل نقلیه تشکیل شده است که از مکانی به مکان دیگر ترکیب آن‌ها متفاوت خواهد بود. نرم‌افزارهای مدل‌سازی تردد از واحد مشترکی به نام واحد خودروی سواری استفاده می‌کنند. هر وسیله نقلیه با استفاده از یک ضریب هم‌سنگ (معادل) سواری، به واحد خودروی سواری تبدیل می‌شود و از جمع همه آن‌ها، حجم تردد هم‌سنگ سواری به دست می‌آید. در جدول ۳–۱ مقادیر رایج ضریب هم‌سنگ سواری برای انواع وسیله نقلیه ارائه شده است.

جدول ۳–۱- مقادیر ضریب هم‌سنگ سواری

نوع وسیله نقلیه	ضریب هم‌سنگ سواری
دوچرخه	۰,۳
موتورسیکلت	۰,۳
خودروی سواری	۱,۰
وانت	۱,۰
کامیونت	۱,۵
کامیون	۲,۵
اتوبوس	۵,۰

۳-۵-۲- زمان حرکت/ سرعت حرکت

زمان حرکت، مدت‌زمانی است که یک خودرو با حرکت در میان دسته‌ای از خودروها برای حرکت از خط ایست یک تقاطع تا رسیدن به خط ایست تقاطع بعدی طی می‌کند. فرض می‌شود در طی مسیر هیچ چراغ راهنمایی وجود ندارد که باعث کاهش سرعت و در نتیجه ایجاد تأخیر در حرکت شود. توصیه می‌شود به‌جای سرعت حرکت در معابر، از زمان حرکت به‌عنوان ورودی در مدل‌سازی تردد مورد استفاده شود، زیرا نسبت به‌سرعت حرکت صحیح‌تر بوده و استفاده از آن از بروز خطا در محاسبه اختلاف شروع زمان سبز (آفست) در بهینه‌سازی زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی هماهنگ شده پیشگیری می‌کند. بااین‌حال، در برخی موارد (بسته به نوع مدل) به دلیل هدف مدل‌سازی یا ملاحظه‌ای خاص در پروژه می‌توان از اندازه‌گیری سرعت حرکت نیز استفاده کرد.

به دست آوردن زمان حرکت آزاد به‌طور صحیح در شرایط ازدحام دشوار است. اگر ازدحام مانع گردآوری داده‌های زمان حرکت آزاد باشد، باید در ساعاتی خارج از ساعات اوج آن را برداشت کرد. روش دیگر این‌که اندازه‌گیری در بخش‌هایی از

مسیر که دارای زمان حرکت آزاد است، انجام شده و با استفاده از برون‌یابی با در نظر گرفتن نسبت طول بخش دارای ازدحام و بخش دارای زمان حرکت آزاد، مقدار زمان حرکت کل مسیر به دست آید. اگر در موقعیت مکانی خاصی یک ازدحام همیشگی مانع از محاسبه‌ی زمان حرکت آزاد باشد، محاسبه‌ی زمان حرکت از طریق خودروهای جهت مخالف نیز قابل‌قبول خواهد بود، اما نحوه‌ی محاسبه‌ی آن باید در گزارش ذکر شود.

وقتی خط ایست تقاطع بعدی به دلایلی مانند فاصله زیاد یا پیچ در معبر، قابل مشاهده نباشد، اندازه‌گیری زمان حرکت غیرممکن است. در این حالت می‌توان کل مسافت را به بخش‌های کوچک‌تری تقسیم کرد و با جمع‌کردن زمان حرکت همه بخش‌ها با هم‌زمان حرکت را به دست آورد. روش دیگر برای این حالت، همکاری دو آماربردار است که یکی در ابتدا و دیگری در انتهای مسیر، یک خودروی معین را رصد کنند. تعداد نمونه‌گیری باید به‌گونه‌ای باشد که نسبت به صحت نتایج اطمینان حاصل گردد. به‌طورمعمول دست‌کم باید سرعت ۱۰ خودروی نمونه برداشت شود، اما در صورت لزوم و مشاهده‌ی نوسانات زیاد در نتایج، ممکن است به بیش از ۱۰ نمونه نیاز باشد. برای اطلاعات بیشتر در خصوص اندازه نمونه به بخش ۳-۳- مراجعه فرمایید.

۳-۵-۳- زمان سفر

زمان سفر با هدف اعتبارسنجی مدل معمولاً بین دو نقطه‌ی اختیاری اندازه‌گیری شده و نسبت به زمان حرکت مسافتی طولانی‌تر را پوشش داده و چندین خط ایست تقاطع را شامل می‌شود. زمان سفر باید در شرایط عادی و بدون وجود هرگونه حادثه و رویدادی اندازه‌گیری شود. در حالت ایده‌آل آماربرداری باید هم‌زمان با ترددشماری باشد. اگر این امر ممکن نباشد، شرایط شبکه باید تا حد ممکن یکسان باشد. اگر اندازه‌ی شبکه بزرگ باشد، ممکن است اندازه‌گیری زمان سفر در روزهای متعددی انجام شود. در این حالت، روزهای انتخابی باید از بین روزهای عادی باشند.

در سال‌های اخیر اطلاعات GPS خودروهای شخصی بیش‌ازپیش در دسترس قرار داشته و می‌تواند به برای اندازه‌گیری زمان سفر مورد استفاده قرار گیرد. به همین دلیل، آماربرداری زمان سفر در زمان‌ها، مسافت‌ها و روزهای بیشتری امکان‌پذیر است. برای مثال با استفاده از GPS می‌توان از میانگین زمان سفر در روزهای مختلف استفاده کرد که منجر به ساخت و اعتبارسنجی مدل شبیه‌سازی خردنگر مطمئن‌تری خواهد شد. از طرفی در صورت وجود دوربین‌های ثابت برای نظارت بر زمان سفر در شبکه معابر، یا اطلاعات سامانه تشخیص خودکار شماره پلاک خودروها، می‌توان از آن‌ها برای برداشت زمان سفر خودروها استفاده کرد.

اگر استفاده از داده‌های GPS و سامانه تشخیص خودکار شماره پلاک خودروها ممکن نباشد، روش خودروی شناور برای برداشت زمان سفر مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش یک یا چند خودرو در مسیرهای از پیش تعیین‌شده در محدوده مورد مطالعه حرکت کرده و زمان سفر بین دو نقطه‌ی از پیش تعیین‌شده را اندازه‌گیری خواهد شد. بهتر است این نقاط، خطوط ایست تقاطع‌ها باشند. خودروی شناور باید تلاش کند در محدوده سرعت مجاز حرکت کند. اگر یک خودرو از او سبقت گرفت، او هم از یک خودرو سبقت بگیرد. اگر از خطوط توقف به‌عنوان نقاط ابتدا و انتهای مسیر اندازه‌گیری

زمان سفر استفاده می‌شود، اندازه‌گیری زمان باید فوراً پس از رد شدن از خط ایست تقاطع صورت پذیرد. زمان سفر اندازه‌گیری شده در هر بخش اطلاعات مفیدی درباره هماهنگی چراغ‌های راهنمایی و تأخیرهای ناشی از صف به دست می‌دهد که در ساخت مدل به کار می‌روند.

مشاهدات و اندازه‌گیری زمان سفر برای هر مسیر در هر بازه‌ی اوج ترافیک باید چند بار تکرار شود. دست‌کم تعداد تکرار ۱۰ بار توصیه می‌شود. میزان زمان سفر در دنیای واقعی نوسانات بزرگی دارد و به همین دلیل این تکرار باید آن‌قدر ادامه یابد تا دقت به ٪۱۰ (سطح اطمینان ٪۹۵) افزایش یابد. در واقع رسیدن به این دقت تعیین‌کننده‌ی اندازه‌ی نمونه‌برداری زمان سفر است. البته در عمل محدودیت‌هایی در خصوص حداکثر تعداد سفرهایی که یک خودرو می‌تواند در بازه‌ی آماربرداری داشته باشد وجود دارد که باید در هنگام برنامه‌ریزی منابع آماربرداری مدنظر قرار گیرد. برای مثال می‌توان از دو یا سه خودرو در یک مسیر استفاده کرد. گردآوری داده‌های متعدد از زمان سفر این امکان را فراهم می‌سازد که تغییرات زمان سفر (دامنه، کمینه، بیشینه و انحراف معیار) نیز مورد بررسی قرار گیرد. مقایسه‌ی این اطلاعات با خروجی‌های مدل در هنگام اعتبارسنجی مدل پایه بسیار ارزشمند است. برای اطلاعات بیشتر در خصوص اندازه‌ی نمونه‌برداری به بخش ۳-۳- مراجعه فرمایید.

۳-۵-۴- طول صف

در مکان‌هایی که صف از چرخه‌ی یک چراغ راهنمایی تا چرخه‌ی چراغ راهنمایی بعدی ادامه دارد، برای پرداخت مدل از داده‌های طول صف استفاده می‌شود. در تقاطع‌های حق‌تقدمی و میدان‌ها (بخش ۱-۱-۱-) گردآوری داده‌های اعتبارسنجی مانند نسبت حجم جریان به ظرفیت دشوار بوده و از داده‌های مربوط به طول صف برای اعتبارسنجی مدل استفاده می‌شود. البته در تقاطع‌های حق‌تقدمی و میدان‌ها تغییرات طول صف زیاد بوده و بهتر است زمان برداشت با هماهنگی کارفرما یا پرسش محلی از روز بحرانی تعیین شود. برداشت طول صف در تقاطع‌های چراغ‌دار معمولاً در نقطه‌ی ثابتی از چرخه‌ی آن چراغ (مثلاً در اولین لحظه پس از سبز شدن چراغ) انجام می‌شود و برای هر خط عبور به‌صورت جداگانه و در واحد متر یا هم‌سنگ سواری گزارش می‌شود.

بهترین روش برداشت میدانی داده‌های بیشینه طول صف، ایستادن در انتهای صف پشت چراغ در لحظه‌ی سبز شدن آن است. در این هنگام خودروهایی که در ابتدای صف قرار گرفته‌اند شروع به حرکت کرده و خودروهای دیگری به انتهای صف افزوده می‌شوند و لحظه‌ای فرا می‌رسد که در هنگام رسیدن یک خودرو به انتهای صف دیگر توقف نیاز نبوده و پشت صف به خروج از تقاطع ادامه می‌دهد. اگر هیچ خودرویی به انتهای صف اضافه نشود، حداکثر طول صف برابر با طول صف در لحظه‌ی سبز شدن چراغ خواهد بود.

میزان صحت اندازه‌گیری طول صف معمولاً کمتر از سایر شاخص‌ها است، زیرا تعریف نقطه شروع صف سلیقه‌ای بوده و شناسایی آن دشوار است. معمولاً از طول صف برای اعتبارسنجی مدل‌ها استفاده نمی‌شود. این موضوع در بخش۴-۲- شرح داده شده است.

۳-۶- حمل‌ونقل همگانی

محدوده‌ی پیشنهادی برای ساخت مدل تردد، سطح جزئیات مورد نیاز برای مدل‌سازی حمل‌ونقل همگانی را تعیین می‌کند. همه ایستگاه‌ها و خطوط حمل‌ونقل همگانی در محدوده مورد مطالعه باید در بازه زمانی مدل‌سازی مورد توجه قرار گیرد. نقشه خطوط و ایستگاه‌ها را می‌توان از کارفرما دریافت کرد، اما بازدید میدانی و تائید آن‌ها قبل از ورود به مدل ضروری است.

در صورت وجود سامانه موقعیت‌یاب خودکار اتوبوس، داده‌های لحظه‌ای اتوبوس‌ها حین حرکت در مسیر گردآوری شده و برای ارائه‌ی زمان دقیق رسیدن اتوبوس به ایستگاه و اطلاع‌رسانی به مسافران به کار می‌رود. این داده‌ها برای پرداخت و اعتبارسنجی مدل موردنیاز هستند. به‌طور مشابه داده‌های کارت بلیت‌ها نیز می‌تواند به‌عنوان یک منبع اطلاعاتی در نظر گرفته شود.

۳-۶-۱- زمان سفر اتوبوس‌ها

داده‌های سامانه موقعیت‌یاب خودکار اتوبوس شامل زمان سفر بین ایستگاه‌های انتخابی در خط اتوبوس است. از زمان‌های سفر هر اتوبوس میانگین‌گیری می‌شود تا میانگین زمان سفر مشاهده‌شده برای هر بخش بین دو ایستگاه موردنظر مشخص شود. انتخاب بین زمان سفرهای ایستگاه به ایستگاه یا زمان سفر کل خط وابسته به سطح جزئیات مدل است. داده‌های سامانه موقعیت‌یاب خودکار اتوبوس، خروج یک اتوبوس از ایستگاه اول تا خروج آن از ایستگاه دوم را پوشش می‌دهند. به‌عبارت‌دیگر، هرگونه تأخیر در ایستگاه دوم نیز در آن در نظر گرفته می‌شود.

اگر داده‌های سامانه موقعیت‌یاب خودکار اتوبوس در دسترس نباشد، چند مشاهده‌ی میدانی برای هر خط در ساعات اوج صورت می‌گیرد تا زمان سفر مشخص شود. اگر در مسیری چند خط حمل‌ونقل همگانی متفاوت فعال باشند، بهتر است زمان سفر برای هر خط به‌صورت جداگانه اندازه‌گیری شود و میانگین زمان سفر هر خط ارائه شود. برای اطلاعات بیشتر در خصوص اندازه‌ی نمونه به بخش ۳-۳- مراجعه فرمایید.

۳-۶-۲- نحوه استفاده از ایستگاه اتوبوس و زمان توقف در ایستگاه

در بازدید میدانی باید نحوه استفاده از ایستگاه‌های اتوبوس مورد بررسی قرار گیرد، زیرا طرح ایستگاه‌ها در نقشه‌ها با نحوه استفاده از آن متفاوت است. تأثیر توقف اتوبوس در ایستگاه بر جریان تردد یا ورود سایر اتوبوس‌ها باید مورد بررسی قرار گیرد. برای مثال باید بررسی شود که آیا خودروها می‌توانند از کنار اتوبوسی که در ایستگاه توقف کرده عبور کنند، یا باید به جریان جهت مخالف اجازه عبور دهند. این مسئله روی ظرفیت معبر تأثیر می‌گذارد و در اعتبارسنجی زمان سفر چه برای حمل‌ونقل همگانی و چه برای حمل‌ونقل شخصی مؤثر است.

به‌طور مشابه، برای بازنمایی صحیح زمان سفر اتوبوس باید زمان توقف در ایستگاه برای هر خط محاسبه شود. زمان توقف در ایستگاه شامل زمان سوار/پیاده شدن مسافران، زمان استراحت راننده، زمان تعویض راننده‌ها و توقف‌های طولانی

برای تنظیم سرفاصله می‌شود. بسته به هدف مدل‌سازی و نوع آن، ممکن است داده‌های سوارشدن و پیاده شدن مسافران از اتوبوس نیز گردآوری شود، به‌ویژه هنگامی‌که هدف مطالعه مدل‌سازی تردد پیاده باشد.

داده‌های سامانه موقعیت‌یاب خودکار اتوبوس زمان توقف را برای هر خط در یک ساعت اندازه گرفته و برای هر ایستگاه میانگین واقعی زمان‌های توقف را ارائه می‌کند.

۳-۶-۳- نحوه استفاده از خط ویژه اتوبوس

در بازدید میدانی، باید محل خاتمه خط ویژه اتوبوس قبل از رسیدن به تقاطع بررسی شود. خطوط ویژه، فضای در اختیار سایر وسایل نقلیه را کاهش می‌دهند. روشی که برای مدل‌سازی خطوط ویژه اتوبوس به کار می‌رود وابسته به نرم‌افزار مدل‌سازی بوده و باید بر اساس مشاهدات میدانی تائید شود. سرفاصله و حجم استفاده‌ی اتوبوس‌ها، دوچرخه‌سواران، موتورسیکلت‌ها و تاکسی‌ها از این خطوط ویژه نیز باید مشخص شود.

۳-۷- دوچرخه

در همه مدل‌سازی‌ها باید مسیرهای دوچرخه را در مدل در نظر گرفت و اطلاعات حجم تردد و زمان سفر آن‌ها برداشت شود، مگر این‌که دلیل مناسبی برای حذف آن‌ها وجود داشته باشد.

۳-۸- پیاده

در دو حالت توجه به پیاده‌ها ضروری است: اول این‌که مدل‌سازی جزئیات تردد پیاده مدنظر باشد، و دوم در موقعیت‌هایی که عبور از عرض خیابان بدون چراغ راهنمایی و به‌صورت غیررسمی آن‌قدر زیاد باشد که روی رفتار خودروها تأثیر بگذارد. البته در تقاطع چراغ‌دار نیز باید به حجم تردد پیاده برای عبور عرضی از تقاطع و در تعیین فازبندی توجه کرد.

۳-۹- زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی

مدل‌سازی تردد بستگی زیادی به صحت زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی دارد تا بتواند ظرفیت تقاطع‌های چراغ‌دار را به‌درستی نشان دهد. در این بخش به‌اختصار شرح داده خواهد شد که چگونه می‌توان به‌صورت میدانی داده‌های زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی را به‌درستی گردآوری کرد. این داده‌ها باید هم‌زمان با سایر داده‌های ترافیکی اندازه‌گیری شده و برای هر بازه‌ی زمانی مدل‌سازی به‌صورت جداگانه ثبت شود.

۳-۹-۱- قواعد پایه

پیش از آغاز یک پروژه‌ی مدل‌سازی باید درک درستی از مفاهیم و واژه‌های مربوط به کنترل چراغ‌های راهنمایی داشت.

جزئیات بیشتر در کتاب تقاطع چراغ‌دار[۱] ارائه شده است. مراجعه به راهنمای نرم‌افزار و ضوابط مربوط به طراحی چراغ راهنمایی و تطابق تعاریف، پیش از استفاده از آنچه در این بخش آمده است الزامی است. واژگان کلیدی مورد استفاده در این نشریه در ادامه شرح داده شده‌اند:

- **گروه چراغ:** مجموعه‌ای از حرکت‌های مستقیم و گردشی که به‌صورت هم‌زمان توسط یک چراغ راهنمایی یکسان کنترل می‌شود.
- **کمینه گروه چراغ:** کمترین زمان چراغ سبز ممکن که می‌توان به هر گروه چراغ اختصاص داد.
- **زمان بین دو سبز:** زمان ایمن بین دو گروه چراغ مخالف که یکی از آن‌ها در حال از دست دادن حق تقدم و دیگری در حال به دست آوردن آن است.
- **فاز:** مدت‌زمانی که طی آن دسته‌ای از گروه چراغ‌های غیرمخالف همگی چراغ سبز را تجربه می‌کنند.
- **کمینه فاز:** کمترین مدت‌زمانی که یک‌فاز نیاز دارد تا کمترین نیازمندی‌های چراغ سبز را برای همه گروه چراغ‌های همان فاز تأمین کند.
- **زمان بین دو فاز:** مدت‌زمان بین پایان یک‌فاز و آغاز فاز دیگر که در هنگام سبز بودن همه‌ی گروه چراغ‌های یک‌فاز تعریف می‌شود. معادل زمان تخلیه بین دو فاز است.
- **تأخیر گروه چراغ:** تنظیم زمان آغاز یا پایان گروه چراغ در فاصله‌ی زمانی بین دو فاز. یک نوع از تأخیر گروه چراغ «تأخیر از دست دادن» است که بیان‌گر از دست دادن حق‌تقدمی است که به درون زمان بین دو فاز ادامه یافته تا ظرفیت را به بیشترین مقدار خود برساند. نوع دیگر تأخیر گروه چراغ «تأخیر به دست آوردن» است که بیان‌گر تأخیر در به دست آوردن حق‌تقدم به دلیل رعایت ایمنی است.
- **زمان چرخه:** مدت‌زمان مورد نیاز برای یک دور تکمیل کلیه‌ی مراحل در یک برنامه‌ی زمان‌بندی چراغ راهنمایی.
- **اختلاف فاز (آفست):** تفاوت زمانی بین شروع چرخه یا فازها در چراغ‌های راهنمایی هم‌جوار.
- **روش کنترل:** مجموعه‌ای از مراحل کنترل تقاطع که دریافت چراغ سبز توسط هر فاز را تضمین می‌کند. این مجموعه شامل مراحل اضطراری و جایگزین در شرایط خاص تردد نیز می‌شود.

۳-۹-۲- انواع کنترل چراغ راهنمایی

در حالت کلی نحوه کنترل چراغ‌های راهنمایی به دو دسته تقسیم می‌شود: کنترل هوشمند توسط مرکز پایش تردد و کنترل غیرهوشمند که به مرکز پایش تردد متصل نیستند. مرکز پایش تردد، تقاطع‌ها را در کل محدوده با استفاده از برنامه‌های زمان‌بندی خاصی که توسط کامپیوترهای مرکزی اجرا می‌شوند، کنترل می‌کند. چراغ‌هایی که به این مرکز متصل نیستند، به‌صورت محلی کنترل شده و زمان‌بندی‌ها روی کنترل هر موقعیت ذخیره می‌شود که بر اساس یک جدول

[۱] تقاطع چراغ‌دار، نویسنده: دایهنگ نی.

زمانی از پیش تعیین‌شده فعال می‌شوند. نحوه کنترل چراغ راهنمایی توسط مرکز پایش تردد به شیوه‌های زیر دسته‌بندی می‌شود:

- زمان ثابت: این تجهیزات با زمان‌بندی ثابتی برای چراغ‌های راهنمایی کار کرده و این زمان‌بندی‌ها بر اساس این‌که چه ساعتی از شبانه‌روز باشد، تعیین می‌شود.
- روش بهینه‌سازی هوشمند: این تجهیزات از یک سیستم هوشمند مبتنی بر الگوریتم استفاده می‌کنند که به‌وسیله‌ی آن به‌صورت مستمر و بر اساس تقاضای تردد موجود، مدت سبز بودن چراغ برای هر فاز، آفست در تقاطع و زمان چرخه‌ی محلی بهینه‌سازی می‌شوند. یک نمونه آن SCATS است.

تقاطع‌هایی که به مرکز پایش تردد متصل نیستند، تقاطع‌های دارای زمان ثابت یا بهینه‌سازی هوشمند همگی قابلیت پشتیبانی از فاز وابسته به تقاضای پیاده‌ها و خودروها را دارند (بخش ۳-۹-۵-). البته فعال‌سازی این فازها تنها با تقاضای پیاده یا خودرو صورت می‌پذیرد و در غیر این صورت، زمان تخصیص داده شده، به فازهای دیگر واگذار می‌شود. در چراغ راهنمایی با زمان ثابت، این واگذاری به‌صورت از پیش تعیین‌شده و با ساختاری ثابت انجام می‌شود و در چراغ‌های دارای سیستم بهینه‌سازی هوشمند به‌صورت هوشمند و با در نظر گرفتن شرایط لحظه‌ای تردد انجام می‌شود.

۳-۹-۳- تقاطع‌های متصل به مرکز پایش تردد

وظیفه‌ی اصلی مرکز پایش تردد، ارسال رویداد تغییر فاز به تنظیم‌گر (تنظیم‌گر) چراغ‌های نصب‌شده در خیابان از طریق برنامه‌های زمان‌بندی و در نتیجه، تنظیم مدت‌زمان چراغ سبز برای هر فاز است. برنامه‌ی زمان‌بندی چراغ راهنمایی مرکز پایش تردد، توالی فازهایی که باید اجرا شود را به تنظیم‌گر چراغ اعلام می‌کند. به همین منظور، مرکز پایش تردد، تقاضایی را به تنظیم‌گر ارسال می‌کند که فاز را تغییر دهد (بیت اجبار) و پس از تغییر فاز، پیامی مبنی بر تائید انجام دستور توسط تنظیم‌گر ارسال می‌شود (بیت پاسخ). همه برنامه‌های زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی از ساختاری یکسان پیروی می‌کنند که در آن، تنظیم‌گر هدف، شماره‌ی برنامه‌ی زمان‌بندی، زمان چرخه و زمان اعمال تغییر فاز تعیین شده است.

فرآیند استخراج برنامه زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی در خیابان از مرکز پایش تردد نیازمند تخصص ویژه و آشنایی با جزییات نرم‌افزار بهینه‌سازی هوشمند چراغ است که شرح جزئیات آن فراتر از محدوده‌ی این راهنما است.

زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی زمان ثابت را می‌توان مستقیماً از برنامه‌های مرکز پایش تردد استخراج کرد، زیرا این نوع چراغ‌ها زمان چرخه‌ی ثابتی دارند که توالی فازها و مدت‌زمان آن‌ها همواره ثابت است. یا می‌توان در دوره‌های زمانی اوج و غیر اوج، دست‌کم ۵ بار به‌صورت میدانی برنامه زمان‌بندی را برداشت و از میانگین آن در هر دوره استفاده کرد.

نرم‌افزارهای بهینه‌سازی هوشمند شبکه‌ای زمان‌بندی چراغ راهنمایی مانند SCATS، معمولاً دارای یک رابط کاربری به نرم‌افزارهای شبیه‌سازی خردنگر هستند که کلیه اطلاعات زمان‌بندی چراغ را وارد مدل کرده و می‌توان رفتار پویای

چراغ‌ها را به‌صورت کامل مدل کرد. اگر این رابط کاربری موجود نباشد، باید برنامه‌ی زمان‌بندی هر تقاطع هوشمند بر اساس میانگین داده‌ها برداشت شود. به این منظور باید در دوره‌های زمانی اوج و غیر اوج، دست‌کم ۵ بار به‌صورت میدانی برنامه زمان‌بندی را برداشت و از میانگین آن در هر دوره استفاده کرد.

۳-۹-۴- تقاطع‌های غیر متصل به مرکز پایش تردد

چراغ‌های راهنما در تقاطع‌هایی که به مرکز پایش تردد متصل نیستند، به‌جای استفاده از یک سیستم مرکزی، توسط تنظیم‌گرهای مختص به همان تقاطع کنترل می‌شوند و برنامه‌های زمان‌بندی در تنظیم‌گرهای محلی ذخیره می‌شود. برنامه زمان‌بندی این چراغ‌ها را می‌توان از کارفرما دریافت کرد و یا در دوره‌های زمانی اوج و غیر اوج، دست‌کم ۵ بار به‌صورت میدانی برنامه زمان‌بندی را برداشت و از میانگین آن در هر دوره استفاده کرد.

۳-۹-۵- فازهای وابسته به تقاضا

اگر برای یک تنظیم‌گر چراغ راهنمایی شناساگر خودرو یا دکمه‌ی مخصوص پیاده تعبیه شود، آن چراغ راهنمایی قابلیت پاسخگویی به تقاضا را خواهد داشت. پس از شناسایی خودرو یا فشردن دکمه توسط عابر پیاده، این اطمینان حاصل می‌شود که فاز مرتبط با این تقاضا در اولین فرصت فراخوانی شود. اولین فرصت فراخوانی توسط توالی فازهایی تعیین می‌شود که در برنامه‌ی زمان‌بندی چراغ راهنمایی (در مرکز پایش تردد یا چراغ غیر متصل به مرکز) گنجانده شده‌اند.

اطلاعات عملکرد چراغ راهنمایی وابسته به تقاضا را می‌توان از مرکز پایش تردد دریافت کرد یا همانند چراغ‌هایی که به‌صورت محلی کنترل می‌شوند، به‌صورت میدانی مشاهده و ثبت شود. به این منظور باید در دوره‌های زمانی اوج و غیر اوج، دست‌کم ۱۰ بار به‌صورت میدانی برنامه زمان‌بندی را برداشت و از میانگین آن در هر دوره استفاده کرد.

۳-۹-۶- وجود لچکی در رویکرد تقاطع

لچکی به خطی اطلاق می‌شود که پشت خط ایست تقاطع واقع شده و حتی در شرایط اشباع، تنها برای بخشی از زمان سبز چراغ قابل استفاده است. لچکی تنها در یک بازه‌ی زمانی محدود در آغاز چراغ سبز برای افزایش ظرفیت خط ایست مشارکت داشته و پس‌ازآن تأثیر مثبتی بر افزایش ظرفیت ندارد.

لچکی ممکن است به‌صورت فیزیکی (از طریق افزایش عرض معبر با افزودن یک خط عبور قبل از خط ایست تقاطع) یا غیرفیزیکی (از طریق حذف خط ویژه‌ی اتوبوس یا ممنوعیت پارک خودرو در محدوده تقاطع) باشد. وجود لچکی و نحوه استفاده از آن می‌تواند مدل‌سازی را با خطا همراه کند. بنابراین پاسخ به دو سؤال خیلی مهم است که آیا اصلاً این لچکی‌ها در مدل وارد شوند و در صورت مثبت بودن پاسخ، چگونه؟

طول لچکی به‌تناسب تعداد خودروهایی که از آن استفاده می‌کنند در نظر گرفته می‌شود. همان‌طور که در بخش ۳-۲- شرح داده شد، مدل‌ها باید به‌گونه‌ای پرداخت شوند که میزان استفاده از لچکی با داده‌های مشاهده شده به‌صورت میدانی هم‌خوانی داشته باشد. برای اطلاعات بیشتر در خصوص نحوه جانمایی لچکی و پرداخت آن‌ها، باید به ویژگی‌های

نرم‌افزار مورد استفاده مراجعه کرد.

۳-۹-۷- چراغ‌های غیرسبز و زرد چشمک‌زن

زمان چراغ‌های غیرسبز و زرد چشمک‌زن بر ظرفیت معبر تأثیرگذار بوده و به همین دلیل باید به‌صورت میدانی ثبت و در هنگام پرداخت مدل مورد استفاده قرار گیرد. می‌توان ظرفیت اضافی ایجاد شده توسط رفتار تهاجمی خودروها برای عبور از چراغ را نیز در مدل لحاظ کرد ولی این امر باید بر اساس مشاهدات میدانی باشد و در مرحله ارزیابی نیز مورد توجه قرار گیرد.

اگر در بازدید میدانی، خودروهایی با رفتار تهاجمی پشت خط ایست مشاهده شدند، باید در مدل در نظر گرفته شوند. نمونه‌هایی از رفتار تهاجمی عبارتند از: افزایش سرعت در لحظه‌ی زرد شدن چراغ برای عبور از آن، یا عبور از چراغ قرمز. مجموع زمان‌های استفاده شده (بر حسب ثانیه) از بازه‌های غیرسبز باید در هر بازه‌ی زمانی اوج تردد به‌صورت میدانی و دست‌کم ۵ بار یا بر اساس اندازه نمونه مطابق بخش ۳-۳- برداشت شود. البته زمانی که چراغ زرد است را نباید در نظر گرفته شود، زیرا در این حالت خودروها در حال خروج از تقاطع هستند.

۳-۱۰- جریان اشباع

جریان اشباع یکی از معیارهای اساسی سنجش ظرفیت است که باید به‌صورت میدانی اندازه‌گیری شود. مقادیر جریان اشباع مورد استفاده در مدل باید خیلی نزدیک به مشاهدات میدانی باشد تا نتایج مدل‌سازی منطبق بر واقعیت عملکرد تقاطع باشد. تعریف جریان اشباع با واحد هم‌سنگ سواری در ساعت چنین است:

«بیشینه جریان بر حسب هم‌سنگ سواری که از یک خط قابل تخلیه است در شرایطی که چراغ راهنمایی به‌صورت پیوسته سبز باشد و صف خودروها به‌صورت پیوسته در رویکرد تقاطع وجود داشته باشد».

جریان اشباع نشان‌دهنده‌ی حداکثر ظرفیت یک خط بوده و توسط مشخصات تقاطع (مانند هندسه، طراحی، شعاع گردش و قابلیت دید) تعیین می‌شود. جریان اشباع وارد شده به مدل معمولاً نباید در بازه‌های زمانی مختلف مدل‌سازی یا مدل‌های مختلف تغییری داشته باشد، مگر آن‌که شبکه مدل دچار تغییرات فیزیکی شده باشد. تغییر جریان اشباع در بازه‌های زمانی مختلف، تنها زمانی مجاز است که یک خط دارای چند حالت مختلف گردش (مانند گردش‌به‌چپ، گردش‌به‌راست و حرکت مستقیم) باشد و مشاهدات میدانی نیز تغییرات قابل‌توجه جریان در طول شبانه‌روز را ثبت کرده باشند. در مدل‌سازی قطعی، اگر نسبت انواع خودرو در ساعات اوج مختلف، تفاوت قابل‌توجهی داشته باشد (مانند افزایش چشمگیر تعداد خودروهای سنگین)، باید جریان اشباع را بازبینی کرد.

معمولاً در مدل‌سازی، برای هر خط جریان اشباع جداگانه‌ای در نظر گرفته می‌شود. اگر چند خط در یک گروه مدل‌سازی شوند و در زمینه‌های جریان، مقاصد خودروها و رفتار در صف کاملاً یکسان باشند، می‌توان برای آن گروه یک جریان اشباع مشترک در نظر گرفت. بااین‌حال، کاربرد مدل نیز مهم است. مثلاً اگر مدل به‌منظور تحلیل ایجاد خط ویژه‌ی اتوبوس،

خط‌های هوشمند یا اعمال تغییر در مقصد خط‌ها (با خط‌کشی یا کشیدن پیکان‌ها به سمت مقصد جدید) ساخته شود، آنگاه هر خط حتماً باید جداگانه بررسی شود. اگر در خصوص طرح پیشنهادی ابهاماتی وجود دارد و زمان کافی در اختیار است، توصیه می‌شود جریان اشباع هر خط به‌صورت جداگانه اندازه‌گیری شود.

اگر جریان تردد در حال اشباع، به دلیل رفتار رانندگان یا انسداد خروجی تقاطع، با نرخی کمتر از جریان اشباع در حال تخلیه باشد، نباید برای تطابق با مشاهده، مقدار جریان اشباع را در مدل تغییر داد. این رفتار همیشه برای ناظری که به تردد چشم دوخته مشهود نیست. بنابراین توصیه می‌شود همان‌گونه که در بخش۳-۱۱-۱- بیان خواهد شد، زمان سبز استفاده‌نشده برای شناسایی و کمّی‌سازی این رفتار اندازه‌گیری شود.

اندازه‌گیری صحیح جریان اشباع بسیار مهم است. جریان اشباع نادرست یکی از عوامل ایجاد خطا در مدل‌سازی بوده و منجر به بروز تأخیر در فرآیند ساخت و ارزیابی مدل می‌شود. برای اطمینان از قابل‌اتکا بودن نتایج مدل به یک نمونه‌بردای مناسب نیاز است که توصیه می‌شود دست‌کم مدت هر اندازه‌گیری ۱۲ ثانیه باشد.

اندازه‌گیری باید در شرایطی انجام شود که خودروها در شرایط جریان آزاد از خط ایست تخلیه می‌شوند و تحت تأثیر ازدحام یا انسداد خروجی تقاطع قرار ندارند. معبر باید آن‌قدر شلوغ باشد که مسیر تحت مطالعه به‌اندازه‌ی کافی اشباع بوده و اندازه‌گیری قابل انجام باشد. آماربردار باید توانایی تشخیص پایان شرایط اشباع را داشته باشد. ممکن است به دلیل کافی نبودن جریان یا زمان کوتاه چراغ سبز، امکان رعایت مدت‌زمان ۱۲ ثانیه‌ای برای اندازه‌گیری اشباع در هیچ ساعتی از شبانه‌روز وجود نداشته باشد. در این حالت می‌توان در مدت‌زمان کوتاه‌تری مشاهدات را ثبت و در گزارش‌ها به آن اشاره کرد.

اندازه‌گیری جریان اشباع نباید شامل «زمان تلف‌شده» در ابتدا و انتهای چراغ سبز باشد، زیرا در این زمان‌ها خودروها در حال ترمز یا شتاب‌گیری بوده و با جریان اشباع حرکت نمی‌کنند. مقدار «زمان تلف‌شده» در یک آماربرداری مستقل قابل برداشت است، اما به‌صورت پیش‌فرض، می‌توان ۲ ثانیه به‌عنوان زمان ازدست‌رفته‌ی شروع در نظر گرفته و از زمان ازدست‌رفته‌ی پایانی نیز صرف‌نظر کرد. یکی از روش‌های رایج برای محاسبه‌ی زمان ازدست‌رفته‌ی شروع در اندازه‌گیری جریان اشباع، در نظر نگرفتن دو خودرویی است که پیش از همه از خط ایست عبور می‌کنند. با این کار از شمارش خودروهای در حال شتاب‌گیری و در نتیجه زیربرآورد جریان اشباع، پرهیز می‌شود.

همان‌طور که در بند فوق اشاره شد، در برخی از موارد مثلاً به دلیل جریان تردد ناکافی، زمان سبز چراغ ناکافی یا صف ناکافی، امکان برداشت جریان اشباع به‌گونه‌ای که رضایت‌بخش باشد وجود ندارد. این موارد باید هر کدام به‌صورت جداگانه شناسایی و بررسی شده و مشخص شود که دلیل این امر چه بوده و راه‌کار جایگزین مورد استفاده چه بوده است..

۳-۱۱- درجه‌ی اشباع

درجه‌ی اشباع، یک معیار مهم برای اعتبارسنجی مدل تردد است که با روش‌های مختلفی قابل اندازه‌گیری است. در این بخش، روشی برای اندازه‌گیری درجه اشباع تردد بیان شده که زمان سبز استفاده نشده را نیز (مطابق بخش ۳-۱۱-

۱-) در نظر می‌گیرد.

بررسی درجه اشباع تردد باید برای همه مسیرهای بحرانی و برای همه بازه‌های زمانی انجام شود. مسیرهای بحرانی عبارتند از: مسیرهایی که نزدیک به اشباع هستند، مسیرهایی که تعیین‌کننده‌ی مدت‌زمان فاز (مرحله) هستند و مسیرهایی که در طرح پیشنهادی، مهم هستند. برای اطمینان از این‌که نتایج اندازه‌گیری‌ها بازنمایی مقادیر واقعی هستند، نمونه‌برداری از داده‌ها باید در طول بازه زمانی اندازه‌گیری درجه اشباع تردد توزیع شود. همان‌طور که در بخش۳-۱۰- شرح داده شد، اگر چند خط به‌صورت گروهی مدل شده باشند، می‌توان برای همه‌ی آن‌ها تنها یک اندازه‌گیری انجام داد. شرط لازم برای این امر، یکسان بودن جریان، مقصد و صف برای تک‌تک این خط‌ها است. اگر این امکان وجود داشته باشد که در زمان مدل‌سازی کاربرد خط‌ها تغییر کند، نباید آن‌ها را گروهی فرض کرد. اگر هرگونه ابهامی در خصوص طرح پیشنهادی وجود داشته باشد، بهتر است درجه اشباع تردد برای هر خط به‌صورت جداگانه اندازه‌گیری شود.

۳-۱۱-۱- زمان سبز استفاده‌نشده

زمان سبز استفاده‌نشده، به تعداد ثانیه‌هایی از زمان سبز مؤثر یک چرخه‌ی چراغ اطلاق می‌شود که در آن با وجود تقاضای بالا، جریان اشباع حاصل نشده باشد. تقاضای بالا یعنی در زمان چراغ سبز، جریان تردد به‌صورت پیوسته از خط ایست عبور کرده یا قصد عبور دارد. زمان سبز استفاده‌نشده بر حسب ثانیه در هر چرخه چراغ اندازه‌گیری شده و با استفاده از داده‌های ثبت‌شده حین اندازه‌گیری درجه اشباع تردد محاسبه می‌شود. زمان سبز استفاده‌نشده از دو جزء تشکیل شده است:

- **زمان سبز تلف‌شده:** در یک چرخه به بازه‌ی زمانی اطلاق می‌شود که با وجود سبز بودن چراغ و وجود تقاضای بالا، جریان تردد قادر به عبور از خط ایست نباشد (مثلاً به دلیل انسداد خروجی در پایین‌دست جریان)،
- **جریان زیراشباع:** در یک چرخه به بازه‌ی زمانی اطلاق می‌شود که با وجود سبز بودن چراغ و تقاضای مستمر، امکان استفاده کامل از ظرفیت فراهم شده وجود نداشته باشد (مثلاً در مواقعی که خودروها نمی‌توانند به جریان اشباع مورد انتظار برسند). این اثر معمولاً ناشی از چند عامل مختلف از جمله اختلاف فازهای چراغ‌های متوالی، ازدحام در پایین‌دست جریان، تداخل حرکت خودروها با پیاده‌ها، دوچرخه‌ها، اتوبوس‌ها، خودروهای سنگین، خط‌کشی عابرپیاده، پارک حاشیه‌ای، بارگیری خودروها، و خط‌کشی نحوه استفاده از خطوط عبوری در پایین‌دست جریان است.

گاهی جریان تردد در حالت زیراشباع، با سرعتی کمی کمتر از جریان اشباع بدون محدودیت، حرکت می‌کند. شناسایی این وضعیت معمولاً برای یک ناظر میدانی دشوار است اما تأثیر آن را می‌توان با محاسبه‌ی زمان سبز استفاده‌نشده در حین آماربرداری درجه اشباع تردد ثبت کرد. دلیل محاسبه‌ی زمان سبز استفاده‌نشده بررسی کمّی شرایطی است که به دلیل ازدحام، امکان تخلیه‌ی جریان اشباع بدون ازدحام وجود ندارد. مقدار این معیار به‌گونه‌ای به دست می‌آید که بتوان آن را

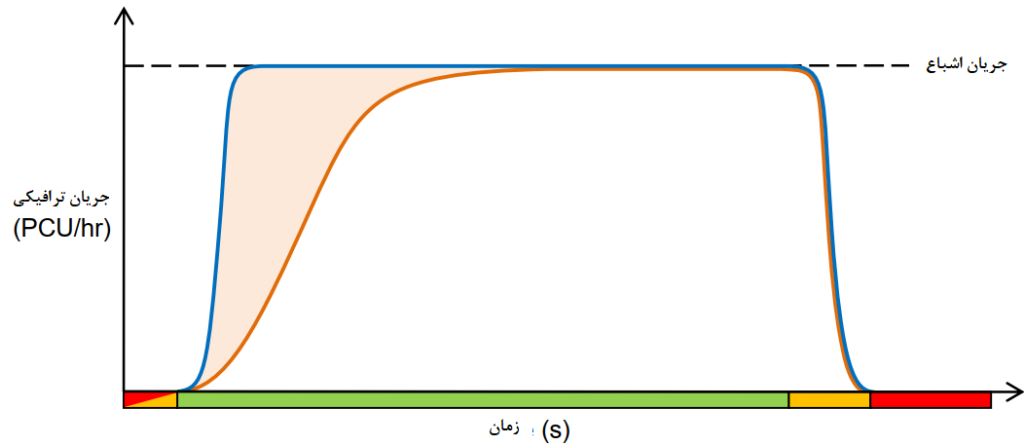
مستقیماً در زمان سبز موجود در مدل‌های تردد نرم‌افزارهایی مانند لین‌سیگ یا ترانزیت اعمال کرد. برای اعمال این معیار، از روش‌هایی مانند فاز مجازی، تأخیر در فازها یا افزایش زمان سبز استفاده می‌شود. ثبت دلایل بالقوه‌ی بروز زمان سبز استفاده‌نشده، به چگونگی مواجهه با مقادیر زمان سبز استفاده‌نشده در مدل طرح پیشنهادی کمک خواهد کرد.

مواجه‌شدن با مقادیر منفی زمان سبز استفاده‌نشده به معنای اندازه‌گیری ناکافی جریان اشباع اولیه بوده و برای رفع آن باید اندازه‌گیری‌های بیشتری صورت پذیرد. در واقع مقدار منفی زمان سبز استفاده‌نشده به این معناست که جریان تردد با سرعت بیشتری از آنچه پیش‌تر برای جریان اشباع حین آماربرداری درجه اشباع تردد اندازه‌گیری شده بود در حال تخلیه‌ی تقاطع است.

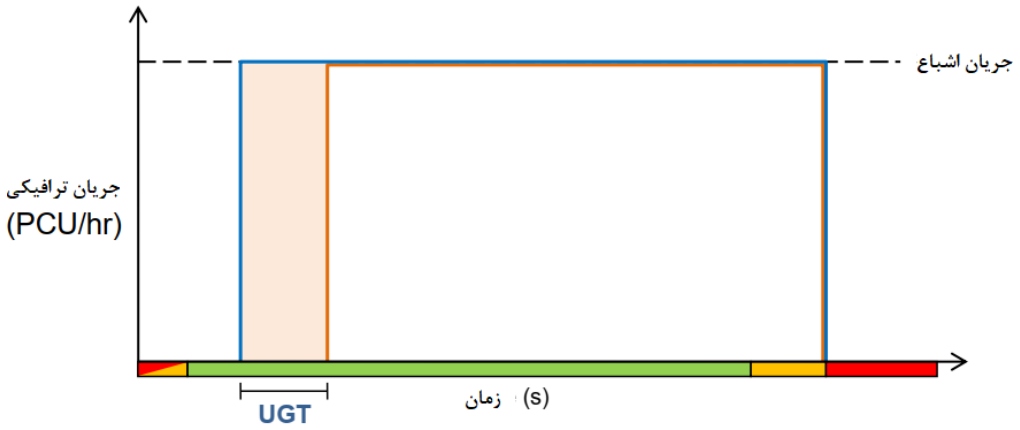
شکل ۳–۱ نیمرخ جریان تردد را که به‌صورت میدانی در یک خط با در نظر گرفتن دو حالت مختلف اندازه‌گیری شده، نشان می‌دهد. منحنی بالایی، نشان‌دهنده‌ی نیمرخ جریان یک خط ایست در شرایط عادی (بدون ازدحام) است. منحنی پایینی، نشان‌دهنده‌ی نیمرخ جریان همان خط ایست در شرایط ازدحام است. ناحیه‌ی رنگی بین دو منحنی نشان‌دهنده‌ی کاهش جریان تردد از خط ایست به علت ازدحام است.

شکل ۳–۲ نشان می‌دهد که چگونه ناحیه‌ی رنگی بین دو منحنی (که معادل ناحیه‌ی رنگی شکل ۳–۱ است) شاخصی از تفاوت ظرفیت ناشی از زمان سبز استفاده‌نشده (بازه‌ی زمانی مرتبط با عدم ایجاد جریان اشباع کامل) است. در این شکل، چگونگی مدل‌سازی این حالت‌ها در مدل‌های قطعی نیز نشان داده شده است. محاسبات زمان سبز استفاده‌نشده، قادر نیست بازه زمانی حرکت آهسته خودروها را از زمان متوقف بودن آن‌ها تفکیک کند. این ضعف در نرم‌افزارهای مدل‌سازی قطعی مانند لین‌سیگ یا ترانزیت نیز مشاهده شده که در آن‌ها خودروها تنها در یکی از دو حالت متوقف یا در حال تخلیه‌ی تقاطع با نرخ جریان اشباع قابل مدل‌سازی هستند.

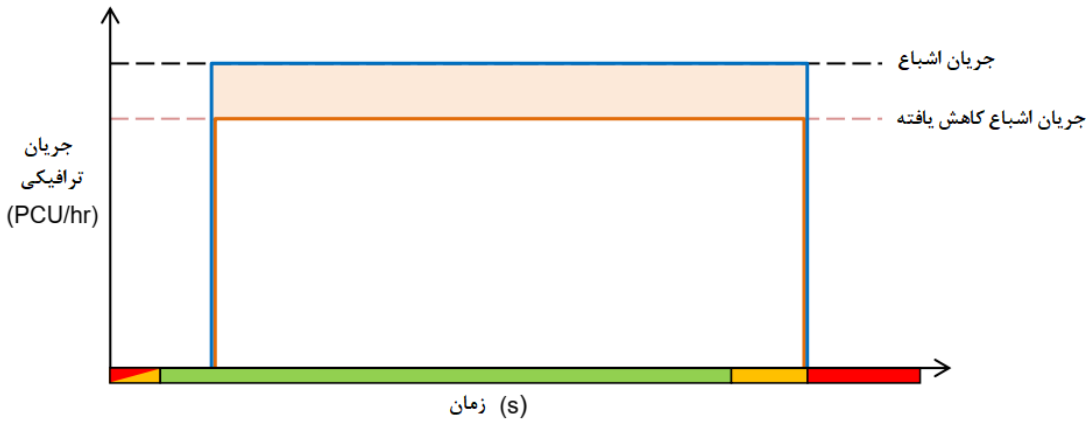
توصیه می‌شود زمان سبز استفاده‌نشده به مدل اعمال شود تا تأثیر ازدحام نیز در نظر گرفته شود. استفاده از این روش باعث می‌شود مدل‌ساز مجبور نباشد هر بار جریان اشباع را در حین پرداخت مدل تنظیم کند. علاوه بر آن، شواهد کمّی و لازم برای توضیح دلیل اتخاذ این رویکرد را نیز فراهم می‌سازد. روش دیگری نیز وجود دارد که در شکل ۳–۳ نشان داده شده است. در این روش با کاهش جریان اشباع، اثری معادل زمان سبز استفاده‌نشده به مدل اعمال می‌شود. از دیدگاه نظری این روش صحیح نیست، زیرا جریان اشباع در این حالت، نشان‌دهنده‌ی بیشینه نرخ تخلیه‌ی خودروها از خط ایست نخواهد بود. اگر مدت‌زمان سبز مؤثر در مدل تغییر کند، جریان اشباع تنظیم‌شده، دیگر برای مدت‌زمان سبز مؤثر افزایش‌یافته یا کاهش‌یافته معتبر نخواهد بود.



شکل ۳-۱- نیمرخ جریان تردد در شرایط عادی (منحنی بالایی) و ازدحام (منحنی پایینی)



شکل ۳-۲- شرایط ازدحام مدل‌شده در لین‌سیگ یا ترانزیت با زمان سبز استفاده‌نشده



شکل ۳-۳- جریان اشباع کاهش‌یافته که به اشتباه معادل زمان سبز استفاده‌نشده اعمالی در شکل ۳-۲ لحاظ شده

زمان سبز استفاده نشده، از اختلاف دو مدت‌زمان تقاضای زیاد و تقاضای عادی به دست می‌آید. مدت‌زمان تقاضای زیاد، مدت‌زمانی است که طی آن تقاضا زیاد است (G_d)، و مدت‌زمان نظری، مدت‌زمانی است که طول می‌کشد تا دسته خودروها در شرایط عادی از خط ایست عبور کند (G_n).

$$UGT=G_d-G_n-L_t$$

که در آن:

UGT= زمان سبز استفاده نشده

G_d= مدت‌زمان تقاضای زیاد در طول زمان سبز+زرد

G_n= مدت‌زمان نظری برابر حاصل‌ضرب تعداد خودروی هم‌سنگ سواری در طول مدت‌زمان تقاضای زیاد (بدون در نظر گرفتن لچکی‌ها) در ۳۶۰۰ تقسیم بر جریان اشباع اندازه‌گیری شده

L_t= زمان تلف‌شده در شروع و پایان

مقدار زمان تلف‌شده در شروع و پایان را می‌توان بر اساس شرایط زیر در رفتار خط، در نظر گرفت:

- L_t= ۱ ثانیه، اگر تقاضای زیاد، فقط در شروع زمان سبز وجود دارد،
- L_t= ۱ ثانیه، اگر تقاضای زیاد، فقط در پایان زمان زرد وجود دارد،
- L_t= ۲ ثانیه، اگر تقاضای زیاد، در شروع زمان سبز و در پایان زمان زرد وجود دارد،
- L_t= ۱ ثانیه، اگر تقاضای زیاد، در هر زمان دیگری شروع می‌شود یا پایان می‌یابد.

هنگامی‌که تقاضای زیاد در ابتدای زمان سبز و در پایان زمان زرد وجود داشته باشد، زمان تلف‌شده معادل ۲ ثانیه خواهد بود. به این معنی که ۲ ثانیه طول خواهد کشید تا جریان تردد، شتاب گرفته و به جریان اشباع برسد و ۲ ثانیه هم طول خواهد کشید تا از شتاب خود بکاهد. اگر بر اساس آماربرداری، زمان تلف‌شده در شروع یا پایان متفاوت باشد، می‌توان از زمان اندازه‌گیری شده استفاده کرد، مشروط به این‌که ضمن تحلیل و استدلال کافی، آن را به همراه هر تغییر دیگری در گزارش مدل‌سازی درج کرد.

مدت‌زمان نظری عبور خودروها در شرایط عادی نیز به‌صورت زیر قابل‌محاسبه است:

بدون لچکی: $$G_n = \left(\frac{3600}{S_{FF}}\right) \times q_d$$

با لچکی: $$G_n = \left(\frac{3600}{S_{FF}}\right) \times (q_d - F)$$

که در آن:

q_d= کل جریان در طول مدت تقاضای زیاد (هم‌سنگ سواری)

F= جریان عبوری از لچکی[۱] (هم‌سنگ سواری)

S_{FF}= جریان اشباع (هم‌سنگ سواری در ساعت)

۳-۱۱-۲- اندازه‌گیری درجه اشباع

برای محاسبه‌ی درجه اشباع تردد باید دوره تقاضای زیاد تردد، اندازه‌گیری شود. تشخیص تقاضای زیاد تردد نیازمند

[۱] Effective Flare Utilisation

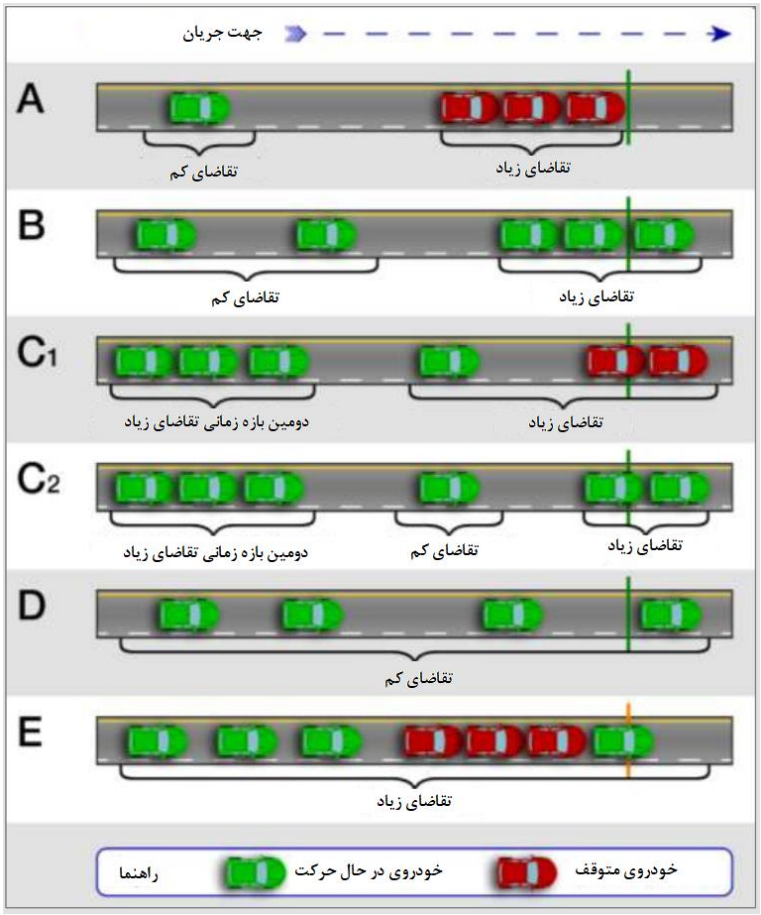
تجربه است، زیرا ممکن است درحالی‌که هنوز تقاضای تردد زیادی وجود دارد، یک فاصله زمانی بین عبور خودروها پدید آید که آماربردار به اشتباه گمان کند تقاضا کاهش یافته است. این حالت ممکن است در هنگام کاهش سرعت خودروهایی که به‌صف پشت تقاطع نزدیک می‌شوند یا زمانی که خودروهای یک صف با شتاب متفاوتی نسبت به هم شروع به حرکت کنند، پدید آید. نمونه‌هایی از تقاضای زیاد و کم در شکل ۳–۴ نشان داده شده و در جدول ۳–۲ شرح داده شده است. تعریف تقاضای تردد زیاد و کم به شرح زیر است:

- **تقاضای زیاد:** هنگامی‌که در یک خط ایست با چراغ سبز، بیش از دو خودرو وجود داشته باشند که بر رفتار هم اثر بگذارند، تقاضا زیاد است. تخلیه‌ی یک دسته پیوسته از خودروها، نمونه‌ای از تقاضای زیاد است که منجر به ترمزگیری یک خودرو در اثر رفتار یک خودروی دیگر، پشت صف قرار گرفتن تا رسیدن به یک خط ایست یا انتظار برای رسیدن به خروجی تقاطع می‌شود.
- **تقاضای کم:** هنگامی‌که یک خودرو مستقل از سایر خودروها رفتار می‌کند و عضو یک دسته از خودروها نیست، تقاضا کم است. معمولاً تقاضای کم مترادف با دسترسی به خط ایست و عبور از آن بدون نیاز به ترمز در اثر رفتار یک خودروی دیگر است.

توصیه می‌شود از در نظر گرفتن اثر لچکی در بازه‌ی زمانی تقاضای زیاد در ابتدای چرخه‌ی چراغ صرف‌نظر شود.

آماربردار باید از آغاز هر دوره تقاضای زیاد (اگر صف تشکیل شده باشد، ابتدای چراغ سبز آغاز تقاضای زیاد خواهد بود) تا پایان آن، زمان و تعداد خودروی هم‌سنگ سواری عبوری از خط ایست تقاطع را ثبت کند. پایان تقاضای زیاد هنگامی رخ می‌دهد که دیگر صف یا جریان پیوسته‌ای پشت خط ایست وجود نداشته باشد. سپس آماربردار در طول بازه‌ی زمانی تقاضای کم، تعداد خودروی هم‌سنگ سواری عبوری از خط ایست را ثبت می‌کند. تعداد خودروی هم‌سنگ سواری در هر بازه‌ی زمانی مرتبط با مقادیر مختلف تقاضا باید به‌صورت جداگانه ثبت شود. مدت‌زمان کل سبز بودن چراغ نیز باید ثبت شود.

اگر بازه‌های تقاضای زیاد یا کم دیگری نیز پس از پایان اولین بازه‌ی تقاضای زیاد یا کم رخ دهد (احتمالاً به دلیل رسیدن دسته دوم خودروها از تقاطع مجاور که با این تقاطع دارای اختلاف فاز هماهنگ شده است) باید مجدداً داده‌ها به‌صورت جداگانه ثبت و پس‌ازآن به بازه‌های اولیه افزوده شوند (هم برای بازه‌ی زمانی تقاضای زیاد و هم برای تعداد خودروی هم‌سنگ سواری که حین بازه‌های زمانی تقاضای زیاد یا کم از خط ایست عبور می‌کنند). در صورت ابهام در خصوص اشباع کامل بودن دسته دوم خودروها در بازه‌ی دوم تقاضای زیاد (مثلاً در مواقعی که یک فاصله بین عبور دسته‌ها پدید می‌آید) بهتر است که آن دسته به‌عنوان تقاضای کم در نظر گرفته شوند.



شکل ۳-۴- نمونه‌هایی از بازه‌های زمانی تقاضای زیاد و کم

جدول ۳-۲- طبقه‌بندی نمونه‌های تقاضای زیاد و کم نشان داده شده در شکل ۳-۴

حالت	شرح
A	صفی متشکل از سه خودروی متوقف در ابتدای سبز شدن چراغ که در وضعیت تقاضای زیاد تخلیه خواهند شد. خودروی چهارم که پس از عبور این دسته سه خودرویی از خط ایست سر می‌رسد، در شرایط تقاضای کم از خط عبور خواهد کرد.
B	دسته‌ای از سه خودرو که با هم به خط ایست رسیده و یک وضعیت تقاضای زیاد را ایجاد می‌کنند. دو خودروی بعدی مستقل از هم سر می‌رسند و وضعیت آن‌ها تقاضای کم است.
C1	چراغ برای خودروها سبز است ولی آن‌ها منتظرند که تقاطع پیش رو خالی شود و در نتیجه وضعیت تقاضای زیاد ایجاد می‌شود. پس‌ازآن‌ها یک خودرو به‌صورت مستقل فرا می‌رسد و پس‌ازآن نوبت به دسته‌ای از خودروها می‌رسد. خودروی مستقل وقتی صف پیش رو را می‌بیند سرعتش را کاهش داده و با وضعیت تقاضای زیاد اول ترکیب می‌شود. بسته به این‌که تقاطع چه زمانی خالی شده و تقاضای زیاد اول چه زمانی شروع به حرکت کنند، دسته دوم یا به تقاضای زیاد اول می‌رسد یا وضعیت تقاضای زیاد دوم را ایجاد می‌کند.
C2	وضعیتی مشابه با C1 با این تفاوت که خودروهای وضعیت تقاضای زیاد اول شروع به حرکت کرده‌اند و خودروی مستقل دیگر تحت تأثیر آن‌ها قرار نخواهد گرفت و وضعیت تقاضای کم را ایجاد خواهد کرد. با آزاد شدن وضعیت، دسته دوم خودروهایی که فرا می‌رسند وضعیت تقاضای زیاد دوم را ایجاد می‌کنند.
D	همه خودروها مستقل از هم رفتار کرده و وضعیت تقاضای کم ایجاد شده است.
E	خودروها شروع به تخلیه و عبور از خط ایست کرده‌اند ولی خودروهایی که به انتهای صف می‌رسند با تأخیر مواجه شده و یک وضعیت تقاضای زیاد تشکیل می‌شود.

به‌صورت خلاصه، اطلاعات زیر باید در آماربرداری برداشت شوند:

- زمان در لحظه‌ی آغاز سبز شدن چراغ
- زمان در لحظه‌ی آغاز یک بازه‌ی تقاضای زیاد (اگر با زمان آغاز سبز شدن چراغ متفاوت باشد)
- تعداد خودروی هم‌سنگ سواری عبوری از خطوط توقف حین تقاضای زیاد
- زمان در لحظه‌ی پایان یک بازه‌ی تقاضای زیاد
- تعداد خودروی هم‌سنگ سواری عبوری از خط ایست حین تقاضای کم
- زمان در لحظه‌ی پایان سبز بودن چراغ

برای محاسبه درجه اشباع با استفاده از زمان سبز استفاده نشده (بخش ۳-۱۱-۱-)، می‌توان از روابط زیر استفاده کرد:

بدون لچکی:

$$DoS = \frac{q \times \left(\frac{3600}{T_C}\right)}{S_{FF} \times \left(\frac{G_t - UGT + 1}{T_C}\right)} \times 100$$

با لچکی:

$$DoS = \frac{q \times \left(\frac{3600}{T_C}\right)}{\left(S_{FF} \times \left(\frac{G_t - UGT + 1}{T_C}\right)\right) + \left(\frac{F \times 3600}{T_C}\right)} \times 100$$

که در آن:

q= کل جریان (هم‌سنگ سواری)

G_t= کل زمان سبز واقعی (ثانیه)، بدون لحاظ زمان زرد

UGT= زمان سبز استفاده نشده (ثانیه)

T_C= طول چرخه (ثانیه)

F= جریان عبوری از لچکی (هم‌سنگ سواری)

S_{FF}= جریان اشباع (هم‌سنگ سواری در ساعت)

فصل ۴

ساخت مدل پایه

ساخت مدل پایه

نخستین گام در ارزیابی مدل‌سازی، ساختن مدلی است که قادر به بازنمایی شرایط تردد در یک معبر در یک بازه زمانی معین منطبق با مشاهدات میدانی باشد. این مدل که بر اساس اطلاعات سال پایه ساخته شده است، مدل پایه نام دارد. مدل پایه، مبنایی برای مقایسه‌ی طرح‌های پیشنهادی مختلف با وضع موجود است. مدل پایه باید برای همه بازه‌های زمانی موردنیاز برای ارزیابی طرح پیشنهادی ساخته شود. تأثیر اجرای طرح پیشنهادی بر اساس مقایسه‌ی شاخص‌های عملکردی شبکه معابر در مدل پایه با شاخص‌های عملکردی شبکه در مدل طرح پیشنهادی، قابل ارزیابی خواهد شد.

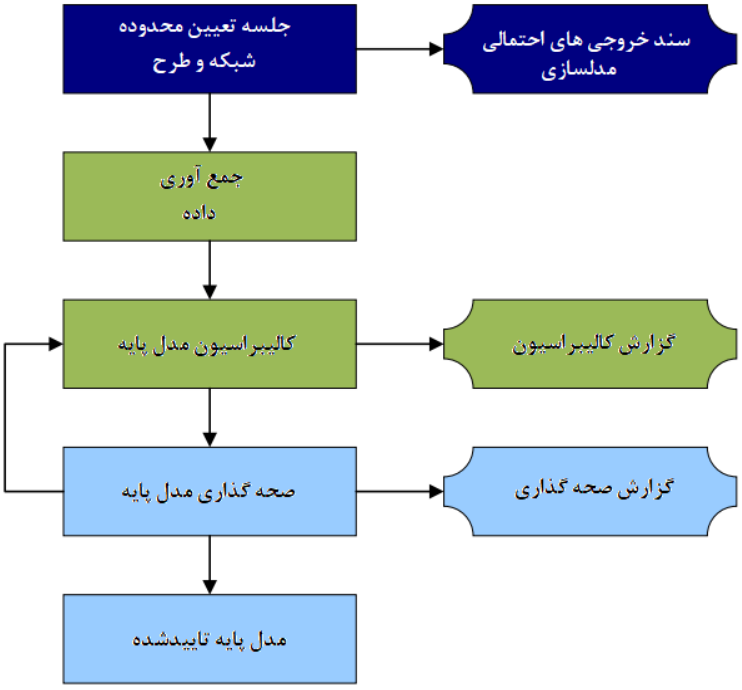
فرآیند ساخت مدل پایه در شکل ۴–۱ شرح داده شده است. هدف از مدل‌سازی در ابتدای پروژه و در جلسه‌ی تعیین محدوده‌ی مورد مطالعه برای مدل‌سازی که در بخش ۱-۵-۱- شرح داده شد، مشخص می‌شود. مطابق فصل ۲- ، در این جلسه اجزای مهم پروژه‌ی مدل‌سازی مورد بحث و توافق قرار می‌گیرد. مطابق بخش ۱-۵-۲- الزامات مورد توافق برای مدل‌سازی باید در سند خروجی‌های مورد نیاز درج شود.

مدل پایه پس از برداشت داده‌ها به‌صورت میدانی مطابق فصل ۳- ، طی فرآیندهای پرداخت و اعتبارسنجی به‌روزرسانی و اصلاح می‌شود (بخش‌های ۴-۱- و ۴-۲-). پس‌ازاین‌که مدل بر اساس معیارهای نرم‌افزار مدل‌سازی اعتبارسنجی شد و مراحل فرآیند ارزیابی مدل را طی کرد، برای ارزیابی طرح‌های پیشنهادی قابل استفاده است. در طول فرآیند سه مرحله‌ای مدل‌سازی که در بخش ۱-۴- شرح داده شد، ساخت مدل پایه شامل ساخت مدل‌های قطعی، شبیه‌سازی خردنگر و تاکتیکی است و مطابق شکل ۱–۲ ممکن است اندرکنش سطوح مختلف مدل‌سازی نیز در این فرآیند در نظر گرفته شود.

۴–۱– پرداخت مدل پایه

درستی مدل پایه، به فرآیند پرداخت آن در حین ساخت مدل بستگی دارد. انتخاب روش پرداخت مدل بسیار مهم است زیرا این مدل پس از اعتبارسنجی، مبنای ساخت مدل طرح‌های پیشنهادی خواهد بود.

پس از پرداخت مدل توسط مدل‌ساز، باید ساختار مدل و صحت داده‌های ورودی اولیه بر اساس مرحله‌ی دوم فرآیند ارزیابی مدل (بخش ۱-۵-)، ارزیابی شود. به‌این‌ترتیب می‌توان مشکلاتی را که باعث بروز خطا در مراحل بعدی ساخت مدل می‌شوند، شناسایی و برطرف کرد. بنابراین مدل پرداخت شده باید با گزارشی از داده‌های ورودی و نحوه گردآوری آن‌ها همراه باشد.



شکل ۴-۱- رویکرد کلی ساخت مدل پایه

منظور از پرداخت مدل، استفاده از داده‌های میدانی برای تطابق مدل با شرایط واقعی تردد است. همه داده‌های ورودی مورد استفاده برای پرداخت، مانند زمان‌بندی چراغ‌ها و سایر برداشت‌های میدانی مطابق بخش ۳-۲- (مانند عرض خط، زمان حرکت و جریان اشباع)، باید قابل ارزیابی باشند. ممکن است برای تطابق با رفتار مشاهده‌شده، لازم باشد برخی شاخص‌ها در فرآیند پرداخت مدل اصلاح و تنظیم شوند. بنابراین فرآیند پرداخت مدل باید برای هر بازه‌ی زمانی که تحت مدل‌سازی قرار گرفته، انجام پذیرد.

در مرحله‌ی دوم فرآیند ارزیابی مدل که در بخش ۱-۵- شرح داده شد، الزامات ساخت و پرداخت مدل تعریف شده است. جزییات بیشتر در خصوص پرداخت مدل پایه در هر نرم‌افزار به‌صورت جداگانه ارائه شده است.

۴-۲- اعتبارسنجی مدل پایه

اعتبارسنجی، فرآیندی است که در آن خروجی مدل با داده‌هایی که به‌طور مستقل اندازه‌گیری شده و در فرآیند پرداخت مدل مورد استفاده قرار نگرفته‌اند، مقایسه می‌شود. هدف از اعتبارسنجی، تائید این موضوع است که آیا مدل به‌درستی پرداخت شده و قادر است اثرات طرح‌های پیشنهادی را به‌درستی پیش‌بینی کند یا خیر.

ازآنجاکه هدف اصلی اعتبارسنجی، ساخت مدلی متناسب با اهداف پروژه است، متغیرهایی که برای اعتبارسنجی مورد استفاده قرار می‌گیرند باید مرتبط با هدف مدل‌سازی باشند. به همین دلیل مدل‌ساز باید متغیرهای مناسب اعتبارسنجی (مانند زمان سفر اتوبوس یا دوچرخه) را در مرحله‌ی ابتدایی ساخت مدل تعیین کرده و در زمان بازدید میدانی و آماربرداری‌ها برداشت کند. توصیه می‌شود مدل‌ساز برای اطمینان از صحت تطابق مدل با شرایط واقعی، به‌صورت فعال در

گردآوری داده‌های میدانی مشارکت کند. متغیرهای اعتبارسنجی مرسوم مانند درجه‌ی اشباع و زمان سفر، برای نشان دادن میزان اطمینان از صحت تطابق مدل پرداخت شده با مشاهدات میدانی به کار می‌روند. استفاده از متغیر طول صف برای اعتبارسنجی باید با احتیاط همراه باشد، زیرا برداشت آن به‌صورت میدانی دشوار است. بااین‌حال، مقایسه‌ی محل و طول تقریبی صف در مدل با مشاهدات میدانی برای بررسی خطاهای مدل ضروری است.

معیارهای اعتبارسنجی، دامنه قابل‌قبول اختلاف بین نتایج مدل و مشاهدات میدانی را معرفی می‌کند. این معیارها در نرم‌افزارهای مختلف مدل‌سازی با هم متفاوت هستند که در فصل‌های مربوط به فرآیند ارزیابی مدل و نرم‌افزارهای تخصصی به‌تفصیل شرح داده شده‌اند. اگر مدلی معتبر نباشد (معیارهای اعتبارسنجی را رعایت نکند)، یا به دلیل ضعف در برداشت میدانی داده‌ها است و یا باید فرآیند پرداخت مدل تکرار کرد. نتایج اعتبارسنجی باید از مدلی استخراج شود که در آن وابستگی به تقاضا (بخش ۳-۹-۵-) و تأثیر زمان سبز استفاده‌نشده (بخش ۳-۱۱-۱-) لحاظ شده باشد. همان‌طور که در بخش ۱-۵- شرح داده شد، مدل‌های قطعی و شبیه‌سازی خردنگر اعتبارسنجی شده در مرحله‌ی سوم فرآیند ارزیابی مدل بررسی می‌شوند.

فصل ۵

ساخت مدل طرح پیشنهادی

ساخت مدل طرح پیشنهادی

ساخت مدل طرح پیشنهادی مرحله‌ای است که جزئیات طرح پیشنهادی وارد مدل می‌شود تا امکان ارزیابی آن فراهم شود. همان‌طور که در بخش ۱-۴- در خصوص فرآیند سه مرحله‌ای مدل‌سازی عنوان شد، ساخت مدل طرح پیشنهادی شامل ایجاد دو مدل است: مدل پایه‌ی افق و مدل اعمال تغییر. این مدل‌ها برای تحلیل و ارزیابی جزئیات تأثیر طرح پیشنهادی به کار می‌روند تا بتوان در خصوص اجرای طرح پیشنهادی تصمیم‌گیری کرد.

در شکل ۵–۱ جزئیات فرآیند ساخت مدل طرح پیشنهادی ارائه شده است. ساخت مدل طرح پیشنهادی با برگزاری جلسه‌ی تعیین محدوده‌ی مورد مطالعه برای طرح پیشنهادی آغاز می‌شود. مطابق بخش ۱-۵-۱- ، در این جلسه طرح پیشنهادی مرور شده و روش مدل‌سازی طرح پیشنهادی مورد تائید قرار می‌گیرد. سپس مطابق بخش ۱-۵-۲- ، فهرست انتظارت از مدل‌سازی به‌روزرسانی شده و تغییرات احتمالی در آن اعمال می‌شود.

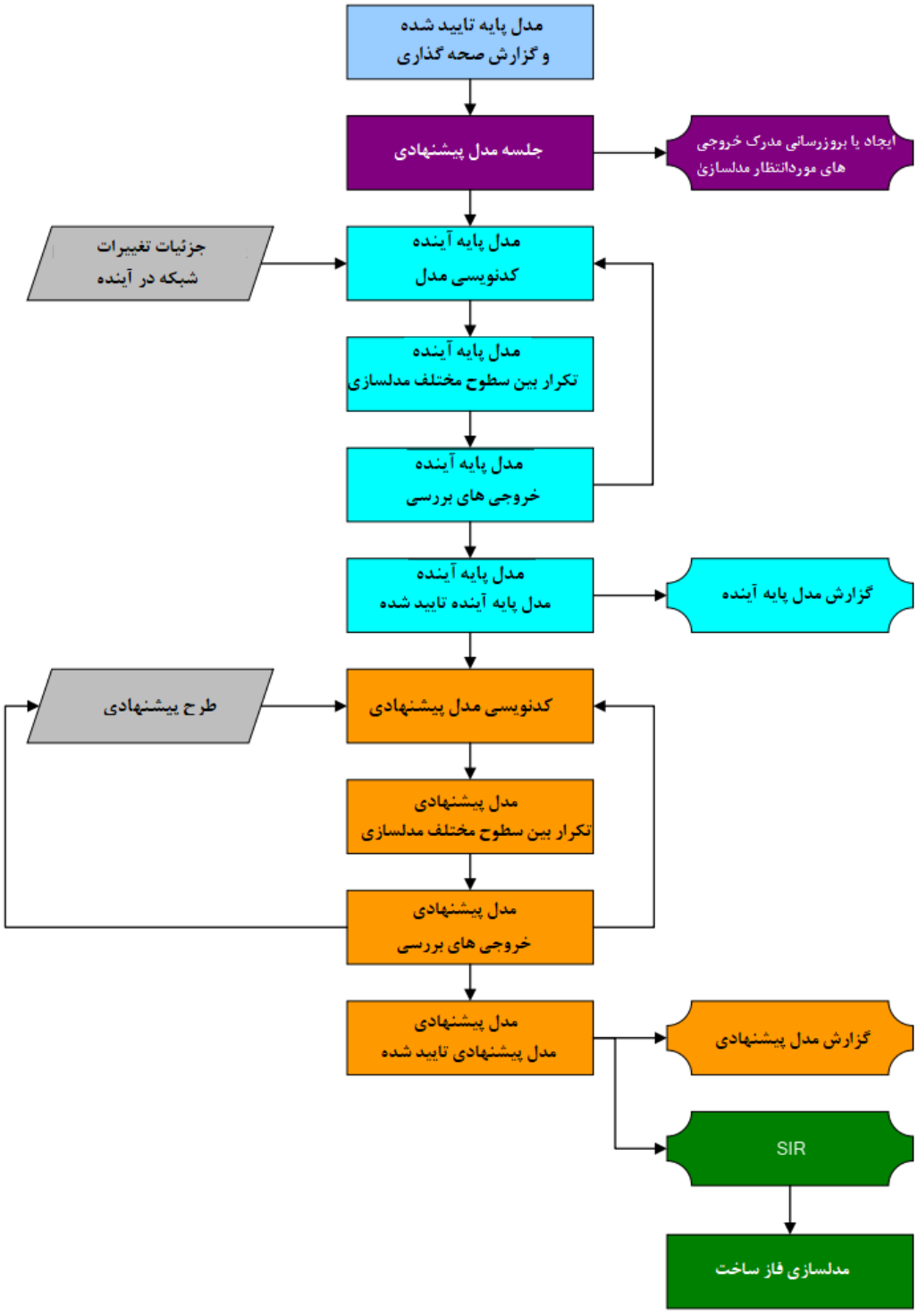
مدل طرح پیشنهادی، نسخه‌ی تغییریافته‌ی مدل پایه یا مدل پایه‌ی افق است که قبلاً اعتبارسنجی و تائید شده است. پیاده‌سازی طرح پیشنهادی در مدل پایه، باید با کمترین تغییرات همراه باشد، و درعین‌حال همه تغییرات را شامل شود. مطابق بخش ۵-۵- ، اندرکنش مدل طرح پیشنهادی با سطوح مختلف مدل‌سازی باید مدنظر قرار گیرد. پس از تائید مدل طرح پیشنهادی، باید نتایج مدل به‌دقت تحلیل و جزئیات آن مرور شود.

همان‌طور که در بخش 0 بیان خواهد شد، برای تکمیل مدل طرح پیشنهادی باید گزارشی تهیه شود که در آن روش مدل‌سازی طرح پیشنهادی شرح داده شده باشد. خروجی‌های مدل نیز که برای ارزیابی اثرات طرح پیشنهادی، به کار می‌رود، باید در گزارش ارزیابی اثرات طرح پیشنهادی (مطابق بخش ۶-۵-) ارائه شود.

ازآنجاکه طرح پیشنهادی در واقع پیش‌بینی آینده است، داده‌ی قابل مشاهده‌ای برای اعتبارسنجی خروجی‌های مدل طرح پیشنهادی وجود ندارد. بنابراین برای اعتبارسنجی آن، باید رویکرد ساخت مدل بررسی و تائید شود. با تائید مناسب بودن تغییرات مدل پایه/ مدل پایه‌ی افق و بررسی دقیق خروجی‌ها، مدل طرح پیشنهادی نیز اعتبارسنجی می‌شود.

در شکل ۵–۱ فرآیند تکراری نحوه استفاده از نتایج مدل طرح پیشنهادی برای بررسی اثرات طرح پیشنهادی نشان داده شده است. بر اساس اثرات پیش‌بینی شده، می‌توان مدل پیشنهادی یا طرح پیشنهادی را به‌روزرسانی کرده و در صورت لزوم دوباره ارزیابی کرد.

در ادامه این بخش، فرآیندهایی که برای اطمینان از تناسب مدل پیشنهادی با اهداف پروژه انجام می‌شوند، بیان شده است.



شکل ۵-۱- رویکرد کلی ساخت مدل طرح پیشنهادی

۵-۱- مدل پایه‌ی افق

همان‌طور که در بخش ۱-۴-۲- بیان شد، مدل پایه‌ی افق نشان‌دهنده‌ی آینده (دقیقاً در سالی که قرار است طرح پیشنهادی اجرا شود) است که در آن طرح پیشنهادی گنجانده نشده است. تفاوت مهم دو مدل پایه‌ی افق و مدل اعمال

تغییر در لحاظ کردن یا نکردن طرح پیشنهادی است.

مطابق بخش ۱-۴- ، ساخت مدل پایه‌ی افق برای همه طرح‌هایی که بر اساس فرآیند سه مرحله‌ای مدل‌سازی ارزیابی می‌شوند الزامی است. الزامات مدل پایه‌ی افق باید در جلسه‌ی تعیین محدوده مورد مطالعه طرح پیشنهادی که در بخش ۱-۵-۱- بیان شد، مورد بحث و توافق قرار گیرد. مطابق بخش ۱-۵- ، به دلیل ارتباط و شباهت بین ساخت مدل پایه‌ی افق و مدل طرح پیشنهادی، این مدل‌ها باید در مرحله‌ی پنجم فرآیند ارزیابی مدل ساخته و ارزیابی شوند.

برای ساخت مدل پایه‌ی افق، مدل پایه‌ی تأییدشده به‌گونه‌ای به‌روزرسانی می‌شود که شامل همه تغییرات پیشنهادی شبکه در آینده (منتهی به سالی که طرح پیشنهادی اجرا خواهد شد) باشد. این تغییرات باید شامل آخرین پیشنهادات موجود در هنگام ساخت مدل پایه‌ی افق باشد، هرچند ممکن است پس از در نظر گرفتن آن‌ها در مدل، تغییراتی در آن‌ها اعمال شود. در جلسه‌ی تعیین محدوده مورد مطالعه برای مدل پایه، باید طرح‌هایی که لازم است در مدل پایه‌ی افق گنجانده می‌شوند مورد توافق قرار گیرد. تغییراتی که برای در نظر گرفتن شبکه معابر پیشنهادی آینده در مدل پایه اعمال می‌شود، باید تا حد ممکن محدود و درعین‌حال کامل باشد.

جریان تردد در مدل پایه باید به‌گونه‌ای به‌روزرسانی شود که تقاضای پایه آینده را در سال افق بازنمایی کند. جزئیات بیشتر در بخش ۵-۲-۲- بیان شده است. ضوابط بخش 0 باید هم برای مدل پایه‌ی افق و هم برای مدل طرح پیشنهادی رعایت شود.

۵-۲- مدل طرح پیشنهادی

برای ساخت مدل طرح پیشنهادی، باید کلیه تغییرات شبکه (در دست اجرا و مصوب) در سال افق طرح به همراه طرح پیشنهادی به مدل پایه اضافه شود. بر اساس این‌که آیا از فرآیند سه مرحله‌ای مدل‌سازی (بخش ۱-۴-) استفاده می‌شود یا خیر، مدل طرح پیشنهادی باید بر اساس یکی از دو مدل پایه یا پایه‌ی آینده ساخته شود. محدوده‌ی مورد مطالعه برای طرح پیشنهادی می‌تواند به‌اندازه‌ی «تنظیمات جزئی در زمان‌بندی یک چراغ راهنمایی در یک محل» کوچک یا به‌اندازه‌ی «بازطراحی کامل طرح هندسی تقاطع و روش‌های کنترل در سرتاسر یک ناحیه» بزرگ باشد.

تعیین تغییرات موردنیاز و روش پیاده‌سازی طرح پیشنهادی، به ویژگی‌های طرح بستگی داشته و بر عهده مدل‌ساز است، اما برخی موارد مهم که باید در زمان تغییر مدل تردد بررسی شوند، عبارتند از:

- مشخصات هندسی و طرح فیزیکی معبر/ تقاطع،
- خط‌کشی و نحوه استفاده از خطوط عبوری،
- جریان‌های اشباع،
- روش‌های کنترل در تقاطع‌های چراغ‌دار،
- زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی،
- فازبندی چراغ‌های راهنمایی،

- جریان تردد
- ترکیب ترافیک،
- اثر استفاده از لچکی‌های گردش،
- تواتر فازهای وابسته به تقاضا،
- تخصیص مجدد تردد.

در هنگام ساخت مدل طرح پیشنهادی، باید اهداف آن طرح در خصوص مدیریت تردد نیز مدنظر قرار گیرد. به‌بیان‌دیگر، بررسی و ارزیابی شاخص‌های عملکرد کلی شبکه باید با توجه به سیاست‌های کلان توسعه حمل‌ونقل انجام شود تا برای مثال، اگر ایجاد پیاده راه از اولویت‌های سیاست کلان باشد، تأثیر منفی آن بر شاخص‌های عملکردی خودروهای شبکه با اهمیت کمتری در نظر گرفته شود.

۵-۲-۱- تغییرات در طراحی تقاطع

در صورت تغییر در طراحی چراغ تقاطع‌ها یا روش‌های کنترل آن‌ها، باید کمینه زمان فاز و زمان بین دو سبز فاز دوباره محاسبه شود. رعایت ضوابط طراحی چراغ‌های راهنمایی ضروری است. ضمن آن‌که تغییر در طراحی معبر یا تقاطع به دلیل طرح پیشنهادی، ممکن است بر جریان اشباع اثر بگذارد. اگر جریان اشباع تحت تأثیر مسائل جدیدی مانند عبور پیاده‌ها یا پارک خودروها قرار گیرد، باید تأثیر آن‌ها در مدل طرح پیشنهادی بررسی شود.

توصیه می‌شود تغییر در مشخصات هندسی، پیش از تغییر زمان‌بندی چراغ و جریان تردد، در مدل طرح پیشنهادی پیاده‌سازی و تأثیرات آن بررسی شود. به‌این‌ترتیب، یک برآورد اولیه از تأثیر تغییرات هندسی بر محدوده مورد مطالعه به دست می‌آید.

اختلاف فاز تقاطع‌های هماهنگ شده و زمان‌بندی چراغ‌های هوشمند باید به‌درستی در مدل پایه پیاده‌سازی شود.

در طراحی چراغ تقاطع‌ها حتماً باید به پیوستگی حرکت پیاده‌ها توجه شود. عبور پیاده‌ها با اتصال فازهای حرکت پیاده به هم یا موازی کردن حرکت پیاده و سواره تسهیل می‌شود. طراحان باید به بهینه‌سازی گروه چراغ‌ها و طراحی زمان بین دو فاز با هدف بیشینه‌سازی فرصت عبور روان پیاده‌ها در شبکه توجه ویژه داشته باشند.

۵-۲-۲- تغییر جریان تردد

ممکن است در اثر طرح پیشنهادی تغییراتی در حجم جریان تردد و یا الگوی جریان ایجاد شود، بنابراین مدل طرح پیشنهادی باید قادر به در نظر گرفتن آن باشد. مطابق شکل ۱–۲، در فرآیند سه مرحله‌ای مدل‌سازی، از مدل تاکتیکی برای باز تخصیص تردد و اعمال تغییرات جریان به مدل‌های قطعی و شبیه‌سازی خردنگر استفاده می‌شود. جزییات بیشتر در خصوص اندرکنش بین سطوح مختلف مدل‌سازی در بخش ۵-۵- ارائه شده است. اگر از فرآیند سه مرحله‌ای مدل‌سازی استفاده نشود، ممکن است برای مجاز یا ممنوع کردن حرکات گردشی یا افزودن حجم تردد ناشی از طرح پیشنهادی،

اصلاح جریان‌ها به‌صورت دستی ضرورت یابد. روش مدل‌سازی جریان تردد در طرح پیشنهادی باید مطابق بخش ۱-۵-۱- در جلسه‌ی تعیین محدوده مورد مطالعه برای مدل پایه و مدل پیشنهادی مورد بررسی و توافق قرار گیرد.

اگر دوچرخه‌ها نیز در مدل‌سازی در نظر گرفته شده باشند، می‌توان حجم جریان دوچرخه را در طرح پیشنهادی با اعمال ضرایبی به جریان دوچرخه در مدل پایه و با همان مسیر حرکت تعیین کرد.

میزان استفاده از مسیرهای لچکی نیز باید متناسب با تغییرات جریان در طرح پیشنهادی برآورد شود. اگر جریان تغییری نکرده باشد، نباید استفاده از مسیرهای لچکی نسبت به مقادیر مدل پایه تغییر کند.

۵-۲-۳- تنظیمات وابسته به تقاضا

مدل طرح پیشنهادی بر اساس مدل پایه‌ی افق مدل پایه ساخته می‌شود. معمولاً در مدل پایه، وابستگی زمان فازها به تقاضا بر اساس بخشی از کل چرخه‌ها پرداخت و اعتبارسنجی می‌شود. دلیل این امر، پرداخت مدل بر اساس برداشت میدانی و استفاده از روش‌های ساده کننده‌ای مانند فاز مجازی، تأخیر فاز یا کاهش طول فاز است. اگر زمان چرخه در مدل طرح پیشنهادی تغییر کرده باشد، لازم است برای در نظر گرفتن تغییر تعداد کل چرخه‌ها در هر ساعت از مدل‌سازی، تعداد فازهای وابسته به تقاضا نیز ارزیابی و تنظیم شود. اگر زمان چرخه، ثابت باشد ولی تقاضا (وسایل نقلیه یا پیاده) تغییر کرده باشد، باید بررسی شود که تواتر فازهای وابسته به تقاضا نیازمند تنظیم مجدد است یا خیر.

۵-۲-۴- تنظیمات حمل‌ونقل همگانی

مدل طرح پیشنهادی باید همه‌ی تغییراتی که در اثر طرح پیشنهادی به حمل‌ونقل همگانی اعمال می‌شود را در نظر بگیرد. این تغییرات ممکن است شامل اصلاح مسیرهای اتوبوس، تغییر در سرفاصله خدمات‌دهی، جابجایی، حذف یا افزودن ایستگاه‌های اتوبوس و ایجاد یا حذف خطوط ویژه‌ی اتوبوس باشد.

اگر ایستگاه‌های مسیرهای مختلف اتوبوس با هم ترکیب شده یا از هم جدا شده باشند، یا اگر تقاضای مسافر افزایش یافته باشد، باید زمان توقف در ایستگاه‌ها در مدل طرح پیشنهادی مورد بازبینی قرار گیرد.

۵-۳- تحلیل حساسیت

برای اطمینان از عملکرد استوار طرح پیشنهادی، می‌توان از تحلیل حساسیت برای بررسی عدم قطعیت مقادیر پیش‌فرض در مدل‌سازی استفاده کرد. تحلیل حساسیت برای ارزیابی طرح پیشنهادی الزامی نیست و تنها زمانی انجام می‌شود که در جلسه‌ی تعیین محدوده مورد مطالعه در فرآیند ارزیابی مدل که در بخش ۱-۵-۱- بیان شده، انجام آن تصویب شود.

در صورت لزوم، تحلیل حساسیت پیش از مرحله‌ی طراحی تفصیلی انجام شده و شامل ارزیابی حالت‌های مختلف تقاضا است. به‌عنوان نمونه یکی از کاربردهای تحلیل حساسیت، تعیین چگونگی عملکرد طرح پیشنهادی تحت شرایط تقاضای

متغیر یا شناسایی نقاط بحرانی با احتمال اشباع بیش‌ازحد در هنگام افزایش تقاضا است. تحلیل حساسیت پیش از طراحی تفصیلی ممکن است به بازنگری محدوده‌ی مورد مطالعه برای طرح پیشنهادی منجر شود.

کاربردهای دیگر تحلیل حساسیت عبارتند از: شناسایی و رفع مشکلات طراحی در فرآیند اصلاح طرح پیشنهادی، انجام برنامه‌ریزی احتیاطی پیش از اجرای طرح پیشنهادی (مثلاً ارزیابی دفعات فراخوانی فازهای وابسته به تقاضا در یک تقاطع چراغ‌دار).

۵-۴- مرحله ساخت

مدل‌سازی مرحله ساخت (شرایط حین اجرای طرح پیشنهادی) فقط زمانی انجام می‌شود که مدت اجرای طرح قابل‌توجه باشد یا در جلسه تعیین محدوده مورد مطالعه در فرآیند ارزیابی مدل که در بخش ۱-۵-۱- بیان شده، انجام آن تصویب شود. در این صورت، رعایت کلیه توصیه‌های این راهنما همانند سایر طرح‌ها ضروری است. مدل‌سازی مرحله ساخت معمولاً با تغییر تنظیمات مدل قطعی یا شبیه‌سازی خردنگر پایه یا پایه‌ی آینده به‌منظور ارزیابی طرح مدیریت ترافیک انجام می‌شود.

۵-۵- اندرکنش سطوح مختلف مدل‌سازی

مطابق بخش ۱-۴-۵- ، ساخت مدل طرح پیشنهادی اغلب نیازمند اندرکنش بین سطوح مختلف مدل‌سازی است. در جلسات تعیین محدوده‌ی مورد مطالعه برای مدل پایه و مدل پایه‌ی افق که در بخش ۱-۵-۱- شرح داده شد، باید سطح جزییات مدل‌سازی مورد نیاز برای ساخت مدل طرح پیشنهادی تعیین شود.

در صورت استفاده از فرآیند سه مرحله‌ای مدل‌سازی، جریان تردد در مدل طرح پیشنهادی در نتیجه‌ی اندرکنش بین سطوح مختلف مدل‌سازی تعیین می‌شود. ماتریس‌های تقاضا در سال افق موردنظر از مدل کلان نگر طرح جامع حمل‌ونقل استخراج شده و به مدل‌های تاکتیکی وارد می‌شوند. پس از تخصیص تقاضا در مدل تاکتیکی، جریان تردد در معابر به مدل قطعی منتقل می‌شود تا برنامه‌ی زمان‌بندی بهینه‌ی چراغ‌های راهنمایی برای گزینه پیشنهادی به دست آید. با استفاده از یک فرآیند تکراری، زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی مجدداً وارد مدل تاکتیکی شده و جریان تردد جدید معابر محاسبه می‌شود. مجدداً برنامه زمان‌بندی چراغ راهنمایی به کمک این جریان محاسبه می‌شود و این فرآیند آن‌قدر ادامه می‌یابد تا شبکه به تعادل برسد. پس‌ازاین مرحله، مسیرها و جریان تردد از مدل تاکتیکی به مدل شبیه‌سازی خردنگر طرح پیشنهادی منتقل می‌شود. در طول این فرآیند ممکن است تغییرات یا اصلاحاتی به طرح پیشنهادی اعمال شود تا اثرات منفی آن بر شبکه کاهش یابد.

مدل‌های شبیه‌سازی خردنگر و تاکتیکی قادر به بهینه‌سازی زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی نیستند. به همین دلیل باید از یک مدل قطعی به این منظور استفاده شود. در صورت شبیه‌سازی تردد پیاده‌ها، اصلاح زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی

نیز باید اصلاح شود.

پروژه‌های بزرگ‌تر ممکن است منجر به تغییرات قابل‌توجه در تخصیص ترافیک یا تغییر شیوه حمل‌ونقل شود. به همین دلیل استفاده از مدل کلان نگر طرح جامع حمل‌ونقل برای اصلاح تقاضا تحت تأثیر طرح پیشنهادی ضرورت دارد.

۵-۶- بهینه‌سازی مدل طرح پیشنهادی

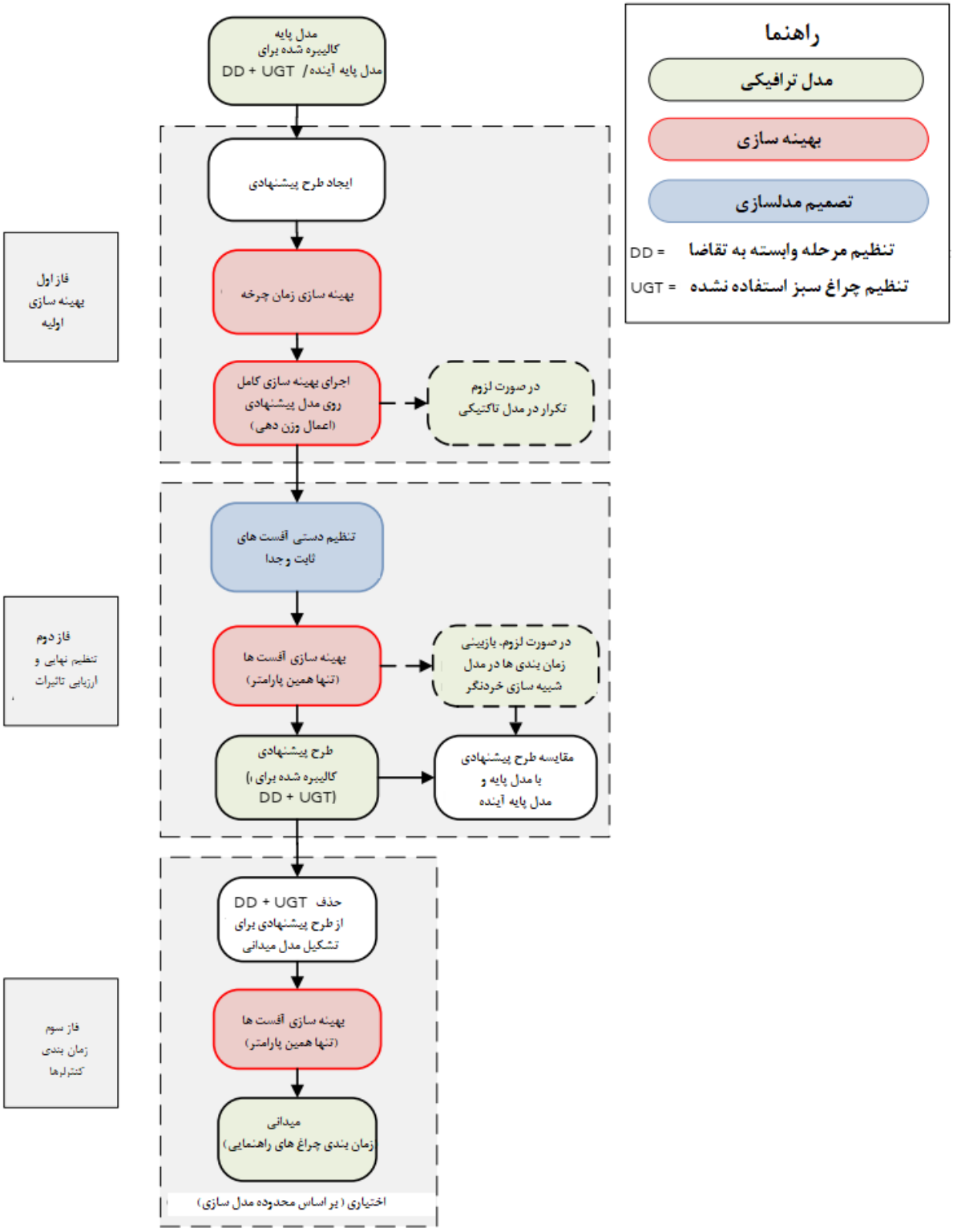
بهینه‌سازی زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی برای پاسخ‌گویی به تغییرات تقاضا ضروری است. به همین دلیل در پیشنهاداتی که شامل چراغ‌های راهنمایی هستند، باید برای بهینه‌سازی گزینه‌های پیشنهادی از نرم‌افزارهای بهینه‌سازی قطعی مانند لین‌سیگ یا ترانزیت استفاده کرد تا زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی در طرح پیشنهادی بهینه شوند. در شرایط ازدحام، برای بررسی بیشتر و اصلاح زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی حاصل از مدل‌های قطعی، می‌توان از مدل‌های شبیه‌سازی استفاده کرد.شکل ۵–۲ رویکرد کلی بهینه‌سازی را نشان می‌دهد که شامل سه مرحله اصلی است:

مرحله اول: بهینه‌سازی اولیه- درصورتی‌که طرح پیشنهادی، تغییرات زیادی را در وضع موجود اعمال کند، برای بهبود زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مرحله دوم: تنظیم دقیق و ارزیابی اثرات- پیش از ارزیابی تأثیر طرح و مقایسه‌ی آن با مدل پایه و مدل پایه‌ی افق، برای بهبود دقیق زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی و بیشینه‌سازی عملکرد طرح پیشنهادی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مرحله سوم: اجرای میدانی - یک فرآیند اختیاری که با توجه به محدوده‌ی مدل ممکن است اجرا شود. در این مرحله، زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی به‌صورت میدانی روی تنظیم‌گر چراغ اجرا می‌شود.

اگر اصلاح طرح پیشنهادی تغییر قابل‌توجهی در شبکه‌ی معابر، زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی، زمان چرخه‌ها یا سایر جزئیات طرح پیشنهادی اولیه ایجاد کرده و منجر به بهبود عملکرد شبکه‌ی معابر شده، لازم است مدل تاکتیکی نیز برای ارزیابی گسترده‌تر اثرات تغییرات، مورد بازنگری قرار گیرد. در این حالت باید به فرآیند سه مرحله‌ای مدل‌سازی که در بخش ۱-۵- شرح داده شده، مراجعه کرد. جزییات مراحل بهینه‌سازی در ادامه ارائه شده است.



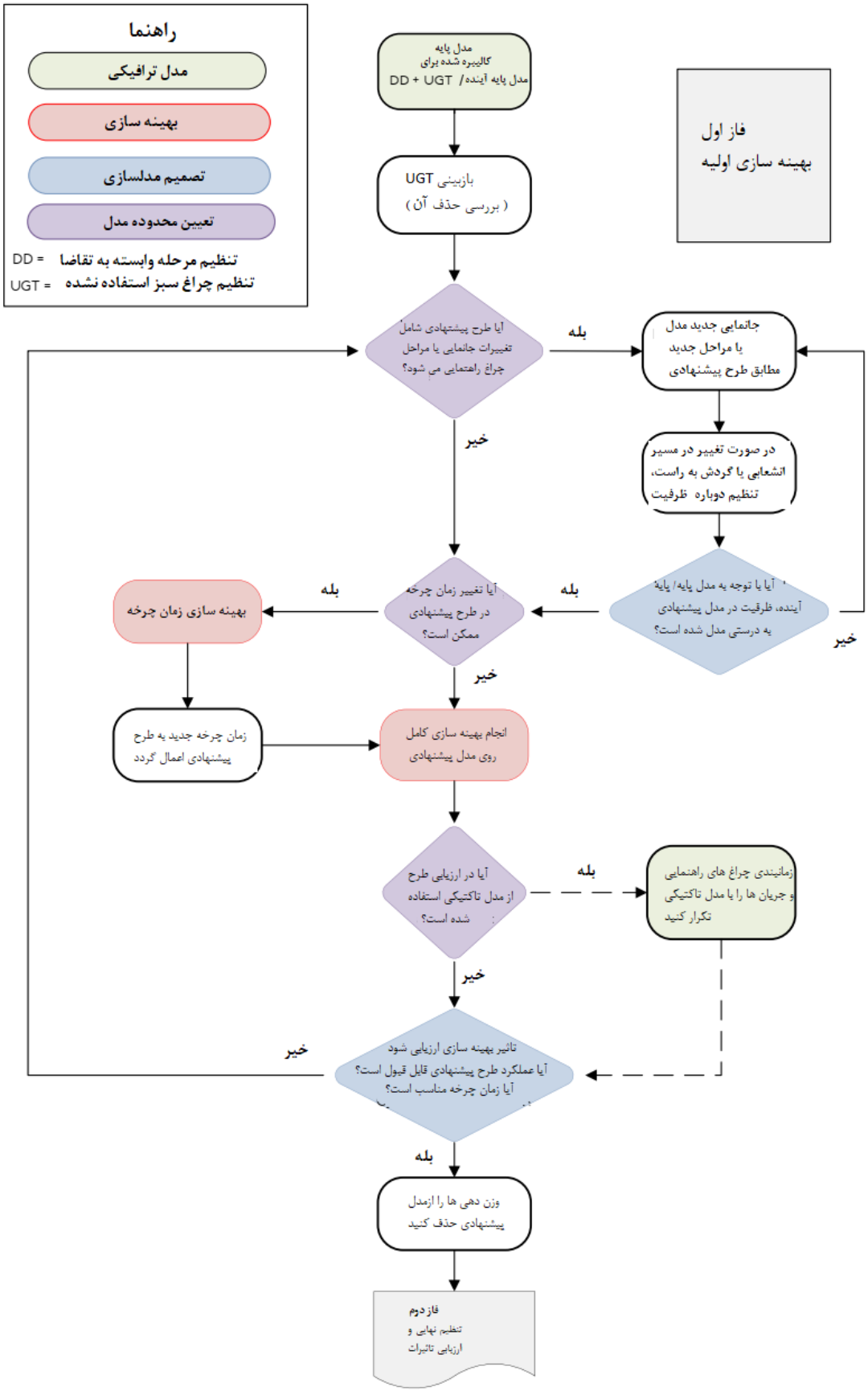
شکل ۵-۲- رویکرد پیشنهادی برای بهینه‌سازی مدل طرح پیشنهادی

۵-۶-۱- بهینه‌سازی اولیه

درصورتی‌که طرح پیشنهادی در حین فرایند مدل‌سازی با تغییرات عمده‌ای همراه شده باشد (مانند آنچه در بخش ۵-۲- بیان شد)، مرحله‌ی بهینه‌سازی اولیه، برای ارزیابی عملکرد طرح پیشنهادی پس از تغییرات به کار می‌رود. جزئیات مرحله بهینه‌سازی اولیه در شکل ۵–۳ نشان داده شده است. زمان‌بندی اولیه‌ی چراغ‌های راهنمایی معمولاً با استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی مدل‌های قطعی، برای کاهش تأخیر یا افزایش ظرفیت محاسبه می‌شود.

نوع طرح پیشنهادی، مشخص می‌کند که آیا در هنگام بهینه‌سازی باید از وزن‌دهی یا جریمه استفاده کرد یا خیر. به کمک این دو ابزار می‌توان زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی محاسبه‌شده توسط الگوریتم بهینه‌سازی را به سمت کاهش تأخیر یا کاهش طول صف در قسمت‌های خاصی از طرح، سوق داد که اگر با دقت و احتیاط مورد استفاده قرار گیرند، امکان دست‌یابی به نتایج مطلوب را افزایش خواهند داد. اطلاعات بیشتر در خصوص وزن‌دهی در فصل مربوط به هر نرم‌افزار ارائه شده است.

در مراحل اولیه‌ی بهینه‌سازی، تحلیل تأثیر چراغ‌های راهنمایی بهینه‌شده ضروری است. به این منظور باید طول صف، حرکت دسته‌ای خودروها و عملکرد کلی تقاطع یا شبکه تحلیل شود. به‌این‌ترتیب، مدل‌ساز می‌تواند ارزیابی درستی از قابل‌قبول بودن طراحی و برنامه زمان‌بندی چراغ راهنمایی داشته باشد. پس از اطمینان از عملکرد مدل بهینه‌سازی شده برای طرح پیشنهادی، می‌توان آن را به مرحله دوم- تنظیم دقیق و ارزیابی اثرات منتقل کرد. در ادامه، مسائل مؤثر بر عملکرد مدل که در بررسی امکان ورود مدل به مرحله دوم تعیین‌کننده هستند، بیان خواهد شد.



شکل ۵–۳- رویکرد بهینه‌سازی اولیه

۵-۶-۱-۱- زمان سبز استفاده‌نشده

زمان سبز استفاده‌نشده که ممکن است در مدل پایه‌ی اعتبارسنجی شده در نظر گرفته شده باشد، زمان از دست‌رفته در اثر رفتار رانندگان، مشخصات تقاطع، وجود ازدحام و انسداد خروجی، و اندرکنش با پیاده و دوچرخه‌ها را نشان می‌دهد (بخش ۳-۱۱-۱-). اگر زمان سبز استفاده‌نشده مدل شده باشد، باید بر اساس داده‌های گردآوری‌شده به‌صورت میدانی بوده و به‌صورت تأخیر شروع فازها، ادامه زمان سبز یا یک‌فاز مجازی در مدل گنجانده شده باشد.

تنظیمات زمان سبز استفاده‌نشده تنها به شرطی قابل‌تغییر است که دلیل اصلی استفاده از آن در مدل پایه‌ی اعتبارسنجی شده، معلوم بوده و انتظار می‌رود در طرح پیشنهادی مقدار آن تغییر کند. برای نمونه در حالتی که در آن از تقسیم‌بندی‌های بهینه‌شده یا اختلاف فازها بین دو تقاطع متوالی انتظار می‌رود که انسداد در خروجی به دلیل ازدحام را کاهش دهند، انتظار می‌رود اندرکنش با سایر کاربران در معبر تغییر کند، یا تغییرات فیزیکی در طراحی هندسی بر مشخصات معبر یا رفتار رانندگان مؤثر بوده و بر زمان سبز استفاده‌نشده اثر بگذارد. اگر در مورد اصلاح مقادیر زمان سبز استفاده‌نشده در مدل پایه ابهامی وجود دارد، باید با کارفرما برای تعیین بهترین رویکرد مشورت شود.

تنظیمات زمان سبز استفاده‌نشده باید پیش از اتمام بهینه‌سازی اولیه بازبینی شود، و اعمال مقادیر جدید زمان سبز استفاده‌نشده برای ارزیابی اثرات طرح پیشنهادی در مرحله‌ی تنظیم دقیق و فقط پیش از بهینه‌سازی اختلاف فاز دو تقاطع متوالی، مجاز است. اگر مدلی که برای ارزیابی تأثیر طرح پیشنهاد مورد استفاده قرار گرفته، برای تعیین زمان‌بندی تنظیم‌گرهای چراغ‌های راهنمایی در خیابان نیز مورد استفاده قرار گیرد، در صورت حیاتی نبودن تنظیمات زمان سبز استفاده‌نشده در محاسبات اختلاف فازها، پیش از شروع محاسبه باید این تنظیمات را از مدل حذف کرد.

۵-۶-۱-۲- تأثیرات فضای ذخیره در تقاطع‌ها

فضای ذخیره در جلوی خطوط توقف که برای حرکات گردش‌به‌چپ مخالف مورد استفاده قرار می‌گیرد، را می‌توان به‌صورت ادامه زمان سبز مدل‌سازی کرد تا عبور خودروها در زمان بین دو سبز نیز در مدل در نظر گرفته شود. اگر این فضای ذخیره به‌صورت ادامه زمان سبز مدل شده باشد، در هیچ‌یک از مراحل بهینه‌سازی حذف نخواهد شد، مگر در حالتی که تغییرات فیزیکی در هندسه تقاطع یا تغییرات فازهای چراغ راهنمایی در طرح پیشنهادی، منجر به عدم امکان استفاده از فضای ذخیره در جلوی خطوط توقف شود.

۵-۶-۱-۳- بهینه‌سازی زمان چرخه

زمان‌چرخه بهینه در طرح پیشنهادی باید میان تقاضای تردد خودروها و تأخیر وارد بر پیاده‌ها (که قصد عبور از عرض معبر دارند) تعادل ایجاد کند. اگر تغییر زمان چرخه یکی از گزینه‌ها باشد، باید تأثیر آن بر تأخیر پیاده‌ها و ارتباط آن با سایر چراغ‌های راهنمایی نیز بررسی شود. ضمن آن‌که لازم است زمان چرخه در سایر تقاطع‌های هماهنگ شده با آن نیز دوباره تنظیم و در مدل در نظر گرفته شود.

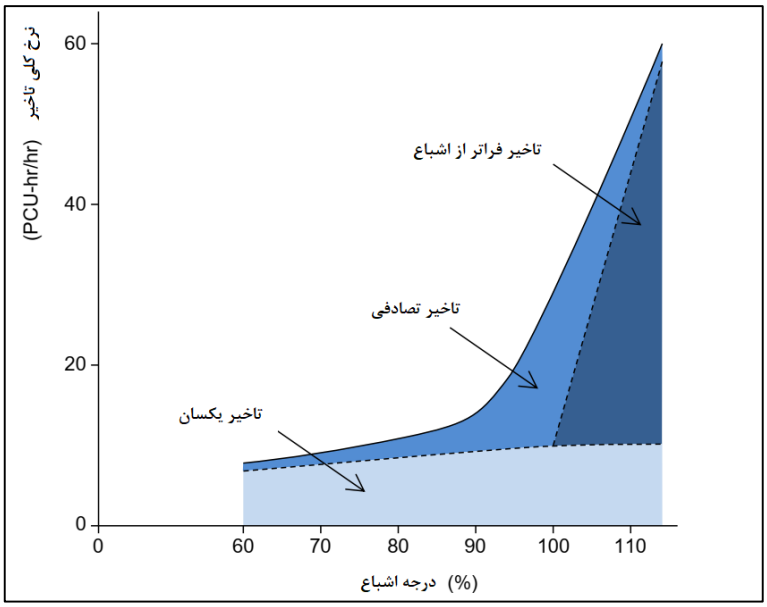
زمان‌چرخه باید تا حد ممکن، کم در نظر گرفته شوند تا تأخیر پیاده‌ها کمینه باشد. مطلوب آن است که مدت‌زمان انتظار پیاده‌ها پشت چراغ قرمز از ۸۲ ثانیه تجاوز نکند. زیرا احتمال اتمام صبر آن‌ها و عبور از عرض خیابان در هنگام قرمز بودن چراغ افزایش یافته و در نتیجه ایمنی آن‌ها به خطر می‌افتد.

۵-۶-۱-۴- عملکرد تقاطع

برای بهینه‌سازی عملکرد تقاطع حین ساخت مدل طرح پیشنهادی، لازم است از رابطه‌ی بین تأخیر تردد و درجه اشباع تردد آگاه بود. شکل ۵–۴ نشان می‌دهد که معمولاً شبکه با درجه اشباع تردد کمتر از ٪۸۵ پایدار بوده و پس‌ازآن، تأخیر به‌صورت نمایی افزایش یافته و به عملکرد ناپایدار تقاطع منجر می‌شود. در تقاطع‌هایی که ظرفیت ذخیره‌ی عملیاتی آن‌ها نزدیک به صفر است (متناظر با درجه اشباع تردد حدود ٪۹۰)، اندکی کاهش ظرفیت منجر به افزایش بسیار زیاد تأخیر می‌شود. به همین دلیل باید درجه اشباع تردد ٪۹۰ را به‌عنوان حد بالای ظرفیت عملیاتی تقاطع‌های چراغ‌دار در نظر گرفت. در مسیرهای مهم و شریانی‌های اصلی، باید ظرفیت ذخیره‌ی عملیاتی بیشتری در نظر گرفته شود تا به عملکرد قابل‌قبول تقاطع در هنگام مواجهه با تغییرات جریان و سایر رویدادهای تصادفی کمک کند. برای تقاطع‌هایی که چراغ راهنمایی ندارند، حد بالای اشباع برای یک عملکرد پایدار ۸۰ تا ۹۰ درصد در نظر گرفته شود.

۵-۶-۱-۵- تکرار با استفاده از مدل تاکتیکی

هنگامی‌که طرح پیشنهادی با استفاده از فرآیند سه مرحله‌ای مدل‌سازی که در بخش ۱-۴- شرح داده شد، ارزیابی می‌شود، باید زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی تعیین‌شده توسط مدل‌های قطعی و جریان تردد تعیین‌شده توسط مدل تاکتیکی، طی یک فرآیند تکرار (رفت‌وبرگشتی) به‌روزرسانی و هماهنگ شوند.



شکل ۵–۴- رابطه‌ی تأخیر در تقاطع و درجه‌ی اشباع

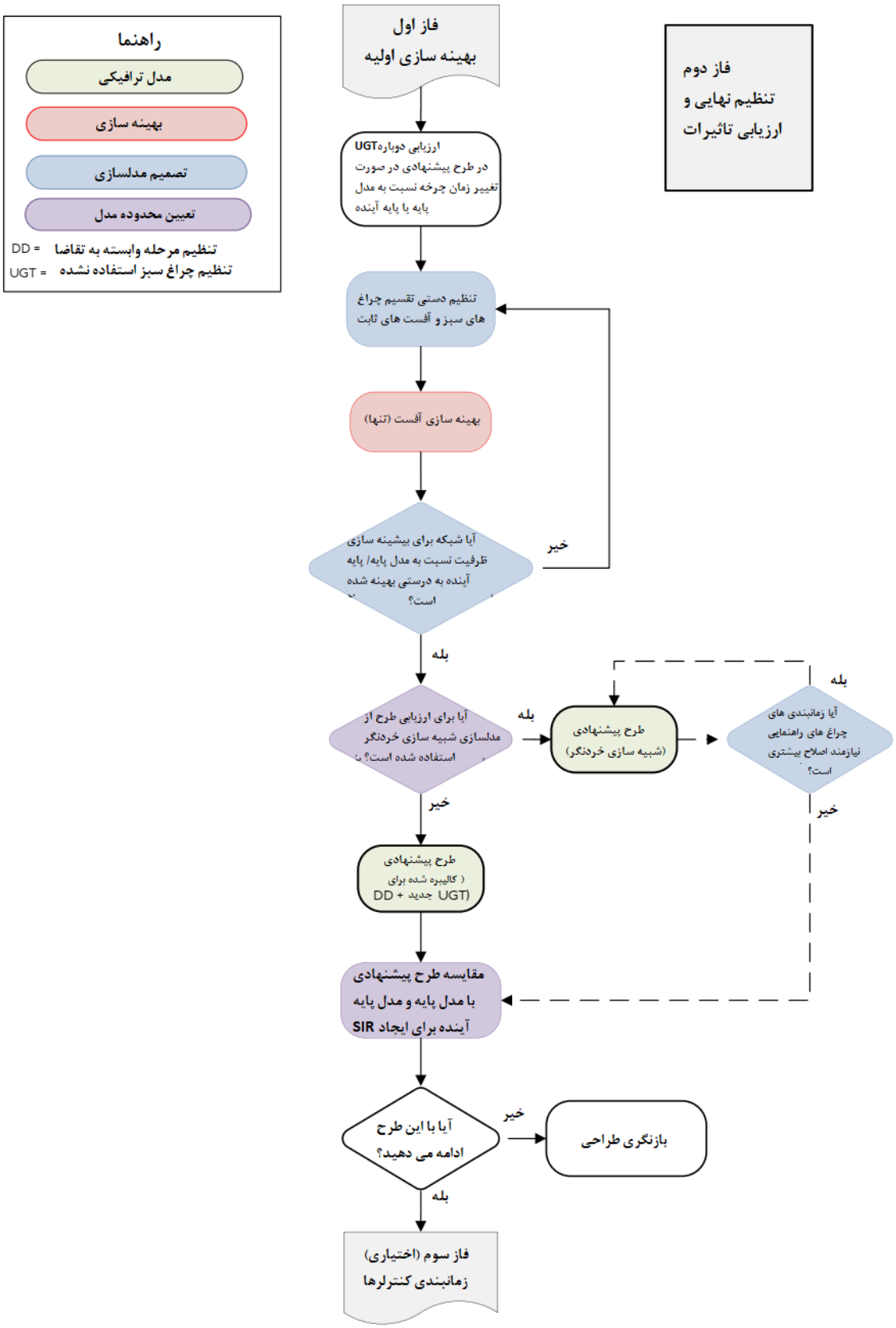
ابتدا باید مدل پایه‌ی افق یا مدل طرح پیشنهادی در مدل قطعی ساخته شده و با استفاده از جریان تردد حاصل از مدل پایه یا مدل‌پایه‌ی آینده، بهینه‌سازی شود. سپس زمان‌بندی‌های جدید باید در مدل تاکتیکی اعمال شده و جریان تردد دوباره پس از تخصیص تردد استخراج شود. در مرحله‌ی بعد، جریان‌های جدید از مدل تاکتیکی به مدل قطعی اعمال شده و دوباره مدل بهینه‌سازی می‌شود. این فرآیند تکراری بین دو مدل تاکتیکی و قطعی تا زمانی ادامه می‌یابد که باز تخصیص جریان تردد، نتایج نسبتاً یکسانی ارائه دهد.

۵-۶-۲- تنظیم دقیق و ارزیابی اثرات

در مرحله دوم با عنوان تنظیم دقیق بهینه‌سازی، تنظیمات اولیه‌ای که پیش‌تر به‌صورت خودکار توسط الگوریتم نرم‌افزار ایجاد شده بود، به‌صورت دستی تغییر می‌یابد. با تغییر این تنظیمات، امکان بیشینه‌سازی عملکرد طرح پیشنهادی و کمینه‌سازی اثرات منفی آن بر شبکه فراهم می‌شود. ازآنجایی‌که تصمیمات اصلی در حوزه طراحی قبلاً اتخاذ شده و متناسب بودن آن با اهداف مدل‌سازی به اثبات رسیده است، در این مرحله با اصلاحات جزئی در طرح پیشنهادی، عملکرد شبکه نسبت به مدل پایه و مدل پایه‌ی افق بهبود داده می‌شود. در شکل ۵–۵ جزئیات روش تنظیم دقیق بهینه‌سازی و ارزیابی اثرات نشان داده شده است. در ادامه، برخی رویکردهای مورد استفاده برای تنظیم دقیق چراغ راهنمایی ارائه می‌شود.

۵-۶-۲-۱- متعادل‌سازی شبکه

اگر پس از بهینه‌سازی، خروجی مدل نشان‌دهنده‌ی مشکل ایجاد صف باشد، متعادل‌سازی بار تردد در شبکه باید در دستور کار قرار گیرد. در این مرحله ظرفیت شبکه را می‌توان به‌صورت دستی تنظیم نمود (مثلاً اعمال تغییرات در تقسیم زمان‌های چراغ سبز). سپس با ثابت نگه‌داشتن ظرفیت شبکه، بهینه‌سازی فقط برای اختلاف فاز بین چراغ‌ها انجام می‌شود تا حرکت دسته‌ای خودروها به‌خوبی انجام شود.



شکل ۵–۵- روش تنظیم دقیق بهینه‌سازی و ارزیابی اثرات

۵-۶-۲-۲- استفاده از ظرفیت شبکه

درصورتی‌که شکل شبکه و فاصله تقاطع‌ها اجازه دهد، استفاده از اختلاف فازهای ثابت بین چراغ‌های راهنمایی هماهنگ شده، به عملکرد بهتر طرح پیشنهادی کمک می‌کند.

عدم استفاده‌ی کامل از خطوط عبوری بالادست جریان، ممکن است ناشی از قیفی‌شدن جریان در یک مسافت کوتاه باشد، مانند کاهش خطوط تردد در خروجی به یک تقاطع. می‌توان با استفاده از لچکی یا کاهش جریان اشباع، تأثیر بالقوه‌ی قیفی‌شدن را در خطوط بالادست جریان مدل کرد. در مقابل، پخش شدن جریان در معابر عریض‌تر در پایین‌دست، ممکن است مانع از استفاده کامل از ظرفیت تقاطع پایین‌دست شود. در چنین حالتی، باید اختلاف فازهای ثابت به‌صورت دستی اعمال شود تا جریان تردد در خطوط به‌صورت کاملاً اشباع درآید. اختلاف فاز ثابت به‌گونه‌ای اعمال شود که حرکت دسته‌ای خودروها تنها زمانی ممکن باشد که ظرفیت ذخیره‌ی همه خطوط کاملاً مورد استفاده قرار گرفته باشد. اگر امکان اعمال اختلاف فاز ثابت وجود نداشته باشد، پخش شدن ممکن است مانع از استفاده بیشینه از ظرفیت خطوط پایین‌دست شود. در نتیجه، کاهش جریان اشباع در بالادست باید به خطوط پایین‌دست نیز اعمال شود.

۵-۶-۲-۳- محافظت از شبکه

اگر شبکه‌ی پیشنهادی نزدیک به بیشینه ظرفیت عملیاتی خود باشد، لازم است که از شبکه در مقابل نوسانات احتمالی حجم تردد محافظت شود. اثرات ریسک نوسانات حجم تردد را می‌توان با تنظیم دستی زمان چراغ سبز و به اشباع رساندن هر کمان اشباع‌نشده‌ی ورودی به تقاطع کمینه کرد. این روش را می‌توان برای اجتناب ازدحام بیش‌ازحد در کمان‌هایی که دارای حجم ترددی فراتر از ظرفیتشان در شبکه هستند، به کار برد. آن دسته از کمان‌هایی که بار ترددی بیش از اشباع را تحمل می‌کنند، باعث ایجاد به تأخیر بسیار زیاد و غیرقابل پیش‌بینی و قابلیت اطمینان پایین زمان سفر در مدل طرح پیشنهادی می‌شوند.

۵-۶-۲-۴- تعامل با مدل شبیه‌سازی خردنگر

اگر شرح خدمات پروژه اجازه دهد، عملکرد زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی بهینه‌شده باید به‌وسیله‌ی نرم‌افزار شبیه‌سازی خردنگر مورد بازبینی قرار گیرد. این امر به ارزیابی زمان‌بندی در مقایسه با رفتار کاربران و مشاهدات میدانی کمک می‌کند. این ارزیابی به‌ویژه در شرایط پر ازدحام و موقعیت‌هایی که رفتارهای تردد خاصی وجود دارد (مانند محدوده همگرایی) بسیار مفید است.

۵-۶-۲-۵- اصلاح طراحی

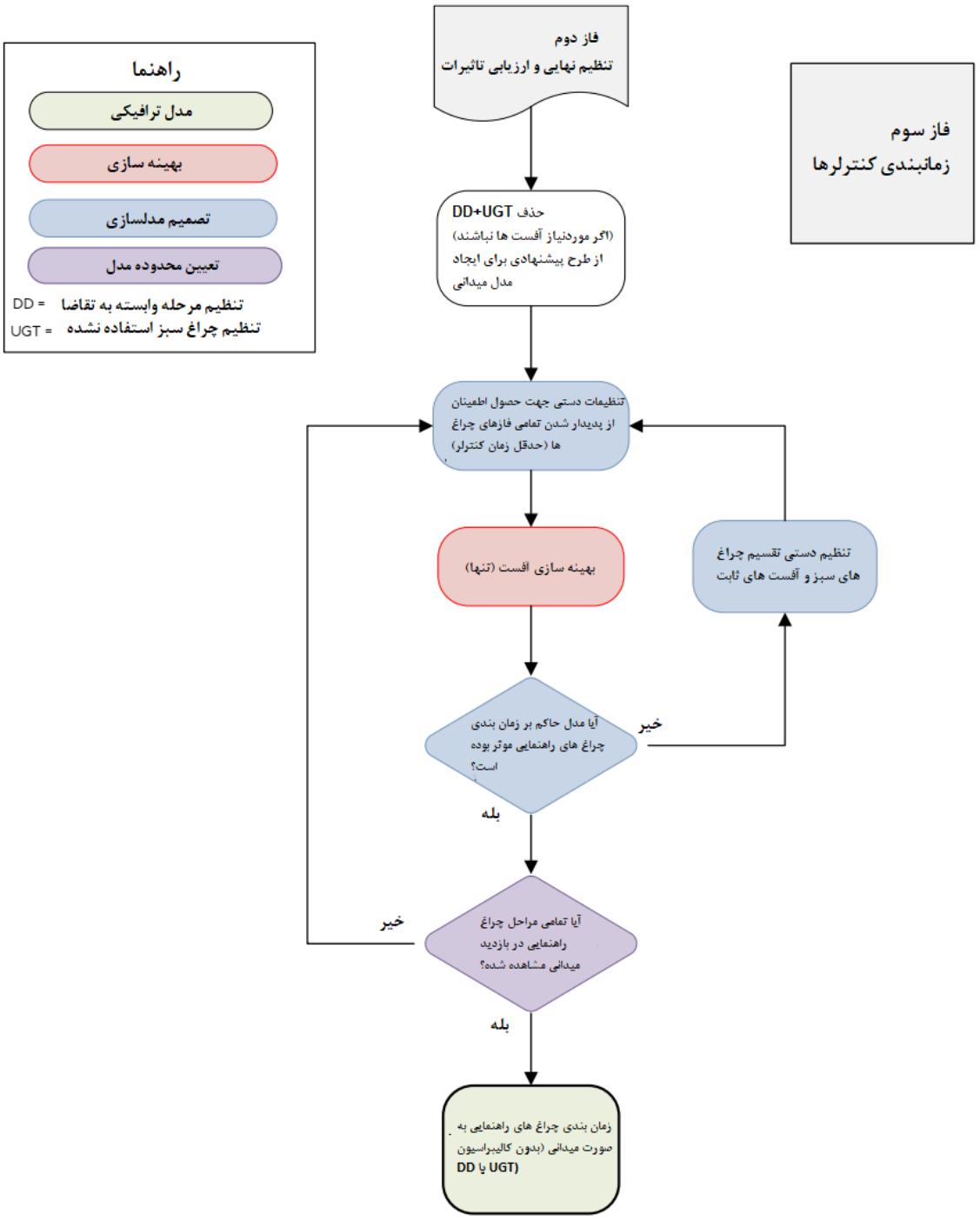
هنگامی‌که مدل‌ها به‌درستی ایجاد شد، اما نتایج بیانگر افزایش تأخیر در یک یا چند شیوه سفر بود، باید برای کاهش این تأخیر، طرح پیشنهادی را ضمن حفظ اهداف طرح اصلاح کرد. پیش از هرگونه تغییر در طراحی، باید با کارفرما در مورد امکان‌پذیر بودن اعمال این تغییرات در اجرا مذاکره کرد.

۵-۶-۳- اجرای میدانی

پس‌ازآنکه کارفرما طرح پیشنهادی را تائید کرد، مرحله سوم فرآیند بهینه‌سازی اجرا خواهد شد که شامل تهیه زمان‌بندی‌های اولیه‌ی تنظیم‌گرهای چراغ‌های راهنمایی و اصلاح آن پیش از اجرای میدانی است. جزئیات مرحله اجرای میدانی در شکل ۵–۶ ارائه شده است.

اولین گام در این فرآیند، حذف تنظیمات زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی در خصوص وابستگی به تقاضا و زمان سبز استفاده‌نشده است، مگر آن‌که این تنظیمات برای محاسبه‌ی اختلاف فاز ضروری باشد. سپس باید اطمینان یافت که فازهای چراغ راهنمایی فعال بوده و دارای کمینه زمان سبز هستند. برای اطمینان از فعال بودن همه فازها، باید مدت فازها را که از مرحله تنظیم دقیق و ارزیابی اثرات به‌دست‌آمده، به‌صورت دستی تنظیم کرد. پس‌ازآن، مدت فازها که به‌صورت دستی تنظیم شده‌اند، تنها برای تعیین اختلاف فاز تحت بهینه‌سازی قرار می‌گیرند.

پس از بهینه‌سازی، باید زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی به‌دقت بررسی شده و از مناسب بودن آن اطمینان حاصل شود. در صورت نیاز و پیش از اجرای میدانی، تنظیمات دستی مجددی روی مدت فازها و اختلاف فازها قابل‌اعمال است. پس از اجرای میدانی زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی، باید مشاهداتی در همه ساعات اوج صورت پذیرد که عملکرد صحیح این زمان‌بندی‌ها را تائید کند.



شکل ۵-۶-اجرای میدانی برنامه زمان‌بندی تنظیم‌گرهای چراغ راهنمایی

۵-۷- ارزیابی مدل

طیف وسیعی از خروجی‌ها توسط مدل ارائه می‌شود که هر یک از آن‌ها، شاخصی از عملکرد شبکه هستند. برخی از این شاخص‌های عملکردی عبارتند از:

- درجه‌ی اشباع
- ظرفیت کمان/خط (هم‌سنگ سواری در ساعت)
- ظرفیت ذخیره‌سازی عملیاتی تقاطع
- بیشترین مقدار میانگین طول صف
- نیمرخ‌های جریان در طول چرخه چراغ راهنمایی در کمان‌های بحرانی (کوتاه/ اشباع زیاد)
- درصد زمان سبز تلف‌شده در هر تقاطع به دلیل انسداد خروجی تقاطع
- درصد اتوبوس‌های هر خط که بیش از یک چرخه پشت چراغ قرمز منتظر می‌مانند
- زمان سفر تردد خودروها
- زمان سفر دوچرخه‌ها
- تأخیر
- زمان انتظار بیش‌ازحد
- آلاینده‌ها
- میانگین و انحراف معیار زمان سفر حمل‌ونقل شخصی و همگانی در مسیرهای معین
- میانگین زمان سفر پیاده در مسیرهای معین

برای نشان دادن اثرات اجرای طرح پیشنهادی باید از شاخص‌های عملکردی بالا و سایر شاخص‌های مرتبط استفاده کرد. فهرست و نحوه محاسبه شاخص‌های ارزیابی عملکرد طرح پیشنهادی باید در جلسه تعیین محدوده‌ی مورد مطالعه برای مدل پایه و مدل پیشنهادی (بخش ۱-۵-۱-)، به کارفرما ارائه شود.

فصل ۶

گزارش مدل‌سازی

گزارش مدل‌سازی

گزارش مطالعات باید رویکرد مدل‌سازی و نتایج آن را ارائه کند. بدون گزارش‌دهی درست، فرآیند ساخت مدل به دلیل عدم وجود سوابق لازم قابل بررسی نخواهد بود. گزارش مدل‌سازی باید به‌گونه‌ای تهیه شود که خواننده با مطالعه آن، دلیل اتخاذ تصمیم‌های مختلف حین ساخت مدل از مرحله‌ی آشنایی با شبکه تا مرحله‌ی ارزیابی طرح پیشنهادی را درک کند.

مدل تردد در یک بازه زمانی توسط افراد مختلفی ساخته و تکمیل می‌شود. بنابراین مستندسازی اقدامات در هنگام ساخت مدل شامل همه مفروضات و تصمیم‌گیری‌های مدل‌سازی، ضروری است.

مشاور، موظف است یک گزارش جامع، درست، دقیق و منطبق بر شرح خدمات تهیه کند که به‌خوبی مراحل و جزییات مدل‌سازی را نشان دهد و امکان استفاده مجدد از مدل را توسط کارفرما یا سایر مشاوران فراهم سازد. فایل‌های نرم‌افزاری مدل نیز باید همراه با گزارش برای بررسی و ارزیابی ارائه شود.

۶-۱- گزارش پرداخت مدل

گزارش پرداخت مدل باید شامل همه داده‌های گردآوری‌شده و سابقه ساخت مدل و اصلاحات اعمال شده برای پرداخت آن باشد. ارزیابی مدل بر اساس گزارش پرداخت مدل انجام خواهد شد. به همین دلیل گزارش پرداخت مدل باید شامل ورودی‌های مدل و چگونگی ساخت مدل برای تطابق با وضع باشد. موارد زیر حتماً باید در این گزارش درج شود:

- هدف از ساخت مدل
- گزارش مشاهدات و برداشت‌های میدانی از شبکه‌ی معابر و رفتار رانندگان. اگر رفتار رانندگان فقط در زمان خاصی از روز تغییر می‌کند، باید به آن اشاره شود. علاوه بر آن باید چگونگی اعمال این مسئله در مدل نیز بیان شود.
- داده‌های میدانی نشان‌دهنده‌ی مقادیر اندازه‌گیری شده برای جریان اشباع، زمان حرکت و طول مؤثر لچکی
- جدول جریان اشباع برای هر کمان در شبکه با مشخص کردن این‌که مقادیر گزارش‌شده به‌صورت میدانی اندازه‌گیری شده‌اند یا خروجی محاسبات هستند.
- شرح جزئیات روش استخراج زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی شامل منبع داده‌ها (مثلاً برداشت میدانی، داده‌های مرکز پایش تردد، یا میانگین زمان‌بندی عملیاتی SCATS)

الزامات گزارش پرداخت مدل برای مدل‌های قطعی و شبیه‌سازی خردنگر مطابق بخش ۱-۵- در مرحله‌ی دوم فرآیند ارزیابی مدل بیان شده است.

۶-۲- گزارش اعتبارسنجی مدل

گزارش اعتبارسنجی مدل باید جزئیات مقایسه‌ی نتایج مدل پرداخت‌شده و شرایط واقعی را ارائه کند. این گزارش باید فرآیند اعتبارسنجی را از مرحله‌ی آماربرداری میدانی تا مرحله‌ی اصلاح مدل و به‌ویژه مواردی که ورودی‌های مدل به‌منظور دستیابی به اعتبار لازم اصلاح شده‌اند، شرح دهد. نتایج مدل اعتبارسنجی شده باید در جدولی ارائه و با مقادیری که به‌صورت میدانی اندازه‌گیری شده‌اند در تمام بازه‌های زمانی که قرار است از مدل استفاده شود، مقایسه شود. تفاوت‌های نتایج مدل و مشاهدات میدانی باید شناسایی، بررسی و تشریح شود. موارد زیر باید در گزارش اعتبارسنجی درج شود:

- جزئیات جریان تردد شامل زمان ثبت آن، منبع آن (ترددشمار خودکار یا برداشت دستی)، و نحوه انتخاب ساعات اوج برای مدل‌سازی
- محاسبات وابستگی به تقاضا شامل منبع داده‌ها و نحوه اعمال آن در مدل
- داده‌های اعتبارسنجی مانند زمان سفر خودروها، درجه اشباع تردد و زمان سبز استفاده‌نشده
- مشاهدات میدانی مرتبط که در گزارش پرداخت درج نشده، مانند رفتار دادن اجازه عبور به جهت مخالف، انسداد خروجی تقاطع، استفاده از لچکی یا زمان‌های غیرسبز، جزییات پارک/ بارگیری و تخلیه خودروها، جزئیات گلوگاه‌ها
- شواهد اعتبارسنجی، مقایسه‌ی نتایج مدل‌شده با مشاهدات و اندازه‌گیری‌های میدانی. هر تفاوتی باید بررسی و تحلیل شده باشد.

الزامات گزارش اعتبارسنجی مدل برای مدل‌های قطعی و شبیه‌سازی خردنگر مطابق بخش ۱-۵- در مرحله‌ی سوم فرآیند ارزیابی مدل بیان شده است.

۶-۳- گزارش مدل پایه‌ی افق

گزارش مدل پایه‌ی افق باید همراه با فایل نرم‌افزاری مدل پایه‌ی افق ارائه شده و شامل سال افق مدل‌سازی، طرح‌های پیشنهادی وارد شده به مدل تاکتیکی، و تغییرات اعمال‌شده به مدل‌های قطعی و شبیه‌سازی خردنگر پس از اعتبارسنجی باشد. نتایج مدل پایه‌ی افق باید با مدل پایه‌ی اعتبارسنجی شده در همه بازه‌های زمانی که قرار است از مدل استفاده شود، مقایسه شود. هر تغییر قابل‌توجهی نسبت به مدل پایه باید بررسی و تحلیل شود. موارد زیر باید در گزارش مدل پایه‌ی افق درج شود:

- جزئیات روش مورد استفاده برای اندرکنش بین سطوح مختلف مدل‌سازی شامل ثبت هرگونه اصلاح جریان و اطلاعات مسیر حاصل از مدل تاکتیکی به‌منظور تطابق با مفروضات مدل پایه
- فهرستی از طرح‌های پیشنهادی که در ارزیابی مدل پایه‌ی افق لحاظ شده‌اند، شامل هرگونه اصلاح اعمال شده به مرزهای مدل‌های قطعی و شبیه‌سازی خردنگر

- تغییرات پیشنهادی در مسیر اتوبوس‌ها، سرفاصله اتوبوس‌ها، و زمان توقف اتوبوس در ایستگاه
- جزئیات مفروضات وابستگی به تقاضا و زمان سبز استفاده‌نشده
- اصلاحات مدل طرح پیشنهادی برای کاهش اثرات منفی طرح
- جزئیات روش مورد استفاده برای تعیین تقاضای چرخه‌ی چراغ راهنمایی و مسیر حرکت در مدل پایه‌ی افق
- خلاصه‌ای از مقایسه‌ی نتایج مدل پایه‌ی افق و نتایج مدل پایه‌ی اعتبارسنجی شده (بخش ۶-۷-)

زمان سفر خودروها و اتوبوس‌ها در مسیرهای معین که در مدل پایه‌ی شبیه‌سازی خردنگر برای اعتبارسنجی به‌کاررفته بود، باید در مدل پایه‌ی افق نیز وارده شده و با نتایج آن مقایسه شود. الزامات گزارش اعتبارسنجی مدل برای مدل‌های قطعی و شبیه‌سازی خردنگر مطابق بخش ۱-۵- در مرحله‌ی پنجم فرآیند ارزیابی مدل بیان شده است.

۶-۴- گزارش مدل طرح پیشنهادی

گزارشی که همراه با مدل طرح پیشنهادی ارائه می‌شود باید شامل شرح کاملی از طرح پیشنهادی و اهداف آن، اثرات احتمالی طرح و تغییرات در میزان تقاضا باشد. تغییراتی که برای ساخت مدل طرح پیشنهادی به مدل پایه‌ی یا مدل پایه‌ی افق اعمال می‌شود، نیز باید با جزئیات ارائه شود. موارد زیر باید در گزارش مدل طرح پیشنهادی درج شود:

- خلاصه‌ای از طرح پیشنهادی
- اهداف طرح پیشنهادی
- راهبرد پیشنهادی برای مدیریت ترافیک
- ارزیابی نتایج طرح پیشنهادی
- نتیجه‌گیری و توصیه‌ها
- نقشه‌های خلاصه طراحی
- داده‌های پردازش نشده و پردازش شده مورد استفاده در مدل‌سازی
- مفروضات مدل‌سازی شامل اندرکنش سطوح مختلف مدل‌سازی، تأثیر سایر طرح‌ها، تغییرات حمل‌ونقل همگانی

نتایج مدل طرح پیشنهادی باید با مدل پایه‌ی اعتبارسنجی شده و مدل پایه‌ی افق در همه بازه‌های زمانی که مدل برای آن ساخته شده، مقایسه شود تا تأثیر طرح پیشنهادی بر شبکه مشخص شود (بخش ۶-۷- را ببینید). گزارش مدل طرح پیشنهادی باید شامل بحث و تفسیر نتایج مدل باشد. بهتر است تأثیر تغییر مشخصات هندسی به‌صورت جداگانه بیان شود تا کارفرما قادر به تصمیم‌گیری در خصوص جزئیات طرح پیشنهادی باشد.

نتایج مدل‌های پایه و پایه‌ی آینده باید در کنار نتایج مدل طرح پیشنهادی ارائه شود تا با مقایسه خروجی‌های مدل‌سازی، اثرات نسبی طرح پیشنهادی نسبت به وضع موجود قابل ارزیابی باشد. ارسال فایل نرم‌افزاری کلیه مدل‌ها ضروری است.

الزامات گزارش مدل طرح پیشنهادی برای مدل‌های قطعی و شبیه‌سازی خردنگر مطابق بخش ۱-۵- در مرحله‌ی پنجم فرآیند ارزیابی مدل بیان شده است.

۶-۵- گزارش اثرات طرح پیشنهادی

به‌عنوان بخشی از فرآیند تائید طرح، گزارش اثرات طرح پیشنهادی باید با جزییات لازم تهیه و برای بررسی و تائید به کارفرما ارسال شود. گزارش اثرات طرح پیشنهادی شامل اطلاعات ایمنی، قابلیت ساخت و نگهداری طرح پیشنهادی، اطلاعات مدل‌سازی، و اثرات احتمالی طرح بر شبکه است که باید به تفکیک تأثیر آن بر شیوه‌های مختلف حمل‌ونقل تهیه شده باشد. موارد زیر باید در گزارش اثرات طرح پیشنهادی درج شود:

- خلاصه‌ای از طرح پیشنهادی
- اهداف طرح پیشنهادی
- نتایج طرح پیشنهادی شامل تغییرات زمان سفر، مصرف سوخت و انتشار آلاینده‌ها

۶-۶- ارزیابی اثرات اجتماعی

خروجی‌های مدل‌سازی نقش مهمی در ارایه‌ی اطلاعات به شهروندان و نظرسنجی از ایشان داشته و به مردم شاخصی قابل‌فهم و در دسترس از اثرات طرح ارائه می‌کند. زمان سفر در مدل پایه یا مدل پایه‌ی افق که از شبیه‌سازی خردنگر به‌دست‌آمده، باید با زمان سفر حاصل مدل طرح پیشنهادی مقایسه شود. تأثیر طرح باید بر شیوه‌های مختلف حمل‌ونقل بررسی شود:

- **خودروی شخصی:** میانگین زمان سفر (دقیقه)
- **اتوبوس‌ها:** میانگین زمان سفر در همه مسیرهای اتوبوس در محدوده طرح پیشنهادی (دقیقه)
- **دوچرخه‌ها:** میانگین زمان سفر (دقیقه)
- **پیاده‌ها:** میانگین زمان انتظار پشت چراغ (دقیقه)

زمان سفر در شبکه معابر درون محدوده مورد مطالعه محاسبه می‌شود. اگر چند خط اتوبوسرانی از یک مسیر عبور کنند، بهتر است یک زمان سفر میانگین برای همه آن‌ها ارائه شود. برای محاسبه زمان انتظار پیاده‌ها نیز می‌توان از نرم‌افزارهای مانند LEGION، Viswalk استفاده کرد.

از خروجی‌های مدل‌های تاکتیکی و قطعی نیز می‌توان برای ارائه‌ی اطلاعات بیشتر در جلسه‌ی نظرسنجی استفاده کرد. نمودارهای خروجی مدل تاکتیکی نشان می‌دهند که باز تخصیص جریان تردد برای چه مناطقی پیش‌بینی‌شده و از خروجی‌های مدل قطعی می‌توان برای نمایش اشباع خطوط توقف و زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی استفاده کرد.

در طرح‌های مهم و پیچیده، توصیه می‌شود که از تصویرسازی‌های سه‌بعدی استفاده شود. این امر به درک ساده‌تر

اندرکنش بین چراغ‌های راهنمایی، اتوبوس‌ها، دوچرخه‌ها و پیاده‌ها کمک کرده و مزایای طرح را بهتر نشان می‌دهد.

۶-۷- ارائه‌ی خروجی‌های مدل‌سازی

مدل‌سازی تنها یک پیش‌بینی از نتایج اجرای طرح پیشنهادی ارائه می‌کند. به همین دلیل ارائه‌ی نتایج به‌صورت جزئی و دقیق، مثلاً تفاوت زمان سفر در حد ثانیه توصیه نمی‌شود. تفسیر نادرست نتایج مدل توسط افراد غیرفنی بسیار رایج است. بنابراین معمولاً نتایج مدل‌سازی تاکتیکی و مدل‌سازی شبیه‌سازی خردنگر به‌صورت بازه‌ای از نتایج دسته‌بندی می‌شود. این دسته‌بندی به نوع طرح و ابعاد آن بستگی دارد. در مدل‌های تاکتیکی، بهتر است نمودارهای تغییرات حجم تردد معابر، در بازه‌های ۵۰ تا ۱۰۰ خودرو نمایش داده شود. دسته‌بندی زمان سفر خروجی مدل‌های شبیه‌سازی خردنگر هم بهتر است در بازه ۱ تا ۵ دقیقه ارائه شود.

۶-۸- مدل‌سازی سه‌بعدی

خروجی‌های مدل‌های تردد که طی فرآیند سه مرحله‌ای مدل‌سازی تهیه شده‌اند، ماهیتی فنی داشته و درک و تفسیر مفهوم خروجی‌ها، نیازمند یک فرد حرفه‌ای در زمینه‌ی مدل‌سازی است. به همین دلیل استفاده از روشی برای ساده‌سازی و قابل‌فهم کردن نتایج برای افراد مختلف به‌ویژه مدیران و تصمیم گیران ضروری است. روشی که برای نمایش مؤثر خروجی‌های مدل‌سازی در قالبی قابل‌دسترس و قابل‌فهم مورد استفاده قرار می‌گیرد، مدل‌سازی سه‌بعدی و پویانمایی است. این ابزارها به بازآفرینی محیط مدل شده و ارائه‌ی طرح پیشنهادی به‌صورت یک فیلم یا تصویر سه‌بعدی و تحلیل آن کمک می‌کنند. برای ساخت یک ارائه‌ی سه‌بعدی مراحل زیر باید طی شود:

- تبدیل شبیه‌سازی خودروها در مدل به ارائه‌ی سه‌بعدی واقع‌گرایانه از خودروها برای شبیه‌سازی حرکت و رفتار آن‌ها
- پیاده‌سازی طرح پیشنهادی به‌صورت سه‌بعدی
- ایجاد ساختمان‌ها و اجزای پس‌زمینه برای واقع‌نمایی طرح

بخش دوم

فرآیند ساخت مدل

مقدمه

این بخش شامل راهنمایی‌هایی اختصاصی برای ساخت مدل در نرم‌افزارهای مختلف است که آگاهی از آن برای مشاوران ضروری است:

- نرم‌افزار ویسیم
- نرم‌افزار ایمسان

فصل ۷

فرآیند ساخت مدل

در نرم‌افزار ویسیم

فرآیند ساخت مدل در نرم‌افزار ویسیم

۷-۱- مقدمه

در این فصل رویکردهای توصیه‌شده در خصوص ساخت مدل شبیه‌سازی خردنگر در نرم‌افزار ویسیم[۱] ارائه شده است. در مواردی که شرایط محلی یا الزامات پروژه، استفاده از روش‌هایی غیر از مندرجات این فصل را ایجاب کند، دریافت تائید از کارفرما ضروری است.

۷-۱-۱- معرفی ویسیم

ویسیم یک نرم‌افزار شبیه‌سازی خردنگر است که توسط گروه پ. ت. و. در آلمان ساخته شده است. ویسیم از طراحی شبکه‌ی خط‌مبنا و مدل پیروی خودروها برای شبیه‌سازی صحیح نحوه‌ی حرکت وسایل نقلیه در معابر و تقاطع‌ها و اندرکنش آن‌ها با هم استفاده می‌کند. در این نرم‌افزار، رفتار جانبی در خط‌ها در نظر گرفته شده که مدل‌سازی برخی موضوعات مانند دوچرخه یا سبقت‌گرفتن را ممکن ساخته است. چراغ راهنمایی را می‌توان هم به‌صورت زمان ثابت و هم به‌صورت هوشمند مدل‌سازی کرد.

معمولاً برای مدل‌سازی یک شبکه پیچیده و پرازدحام که خروجی واقع‌گرایانه‌ای از مدل‌سازی قطعی برای آن به دست نمی‌آید، از نرم‌افزار ویسیم استفاده می‌شود. همانند سایر نرم‌افزارهای شبیه‌سازی خردنگر، این نرم‌افزار نیز قادر به بهینه‌سازی زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی نبوده و به همین دلیل معمولاً در بررسی طرح‌های پیشنهادی در کنار مدل‌سازی قطعی مورداستفاده قرار می‌گیرد.

۷-۱-۲- نسخه‌های نرم‌افزار

هر نسخه‌ای از ویسیم که برای مدل‌سازی پروژه انتخاب شود باید برای تمامی مدل‌های همان پروژه یکسان باشد. ساخت مدل پایه در یک نسخه و ساخت مدل طرح پیشنهادی در نسخه‌ای جدیدتر قابل‌قبول نیست، زیرا نتایج در هر نسخه متفاوت است. در هنگام باز کردن فایل ویسیم در یک ویرایشگر متن مانند نوت‌پد، نسخه‌ای از نرم‌افزار که مدل آخرین بار در آن ذخیره شده است را می‌توان در خطوط ابتدایی بالای فایل مدل (*.inp/*.inpx) مشاهده کرد.

۷-۱-۳- کاربرد مناسب ویسیم

اگر با توجه به هدف مدل‌سازی، جزئیات بیشتری از رفتار وسایل نقلیه و اندرکنش آن‌ها مورد نیاز باشد، از نرم‌افزار ویسیم برای تکمیل تحلیل‌های ابزارهای طراحی و بهینه‌سازی تردد و یا نتایج مدل‌سازی تاکتیکی استفاده می‌شود. نمونه‌هایی از نیاز به مدل‌سازی در نرم‌افزار ویسیم برای دستیابی به اهداف پروژه عبارتند از:

- در صورت وجود شرایط فوق اشباع، به‌ویژه اگر انسداد در خروجی رخ دهد، یا صف وسایل نقلیه با سایر تسهیلات

[۱] PTV-VISSIM

شبکه تداخل ایجاد کند

- هنگامی‌که زیرساخت‌های شبکه در دوره مدل‌سازی، به‌صورت پویا تغییر می‌کنند (مثلاً وابستگی به تقاضا، اولویت عبور اتوبوس در چراغ راهنمایی)
- برای مدل‌کردن زمان‌بندی پویای چراغ‌های راهنمایی در SCATS یا مشابه آن
- اگر جزئیات رفتار دوچرخه یا رفتار پیاده مورد نیاز باشد
- اگر یکی از شاخص‌های مهم بهبود وضعیت، پیش‌بینی صحیح زمان سفر باشد (مثلاً طرح پیشنهادی در خصوص اولویت عبور اتوبوس‌ها)
- اگر نمایش گرافیکی طرح پیشنهادی، روش مدیریت تردد یا راهبرد کنترل تقاطع چراغ‌دار برای ارائه مهم باشد

۷-۲- آماده‌سازی

در این بخش راهنمای تخصصی ساخت مدل در نرم‌افزار ویسیم ارائه خواهد شد. نحوه آماده‌سازی مدل باید در جلسه‌ی تعیین محدوده مورد مطالعه (بخش ۱-۵-۱-) بررسی و در فهرست انتظارات از مدل‌سازی (بخش ۱-۵-۲-) درج شود.

۷-۲-۱- مرزهای محدوده مدل

نرم‌افزار ویسیم قادر است چراغ‌های هماهنگ شده یا متصل به مرکز پایش تردد را که زمان چرخه‌ی متفاوتی دارند، مدل کند. به همین دلیل این نرم‌افزار می‌تواند تأثیر طرح‌های پیشنهادی شامل دو یا چند گروه چراغ هماهنگ شده را ارزیابی کند. اگر انسداد خروجی در یک گروه چراغ بر گروه دیگری در بالادست جریان تأثیر بگذارد، می‌توان از ویسیم برای پیش‌بینی اندازه و تواتر تکرار مسائل عملکردی و سنجیدن تأثیر طرح‌های پیشنهادی بر کاهش آن استفاده کرد. به همین دلیل تقاطع‌هایی که منجر به تشکیل صف‌های طولانی می‌شوند باید در محدوده‌ی مدل‌سازی گنجانده شوند. درصورتی‌که امکان این امر وجود نداشته باشد (مثلاً وقتی‌که گنجاندن دلیل تشکیل صف، پیچیدگی و حجم مدل را افزایش دهد) باید از یک روش جایگزین استفاده شود. برای جزئیات بیشتر به بخش ۷-۴-۲-۶- مراجعه شود.

در هنگام تعیین مرزهای محدوده مورد مطالعه در مدل ویسیم، باید طول کمان‌های (ورودی) ابتدایی (مثلاً بخش‌هایی که در آن‌ها وسایل نقلیه وارد شبکه می‌شوند) را در نظر گرفت. طول کمان‌های ابتدایی باید آن‌قدر زیاد باشد که کل حجم تردد ورودی مورد انتظار در تمام گزینه‌ها در ساعت اوج را در برگیرد. دو دلیل برای این امر وجود دارد:

- اطمینان از شناسایی آسان (چشمی) تأثیر انسداد در بالادست جریان و کاهش اثرات آن
- اطمینان از در نظر گرفتن کلیه‌ی وسایل نقلیه در هنگام اندازه‌گیری پارامترهای عملکردی طرح پیشنهادی (مانند زمان سفر، تأخیر، طول صف و میانگین سرعت). اگر برخی وسایل نقلیه به‌درستی در مدل بارگذاری نشوند، نتایج مدل اریب بوده و تأثیر طرح را بر ظرفیت زیربرآورد می‌کند.

اگر طول کمان‌ها به‌قدر کافی زیاد نباشد، صف وسایل نقلیه در خارج از محدوده مدل تشکیل شده و منتظر فضای خالی برای ورود می‌ماند. طول همه کمان‌ها باید برای دربرگرفتن طول صف، افزایش یابد.

۷-۲-۲- گردآوری داده‌ها

همان‌طور که در فصل‌های ۲- و ۳- بیان شد، اطلاعات زیر پیش از ساخت مدل در ویسیم لازم است:

- تصاویر پس‌زمینه (بخش ۷-۲-۴-)
- آشنایی با رفتار رانندگان و شرایط محیطی محل
- جریان تردد و نسبت‌های گردش
- ترکیب جریان تردد (مطابق طبقه‌بندی وسایل نقلیه)
- تواتر خدمات‌رسانی/ سرفاصله اتوبوس‌ها
- موقعیت ایستگاه‌های اتوبوس
- زمان توقف در ایستگاه‌های اتوبوس
- زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی
- جریان اشباع
- زمان سفر وسایل نقلیه
- طول صف
- سرعت مجاز
- وضعیت پارک و تخلیه و بارگیری وسایل نقلیه

با توجه به اهداف مدل‌سازی ممکن است داده‌های زیر نیز مورد نیاز باشد:

- آماربرداری مبدأ-مقصد
- نیمرخ سرعت و شتاب
- آماربرداری تعداد مسافر سوار و پیاده شده از اتوبوس
- حجم جریان پیاده
- آماربرداری تعداد سرنشین اتوبوس

۷-۲-۲-۱- بازدید میدانی

مدل‌های شبیه‌سازی خردنگر می‌توانند اندرکنش‌های پیچیده‌ی بین کاربران راه و محیط پیرامون آن‌ها را شبیه‌سازی کنند. برای شبیه‌سازی درست این اندرکنش‌ها و توجه به آن‌ها، بازدید میدانی از محل ضروری است. استفاده از نقشه‌ها و تصاویر هوایی، به‌تنهایی برای ساخت مدل کافی نیست، زیرا این منابع، ویژگی‌های پویای محیط مانند نحوه حرکت وسایل

نقلیه را نشان نمی‌دهند. می‌توان از دوربین‌های مداربسته نیز استفاده کرد، هرچند این یک روش چندان مطلوب نیست، زیرا برخی نواحی تحت پوشش دوربین‌ها قرار نداشته و به‌آسانی از دایره‌ی توجه خارج می‌شوند. پس توصیه می‌شود از دوربین‌های مداربسته در کنار بازدیدهای میدانی استفاده شده و جایگزین آن نشود. برخی از رفتارهایی که باید در بازدید میدانی موردتوجه قرار گیرند عبارتند از:

- **بهره‌برداری از فضای خیابان:** به‌ویژه در مواقعی که نحوه استفاده از خطوط با خط‌کشی تطابق نداشته باشد.
- **انسداد:** در تقاطع، گذرگاه عرضی پیاده، خط‌کشی شطرنجی، نواحی توقف ممنوع یا هر جای دیگری که مانع از ادامه مسیر دلخواه وسایل نقلیه جلوگیری شده باشد.
- **تغییر خط:** به‌ویژه در نقاط تصمیم‌گیری برای تغییر خط به‌منظور گردش وسایل نقلیه
- **پارک کردن:** هم به‌صورت قانونی و هم به‌صورت غیرقانونی، درصورتی‌که موقتی نبوده و فضای حرکت جریان تردد را اشغال کرده باشد.
- **صف:** محل، طول و رفتار وسایل نقلیه در صف
- **پذیرش فاصله عبور:** در تقاطع‌های حق تقدمی یا گردش‌به‌چپ‌هایی که با جریان متقابل تداخل دارند.

این موارد به میزان قابل‌توجهی بر نتایج مدل‌سازی تأثیر می‌گذارند، بنابراین باید از طریق بازدید میدانی شناسایی شده و به‌دقت در مدل، شبیه‌سازی شوند. انجام بازدید میدانی در روزهایی که آماربرداری تردد (مثلاً ترددشماری یا اندازه‌گیری زمان سفر) در حال انجام است، بسیار مهم است، زیرا مطابق بخش ۷-۵-۱- ، باید اطمینان یافت که اطلاعات گردآوری‌شده برای شبیه‌سازی، مربوط به یک روز عادی است، یا لازم است آماربرداری در روز دیگری تکرار شود.

۷-۲-۲-۲- زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی

در بخش ۳-۹- ، چگونگی گردآوری و استفاده از داده‌های زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی ارائه شده است. مطابق بخش ۷-۴-۵- ، دو روش اصلی برای کنترل چراغ‌های راهنمایی وجود دارد: چراغ‌های مستقل و چراغ‌های متصل به مرکز پایش تردد. اگر از VAP برای کنترل زمان‌بندی استفاده شود، داده‌های گروه چراغ، فاز و زمان بین دو سبز موردنیاز خواهد بود. در تقاطع‌های متصل به مرکز پایش تردد، طرح کنترل و تواتر فازهای وابسته به تقاضا نیز مورد نیاز است.

اگر انواع پیچیده‌تری از کنترل پویا مورداستفاده قرار گرفته (مثلاً اولویت عبور اتوبوس‌ها) که تأثیر قابل‌توجهی بر رفتار رانندگان در آن تقاطع دارد، داده‌ها باید به‌گونه‌ای گردآوری شود که شبیه‌سازی صحیح این مشخصه‌ها امکان‌پذیر باشد.

۷-۲-۲-۳- جریان اشباع

در بخش۳-۱۰- راهنمای اندازه‌گیری جریان اشباع ارائه شده است. داده‌های موردنیاز برای پرداخت جریان اشباع در مدل ویسیم باید گردآوری شود. برخی از حالت‌هایی که اندازه‌گیری داده‌ها برای جریان اشباع در مدل ویسیم الزامی است عبارتند از:

- در رویکرد تقاطع، صف طولانی مشاهده می‌شود، مثلاً وقتی گلوگاه وجود داشته باشد.
- رویکرد تقاطع به‌عنوان ورودی وسایل نقلیه به مدل ویسیم در نظر گرفته شده باشد.
- طرح پیشنهادی شامل تغییراتی در مشخصات هندسی باشد.
- طرح پیشنهادی شامل تغییراتی در روش‌های کنترل یا زمان بین دو سبز باشد.
- سایر موارد به تشخیص مدل‌ساز.

۷-۲-۲-۴- زمان سفر

برای اعتبارسنجی مدل ویسیم باید داده‌های زمان سفر موجود باشد. در سال‌های اخیر استفاده از آماربرداری‌های خودکار باعث شده که برای دریافت داده‌ها، طیف گسترده‌تری از گزینه‌ها وجود داشته باشد. همچنین با استفاده از این روش می‌توان زمان سفر را در چند روز مختلف اندازه‌گیری و سپس میانگین آن‌ها را ارائه کرد. استفاده از مقادیر میانگین، منجر به افزایش قابلیت اطمینان اعتبارسنجی مدل می‌شود. برخی منابع داده عبارتند از: دوربین‌های تشخیص خودکار شماره پلاک وسیله نقلیه و داده‌های هم‌فزون شرکت‌های ناوبری (مسیریاب‌ها). می‌توان در صورت امکان از دوربین‌های مداربسته برای ردیابی چشمی وسایل نقلیه در طول یک قطعه معین از معبر استفاده کرد. اگر منابع لازم برای داده‌ها موجود نباشد، داده‌های زمان سفر را باید با استفاده از روش «خودروی شناور» گردآوری کرد (بخش ۳-۵-۳-).

گردآوری داده‌های زمان سفر باید هم‌زمان با سایر آماربرداری‌های تردد صورت پذیرد. البته در شبکه‌های بزرگ‌تر ممکن است آماربرداری زمان سفر در چند روز مختلف صورت پذیرد. در نرم‌افزار ویسیم، زمان سفر را می‌توان در هر مسافتی از مسیر گردآوری و اندازه‌گیری کرد تا با داده‌های میدانی زمان سفر هم‌خوانی داشته باشد. توصیه می‌شود که داده‌های زمان سفر علاوه بر کل مسیر، در مسافت‌های کوتاه‌تر نیز اندازه‌گیری شوند تا موقعیت‌هایی که در ارزیابی اختلال ایجاد می‌کنند، راحت‌تر شناسایی شوند.

۷-۲-۲-۵- حمل‌ونقل همگانی

داده‌های اتوبوس‌ها از طریق سیستم موقعیت‌یاب خودکار اتوبوس‌ها ثبت می‌شود. این داده‌ها شامل سرفاصله، زمان سفر و زمان توقف در ایستگاه برای هر اتوبوس است. این داده‌ها باید از کارفرما دریافت و پس از پردازش، مورد استفاده قرار گیرد. در صورت نبود اطلاعات مناسب، باید از آماربرداری میدانی استفاده کرد.

۷-۲-۳- بازه‌های زمانی مدل‌سازی

بازه‌های زمانی مدل‌سازی باید بر اساس الزامات تحلیل تعیین شود تا مبنای گردآوری داده‌های جریان تردد قرار گیرد. مدل‌سازی باید با یک بازه‌ی زمانی گرم‌کردن آغاز شود که در آن شبکه پیش بارگذاری شده و جریان تردد و طول صف‌ها به وضعیت مشاهده شده در ابتدای زمان اصلی مدل‌سازی برسد (بخش ۳-۴-).

نرم‌افزار ویسیم، محدود به مدل‌سازی در یک بازه‌ی اوج یک‌ساعته نیست. به‌منظور ارزیابی جامع‌تر، می‌توان بیش از سه

ساعت را مدل کرد که برای ارزیابی تردد در بخش‌های ابتدایی و انتهایی یک بازه اوج و نیز برای مدل‌های بزرگ‌تری که در آن‌ها هر موقعیت مکانی، ساعت اوج مختص به خود را دارد، بسیار مفید است.

مدل ویسیم علاوه بر بازه‌ی زمانی تحلیل باید دارای بازه‌ی زمانی گرم‌کردن نیز باشد. طول بازه‌ی زمانی گرم‌کردن وابسته به‌اندازه‌ی شبکه و میزان ازدحام آن است. مدت‌زمان گرم‌کردن باید دست‌کم به‌اندازه‌ی یک سفر معمولی در شبکه باشد، ولی در بیشتر موارد یک بازه‌ی زمانی ۱۵ تا ۳۰ دقیقه‌ای کافی است. به همین دلیل مدل‌های ویسیم با یک ساعت تحلیل، دست‌کم ۱/۲۵ ساعت را پوشش می‌دهند. اگر این امکان وجود داشته باشد که در اثر طرح پیشنهادی ساعات اوج افزایش یابند، باید بازه‌ی زمانی سرد شدن را نیز لحاظ کرد.

۷-۲-۴- تصویر پس‌زمینه

از تصاویر هوایی، نقشه‌برداری با مقیاس مناسب یا برداشت میدانی، می‌توان برای ساخت مدل شبکه استفاده کرد. نقشه‌های پس‌زمینه باید جزئیات و دقت کافی داشته باشد تا اطلاعات اجزای شبکه مانند خطوط توقف چراغ‌های راهنمایی، حق تقدم، موقعیت ایستگاه‌های اتوبوس و خط‌کشی خیابان را ارائه کند.

پیش از آغاز فرایند ساخت شبکه لازم است تصویر پس‌زمینه به‌درستی تنظیم شود. توصیه می‌شود یک نشانگر مقیاس به طول دست‌کم ۱۰۰ متر در تصاویر پس‌زمینه درج شده باشد. ویسیم از دستگاه مختصات کارتزین عمومی به‌جای دستگاه‌های مختصات خاص هر نقشه استفاده می‌کند. با وجود پشتیبانی ویسیم از بارگذاری نقشه‌های برخط از سایت‌های Bing و OpenStreetMap، استفاده از این قابلیت به‌تنهایی توصیه نمی‌شود، زیرا نقشه‌های برخط در گذر زمان ثابت نیستند. همان‌طور که در بخش‌های ۳-۱- و ۳-۲- شرح داده شده، فرض به‌روز و صحیح بودن نقشه‌های برخط و تصاویر هوایی صحیح نیست و لازم است طی بازدید میدانی، جزئیات آن بررسی و اعتبارسنجی شود. بنابراین استفاده از نقشه‌های غیربرخط که در ویسیم مقیاس داده می‌شود، توصیه می‌شود تا همواره، شرایط میدانی در زمان ساخت مدل را نشان دهد.

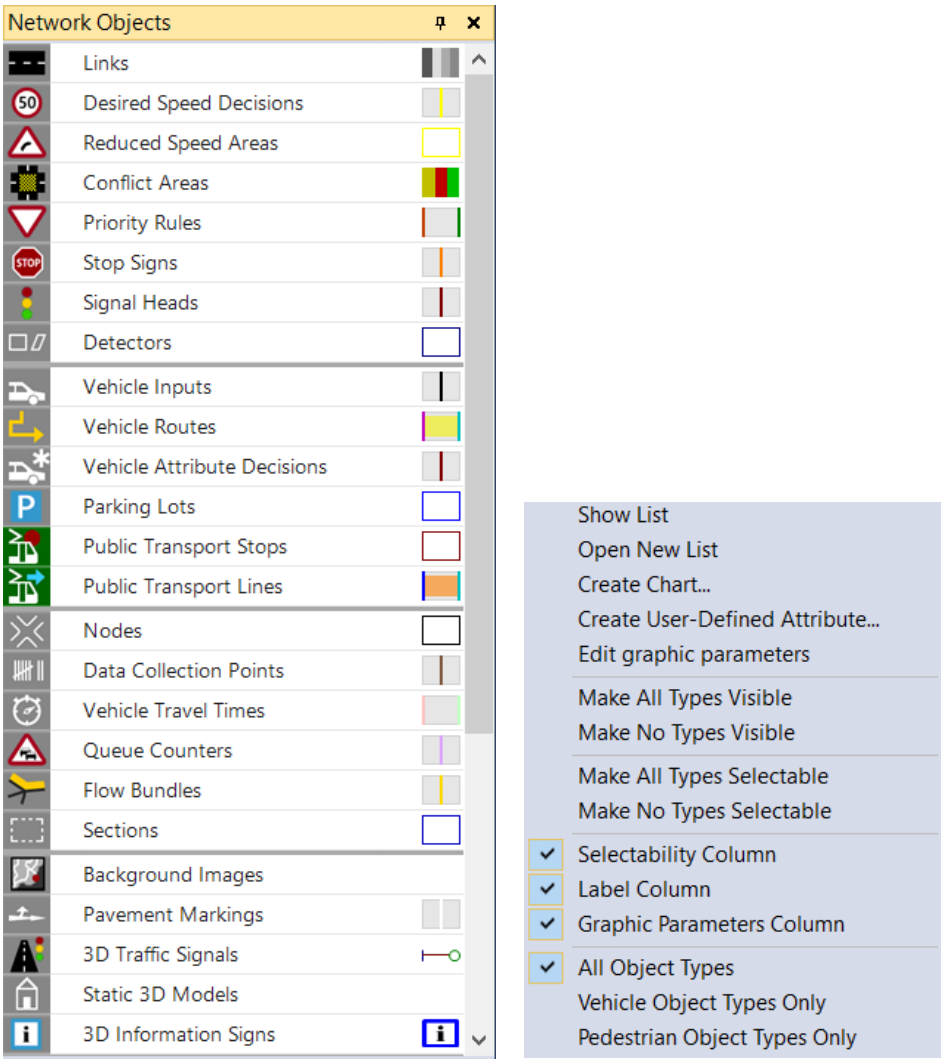
۷-۳- رابط کاربری گرافیکی

با وجود شباهت بسیار زیاد نسخه‌های مختلف نرم‌افزار ویسیم، نسخه‌های جدید همواره نسبت به گذشته تغییر خواهند کرد. بااین‌حال، در این بخش خلاصه‌ای از ویژگی‌های این نرم‌افزار ارائه شده است و در صورت تغییر محل آن در نسخه‌های بعدی، همچنان توصیه‌های این راهنما باید مورد توجه قرار گیرد.

۷-۳-۱- اجزای شبکه

منظور از اجزای شبکه، کلیه جزییاتی است که یک شبکه تردد را تشکیل می‌دهند، مانند مشخصات هندسی خیابان، موقعیت و زمان‌بندی چراغ راهنمایی، سرعت‌گیر، سرعت مجاز و حجم جریان. در پنجره‌ی اجزای شبکه (شکل ۷–۱) تعیین می‌شود که کدام اجزا نمایش داده شوند (در چپ‌ترین ستون)، اجزا قابل انتخاب باشند یا خیر (ستون دوم)، برچسب آن‌ها

نمایش داده شود (دومی از راست)، و چگونه نمایش داده شوند (راست‌ترین ستون). کلیک‌راست کردن روی ورودی، آسان‌ترین روش برای دسترسی به فهرست آن نوع اجزا است (بخش ۷-۳-۲-) که در آن می‌توان چگونگی نمایش اجزا و برچسب آن را با استفاده از گزینه‌ی پارامترهای ویرایش گرافیکی تعیین کرد.

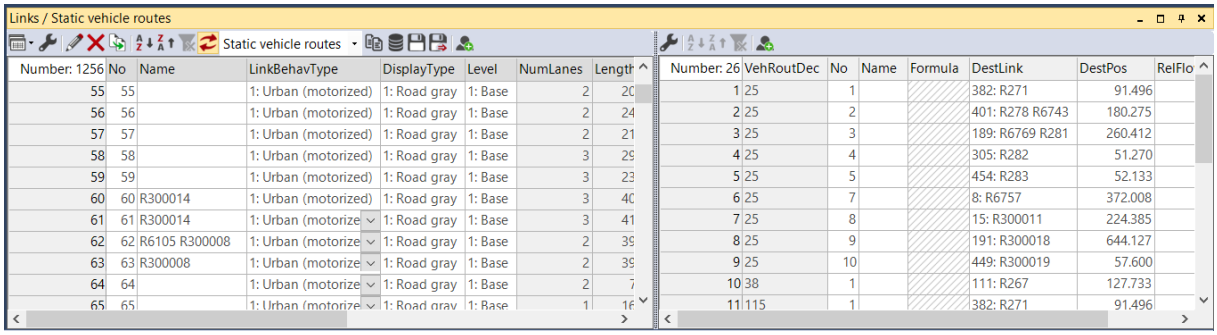


شکل ۷-۱- پنجره‌ی اجزای شبکه و فهرست کلیک‌راست نمونه

۷-۳-۲- فهرست

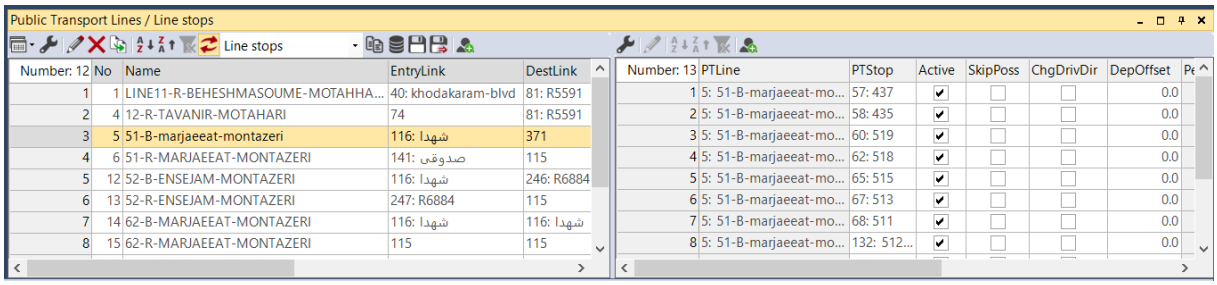
پنجره‌ی «فهرست» (لیست) مشخصه‌ی کلیدی نرم‌افزار ویسیم است. در «فهرست»، ویژگی‌های مختلف یک ابزار یا پارامتر نمایش داده می‌شود. کاربر می‌تواند محتوای فهرست را شخصی‌سازی و ویرایش کند و چند ابزار یا مجموعه داده را به‌صورت هم‌زمان نمایش دهد. چند سلول را می‌توان به‌صورت هم‌زمان انتخاب و ویرایش کرد.

می‌توان دو فهرست متصل‌به‌هم را نمایش داد. یک مثال خوب برای این حالت مطابق شکل ۷-۲، کمان‌ها/ مسیرهای ایستای وسایل نقلیه در سمت راست، و کمان انتخابی در هر مسیر در سمت چپ است.



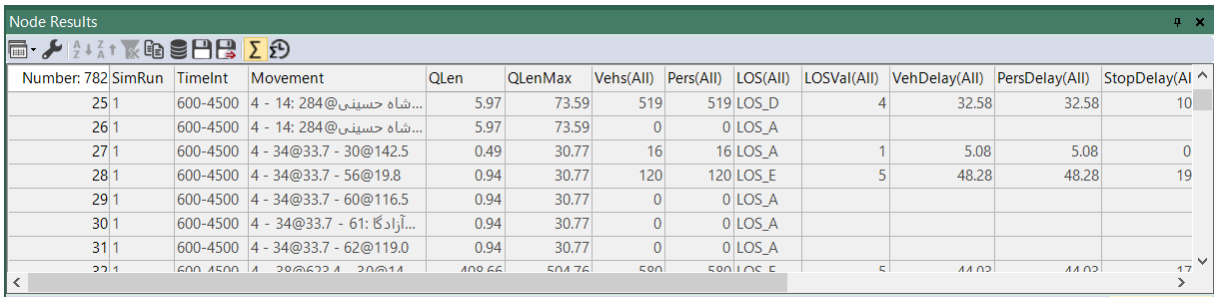
شکل ۷–۲- فهرست‌های متصل: کمان‌ها در سمت چپ و مسیرهای ایستای وسایل نقلیه در سمت راست

مثالی دیگر از اتصال فهرست‌ها، اتصال داده‌های خطوط حمل‌ونقل همگانی با داده‌های ایستگاه‌های حمل‌ونقل همگانی است که در آن تمامی ایستگاه‌هایی که یک مسیر خاص اتوبوس‌ها در آن توقف می‌کند و فعال بودن یا نبودن آن‌ها نمایش داده می‌شود (شکل ۷–۳). به‌وسیله‌ی دکمه‌ی «انتخاب ویژگی» ستون نمایش‌دهنده‌ی توزیع زمان توقف اتوبوس در ایستگاه برای هر ایستگاه اضافه شده است.



شکل ۷–۳- فهرست‌های متصل: خطوط حمل‌ونقل همگانی در سمت چپ و ایستگاه‌ها در سمت راست

«مقادیر تعریف‌شده توسط کاربر[۱]» را نیز می‌توان به فهرست‌ها اضافه کرد. این مقادیر از دو نوع است: داده‌های منابع خارجی (مثلاً داده‌های اعتبارسنجی) و فرمول‌هایی که در مدل از داده‌ها استفاده می‌کنند. فهرست‌ها، داده‌های نتایج را نیز نمایش می‌دهند و به همین طریق خروجی‌های نرم‌افزار ویسیم را می‌توان نمایش داد. شکل ۷–۴ نمونه‌ای از نتایج یک گره را نشان می‌دهد. اطلاعات بیشتر در بخش۷-۷- ارائه شده است.



شکل ۷–۴- فهرست نتایج گره

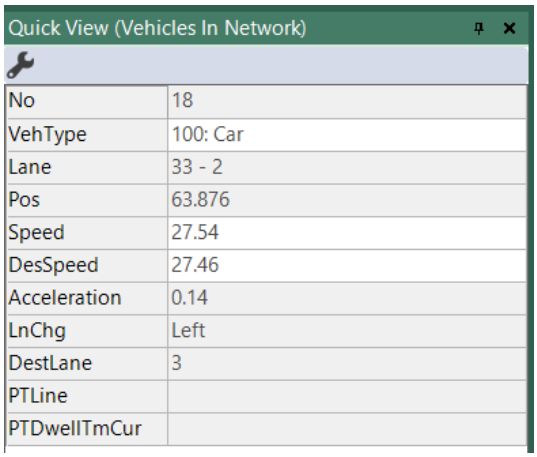
[۱] User Defined Attributes (UDA)

ازآنجاکه فهرست‌ها را می‌توان بر اساس هر یک از ستون‌های موجود در «فهرست‌های متصل» مرتب‌سازی کرد، به کمک «نمایش فهرست» می‌توان مشخصات نمایش را به‌گونه‌ای ویرایش کرد که مثلاً کمان‌ها و خطوط عبوری دارای مشخصات یکسان، رنگ یکسانی داشته باشند.

۷-۳-۳- نمایش سریع

محتوای پنجره‌ی «نمایش سریع[۱]» با توجه به اجزای انتخاب شده در شبکه، متغیر است. هر نوع از اجزای شبکه، مجموعه داده‌هایی دارد که کاربر می‌تواند پیکربندی آن‌ها را تغییر داده و مقادیر آن‌ها را در همان پنجره ویرایش کند.

نمایش سریع، ابزار مفیدی برای پرداخت مدل است که با استفاده از آن می‌توان مدل را به‌دقت بررسی و علت رفتار خاص یک وسیله‌ی نقلیه را شناسایی کرد (شکل ۷–۵). می‌توان این ابزار را پیکربندی کرد تا با کلیک روی هر وسیله‌ی نقلیه، طیف گسترده‌ای از اطلاعات مربوط به آن در زمان شبیه‌سازی نمایش داده شود. بنابراین این ابزار برای شناسایی اندرکنش جاری وسایل نقلیه نیز مفید خواهد بود.



شکل ۷–۵- پنجره‌ی نمایش سریع (وسایل نقلیه در شبکه)

۷-۳-۴- مدیریت گزینه‌ها

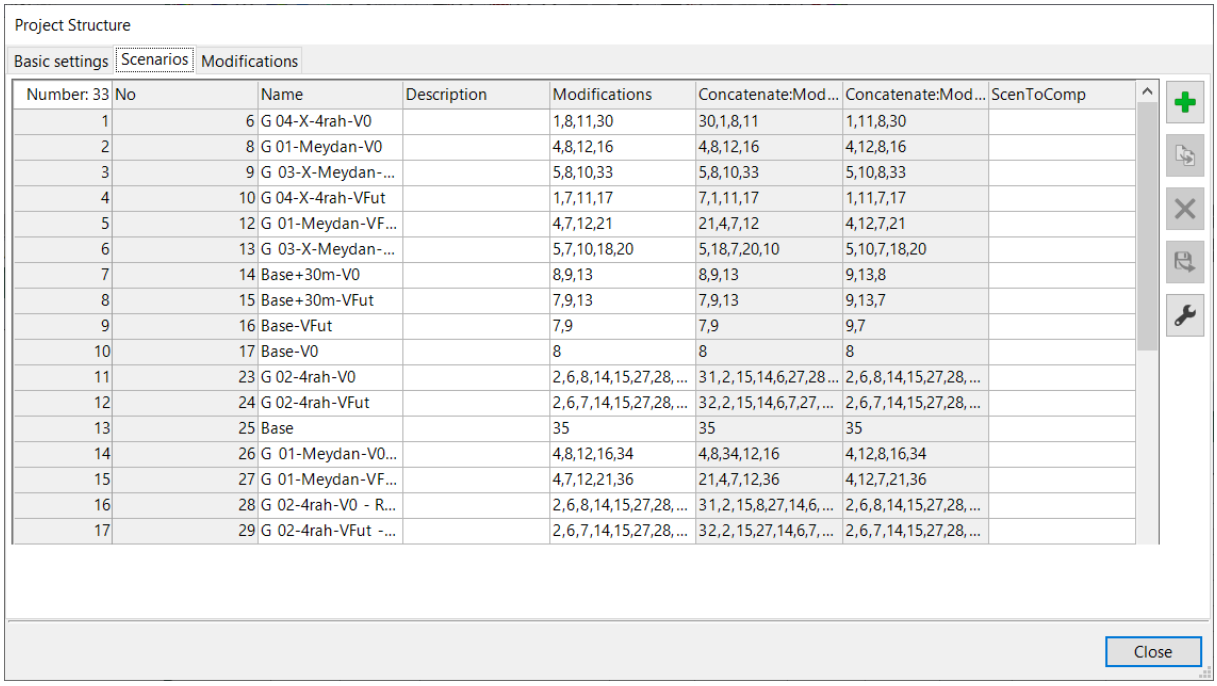
قابلیت «مدیریت گزینه‌ها[۲]» (سناریو) این امکان را فراهم می‌سازد که گزینه‌های متعددی در یک فایل ویسیم ورودی (*.inpx) گنجانده شود. کار کردن با چند گزینه در یک فایل، مزایایی را برای ساخت مدل ایجاد می‌کند، اما توصیه می‌شود در هنگام ارسال مدل به کارفرما، هر گزینه در یک فایل جداگانه (*.inpx) نیز ارسال شود. یکی از دلایل این توصیه، مشکلات بالقوه‌ای هستند که در اثر اعمال فایل‌های خارجی مختلف کنترل چراغ‌های راهنمایی به گزینه‌های متفاوت به وجود می‌آیند. مطابق شکل ۷–۶، از طریق مسیر فایل>مدیریت گزینه‌ها> ساختار پروژه، سپس زبانه‌ی گزینه‌ها و انتخاب

---

۱ Quick View

۲ Scenario Management

گزینه‌ی موردنظر، و کلیک روی دکمه‌ی «صادر کردن گزینه‌های انتخابی»[۱] می‌توان هر گزینه را به‌صورت یک فایل جداگانه ذخیره کرد. اطلاعات بیشتر در خصوص مدیریت گزینه‌ها در بخش ۷-۶-۲- ارائه شده است.



Number: 33	No	Name	Description	Modifications	Concatenate:Mod...	Concatenate:Mod...	ScenToComp
1	6	G 04-X-4rah-V0		1,8,11,30	30,1,8,11	1,11,8,30	
2	8	G 01-Meydan-V0		4,8,12,16	4,8,12,16	4,12,8,16	
3	9	G 03-X-Meydan-...		5,8,10,33	5,8,10,33	5,10,8,33	
4	10	G 04-X-4rah-VFut		1,7,11,17	7,1,11,17	1,11,7,17	
5	12	G 01-Meydan-VF...		4,7,12,21	21,4,7,12	4,12,7,21	
6	13	G 03-X-Meydan-...		5,7,10,18,20	5,18,7,20,10	5,10,7,18,20	
7	14	Base+30m-V0		8,9,13	8,9,13	9,13,8	
8	15	Base+30m-VFut		7,9,13	7,9,13	9,13,7	
9	16	Base-VFut		7,9	7,9	9,7	
10	17	Base-V0		8	8	8	
11	23	G 02-4rah-V0		2,6,8,14,15,27,28,...	31,2,15,14,6,27,28...	2,6,8,14,15,27,28,...	
12	24	G 02-4rah-VFut		2,6,7,14,15,27,28,...	32,2,15,14,6,7,27,...	2,6,7,14,15,27,28,...	
13	25	Base		35	35	35	
14	26	G 01-Meydan-V0...		4,8,12,16,34	4,8,34,12,16	4,12,8,16,34	
15	27	G 01-Meydan-VF...		4,7,12,21,36	21,4,7,12,36	4,12,7,21,36	
16	28	G 02-4rah-V0 - R...		2,6,8,14,15,27,28,...	31,2,15,8,27,14,6,...	2,6,8,14,15,27,28,...	
17	29	G 02-4rah-VFut -...		2,6,7,14,15,27,28,...	32,2,15,27,14,6,7,...	2,6,7,14,15,27,28,...	

شکل ۷-۶- پنجره‌ی ساختار پروژه

۷-۴- پرداخت مدل پایه

پس از گردآوری داده‌ها، ساخت مدل و پرداخت آن آغاز می‌شود. در این بخش راهنمای ساختار داده‌ها در نرم‌افزار ویسیم و چگونگی ساخت مدل در آن ارائه شده است. مدل ویسیم پس از پرداخت، دست‌کم باید دارای ویژگی‌های زیر باشد:

- پارامترهای اصلی و واحدهای صحیح
- ساختار مناسب و درست کمان‌ها که رفتار تردد در معبر را شبیه‌سازی کند
- نواحی کاهش سرعت که در موقعیت‌های مناسب در شبکه مستقر شده و به‌عنوان سازوکار پرداخت جریان اشباع مورد استفاده قرار گیرد
- قوانین اولویت عبور و نواحی تداخلی که به‌درستی مدل شده و بیانگر شرایط میدانی باشد
- جریان تردد و انتخاب مسیر مناسب و صحیح، بر اساس آماربرداری میدانی و مطابق محدوده مورد مطالعه و هدف مدل‌سازی
- داده‌های صحیح حمل‌ونقل همگانی که از منابع قابل‌اتکا گردآوری شده و به‌درستی مدل شده باشند. سطح

[۱] Export Selected Scenarios

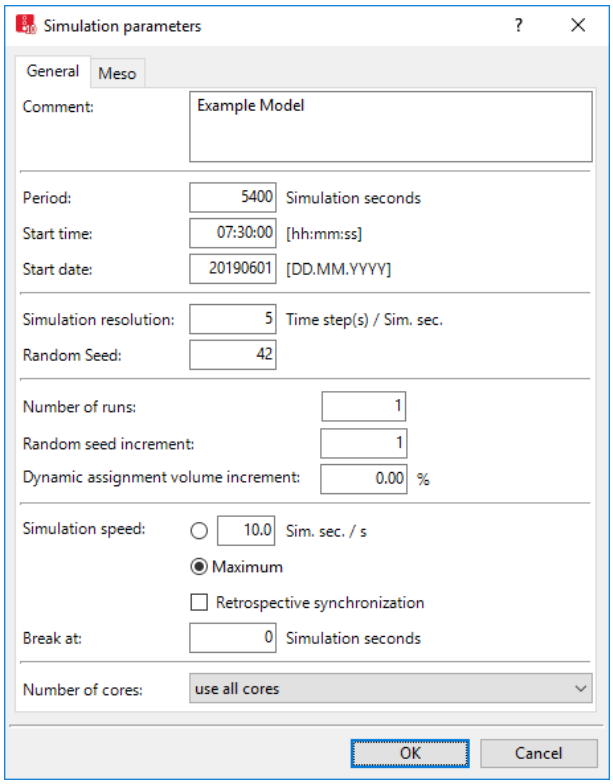
جزییات مدل‌سازی حمل‌ونقل همگانی به هدف مدل وابسته است

- زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی شبکه برای بازه‌ی زمانی تحت بررسی

یکی از روش‌های مهم در پرداخت و اعتبارسنجی مدل در نرم‌افزار ویسیم، مشاهده مدل در زمان اجرا است. برای دستیابی به این هدف، شبیه‌سازی صحیح رفتار رانندگان ضروری است. در حین پرداخت، برای شناسایی مشکلات در رفتار رانندگان که تأثیر منفی بر عملکرد مدل می‌گذارد، می‌توان از ویژگی پویانمایی[۱] ویسیم استفاده کرد. مشاهده مدل باید در حین اجرا برای دانه‌های تصادفی مختلف صورت پذیرد تا تصویری درست از عملکرد آن به‌دست‌آمده و از کارکرد درست تمام اجزای شبکه اطمینان حاصل شود.

۷-۴-۱- پارامترهای مدل

برخی پارامترها باید در ابتدای ساخت مدل تعیین شده و در تمام طول پروژه بدون تغییر بمانند. تغییر این پارامترها پس از پرداخت، مدل را نامعتبر می‌سازد. پنجره‌ی «پارامترهای شبیه‌سازی در نرم‌افزار ویسیم» برای یک مدل نمونه در شکل ۷–۷ مشاهده می‌شود.



شکل ۷–۷- پنجره‌ی پارامترهای شبیه‌سازی

[۱] Animation

۷-۴-۱-۱- تاریخ و زمان شروع

در اکثر مدل‌ها، پارامترهای زمان شروع و تاریخ شروع برای مشخص‌شدن زمان و تاریخی که مدل برای آن ساخته شده، مفید هستند. این تاریخ و زمان برای بعضی مدل‌ها که داده‌های زمان‌بندی چراغ راهنمایی را از مرکز پایش تردد دریافت می‌کنند، ضروری است.

۷-۴-۱-۲- دقت شبیه‌سازی

دقت شبیه‌سازی[۱]، همان تعداد گام زمانی است که به معنای تواتر زمانی حرکت وسایل نقلیه و محاسبه‌ی مجدد موقعیت آن‌ها در یک ثانیه از زمان شبیه‌سازی مدل است. بهتر است مقدار این پارامتر ۵ گام در هر ثانیه از شبیه‌سازی (۰/۲ ثانیه در هر گام) باشد، مگر این‌که وسایل نقلیه‌ی خودران در مدل وجود داشته باشد. در این حالت باید از مقادیر بزرگ‌تری استفاده شود، زیرا ماشین از انسان سریع‌تر است. دقت شبیه‌سازی را پس از پرداخت نمی‌توان تغییر داد، مگر آن‌که مدل دوباره اعتبارسنجی شود، زیرا رفتار رانندگان و نتایج مدل تغییر خواهد کرد.

برای بالا بردن سرعت شبیه‌سازی نباید مقدار این پارامتر را تغییر داد. با وجود این‌که مقادیر کمتر این پارامتر به افزایش سرعت شبیه‌سازی منجر می‌شود، اما بر دقت مدل تأثیر منفی می‌گذارد. به‌جای این روش می‌توان با حذف پویانمایی حرکت وسایل نقلیه یا با کاهش تواتر به‌روزرسانی این پویانمایی‌ها سرعت شبیه‌سازی را افزایش داد.

۷-۴-۱-۳- دانه‌های تصادفی

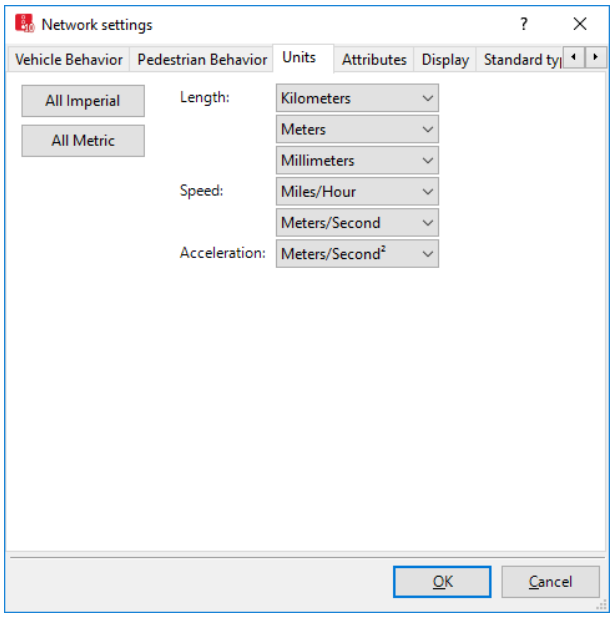
ضرورت استفاده از دانه‌های تصادفی برای اعتبارسنجی مدل در بخش ۷-۵-۱- بیان شده، بااین‌حال، تغییر منظم دانه‌ها در حین پرداخت مدل و مشاهده اجرای آن، برای پرهیز از بیش‌برازش مدل به یک شرایط خاص توصیه می‌شود. تغییر مقدار دانه ممکن است مسائلی را نشان دهد که در سایر اجراها پدیدار نشده بود.

۷-۴-۱-۴- واحدها

تنظیمات واحدها به‌صورت زیر و همان‌گونه که در شکل ۷–۸ نشان داده شده توصیه می‌شود (داده‌های پایه>تنظیمات شبکه> واحدها):

- مسافت: متر یا کیلومتر
- سرعت: متر در ساعت
- شتاب: متر بر مجذور ثانیه

[۱] Simulation Resolution



شکل ۷-۸- پنجره‌ی تنظیمات شبکه

۷-۴-۱-۵- مقررات تردد

تردد باید در حالت رانندگی در سمت راست (داده‌های پایه>تنظیمات شبکه> رفتار رانندگی) تنظیم شود. این پارامتر بر سبقت‌گرفتن یا رفتار رانندگان در معابر چند خطه تأثیر می‌گذارد.

۷-۴-۲- شبکه

در این بخش اطلاعاتی در خصوص چگونگی رسم کمان‌ها، اتصال‌دهنده‌ها[۱] و اجزایی مانند نواحی کاهش سرعت[۲] و قوانین اولویت عبور ارائه شده تا شرایط تردد مطابق با واقعیت میدانی ایجاد شود.

۷-۴-۲-۱- کمان‌ها و اتصال‌دهنده‌ها

ساختار شبکه در ویسیم با استفاده از کمان‌ها و اتصال‌دهنده‌ها ساخته می‌شود. به‌عنوان یک قانون کلی، تعداد کمان‌ها و اتصال‌دهنده‌ها باید کمینه بوده و طول اتصال‌دهنده‌ها باید کوتاه باشد. در محل اتصال اتصال‌دهنده‌ها به کمان‌ها، باید از هم‌پوشانی اجتناب شود، زیرا اگر وسایل نقلیه بتوانند هم از اتصال‌دهنده‌ها و هم از کمان‌ها استفاده کنند، ظرفیت کاذب ایجاد خواهد شد که با واقعیت میدانی مطابقت ندارد. در خصوص اتصال‌دهنده‌هایی که در انتهای کمان‌ها آغاز می‌شوند، باید دقت کافی لحاظ گردد تا این نقطه‌ی آغاز، نزدیک‌ترین حد ممکن به انتهای کمان باشد. دلیل این امر اجتناب از وضعیتی است که اجزای شبکه (مانند چراغ‌های راهنمایی، قوانین اولویت عبور و نقاط گردآوری داده) به‌صورت اتفاقی پس از موقعیتی قرار گیرند که اتصال‌دهنده از کمان خارج شده است. اگر وسیله‌ی نقلیه‌ای با ورود به اتصال‌دهنده، کمان را

---

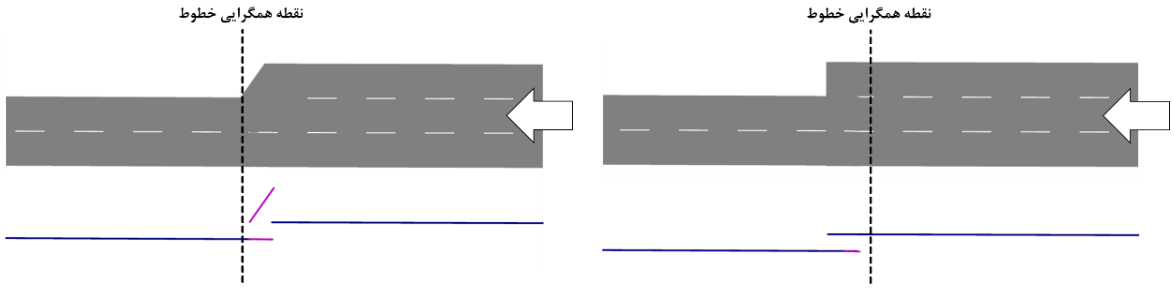
[۱] Connectors

[۲] Reduced Speed Areas

ترک کرده باشد، و اتصال‌دهنده‌ای در بالادست اجزای شبکه باشد، آن اجزا توسط وسیله‌ی نقلیه نادیده گرفته می‌شود. توصیه می‌شود که پس از هر ویرایش شبکه، دوباره بررسی شود که وسایل نقلیه از تمامی اجزای لازم در شبکه عبور کنند.

ازآنجاکه انضباط خطوط و رفتار صف با استفاده از پارامترهای تغییر خط و فاصله‌ی توقف اضطراری[۱] توسط اتصال‌دهنده‌ها فراهم می‌شود، تمامی حرکات گردشی از جمله حرکات درون تقاطع‌ها باید از طریق اتصال‌دهنده‌ها صورت پذیرد.

در هنگام مدل‌سازی افزایش تعداد خطوط (مثلاً یک لچکی) یا کاهش آن باید به‌جای چند اتصال‌دهنده‌ی خط به خط از یک اتصال‌دهنده استفاده و طول کمان تا حد ممکن افزایش یابد تا مطابق شکل ۷–۹ امکان واگرایی یا همگرایی در موقعیت مناسب فراهم شود. در صورت لزوم می‌توان برای افزایش تطابق با مشاهدات میدانی، از چند اتصال‌دهنده استفاده کرد. بااین‌حال، نقطه‌ی شروع باید همان نقطه‌ای باشد که در شکل ۷–۹ نشان داده شده تا اندرکنش وسایل نقلیه به‌ویژه در همگرایی‌ها توسط ویسیم کنترل شود. برای عملکرد صحیح، گزینه‌ی «همگرایی پیشرفته[۲]» در «رفتارهای رانندگی[۳]» باید فعال شود. اگر به‌صورت میدانی رفتار صف سخت‌گیرانه‌ای مشاهده شد، می‌توان برای هر خط به‌صورت جداگانه یک کمان تعریف کرد تا در هر کمان انتخاب مسیر مستقیم ممکن شود. به‌بیان‌دیگر، به‌جای این‌که یک خیابان چندخطه به‌عنوان یک کمان واحد در نظر گرفته شود، آن را به چند کمان موازی (هرکدام نماینده یک خط عبور) تقسیم می‌کنیم تا صف‌بندی و رفتار رانندگان واقعی‌تر مدل شود. رفتار صف سخت‌گیرانه معمولاً به دلیل شناخت از محل به‌ویژه در گردش‌به‌چپ‌ها رخ می‌دهد. روش دیگر، قرار دادن اتصال‌دهنده‌های کوتاه بین خطوط (اتصال یک کمان به خودش توسط اتصال‌دهنده) است که امکان انتخاب مسیر از طریق این اتصال‌دهنده‌ها را فراهم می‌سازد. البته این روش باید در صورتی انجام شود که سایر روش‌ها برای افزایش تطابق مشاهدات میدانی با رفتار صف در مدل کارساز نباشد. اگر از تخصیص پویا استفاده شود (بخش ۷-۴-۴-۲-) باید از اتصال‌دهنده‌ها یا کمان‌های موازی اجتناب شود تا مسیرهای اضافی و تغییر خط‌های غیرضروری، همگرایی مدل را سخت‌تر نکند.



شکل ۷–۹- گزینه‌های جانمایی همگرایی خطوط (جانمایی توصیه‌شده در سمت راست)

[۱] Emergency Stop Distance

[۲] Advanced Merging

[۳] Driving Behaviour

گزینه‌ی «فاصله‌ی تغییر خط[۱]» که در پنجره‌ی «مشخصات اتصال‌دهنده‌ها[۲]» قرار دارد، موقعیت نقطه‌ی ادغام خطوط را تحت تأثیر قرار می‌دهد. مقدار پارامتر فاصله‌ی تغییر خط برای کنترل حرکات وسایل نقلیه‌ای که از یک «مسیر» پیروی می‌کنند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. این پارامتر نشان‌دهنده فاصله‌ای قبل از اتصال‌دهنده است که وسایل نقلیه‌ی عبوری شروع به تغییر خط برای رسیدن به خط مدنظر خود می‌کنند.

در بزرگراه‌ها باید مقدار فاصله‌ی تغییر خط بزرگ‌تر در نظر گرفته شده و در کمان‌های با بیش از دو خط استفاده از گزینه‌ی به «ازای هر خط[۳]» توصیه می‌شود. مقدار این پارامتر را می‌توان در قالب یک توزیع وابسته به فاصله تعریف کرد تا نقطه‌ی شروع تغییر خط در مسافتی طولانی‌تر توزیع شود. همچنین می‌توان این پارامتر را برای هر طبقه از وسایل نقلیه به‌صورت جداگانه تعریف کرد، مثلاً وسایل نقلیه‌ای که شناخت بهتری از مسیر دارند، زودتر تغییر خط می‌دهند.

خط ویژه اتوبوس را می‌توان با بستن خط، به‌عنوان بخشی از یک کمان چند خطه مدل کرد. استفاده از این روش، نسبت به روشی که خط اتوبوس به‌عنوان یک کمان مجزا مدل شود، بهتر است، زیرا اگر به‌صورت مجزا مدل شوند تاکسی‌ها و موتورها مجبور به انتخاب بین خط اتوبوس و خط ویژه شده و از طرفی اتوبوس‌ها نیز نمی‌توانند با استفاده از سایر خطوط، از سایر اتوبوس‌هایی که متوقف شده‌اند، سبقت بگیرند. اگر خط ویژه اتوبوس به‌عنوان یک کمان مجزا مدل‌سازی نشده باشد، پیشنهاد می‌شود از اتصال‌دهنده‌های مجزایی برای جریان تردد سایر خودروها و خط اتوبوس استفاده شود. این اتصال‌دهنده‌ها باید بر روی طبقه‌های خاصی از وسایل نقلیه بسته شوند تا تعداد مسیرهای ممکن (اما غیرقابل استفاده) در تخصیص پویا کاهش یابد. در نتیجه، وسایل نقلیه از ابتدا وارد خط مناسب خود شده و در بازه‌های زمانی پر ازدحام وارد خط اتوبوس نمی‌شوند.

۷-۴-۲-۲- رفتار رانندگی در کمان[۴]

توصیه می‌شود برای ساخت مدل پایه از تنظیمات پیش‌فرض رفتار رانندگی استفاده شود. در صورت لزوم در مرحله‌ی پرداخت می‌توان رفتارهای رانندگی بیشتری را تعریف کرد. تعداد رفتارهای رانندگی مورد استفاده باید کمینه باشد.

رفتار رانندگی از طریق گزینه «انواع رفتار کمان[۵]» به کمان‌ها اختصاص داده می‌شوند. انواع رفتار کمان از یک رفتار رانندگی پیش‌فرض تشکیل شده که همراه با فهرستی از موارد استثنا، طبقه‌های وسایل نقلیه را با رفتارهای رانندگی مرتبط می‌سازد.

توصیه می‌شود در ساخت مدل شبکه معابر شهری، از مدل ویدمان[۶] ۷۴ و گزینه پیش‌فرض حمل‌ونقل موتوری

---

[۱] Lane Change Distance

[۲] Connector Attributes

[۳] Per Lane

[۴] Link Driving Behaviour

[۵] Link Behaviour Types

[۶] Wiedemann 74 model

درون‌شهری در رفتار کمان استفاده شود. توصیه می‌شود مقادیر پیش‌فرض پارامترهای زیر در رفتار حمل‌ونقل موتوری درون‌شهری تغییر یابد:

- در کمان‌هایی که در آن‌ها حرکت جانبی مجاز است، مقدار پارامتر دست‌کم مسافت دید به جلو از ۰ به ۳۰ متر افزایش یابد (در سرعت مجاز ۵۰ کیلومتر در ساعت)، تا وسایل نقلیه بتوانند با مشاهده چراغ راهنمایی، یکدیگر را ببینند و در یک خط دو صف در کنار هم تشکیل دهند.
- مقدار پارامتر میانگین فاصله‌ی دو وسیله نقلیه متوقف از یکدیگر،[۱] در همه‌ی انواع کمان به ۱/۲ متر تغییر یابد.

توصیه می‌شود مقدار سایر پارامترهای رفتار رانندگی همان مقادیر پیش‌فرض باقی بماند مگر این‌که شواهد میدانی یا نتایج اندازه‌گیری‌ها، مقادیری غیر از مقادیر پیش‌فرض را توصیه کند. در هنگام تغییر رفتار رانندگی پیش‌فرض باید به این نکته توجه شود که هر تغییر در آن، همه کمان‌هایی را که از آن رفتار استفاده می‌کنند، تحت تأثیر قرار خواهد داد.

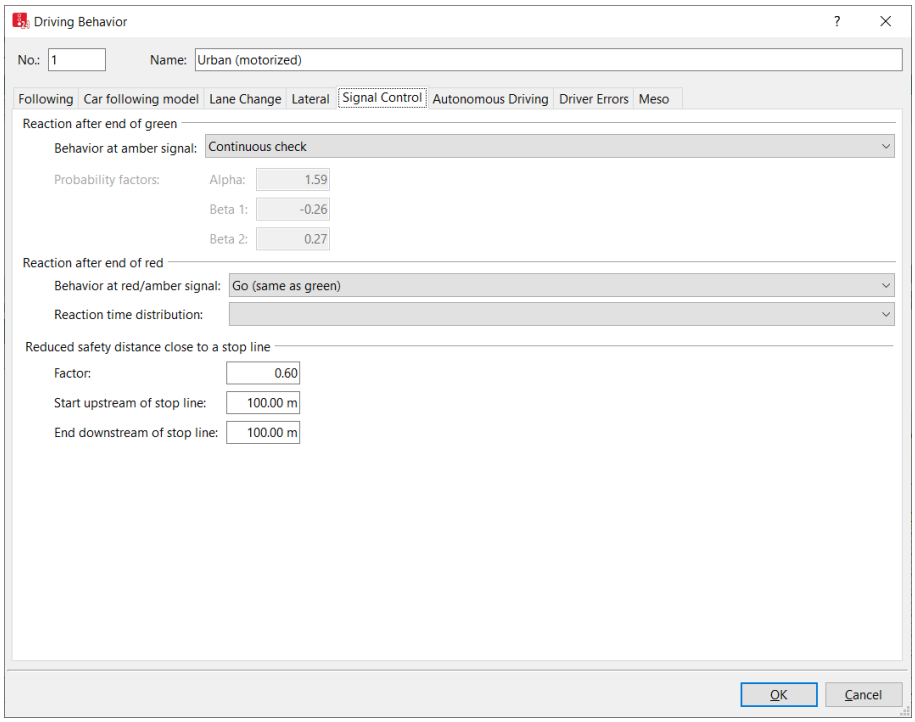
در برخی موارد لازم است که به دلیل رفتار تهاجمی رانندگان (مثلاً در یک تقاطع خاص یا مواردی که همگرایی از یک مسیر فرعی به مسیر اصلی باید با راه‌گرفتن همراه باشد) از رفتارهای رانندگی اصلاح‌شده استفاده شود. به‌طور مشابه، در مدل‌سازی دوچرخه، انواع رفتارهای جدیدی در ایستگاه‌های اتوبوس یا در رویکردهای تقاطع چراغ‌دار مورد نیاز است. اگر تغییر مقادیر پیش‌فرض ضروری باشد، تغییرات باید کمینه بوده، به موقعیت‌ها/ مجموعه رفتارهای کمان مشخصی محدودشده و برای ارزیابی در فرایند ارزیابی مدل، مستندسازی شود.

اگر در یک پروژه، زمان واکنش راننده به سبز شدن چراغ مهم باشد، باید داده‌های لازم برای پارامتر توزیع زمان واکنش[۲] گردآوری و در گزارش اعتبارسنجی درج شود. در غیر این صورت این بخش باید خالی بماند که به معنای زمان واکنش صفر ثانیه است (شکل ۷–۱۰).

---

[۱] Average Standstill Distance

[۲] Reaction Time Distribution



شکل ۷–۱۰- پنجره‌ی رفتار رانندگی

۷-۴-۲-۳- نواحی کاهش سرعت و انتخاب سرعت مطلوب

در هر قسمتی از شبکه که مشخصات هندسی معبر منجر به کاهش سرعت شود (مثلاً پیچ‌ها، گوشه‌ها، سرعت‌گیرها یا نواحی با دید محدود)، به «نواحی کاهش سرعت[۱]» نیاز است. توصیه می‌شود برای حرکات گردشی، مجموعه‌ای از توزیع‌های سرعت بر حسب تغییرات شعاع گردش ساخته شود، به‌طوری‌که با کاهش شعاع گردش، سرعت گردش نیز کاهش یابد. برای وسایل نقلیه‌ی بزرگ‌تر مانند اتوبوس‌ها و کامیون‌ها باید مجموعه‌ی توزیع سرعت مخصوص خودشان را ساخت. این امر پرداخت مدل را تسهیل می‌کند، زیرا تغییر یک توزیع سرعت خاص، بر همه حرکات گردشی یک شعاع معین برای یک نوع معین از وسایل نقلیه، تأثیر می‌گذارد.

وقتی وسایل نقلیه وارد یک ناحیه‌ی کاهش سرعت می‌شوند، به‌طور خودکار سرعت خود را کاهش و با ترک آن ناحیه یا طی‌کردن مسافتی برابر با طول ناحیه کاهش سرعت (هر کدام طولانی‌تر باشد) سرعت خود را افزایش خواهند داد. اگر در این محدوده توزیع سرعت به‌گونه‌ای باشد که سرعت آن از حداکثر سرعت یک نوع وسیله‌ی نقلیه‌ی خاص بیشتر باشد، آن وسیله‌ی نقلیه پیش از رسیدن به آن محل، سرعت خود را افزایش نخواهد داد. اما وقتی در این محدوده قرار دارد، بدون توجه به حداکثر سرعت مجاز خود، سرعت را مطابق توزیع سرعت جدید تنظیم خواهد کرد. پس از ترک محل نیز دوباره سرعت آن وسیله‌ی نقلیه به مقدار اصلی خود کاهش پیدا خواهد کرد.

توصیه می‌شود که از نواحی کاهش سرعت برای تشکیل مصنوعی صف استفاده نشود. صف بنا به دلایل مختلفی مانند

[۱] Reduced Speed Area

انسداد خروجی، پارک کردن وسایل نقلیه یا همگرایی خطوط روی می‌دهند و این دلایل باید مطابق آنچه در خیابان اتفاق افتاده در مدل نیز مشاهده شوند. اگر این دلایل در محدوده‌ی مرزهای مدل نباشند، آنگاه می‌توان از ناحیهٔ کاهش سرعت به‌عنوان جانشین دلایل اصلی در مدل استفاده کرد (بخش ۷-۴-۲-۶-). برای شبیه‌سازی تأثیر محدودیت‌های فیزیکی سرعت مانند موانع عرضی یا سرعت‌گیرها نیز می‌توان از نواحی کاهش سرعت استفاده کرد.

معمولاً از «انتخاب سرعت مطلوب[۱]» در مواردی استفاده می‌شود که وسایل نقلیه از یک محدودیت سرعت اجباری خارج و به یک محدودیت سرعت اجباری دیگر وارد می‌شوند. نمونه‌ای از این حالت هنگامی است که وسیله‌ی نقلیه به آزادراه وارد یا از آن خارج می‌شود. سرعت وسایل نقلیه تغییر نخواهد کرد مگر این‌که از یک سرعت مطلوب عبور کرده باشند.

۷-۴-۲-۴- جریان اشباع

در مدل‌هایی که تقاطع‌های چراغ‌دار بسیار نزدیک به هم هستند، تنظیم درست نرخ تخلیه از خطوط ایست تقاطع‌های اصلی بسیار مهم است. هیچ روشی برای وارد کردن مستقیم مقدار جریان اشباع وجود نداشته و به‌جای آن مقدار سایر پارامترهای ورودی، مقدار جریان اشباع را تعیین می‌کند. دو پارامتر اصلی که در تعیین مقدار جریان اشباع تأثیر زیادی دارند عبارتند از: سرعت وسایل نقلیه و فاصله‌ی بین وسایل نقلیه. فاصله‌ی بین وسایل نقلیه را رفتار رانندگی تعیین می‌کند. (پارامترهای ویدمن ۷۴ که بر جریان اشباع تأثیر می‌گذارند عبارتند از: میانگین فاصله از وسیله‌ی نقلیه‌ی متوقف، بخش افزودنی فاصله‌ی ایمنی[۲] و بخش ضربی فاصله‌ی ایمنی[۳]).

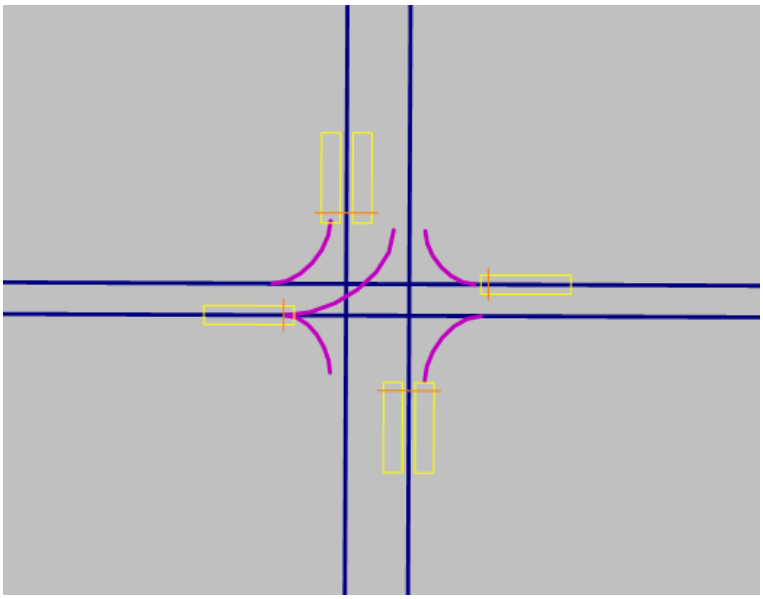
توصیه می‌شود از نواحی کاهش سرعت در خط ایست تقاطع، برای پرداخت جریان اشباع در رویکردهای تقاطع استفاده شود. مطابق شکل ۷–۱۱ نواحی کاهش سرعت باید در بالادست و کمی در پایین‌دست خط ایست چراغ‌های راهنمایی ادامه داشته و طول آن‌ها حدود ۱۰ تا ۱۵ متر باشد.

---

[۱] Desired Speed Decisions

[۲] Additive Part of Safety Distance

[۳] Multiplicative Part of Safety Distance



شکل ۷–۱۱- استقرار نواحی کاهش سرعت برای پرداخت جریان اشباع

پرداخت جریان اشباع در خطوط ایست تقاطع، باید با تغییر منظم نواحی کاهش سرعت و مقایسه‌ی جریان اشباع مدل با مقادیر میدانی انجام شود.

۷-۴-۲-۵- قوانین اولویت عبور و نواحی تداخلی

قوانین اولویت عبور و نواحی تداخلی دو گزینه‌ی نرم‌افزار ویسیم برای کنترل برخی حرکت‌ها مثل گردش‌به‌چپ در تقاطع‌های چراغ‌دار، و کنترل همه حرکت‌ها در تقاطع‌های بدون چراغ هستند. در یک مدل می‌توان از قوانین اولویت عبور یا نواحی تداخلی یا هر دوی آن‌ها استفاده کرد. توصیه می‌شود در بیشتر موارد از قوانین اولویت عبور استفاده شود. قوانین اولویت عبور به‌صورت مجزا در شبکه وضع شده و انعطاف‌پذیری بیشتری برای شبیه‌سازی شرایط میدانی فراهم می‌سازد. برای مدل‌سازی گذرگاه عرضی پیاده، استفاده از نواحی تداخلی کاربردی‌تر است، زیرا تعریف آن‌ها سریع بوده و نقاط ایست را هم به‌آسانی می‌توان مشخص کرد.

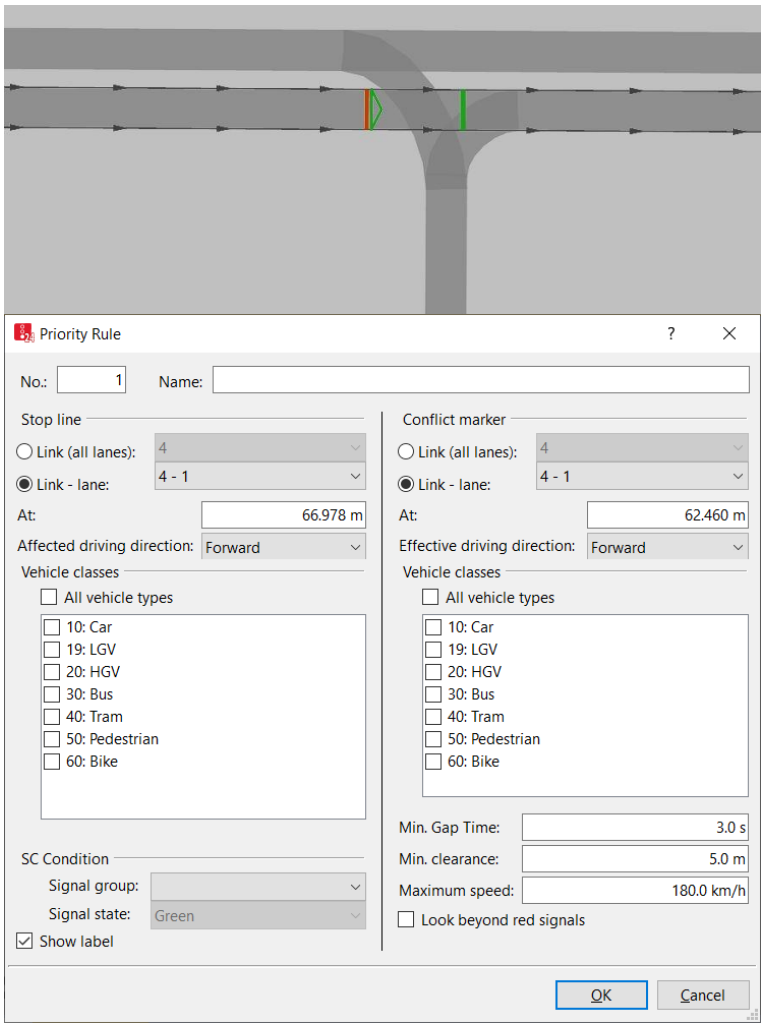
۷-۴-۲-۵-۱ -قوانین اولویت عبور

اگر قوانین اولویت عبور در تقاطع‌های حق تقدمی و میدان‌های بدون چراغ به کار گرفته شوند، تأثیر قابل‌توجهی بر زمان سفر، طول صف و ازدحام وسایل نقلیه در شبکه خواهند داشت. ممکن است چند قانون اولویت عبور برای یک حرکت در تقاطع لازم باشد. هر کدام از این قوانین را می‌توان برای طبقه خاصی از وسایل نقلیه وضع کرد. پرداخت قوانین اولویت عبور یکی از سخت‌ترین بخش‌های مدل‌سازی است، زیرا خروجی‌های مدل بسیار به قوانین اولویت عبور حساس هستند. بنابراین برای استفاده از قوانین اولویت عبور و شبیه‌سازی درست مشاهدات میدانی، تجربه‌ی زیادی لازم است.

برای اولویت عبور حرکات ساده در تقاطع‌ها معمولاً مقادیر پیش‌فرض پارامترها کفایت می‌کند. در خط‌کشی‌های شطرنجی یا مناطق توقف ممنوع (شکل ۷–۱۲) موارد کلیدی عبارت‌اند از:

- خط تداخل که در حالت پیش‌فرض به رنگ سبز است، باید به‌گونه‌ای قرار داده شود که فضای لازم برای یک وسیله‌ی نقلیه بین آن و محل تداخل (فاصله بین خط سبز و مثلث سبز) وجود داشته باشد. با توجه به رفتار میدانی، ممکن است نیاز به قوانین اولویت عبور برای وسایل نقلیه با طول بیشتر وجود داشته باشد.
- برای خط تداخل و خطوط ایست، طبقه وسایل نقلیه بررسی شود. دوچرخه نباید لحاظ شود.
- کمینه زمان فاصله عبور صفر است.
- کمینه سرفاصله باید بیشتر از فاصله‌ی بین خط تداخل تا خط ایست باشد.
- بیشینه سرعت باید آن‌قدر کم باشد که جریان آزاد تردد، قوانین اولویت عبور را نادیده بگیرند. این مسئله به موقعیت بستگی دارد، اما سرعت ۱۰ تا ۱۵ کیلومتر در ساعت مقدار مناسبی است.

ضروری است رفتار وسایل نقلیه تحت شرایط تردد مختلف بررسی شود تا عملکرد قوانین اولویت عبور ارزیابی شده و در هیچ گزینه‌ای رفتار غیرواقعی مشاهده نشود.



شکل ۷–۱۲- نمونه‌ای از تنظیمات اولیه‌ی قوانین اولویت عبور در خط‌کشی‌های شطرنجی

۷-۴-۲-۵-۲ - نواحی تداخلی

نواحی تداخلی روشی جایگزین برای کنترل اندرکنش بین وسایل نقلیه در تقاطع‌ها است. پارامترهای آن باید به‌گونه‌ای تنظیم شوند که رفتار وسایل نقلیه در مدل مطابق با رفتار مشاهده شده از آنان در خیابان باشد. برخی ویژگی‌های نواحی تداخلی عبارتند از:

- نواحی تداخل غیرفعال[۱] به‌صورت خودکار توسط نرم‌افزار ویسیم با رنگ زرد در نواحی هم‌پوشانی کمان‌ها و اتصال‌دهنده‌ها تعریف می‌شوند. پس از فعال‌شدن، حرکت اصلی (سبز) که دارای اولویت ورود به ناحیه است از حرکت غیراصلی (قرمز) که فاقد اولویت عبور است، تفکیک می‌شود. البته ممکن است هر دو حرکت، اولویت عبور یکسانی برای ورود به ناحیه داشته باشند (هر دو قرمز).
- نواحی تداخل از حضور هم‌زمان دو وسیله‌ی نقلیه در ناحیه‌ی تعریف‌شده جلوگیری کرده و از پارامترهای مختلفی برای تعریف چگونگی اجتناب وسایل نقلیه از این حالت استفاده می‌کنند.
- اگر وسیله‌ی نقلیه‌ای از سمت فاقد اولویت عبور، ناحیه را مسدود کرده باشد، وسایل نقلیه‌ای که اولویت عبور با آن‌ها است ترمز کرده یا متوقف می‌شوند. این وسایل نقلیه درصورتی‌که وجودشان به‌صورت شفاف تعریف نشده باشد نیز وارد ناحیه‌ی تداخل نخواهند شد مگر این‌که پارامتر «پرهیز از انسداد جریان اصلی[۲]» تیک نخورده باشد.
- در نواحی تداخلی بی‌قاعده (هر دو قرمز)، هیچ‌کدام از جریان‌ها اولویت عبور نداشته و هر وسیله‌ی نقلیه‌ای که زودتر به تقاطع رسید، اولویت عبور خواهد داشت.
- پارامترهای رؤیت‌پذیری تعیین می‌کنند که هر کدام از وسایل نقلیه در چه نقطه‌ای از کمان قادر به مشاهده وسایل نقلیه در سایر کمان‌ها خواهد بود.

۷-۴-۲-۶- ازدحام ایجادشده توسط عامل خارجی

همان‌طور که در بخش ۷-۲-۱- اشاره شد، ممکن است نتوان همه تقاطع‌های مؤثر بر ازدحام شبکه را درون مرزهای مدل در نظر گرفت. اما لازم است صف ناشی از آن‌ها در مدل دیده شود. روش‌هایی به‌عنوان جایگزین ایجاد صف ناشی از این دسته تقاطع‌ها در مدل وجود دارد که انتخاب آن‌ها به علت ازدحام و رفتار صف بستگی دارد و باید در بازدیدهای میدانی مشخص شود. هدف اصلی آن است که مدل با ظرفیت مشاهده شده انطباق داشته باشد.

- نواحی کاهش سرعت: اگر صف به آهستگی و یکنواخت پیش می‌رود، می‌توان از نواحی کاهش سرعت استفاده کرد. توزیع سرعت مورد استفاده را می‌توان با هدف ایجاد طول و رفتار مطلوب صف پرداخت کرد. اگر صف در زمان اوج متغیر باشد، می‌توان نواحی کاهش سرعت را در یک بازه زمانی معین اعمال کرد. در صورت لزوم می‌توان بیش از یک ناحیهٔ کاهش سرعت برای بازه‌های اوج مختلف به کار برد، اما باید دقت داشت که مدل دچار بیش

[۱] Passive Conflict Areas

[۲] Avoid Blocking the Major Flow

برازش به داده‌های وضع موجود نشود.

- علائم ایست: برای صف‌هایی که به دلیل تقاطع‌های حق تقدمی ایجاد شده‌اند، علائم ایست ممکن است مؤثر باشند. می‌توان توزیع زمانی را برای دستیابی به رفتار و ظرفیت مطلوب، پرداخت کرد.
- چراغ راهنمایی: در مواردی که صف به دلیل یک تقاطع چراغ‌دار ایجاد شده، ولی آن چراغ در مرز مدل وارد نشده، ساده‌ترین روش جایگزین این است که یک چراغ با همان برنامه زمان‌بندی مشاهده شده در معبر، به ورودی مدل اضافه شود. با تنظیم زمان‌بندی این چراغ، می‌توان ظرفیت شبکه را پرداخت کرد و رفتار تصادفی صف را نیز در نظر گرفت.

۷-۴-۳- داده‌های تردد

در این بخش اطلاعاتی در خصوص چگونگی مدل‌سازی تردد در نرم‌افزار ویسیم، شامل تعریف ویژگی‌های وسایل نقلیه و تعریف تعداد و ترکیب آن‌ها در ورودی مدل، نحوه مدل‌سازی حمل‌ونقل همگانی، دوچرخه و پیاده ارائه خواهد شد.

۷-۴-۳-۱- مدل‌های وسایل نقلیه، انواع، طبقه‌بندی و دسته‌بندی آن‌ها

وسایل نقلیه را می‌توان به روش‌های مختلفی طبقه‌بندی و گروه‌بندی کرده و ترکیب آن‌ها را در مدل‌سازی به کار برد:

- **انواع وسایل نقلیه**[۱]: گروه‌بندی وسایل نقلیه بر اساس تشابه مشخصات فنی رانندگی.
- **دسته‌ها**[۲]: تعریف رفتار پایه‌ی وسیله‌ی نقلیه در جریان تردد شامل خودروی شخصی، تجاری سنگین، اتوبوس، قطار، پیاده یا دوچرخه.
- **مدل‌ها**[۳]: تعیین‌کننده ظاهر و اندازه‌ی وسیله‌ی نقلیه که به‌صورت توزیعی از وسایل نقلیه به کار می‌رود. وسایل نقلیه با مشخصات رانندگی مشابه می‌توانند ظاهر متفاوتی داشته باشند.
- **توابع و توزیع‌ها**[۴]: بیانگر چگونگی افزایش و کاهش شتاب، وزن، توان و ظرفیت سرنشینان وسیله نقلیه. اطلاعات بیشتر در بخش ۷-۴-۳-۲- ارائه شده است.
- **طبقه‌های وسایل نقلیه**[۵]: گروهی از انواع وسایل نقلیه که دارای مشخصات یکسانی هستند، مثلاً تمام وسایل نقلیه‌ی موتوری، یا وسایل نقلیه‌ای که مجاز به تردد در خط ویژه‌ی اتوبوس هستند. اجزای شبکه مانند انتخاب مسیر، شناساگرها و نواحی کاهش سرعت بر اساس طبقه وسایل نقلیه عمل می‌کنند. همچنین از طبقه‌ها برای

---

[۱] Vehicle Types

[۲] Categories

[۳] Models

[۴] Functions and Distributions

[۵] Vehicle Classes

هم‌فزون کردن داده‌های خروجی نیز استفاده می‌شود. یک نوع وسایل نقلیه ممکن است در چندطبقه از وسایل نقلیه گنجانده شده باشد.

- **ترکیب وسایل نقلیه**[1]: گروهی از انواع وسایل نقلیه، که صرفاً در بخش «وسایل نقلیه‌ی ورودی» به‌کاررفته و سهم هر نوع وسیله‌ی نقلیه را در ورودی مشخص می‌کند. برای جزئیات بیشتر به بخش ۷-۴-۳-۳- مراجعه شود.

در شکل ۷–۱۳ نمونه‌ای از طبقه وسایل نقلیه ارائه شده تا چگونگی انطباق آن‌ها با هم نمایش داده شود. توجه شود که این، تنها یک مثال ساده بوده و توصیه‌ای برای تعریف این طبقه نیست.



شکل ۷–۱۳- نمونه‌ای از طبقه وسایل نقلیه

۷-۴-۳-۲- توابع و توزیع‌ها

افزایش یا کاهش شتاب وسایل نقلیه‌ی شبکه، توسط توابع تعریف می‌شود و بدون مشاهدات میدانی، مقادیر پیش‌فرض آن نباید تغییر داده شود.

[1] Vehicle Compositions

۷-۴-۳-۳- ترکیب وسایل نقلیه و تقاضا

توصیه می‌شود هر نوع وسیله‌ی نقلیه، به‌صورت یک ترکیب وسایل نقلیه تعریف شود. به‌این‌ترتیب، هر نوع وسیله‌ی نقلیه به‌عنوان یک وسیله ورودی جداگانه در کمان در نظر گرفته خواهد شد. در نتیجه بدون نیاز به ایجاد ترکیب وسایل نقلیه‌ی جدید، می‌توان مستقیماً مقادیر داده‌های آماربرداری را وارد مدل کرد.

اگر این روش به‌صورت دستی انجام شود، شامل حجم زیادی از ورودی داده‌ها خواهد بود. پس می‌توان به‌جای آن، ترکیب وسایل نقلیه را برای کمان‌های ورودی ایجاد کرد.

ترددشماری معمولاً در بازه‌های ۱۵ دقیقه‌ای انجام می‌شود، به همین دلیل در بیشتر مدل‌ها از همین بازه زمانی برای ورود وسایل نقلیه استفاده می‌شود. ۱۵ دقیقه، هم آن‌قدر طولانی است که تعداد معناداری از وسایل نقلیه را در برگیرد، و هم آن‌قدر کوتاه است که تغییرات جریان در ساعت اوج را نشان دهد. اگر از بازه‌ی زمانی دیگری استفاده شده باشد، ملاحظاتی در خصوص برخی رفتارها در شبکه باید در نظر گرفته شود. نمونه‌ای از این رفتارها افزایش یا کاهش مقطعی جریان به دلیل رویدادهایی مانند تعطیلی مدارس و تغییر نوبت‌کاری کارگاه‌های صنعتی است.

وسایل نقلیه‌ی ورودی باید به‌صورت «حجم دقیق»[۱] وارد شود نه «حجم تصادفی»[۲]. حتی اگر بازه‌ی زمانی مشخص‌شده یک ساعت نباشد، باز هم باید حجم تردد را بر حسب تعداد خودرو در هر ساعت وارد کرد.

۷-۴-۳-۴- حمل‌ونقل همگانی

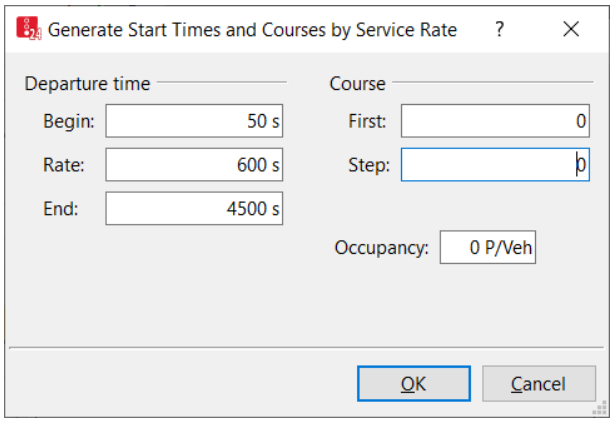
خطوط حمل‌ونقل همگانی باید همراه با جدول برنامه زمان‌بندی مدل شوند. همان‌طور که در شکل ۷–۱۴ نشان داده شده، زمان اعزام حمل‌ونقل همگانی را می‌توان با تعریف پارامترهای زمان شروع حرکت، تواتر (نرخ) و زمان پایان تعریف کرد. با این روش، در صورت تغییر تواتر در بازه‌ی زمانی مدل‌سازی، زمان شروع را نیز می‌توان تنظیم کرد. در ابتدای مدل‌سازی، باید از زمان شروع به حرکت استفاده شود تا همه اتوبوس‌های مسیرهای مختلف، هم‌زمان وارد مدل نشوند.

توصیه می‌شود هر خط حمل‌ونقل همگانی، نوع وسیله نقلیه‌ی مختص به خود را داشته باشد تا بتوان گزارش جداگانه‌ی برای زمان سفر هر مسیر تهیه کرد.

---

[۱] Exact Volume

[۲] Stochastic Volume



شکل ۷-۱۴-پنجره‌ی ایجاد زمان اعزام خطوط حمل‌ونقل همگانی

۷-۴-۳-۵- دوچرخه و موتورسیکلت

دوچرخه باید در مدل‌سازی لحاظ شود مگر این‌که دلیل محکمی برای حذف آن وجود داشته باشد. برای مدل‌سازی موتورسیکلت یا دوچرخه باید پارامترهای رفتار رانندگی و در نتیجه رفتار کمان اصلاح شود. شبیه‌سازی باید مطابق مشاهدات میدانی باشد و اگر تغییر پارامترها منجر به دستیابی به این هدف شود، تنظیم آن‌ها قابل‌قبول است.

مدل‌سازی دوچرخه و موتورسیکلت در نرم‌افزار ویسیم چالش برانگیزتر از مدل‌سازی تردد خودروها است. بخشی از این چالش به دلیل جدید بودن این نوع مدل‌سازی بوده و بخش دیگر آن به دلیل غیرقابل‌پیش‌بینی بودن رفتار این کاربران است. برخی از چالش‌های مدل‌سازی دوچرخه در نرم‌افزار ویسیم عبارتند از:

- اندازه‌گیری و پرداخت جریان اشباع
- تلاش مضاعف برای پرداخت برخی از رفتارها (پارامترهای رفتارهای جانبی)
- حساسیت ظرفیت به مشخصات شبکه (مخصوصاً عرض خط)

مدل‌سازی موتورسیکلت نیز مانند دوچرخه دشوار است. به‌طورکلی موتورسیکلت‌ها فضای خاصی از معبر را اشغال نکرده و بین فضاهای خالی صف‌ها حرکت می‌کنند. ضمن آن‌که نیازی به تسهیلاتی مانند خط ویژه دوچرخه یا فازهای جداگانه در تقاطع ندارند.

۷-۴-۳-۶- پیاده‌ها

در ویسیم از مدل مخصوص رفتار پیاده با عنوان ویسواک[۱] استفاده می‌شود. این رویکرد که «مدل نیروی اجتماعی» نام دارد، در مواردی که رفتار پیاده مهم است مورداستفاده قرار می‌گیرد. در بسیاری از طرح‌های پیشنهادی، اندرکنش بین پیاده و وسایل نقلیه و اثرات احتمالی آن‌ها بر یکدیگر بسیار مهم است. اگر تنها کاربرد پیاده در مدل فعال‌کردن فازهای چراغ راهنمایی وابسته به تقاضا باشد، نیازی به استفاده از مدل نیروی اجتماعی وجود ندارد و از روش‌های ساده‌تر در ویسیم

[۱] PTV Viswalk

نیز می‌توان استفاده کرد.

۷-۴-۴- انتخاب مسیر

انتخاب مسیر در نرم‌افزار ویسیم ایستا یا پویا است. انتخاب مسیر ایستا شامل تصمیمات انتخاب مسیر است که با استفاده از مسیرهای مشخص، بخشی از تردد را به سمت هر مقصد روانه می‌سازد. انتخاب مسیر پویا از شبیه‌سازی‌های مکرر استفاده می‌کند تا بر اساس نتایج اجراهای قبلی، تردد را به هر مسیر تخصیص دهد. معمولاً از انتخاب مسیر ایستا استفاده می‌شود که تخصیص ترافیک مسیرها از مدل‌های تاکتیکی یا کلان‌نگر، وارد نرم‌افزار ویسیم می‌شود. در شبکه‌های کوچک می‌توان این مسیرها را از آماربرداری به دست آورد. فرایند انتقال مسیرها بین سطوح مختلف مدل‌سازی در قالب فرآیند مدل‌سازی سه مرحله‌ای انجام می‌شود (بخش ۱-۴-).

۷-۴-۴-۱- انتخاب مسیر ایستا

روش‌های متنوعی برای دریافت اطلاعات انتخاب مسیر ایستا در نرم‌افزار ویسیم وجود دارد. انتخاب هر یک از این روش‌ها به وجود داده‌ها، پیچیدگی و وسعت ناحیه مورد مطالعه بستگی دارد. گزینه‌ی مطلوب آن است که اطلاعات کامل مبدأ-مقصد برای هر وسیله‌ی نقلیه موجود بوده و به‌سادگی به‌عنوان ورودی مدل مورد استفاده قرار گیرد.

اگر مدل تاکتیکی (مدل کلان‌نگر طرح جامع حمل‌ونقل) برای شهر موجود باشد، می‌توان اطلاعات مسیرها را بر اساس مسیرهای کلی مبدأ-مقصد، از مدل تاکتیکی به مدل ویسیم انتقال داد. ازآنجاکه مدل ویسیم باید بر اساس شمارش حجم گردش‌ها در تقاطع (بخش ۷-۵-۲-۱-) اعتبارسنجی شود، مدل تاکتیکی باید به‌روز شده و شامل جزییات لازم باشد تا شبکه‌ی هر دو مدل با یکدیگر تطابق داشته باشند. باید واقعی بودن مسیرهای ایجاد شده نیز بررسی شود. بسته به نرم‌افزار مدل‌سازی خردنگر و مدل‌سازی تاکتیکی، ممکن است انتقال مسیر به‌صورت خودکار قابل انجام باشد، اما بررسی دستی مسیرها و اطمینان از صحت انتقال آن‌ها همواره ضروری است.

استفاده از انتخاب مسیر کلی مبدأ-مقصد توصیه می‌شود، اما اگر مدل تاکتیکی در دسترس نباشند، می‌توان حجم گردش‌ها در تقاطع را به مسیرهای محلی در هر تقاطع تبدیل کرد. در این صورت باید از وقوع حرکات بافتی (تداخلی) غیرواقعی بین انتهای یک مسیر و شروع مسیر دیگر اجتناب شود. ضروری است نقاط شروع تصمیمات انتخاب مسیر در فاصله کافی از بالادست هر اتصال‌دهنده قرار داشته باشند تا هر وسیله‌ی نقلیه، وارد خط مناسب خود شده و ازدحام و انسداد غیرواقعی جلوگیری شود. گزینه‌ی «فاصله‌ی دید به جلو در تصمیمات انتخاب مسیر وسایل نقلیه[۱]» در پارامترهای رفتارهای رانندگی گنجانده شده است. اگر این گزینه انتخاب شود، وسایل نقلیه می‌توانند تصمیمات انتخاب مسیر آتی در کمان مقصد مسیر کنونی خود را پیش‌بینی کنند. در هنگام عبور وسیله‌ی نقلیه از تصمیمات انتخاب مسیر قبلی، مسیر

[۱] Vehicle Routing Decisions Look Ahead

مورد استفاده توسط تصمیمات انتخاب مسیر آتی مورد استفاده قرار گرفته و آن مسیر برای انتخاب خط نیز کاربردی خواهد بود. برای این منظور باید در آن تصمیم انتخاب مسیر، گزینه «ترکیب تصمیمات انتخاب مسیر ایستا[۱]» انتخاب شده باشد. در این فرآیند باید دقت شود که مسیرهای غیرواقعی ایجاد نشود.

از هر روشی که استفاده شود، مسیرها باید به‌دقت بررسی شوند تا از تعریف درست توالی کمان-اتصال‌دهنده از ابتدا تا انتهای مسیر اطمینان حاصل شود. حجم جریان در محل‌های تصمیمات انتخاب مسیر، نسبی است. می‌توان درصد یا حجم کل جریان را وارد کرد، اما هر روشی که انتخاب شود، باید در تمام فرآیند مدل‌سازی و ساخت مدل گزینه‌های طرح پیشنهادی یکسان باشد.

همه وسایل نقلیه‌ی ورودی، دست‌کم به یک تصمیم انتخاب مسیر نیاز دارند. اگر تصمیم انتخاب مسیر برای وسایل نقلیه‌ی ورودی در نظر گرفته نشود، نرم‌افزار ویسیم هیچ هشداری صادر نکرده و تردد را به سمت اولین اتصال‌دهنده (به شرطی که «جهت مطلوب[۲]» اتصال‌دهنده روی گزینه‌ی «همه» تنظیم شده باشد) هدایت می‌کند. همین اتفاق درصورتی‌که تصمیم انتخاب مسیر برای یک نوع وسایل نقلیه تعریف نشده باشد، پدید می‌آید. در نتیجه باید در تخصیص تصمیم انتخاب مسیر به انواع وسایل نقلیه دقت شود، به‌ویژه اگر طبقه‌های وسایل نقلیه‌ی در تصمیمات انتخاب مسیر، مشابه ترکیب وسایل نقلیه‌ی در ورودی‌ها نباشد. توصیه می‌شود یک سیستم برای کل مدل در نظر گرفته شود و تصمیمات انتخاب مسیر به تفکیک طبقه‌های وسایل نقلیه، مثلاً سه‌طبقه سبک، سنگین و تاکسی انجام نشود. این امر باعث تسهیل فرآیند ارزیابی شده و کاربران آینده‌ی مدل نیز دچار سردرگمی نمی‌شوند.

۷-۴-۴-۲- تخصیص پویا

تخصیص پویا روشی برای تخصیص تردد است که تردد را بر اساس تفاوت هزینه‌های مدل‌شده در مسیرهای مختلف، به مسیرهای جایگزین رقیب (در صورت وجود) اختصاص می‌دهد. وقتی انتخاب مسیری در مدل وجود نداشته باشد، بهتر است که از مدل‌های تخصیص ایستا برای انتخاب مسیر استفاده شود.

باید مزایای استفاده از تخصیص پویا در مقایسه با افزایش زمان لازم برای پرداخت مدل، سنجیده شود. تصمیم‌گیری در خصوص استفاده از تخصیص پویا باید در مرحله‌ی اول فرآیند ارزیابی مدل انجام شود تا کارفرما از افزایش هزینه و زمان انجام مدل‌سازی آگاه شود.

در مواردی که باید از مدل‌سازی پویا استفاده شود، توصیه می‌شود از تخصیص ترکیبی ایستا-پویا استفاده شود. نسبت تخصیص پویا بر اساس مسیرهایی است که در شرایط مختلف، تخصیص مجدد نخواهند داشت. در این صورت، باید ماتریس تقاضای مبدأ-مقصد برای تردد تخصیص پویا ایجاد شود. توصیه می‌شود که ماتریس‌ها برای بازه‌های ۹۰۰ ثانیه‌ای یا بیشتر ایجاد شوند.

---

[۱] Combine Static Routing Decisions

[۲] Desired Direction

نکات مهم و تکمیلی برای ساخت شبکه‌ای در ویسیم که بتواند از تخصیص پویا استفاده کند، عبارتند از:

- گره‌های تخصیص پویا باید در هر تقاطع یا نقطه‌ی همگرایی از شبکه قرار داده شود
- ساختار کمان-اتصال‌دهنده باید تا حد امکان ساده باشد تا تعداد مسیرهای موازی شبکه را کاهش دهد
- ممکن است بستن مسیر/ لبه[۱]برای حذف مسیرهای غیرواقعی یا تکراری، لازم باشد.

۷-۴-۴-۳- همگرایی

اگر در مدل ساعت اوج، معیارهای زیر رعایت شوند، همگرایی و پایداری مدل تائید می‌شود:

- ۹۵٪ از حجم تردد تمام مسیرها در دست‌کم چهار تکرار متوالی، تغییراتی کمتر از ٪۵ داشته باشند.
- ۹۵٪ از زمان سفرها در تمام مسیرها در دست‌کم چهار تکرار متوالی، تغییراتی کمتر از ٪۲۰ داشته باشند.

معیارهای همگرایی مدل، به تحلیل حجم مسیرها و زمان سفرها در هر اجرا از شبیه‌سازی نیاز دارند. اگر مدل پس از چهار تکرار همگرا شد، ولی در تکرارهای بعدی همگرایی را از دست داد، باید تعداد تکرارهای لازم برای همگرایی مدل گزارش شود. تخصیص و اعتبارسنجی با استفاده از فایل‌های هزینه و مسیر (*.bew و *.weg) در آخرین تکرار از چهار تکرار همگرایی صورت می‌گیرد.

بررسی تکمیلی همگرایی مدل با استفاده از «شاخص‌های عملکردی شبکه»، اطمینان از پایداری مدل را افزایش می‌دهد. روش‌ها و پارامترهای مورد استفاده برای همگرایی مدل باید قابلیت تکرار داشته و همه گام‌ها در گزارش درج شود.

۷-۴-۵- چراغ‌راهنمایی

ویسیم روش‌های مختلفی برای در نظر گرفتن انواع چراغ‌های راهنمایی دارد، از جمله چراغ‌های متصل به مرکز پایش تردد (هماهنگ شده) و چراغ‌های مستقل. چراغ‌های راهنمایی ممکن است دارای زمان‌بندی ثابت یا هوشمند باشند. در جدول ۷–۱ دسته‌بندی انواع زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی مشاهده می‌شود.

[۱] Route/edge closures

جدول ۷-۱- انواع زمان‌بندی چراغ راهنمایی

نوع زمان‌بندی	نحوه عملکرد	مزایا	معایب	موارد استفاده
ثابت[۱]	زمان سبز/قرمز از قبل مشخص و ثابت است	ساده، ارزان	عدم توجه به شرایط واقعی تردد	تقاطع‌های ساده و کم‌تردد
نیمه‌هوشمند[۲]	خیابان اصلی ثابت، خیابان فرعی با حسگر فعال می‌شود	بهبود نسبت به ثابت، کاهش انتظار در خیابان فرعی	نیاز به نصب حسگر	تقاطع‌های اصلی-فرعی
هوشمند[۳]	همه خیابان‌ها با حسگر پایش می‌شوند	انعطاف‌پذیر، کارآمد در شرایط متغیر	هزینه نصب و نگهداری بالا	تقاطع‌های شلوغ
تطبیقی[۴]	سیستم با الگوریتم هوشمند و داده‌های لحظه‌ای، زمان‌بندی را تغییر می‌دهد	بیشترین کارایی، کاهش تأخیر و صف	هزینه زیاد، نیاز به زیرساخت قوی	شهرهای بزرگ و پیشرفته
هماهنگ/موج سبز[۵]	چند تقاطع پشت سر هم با هم هماهنگ می‌شوند	جریان روان در مسیر اصلی	سختی در هماهنگی خیابان‌های فرعی	خیابان‌های طولانی و پرتردد
هماهنگ/محدوده[۶]	یک شبکه از تقاطع‌ها با هم هماهنگ می‌شوند	جریان روان در مسیر اصلی و فرعی	سختی در هماهنگی شبکه	خیابان‌های متقاطع طولانی و پرتردد

۷-۵- اعتبارسنجی مدل پایه

همان‌طور که در فصل ۴- بیان شد، مدل پایه باید به‌درستی شرایط مشاهده‌شده را شبیه‌سازی کند. در این بخش الزامات اعتبارسنجی در نرم‌افزار ویسیم، و در بخش ۷-۷- چگونگی دریافت خروجی از ویسیم برای اثبات انطباق آن با الزامات، بیان خواهد شد.

۷-۵-۱- تصادفی بودن

شرایط تردد در نتیجه‌ی رفتارهای تصادفی رانندگان مانند سرعت رانندگی، تغییر خط، انتخاب مسیر، زمان توقف اتوبوس در ایستگاه و زمان توقف وسایل نقلیه‌ی پارک‌شده روزبه‌روز متفاوت خواهد بود. مدل شبیه‌سازی خردنگر تصادفی در ویسیم این تغییرات تصادفی روزمره را با تغییر تصمیمات هر راننده بر اساس اعداد تصادفی شبیه‌سازی می‌کند. از یک «دانه[۷]» اولیه که در ابتدای اجرای شبیه‌سازی مشخص‌شده، یک مجموعه از اعداد تصادفی تولید می‌شود. این مجموعه از اعداد تصادفی، بیانگر یک خروجی بالقوه یا یک روز از عملکرد تردد هستند. مقدار واقعی دانه اهمیتی ندارد، اما مقادیر دانه‌ها در اجراهای مختلف باید متفاوت باشد تا خروجی‌های متفاوتی را در پی داشته باشند. استفاده از یک دانه، ممکن

---

[۱] Fixed Time

[۲] Semi-Actuated

[۳] Fully Actuated

[۴] Adaptive

[۵] Coordinated/ Green Wave

[۶] Coordinated/ Area Wide

[۷] Seed

است منجر به اریب شدن نتایج شود.

یک روش پذیرفته‌شده برای کاهش احتمال اریب بودن نتایج، اجرای چند شبیه‌سازی با استفاده از دانه‌های اولیه‌ی مختلف و ارائه‌ی میانگین نتایج است. به همین دلیل، مطابق فرآیند ارزیابی مدل، برای پرداخت و اعتبارسنجی مدل باید دست‌کم از ۲۰ دانه مختلف استفاده شود.

در حالت آرمانی، آماربرداری‌های میدانی باید در چند روز متفاوت انجام شود تا معادل تعداد دانه‌ها باشد، اما این امر در واقعیت ممکن نیست. ازآنجاکه در عمل، آماربرداری تنها در یک روز انجام می‌شود، باید مطمئن بود که شرایط تردد در آن روز، عادی بوده و متأثر از رخداد خاصی نیست. این بررسی اطمینان می‌دهد که استفاده از داده‌ها برای اعتبارسنجی میانگین نتایج شبیه‌سازی خردنگر قابل‌قبول است (یا مشخص می‌شود که گردآوری داده‌ها باید در یک روز عادی دیگر تکرار شود).

هر چقدر شبکه به اشباع نزدیک‌تر باشد، تغییرات نتایج بیشتر خواهد شد. زیرا تنظیمات کوچک رفتار مدل (مثلاً تغییر خط) تأثیر زیادی در یک شبکه‌ی پر ازدحام دارد. معمولاً برای مدل‌های پر ازدحام از چند اجرای شبیه‌سازی بیشتر استفاده می‌شود. اگر سطح اطمینان مشخص باشد می‌توان تعداد اجراهای شبیه‌سازی موردنیاز برای تولید نتایج قابل‌اطمینان را محاسبه کرد، ولی معمولاً همان ۲۰ اجرای شبیه‌سازی کفایت می‌کند.

مقادیر دانه‌های مورد استفاده باید در گزارش درج شود. طیف نمونه‌ای از نتایج با استفاده از دانه‌های مختلف باید برای مدل پایه‌ی اعتبارسنجی شده ارائه شود تا نشان‌دهنده‌ی تفاوت‌های بین اجراهای مختلف شبیه‌سازی باشد. استفاده از دانه‌های منتخب برای اعتبارسنجی مدل قابل‌قبول نیست، بلکه دانه‌های مورد استفاده باید یک دامنه پیوسته را تشکیل دهند که با نرخ ثابتی افزایش می‌یابد. به‌این‌ترتیب نتایج به‌دست‌آمده را به‌آسانی می‌توان دوباره تولید کرد. پس از پرداخت و اعتبارسنجی مدل پایه، باید از همان دانه‌ها در مدل طرح پیشنهادی استفاده شود. دانه تصادفی اولیه، مقدار افزایش آن‌ها و تعداد اجراها در پنجره‌ی «پارامترهای شبیه‌سازی» تعیین می‌شوند (بخش ۷-۴-۱-۳-).

۷-۵-۲- الزامات اعتبارسنجی مدل

مدل پایه، پس از اعتبارسنجی، در مرحله‌ی سوم فرآیند ارزیابی مدل بررسی خواهد شد. برای اطمینان از پرداخت و اعتبارسنجی مدل، لازم است مقادیر ارائه شده در این بخش گزارش شود.

۷-۵-۲-۱- جریان تردد

توصیه می‌شود از پارامتر GEH برای اثبات درستی تطابق جریان تردد مدل با ترددشماری (در کمان‌ها، خطوط ایست پشت چراغ و حرکات گردشی) استفاده شود. توصیه می‌شود مقدار این آماره برای بیش از ۸۵٪ کمان‌های بحرانی/مهم کمتر از ۵ باشد. نتایج مقایسه داده‌های مدل‌شده و مشاهده‌شده به همراه مقادیر GEH باید در گزارش درج شود. مطابق بخش ۷-۵-۱- ، جریان تردد مدل باید بر اساس میانگین چند دانه محاسبه شود. مقادیر مشاهده و مدل باید بسیار به هم

نزدیک باشد. توصیه می‌شود ضریب تعیین، بیشتر از ۰/۸۸ و شیب خط بین ۰,۹ تا ۱,۱ باشد.

$$GEH = \sqrt{\frac{2(M-C)^2}{M+C}}$$

که در آن: M= جریان حاصل از مدل‌سازی، و C= جریان حاصل از ترددشماری

توصیه می‌شود در همه کمان‌های ورودی شبکه، اختلاف جریان‌های مدل‌شده و مشاهده‌شده کمتر از ٪۵ باشد، زیرا جریان وسایل نقلیه در کمان‌های خارجی به‌صورت مستقیم وارد کمان‌های ورودی مدل می‌شود و لازم است تمام جریان وسایل نقلیه‌ی تخصیص‌داده‌شده در ساعت اوج، با موفقیت در شبکه بارگذاری شود.

۷-۵-۲-۲- جریان اشباع

از جریان اشباع، برای مقایسه‌ی رفتار تخلیه‌ی خطوط ایست تقاطع در مدل با رفتار میدانی استفاده می‌شود. همه جریان‌های اشباع مشاهده‌شده و مدل‌شده باید در جدولی درج شده و درصد خطای مربوط به هر یک نیز در آن جدول گزارش شود. توصیه می‌شود اختلاف جریان اشباع مدل‌شده با مقادیر مشاهده شده کمتر از ٪۱۰ باشد.

در حین فرایند پرداخت، سرفاصله زمانی باید با استفاده از فایل‌های «ارزیابی داده‌های تخلیه» ویسیم بررسی شود. البته سرفاصله‌های مربوط به شرایط غیراشباع (مثلاً سرفاصله‌های بسیار زیاد) باید از این فایل حذف شوند.

اگر مدل ویسیم با شرایط میدانی تطابق داشته باشد، می‌توان جریان اشباع را در هر بازه‌ی زمانی و در هر نقطه متناظر از معبر و مدل اندازه‌گیری کرد. عدم توانایی مدل ویسیم در تعیین جریان اشباع در خط ایست متناظر با نقطه‌ای که داده‌های میدانی در آن با موفقیت گردآوری شده، شاخصی از عملکرد نامطلوب مدل است.

مواردی نیز وجود دارد که اندازه‌گیری جریان اشباع در نرم‌افزار ویسیم مطابق آنچه در خیابان اتفاق می‌افتد ممکن نیست، برای مثال، وقتی جریان عبوری از خط ایست کم است یا ازدحام در پایین‌دست، باعث ایجاد صف و مانع جریان آزاد وسایل نقلیه برای عبور از خط ایست شود. در این حالت ایجاد یک رونوشت از مدل و اصلاح آن برای تولید شرایط تردد قابل‌قبول، از طریق افزودن وسایل نقلیه یا حذف علت ازدحام، توصیه می‌شود. این اصلاحات باید در گزارش درج شده و مدل اصلاح‌شده همراه با مدل اصلی در فرآیند ارزیابی مدل بررسی شود.

۷-۵-۲-۳- وابستگی به تقاضا

توصیه می‌شود اختلاف تعداد رخداد فازهای وابسته تقاضا در شبکه با مشاهدات میدانی کمتر از ٪۱۰ باشد. میانگین شمارش‌ها در هر زمان اوج باید همراه با فایل‌های خروجی ایجادشده برای هر اجرای شبیه‌سازی گزارش شود.

وابستگی به تقاضا را می‌توان از طریق مشاهده‌ی مدل، استفاده از «جدول زمان‌بندی چراغ[۱]» (بخش ۷-۷-۲-۵-)، تحلیل خروجی مدل تغییرات چراغ‌راهنمایی (بخش ۷-۷-۱-۱-)، استفاده از فایل‌های TRACE (*.trc) در مدل‌های

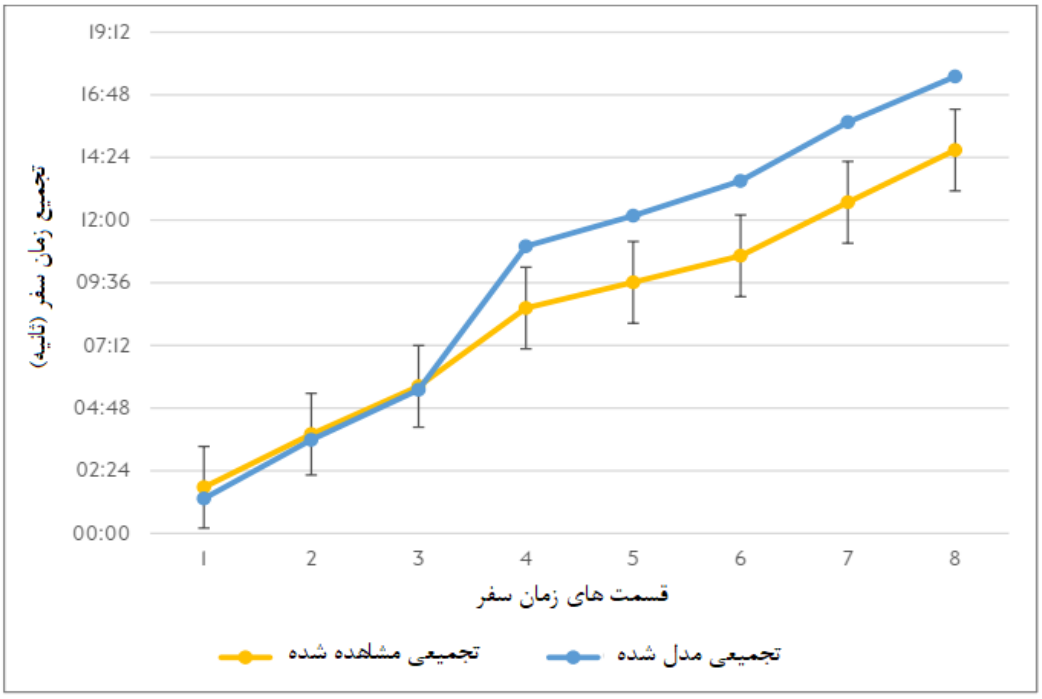
[۱] Signal Times Table

VAP یا رابط کاربری مرکز پایش تردد در ویسیم، بررسی کرد. موقعیت شناساگرهای مؤثر بر تغییر فاز چراغ نیز باید بررسی شود.

۷-۵-۲-۴- زمان سفر

همان‌طور که در بخش ۷-۵-۱- بیان شد، زمان سفر مدل‌شده، میانگین زمان‌های سفر چند دانه مختلف بوده و توصیه می‌شود اختلاف آن با زمان سفر میدانی کمتر از ۱۵٪ باشد. اعتبارسنجی زمان سفر مسافت‌های طولانی‌تر بهتر از اعتبارسنجی زمان سفر مسافت‌های کوتاه‌تر است، اما برای شناسایی نواحی مسئله‌دار می‌توان مسافت‌های طولانی‌تر را به قسمت‌های کوچک‌تری تقسیم کرد. خروجی زمان سفر را می‌توان به دو صورت تحلیل کرد: تجمیع زمان سفر همه وسایل نقلیه‌ای که قسمت‌های کوچک‌تری از مسیر را طی کرده‌اند، یا زمان سفر وسایل نقلیه‌ای که کل مسیر را به‌صورت کامل طی کرده‌اند. شکل ۷–۱۵ نمونه‌ای از کاربرد روش تجمیع زمان سفر در قسمت‌های کوچک‌تر (۱ تا ۸) را نشان می‌دهد که با استفاده از آن می‌توان محل مشکل در اعتبارسنجی (قسمت ۴) کل زمان سفر مسیر را مشخص کرد. بنابراین، تمرکز اصلاح مدل باید به این بخش معطوف شود.

«بخش‌های زمان سفر[۱]» در مدل، باید تا حد امکان مطابق مسافت در خیابان‌هایی باشد که داده‌های میدانی در آن گردآوری شده‌اند. در بخش ۷-۷-۲-۳- اطلاعاتی در خصوص چگونگی خروجی گرفتن داده‌های زمان سفر برای اعتبارسنجی ارائه شده است.



شکل ۷–۱۵- نمونه‌ای از مقایسه‌ی زمان سفر مشاهده‌شده و مدل‌شده‌ی تجمیعی

[۱] Travel Time Sections

۷-۵-۲-۵- داده‌های صف

با توجه به‌دشواری اندازه‌گیری طول صف به‌صورت میدانی یا در مدل، مقایسه‌ی داده‌های میدانی با داده‌های خروجی طول صف در مدل، شاخص مناسبی برای اعتبارسنجی نیست. زمان سفر شاخص قابل‌اطمینان‌تری برای نشان دادن میزان ازدحام است. بااین‌حال، صف‌ها در مدل باید در همان موقعیت و در همان زمانی که به‌صورت میدانی مشاهده شده‌اند، دیده شده و رفتار صف مدل نیز با واقعیت‌های میدانی هم‌خوانی داشته باشد.

داده‌های آماربرداری صف برای تعیین گلوگاه شبکه مناسب هستند. می‌توان از این داده‌ها به‌عنوان شاخصی از عملکرد مدل و به‌منظور مقایسه‌ی مستقیم با طرح پیشنهادی استفاده کرد. وضعیت صف در مدل و مشاهده باید با هم مقایسه و گزارش شود. بخش ۷-۷-۲-۴- اطلاعاتی در زمینه‌ی طول صف خروجی نرم‌افزار ویسیم ارائه می‌کند.

۷-۵-۲-۶- حمل‌ونقل همگانی

مشابه تردد سایر وسایل نقلیه، زمان سفر مدل برای حمل‌ونقل همگانی باید میانگین چند دانه بوده و توصیه می‌شود با مشاهدات میدانی بیش از ٪۱۵ اختلاف نداشته باشد. همان‌طور که در بخش ۷-۴-۳-۴- بیان شده، ترجیح داده می‌شود که برای هر مسیر به‌صورت جداگانه گزارش تهیه شود. البته این امر به اهداف مدل‌سازی نیز وابسته است.

برای اطمینان از عدم وجود مشکل در داده‌های ورودی یا بخش‌های زمان سفر، و عدم حذف اتوبوس‌ها از شبکه به دلیل مشکلات مدل‌سازی، تعداد اتوبوس‌ها باید شمارش شود.

۷-۵-۲-۷- فایل‌های خطا

نرم‌افزار ویسیم در هنگام اجرا فایل خطایی (*.err) تولید می‌کند که پس از اتمام شبیه‌سازی باید بررسی شود. اگر تنظیم‌گرهای VAP برای چراغ‌های راهنمایی در مدل وجود داشته باشد، یک فایل خطای VAP نیز تولید خواهد شد. این فایل‌ها باید به‌دقت بررسی شوند، زیرا ممکن است شامل خطاهایی مانند موارد زیر باشند:

- وسایل نقلیه و خطوط حمل‌ونقل همگانی حذف شده از شبکه
- وسایل نقلیه‌ای که به انتهای کمان‌ها رسیده‌اند اما هنوز مسیری پیدا نکرده‌اند
- وسایل نقلیه‌ای که در شبکه بارگذاری نشده‌اند (تقاضای پنهان)
- تخطی از کمینه زمان سبز/ یا کمینه زمان فاز
- تغییرات غیرطبیعی فاز چراغ‌های راهنمایی

در حالت مطلوب، در حین شبیه‌سازی هیچ‌کدام از این مشکلات نباید اتفاق بیفتد. اما وجود تعدادی از مشکلات غیربحرانی را در فرآیند ارزیابی مدل می‌توان پذیرفت.

۷-۶- ساخت مدل طرح پیشنهادی

همان‌طور که در فصل ۵- بیان شد، مدل طرح پیشنهادی باید با اصلاح اجزایی از مدل پایه (یا مدل پایه‌ی افق در صورت استفاده از فرآیند سه‌مرحله‌ای مدل‌سازی مطابق بخش ۷-۶-۱-) که در اثر طرح پیشنهادی تغییر می‌کنند (مثلاً تغییرات زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی) ایجاد شود. تغییر تنظیمات اجزای دیگری که در واقعیت تغییر نمی‌کنند، ولی با تغییر آن‌ها «مدل بهتر عمل می‌کند» مجاز نیست. اگر مدل طرح پیشنهادی، بدون اعمال این تغییرات غیرمجاز، به‌درستی عمل نکند، یا طرح پیشنهادی مناسب نیست یا مدل پایه متناسب با اهداف نبوده و باید در آن بازنگری شود. همان‌طور که در بخش ۷-۱-۲- شرح داده شد، در مدل پایه و مدل طرح پیشنهادی باید از یک نسخه از نرم‌افزار استفاده کرد.

۷-۶-۱- مدل پایه‌ی افق

مدل پایه‌ی افق پل ارتباطی بین مدل پایه و گزینه‌های پیشنهادی است که مرجعی برای تحلیل نتایج طرح پیشنهادی ارائه می‌کند. مدل پایه‌ی افق شامل همه تغییرات محتمل شبکه بین سال پایه و سال تحت بررسی در طرح پیشنهادی است. البته مواردی که مربوط به طرح پیشنهادی است باید از این تغییرات مستثنی شود. مدل پایه‌ی افق با اعمال کمترین تغییرات ممکن در مدل پایه ایجاد می‌شود که این تغییرات با توجه به هر طرح جدید، به مدل اضافه می‌شوند. راهنمای ارائه‌شده در این بخش هم برای ساخت مدل پایه‌ی افق و هم برای ساخت مدل طرح پیشنهادی قابل‌استفاده است. به زبان ساده، مدل پایه افق یعنی تمام تغییرات در سال افق طرح مثل حجم تردد اعمال شود ولی طرح پیشنهادی، اعمال نشده باشد.

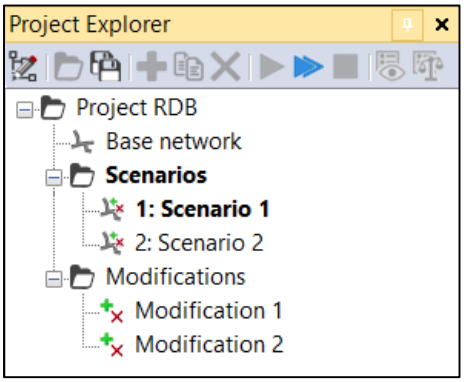
۷-۶-۲- مدیریت گزینه‌ها

برای ایجاد یک گزینه‌ی جدید، می‌توان از پوشه‌ی مدل قبلی رونوشت گرفته و از آن برای ساختن مدل طرح پیشنهادی استفاده کرد. روش دیگر، استفاده از قابلیت «مدیریت گزینه‌ها[۱]» است که در آن گزینه‌های مختلفی بررسی خواهد شد. گزینه‌ها بر اساس شبکه‌ی پایه ایجاد می‌شوند که برای تمامی گزینه‌ها یکسان باشد. پس از فعال‌سازی مدیریت گزینه‌ها، هر گزینه از طریق پنجره‌ی «مرورگر پروژه‌ها[۲]» در دسترس خواهد بود (شکل ۷–۱۶). توصیه می‌شود در صورت استفاده از قابلیت مدیریت گزینه برای مدل‌سازی، شرح کامل هر گزینه و فایل اصلاحی گزارش شود.

---

[۱] فرهنگستان زبان و ادب فارسی، از واژه فرانامه در برابر Scenario استفاده کرده، اما در اینجا به‌صورت مرسوم، از واژه گزینه استفاده شده که بیشتر، یک برگردان مفهومی است. در این متن، برای Option نیز از معادل گزینه استفاده شده است.

[۲] Project Explorer



شکل ۷-۱۶- تصویری از پنجره‌ی مرورگر پروژه‌ها

۷-۶-۳- جریان‌ها و مسیرها در طرح پیشنهادی

جریان‌ها و مسیرها در مدل طرح پیشنهادی را از روش‌های مختلفی می‌توان به دست آورد. روش موردنظر باید در گزارش تعیین محدوده‌ی مورد مطالعه برای مدل طرح پیشنهادی در مرحله‌ی چهارم فرآیند ارزیابی مدل تعیین شود. توصیه‌های بخش ۷-۴-۴- باید برای بررسی عملکرد صحیح انتخاب مسیر در مدل به کار گرفته شود.

۷-۶-۳-۱- تنظیم ورودی‌ها

ساده‌ترین روش، استفاده از همان تصمیمات انتخاب مسیر همراه با تغییرات چند درصدی یا بدون تغییر حجم وسایل نقلیه ورودی است. درصورتی‌که از مدل‌سازی تاکتیکی استفاده نشده، این روش بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این صورت باید از هر تغییری در شبکه شامل تغییر ترتیب کمان-اتصال‌دهنده‌ها که منجر به اختلال در مسیرهای موجود شود، اجتناب شود. پس از اعمال تغییر به شبکه، باید طول کامل مسیرها بررسی شود تا از عدم تغییر در ترتیب کمان-اتصال‌دهنده‌ها در اثر تغییر تنظیمات اتصال‌دهنده‌ها اطمینان حاصل شود.

اگر در طرح پیشنهادی، برخی حرکات ممنوع یا آزاد شده باشند، استفاده از این روش پیچیده خواهد بود. مثلاً ممکن است گردش در یک تقاطع به دلایل ایمنی یا افزایش کارآیی حذف شده باشد. در این حالت باید برای نحوه تغییر مسیر جریان تصمیمی گرفت. اگر انتخاب مسیر گسترده بود، باید از مدل‌سازی تاکتیکی یا خروجی مدل کلان‌نگر استفاده شود.

۷-۶-۳-۲- مدل‌سازی تاکتیکی

مطابق بخش ۵-۵- ، با استفاده از فرایند سه‌مرحله‌ای مدل‌سازی معمولاً اطلاعات انتخاب مسیر از مدل تاکتیکی (مدل کلان‌نگر طرح جامع حمل‌ونقل شهر) به مدل ویسیم منتقل خواهد شد. در این حالت، اطلاعات انتخاب مسیر مستقیماً به نرم‌افزار وارد خواهد شد. از جریان‌های مدل تاکتیکی برای مشاهده‌ی تغییرات در مقایسه با جریان‌های مدل پایه استفاده می‌شود. هر ورودی تردد به مدل شبیه‌سازی خردنگر باید بازبینی شود تا تصمیم گرفته شود که کدام روش برای اعمال تغییرات جریان مناسب‌تر است: اعمال ضریب یا اعمال تغییرات کلی به جریان مدل پایه.

پس از ورود مسیرهای مدل تاکتیکی به مدل پایه، ممکن است برای بهبود نتایج اعتبارسنجی، تغییراتی در آن‌ها اعمال

شود. این تغییرات باید عیناً در مدل طرح پیشنهادی نیز اعمال شود.

۷-۶-۴- زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی در مدل طرح پیشنهادی

درصورتی‌که روش کنترل چراغ‌های راهنمایی (بخش ۳-۹-۱-) تغییر کند، زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی در مدل‌های VAP با ایجاد فایل‌های VAP جدید (vap.*) به همراه فایل‌های PUA جدید (pua.*) به‌روزرسانی خواهد شد. زمان‌بندی جدید از یک مدل قطعی بهینه‌سازی به دست می‌آید که باید برای هر تقاطعی که زمان‌بندی آن تغییر کرده، ساخته شود. پس از وارد کردن زمان‌بندی‌های جدید به مدل، می‌توان در نرم‌افزار ویسیم زمان‌بندی‌ها را اصلاح کرد تا مطابق با اهداف طرح پیشنهادی باشد.

۷-۶-۵- جریان اشباع در مدل طرح پیشنهادی

جریان اشباع تنها هنگامی نسبت به مقادیر متناظر در مدل پایه تغییر می‌کند که شواهد کافی برای تغییر یافتن آن در طرح پیشنهادی وجود داشته باشد. دلایل این امر عبارتند از:

- ایجاد یک تقاطع جدید یا تغییر عمده در طرح هندسی
- تغییر عرض خطوط عبوری
- تغییر حجم جریان در یک حرکت گردشی

در صورت وجود این تغییرات، باید مطابق، از ضرایب اصلاح محلی مناسب (بخش ۳-۱۰-) برای برآورد جریان اشباع جدید استفاده شود (بخش ۷-۴-۲-۴-). دلایل تغییرات اعمالی باید در گزارش مدل‌سازی درج شود.

۷-۶-۶- حمل‌ونقل همگانی در مدل طرح پیشنهادی

هر تغییری در حمل‌ونقل همگانی باید در مدل طرح پیشنهادی اعمال شود. این تغییرات شامل مسیرهایی است که در اثر طرح پیشنهادی تغییر کرده‌اند، ایستگاه‌های اتوبوسی که در اثر طرح پیشنهادی تغییر موقعیت داده‌اند و خطوط اتوبوسی که در اثر طرح پیشنهادی حذف یا ایجاد شده‌اند. ممکن است زمان توقف در ایستگاه نیاز به تنظیم دوباره داشته باشد، مثلاً به دلیل تجمیع یا جدا شدن ایستگاه‌های خطوط مختلف، یا افزایش تعداد مسافران در یک ایستگاه به دلیل کاربری جدید. هرگونه تغییر در زمان توقف اتوبوس در ایستگاه باید در گزارش بیان شود.

۷-۷- خروجی‌های مدل

بسته به نوع داده‌ها و کاربرد آن‌ها، خروجی‌های مختلفی از نرم‌افزار ویسیم به‌منظور تحلیل نتایج قابل ارائه است.

۷-۷-۱- روش‌ها

در نرم‌افزار ویسیم می‌توان در حین شبیه‌سازی و پس‌ازآن، داده‌های خروجی را در قالب‌های مختلفی از جمله نمایش گرافیکی ارائه داد.

۷-۷-۱-۱- خروجی‌های عددی

انواع مختلفی از خروجی‌های عددی موجود است که عبارتند از:

- پنجره‌ی فهرست برای هر نوع نتایج. برای نمایش مستقیم نتایج و با اضافه کردن «مقادیر تعریف شده توسط کاربر» می‌توان نتایج اعتبارسنجی را در این پنجره نمایش داد یا آن را برای تحلیل‌های بیشتر به یک فایل اکسل منتقل کرد،
- فایل‌های ویژگی[۱] (*.att) که فایل‌هایی متنی بوده و در حین شبیه‌سازی یا در پایان آن از پنجره‌ی فهرست استخراج می‌شوند،
- فایل‌های پایگاه داده[۲] (*.db)که در پوشه‌ی مدل ذخیره می‌شود. این فایل‌ها حاوی داده‌هایی هستند که پنجره‌ی فهرست نمایش داده می‌شود و با حذف آن‌ها، داده‌ها از ویسیم حذف خواهد شد،

ایجاد شدن یا نشدن نتایج و برخی تنظیمات مربوط به آن در پنجره‌ی «پیکربندی ارزیابی[۳]» قابل تعیین است. زبانه‌ی «مدیریت نتایج[۴]» (شکل ۷–۱۷) تعیین می‌کند که چه مواردی ذخیره شوند.

زبانه‌ی «ویژگی‌های نتایج[۵]» (شکل ۷–۱۸) برای کنترل نحوه نمایش، بازه‌های زمانی و فواصل زمانی گردآوری داده‌هایی است که در پنجره‌ی فهرست نتایج نشان داده می‌شوند. این زبانه حاوی فهرستی از طبقه‌های وسایل نقلیه‌ای است که داده‌های مربوط به آن‌ها گردآوری و تجمیع می‌شود. زبانه‌ی «خروجی مستقیم[۶]» (شکل ۷–۱۹) داده‌هایی را کنترل می‌کند که در فایل‌های متنی درج می‌شوند. کنترل خروجی فایل ویژگی‌ها، در پنجره‌ی فهرست نتایج قرار دارد (شکل ۷–۲۰).

---

[۱] Attribute

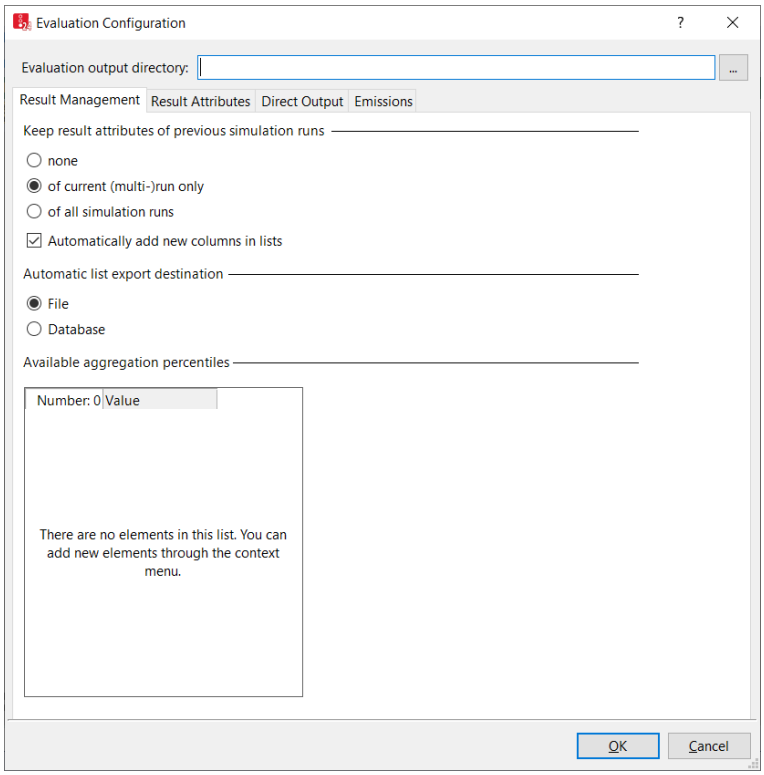
[۲] Database

[۳] Evaluation Configuration

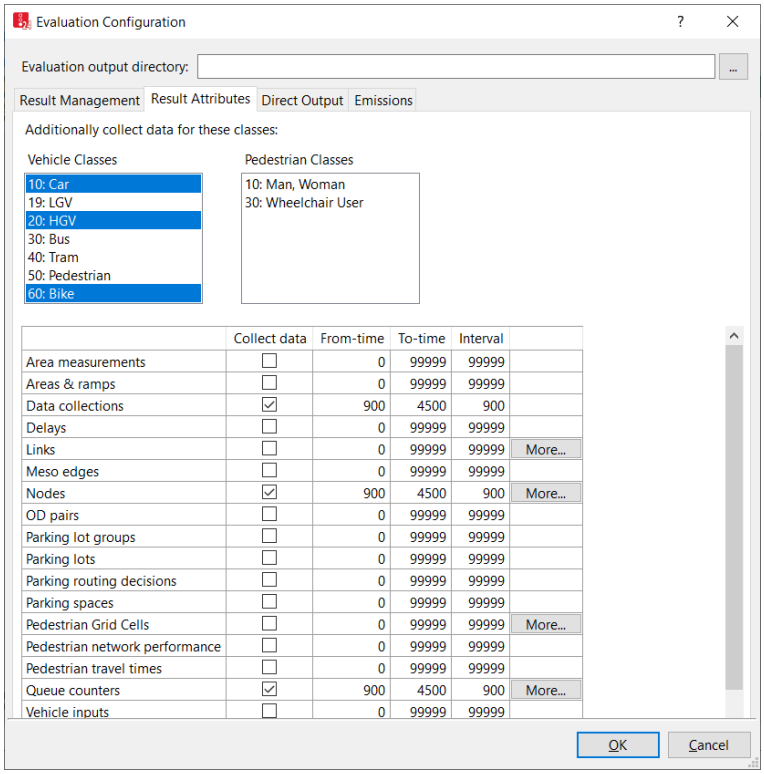
[۴] Result Management

[۵] Results Attributes

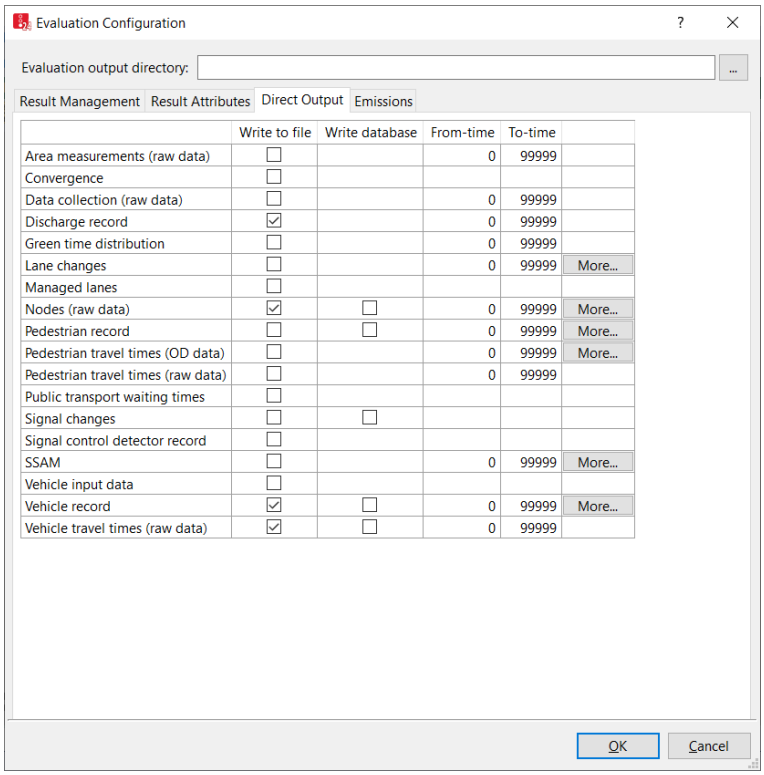
[۶] Direct Output



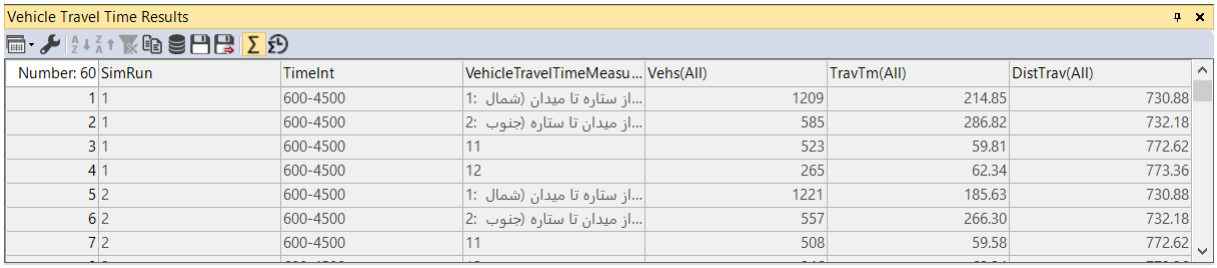
شکل ۷–۱۷- پنجره‌ی پیکربندی ارزیابی و زبانه‌ی مدیریت نتایج



شکل ۷–۱۸- پنجره‌ی پیکربندی ارزیابی و زبانه‌ی ویژگی‌های نتایج



شکل ۷–۱۹- پنجره‌ی پیکربندی ارزیابی و زبانه‌ی خروجی مستقیم



شکل ۷–۲۰- پنجره‌ی فهرست نتایج

۷-۷-۱-۲- نمایش اجزای شبکه

همان‌طور که در بخش ۷-۳-۱- بیان شد، پنجره‌ی «اجزای شبکه[۱]» چگونگی نمایش اجزا را کنترل می‌کند. بسته به نوع اجزا، گزینه‌های متنوعی در بخش «ویرایش پارامترهای گرافیکی[۲]» وجود دارند. این گزینه‌ها عبارتند از:

- **ویژگی برچسب**[۳] مثلاً نام کمان، شماره‌ی تنظیم‌گر چراغ‌راهنمایی یا نام شناساگر را نشان می‌دهد.
- طرح رنگ برچسب[۴]

---

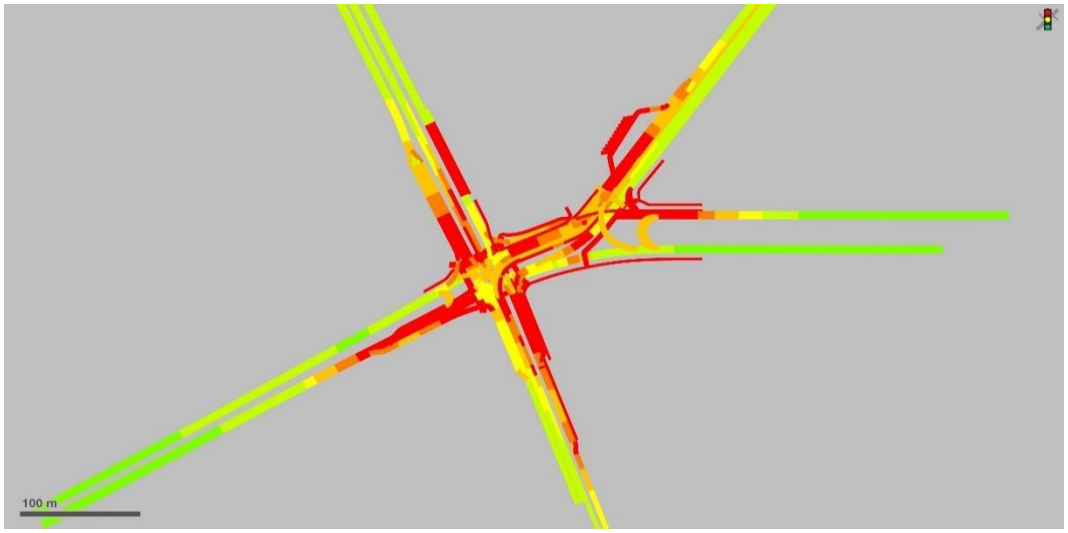
[۱] Network Objects

[۲] Edit Graphic Parameters

[۳] Label Attribute

[۴] Label Colour Scheme

- **طرح رنگ**[۱]: داده‌های شبیه‌سازی مثل حجم، سرعت (شکل ۷–۲۱)، یا مقادیر تعریف شده توسط کاربر را در کمان‌ها نشان می‌دهد.
- **نوار کمان**[۲]: داده‌های مشابه را با رنگ‌های مشابه به‌صورت نواری روی کمان (همراه با تغییر ضخامت کمان) نشان می‌دهد.



شکل ۷–۲۱- طرح رنگ کمان‌ها بر اساس سرعت

۷-۷-۱-۳- نمودارها

با استفاده از گزینه‌ی «ایجاد نمودار[۳]» در منوی «نمایش[۴]»، می‌توان از داده‌های ورودی، ویژگی اجزای شبکه یا داده‌های نتایج، نمودارهای ستونی یا خطی ایجاد کرد. با انتخاب داده‌های مناسب از فهرست، کلیک‌راست کردن روی آن‌ها و انتخاب گزینه‌ی ایجاد نمودار نیز می‌توان نمودارهایی ایجاد کرد. شکل ۷–۲۲ نمونه‌ای از نمودار اندازه‌گیری تأخیر است. بسته به نوع داده، نمودار در حین شبیه‌سازی به‌صورت لحظه‌ای یا به‌هنگام‌سازی شده، نشان داده می‌شود. توجه داشته باشید که در هنگام فعال بودن «حالت سریع[۵]»، نمودارها به‌هنگام‌سازی نمی‌شوند. در صورت لزوم نمودارها را می‌توان به‌صورت فایل تصویری استخراج کرد یا از آن‌ها رونوشت برداشته و در برنامه‌ای دیگر درج کرد.

---

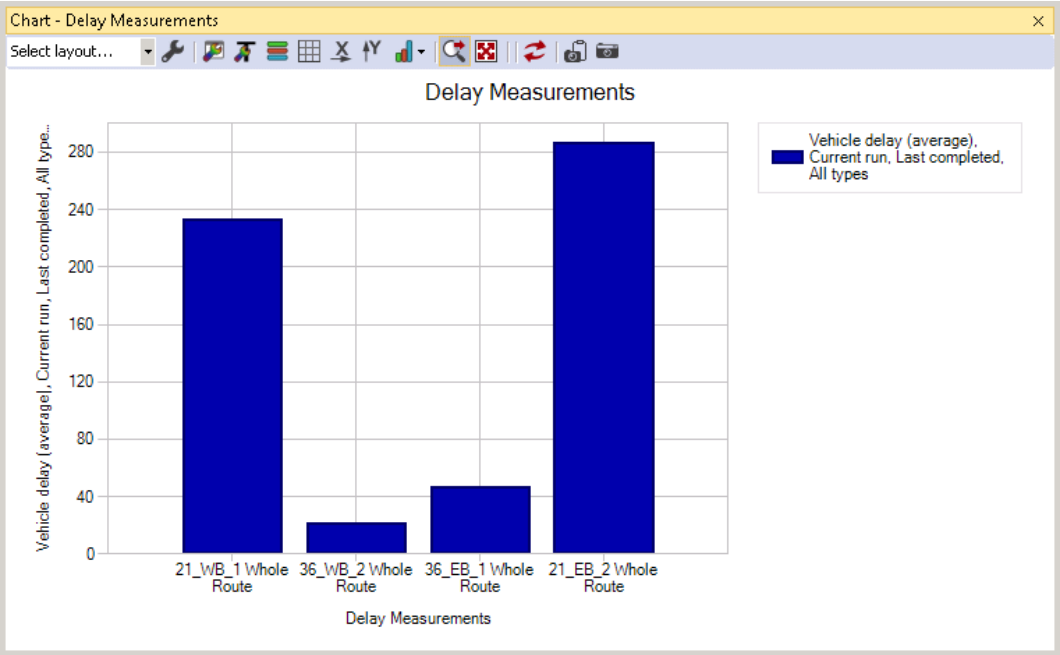
۱ Colour scheme

۲ Link bar

۳ Create Chart

۴ View

۵ Quik Mode



شکل ۷-۲۲- نمونه‌ای از یک نمودار

۷-۷-۱-۴- برنامه‌نویسی

برنامه‌نویسی (اسکریپت‌نویسی) در ویسیم با استفاده از پایتون، به خودکارسازی فعالیت‌های متنوعی از جمله ورود و خروج داده‌های مدل کمک می‌کند.

۷-۷-۲- داده‌ها

در بخش قبل، راهنمای عمومی استخراج داده از مدل ارائه شد. در این بخش، توصیه‌های در خصوص ایجاد داده‌های خروجی رایج ارائه می‌شود.

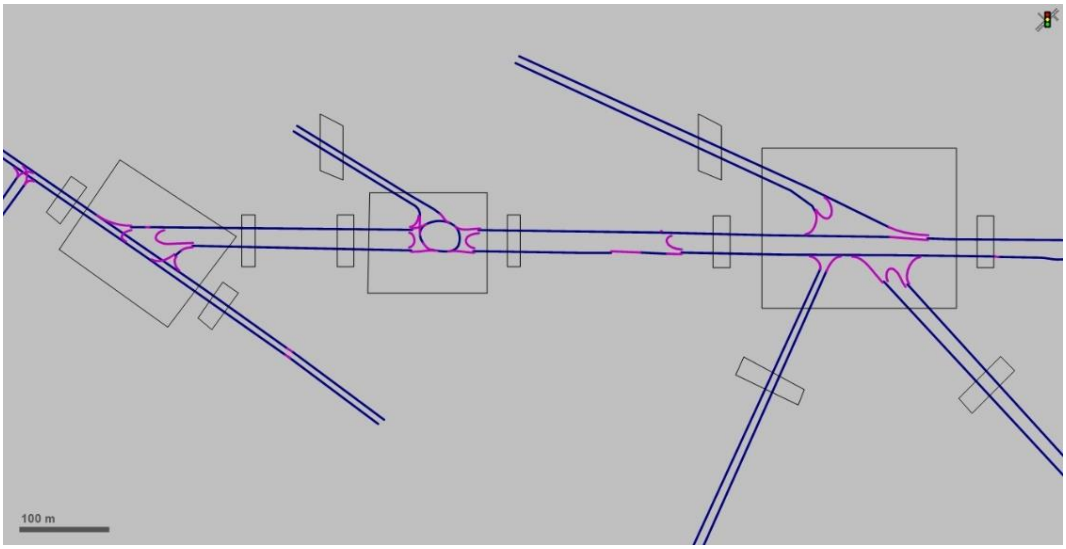
۷-۷-۲-۱- جریان تردد

رایج‌ترین روش برای تسهیل پرداخت جریان تردد و اعتبارسنجی آن، «ارزیابی گره[۱]» است. خروجی این داده را می‌توان در پنجره‌ی فهرست نمایش داد و با رونوشت‌گیری، آن را در یک فایل اکسل درج کرد. یا می‌توان آن را به‌صورت یک فایل ویژگی استخراج کرد. همه‌ی تقاطع‌های بحرانی را می‌توان به‌صورت یک گره تعریف کرد. ویسیم قادر است از آن‌ها چند پارامتر از پیش تعریف‌شده را به تفکیک گردش، نوع وسیله‌ی نقلیه و بازه‌ی زمانی گردآوری کند. این پارامترهای از پیش تعریف‌شده عبارتند از: جریان تردد به تفکیک نوع وسیله نقلیه، میانگین تأخیر به تفکیک نوع وسیله نقلیه، میانگین طول صف به تفکیک کمان و بیشینه‌ی طول صف به تفکیک کمان.

ازآنجاکه ارزیابی حرکات به ساختار کمان-اتصال‌دهنده در مدل وابسته است، باید گره‌ها را با در نظر گرفتن هندسه‌ی

[۱] Node Evaluation

محیط اطراف، به‌صورتی یکنواخت ایجاد کرد. گره‌ها باید همه اتصال‌دهنده‌هایی را که حرکات گردشی تقاطع‌ها را منتقل می‌کنند در برگرفته و کمترین تعداد کمان ممکن را قطع کند. با توجه به ساختار کمان‌ها شاید لازم باشد که یک یا دو گره‌ی میانی بین دو تقاطع ایجاد کرد. در شکل ۷–۲۳ یک نمونه از این حالت نشان داده شده است. برای افزایش سرعت شبیه‌سازی، در تنظیمات گره، باید گزینهٔ «استفاده برای ارزیابی[۱]» انتخاب شود و گزینهٔ «تخصیص پویا[۲]» انتخاب نشود.



شکل ۷–۲۳- نمونه‌ای از جانمایی گره

اگر داده‌های تردد مشاهده‌شده به‌صورت «مقادیر تعریف شده توسط کاربر» برای هر کمان یا اتصال‌دهنده وارد نرم‌افزار ویسیم شود، می‌توان مقدار GEH را برای هر حرکت با استفاده از تعریف فرمول GEH در یک مقدار تعریف شده توسط کاربر محاسبه کرد. پس از محاسبه‌ی GEH می‌توان مقادیر را با استفاده از برچسب‌هایی با رنگ‌های مختلف برای هر کمان به‌گونه‌ای نمایش داد که مشخص کند کدام نواحی باید برای پرداخت مدل بیشتر مورد توجه باشد (بخش ۷-۷-۱-۱-).

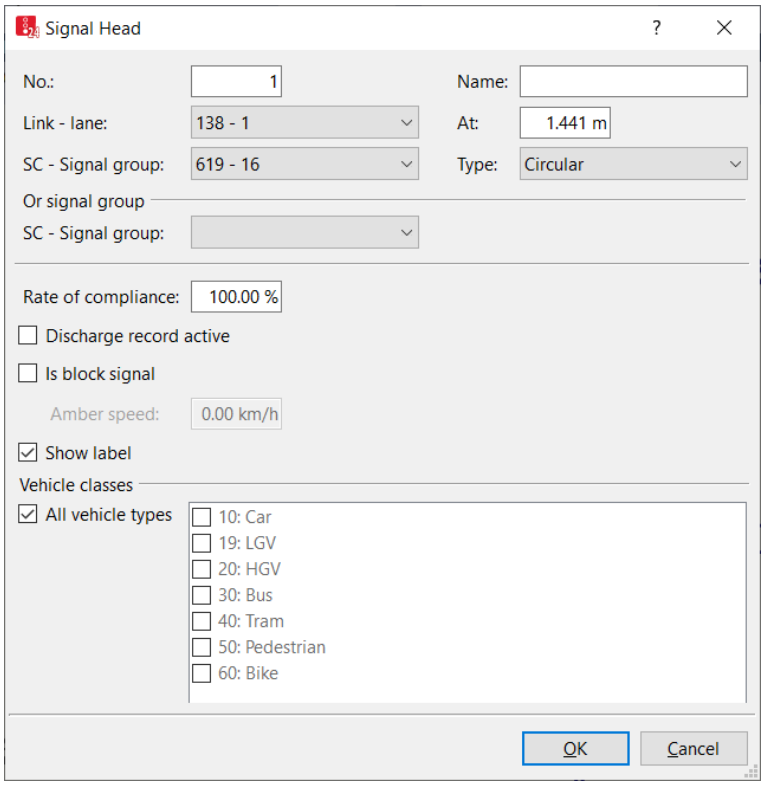
۷-۷-۲-۲- جریان اشباع

همان‌طور که در بخش ۷-۵-۲-۲- بیان شد، جریان اشباع ویسیم از طریق فایل‌های ارزیابی ثبت تخلیه (*.dis) اندازه‌گیری می‌شود. این فایل‌ها به‌صورت جداگانه برای هر چراغ‌راهنمایی فعال می‌شود (شکل ۷–۲۴)، و پیش از آن در زبانه‌ی «خروجی مستقیم» پنجره‌ی «پیکربندی ارزیابی»، باید گزینه‌ی «ثبت تخلیه» فعال باشد (بخش ۷-۷-۱-۱-).

---

[۱] Use for Evaluation

[۲] Dynamic Assignment



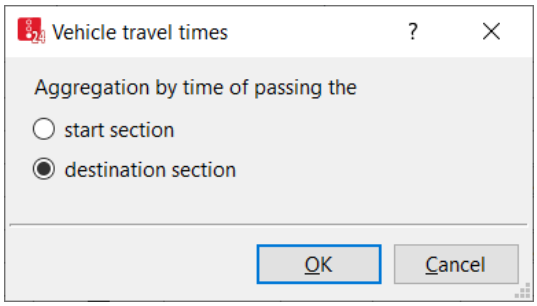
شکل ۷–۲۴- تنظیمات مربوط به ثبت جریان‌های اشباع در هر چراغ‌راهنمایی

۷-۷-۲-۳- زمان سفر

اندازه‌گیری زمان سفر را می‌توان بین هر دو نقطه‌ی دلخواه از شبکه قرار داد. اگر از آن دو نقطه بیش از یک مسیر بگذرد، هر وسیله‌ی نقلیه‌ای که از نقطه‌ی شروع و پایان عبور کند، بدون توجه به مسیری که طی می‌کند، توسط ویسیم شمرده خواهد شد و در نتیجه در مواقعی که انتخاب مسیر در مدل گنجانده شده است، باید به این موضوع توجه شود.

داده‌های زمان سفر را می‌توان به‌صورت فایل متنی یا به‌صورت تجمیع‌شده در پنجره‌ی فهرست دریافت کرد. به دلیل سهولت استفاده، معمولاً داده‌های تجمیعی برای اعتبارسنجی به کار می‌روند. برای مطالعه‌ی جداگانه‌ی هر نوع وسیله‌ی نقلیه می‌توان طبقه‌های مختلفی از وسایل نقلیه‌ی را تعریف یا طبقه‌های مختلف را با هم تجمیع کرد. البته برای اطمینان از گردآوری داده‌ها برای یک نوع وسیله‌ی نقلیه‌ی مشخص بهتر است که برای اندازه‌گیری زمان سفر یک طبقه وسایل نقلیه‌ی مجزا تعریف شود. مطابق شکل ۷–۲۵، باید در تنظیمات مربوط به زمان سفر، «تجمیع زمان عبور از بخش مقصد[۱]» انتخاب شود. با این انتخاب نتایج مدل به اجرا یا عدم اجرایی بازه‌ی زمانی سرد شدن مدل بستگی نخواهد داشت.

[۱] destination section



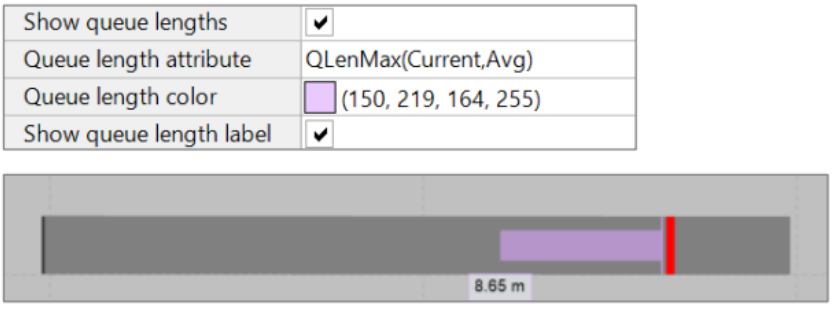
شکل ۷–۲۵- تنظیمات زمان سفر وسایل نقلیه

۷-۷-۲-۴- داده‌های صف

همان‌طور که در بخش ۷-۷-۲-۱- بیان شد، می‌توان با استفاده از گره‌ها، میانگین طول صف در هر کمان و بیشینه‌ی طول صف در هر کدام از آن‌ها را به‌عنوان خروجی مدل دریافت کرد. علاوه بر این در هر نقطه از شبکه که لازم باشد، می‌توان «شمارنده‌های صف[1]» را نصب و در پنجره‌ی فهرست داده‌های آن را تجمیع کرد.

شایان‌ذکر است که نرم‌افزار ویسیم، طول صف را بر اساس مجموعه‌ای از پارامترهای مبتنی بر سرفاصله و سرعت وسایل نقلیه اندازه‌گیری می‌کند. تغییر این پارامترها منجر به تغییر طول صف در گزارش می‌شود، درحالی‌که در واقع تغییری در صف ایجاد نشده است. به‌جز «طول بیشینه»، بهتر است از پارامترهای پیش‌فرض تشکیل صف استفاده شود. طول بیشینه باید بررسی شده و در صورت لزوم افزایش یابد تا از ثبت صحیح همه صف‌ها در مدل اطمینان حاصل شود.

همان‌طور که در شکل ۷–۲۶ نشان داده شده، داده‌های طول صف در نرم‌افزار ویسیم به‌صورت یک پارامتر گرافیکی برای نمایش صف در گره‌ها و شمارنده‌های صف وجود دارد.



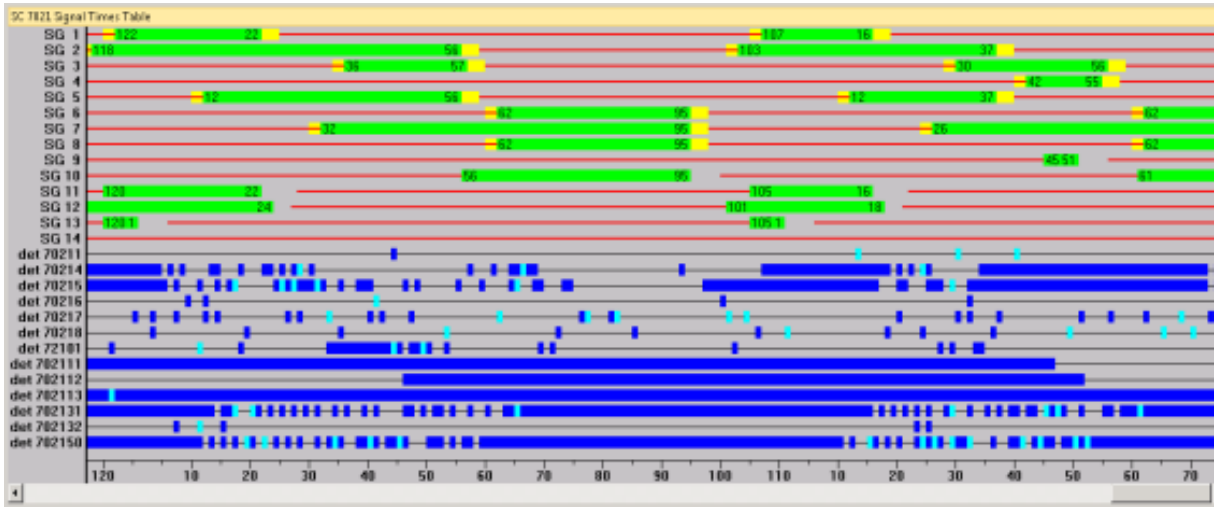
شکل ۷–۲۶- نوارهای طول صف

۷-۷-۲-۵- زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی

زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی را می‌توان از طریق زبانه‌ی خروجی مستقیم، به‌صورت فایل متنی دریافت کرد. در این حالت هر بار که حالت چراغ‌راهنمایی تغییر کند، در یک خط نوشته خواهد شد. این داده‌ها شامل مدت‌زمان شبیه‌سازی، زمان چرخه، تنظیم‌گر چراغ‌راهنمایی، گروه چراغ و رنگ چراغ است. در هنگام اجرای شبیه‌سازی نیز می‌توان از مسیر

[1] Queue Counters

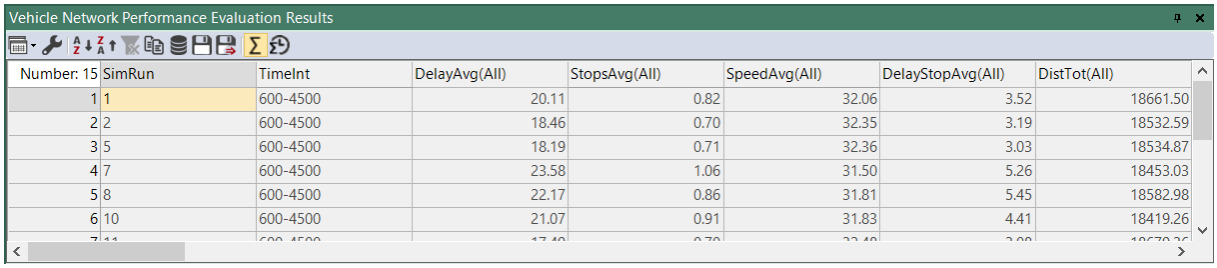
ارزیابی> پنجره> زمان چراغ‌ها (شکل ۷–۲۷) زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی را بررسی کرد. این روش نمایش، ساده‌ترین روش برای تعیین درست یا نادرست بودن زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی است. این روش برای بررسی چشمی فراخوانی تمامی فازها نیز به کار می‌رود.



شکل ۷–۲۷- جدول زمان‌بندی چراغ‌راهنمایی

۷-۷-۲-۶- عملکرد شبکه

یک روش سریع برای نشان‌دادن عملکرد کلی شبکه، استفاده از فهرست ارزیابی عملکرد شبکه است (شکل ۷–۲۸)، که مطابق بخش ۷-۷-۱-۱- خروجی را در قالب یک فهرست نشان می‌دهد. آمارهای عملکرد کلی شبکه شامل توقف‌ها، تأخیرها و سرعت همه وسایل نقلیه و نیز دسته‌های وسایل نقلیه‌ای است که در زبانه‌ی مشخصات نتایج انتخاب شده باشند. به‌این‌ترتیب، امکان یک تحلیل فایده به هزینهٔ ساده فراهم خواهد شد.


Vehicle Network Performance Evaluation Results

Number: 15	SimRun	TimeInt	DelayAvg(All)	StopsAvg(All)	SpeedAvg(All)	DelayStopAvg(All)	DistTot(All)
1	1	600-4500	20.11	0.82	32.06	3.52	18661.50
2	2	600-4500	18.46	0.70	32.35	3.19	18532.59
3	5	600-4500	18.19	0.71	32.36	3.03	18534.87
4	7	600-4500	23.58	1.06	31.50	5.26	18453.03
5	8	600-4500	22.17	0.86	31.81	5.45	18582.98
6	10	600-4500	21.07	0.91	31.83	4.41	18419.26

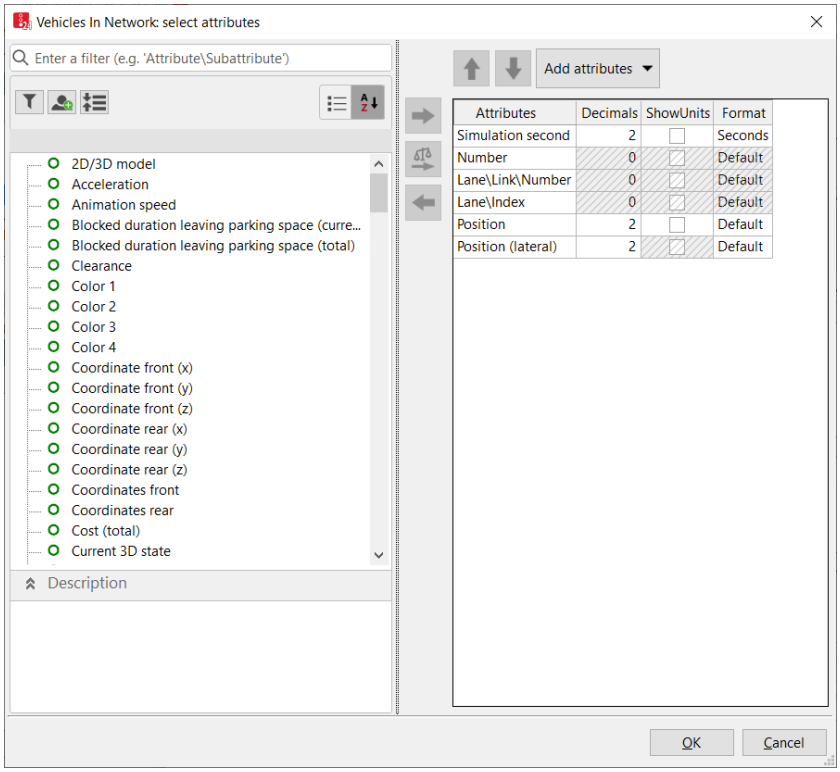
شکل ۷–۲۸- نتایج ارزیابی عملکرد شبکه‌ی وسایل نقلیه

۷-۷-۲-۷- فایل‌های مسیر حرکت وسایل نقلیه

نرم‌افزار ویسیم، مسیر حرکت وسایل نقلیه[۱] را در قالب فایل‌های متنی گزارش می‌دهد که کاربردهای متنوعی مانند مدل‌سازی آلایندگی، بصری‌سازی داده‌ها و پویانمایی سه‌بعدی دارد. دو نوع فایل خروجی عبارتند از:

[۱] vehicle trajectory

- فایل‌های پویانمایی (*.ani.txt) که شامل موقعیت وسایل نقلیه و پیاده‌ها در گذر زمان بوده و برای پویانمایی سه‌بعدی به کار می‌روند. در این فایل‌ها فقط می‌توان بازه‌ی زمانی و ناحیه‌ی تحت پوشش را تنظیم کرد.
- فایل‌های ثبت وسایل نقلیه (*.fzp) که برای اهداف مختلفی قابل‌استفاده بوده و محتویات آن توسط کاربر قابل ویرایش است (شکل ۷–۲۹). مشخصات فایل‌های ثبت وسایل نقلیه، را می‌توان در زبانه‌ی خروجی مستقیم در پنجره‌ی ارزیابی تغییر داد (بخش ۷-۷-۱-۱-). فایل‌های ثبت وسایل نقلیه در مدل‌سازی آلایندگی به کار می‌روند.



شکل ۷–۲۹- انتخاب داده‌های فایل ثبت وسایل نقلیه (*.fzp)

فصل ۸

فرآیند ساخت مدل

در نرم‌افزار ایمسان

فرایند ساخت مدل در نرم‌افزار ایمسان

۸-۱- مقدمه

در این فصل رویکردهای توصیه‌شده در خصوص ساخت مدل شبیه‌سازی خردنگر در نرم‌افزار ایمسان[۱] ارائه شده است. در مواردی که شرایط محلی یا الزامات پروژه، استفاده از روش‌هایی غیر از مندرجات این فصل را ایجاب کند، دریافت تائید از کارفرما ضروری است.

۸-۱-۱- مقدمه‌ای بر ایمسان

ایمسان یک نرم‌افزار مدل‌سازی حمل‌ونقل است که توسط شرکت ایمسان ساخته شده و امکان شبیه‌سازی خردنگر، شبیه‌سازی میان‌نگر، مدل‌سازی کلان‌نگر و شبیه‌سازی وابسته به تقاضا را به‌صورت یکپارچه فراهم می‌کند. قابلیت ترکیب دو نوع از شبیه‌سازی‌های مذکور در یک مدل دوگانه نیز در این نرم‌افزار وجود دارد: مدل‌های خردنگر-میان‌نگر و مدل‌های کلان‌نگر-میان‌نگر. با توجه به این‌که به‌طور مرسوم از نرم‌افزار ایمسان برای شبیه‌سازی خردنگر استفاده می‌شود، در این راهنما تنها به همین موضوع پرداخته شده است.

ایمسان از طراحی شبکه‌ی خط‌مبنا و مدل پیروی خودروها برای شبیه‌سازی صحیح نحوه‌ی حرکت وسایل نقلیه در معابر و تقاطع‌ها و اندرکنش آن‌ها با هم استفاده می‌کند. در این نرم‌افزار، رفتار جانبی در خط‌ها در نظر گرفته شده که مدل‌سازی برخی موضوعات مانند دوچرخه یا سبقت‌گرفتن را ممکن ساخته است. چراغ راهنمایی را می‌توان هم به‌صورت زمان ثابت و هم به‌صورت هوشمند مدل‌سازی کرد.

معمولاً برای مدل‌سازی یک شبکه پیچیده و پرازدحام که خروجی واقع‌گرایانه‌ای از مدل‌سازی قطعی برای آن به دست نمی‌آید، از نرم‌افزار ویسیم استفاده می‌شود. همانند سایر نرم‌افزارهای شبیه‌سازی خردنگر، این نرم‌افزار نیز قادر به بهینه‌سازی زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی نبوده و به همین دلیل معمولاً در بررسی طرح‌های پیشنهادی در کنار مدل‌سازی قطعی مورداستفاده قرار می‌گیرد.

۸-۱-۲- نسخه‌های نرم‌افزار

هر نسخه‌ای از ایمسان که برای مدل‌سازی پروژه انتخاب شود باید برای تمامی مدل‌های همان پروژه یکسان باشد. ساخت مدل پایه در یک نسخه و ساخت مدل طرح پیشنهادی در نسخه‌ای جدیدتر قابل‌قبول نیست، زیرا نتایج در هر نسخه متفاوت است و اعتبارسنجی را مخدوش می‌کند.

۸-۱-۳- کاربرد مناسب ایمسان

با توجه به این‌که این راهنما تنها به جنبه‌ی شبیه‌سازی خردنگر این نرم‌افزار پرداخته است، تنها همین نوع از مدل‌سازی

[۱] AIMSUN-Next

نیز تحت بررسی قرار گرفته است. نمونه‌هایی از کاربرد مناسب ایمسان در حوزه‌ی شبیه‌سازی خردنگر عبارتند از:

- در صورت وجود شرایط فوق اشباع، به‌ویژه اگر انسداد در خروجی رخ دهد، یا صف وسایل نقلیه با سایر تسهیلات شبکه تداخل ایجاد کند
- هنگامی‌که زیرساخت‌های شبکه در دوره مدل‌سازی، به‌صورت پویا تغییر می‌کنند (مثلاً وابستگی به تقاضا، اولویت عبور اتوبوس در چراغ راهنمایی)
- اگر یکی از شاخص‌های مهم بهبود وضعیت، پیش‌بینی صحیح زمان سفر باشد (مثلاً طرح پیشنهادی در خصوص اولویت عبور اتوبوس‌ها)
- اگر نمایش گرافیکی طرح پیشنهادی، روش مدیریت تردد یا راهبرد کنترل تقاطع چراغ‌دار برای ارائه مهم باشد.

۸-۲- آماده‌سازی

در این بخش راهنمای تخصصی ساخت مدل در نرم‌افزار ایمسان ارائه خواهد شد. نحوه آماده‌سازی مدل باید در جلسه‌ی تعیین محدوده مورد مطالعه (بخش ۱-۵-۱-) بررسی و در فهرست انتظارات از مدل‌سازی (بخش ۱-۵-۲-) درج شود.

۸-۲-۱- مرزهای مدل

نرم‌افزار ایمسان قادر است چراغ‌های هماهنگ شده یا متصل به مرکز پایش تردد را که زمان چرخه‌ی متفاوتی دارند، مدل کند. به همین دلیل این نرم‌افزار می‌تواند تأثیر طرح‌های پیشنهادی شامل دو یا چند گروه چراغ هماهنگ شده را ارزیابی کند. اگر انسداد خروجی در یک گروه چراغ بر گروه دیگری در بالادست جریان تأثیر بگذارد، می‌توان از ویسیم برای پیش‌بینی اندازه و تواتر تکرار مسائل عملکردی و سنجیدن تأثیر طرح‌های پیشنهادی بر کاهش آن استفاده کرد. به همین دلیل تقاطع‌هایی که منجر به تشکیل صف‌های طولانی می‌شوند باید در محدوده‌ی مدل‌سازی گنجانده شوند. درصورتی‌که امکان این امر وجود نداشته باشد (مثلاً وقتی‌که گنجاندن دلیل تشکیل صف، پیچیدگی و حجم مدل را افزایش دهد) باید از یک روش جایگزین استفاده شود.

در هنگام تعیین مرزهای محدوده مورد مطالعه در مدل ویسیم، باید طول کمان‌های (ورودی) ابتدایی (مثلاً بخش‌هایی که در آن‌ها وسایل نقلیه وارد شبکه می‌شوند) را در نظر گرفت. طول کمان‌های ابتدایی باید آن‌قدر زیاد باشد که کل حجم تردد ورودی مورد انتظار در تمام گزینه‌ها در ساعت اوج را در برگیرد. دو دلیل برای این امر وجود دارد:

- اطمینان از شناسایی آسان (چشمی) تأثیر انسداد در بالادست جریان و کاهش اثرات آن
- اطمینان از در نظر گرفتن کلیه‌ی وسایل نقلیه در هنگام اندازه‌گیری پارامترهای عملکردی طرح پیشنهادی (مانند زمان سفر، تأخیر، طول صف و میانگین سرعت). اگر برخی وسایل نقلیه به‌درستی در مدل بارگذاری نشوند، نتایج مدل اریب بوده و تأثیر طرح را بر ظرفیت زیربرآورد می‌کند.

اگر طول کمان‌ها به‌قدر کافی زیاد نباشد، صف وسایل نقلیه در خارج از محدوده مدل تشکیل شده و منتظر فضای خالی برای ورود می‌ماند. طول همه کمان‌ها باید برای دربرگرفتن طول صف، افزایش یابد.

۸-۲-۲- گردآوری داده‌ها

همان‌طور که در فصل‌های ۲- و ۳- بیان شد، اطلاعات زیر پیش از ساخت مدل در ایمسان لازم است:

- تصاویر پس‌زمینه (بخش ۸-۲-۴-)
- آشنایی با رفتار رانندگان و شرایط محیطی محل
- جریان تردد و نسبت‌های گردش
- ترکیب جریان تردد (مطابق طبقه‌بندی وسایل نقلیه)
- تواتر خدمات‌رسانی/ سرفاصله اتوبوس‌ها
- موقعیت ایستگاه‌های اتوبوس
- زمان توقف در ایستگاه‌های اتوبوس
- زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی
- جریان اشباع
- زمان سفر وسایل نقلیه
- طول صف
- سرعت مجاز
- وضعیت پارک و تخلیه و بارگیری وسایل نقلیه

با توجه به اهداف مدل‌سازی ممکن است داده‌های زیر نیز مورد نیاز باشد:

- آماربرداری مبدأ-مقصد
- نیمرخ سرعت و شتاب
- آماربرداری تعداد مسافر سوار و پیاده شده از اتوبوس
- حجم جریان پیاده
- آماربرداری تعداد سرنشین اتوبوس

۸-۲-۲-۱- بازدید میدانی

مدل‌های شبیه‌سازی خردنگر می‌توانند اندرکنش‌های پیچیده‌ی بین کاربران راه و محیط پیرامون آن‌ها را شبیه‌سازی کنند. برای شبیه‌سازی درست این اندرکنش‌ها و توجه به آن‌ها، بازدید میدانی از محل ضروری است. استفاده از نقشه‌ها و تصاویر هوایی، به‌تنهایی برای ساخت مدل کافی نیست، زیرا این منابع، ویژگی‌های پویای محیط مانند نحوه حرکت وسایل

نقلیه را نشان نمی‌دهند. می‌توان از دوربین‌های مداربسته نیز استفاده کرد، هرچند این یک روش چندان مطلوب نیست، زیرا برخی نواحی تحت پوشش دوربین‌ها قرار نداشته و به‌آسانی از دایره‌ی توجه خارج می‌شوند. پس توصیه می‌شود از دوربین‌های مداربسته در کنار بازدیدهای میدانی استفاده شده و جایگزین آن نشود. برخی از رفتارهایی که باید در بازدید میدانی موردتوجه قرار گیرند عبارتند از:

- **بهره‌برداری از فضای خیابان:** به‌ویژه در مواقعی که نحوه استفاده از خطوط با خط‌کشی تطابق نداشته باشد.
- **انسداد:** در تقاطع، گذرگاه عرضی پیاده، خط‌کشی شطرنجی، نواحی توقف ممنوع یا هر جای دیگری که مانع از ادامه مسیر دلخواه وسایل نقلیه جلوگیری شده باشد.
- **تغییر خط:** به‌ویژه در نقاط تصمیم‌گیری برای تغییر خط به‌منظور گردش وسایل نقلیه
- **پارک کردن:** هم به‌صورت قانونی و هم به‌صورت غیرقانونی، درصورتی‌که موقتی نبوده و فضای حرکت جریان تردد را اشغال کرده باشد.
- **صف:** محل، طول و رفتار وسایل نقلیه در صف
- **پذیرش فاصله عبور:** در تقاطع‌های حق تقدمی یا گردش‌به‌چپ‌هایی که با جریان متقابل تداخل دارند

این موارد به میزان قابل‌توجهی بر نتایج مدل‌سازی تأثیر می‌گذارند، بنابراین باید از طریق بازدید میدانی شناسایی شده و به‌دقت در مدل، شبیه‌سازی شوند. انجام بازدید میدانی در روزهایی که آماربرداری تردد (مثلاً ترددشماری یا اندازه‌گیری زمان سفر) در حال انجام است، بسیار مهم است، زیرا باید اطمینان یافت که اطلاعات گردآوری‌شده برای شبیه‌سازی، مربوط به یک روز عادی است، یا لازم است آماربرداری در روز دیگری تکرار شود.

۸-۲-۲-۲- زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی

در بخش ۳-۹- ، چگونگی گردآوری و استفاده از داده‌های زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی ارائه شده است. دو روش اصلی برای کنترل چراغ‌های راهنمایی وجود دارد: چراغ‌های مستقل و چراغ‌های متصل به مرکز پایش تردد. اگر از VAP برای کنترل زمان‌بندی استفاده شود، داده‌های گروه چراغ، فاز و زمان بین دو سبز موردنیاز خواهد بود. در تقاطع‌های متصل به مرکز پایش تردد، طرح کنترل و تواتر فازهای وابسته به تقاضا نیز مورد نیاز است.

اگر انواع پیچیده‌تری از کنترل پویا مورداستفاده قرار گرفته (مثلاً اولویت عبور اتوبوس‌ها) که تأثیر قابل‌توجهی بر رفتار رانندگان در آن تقاطع دارد، داده‌ها باید به‌گونه‌ای گردآوری شود که شبیه‌سازی صحیح این مشخصه‌ها امکان‌پذیر باشد..

۸-۲-۲-۳- جریان‌های اشباع

در بخش۳-۱۰- راهنمای اندازه‌گیری جریان اشباع ارائه شده است. داده‌های موردنیاز برای پرداخت جریان اشباع در مدل ایمسان باید گردآوری شود. برخی از حالت‌هایی که اندازه‌گیری داده‌ها برای جریان اشباع در مدل ایمسان الزامی است عبارتند از:

- در رویکرد تقاطع، صف طولانی مشاهده می‌شود، مثلاً وقتی گلوگاه وجود داشته باشد.
- رویکرد تقاطع به‌عنوان ورودی وسایل نقلیه به مدل ویسیم در نظر گرفته شده باشد.
- طرح پیشنهادی شامل تغییراتی در مشخصات هندسی باشد.
- طرح پیشنهادی شامل تغییراتی در روش‌های کنترل یا زمان بین دو سبز باشد.
- سایر موارد به تشخیص مدل‌ساز.

۸-۲-۲-۴- زمان سفر

برای اعتبارسنجی مدل ایمسان باید داده‌های زمان سفر موجود باشد. در سال‌های اخیر استفاده از آماربرداری‌های خودکار باعث شده که برای دریافت داده‌ها، طیف گسترده‌تری از گزینه‌ها وجود داشته باشد. همچنین با استفاده از این روش می‌توان زمان سفر را در چند روز مختلف اندازه‌گیری و سپس میانگین آن‌ها را ارائه کرد. استفاده از مقادیر میانگین، منجر به افزایش قابلیت اطمینان اعتبارسنجی مدل می‌شود. برخی منابع داده عبارتند از: دوربین‌های تشخیص خودکار شماره پلاک وسیله نقلیه و داده‌های هم‌فزون شرکت‌های ناوبری (مسیریاب‌ها). می‌توان در صورت امکان از دوربین‌های مداربسته برای ردیابی چشمی وسایل نقلیه در طول یک قطعه معین از معبر استفاده کرد. اگر منابع لازم برای داده‌ها موجود نباشد، داده‌های زمان سفر را باید با استفاده از روش «خودروی شناور» گردآوری کرد (بخش ۳-۵-۳-).

گردآوری داده‌های زمان سفر باید هم‌زمان با سایر آماربرداری‌های تردد صورت پذیرد. البته در شبکه‌های بزرگ‌تر ممکن است آماربرداری زمان سفر در چند روز مختلف صورت پذیرد. در نرم‌افزار ایمسان، زمان سفر را می‌توان در هر مسافتی از مسیر گردآوری و اندازه‌گیری کرد (بخش ۸-۷-۲-۳-) تا با داده‌های میدانی زمان سفر هم‌خوانی داشته باشد. توصیه می‌شود که داده‌های زمان سفر علاوه بر کل مسیر، در مسافت‌های کوتاه‌تر نیز اندازه‌گیری شوند تا موقعیت‌هایی که در ارزیابی اختلال ایجاد می‌کنند، راحت‌تر شناسایی شوند.

۸-۲-۲-۵- حمل‌ونقل همگانی

داده‌های اتوبوس‌ها از طریق سیستم موقعیت‌یاب خودکار اتوبوس‌ها ثبت می‌شود. این داده‌ها شامل سرفاصله، زمان سفر و زمان توقف در ایستگاه برای هر اتوبوس است. این داده‌ها باید از کارفرما دریافت و پس از پردازش، مورد استفاده قرار گیرد. در صورت نبود اطلاعات مناسب، باید از آماربرداری میدانی استفاده کرد.

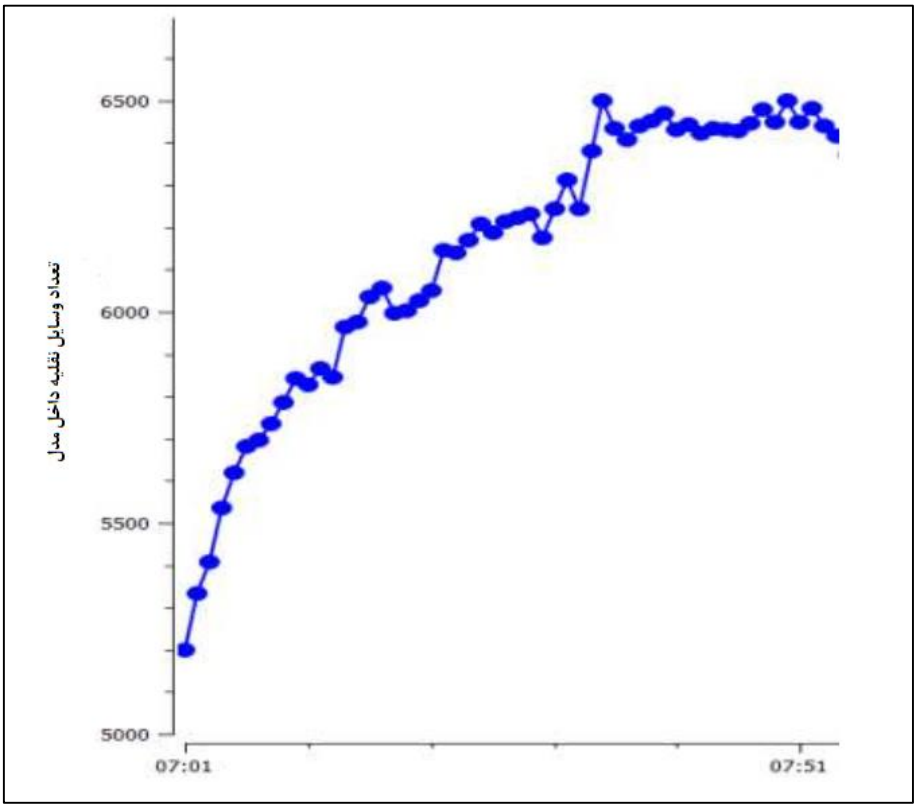
۸-۲-۳- بازه‌های زمانی مدل

بازه‌های زمانی مدل‌سازی باید بر اساس الزامات تحلیل تعیین شود تا مبنای گردآوری داده‌های جریان تردد قرار گیرد. مدل‌سازی باید با یک بازه‌ی زمانی گرم‌کردن آغاز شود که در آن شبکه پیش بارگذاری شده و جریان تردد و طول صف‌ها به وضعیت مشاهده شده در ابتدای زمان اصلی مدل‌سازی برسد (بخش ۳-۴-). اگر این احتمال وجود داشته باشد که در اثر طرح پیشنهادی، ساعت اوج افزایش یابد، باید بازه‌ی زمانی سرد شدن را نیز لحاظ کرد تا وسایل نقلیه‌ای که در انتهای

بازه تحلیل وارد شبکه می‌شوند، فرصت خروج از شبکه را پیدا کنند.

نرم‌افزار ایمسان، محدود به مدل‌سازی در یک بازه‌ی اوج یک‌ساعته نیست. به‌منظور ارزیابی جامع‌تر، می‌توان بیش از سه ساعت را مدل کرد که برای ارزیابی تردد در بخش‌های ابتدایی و انتهایی یک بازه اوج و نیز برای مدل‌های بزرگ‌تری که در آن‌ها هر موقعیت مکانی، ساعت اوج مختص به خود را دارد، بسیار مفید است.

مدل ایمسان علاوه بر بازه‌ی زمانی تحلیل باید دارای بازه‌ی زمانی گرم‌کردن نیز باشد. طول بازه‌ی زمانی گرم‌کردن وابسته به‌اندازه‌ی شبکه و میزان ازدحام آن است. مدت‌زمان گرم‌کردن باید آن‌قدر طولانی باشد که جریان در مدل پایدار شده و همه وسایل نقلیه قادر به اتمام سفر خود در شبکه باشند، ولی در بیشتر موارد یک بازه‌ی زمانی ۱۵ تا ۳۰ دقیقه‌ای کافی است. برای محاسبه بازه‌ی زمانی گرم کردن، می‌توان یک ماتریس ساده را به مدل اعمال کرد و شبیه‌سازی را بدون گرم کردن، و بعد با اعمال بازه‌های زمانی یک‌دقیقه‌ای برای گرم کردن انجام داد. این سری زمانی نشان می‌دهد چه زمانی تعداد وسایل نقلیه در مدل پایدار خواهد شد. کمینه زمان لازم برای گرم‌کردن برابر است با حاصل‌جمع زمان پایدار شدن به اضافه طولانی‌ترین زمان سفر مورد انتظار در مدل. برای نمونه در شکل ۸–۱ نشان داده شده که پس از گذشت ۳۵ دقیقه مدل پایدار شده است. در این مدل، طولانی‌ترین زمان سفر مورد انتظار ۲۵ دقیقه بوده است. بنابراین در این مدل کمینه زمان گرم‌کردن باید ۱ ساعت در نظر گرفته شود.



شکل ۸–۱- تعیین زمان پایدار شدن و بازه گرم کردن مدل

۸-۲-۴- طرح شبکه

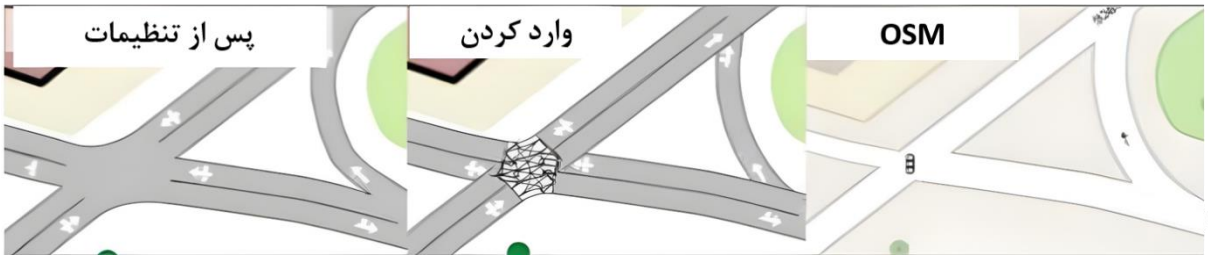
مدل شبکه در ایمسان از «کمان‌هایی» تشکیل شده که با «گره‌ها» و «گردش‌ها» در تقاطع‌ها به هم متصل شده‌اند. روش ایجاد شبکه به داده‌های موجود بستگی دارد. دو روش اصلی عبارتند از:

- وارد کردن داده‌ها از GIS یا یک مدل حمل‌ونقل دیگر
- ویرایش دستی شبکه با استفاده از تصاویر پس‌زمینه

۸-۲-۴-۱- وارد کردن شبکه

شبکه را می‌توان از سیستم GIS یا از نقشه‌های اینترنتی مانند OpenStreetMaps وارد مدل کرد. در این حالت، باید انتخاب شود که کدام دسته از معابر برای ساخت شبکه، و کدام‌یک صرفاً برای نمایش مورد استفاده قرار می‌گیرد. شبکه پس از وارد شدن باید به‌دقت بررسی شده و درستی و سازگاری طبقه‌بندی معابر و ویژگی‌های آن‌ها تائید شود. برای تسهیل این امر می‌توان از گزینه‌های مختلف نمایش گرافیکی در نرم‌افزار ایمسان استفاده کرد.

جزییات همه تقاطع‌ها و گره‌های شبکه نیز باید بررسی شود. معمولاً با وارد کردن نقشه‌ها، تنها اتصال گره‌ها وارد مدل می‌شود و نه لزوماً هندسه‌ی گره و کمان‌ها. ممکن است مطابق شکل ۸–۲ تنظیمات هندسه‌ی شبکه مورد نیاز باشد.



شکل ۸–۲- شرح تنظیمات هندسه‌ی شبکه

۸-۲-۴-۲- وارد کردن مدل حمل‌ونقل

مجموعه‌ای از دستورات برای وارد کردن مدل از سایر نرم‌افزارها به نرم‌افزار ایمسان تعریف شده است. با استفاده از این دستورات می‌توان مدل‌های حمل‌ونقل را از نرم‌افزارهایی مانند ویسیم، ویزوم، و کیوب وارد کرد. شبکه پس از وارد شدن باید به‌دقت بررسی شده و درستی و سازگاری طبقه‌بندی معابر و ویژگی‌های آن‌ها و مناسب بودن هندسه‌ی تقاطع‌ها تائید شود.

در برخی موارد بسته به منبع داده‌ها، می‌توان ماتریس‌های مبدأ- مقصد و چیدمان مرکز ناحیه‌های ایمسان[۱] (بخش ۸-۴-۴-۱-) را از مدل حمل‌ونقل موجود به مدل کنونی وارد کرد. اگر شبکه از نرم‌افزار دیگری به نرم‌افزار ایمسان وارد شد، حتماً باید دوباره پرداخت شود، زیرا پارامترهای مورد استفاده برای پرداخت مدل‌ها و تعریف آن‌ها باهم متفاوت است.

---

[۱] centroids

۸-۲-۴-۳- وارد کردن تصویر پس‌زمینه

از تصاویر هوایی، نقشه‌برداری با مقیاس مناسب یا برداشت میدانی، می‌توان برای ساخت مدل شبکه استفاده کرد. نقشه‌های پس‌زمینه باید جزئیات و دقت کافی داشته باشد تا اطلاعات اجزای شبکه مانند خطوط توقف چراغ‌های راهنمایی، حق تقدم، موقعیت ایستگاه‌های اتوبوس و خط‌کشی خیابان را ارائه کند.

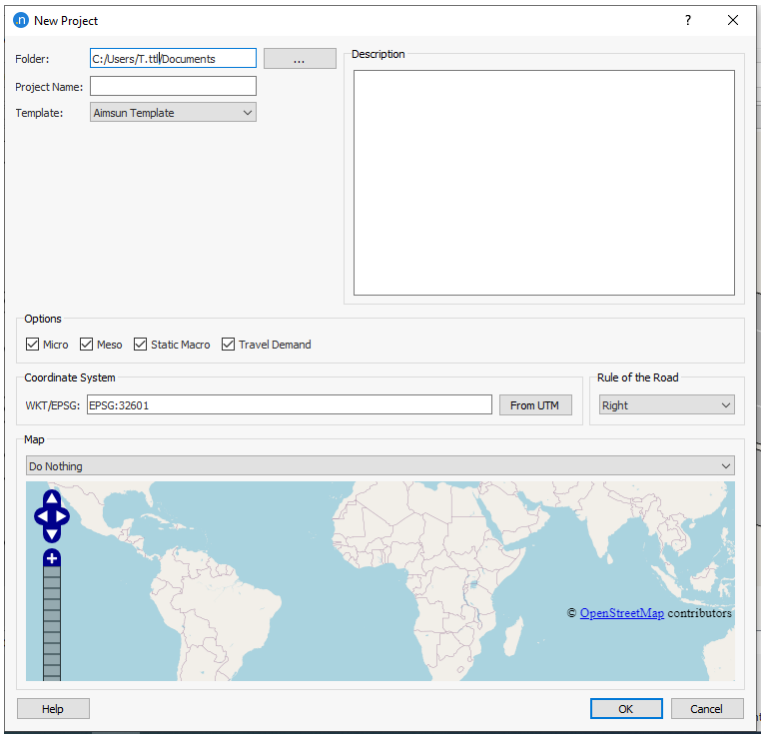
پیش از آغاز فرایند ساخت شبکه لازم است تصویر پس‌زمینه به‌درستی تنظیم شود. توصیه می‌شود یک نشانگر مقیاس به طول دست‌کم ۱۰۰ متر در تصاویر پس‌زمینه درج شده باشد.

با وجود پشتیبانی ایمسان از بارگذاری نقشه‌های برخط OpenStreetMap، استفاده از این قابلیت به‌تنهایی توصیه نمی‌شود، زیرا نقشه‌های برخط در گذر زمان ثابت نیستند. همان‌طور که در بخش‌های ۳-۱- و ۳-۲- شرح داده شده، فرض به‌روز و صحیح بودن نقشه‌های برخط و تصاویر هوایی صحیح نیست و لازم است طی بازدید میدانی، جزئیات آن بررسی و اعتبارسنجی شود. بنابراین استفاده از نقشه‌های غیربرخط که در ایمسان مقیاس داده می‌شود، توصیه می‌شود تا همواره، شرایط میدانی در زمان ساخت مدل را نشان دهد.

۸-۳- رابط کاربری گرافیکی

با وجود شباهت بسیار زیاد نسخه‌های مختلف نرم‌افزار ایمسان، نسخه‌های جدید همواره نسبت به گذشته تغییر خواهند کرد. بااین‌حال، در این بخش خلاصه‌ای از ویژگی‌های این نرم‌افزار ارائه شده است و در صورت تغییر محل آن در نسخه‌های بعدی، همچنان توصیه‌های این راهنما باید مورد توجه قرار گیرد.

در پنجره‌ی «پروژه‌ی جدید» در شکل ۸–۳، تنظیمات پایه‌ی پروژه مانند جهت رانندگی و تصویر پس‌زمینه (بخش ۸-۲-۴-۳-) تعیین می‌شود. شکل استاندارد نرم‌افزار ایمسان از تعدادی پنجره تشکیل شده که برای ساخت، پرداخت و اجرای مدل مورد استفاده قرار می‌گیرند. مطابق شکل ۸–۴ ابزارهای ایجاد مدل در سمت چپ پنجره‌ی شبکه قرار دارند.



شکل ۸–۳- پنجره‌ی پروژه‌ی جدید

مدل ایمسان از اجزای مختلفی مانند اجزای تقاضای ترافیکی یا اجزای نوع معبر تشکیل شده که در پنجره‌ی پروژه در سمت راست شکل ۸–۴ قابل ویرایش است. این بخش برای تعریف تنظیمات مدل در نظر گرفته شده است. با دو بار کلیک روی هر عنوان فهرست، پنجره‌ی آن باز شده و با کلیک‌راست روی هر عنوان، گزینه‌های موجود شامل ایجاد اجزای جدید نمایان می‌شود.

کنترل اجرای مدل در بالای پنجره‌ی شبکه و گزارش اقدامات در پایین آن قرار دارند. در قسمت پایین سمت راست شکل ۸–۴، پنجره‌ی لایه‌ها وجود دارد که برای مدیریت آنچه نمایش داده می‌شود و ترتیب نمایش هر کدام مورد استفاده قرار می‌گیرد. این پنجره برای تمرکز بر مشخصه‌های خاصی مانند سیستم حمل‌ونقل همگانی یا تعویض نمایش تصاویر پس‌زمینه مفید است.

اجزایی که در کنار هم، ساختار پروژه مدل‌سازی و نحوه اجرای آن را تعیین می‌کنند، عبارتند از: گزینه‌ها[۱]، آزمایش‌ها[۲] و اجراها[۳].

۸-۳-۱- گزینه

«گزینه[۴]» بالاترین سطح در ایمسان است و به‌عنوان ظرف اصلی تمام ورودی‌ها و تنظیمات عمل می‌کند. در واقع، هر

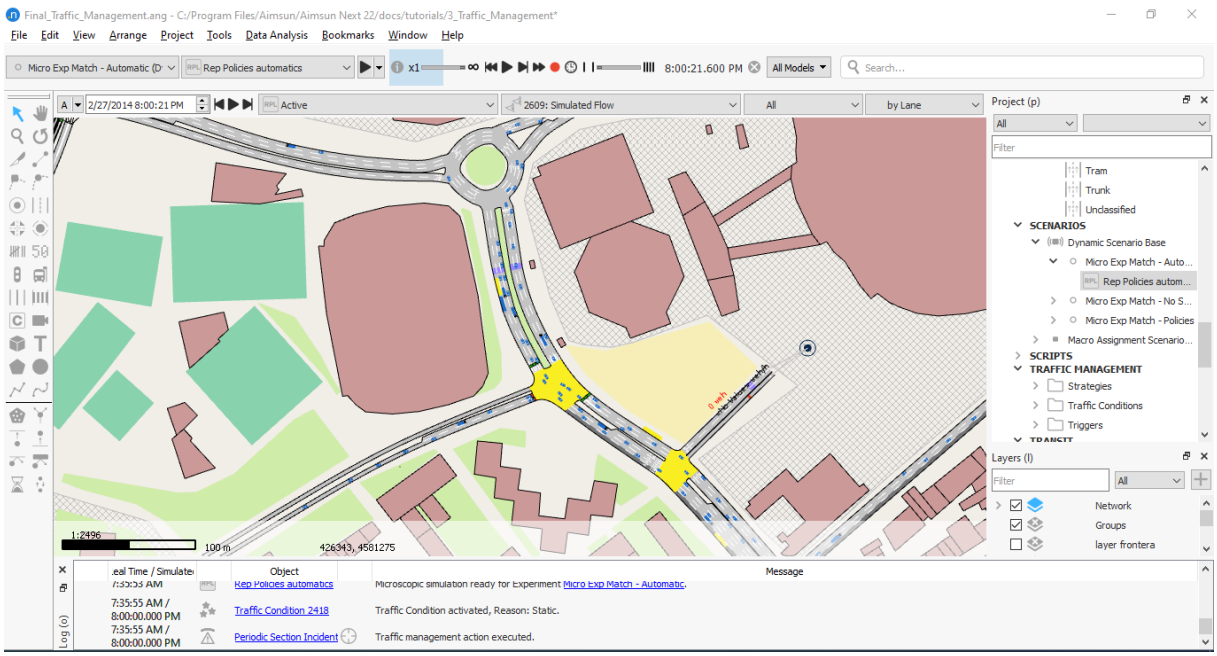
---

[۱] Scenarios
[۲] Experiments
[۳] Replications
[۴] Scenario

گزینه تعریف می‌کند که چه چیزی مدل می‌شود، با چه داده‌هایی اجرا خواهد شد و تحت چه شرایطی تحلیل صورت می‌گیرد. هر گزینه شامل ورودی‌های بنیادین زیر است:

- تقاضای تردد: ماتریس‌های مبدأ-مقصد یا وضعیت تردد مورد استفاده.
- برنامه حمل‌ونقل همگانی: خطوط و زمان‌بندی اتوبوسرانی.
- برنامه کنترل جامع: تنظیمات چراغ‌های راهنمایی.
- پیکربندی هندسی: تغییرات در هندسه شبکه برای سناریوهای آینده.
- مجموعه داده‌های واقعی: داده‌های میدانی برای اعتبارسنجی.
- برنامه تخصیص مسیر: مسیرهای از پیش تعریف‌شده یا خروجی تخصیص قبلی برای شروع شبیه‌سازی.
- الگوی شناساگرها: جانمایی و فعال‌سازی شناساگرها در سناریوهای کنترل هوشمند.
- راهبردها و شرایط: سناریوهای مدیریتی مانند بستن مسیر، تغییر عوارض یا اعمال اولویت‌ها.
- خروجی‌های شبیه‌سازی: انواع آمار و گزارش‌هایی که باید در طول شبیه‌سازی ثبت و ذخیره شوند.

در گزینه‌های پویا[۱]، داده‌های ورودی مورد نیاز برای اجرای شبیه‌سازی تعریف می‌شود. این داده‌ها عبارتند از: تقاضای تردد، برنامه زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی و ساختار هندسی[۲]. علاوه بر آن، در بخش گزینه‌های پویا، تنظیمات مربوط به ایجاد خروجی‌های شبیه‌سازی، رابط برنامه‌نویسی کاربردی (API) نرم‌افزار ایمسان و غیره قابل مشاهده است.



شکل ۸-۴- رابط کاربری گرافیکی نرم‌افزار ایمسان

---

[۱] Dynamic Scenario

[۲] Geometry Configurations

۸-۳-۲- آزمایش

هر گزینه شامل یک یا چند آزمایش است که از داده‌ها و تنظیمات مشخص‌شده در بخش گزینه استفاده می‌کند. با ساخت چند آزمایش در یک گزینه‌ی پویا، می‌توان عملکرد انواع مختلف شبیه‌سازی و رویکردهای تخصیص را ارزیابی کرد. آزمایش، روش شبیه‌سازی و الگوریتم‌های تحلیلی که بر روی آن سناریو اعمال می‌شود را مشخص می‌کند. یک آزمایش به این پرسش پاسخ می‌دهد که: «چگونه مدل اجرا می‌شود؟». در یک آزمایش، موارد زیر تعریف می‌شوند:

- نوع شبیه‌سازی: انتخاب بین خردنگر، میان‌نگر یا دوگانه بر اساس سطح جزئیات مورد نیاز.
- روش تخصیص: استفاده از انتخاب مسیر تصادفی یا تعادل کاربر پویا برای تخصیص ترافیک (بخش ۸-۴-۴-).
- پارامترهای رفتاری: تنظیم مدل‌های پیروی خودرو[1]، تغییر خط، سبقت و واکنش رانندگان.
- گام شبیه‌سازی و زمان واکنش: گام شبیه‌سازی در نرم‌افزار بر اساس زمان واکنش رانندگان و وسایل نقلیه تعیین می‌شود.
- الگوی ورود: تعریف نحوه ورود وسایل نقلیه به شبکه به‌صورت یکنواخت، تصادفی یا اختصاصی برای هر مبدأ.
- جایگزینی ویژگی‌ها امکان تغییر موقت پارامترها برای یک آزمایش خاص بدون اصلاح مدل پایه.

۸-۳-۳- اجرا و نتیجه

اجرا، یعنی یک‌بار اجرای کامل شبیه‌سازی با پارامترهای مشخص و یک‌دانه تصادفی یکتا. همان‌طور که در بخش ۸-۵-۱- بیان شده، یک آزمایش باید شامل چند اجرا باشد که هر کدام، از دانه‌های تصادفی متفاوتی استفاده می‌کنند. این امر منجر به چند اجرای شبیه‌سازی مختلف برای یک آزمایش می‌شود تا از کفایت آماری نتایج شبیه‌سازی خردنگر اطمینان حاصل شود. نتایج نهایی آزمایش باید با میانگین‌گیری از اجراها گزارش شود. مدیریت اجراها بسته به نوع تخصیص ترافیک متفاوت است:

- برای آزمایش‌های از نوع انتخاب مسیر تصادفی: این آزمایش‌ها شامل یک یا چند اجرا هستند. خروجی نهایی از طریق محاسبه میانگین نتایج حاصل از این اجراها به دست می‌آید.
- برای آزمایش‌های از نوع تعادل پویای کاربر: هر آزمایش، شامل یک نتیجه است. یک نتیجه خود یک فرآیند تکرارشونده برای رسیدن به تعادل است و برخلاف روش انتخاب مسیر تصادفی، نیازی به میانگین‌گیری از چندین اجرای تصادفی ندارد.

۸-۴- پرداخت مدل پایه

پس از گردآوری داده‌ها، ساخت مدل و پرداخت آن آغاز می‌شود. در این بخش راهنمای ساختار داده‌ها در نرم‌افزار

[1] Car Following

ایمسان و چگونگی ساخت مدل در آن ارائه شده است.

یکی از روش‌های مهم در پرداخت و اعتبارسنجی مدل در نرم‌افزار ایمسان، مشاهده مدل در زمان اجرا است. برای دستیابی به این هدف، شبیه‌سازی صحیح رفتار رانندگان ضروری است. در حین پرداخت، برای شناسایی مشکلات در رفتار رانندگان که تأثیر منفی بر عملکرد مدل می‌گذارد، می‌توان از ویژگی پویانمایی[۱] ایمسان استفاده کرد. مشاهده مدل باید در حین اجرا برای دانه‌های تصادفی مختلف صورت پذیرد تا تصویری درست از عملکرد آن به‌دست‌آمده و از کارکرد درست تمام اجزای شبکه اطمینان حاصل شود.

۸-۴-۱- پارامترهای مدل

برخی پارامترها باید در ابتدای ساخت مدل تعیین شده و در تمام طول پروژه بدون تغییر بمانند. تغییر این پارامترها پس از پرداخت، مدل را نامعتبر می‌سازد.

۸-۴-۱-۱- دقت شبیه‌سازی

دقت شبیه‌سازی[۲]، همان تعداد گام زمانی است که به معنای تواتر زمانی حرکت وسایل نقلیه و محاسبه‌ی مجدد موقعیت آن‌ها در یک ثانیه از زمان شبیه‌سازی مدل است. در نرم‌افزار ایمسان به‌صورت پیش‌فرض گام شبیه‌سازی به زمان واکنش همه وسایل نقلیه مرتبط است. بهتر است مقدار این پارامتر ۱ تا ۲ گام در هر ثانیه از شبیه‌سازی (۰/۶ تا ۱ ثانیه در هر گام) باشد، مگر این‌که وسایل نقلیه‌ی خودران در مدل وجود داشته باشد. در این حالت باید از مقادیر بزرگ‌تری استفاده شود، زیرا ماشین از انسان سریع‌تر است. دقت شبیه‌سازی را پس از پرداخت نمی‌توان تغییر داد، مگر آن‌که مدل دوباره اعتبارسنجی شود، زیرا رفتار رانندگان و نتایج مدل تغییر خواهد کرد.

توجه شود که در نرم‌افزار ایمسان، گام شبیه‌سازی در بخش آزمایش‌ها تعیین شده و مستقل از کنترل‌های مشابه در پنجره‌ی نمایش است. پنجره‌ی نمایش برای تنظیم سرعت و روان بودن پویانمایی شبیه‌سازی مورداستفاده قرار می‌گیرد. به‌طور مشابه، تواتر شناسایی در شناساگرهای حلقوی در بخش گزینه تعیین شده و مستقل از گام شبیه‌سازی است. در صورت لزوم تواتر شناسایی را می‌توان متناسب با الزامات سیستم پایش چراغ‌های راهنمایی تنظیم کرد.

۸-۴-۱-۲- دستگاه مختصات و واحدها

برای اطمینان از درستی و امکان تبادل داده بین پروژه‌های مختلف، باید مدل‌های ایمسان بر اساس دستگاه مختصات UTM[۳] به شماره EPSG:32639 (که ناحیه‌های ۳۸، ۳۹ و ۴۰ متناسب با محدوده جغرافیایی تغییر می‌کند) به‌عنوان سیستم مرجع ساخته شوند. نرم‌افزار ایمسان این قابلیت را دارد که هنگام وارد کردن داده‌ها (Import)، سیستم‌های

---

[۱] Animation

[۲] Simulation Resolution

[۳] Universal Transverse Mercator

مختصات دیگر را به‌صورت خودکار به دستگاه مختصات مرجع تبدیل کند.

تنظیمات واحدها (ویرایش>ترجیحات> محلی‌سازی) باید به‌صورت متریک باشد. زمان‌بر حسب ثانیه باشد.

- مسافت: متر یا کیلومتر
- سرعت: متر در ساعت
- شتاب: متر بر مجذور ثانیه

۸-۴-۱-۳- مقررات تردد

تردد باید در حالت رانندگی در سمت راست (ویرایش>ترجیحات> محلی‌سازی) در پنجره‌ی پروژه‌ی جدید تعیین شود.

۸-۴-۲- ساختار شبکه

ساختار شبکه در ایمسان از کمان‌ها[1]، گره‌ها و گردش‌ها تشکیل شده است. نوع معبر، پارامترهای رفتاری پیش‌فرض را برای کمان‌ها و گردش‌ها تعریف می‌کند (بخش ۸-۲-۱۱-). اجزای کلیدی ساختار شبکه در این بخش معرفی شده و توضیحاتی درباره ویرایش شبکه ارائه خواهد شد.

۸-۴-۲-۱- کمان‌ها

کمان‌ها بر اساس نوع معبر (بخش ۸-۴-۲-۶-) دسته‌بندی می‌شوند. نوع معبر یا درجه معبر، باید مطابق آیین‌نامه طراحی معابر شهری باشد. با تغییر تعداد خطوط عبوری، ظرفیت کمان نیز به‌صورت خودکار تغییر می‌کند. لچکی‌ها در محاسبه‌ی ظرفیت کمان لحاظ نمی‌شوند.

با تعریف نوع خط برای هر دسته از وسایل نقلیه، می‌توان نحوه استفاده از کمان را تعیین کرد. نوع خط شامل فهرستی از دسته‌های وسایل نقلیه‌ی مجاز یا غیرمجاز برای استفاده از آن خط است. با تعریف نوع خط، می‌توان محدودیت‌های برای استفاده از خطوط وضع کرد. مثلاً می‌توان خط ویژه حمل‌ونقل همگانی برای عبور اتوبوس و تاکسی یا اتوبوس به‌تنهایی ایجاد کرد.

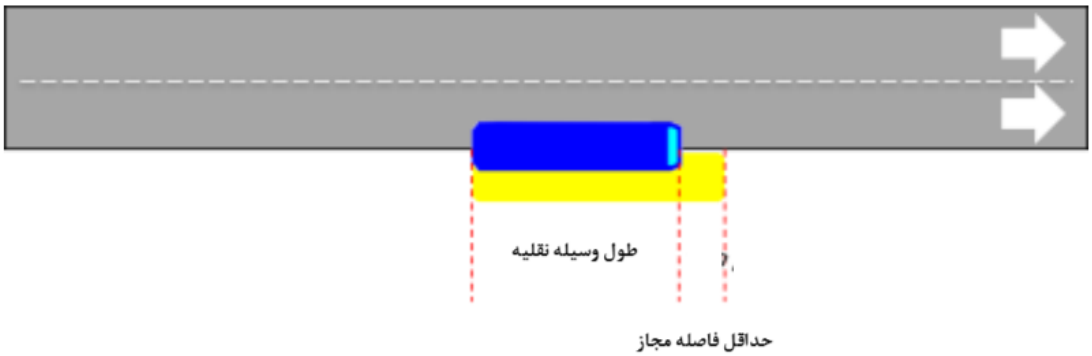
طول کمان نباید خیلی کم (به‌اندازه طول یک وسیله‌ی نقلیه) یا خیلی زیاد (بیش از چند کیلومتر) باشد. کمان‌ها را می‌توان به چند قطعه تقسیم کرد. برای تناسب با شکل، این قطعه‌ها می‌توانند مستقیم یا منحنی باشند. از قطعه‌ها برای تعریف سرعت، شیب و خطوط ویژه استفاده می‌شود.

خطوط ویژه‌ی اتوبوس را می‌توان به‌عنوان یک نوع خط در یک کمان چندخطه مدل کرد. خطوط ویژه‌ی اتوبوس را نباید به‌عنوان یک کمان جدا مدل کرد مگر این‌که طراحی معبر در واقعیت چنین باشد. اگر خط ویژه تنها خطی است که در انتهای کمان اجازه‌ی حرکت گردشی را می‌دهد، وسایل نقلیه‌ای که قصد دور زدن دارند این محدودیت را نادیده خواهند

[1] Sections

گرفت. می‌توان آخرین قطعه از یک کمان را از حالت خط ویژه خارج کرد تا وسایل نقلیه در نقطه‌ی مشخصی قادر به ورود به آن باشند.

پهلوگاه ایستگاه اتوبوس باید به‌اندازه‌ی کافی طولانی باشد تا طولانی‌ترین اتوبوس را به‌علاوه‌ی کمینه فاصله‌ی مجاز بین وسایل نقلیه پوشش دهد (شکل ۸–۵).



شکل ۸–۵- طول پهلوگاه ایستگاه اتوبوس

۸-۴-۲-۲- گره‌ها و گردش‌ها

شرایط میدانی شامل حرکات گردشی، گردش‌های غیرمجاز، خط‌کشی‌های شطرنجی، اتصال‌دهنده‌های خط به خط، و قوانین اولویت عبور را باید به‌درستی در گره‌ها ترسیم شود. رفتار در گره‌ها بر ازدحام و زمان سفر وسایل نقلیه تأثیر می‌گذارد، به‌ویژه اگر شبکه دارای تقاطع‌های حق‌تقدمی و حرکات متقابل در تقاطع‌های چراغ‌دار باشد.

اتصال خطوط بین بازوهای تقاطع باید بر اساس خط‌کشی خیابان تعیین شود مگر این‌که در بازدید میدانی، خطوط دارای کارکرد متفاوتی باشند. اجزا و مقادیر قابل تنظیم در مدل عبارتند از:

- اتصال خطوط عبوری و هندسه‌ی آن: اطمینان از انطباق کامل اتصال خطوط ورودی به خروجی با خط‌کشی‌های واقعی معبر و مشاهدات میدانی
- سرعت گردش: سرعت حرکت وسایل نقلیه در هر گردش بر اساس هندسه تقاطع و رفتار واقعی رانندگان. معمولاً به‌صورت خودکار محاسبه می‌شود
- ظرفیت گردش: معمولاً به‌صورت خودکار محاسبه می‌شود
- جذابیت: معمولاً برابر با مقدار ظرفیت است
- هزینه‌های تعریف‌شده توسط کاربر: مقادیر باید به‌گونه‌ای انتخاب شوند که بتوان تعادل را در انتخاب مسیر برقرار کرد، به‌طوری‌که یک مسیر نسبت به سایر مسیرها، بیش از نامطلوب نبوده، و حجم تردد مطابق با مشاهدات میدانی باشد.
- قوانین حق تقدم (اولویت عبور): تخصیص صحیح علائم ایست یا رعایت حق تقدم به‌تمامی گردش‌های متعارض.
- خطوط ایست (توقف): تعیین موقعیت دقیق خطوط ایست برای مدل‌سازی گردش‌های محافظت‌نشده.

- رفتار در خط‌کشی شطرنجی: فعال‌سازی این گزینه در تقاطع‌های شطرنجی برای جلوگیری از قفل شدن تقاطع
- فاصله دید به جلو: تنظیم فاصله‌ای که رانندگانی که قصد گردش در تقاطع پیش رو دارند، از آنجا شروع به تصمیم‌گیری برای تغییر خط می‌کنند.
- زمان واکنش تکمیلی در توقف: تنظیم زمان تأخیر اضافی برای شروع حرکت خودروهای درون صف.
- ضریب شتاب تخلیه صف: تنظیم میزان تهاجمی بودن رانندگان هنگام شروع حرکت و تخلیه صف

به‌علاوه، اغلبِ پارامترهایِ گردشِ نوع معبر[۱] (بخش ۸-۴-۲-۶-) را می‌توان در «گره» اصلاح کرد تا رفتار موردنظر حاصل شود. توابع انتخاب مسیر، مقادیر سرعت و ظرفیت را بر اساس نحوه تعریف پارامتر جذابیت، در مدل‌های خردنگر و میان‌نگر ایمسان، به کار می‌برند.

فاصله‌ی دید به جلو[۲] و زمان انتظار اضافی پیش از دست دادن گردش[۳] (شکل ۸–۶) را باید برای حرکات به‌دقت مشخص و پرداخت کرد، زیرا نقش بزرگی در رفتار تغییر خط کمان‌های بالادست ایفا می‌کنند. سه ناحیه مختلف در نرم‌افزار ایمسان وجود دارد که هر کدام به رفتار تغییر خط متفاوتی مرتبط است. این نواحی عبارتند از:

- ناحیه‌ی ۱: تصمیمات مربوط به تغییر خط معمولاً بر اساس شرایط تردد در خطوط مرتبط اخذ می‌شوند
- ناحیه‌ی ۲: ناحیه‌ی میانی. وسایل نقلیه‌ای که نیاز به تغییر خط دارند تا بتوانند دور بزنند یا به چپ یا راست گردش کنند، سرعت خود را تنظیم کرده و تغییر خط می‌دهند.
- ناحیه‌ی ۳: وسایل نقلیه با مشاهده‌ی فاصله خالی در بالادست و کاهش سرعت، با عجله اقدام به تغییر خط می‌کنند. اگر ضروری باشد، این وسایل نقلیه برای تغییر خط کاملاً متوقف می‌شوند.

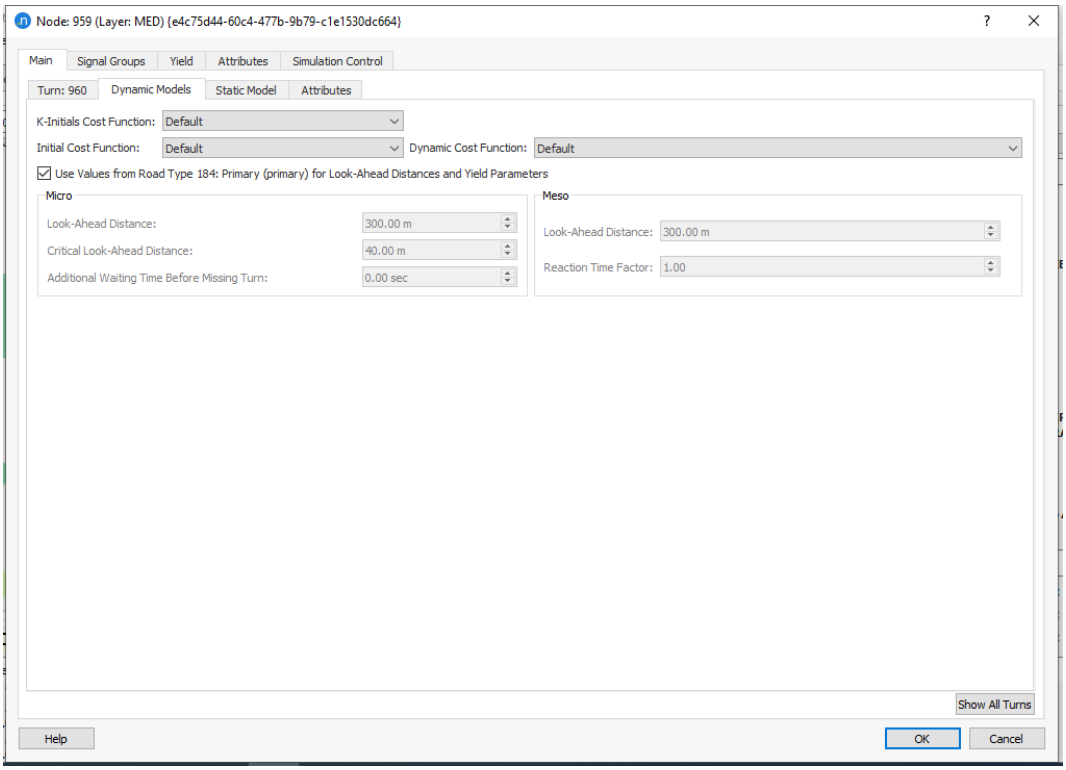
ناحیه‌ی ۲ با پارامتر فاصله‌ی دید به جلو و ناحیه‌ی ۳ با پارامتر فاصله‌ی دید به جلوی بحرانی تعریف می‌شوند. اگر مقدار فاصله، بزرگ‌تر از مقدار پارامتر فاصله‌ی دید به جلو باشد، حرکت وسیله‌ی نقلیه در ناحیه‌ی ۱ در نظر گرفته می‌شود.

---

[۱] Road Type Turn

[۲] Look-Ahead Distance

[۳] Additional Waiting Time Before Missing Turn



شکل ۸-۶- تنظیمات پنجره‌ی گره در مدل‌های پویا

یکی از پارامترهای مهم برای تعریف ناحیه‌ی ۳، زمان انتظار اضافی پیش از دست دادن گردش است. اگر وسایل نقلیه پس‌ازانتظار به مدت بیشینه زمان راه‌دادن[۱] (بخش ۸-۴-۲-۶-)، در اقدام خود برای گردش شکست بخورند، به حرکت در همان خط ادامه خواهند داد. مقدار این پارامتر بین ۳۶۰۰- تا ۳۶۰۰ است. مقادیر منفی، زمان انتظار اصلی را کاهش می‌دهد تا به مقدار کمینه صفر برسد. مقدار پیش‌فرض این پارامتر صفر است، مگر این‌که مشکل خاصی در مدل دیده شده باشد، مثلاً تعداد زیادی از وسایل نقلیه موقعیت گردش را از دست داده باشند (در زبانه‌ی «ویژگی‌های گره[۲]» با وسایل نقلیه‌ی گم‌شده تعیین می‌شود).

از ناحیه‌های فاصله دید به جلو، برای تغییر خط وسایل نقلیه به خط جدید و ماندن در آن استفاده می‌شود. استفاده از خطوط ممتد در تقاطع‌ها توصیه نمی‌شود، زیرا وسایل نقلیه‌ای که در زمان مقرر به خط مدنظر نرسیده‌اند، امکان گردش را از دست خواهند داد.

اگر لازم باشد وسایل نقلیه سرعت خود را در یک کمان کاهش دهند تا بتوانند در انتهای کمان، گردش کنند، باید طول کمان به‌اندازه کافی زیاد باشد تا وسایل نقلیه، فرصت کاهش سرعت پیش از رسیدن به موقعیت گردش را داشته باشند. وسایل نقلیه در ایمسان، از لزوم کاهش سرعت برای گردش، دقیقاً در کمان پیش از محل گردش آگاه می‌شوند، بنابراین استفاده از کمان‌های کوتاه توصیه نمی‌شود. اگر برای تعریف لچکی یا هر دلیل دیگری، به یک کمان کوتاه بین کمان

---

[۱] Maximum Give Way Time

[۲] Node Attributes

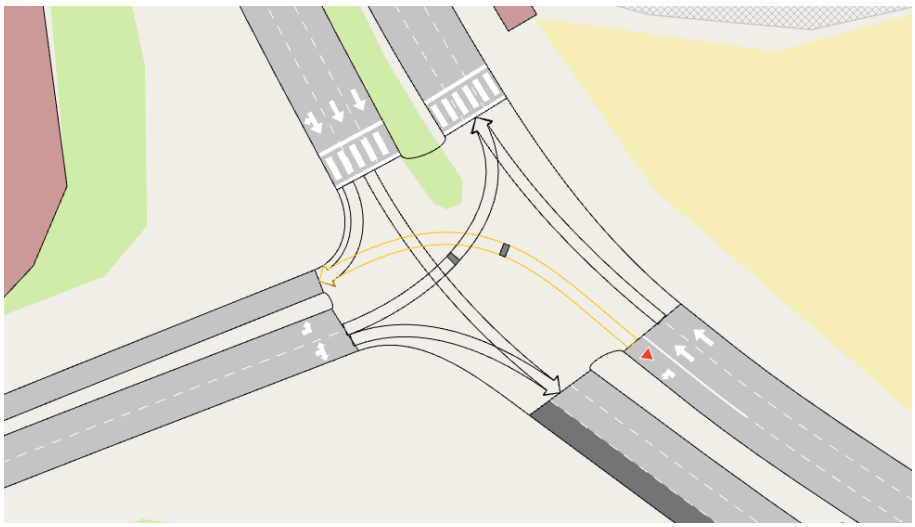
پرسرعت و گردش کم‌سرعت نیاز باشد، باید بیشینه سرعت در آن کمان کوتاه نیز کاهش یابد.

مشخصات هندسی گردش باید برای اطمینان از عدم وجود نواحی تداخلی غیرضروری بررسی شود. علاوه بر آن در هنگام اجرای مدل، ویژگی‌های زیر باید مشاهده شده و از صحت آن‌ها اطمینان حاصل شود:

- علائم راهنمایی مرتبط با گردش (راه‌دادن، ایست،...)
- قوانین اولویت عبور بین دو گردش
- موقعیت خط ایست در انتهای کمان
- خط ایست در میانه گردش، هنگامی‌که تشکیل صف درون تقاطع مجاز باشد
- پارامترهای مدل پذیرش فاصله عبور
- پارامترهای خطوط شطرنجی در تقاطع

برای تعریف اولویت عبور در یک گره (مثلاً گردش‌به‌چپ نسبت به حرکت مستقیم متقابل)، باید برای حرکتی که اولویت دارد، یک هشدار «راه‌دادن» و برای حرکتی که وسیله‌ی نقلیه باید منتظر بماند، یک «خط ایست» به گره اضافه شود، حتی اگر در بازدید میدانی، علائم راهنمایی مشاهده نشود.

خطوط ایستی که در انتهای هر کمان و قبل از ورود به گره موقعیت ایست خودروها را کنترل می‌کنند، باید در موقعیت درستی قرار گیرند. موقعیت پیش‌فرض آن‌ها انتهای کمان است، اما می‌توان موقعیت هر کدام را مطابق هندسه‌ی تقاطع یا رفتار میدانی وسایل نقلیه، تغییر داد (شکل ۸–۷). خطوط توقف نباید در مسیر حرکت سایر حرکات گردشی قرار گیرند.

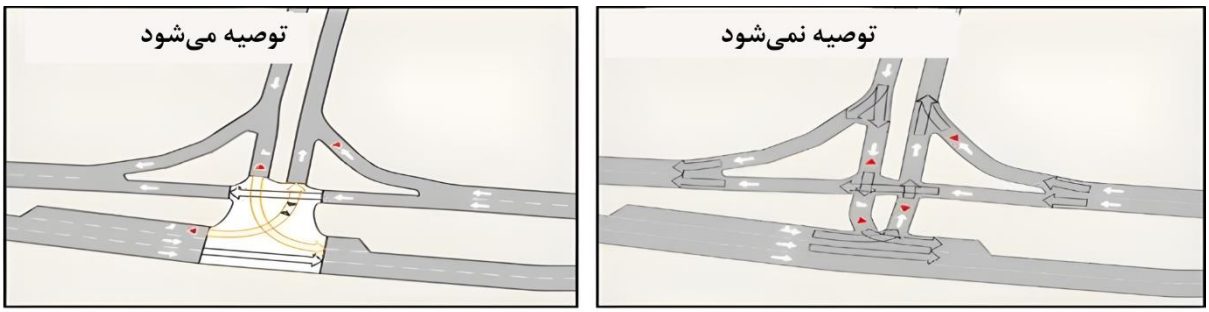


شکل ۸–۷- خطوط توقف (خاکستری تیره) در تقاطع چراغ‌دار

۸-۴-۲-۳- هندسه‌ی تقاطع

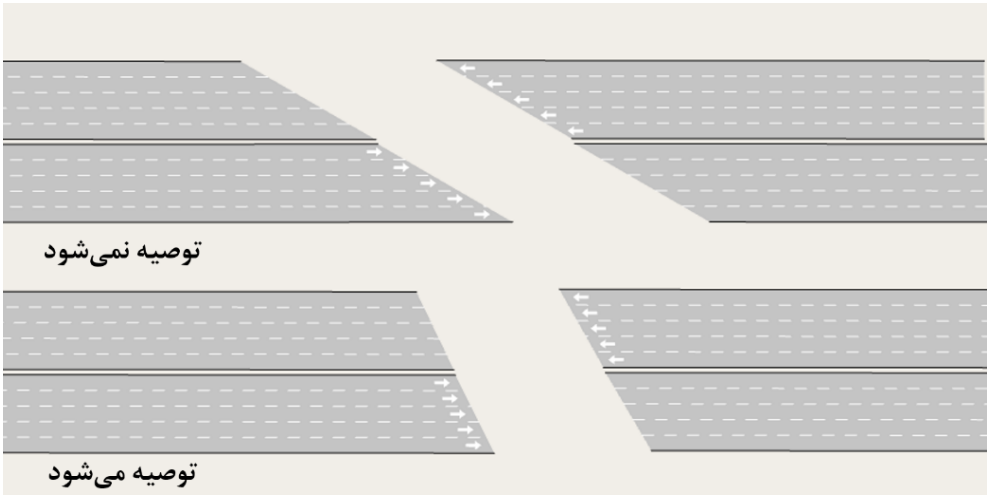
در تقاطع‌های دارای جریان‌بندی، به‌ویژه اگر از موانع سخت برای جداسازی خطوط استفاده شده باشد و فاصله‌ی ابتدای جریان‌بندی تا تقاطع بیش از ۱۰ متر باشد، باید از کمان‌های جداگانه‌ای برای هر جریان استفاده شود. همان‌طور که در

شکل ۸–۸ نشان داده شده، اگر در فضای ذخیره میانه تقاطع، محلی برای انتظار وسایل نقلیه وجود داشته باشد، این محلی باید به‌صورت یک کمان در مدل ترسیم شود تا رفتار راه‌دادن به‌درستی در هر قسمت از فضای گردش مدل‌سازی شود.



شکل ۸–۸- تقاطعی با جریان‌بندی و فضای ذخیره میانه

باید از زوایای تند در ورودی یا خروجی کمان‌ها (شکل ۸–۹) پرهیز شود، زیرا ممکن است موقعیت خودروهایی که در مجاورت آن هستند اشتباه در نظر گرفته شود، مثلاً یکی در گردش و دیگری در کمان، که این موضوع در بررسی تداخل‌ها مشکلاتی ایجاد می‌کند. البته از زوایای تند در شرایط خاصی که در آن خطوط ایست با زاویه‌ای تند اجرا شده‌اند، مثلاً میدان‌ها یا تقاطع‌های حق‌تقدمی زاویه‌دار، می‌توان استفاده کرد. در این حالت باید رفتار مدل با رفتار میدانی به‌خوبی تطابق داده شود.



شکل ۸–۹- کمان ورودی یا خروجی زاویه‌دار. زاویه‌ی نمونه‌ی بالایی بیش‌ازحد است

۸-۴-۲-۴- خطوط جانبی

از خطوط جانبی[۱] معمولاً برای مدل‌سازی لچکی‌ها استفاده می‌شود، اما می‌توان از آن برای شبیه‌سازی رفتار همگرایی و واگرایی نیز استفاده کرد.

از اتصال چند خط به یک خط در پایین‌دست، که باعث ایجاد تداخل می‌شود، باید پرهیز شود. در عوض، باید از خطوط

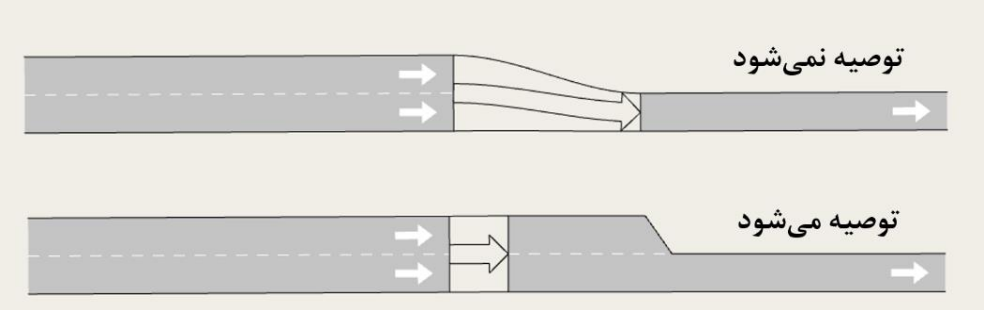
[۱] Side Lanes

جانبی استفاده کرد تا رفتار همکاری خودروها با هم بهتر شبیه‌سازی شود (شکل ۸–۱۰). البته اتصال چندخط به یک خط در شرایطی که عدم همکاری در بازدید میدانی مشاهده شده، قابل توجیه است، اما استفاده از آن توصیه نمی‌شود. طول خط جانبی در محل همگرایی/ واگرایی باید برابر طول لچکی در بازدید میدانی باشد.

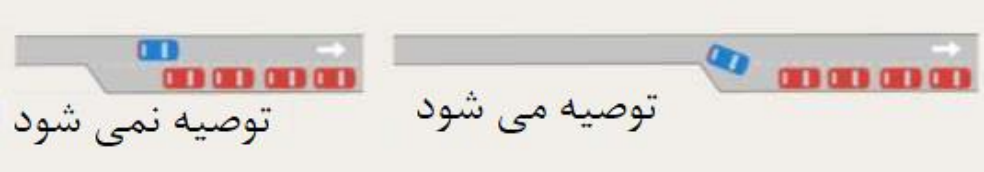
اگر از خط جانبی در رویکرد یک گردش استفاده شده باشد، پارامترهای فاصله‌ی دید به جلو و فاصله‌ی دید به جلوی بحرانی باید بزرگ‌تر از طول خط جانبی باشند، تا صف بتواند از ورودی تقاطع به درون‌خط جانبی ادامه یابد. به‌علاوه، طول خط جانبی نباید از نصف طول کمان بیشتر باشد، تا همان‌طور که در شکل ۸–۱۱ نشان داده شده، وسایل نقلیه بتوانند سرعت خود را برای تغییر خط کاهش دهند. ازآنجاکه وسایل نقلیه تنها در ورودی یک کمان، نیاز به کاهش سرعت را برای تغییر خط بررسی می‌کنند، اگر سرعت آن‌ها بیشتر از سرعت ایمن برای تغییر خط باشد، قادر به تغییر خط نبوده و در نتیجه امکان گردش را از دست می‌دهند. اگر امکان افزایش طول کمان به مقدار کافی وجود نداشته باشد، باید سرعت را در کمان بالادست نیز تنظیم کرد.

شیب‌راهه (رمپ) ورودی یا کاهش تعداد خطوط در محل همگرایی، باید به‌صورت یک کمان همراه با یک خط جانبی در ابتدای آن مدل شوند (شکل ۸–۱۲).

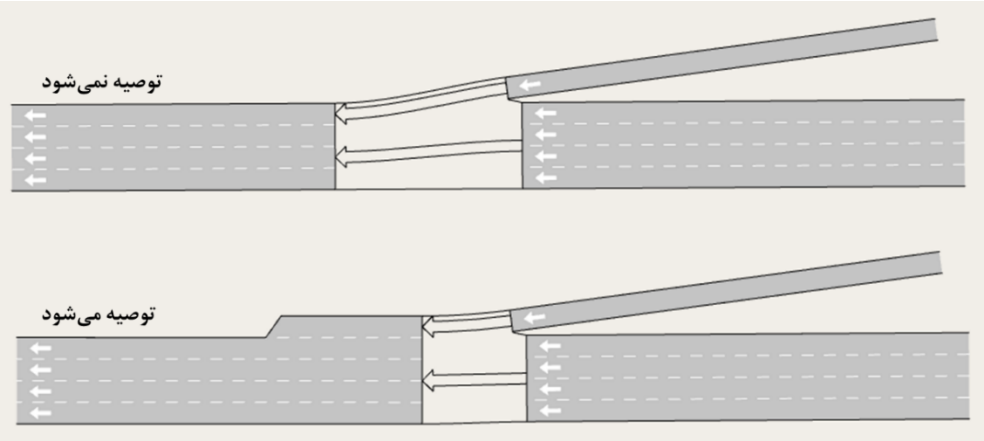
برای همگرایی‌های پیچیده‌تر مانند همگرایی در جزیره‌ی مجازی، نباید از چند کمان استفاده شود، بلکه به‌جای آن باید از خطوط ممتد و اتصال‌دهنده‌ی خطوط استفاده شود (شکل ۸–۱۳).



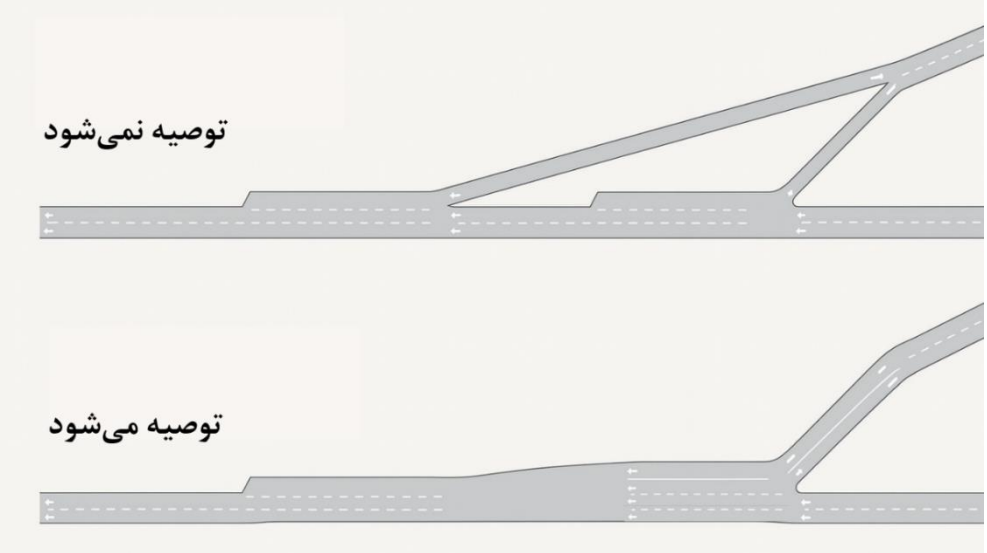
شکل ۸–۱۰- کاربرد خط جانبی برای مدل‌سازی همگرایی



شکل ۸–۱۱- طول خط جانبی. کمان سمت چپ بسیار کوتاه است



شکل ۸–۱۲- کمان شیب‌راهه ورودی با استفاده‌ی درست از خط جانبی



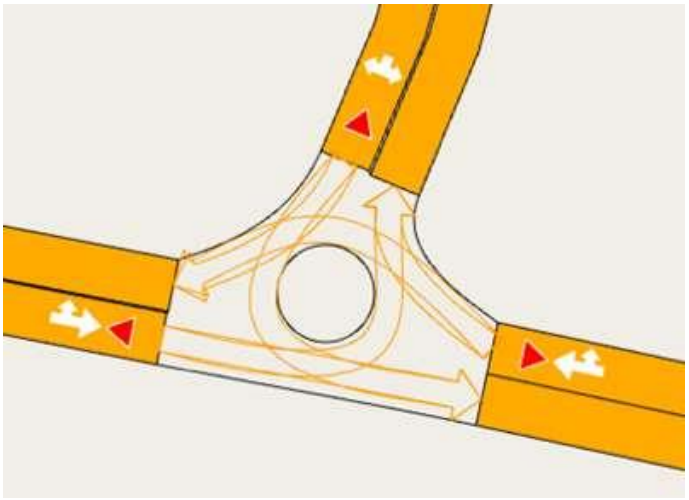
شکل ۸–۱۳- همگرایی پیچیده

۸-۴-۲-۵- هندسه‌ی میدان

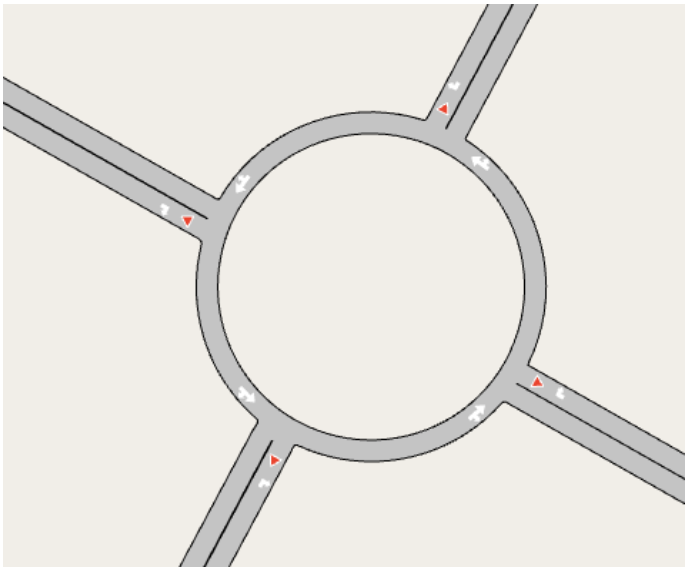
توصیه می‌شود انواع مختلف میدان، با توجه به توضیحات زیر مدل شوند. این توصیه صرفاً برای میدان‌های حق‌تقدمی است، نه برای میدان‌های چراغ‌دار.

میدان کوچک را باید به‌عنوان یک گره (شکل ۸–۱۴) مدل کرد که همه گردش‌های آن به‌صورت راه‌دادن در نظر گرفته شده است. برای اطمینان از راه‌دادن به جریان تردد از سمت چپ، از پارامترهای راه‌دادن در زبانه‌ی «راه‌دادن» از «مشخصات گره» استفاده کنید.

یک میدان تک‌خطه را می‌توان با استفاده از ابزار میدان در ایمسان مدل کرد (شکل ۸–۱۵). این ابزار به‌صورت خودکار گره‌ها و کمان‌ها را با طرح دایره ایجاد کرده و همه کمان‌های انتخاب‌شده را به هم متصل می‌کند. سپس می‌توان جزییات آن را اصلاح کرد.



شکل ۸–۱۴- میدان کوچکی که به‌صورت یک گره مدل شده



شکل ۸–۱۵- میدان تک‌خطه که با استفاده از ابزار میدان ایجاد شده

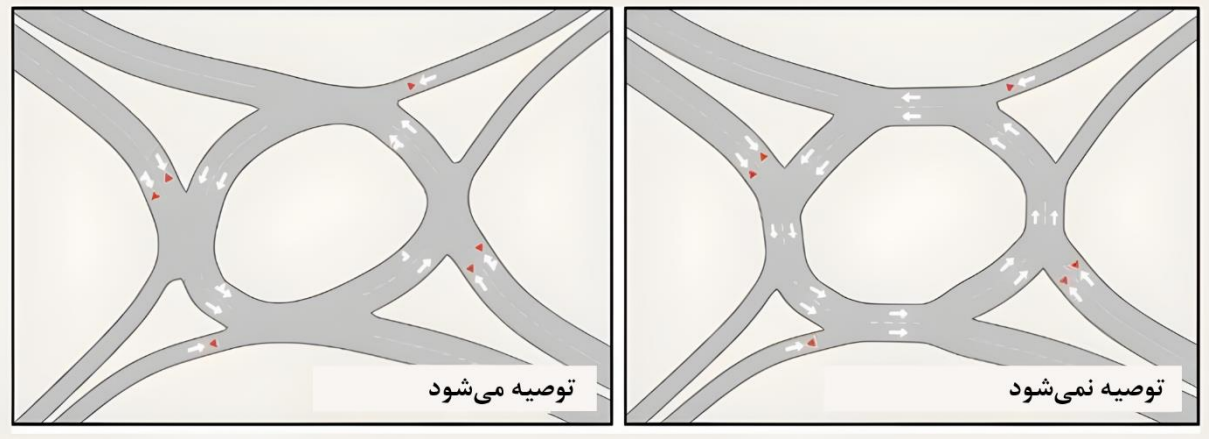
یک میدان حق‌تقدمی که بیش از یک خط گردشی دارد، باید به‌صورت مجموعه‌ای از تقاطع‌های حق تقدمی مدل شود. همان‌طور که در شکل ۸–۱۶ نشان داده شده، برای اطمینان از تخصیص درست خطوط از همه ورودی‌ها به همه خروجی‌ها، می‌توان از یک کمان بین بازی ورودی و خروجی همان رویکرد، و یک گره بین هر بازوی میدان استفاده کرد.

برای اطمینان از تخصیص مناسب خطوط، هر مسیری که طی‌کردن آن از طریق میدان ممکن است باید بررسی شود. اگر میدان دارای سه خط گردشی است، برای اطمینان از اتصال درست خطوط به هم می‌توان از «ویرایشگر پیشرفته گره[۱]» استفاده کرد.

برای اطمینان از ورود وسایل نقلیه به خط درست در میدان، فاصله‌ی دید به جلوی بحرانی دست‌کم باید برابر با محیط

[۱] Advanced Node Editor

میدان به‌علاوه‌ی فاصله دید برای راه‌دادن[۱] باشد. فاصله‌ی دید به جلو، باید بزرگ‌تر از این مقدار تعیین شود.



شکل ۸-۱۶- روش ساخت یک میدان چندخطه

۸-۴-۲-۶- حمل‌ونقل همگانی

سطح دقت مورد نیاز برای مدل‌سازی حمل‌ونقل همگانی تابع اهداف مطالعه است که در مرحله اول فرایند ارزیابی تعریف می‌شود. اگر هدف، ارزیابی زمان سفر/پای‌بندی به برنامه و آثار اولویت‌دهی اتوبوس است، باید خطوط، ایستگاه‌ها، خطوط ویژه و تنظیمات چراغ راهنمایی با جزئیات کامل مدل شوند. اجزای زیر باید در مدل پیاده‌سازی و توسط کارفرما تائید شوند:

- ایستگاه
  - موقعیت: ایستگاه‌ها باید دقیقاً در موقعیت جغرافیایی صحیح خود بر روی کمان شبکه مدل‌سازی شوند. هر کمان می‌تواند چند ایستگاه داشته باشد، اما هر خط حمل‌ونقل همگانی در یک کمان تنها می‌تواند از یک ایستگاه استفاده کند.
  - پایانه‌ها: برای مدل‌سازی پایانه‌ها یا نقاط تبادل سفر که مسافران بین خطوط مختلف جابجا می‌شوند، چند ایستگاه نزدیک به هم را می‌توان در قالب یک مجموعه ایستگاهی[۲] گروه‌بندی کرد.
  - ابعاد و ظرفیت: طول ایستگاه تعیین می‌کند چند وسیله نقلیه می‌توانند هم‌زمان توقف کنند.
  - فاصله دید: فاصله‌ای که خودروهای دیگر ایستگاه را تشخیص داده و بتوانند برای تغییر خط آماده شوند.
  - زمان مسافران: زمان لازم برای پیاده و سوارشدن مسافر
- خط
  - مسیر دقیق خط[۳]: تعریف توالی دقیق مقاطعی که وسیله نقلیه همگانی طی می‌کند.

---

[۱] Visibility to Give way

[۲] Transit Station

[۳] Route

- برنامه زمان‌بندی: شامل زمان اولین و آخرین اعزام و سرفاصله اعزام به همراه انحرافات آماری آن برای شبیه‌سازی واقع‌گرایانه.
- نوع وسیله نقلیه: انتخاب نوع ناوگان (اتوبوس، تراموا، مترو) و ویژگی‌های حرکت آن.
- پارامترهای هزینه و ازدحام: هزینه سوارشدن و هزینه بر اساس مسافت طی‌شده.
- برنامه اعزام[۱]: زمان اولین و آخرین سرویس و مدت‌زمانی که برنامه فعال است.
- زمان توقف در ایستگاه: میانگین و انحراف معیار زمان توقف در ایستگاه‌ها برای بازنمایی واقعیت.
- اختلاف‌زمان حرکت[۲]: برای جلوگیری از حرکت زودتر از موعد وسیله نقلیه در ایستگاه‌های میانی استفاده می‌شود.

- برنامه حمل‌ونقل[۳]
  - برنامه حمل‌ونقل: مجموعه‌ای از خطوط و زمان‌بندی‌ها که در یک گزینه استفاده می‌شوند.
  - برنامه زمان‌بندی گرافیکی: ابزاری برای مقایسه برنامه نظری[۴] و عملکرد واقعی در شبیه‌سازی که کمک می‌کند تأخیرها و گلوگاه‌ها شناسایی شوند.
  - اتصال به گزینه: برای اجرای شبیه‌سازی باید برنامه حمل‌ونقل به گزینه مربوط اختصاص داده شود، در غیر این صورت وسیله نقلیه عمومی حرکت نخواهد کرد.
- زیرساخت‌های اختصاصی
  - خطوط ویژه: تعریف خطوط ویژه، ساعات عملکرد و انواع وسایل نقلیه مجاز به تردد در آن‌ها.

۸-۴-۲-۷- رفتار رانندگی

پارامترهای رفتار وسیله‌ی نقلیه در نرم‌افزار ایمسان، بر موارد زیر تأثیر می‌گذارند:

- همه وسایل نقلیه در همه موقعیت‌ها: این موارد در قسمت «آزمایش‌ها» تعیین می‌شوند
- زیرمجموعه‌ای از وسایل نقلیه در همه موقعیت‌ها: این موارد در قسمت «انواع وسایل نقلیه» تعیین می‌شوند
- همه وسایل نقلیه در زیرمجموعه‌ای از موقعیت‌ها: این موارد در قسمت «نوع معبر» تعیین می‌شوند
- همه وسایل نقلیه در موقعیت‌های معین: این موارد در یک کمان یا یک گردش تعیین می‌شوند (جایگزین مقادیر مشخص‌شده در قسمت «نوع معبر» می‌شوند)

پارامترهای مندرج در قسمت‌های آزمایش‌ها، نوع معبر و انواع وسایل نقلیه باید در ابتدای ساخت مدل تعیین شوند. در

---

[۱] Schedules

[۲] Offsets

[۳] Transit Plan

[۴] Free Flow

صورت لزوم می‌توان در آینده انواع جدیدی نیز اضافه کرد. پارامترهای کمان و گردش را می‌توان در هنگام پرداخت مدل پایه به‌صورت موضعی تنظیم کرد. پس از پرداخت مدل، تغییر در هر یک از پارامترها به نامعتبر شدن نتایج منجر می‌شود.

توصیه می‌شود در هنگام ساخت مدل، به‌جای تعریف موضعی پارامترهای کمان و گردش، این پارامترها از قسمت انواع معابر استخراج شوند. این پارامترها تنها در حین فرایند پرداخت قابل‌تغییر هستند. اگر پارامتری باید در چند موقعیت تغییر کند، بهتر است به‌جای تغییر موضعی پارامترها در آن چند موقعیت‌ها، معبر جدیدی در قسمت انواع معبر تعریف شود. تعداد رفتارهای رانندگی مورد استفاده باید کمینه باشد.

۸-۴-۳- داده‌های تردد

در این بخش اطلاعاتی در خصوص چگونگی مدل‌سازی تردد در نرم‌افزار ویسیم، شامل تعریف ویژگی‌های وسایل نقلیه و تعریف تعداد و ترکیب آن‌ها در ورودی مدل، نحوه مدل‌سازی حمل‌ونقل همگانی، دوچرخه و پیاده ارائه خواهد شد.

۸-۴-۳-۱- انواع وسایل نقلیه و طبقه‌بندی آن‌ها

پارامتر انواع وسایل نقلیه برای تعریف تفاوت مشخصات فیزیکی و رفتار وسایل نقلیه به کار می‌رود (بخش ۱۱-۲-۷-). این پارامتر، دسترسی به خطوط ویژه، مانند خط ویژه اتوبوس را نیز تعریف می‌کند. گروهی از انواع وسایل نقلیه بر اساس امکان استفاده از خطوط ویژه طبقه‌بندی می‌شوند.

۸-۴-۳-۲- ورود وسایل نقلیه به شبکه

مدت‌زمانی که طول می‌کشد تا پس از رسیدن اولین وسیله‌ی نقلیه، دومین وسیله‌ی نقلیه نیز به نقاط ورودی شبکه برسد، به پارامتر نیمرخ رسیدن[۱] بستگی دارد. نیمرخ رسیدن در قسمت آزمایش‌ها تعیین شده، اما ممکن است برای یک مرکز ناحیه درصورتی‌که از روش تقاضای تردد مبدأ-مقصد استفاده شده، یا یک کمان درصورتی‌که از روش وضعیت تردد[۲] استفاده شده (بخش ۸-۴-۴-)، با مقدار موردنظر جایگزین شود. همان‌طور که در شکل ۸–۱۷ نشان داده شده، گزینه‌های مختلفی برای تعریف نیمرخ رسیدن وجود دارد:

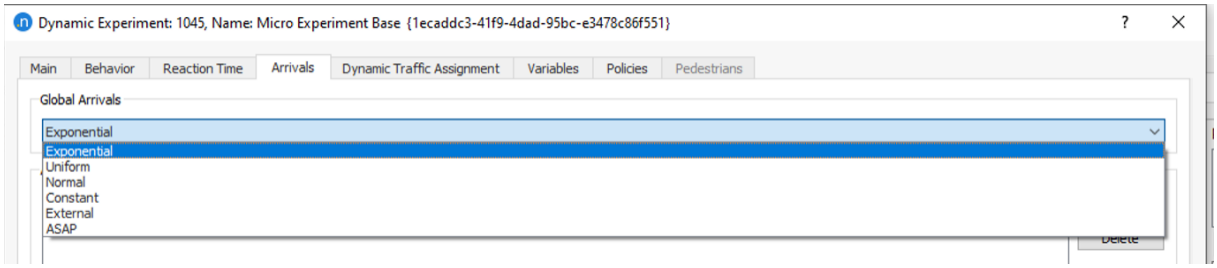
- توزیع نمایی؛ گزینه‌ی پیش‌فرض
- توزیع نرمال
- توزیع یکنواخت
- ثابت، رسیدن در فاصله‌های زمانی ثابت
- در اولین فرصت ممکن (ASAP)، یعنی هر وقت فضای کافی در کمان پذیرنده موجود بود.

---

[۱] Arrival Profile

[۲] Traffic States

گزینه‌ی پیش‌فرض برای شبیه‌سازی شرایط عادی تردد، توزیع نمایی است (مگر اینکه داده‌های گردآوری‌شده خلاف آن را نشان دهد). حالت ثابت برای ورود تردد کنترل‌شده از یک دروازه (یا هر مانع دیگر) به کار می‌رود. حالت ASAP برای شبیه‌سازی تقاضای سنگین مانند خروجی یک پارکینگ پس از یک رویداد مناسب است. اگر الگوریتم رسیدن نسبت به گزینه‌ی پیش‌فرض (توزیع نمایی) تغییر کند، باید در گزارش پروژه بیان شود.



شکل ۸–۱۷- گزینه‌های نیمرخ رسیدن

۸-۴-۳-۳- تقاضای گرم‌کردن

برای بازنمایی واقع‌بینانه‌ی شروع ازدحام وسایل نقلیه پیش از آغاز اندازه‌گیری در نظر گرفتن یک بازه‌ی زمانی گرم‌کردن لازم است. تقاضای ترافیکی باید به‌صورت نیمرخ تعریف شده و برای هر وسیله‌ی نقلیه از چند آیتم تقاضا استفاده شود تا بارگذاری ترافیک شبکه در زمان‌های مختلف متغیر بوده و از مشخصه‌های شرایط پیش از اوج، اوج و پس از اوج پیروی کند. بارگذاری یک تقاضای ثابت متشکل از یک حالت ترافیکی یا ماتریس OD برای هر وسیله‌ی نقلیه توانایی بازنمایی پویایی ایجاد صف و از بین رفتن آن را مطابق واقعیت موجود نخواهد داشت. در حالت ایده‌آل برای مقایسه با گزینه‌های آتی، در آغاز و پایان شبیه‌سازی هیچ ازدحامی نباید وجود داشته باشد.

بازه‌ی گرم‌کردن را می‌توان با پیش بارگذاری یک حالت اولیه‌ی ذخیره‌شده در شبکه یا اجرای شبیه‌سازی در زمان محدود با تقاضای مختص گرم‌کردن یا تقاضای تحت مطالعه مدل کرد. انتخاب هر یک گزینه‌ها باید در گزارش مدل‌سازی عنوان شود.

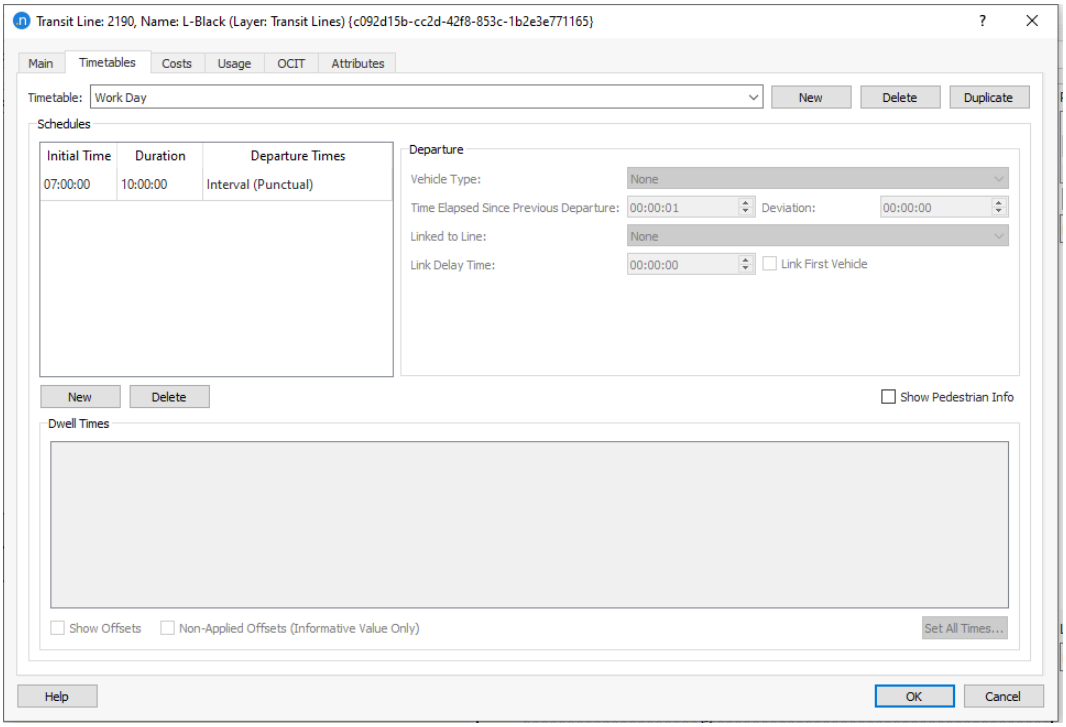
۸-۴-۳-۴- حمل‌ونقل همگانی

خطوط حمل‌ونقل همگانی باید همراه با جدول برنامه زمان‌بندی مدل شوند. اگر از داده‌های سیستم موقعیت‌یاب اتوبوس استفاده می‌شود، باید از داده‌های برنامه‌ریزی شده به‌جای داده‌های واقعی در ساخت مدل استفاده کرد. به‌این‌ترتیب، اختلاف عملکرد واقعی حمل‌ونقل همگانی با داده‌های واقعی برای پرداخت مدل به کار می‌رود، نه اینکه به‌عنوان ورودی مدل در نظر گرفته شده باشد. مسیرهای حمل‌ونقل همگانی را می‌توان بر اساس نقشه‌های GIS یا برداشت میدانی ترسیم کرد. شکل ۸–۱۸ پنجره‌ی ورودی داده‌های «خط حمل‌ونقل همگانی[۱]» را نشان می‌دهد.

زمان اعزام اتوبوس‌ها در روش سرفاصله- مبنا، باید با استفاده از یک اغتشاش تصادفی در بازه زمانی، به‌صورت متغیر

[۱] Public Transport Line

مدل‌سازی شود، تا همه اتوبوس‌های مسیرهای مختلف، هم‌زمان وارد مدل نشوند. اگر پایانه‌های اتوبوسرانی در مدل گنجانده شده باشند، می‌توان از زمان‌بندی شرط نیز استفاده کرد. در این حالت می‌توان به‌گونه‌ای برنامه‌ریزی کرد که یک اتوبوس از پایانه خارج نشود، مگر زمانی که اتوبوس بعدی وارد پایانه شده باشد.



شکل ۸–۱۸- پنجره‌ی برنامه‌ی زمان‌بندی خط حمل‌ونقل همگانی

۸-۴-۳-۵- دوچرخه و موتورسیکلت

ایمسان، یک مدل رفتار جانبی دارد که برای شبیه‌سازی رفتار وسایل نقلیه‌ی دوچرخ با موتوری و غیرموتوری قابل استفاده است. اگرچه این مدل قادر به مدل‌سازی حرکات غیر خط-مبنا است، اما کاربرد اصلی آن ارائه شاخص‌های عملکردی در مقیاس شبکه و خروجی‌های هم‌فزون است، نه اینکه مسیرهای واقعی حرکت وسایل نقلیه در رفتار جانبی را شبیه‌سازی کند. در هنگام تعیین اهداف و خروجی‌های مدل باید به این موضوع توجه شود.

برای استفاده از رفتار غیر خط-مبنا، باید آن را در قسمت‌های آزمایش‌ها، انواع وسایل نقلیه و کمان فعال کرد. از ترکیب این تنظیمات می‌توان برای رسیدن به نتیجه مطلوب در هر محل در مدل استفاده کرد:

- در قسمت آزمایش‌ها، در زبانه‌ی «رفتار»
- در قسمت انواع وسایل نقلیه، در زیر زبانه‌ی «مدل تغییر خط» که در زبانه‌ی «اصلی» زبانه‌ی «مدل خردنگر» قرار دارد.
- در قسمت کمان، در زبانه‌ی مدل‌های پویا

۸-۴-۳-۶- پیاده‌ها

مدل‌سازی پیاده‌ها برای مدل‌سازی عبور پیاده از گذرگاه عرضی بدون چراغ و اندرکنش پیاده با وسایل نقلیه‌ی حمل‌ونقل همگانی الزامی است. تعداد پیاده‌ها باید بر اساس مشاهدات میدانی پرداخت شده و همانند سایر گلوگاه‌های شبکه، شمارش تعداد وسایل نقلیه‌ی عبوری از گذرگاه عرضی نیز به پرداخت مدل کمک می‌کند.

می‌توان پیاده‌ها را مستقیماً در ایمسان شبیه‌سازی کرد، یا برای مدل‌سازی جزئی‌تر پیاده‌ها، از نرم‌افزار لژیون[۱] که همراه ایمسان است، استفاده کرد. می‌توان بدون شبیه‌سازی کامل پیاده، فازهای چراغ راهنمایی پیاده را در تقاطع‌ها شبیه‌سازی کرد که اطلاعات لازم در بخش ۸-۴-۵-۳- ارائه شده است.

۸-۴-۴- انتخاب مسیر

تقاضای تردد را به دو روش می‌توان در نرم‌افزار ایمسان تعریف کرد: ماتریس‌های مبدأ-مقصد یا وضعیت تردد. علاوه بر آن می‌توان از خروجی‌های تخصیص مسیر[۲] بر اساس تخصیص ایستا یا آزمایش‌های تعادل کاربر پویا، به‌عنوان ورودی تعریف انتخاب مسیر استفاده کرد. در ایمسان، تخصیص ایستا به مدل کلان‌نگری گفته می‌شود که به‌جای تک‌تک وسایل نقلیه از جریان‌های هم‌فزون استفاده می‌کند. انتخاب تقاضای تردد و یا طرح تخصیص مسیر، در قسمت گزینه‌ها انجام شده و تنظیمات مربوط به انتخاب مسیر، در زبانه‌ی «تخصیص تردد پویا» در قسمت آزمایش‌ها قرار دارد.

در زبانه‌ی تخصیص تردد پویا، منظور از «بازه زمانی[۳]»، مقداری است که تعیین می‌کند هرچند وقت یک‌بار کوتاه‌ترین مسیر توسط الگوریتم انتخابی محاسبه شود. تعداد بازه زمانی تعیین می‌کند که داده‌های چند بازه زمانی قبلی باید برای محاسبه‌ی جاری مورد استفاده قرار گیرد.

۸-۴-۴-۱- ماتریس‌های مبدأ-مقصد

ماتریس مبدأ-مقصد، تعداد سفرها خروجی از ناحیه‌ی مبدأ و ورودی به ناحیه‌ی مقصد را به تفکیک نوع وسیله‌ی نقلیه و بازه زمانی نشان می‌دهد. برای استفاده از ماتریس مبدأ-مقصد، باید مجموعه مرکز ناحیه‌ها[۴] ساخته شده و به شبکه‌ی معابر متصل شوند تا ساختار (تعداد سطرها و ستون‌های) ماتریس مبدأ-مقصد ایجاد شود. اگر مطالعه نیازمند استفاده از سیستم‌های ناحیه‌بندی متفاوت برای اجزای مختلف تردد (مانند خودرو و پیاده) باشد، می‌توان در ایمسان از چند مجموعه مرکز ناحیه (پیکربندی مرکز ناحیه‌ها) استفاده کرد.

مرکز ناحیه‌ها را می‌توان با استفاده از چند اتصال‌دهنده به بیش از یک کمان متصل کرد. اما اگر اطلاعات همه موقعیت‌ها موجود باشد، بهتر است از این کار پرهیز کرد. به‌طور پیش‌فرض، «اتصال‌دهنده‌ها» از مدل جاذبه برای تخصیص بهترین

---

[۱] LEGION

[۲] Path Assignment

[۳] Interval

[۴] Centroids

اتصال‌دهنده به هر وسیله‌ی نقلیه استفاده بر اساس مشخصات سفر آن وسیله استفاده می‌کند. اگر از چند اتصال‌دهنده استفاده شده باشد، نباید آن‌ها را به یک کمان یا یک گره متصل کرد. تعیین درصد وسیله‌ی نقلیه استفاده کننده از هر اتصال‌دهنده نیز مجاز نیست. اگر راه‌حل پیش‌فرض، تقسیم مسیر مناسبی نداشته باشد، باید مرکز ناحیه‌ها را تقسیم کرده و به‌تناسب آن تقاضا را نیز اصلاح کرد.

مشخصات «پیکربندی مرکز ناحیه‌ها» و «ماتریس مبدأ-مقصد» در قسمت داده‌های تقاضای کمان در پروژه قرار دارند. «اجزای» تقاضای تردد برای اعمال ماتریس‌های مختلف به بازه‌های زمانی مختلف در مدل به کار می‌روند.

۸-۴-۴-۲- وضعیت تردد

وضعیت تردد، جریان ورودی وسایل نقلیه را در کمان‌ها و نسبت گردش‌ها را در گره‌ها به تفکیک نوع وسیله‌ی نقلیه و بازه‌ی زمانی تعریف می‌کند. سپس ایمسان وسایل نقلیه را با رعایت نسبت گردش در آن تقاطع و مستقل از مسیر و مقصد، به یک گردش تخصیص می‌دهد. اگر شبکه در شرایط اشباع بالا باشد، استفاده وضعیت تردد برای وارد کردن تقاضای تردد برای تخصیص ایستا یا تخصیص تعادل کاربر پویا در آزمایش‌ها توصیه نمی‌شود، زیرا همگرا شدن مدل را دشوار می‌کند. به‌علاوه، گردآوری داده‌های زمان سفر دشوار است، زیرا ممکن است وسایل نقلیه سفر خود را در کمان متناظر زمان سفر، به اتمام نرسانند. بنابراین وضعیت تردد تنها در صورتی قابل‌قبول است که نیازی به مدل‌سازی و استفاده از نتایج انتخاب مسیر و زمان سفر وجود نداشته باشد. روش وضعیت تردد، برای تقاطع/مسیرهای موضعی یا زمانی که فقط بازتوزیع جریان‌ها مهم باشد، مناسب است.

وضعیت تردد در قسمت «داده‌های تقاضا» در پروژه قرار دارد. می‌توان از اجزای تقاضای تردد برای اعمال وضعیت‌های تردد مختلف در بازه‌های زمانی مختلف مدل استفاده کرد. مواردی که باید بررسی و کنترل شود:

- جریان ورودی: حجم تردد به تفکیک نوع وسیله نقلیه در تمامی مقاطع ورودی به شبکه
- نسبت گردش‌ها: درصد وسایل نقلیه (به تفکیک نوع) که در هر تقاطع به مسیرهای مختلف گردش می‌کنند. باید با استفاده از گزینه «نمایش تعریف‌های نادرست[۱]» در ایمسان، اطمینان حاصل شود که مجموع نسبت گردش‌ها در هر تقاطع دقیقاً برابر ٪۱۰۰ است.

۸-۴-۴-۳- روش انتخاب مسیر

اگر تقاضای تردد به کمک ماتریس‌های مبدأ-مقصد وارد مدل شده و مسیرهای جایگزین در شبکه وجود داشته باشد، روش مورد استفاده برای انتخاب مسیر نقش مهمی در اعتبارسنجی مدل ایفا می‌کند. اگر مسیرهای جایگزین وجود داشته باشد، باید به‌دقت مزایای آن‌ها در مقایسه با افزایش پیچیدگی پرداخت مدل پایه و ارزیابی گزینه‌ها/طرح‌های پیشنهادی بررسی شود.

---

[۱] Highlight Incorrect Definitions

استفاده از انتخاب مسیر پویا در شبکه‌های کوچک، توصیه نمی‌شود، مگر این‌که مسیرهای ثابت نتوانند به‌درستی وضعیت را نشان دهند. در صورت استفاده از انتخاب مسیر پویا، باید جزییات و روش مورد استفاده در گزارش درج شده و تائید کارفرما اخذ شود. انتخاب مسیر وسایل نقلیه در ایمسان به روش‌های زیر قابل انجام است:

- کوتاه‌ترین مسیر در شبکه
- مسیری که از روش انتخاب مسیر تصادفی[۱] به‌دست‌آمده
- مسیر مبدأ-مقصد توسط مدل‌ساز معین شده
- مسیری که آزمایش تخصیص ایستا در مدل اعتبارسنجی شده‌ی قبلی به‌دست‌آمده
- مسیری که از تعادل پویا کاربر در مدل اعتبارسنجی شده‌ی قبلی به‌دست‌آمده
- ترکیبی از گزینه‌های بالا

انتخاب الگوریتم انتخاب مسیر و تعیین نیاز به محاسبه یا استفاده‌ی دوباره از فایل‌های ورودی مسیر، به کاربرد مدل، تعداد مسیرهای جایگزین موجود در محدوده مورد مطالعه، و رفتار میدانی وسایل نقلیه بستگی دارد. راهنمای شرایط استفاده از هر کدام از این گزینه‌ها در جدول ۸–۱ ارائه شده که در استفاده از آن باید به نکات زیر نیز توجه شود:

- در روش انتخاب مسیر تصادفی، به‌جز موارد محدودی که در جدول ۸–۱ به آن‌ها اشاره شده، استفاده از مدل لوجیت توصیه می‌شود. اگر هم‌پوشانی مسیرها زیاد و تفاوت میان آن‌ها کم باشد، باید از مدل سی-لوجیت[۲] استفاده شود. از پارامترهای لوجیت، برای پرداخت مدل انتخاب مسیر استفاده می‌شود. مدل انتخاب مسیر تصادفی و پارامترهای آن در قسمت «انتخاب مسیر تصادفی» از زبانه‌ی «تخصیص تردد پویا» در تنظیمات «آزمایش‌ها» قرار دارد.
- اگر مسیرها از یک تخصیص دیگر، مثلاً یک تخصیص ایستا، مورد استفاده قرار گرفته (مثلاً اگر «طرح تخصیص مسیر» در «گزینه» تعریف شده باشد)، این تخصیص باید برای سال پایه‌ی مدل‌سازی، پرداخت و اعتبارسنجی شود. این تخصیص یک فایل apa.* ایجاد می‌کند که به‌عنوان ورودی «اجزای تخصیص مسیر» مورد استفاده قرار می‌گیرد. طرح تخصیص مسیر، یک تخصیص مسیر را برای هر بازه‌ی زمانی مدل تعیین کرده و می‌تواند برای ترکیب چند تخصیص مسیر به کار رود.
- درصدهایی که نسبت وسایل نقلیه را در روش‌های مختلف انتخاب مسیر مشخص می‌کنند، در قسمت «مسیرهای ثابت» در زبانه‌ی «تخصیص تردد پویا» در تنظیمات «آزمایش‌ها» قرار دارد. ستون‌ها تجمیعی هستند، یعنی ستون خودروهایی که از مسیرهای مبدأ-مقصد پیروی می‌کنند، بر همه وسایل نقلیه اعمال شده، و ستون تخصیص

---

[۱] Stochastic Route Choice

[۲] C-Logit

خودروهایی که از مسیرهای تخصیص ورودی پیروی می‌کنند[۱]، بر درصد باقی‌مانده اعمال خواهد شد. اگر مقدار ستون آخر ٪۱۰۰ نباشد، باقی‌مانده‌ی وسایل نقلیه از مسیری پیروی می‌کنند که مدل انتخاب مسیر مشخص کرده باشد.

- معمولاً یک مسیر به هر وسیله‌ی نقلیه تخصیص‌داده‌شده و تا پایان سفر آن ثابت باقی می‌ماند. بااین‌حال، گزینه‌ای وجود دارد که نسبت وسایل نقلیه‌ای که می‌توانند مسیر خود را در بدو ورود به شبکه یا حین سفر به‌روزرسانی کنند، تعریف می‌کند. این امر با انتخاب «گزینه‌ی به‌روزرسانی مسیر در طول مسیر[۲]» در تنظیمات «انتخاب مسیر تصادفی» فعال شده و در زبانه‌ی مربوط می‌توان درصد آن را مشخص کرد.

جدول ۸-۱- راهنمای تعیین روش انتخاب مسیر در ایمسان

نوع مدل	انتخاب مسیر
یک تقاطع یا کریدور با انتخاب مسیر محدود. نیازی به‌اندازه‌گیری زمان سفر یا ارزیابی تغییرات مسیر در اثر توسعه‌های آتی وجود ندارد.	از تقاضای تردد بر اساس وضعیت تردد استفاده شود.
یک تقاطع یا کریدور بدون انتخاب مسیر.	از انتخاب مسیر تصادفی به‌صورتی که مدل در حالت «ثابت با استفاده از زمان سفر محاسبه‌شده در شرایط جریان آزاد»۳ اجرا شود، استفاده شود.
انتخاب مسیر در مدل موجود بوده و ازدحام بر زمان سفر اثرگذار است.	از انتخاب مسیر تصادفی به‌صورتی که مدل در حالت «ثابت با استفاده از زمان سفر محاسبه‌شده در پایان دوره گرم کردن» اجرا شود، استفاده شود.
انتخاب مسیر پیچیده‌ای در مدل موجود بوده و ازدحام همواره وجود دارد.	از انتخاب مسیر تصادفی به‌صورتی که مدل در یک بازه‌ی زمانی برابر با کل دوره‌ی مدل‌سازی اجرا بوده، و فقط یک مجموعه از سفرها محاسبه شود، استفاده شود.
انتخاب مسیر موجود بوده، ولی مشاهده شده که برخی رانندگان از مسیرهایی استفاده می‌کنند که با مسیر ایستای اولیه متفاوت است.	یکی از روش‌های بالا برای انتخاب مسیر تصادفی استفاده شود و در صورت لزوم، مسیرهای مبدأ-مقصد تعریف‌شده توسط کاربر به مدل اضافه شده و نسبت وسایل نقلیه در سفرهای موردنظر به این مسیرها تخصیص داده شود.
انتخاب مسیر در مدل موجود بوده و ازدحام در طول دوره زمانی مدل متفاوت است.	از انتخاب مسیر تصادفی با بازه زمانی کوتاه‌تر، مثلاً ۱۵ دقیقه‌ای استفاده شود.
انتخاب مسیر در یک مدل بزرگ موجود بوده و در آن ازدحام قابل پیش‌بینی اما دائمی وجود دارد، به‌طوری‌که رانندگان پیش از وقوع ازدحام و برای پرهیز از آن، مسیر دیگری را انتخاب می‌کنند.	از مسیرهایی که از تخصیص ایستا یا انتخاب مسیر تعادل کاربر پویا/ تخصیص مسیر با یک بازه‌ی زمانی به دست می‌آید، استفاده شود.
انتخاب مسیر در یک مدل بزرگ موجود بوده و در آن ازدحام قابل پیش‌بینی اما متغیری وجود دارد، به‌طوری‌که رانندگان پیش از وقوع ازدحام و برای پرهیز از آن، مسیر دیگری را انتخاب می‌کنند.	از تعادل کاربر پویا با بازه زمانی کوتاه‌تر استفاده شود. از تقاضای متغیر در ماتریس مبدأ-مقصد برای مدل‌سازی تغییرات تقاضا در بازه‌های زمانی مختلف استفاده شود.
انتخاب مسیر در مدل موجود است. برخی رانندگان ازدحام مطلع و برخی بی‌اطلاع هستند.	یک فایل مسیر با استفاده از یک آزمایش تعادل کاربر پویا یا یک تخصیص ایستا بسازید. یک شبیه‌سازی اجرا کنید که در آن درصدی از رانندگان که به اطلاعات

[۱] Following Input Path Assignment

[۲] En-Route Path Update

[۳] Fixed Using Travel Times Calculated under Free-Flow Conditions

نوع مدل	انتخاب مسیر
	زمان سفر پویا دسترسی ندارند از مسیرهای این فایل و سایر رانندگان از مسیرهای ایجاد شده توسط انتخاب مسیر تصادفی استفاده کنند.
انتخاب مسیر در مدل موجود است، ازدحام وجود دارد، شرایط تکرار شونده مدل شده است، شناسایی رفتار انتخاب مسیر رانندگانی که به اطلاعات زمان سفر پیش از آغاز سفر یا در حین آن آگاهی دارند، ضروری است.	یک فایل مسیر با استفاده از یک آزمایش تعادل کاربر پویا یا یک تخصیص ایستا بسازید. یک شبیه‌سازی اجرا کنید که در آن درصدی از رانندگان که به اطلاعات زمان سفر پویا دسترسی ندارند از مسیرهای این فایل، رانندگانی که پیش از آغاز سفر به اطلاعات دسترسی داشته‌اند از مسیرهای ایجاد شده توسط انتخاب مسیر تصادفی، و رانندگانی که در حین سفر به اطلاعات دسترسی داشته‌اند، به‌روزرسانی مسیر در طول مسیر دریافت کنند.
انتخاب مسیر در مدل موجود است، ازدحام وجود دارد، شرایط غیر تکرار شونده مدل شده است (مثلاً تصادف یا عملیات عمرانی).	یک فایل مسیر با استفاده از یک آزمایش تعادل کاربر پویا یا یک تخصیص ایستا بسازید که شرایط تکرارشونده را شبیه‌سازی کند (مثلاً نبود تصادف یا عملیات عمرانی). یک شبیه‌سازی را اجرا کنید که در آن درصدی از رانندگان که به اطلاعات زمان سفر پویا دسترسی ندارند از مسیرهای این فایل استفاده کنند، رانندگانی که پیش از آغاز سفر به اطلاعات دسترسی داشته‌اند از مسیرهای ایجاد شده توسط انتخاب مسیر تصادفی، و رانندگانی که در حین سفر به اطلاعات دسترسی داشته‌اند به‌روزرسانی مسیر در طول مسیر دریافت کنند. از مدیریت تردد برای انحراف وسایل نقلیه از مسیر خود استفاده کنید (به دلیل دیدن یک تابلوی پیام متغیر یا هر پیام‌رسان دیگر).

۸-۴-۵- کنترل چراغ‌های راهنمایی

ایمسان روش‌های مختلفی برای در نظر گرفتن انواع چراغ‌های راهنمایی دارد. انتخاب هر یک از این روش‌ها به خروجی‌های موردنظر و پیچیدگی پروژه بستگی دارد.

۸-۴-۵-۱- نوع کنترل

نوع کنترل با چراغ راهنمایی باید بر اساس هدف مدل‌سازی انتخاب شده و در گزارش درج شود. برخی تعاریف مورد استفاده در ایمسان، در جدول ۸–۲ ارائه شده است. گزینه‌های موجود برای کنترل چراغ‌های راهنمایی عبارتند از:

- کنترل‌نشده: گره به‌وسیله‌ی علائم ایست و حق تقدم مدیریت می‌شود. در گره چراغ‌راهنمایی وجود ندارد.
- ثابت: گره توسط چراغ راهنمایی با زمان‌بندی ثابت کنترل می‌شود. این زمان‌بندی ممکن است از مدل‌های قطعی استخراج شده باشد یا میانگین زمان‌بندی سیستم کنترل مرکز پایش تردد باشد.
- هوشمند (القایی): فازهای چراغ راهنمایی با عبور وسایل نقلیه از حلقه‌های شناساگر فراخوانی می‌شود. از چراغ راهنمایی هوشمند باید در صورت نیاز به فازهای وابسته به تقاضا استفاده شود.
- خارجی: سیاست کنترل خارجی با استفاده از افزونه‌ی رابط API در ایمسان اجرا می‌شود.
- نامشخص: گره بدون اطلاعات طرح کنترل تعریف‌شده. از این نوع، هنگام کار با ناحیه‌های مختلف به کار می‌رود تا شبیه‌ساز بداند که طرح کنترل در ناحیه‌ی قبلی هنوز در حال استفاده است.

- مدیریت شیب‌راهه ورودی[1]: در یک گره می‌توان از مدیریت برای ایجاد نظم در جریان تردد استفاده کرد، مثلاً شیب‌راهه ورودی یک آزادراه.

۸-۴-۵-۲- فازهای وابسته به تقاضا

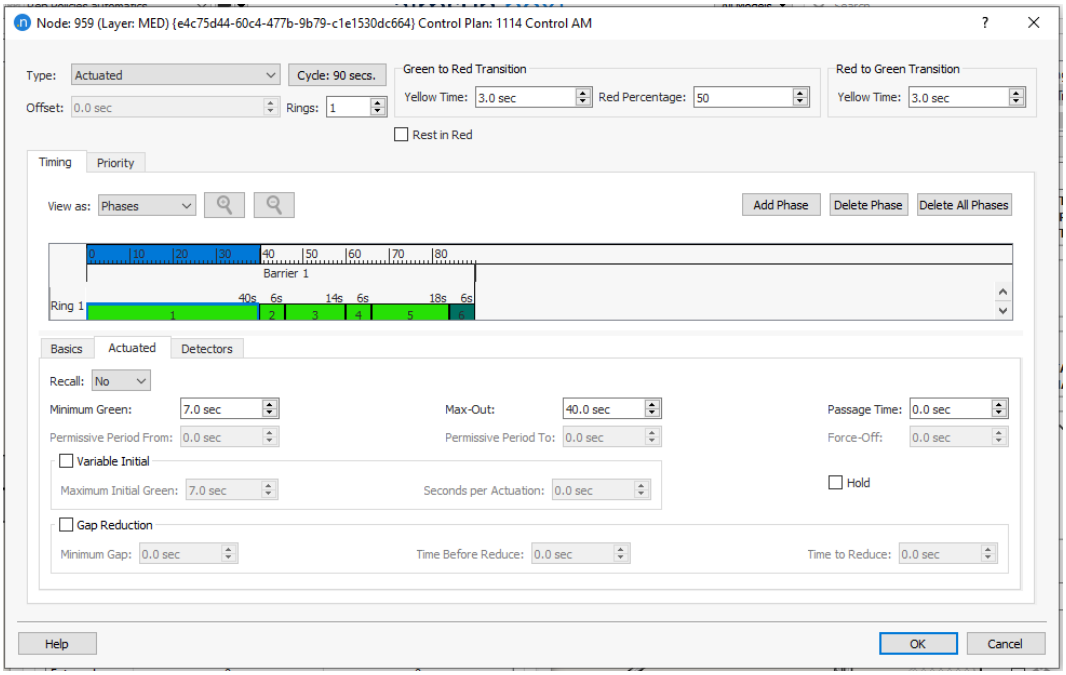
اگر مدل شامل فازهای وابسته به تقاضا باشد، باید از انطباق حجم گردش‌ها با مشاهدات میدانی اطمینان حاصل شود، زیرا این پارامتر نه‌تنها بر حجم آن کمان، بلکه بر زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی مؤثر است. وابستگی به تقاضای مدل‌شده باید با داده‌های تواتر فازهای وابسته به تقاضا مقایسه شده تا درصد وابستگی به تقاضا (بخش ۳-۹-۵-) پرداخت شود. بازه‌های زمانی گرم‌کردن و سرد شدن باید از گردآوری داده‌ها مستثنی شوند.

اگر چراغ راهنمایی هوشمند یا اولویت عبور حمل‌ونقل همگانی را نتوان با گزینه‌ی چراغ‌های راهنمایی هوشمند ایمسان مدل کرد، باید از «رابط برنامه‌نویسی کاربردی» برای برنامه‌نویسی و شبیه‌سازی آن استفاده شود. در شکل ۸–۱۹ پنجره‌ی ورود داده‌ها برای یک گره‌ی هوشمند (القایی) نشان داده شده است.

جدول ۸–۲- واژگان مورد استفاده در ایمسان برای چراغ‌های راهنمایی

واژه در ایمسان	تعریف
گروه چراغ (Signal Group)	مجموعه‌ای از حرکات گردشی که توسط یک چراغ کنترل می‌شوند.
فاز (Phase)	یک دوره‌ی زمانی که در آن وضعیت همه گروه‌های چراغ در یک گره یکسان است.
اختلاف فاز (Offset)	تفاوت زمان اعمال‌شده به چرخه‌ی گره در آغاز طرح کنترل
طول چرخه (Cycle time)	دوره‌ی زمانی موردنیاز برای اتمام همه فازها
زمان چراغ زرد برای تبدیل سبز به قرمز (Green to red: Yellow time)	زمان زرد
زمان چراغ زرد برای تبدیل قرمز به سبز (Red to green: Yellow time)	زمان قرمز و زرد هم‌زمان
درصد قرمز (٪) (Red percentage)	درصد زمان زرد بین چراغ سبز و قرمز که رانندگان آن را قرمز تلقی می‌کنند و به رفتار رانندگان بستگی دارد.
سبز چشمک‌زن (Flashing Green)	فقط جنبه نمایشی دارد. به این معنی که گروه چراغ به‌جای سبز، سبز چشمک‌زن نشان می‌دهد.
بین فاز (Interphase)	زمان تخلیه‌ی ثابت (تمام قرمز) بین دو فاز چراغ‌راهنمایی.

[1] Ramp metering



شکل ۸–۱۹- کنترل هوشمند چراغ‌های راهنمایی

۸-۴-۵-۳- فاز پیاده‌ها

اگر مدل‌سازی پیاده به‌طور مستقیم مدنظر نباشد و فقط بررسی فازهای حرکت پیاده موردنظر باشد، سه گزینه وجود خواهد داشت:

- مجموعه‌ای از گذرگاه‌های پیاده در تقاطع با استفاده از «ویرایشگر گذرگاه پیاده[۱]» در مدل ترسیم شود. از مرکز ناحیه پیاده، برای تعریف ورودی‌ها/خروجی‌ها و تعریف تعداد پیاده‌ای که قصد گذر از عرض خیابان دارند، استفاده شود. اگر داده‌ای از تعداد پیاده‌ها وجود ندارد، می‌توان برای به دست آوردن نرخ رسیدن پیاده‌ها از تعداد فراخوان‌های فاز در طول یک ساعت، استفاده کرد. گذرگاه عرضی پیاده را می‌توان به یک گروه چراغ راهنمایی اضافه و به‌عنوان یک‌فاز هوشمند مدل کرد. نیازی به شناساگر نیست.
- فازهای ثابت پیاده در هر چرخه چراغ در مدل وارد شود.
- برنامه‌ای در رابط برنامه‌نویسی کاربردی نوشته شود تا فاز پیاده را مطابق واقعیت، فراخوانی کند.

۸-۴-۵-۴- علائم حق تقدم و خطوط ایست

علائم حق تقدم (راه‌دادن) و خطوط ایست تأثیر زیادی بر بازدهی یک تقاطع چراغ‌دار دارند، زیرا قوانین اولویت عبور را بین حرکات تداخلی (مثلاً گردش‌به‌چپ در مقابل جریان مستقیم در جهت متقابل) تعریف می‌کنند و امکان تشکیل صف درون محدودهٔ تقاطع را تعیین می‌کنند. به همین دلیل این علائم، پارامترهای مهمی در پرداخت مدل پایه‌ی ایمسان برای

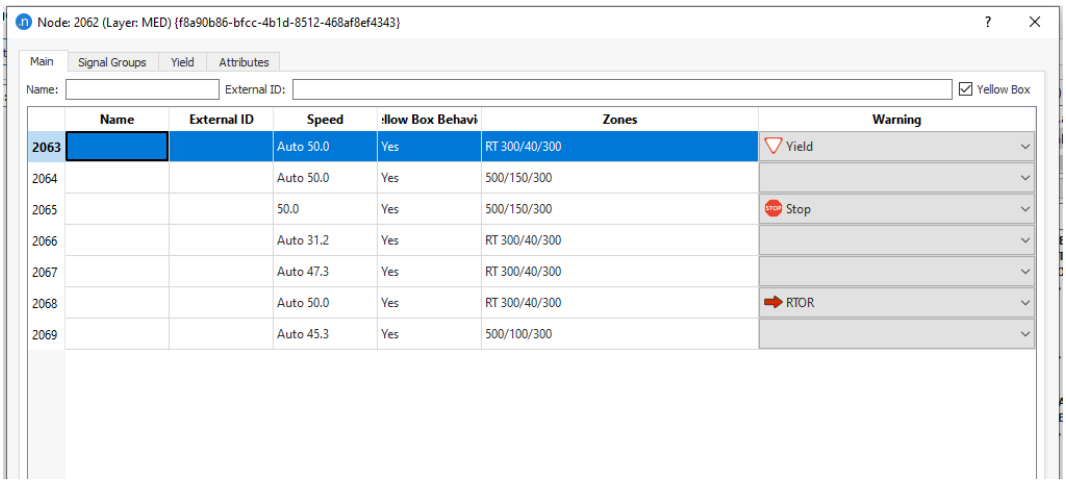
[۱] Pedestrian Crossing Editor

شبیه‌سازی بهتر رفتار میدانی هستند.

از پارامترهای زیر در تقاطع‌های چراغ‌دار برای مدل‌سازی حرکت وسایل نقلیه استفاده می‌شود. برخی از آن‌ها در بخش ۸-۴-۲-۲- شرح داده شده است:

- خطوط مبدأ-مقصد در هر گردش
- فاصله‌ی لازم برای انتخاب خط و تغییر خط در هر گردش
- موقعیت خطوط ایست در انتهای کمان
- حق تقدم تخصیص‌داده‌شده به هر حرکت تداخلی
- اولویت عبور نسبی بین دو حرکت تداخلی
- مسیر حرکت (شکل) هر گردش
- نواحی تداخلی بین گردش‌ها
- خطوط ایست میانی در طول هر گردش
- تقاطع‌های دارای خط‌کشی شطرنجی
- سرعت در خط‌کشی شطرنجی

می‌توان پارامترهای پذیرش فاصله عبور را در گردش‌هایی که دارای حق تقدم هستند، برای تطابق با مشاهدات میدانی تنظیم کرد. در شکل ۸–۲۰ پنجره‌ی ورودی داده‌ها برای تخصیص پارامترهای گردش نشان داده شده است.



شکل ۸–۲۰- تخصیص پارامترهای گردش

۸–۵- اعتبارسنجی مدل پایه

همان‌طور که در فصل ۴- بیان شد، مدل پایه باید به‌درستی شرایط مشاهده‌شده را شبیه‌سازی کند. در ایمسان از

«مجموعه داده‌های واقعی[۱]» برای بارگذاری داده‌های مشاهده‌شده و مقایسه‌ی آن با خروجی‌های نرم‌افزار استفاده می‌شود. اجزای مجموعه داده‌های واقعی باید در فایل مدل ایمسان گنجانده شده و در حین پرداخت برای شناسایی موارد انطباق و موارد عدم انطباق (خطاهای بزرگ) به کار گرفته شود. در این بخش الزامات اعتبارسنجی در نرم‌افزار ایمسان، و در بخش ۸-۷- چگونگی دریافت خروجی از ایمسان برای اثبات انطباق آن با الزامات، بیان خواهد شد.

۸-۵-۱- تصادفی‌بودن

شرایط تردد در نتیجه‌ی رفتارهای تصادفی رانندگان مانند سرعت رانندگی، تغییر خط، انتخاب مسیر، زمان توقف اتوبوس در ایستگاه و زمان توقف وسایل نقلیه‌ی پارک‌شده روزبه‌روز متفاوت خواهد بود. مدل شبیه‌سازی خردنگر تصادفی در ایمسان این تغییرات تصادفی روزمره را با تغییر تصمیمات هر راننده بر اساس اعداد تصادفی شبیه‌سازی می‌کند. از یک «دانه[۲]» اولیه که در ابتدای اجرای شبیه‌سازی مشخص‌شده، یک مجموعه از اعداد تصادفی تولید می‌شود. این مجموعه از اعداد تصادفی، بیانگر یک خروجی بالقوه یا یک روز از عملکرد تردد هستند. مقدار واقعی دانه اهمیتی ندارد، اما مقادیر دانه‌ها در اجراهای مختلف باید متفاوت باشد تا خروجی‌های متفاوتی را در پی داشته باشند. استفاده از یک دانه، ممکن است منجر به اریب شدن نتایج شود.

یک روش پذیرفته‌شده برای کاهش احتمال اریب بودن نتایج، اجرای چند شبیه‌سازی با استفاده از دانه‌های اولیه‌ی مختلف و ارائه‌ی میانگین نتایج است. به همین دلیل، مطابق فرآیند ارزیابی مدل، برای پرداخت و اعتبارسنجی مدل باید دست‌کم از ۲۰ دانه مختلف استفاده شود.

مقادیر دانه‌های مورد استفاده باید در گزارش درج شود. طیف نمونه‌ای از نتایج با استفاده از دانه‌های مختلف باید برای مدل پایه‌ی اعتبارسنجی شده ارائه شود تا نشان‌دهنده‌ی تفاوت‌های بین اجراهای مختلف شبیه‌سازی باشد. استفاده از دانه‌های منتخب برای اعتبارسنجی مدل قابل‌قبول نیست، بلکه دانه‌های مورد استفاده باید یک دامنه پیوسته را تشکیل دهند که با نرخ ثابتی افزایش می‌یابد. به‌این‌ترتیب نتایج به‌دست‌آمده را به‌آسانی می‌توان دوباره تولید کرد. پس از پرداخت و اعتبارسنجی مدل پایه، باید از همان دانه‌ها در مدل طرح پیشنهادی استفاده شود. اجرای «اجراها» با انتخاب آن‌ها در پنجره‌ی پروژه، راست‌کلیک کردن و انتخاب گزینه‌ی مناسب برای اجرا صورت می‌پذیرد.

تغییرات نتایج در اجراهای مختلف باید در گزارش مدل مستند شود. میانگین و انحراف معیار نتایج چندین اجرا باید در مدل پایه‌ی اعتبارسنجی شده ارائه شود تا تغییرات بین اجراهای مختلف نمایان شود. میانگین نتایج در قسمت «میانگین اجراها[۳]» قرار داشته که برای نتایج اجراهای موردنظر قابل اجرا است.

---

[۱] Real Data Sets

[۲] Seed

[۳] Average Replication

۸-۵-۲- الزامات اعتبارسنجی مدل

مدل پایه، پس از اعتبارسنجی، در مرحله‌ی سوم فرآیند ارزیابی مدل بررسی خواهد شد. برای اطمینان از پرداخت و اعتبارسنجی مدل، لازم است مقادیر ارائه شده در این بخش گزارش شود.

۸-۵-۲-۱- جریان تردد

توصیه می‌شود از پارامتر GEH برای اثبات درستی تطابق جریان تردد مدل با ترددشماری (در کمان‌ها، خطوط ایست پشت چراغ و حرکات گردشی) استفاده شود. توصیه می‌شود مقدار این آماره برای بیش از ۸۵٪ کمان‌های بحرانی/مهم کمتر از ۵ باشد. نتایج مقایسه داده‌های مدل‌شده و مشاهده‌شده به همراه مقادیر GEH باید در گزارش درج شود. مطابق بخش ۸-۵-۱- ، جریان تردد مدل باید بر اساس میانگین چند دانه محاسبه شود. مقادیر مشاهده و مدل باید بسیار به هم نزدیک باشد. توصیه می‌شود ضریب تعیین، بیشتر از ۰/۸۸ و شیب خط بین ۰,۹ تا ۱,۱ باشد.

$$GEH = \sqrt{\frac{2(M-C)^2}{M+C}}$$

که در آن: M= جریان حاصل از مدل‌سازی، و C= جریان حاصل از ترددشماری

توصیه می‌شود در همه کمان‌های ورودی شبکه، اختلاف جریان‌های مدل‌شده و مشاهده‌شده کمتر از ٪۵ باشد، زیرا جریان وسایل نقلیه در کمان‌های خارجی به‌صورت مستقیم وارد کمان‌های ورودی مدل می‌شود و لازم است تمام جریان وسایل نقلیه‌ی تخصیص‌داده‌شده در ساعت اوج، با موفقیت در شبکه بارگذاری شود.

اگر از ترددشماری برای اعتبارسنجی استفاده شود، مقادیر ترددشماری‌ها در کمان‌ها/ گردش‌ها باید به‌صورت یک مجموعه داده‌های واقعی در مدل ایمسان گنجانده شود.

۸-۵-۲-۲- جریان‌های اشباع

از جریان اشباع، برای مقایسه‌ی رفتار تخلیه‌ی خطوط ایست تقاطع در مدل با رفتار میدانی استفاده می‌شود. همه جریان‌های اشباع مشاهده‌شده و مدل‌شده باید در جدولی درج شده و درصد خطای مربوط به هر یک نیز در آن جدول گزارش شود. توصیه می‌شود اختلاف جریان اشباع مدل‌شده با مقادیر مشاهده شده کمتر از ٪۱۰ باشد.

در حین فرایند پرداخت، سرفاصله زمانی باید با استفاده از افزونه‌ی «ارزیابی نرخ تخلیه (خردنگر)[۱]» در ایمسان بررسی شود (بخش ۸-۷-۲-۲-). البته سرفاصله‌های مربوط به شرایط غیراشباع (مثلاً سرفاصله‌های بسیار زیاد) باید از این فایل حذف شوند.

اگر مدل ایمسان با شرایط میدانی تطابق داشته باشد، می‌توان جریان اشباع را در هر بازه‌ی زمانی و در هر نقطه متناظر از معبر و مدل اندازه‌گیری کرد. عدم توانایی مدل ایمسان در تعیین جریان اشباع در خط ایست متناظر با نقطه‌ای که

[۱] Discharge Rate Evaluation Extension (Micro)

داده‌های میدانی در آن با موفقیت گردآوری شده، شاخصی از عملکرد نامطلوب مدل است.

مواردی نیز وجود دارد که اندازه‌گیری جریان اشباع در نرم‌افزار ایمسان مطابق آنچه در خیابان اتفاق می‌افتد ممکن نیست، برای مثال، وقتی جریان عبوری از خط ایست کم است یا ازدحام در پایین‌دست، باعث ایجاد صف و مانع جریان آزاد وسایل نقلیه برای عبور از خط ایست شود. در این حالت ایجاد یک رونوشت از مدل و اصلاح آن برای تولید شرایط تردد قابل‌قبول، از طریق افزودن وسایل نقلیه یا حذف علت ازدحام، توصیه می‌شود. این اصلاحات باید در گزارش درج شده و مدل اصلاح‌شده همراه با مدل اصلی در فرآیند ارزیابی مدل بررسی شود.

۸-۵-۲-۳- وابستگی به تقاضا

توصیه می‌شود اختلاف تعداد رخداد فازهای وابسته تقاضا در شبکه با مشاهدات میدانی کمتر از ٪۱۰ باشد. میانگین شمارش‌ها در هر زمان اوج باید همراه با فایل‌های پایگاه داده‌ی خروجی و طرح کنترل تولید شده توسط ایمسان در جدول MICONTROLPHASEEVENTS برای هر اجرای شبیه‌سازی گزارش شود. همان‌طور که در بخش ۸-۷-۱- بیان شده، این داده‌ها از طریق انتخاب «گردآوری داده‌های رویدادهای فازها[۱]» در قسمت «گزینه» گردآوری می‌شوند.

۸-۵-۲-۴- زمان سفر

همان‌طور که در بخش ۸-۵-۱- بیان شد، زمان سفر مدل‌شده، میانگین زمان‌های سفر چند دانه مختلف بوده و توصیه می‌شود اختلاف آن با زمان سفر میدانی کمتر از ٪۱۵ باشد. اعتبارسنجی زمان سفر مسافت‌های طولانی‌تر بهتر از اعتبارسنجی زمان سفر مسافت‌های کوتاه‌تر است، اما برای شناسایی نواحی مسئله‌دار می‌توان مسافت‌های طولانی‌تر را به قسمت‌های کوچک‌تری تقسیم کرد.

همان‌طور که در بخش ۸-۷-۲-۳- بیان شده، زمان سفر را می‌توان با استفاده از «گروه‌بندی‌ها[۲]» یا «زیرمسیرها[۳]» گردآوری کرد. انتخاب بین این دو روش بستگی به نحوه‌ی اجرای آماربرداری میدانی زمان سفر دارد، زیرا گردآوری داده‌ها در مدل و آماربرداری میدانی باید تا حد امکان یکسان بوده و از روش هم‌فزونی مشابهی برای مقایسه‌ی آن‌ها استفاده شود.

۸-۵-۲-۵- داده‌های صف

با توجه به‌دشواری اندازه‌گیری طول صف به‌صورت میدانی یا در مدل، مقایسه‌ی داده‌های میدانی با داده‌های خروجی طول صف در مدل، شاخص مناسبی برای اعتبارسنجی نیست. زمان سفر شاخص قابل‌اطمینان‌تری برای نشان‌دادن میزان ازدحام است. بااین‌حال، صف‌ها در مدل باید در همان موقعیت و در همان زمانی که به‌صورت میدانی مشاهده شده‌اند، دیده شده و رفتار صف مدل، مانند نحوه تشکیل و زمان تخلیه آن، نیز با واقعیت‌های میدانی هم‌خوانی داشته باشد.

---

[۱] Phases Events

[۲] Groupings

[۳] Subpaths

داده‌های آماربرداری صف برای تعیین گلوگاه شبکه مناسب هستند. می‌توان از این داده‌ها به‌عنوان شاخصی از عملکرد مدل و به‌منظور مقایسه‌ی مستقیم با طرح پیشنهادی استفاده کرد. وضعیت صف در مدل و مشاهده باید با هم مقایسه و گزارش شود. بخش۸-۷-۲-۴- اطلاعاتی در زمینه‌ی طول صف خروجی نرم‌افزار ایمسان ارائه می‌کند.

۸-۵-۲-۶- حمل‌ونقل همگانی

مشابه تردد سایر وسایل نقلیه، زمان سفر مدل برای حمل‌ونقل همگانی باید میانگین چند دانه بوده و توصیه می‌شود با مشاهدات میدانی بیش از ٪۱۵ اختلاف نداشته باشد. اگر حمل‌ونقل همگانی به‌عنوان یکی از خروجی‌ها در نظر گرفته شده باشد (بخش ۸-۷-)، به‌صورت خودکار داده‌ها برای هر مسیر به‌صورت جداگانه گردآوری خواهد شد.

۸-۵-۳- بررسی و اصلاح

ایمسان مدل هر «آزمایش» را بر اساس گزینه‌های انتخاب‌شده در قسمت‌های «گزینه» و «آزمایش» ایجاد می‌کند، بنابراین برای شناسایی خطاها یا ناسازگاری‌های مدل باید برای هر آزمایش از ابزار «بررسی و اصلاح[۱]» استفاده کرد. فایل خطای حاصل از اجرای بررسی و اصلاح باید در گزارش مدل درج شده و دلایل باقی ماندن برخی هشدارها در آن بیان شود.

«بررسی‌کننده‌ی شبکه‌ی شبیه‌سازی خردنگر[۲]» باید برای گزارش گردش‌های ازدست‌رفته و وسایل نقلیه‌ی گم‌شده یا متوقف، در یک «اجرا» برای یک آزمایش، اجرا شود. برای فعال‌سازی، باید آن را در زبانه‌ی «رابط برنامه‌نویسی کاربردی» ایمسان، در قسمت «گزینه‌های پویا» انتخاب کرد. از این بررسی‌کننده معمولاً برای شناسایی و حذف وسایل نقلیه‌ای استفاده می‌شود که بیشتر از «بیشینه زمان توقف[۳]» متوقف شده‌اند. همان‌طور که در شکل ۸–۲۱ نشان داده شده، مقدار بیشینه زمان توقف و اقدامی که در مواجهه با خودروهای متوقف باید انجام شود (حذف وسیله‌ی نقلیه، توقف شبیه‌سازی یا درج در فایل خطا) در «ویرایشگر بررسی‌کننده‌ی شبکه» قابل‌تعریف است.

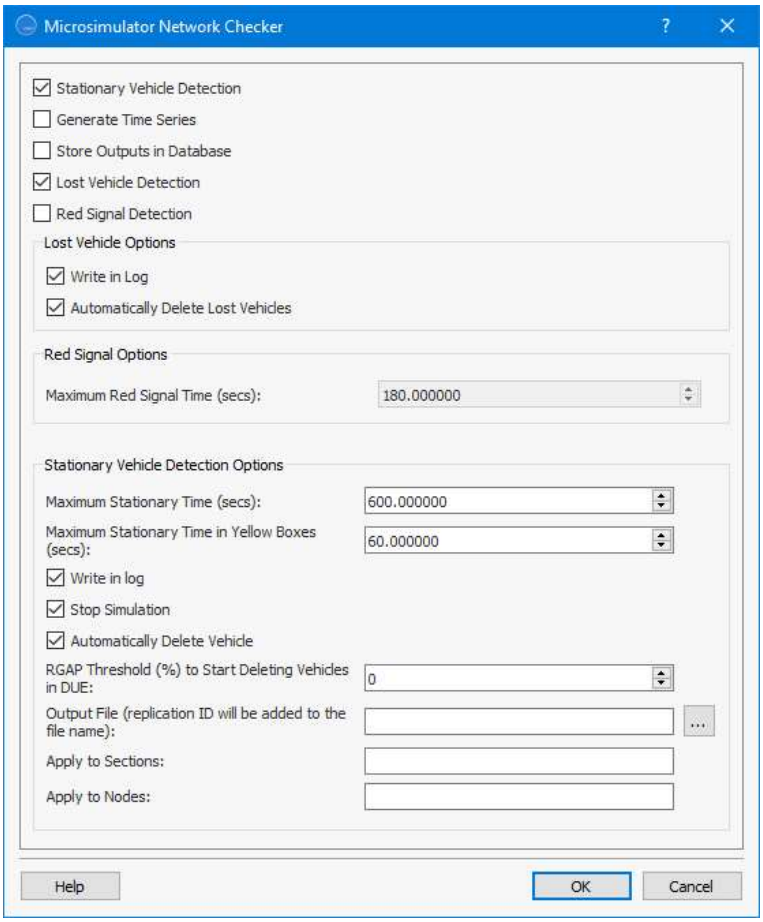
در حالت مطلوب، در حین شبیه‌سازی هیچ‌کدام از این مشکلات نباید اتفاق بیفتد. اما وجود تعدادی از مشکلات غیربحرانی را در فرآیند ارزیابی مدل می‌توان پذیرفت.

---

۱ Check and Fix

۲ Microsimulation Network Checker

۳ Maximum Stationary Time



شکل ۸-۲۱- پنجره‌ی بررسی‌کننده‌ی شبکه‌ی شبیه‌سازی خردنگر

۸-۶- ساخت مدل طرح پیشنهادی

بسیار مهم است که هر تغییر اعمال‌شده به مدل هم به‌صورت شفاف شناسایی و هم به‌صورت شفاف مدیریت شود تا از هم‌خوانی مدل‌های مختلف و اعمال تغییرات به‌وسیله‌ی مجموعه‌ی یکسانی از گزینه‌ها اطمینان حاصل شود. ایمسان قادر است گزینه‌ها و آزمایش‌هایی با گزینه‌های مختلفی در خصوص شکل شبکه[۱]، تقاضای حمل‌ونقل، کنترل چراغ‌های راهنمایی و برنامه زمان‌بندی حمل‌ونقل همگانی ایجاد کند. این قابلیت، روشی کارآ را برای ایجاد چند نسخه‌ی متفاوت از یک مدل را تنها با وارد کردن گزینه‌های مذکور و استفاده‌ی دوباره از آن‌ها در گزینه‌های ساخت «گزینه» معرفی می‌کند.

۸-۶-۱- مدل پایه‌ی افق

مدل پایه‌ی افق پل ارتباطی بین مدل پایه و گزینه‌های پیشنهادی است که مرجعی برای تحلیل نتایج طرح پیشنهادی ارائه می‌کند. مدل پایه‌ی افق شامل همه تغییرات محتمل شبکه بین سال پایه و سال تحت بررسی در طرح پیشنهادی است. البته مواردی که مربوط به طرح پیشنهادی است باید از این تغییرات مستثنی شود. مدل پایه‌ی افق با اعمال کمترین

[۱] network topology

تغییرات ممکن در مدل پایه ایجاد می‌شود که این تغییرات با توجه به هر طرح جدید، به مدل اضافه می‌شوند. راهنمای ارائه‌شده در این بخش هم برای ساخت مدل پایه‌ی افق و هم برای ساخت مدل طرح پیشنهادی قابل‌استفاده است. به زبان ساده، مدل پایه افق یعنی تمام تغییرات در سال افق طرح مثل حجم تردد اعمال شود ولی طرح پیشنهادی، اعمال نشده باشد.

۸-۶-۲- روند کاری گزینه-مبنا

برای ساخت گزینه‌های مختلف در نرم‌افزار ایمسان، باید از «گزینه‌ها» و «آزمایش‌ها» و اجزایی که قابلیت استفاده مجدد دارند، استفاده شود، تا تعداد نسخه‌های مدل زیاد نشده و سازگاری بین آن‌ها حفظ شود. روند کار معمول برای بررسی گزینه‌ها به شرح زیر است:

۱. مدل پایه باید پرداخت‌شده و اعتبارسنجی شده باشد. این مدل، شامل موارد زیر است:

- شبکه‌ی پایه
- تقاضای تردد متشکل از یک یا چند وضعیت تردد، یا یک یا چند ماتریس مبدأ-مقصد که در کنار هم، مقدار تقاضای تردد را در وضع موجود نشان می‌دهند
- طرح کنترل مورد استفاده برای چراغ‌های راهنمایی در وضع موجود
- طرح برنامه‌ی زمان‌بندی حمل‌ونقل همگانی در وضع موجود
- روش انتخاب مسیر که ممکن است شامل مجموعه‌ای از مسیرهای از پیش تعریف شده‌ای باشد که از مدل یک محدوده بزرگ‌تر استخراج و برای تخصیص مسیرها به جریان تردد عبوری از ناحیه‌ی مدل‌شده به کار گرفته شده
- تخصیص مسیر (در صورت کاربرد)

۲. تغییرات پیشنهادی برای بررسی گزینه‌ها باید در همان فایل مدل شود. این تغییرات شامل موارد زیر است:

- مشخصات هندسی تغییرات معبر
- تغییرات تقاضا شامل ماتریس‌های مبدأ-مقصد یا وضعیت تردد، که با ماتریس‌های مبدأ-مقصد یا وضعیت تردد در وضع موجود ترکیب شده، و اجزای جدید تقاضای تردد را تشکیل می‌دهند، به‌طوری‌که هر یک، مجموعه‌ای از تقاضاها باشد.
- یک طرح کنترل جدید برای هر تقاطعی که چراغ‌راهنمایی تغییر کرده باشد. طرح کنترل‌های جدید برای تقاطع‌های تغییر کرده و طرح کنترل‌های موجود برای سایر تقاطع‌ها با هم ترکیب شده و یک طرح کنترل جدید را تشکیل می‌دهند.
- مجموعه‌ای از برنامه‌های زمان‌بندی حمل‌ونقل همگانی تغییریافته برای برخی یا همه مسیرها که در طرح حمل‌ونقل همگانی وضع موجود ادغام می‌شود.

- مجموعه‌ای از تغییرات در مقادیر پارامترها در بخش «جایگزینی ویژگی‌ها[۱]»
- طرح تخصیص مسیر جدید درصورتی‌که مسیرها تغییر کرده باشد

نکته‌ی اصلی این است که این تغییرات، یک‌بار ایجاد شده و سپس در ساخت گزینه‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۳. یک گزینه‌ی جدید باید در ایمسان ایجاد شود که شامل یک یا چند آزمایش باشد. اجزای فهرست بالا در قسمت «گزینه»، و «جایگزینی ویژگی‌ها» در قسمت آزمایش انتخاب می‌شوند.

۴. درستی انتخاب مسیر بررسی می‌شود:

- اگر از مسیرهای مبدأ-مقصد یا انتخاب مسیر پویا استفاده شده، اقدامی لازم نیست، زیرا اجزای مسیر در گزینه مشخص نشده است
- اگر از مسیرهای تخصیص ایستای قبلی استفاده شده، اما تغییری در شبکه معابر ایجاد نشده، اقدامی نیاز نیست
- اگر از مسیرهای تخصیص ایستا یا تعادل کاربر پویای قبلی استفاده شده و گزینه‌ی افق دارای تغییراتی در شکل شبکه است، باید از «اصلاح‌کننده‌ی تنظیم خودکار پارامترها[۲]» برای اتصال مجدد مسیرها استفاده شود
- اگر از مسیرهای تخصیص تعادل کاربر پویا استفاده شده، باید مسیرها دوباره با تخصیص تعادل کاربر پویای جدید ارزیابی شوند که در آن، گرم‌کردن تعادل کاربر پویای جدید، با استفاده از مسیرهای تعادل کاربر پویای قبلی انجام می‌شود تا بتوان تغییرات را ارزیابی کرد.

۵. «آزمایش» با استفاده از ابزار «بررسی و اصلاح» نرم‌افزار ایمسان بررسی شده و «اجراهای» مدل برای «آزمایش» اجرا می‌شود.

۶. اختلاف نتایج مدل پایه و آزمایش در «حالت نمایش» نرم‌افزار ایمسان نشان داده می‌شود. این نتایج باید در گزارش پروژه درج شود.

۷. مراحل ۳ تا ۶ با ترکیب‌های متفاوتی از اجزای مدل تکرار می‌شود.

مدل پایه نباید در هنگام اجرای گزینه‌ها، تغییر کند. همواره باید بتوان مدل پایه را در همان فایل مدل ایمسان اجرا کرد. همه تغییرات طرح پیشنهادی نیز باید در «اجزای تغییر کرده» همان فایل، نگهداری و سپس در ساخت «گزینه‌ها» و «آزمایش‌ها» به کار گرفته شوند. فایل نهایی مدل باید تنها شامل گزینه‌ها و مجموعه‌ی داده‌های نهایی بوده و نتایج آن با گزارش پروژه مطابقت داشته باشد.

---

[۱] Attribute Override

[۲] Automatic Parameter Adjustment (APA) Fixer

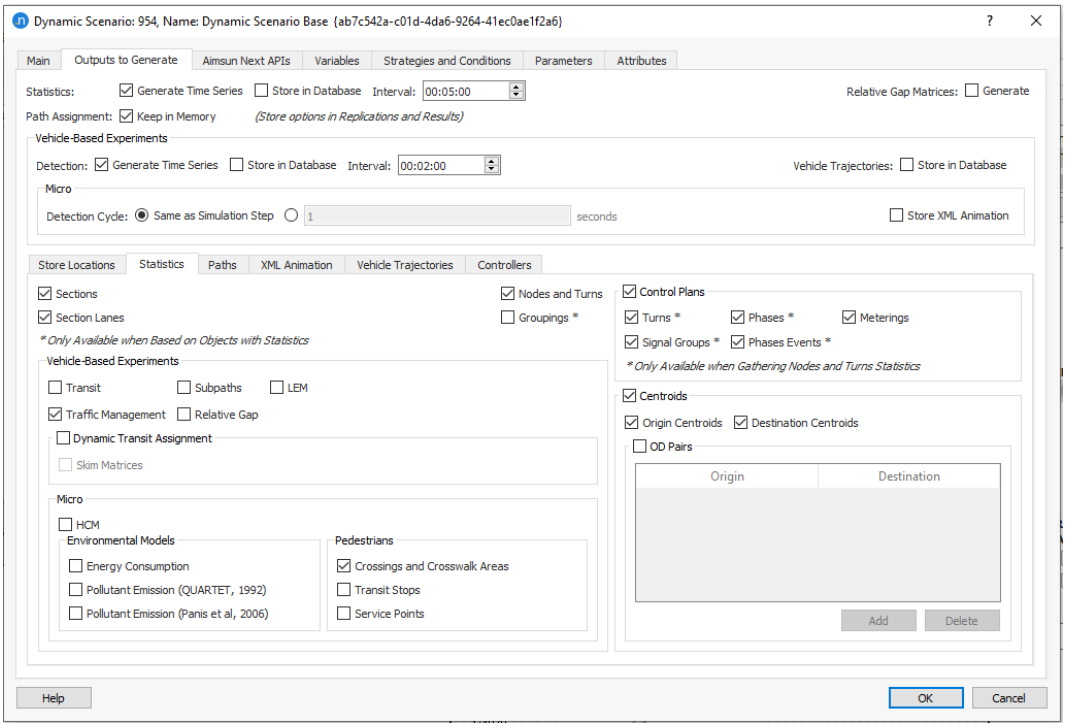
۸-۷- خروجی‌های مدل

بسته به نوع داده‌ها و کاربرد آن‌ها، خروجی‌های مختلفی از نرم‌افزار ایمسان به‌منظور تحلیل نتایج قابل ارائه است.

۸-۷-۱- روش‌ها

با استفاده از هر کدام از روش‌های شرح داده شده در این بخش می‌توان به خروجی‌های کلیدی شبیه‌سازی خردنگر در نرم‌افزار ایمسان دست یافت.

مشخصات آماره‌هایی که باید گردآوری شوند، به همراه بازه‌ی زمانی ایجاد آن‌ها در زبانه‌ی «ایجاد خروجی‌ها[۱]» در فهرست «گزینه‌ی پویا» قرار دارد (شکل ۸-۲۲). در همین زبانه، بازه‌ی زمانی بین دو شناسایی متوالی برای گردآوری داده‌های شناساگرها نیز تعیین می‌شود. همه آماره‌ها به‌صورت ناهم‌فزون به تفکیک دسته‌های کاربر تعریف‌شده در مدل ارائه می‌شوند.



شکل ۸-۲۲- زبانه‌ی ایجاد خروجی‌ها در گزینه‌ی پویا

نوع خروجی‌های مورد نیاز باید پیش از شبیه‌سازی، در زیرزبانه‌ی آماره‌ها[۲] مشخص شود. این خروجی‌ها برای کل شبکه، کمان‌ها، کمان بر حسب خطوط، گره‌ها و گردش‌ها، زیرمسیرها، گروه‌بندی‌ها و هر خط حمل‌ونقل همگانی قابل ارائه است. خروجی‌های لازم برای کنترل چراغ‌های راهنمایی در همین قسمت فعال می‌شوند. «رویداد فازها» یکی از این آماره‌هاست

---

[۱] Outputs to Generate

[۲] Statistics

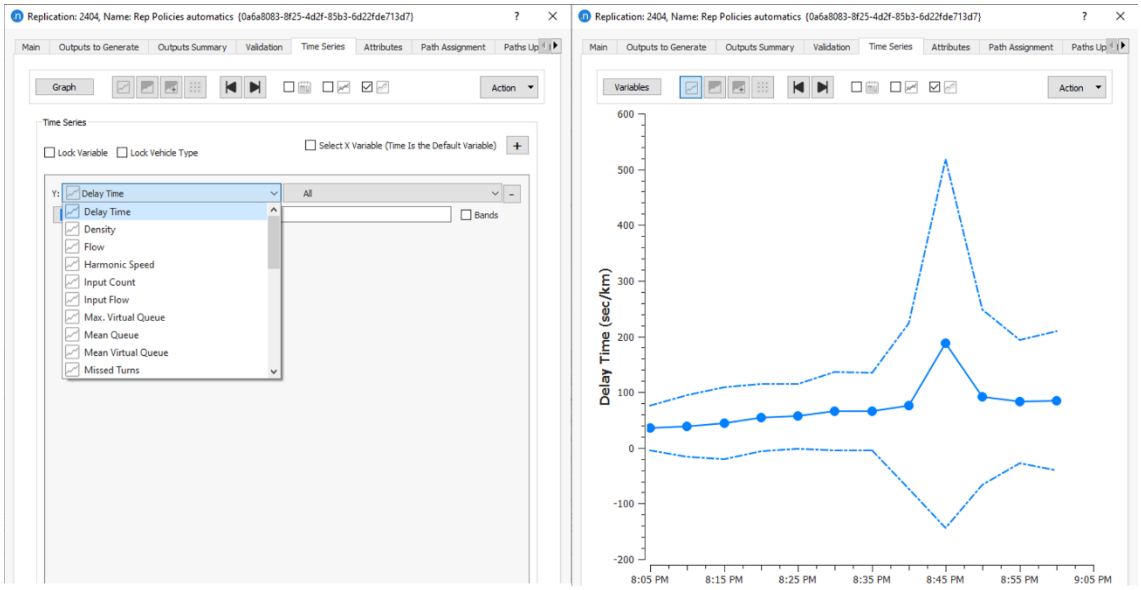
که برای اعتبارسنجی وابستگی به تقاضا مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۸-۷-۱-۱- نمایش جدولی

«نمایش جدولی[۱]» برای تمامی اجزای شبکه موجود است. می‌توان نوع اجزای فهرست‌شده در جدول و فیلترها و شرایط نمایش نوع اجزای موردنظر را تعیین کرد. با استفاده از رؤیت‌پذیری ستون‌ها، می‌توان داده‌های موردنیاز را انتخاب و جدول نهایی را در یک فایل اکسل درج کرد. نمایش جدولی از مسیر پنجره> پنجره‌ها> نمایش جدولی در دسترس است.

۸-۷-۱-۲- سری‌های زمانی

سری زمانی[۲] که در منوی «ویرایشگر اجزا[۳]» قرار دارد می‌تواند مقادیر یک متغیر را در گذر زمان نمایش دهد. همان‌طور که در شکل ۸–۲۳ نشان داده شده، سری زمانی از جداول و نمودارهایی تشکیل شده که مقادیر پارامتر موردنظر را در حین و پس از شبیه‌سازی نشان می‌دهند. سری زمانی می‌تواند چند پارامتر را در یک زمان نشان دهد که شامل میانگین نتایج هر تعداد اجرا مدنظر یا میانگین همه اجراها می‌شود. جداول و نمودارهای سری‌های زمانی را می‌توان در یک فایل اکسل درج کرد.



شکل ۸–۲۳- پنجره‌ی سری‌های زمانی

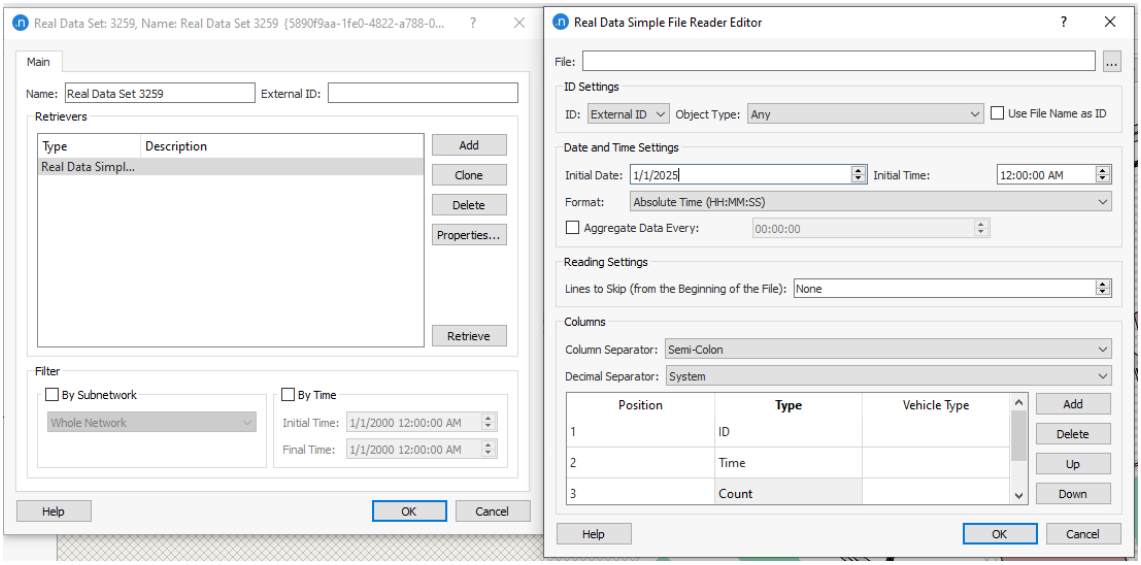
۸-۷-۱-۳- اعتبارسنجی

زبانه‌ی «اعتبارسنجی[۴]» یک اجرا یا یک میانگین محاسبه‌شده، قادر است پس از اتمام شبیه‌سازی خردنگر، جداول و

---

[۱] Table View
[۲] Time Series
[۳] Object Editor
[۴] Validation

نمودارهایی برای مقایسه‌ی نتایج شبیه‌سازی با «مجموعه داده‌ی واقعی» ارائه کند. برای استفاده از این ابزار ابتدا باید از فهرست «پروژه»، «مجموعه داده‌ی واقعی» را بر اساس مشاهدات میدانی در مسیر پروژه> جدید> تحلیل داده> مجموعه داده واقعی ایجاد کرد. پس‌ازآن می‌توان داده‌های میدانی را از یک یا چند فایل خارجی در مجموعه داده‌های واقعی بارگذاری کرد. جزئیات لازم برای همبستگی فایل خارجی با اجزای ایمسان و داده‌های شبیه‌سازی‌شده با استفاده از «ویرایشگر ساده خواندن فایل داده‌های واقعی[۱]» مشخص کرد (شکل ۸–۲۴).



شکل ۸–۲۴- پنجره‌ی مجموعه داده‌های واقعی

«مجموعه داده‌های واقعی» در «ویرایشگر گزینه‌ی پویا» انتخاب شده و پس از اتمام شبیه‌سازی خردنگر، خروجی‌های اعتبارسنجی قابل‌دسترس خواهند بود (شکل ۸–۲۵). این خروجی‌ها شامل مقایسه در قالب نمودار، رگرسیون خطی یا جدول بوده و در آن‌ها شاخص‌های کلیدی اعتبارسنجی مانند آماره GEH قابل مشاهده است. تمام جداول و نمودارها را می‌توان از طریق گزینه‌ی اقدام> رونوشت داده جدول/ نمودار برای تحلیل‌های بیشتر یا ارائه، به بیرون از نرم‌افزار صادر کرد.

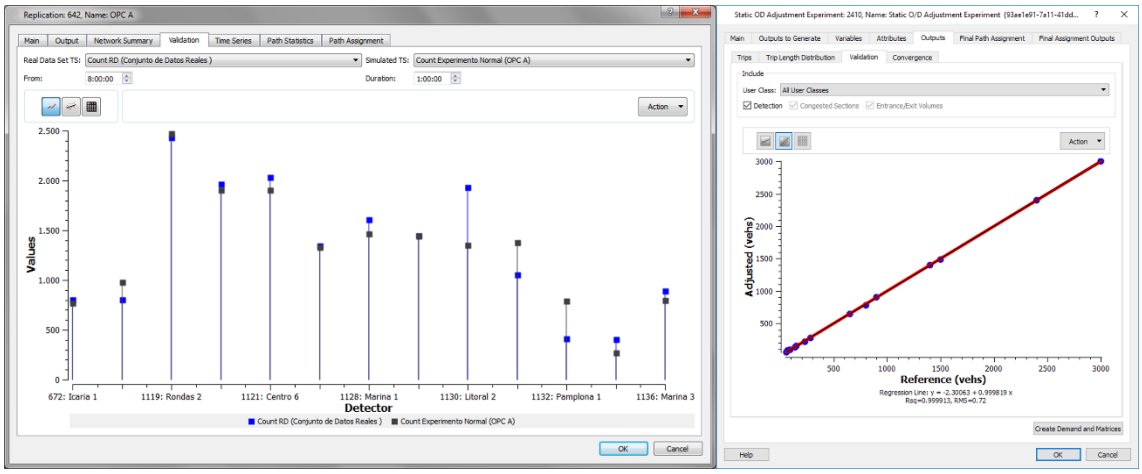
۸-۷-۱-۴- پایگاه داده

یک پایگاه داده (Access، SQLite یا ODBC) را با تمامی اطلاعات شبیه‌سازی می‌توان ایجاد کرد. مشخصات و پیکربندی پایگاه داده با استفاده از فهرست «مشخصات پروژه» یا «ویرایشگر گزینه» تعیین می‌شود. خروجی‌های شبیه‌سازی خردنگر در چند جدول ذخیره شده و با استفاده از نرم‌افزارهای پایگاه داده قابل‌استخراج است.

[۱] Real Data Simple File Reader Editor

۸-۷-۱-۵- برنامه‌نویسی

برنامه‌نویسی (اسکریپت‌نویسی) در ایمسان با استفاده از پایتون، به خودکارسازی فعالیت‌های متنوعی از جمله ورود و خروج داده‌های مدل کمک می‌کند.



شکل ۸–۲۵- زبانه‌ی اعتبارسنجی یک اجرا

۸-۷-۲- داده‌ها

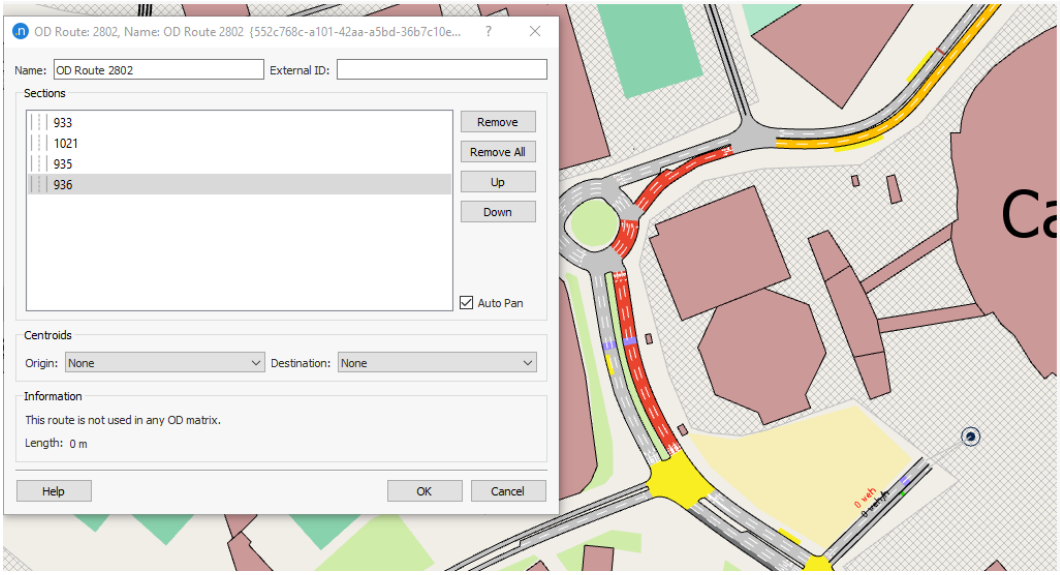
در بخش قبل، راهنمای عمومی استخراج داده‌ها از مدل ارائه شد. در این بخش، توصیه‌های در خصوص ایجاد داده‌های خروجی رایج ارائه می‌شود.

۸-۷-۲-۱- جریان تردد

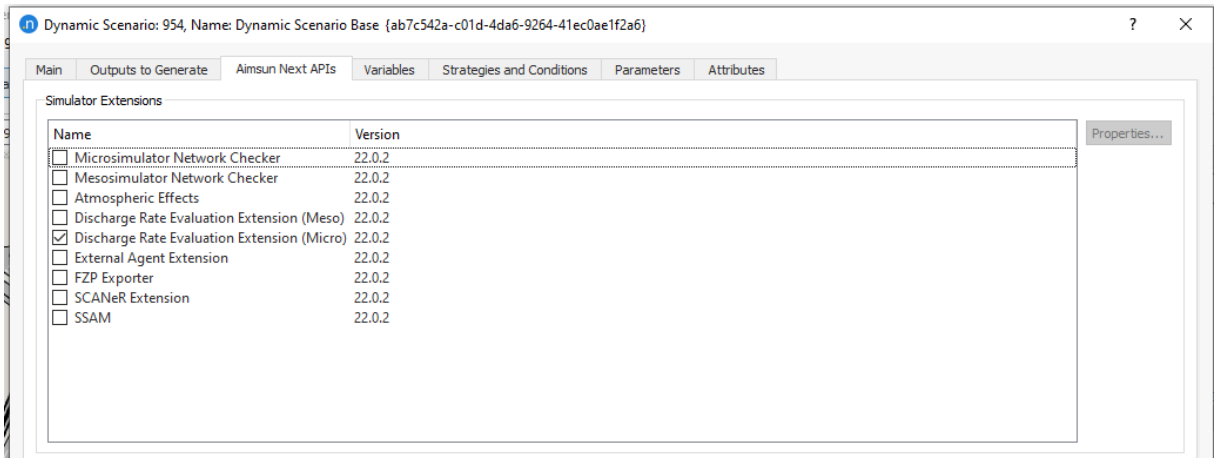
رایج‌ترین روش برای گردآوری داده‌های جریان تردد در موقعیت‌های مشخصی از مدل، استفاده از داده‌های سری‌های زمانی در آن کمان یا شناساگر است. برای گردآوری داده‌های جریان تردد در حرکات گردشی در تقاطع‌ها، استفاده از «زیرمسیرها» توصیه می‌شود. زیرمسیرها، مجموعه‌ای از کمان‌های متوالی هستند که توسط گردش‌ها به هم متصل شده‌اند (شکل ۸–۲۶). خروجی زیرمسیرها شامل آماره‌هایی مانند جریان، سرعت، زمان تأخیر، و زمان سفر است. داده‌ها صرفاً برای وسایل نقلیه‌ای که کل طول همان زیرمسیر را طی کرده‌اند، گردآوری می‌شود. بنابراین توصیه می‌شود که طول زیرمسیرهایی که برای اعتبارسنجی جریان مورد استفاده قرار می‌گیرد، تا حد امکان کوتاه باشد تا وسایل نقلیه بتوانند حرکات گردشی را دز تقاطع‌ها تکمیل کرده و در شمارش لحاظ شوند.

۸-۷-۲-۲- جریان اشباع

با فعال‌سازی «افزونه‌ی ارزیابی نرخ تخلیه (خردنگر)» در زبانه‌ی «رابط برنامه‌نویسی کاربردی» ایمسان در فهرست «گزینه‌ی پویا» (شکل ۸–۲۷)، می‌توان فایل‌های نوشتاری خروجی شامل سرفاصله‌ی زمانی وسایل نقلیه در تقاطع‌های چراغ‌دار را صادر کرد. از این خروجی‌ها برای ارزیابی جریان اشباع تقاطع‌های چراغ‌دار استفاده می‌شود.



شکل ۸–۲۶- تعریف زیرمسیر



شکل ۸–۲۷- گزینه‌ی پویا- زبانه‌ی رابط برنامه نویسی کاربردی ایمسان

۸-۷-۲-۳- زمان سفر

زمان سفر مدل‌شده بین دو موقعیت را می‌توان با استفاده از «زیرمسیرها» یا «گروه‌بندی‌ها» گردآوری کرد. البته آماره‌های زیرمسیرها فقط زمان سفر آن دسته از وسایل نقلیه‌ای را در نظر می‌گیرد که تمام طول زیرمسیر را از طریق کمان‌ها و گره‌های مشخص‌شده در آن طی کرده باشند. برخلاف زیرمسیرها، زمان سفر در گروه‌بندی‌ها از مجموع میانگین زمان سفر در هر کمان آن گروه‌بندی به‌دست‌آمده و وسایل نقلیه ملزم به گذر از همه کمان‌های آن گروه‌بندی نیستند.

با استفاده از یکی از روش‌هایی که در بخش۸-۷-۱- شرح داده شد، می‌توان زمان سفر زیرمسیر یا گروه‌بندی را به‌صورت میانگین یا به تفکیک بازه‌های زمانی و دسته‌های کاربر به دست آورد. درصورتی‌که حمل‌ونقل همگانی به‌عنوان یکی از خروجی‌های تعیین‌شده باشد، داده‌ها به‌صورت خودکار به تفکیک مسیر گردآوری می‌شوند.

۸-۷-۲-۴- داده‌های صف

برخی داده‌های صف شامل میانگین طول صف و بیشینه‌ی طول صف به‌عنوان بخشی از آماره‌های عمومی در سطوح مختلف هم‌فزونی (مطابق ابتدای بخش ۸-۷-) ارائه می‌شوند. طول صف بر حسب تعداد وسایل نقلیه گزارش می‌شود.

۸-۷-۲-۵- زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی

زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی بخشی از خروجی‌های زبانه‌ی «آماره‌ها» بوده و تنها در پایگاه داده (بخش ۸-۷-۱-۴-) موجود است. خروجی‌های زیر در سطح فاز، گردش و چراغ‌راهنمایی قابل ارائه است:

- **وضعیت**[۱]: رنگی که نمایش داده می‌شود (به‌جز در سطح فاز)
- **زمان فعال**[۲] : مدت‌زمانی (بر حسب ثانیه) که فاز یا وضعیت فعال شده است
- **درصد زمان فعال**[۳]: درصدی از بازه‌ی زمانی آماری کنونی که فاز یا وضعیت فعال بوده است

«رویداد فازها» هم در آن مشخص و برای اعتبارسنجی وابستگی به تقاضا مورد استفاده قرار می‌گیرند، زیرا جزئیات زمانی و دلیل اعمال رویداد را مشخص می‌کنند.

۸-۷-۲-۶- فایل‌های مسیر حرکت وسایل نقلیه

نرم‌افزار ایمسان، مسیر حرکت وسایل نقلیه را در قالب فایل متنی (fzp.*) گزارش می‌دهد که کاربردهای متنوعی مانند مدل‌سازی آلایندگی، بصری‌سازی داده‌ها و پویانمایی سه‌بعدی دارد. این فایل‌ها قالب ثابتی دارند که شامل زمان شبیه‌سازی، اطلاعات وسیله نقلیه، سرعت، شتاب و داده‌های موقعیت/ جهت است. این اطلاعات برای مدل‌سازی آلایندگی و پویانمایی سه‌بعدی کافی است. مطابق شکل ۸–۲۸، گزینه‌ی فعال‌سازی «صادر کردن فایل‌های fzp[۴]» در «ویرایشگر گزینه» در زبانه‌ی رابط «برنامه‌نویسی کاربردی» ایمسان قرار دارد.

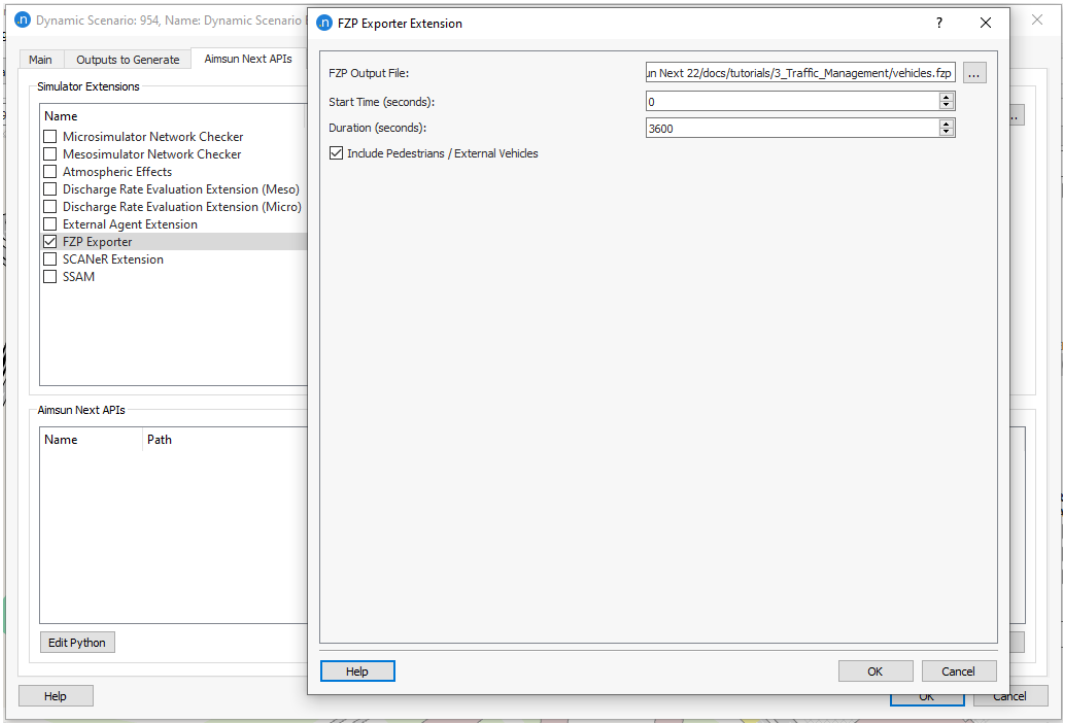
---

[۱] State

[۲] Active Time

[۳] Active Time Percentage

[۴] FZP Exporter



شکل ۸–۲۸- فعال‌سازی و تنظیمات صادر کردن فایل‌های fzp

بخش سوم

فرآیند ارزیابی مدل

مقدمه

این بخش شامل موضوعات زیر است که آگاهی از آن برای کارفرمایان و مشاوران ضروری است:

- کلیات فرآیند ارزیابی مدل
- فرآیند ارزیابی مدل در نرم‌افزارهای مختلف

فصل ۹

مروری بر فرآیند ارزیابی مدل

مروری بر فرآیند ارزیابی مدل

هدف از فرآیند ارزیابی مدل، ارائه‌ی ساختاری مشترک برای سنجش کیفیت و کفایت مدل‌سازی طرح‌های مختلف بهبود تردد در مطالعات تفصیلی حمل‌ونقل و ساماندهی ترافیک است. فرآیند ارزیابی مدل شامل ۶ مرحلهٔ کلی است:

۱ - مرحله ۱: تعیین محدودهٔ مورد مطالعه برای مدل پایه

۲ - مرحله ۲: ساخت و پرداخت مدل پایه

۳ - مرحله ۳: اعتبارسنجی مدل پایه

۴ - مرحله ۴: تعیین محدودهٔ مورد مطالعه برای مدل طرح پیشنهادی

۵ - مرحله ۵ الف: ساخت مدل پایه‌ی افق

- مرحله ۵ ب: ساخت مدل طرح پیشنهادی

۶ - مرحله ۶: اتمام فرآیند ارزیابی مدل

۹-۱- مرحله اول فرآیند ارزیابی مدل: تعیین محدودهٔ مورد مطالعه برای مدل پایه

پیش از آغاز مدل‌سازی در یک طرح مطالعاتی، باید جلسه‌ای با هدف تعیین محدودهٔ مورد مطالعه بین کارفرما و مشاور برگزار شود (به بخش ۱۰-۲- مراجعه کنید). در این جلسه باید مشخصات طرح و جزییات فرآیند مدل‌سازی مورد نیاز برای ارزیابی طرح پیشنهادی بررسی شود. کارفرما باید اطلاعات مورد نیاز را در اختیار مشاور قرار داده و خواسته‌های خود را از مطالعه، به‌صورت صریح و شفاف بیان کند.

نگارش جزئیات مورد توافق در خصوص محدوده مورد مطالعه و نحوه مدل‌سازی باید در قالب صورت‌جلسه‌ای به امضای طرفین رسیده و مبنای اقدامات بعدی باشد. پیش‌نویس فهرست انتظارات از مدل‌سازی که الزامات مورد توافق مدل‌سازی را بیان می‌کند، معمولاً توسط مدل‌ساز تهیه شده و سپس توسط کارفرما بازبینی و تائید می‌شود.

۹-۲- مرحله دوم فرآیند ارزیابی مدل: ساخت و پرداخت مدل پایه

پس از ساخت مدل، باید نتایج حاصل از پرداخت (پرداخت) آن به کارفرما ارائه شود. در این مرحله ممکن است چند مدل برای بازه‌های زمانی مختلف از روز ساخته شده باشد که فرایند پرداخت همهٔ آن‌ها باید به تائید کارفرما برسد. کارفرما باید تائید کند که مدل، متناسب با اهداف طرح ساخته شده است. معیارهای تائید پرداخت هر نرم‌افزار به‌صورت جداگانه در بخش مربوط به فرآیند ارزیابی آن نرم‌افزار آمده است.

۹-۳- مرحله سوم فرآیند ارزیابی مدل: اعتبارسنجی مدل پایه

مدل‌ساز باید مدل پایه را برای همه بازه‌های زمانی مورد نیاز، اعتبارسنجی کرده و گزارش آن را به کارفرما ارسال کند.

کارفرما باید تائید کند که مدل، متناسب با اهداف طرح ساخته شده است. معیارهای تائید اعتبارسنجی هر نرم‌افزار به‌صورت جداگانه در بخش مربوط به فرآیند ارزیابی آن نرم‌افزار آمده است.

۹-۴- مرحله چهارم فرآیند ارزیابی مدل: تعیین محدودهٔ مورد مطالعه برای مدل طرح پیشنهادی

پس از تائید مدل پایه در مرحله سوم فرآیند ارزیابی مدل، باید جلسه‌ای با هدف تعیین محدودهٔ مورد مطالعه برای ساخت مدل طرح پیشنهادی بین کارفرما و مشاور برگزار شود (به بخش ۱۰-۳- مراجعه کنید). لازم است صورت‌جلسه مرحله اول بررسی و مشخصات طرح پیشنهادی و الزامات مدل پایه‌ی افق و مدل طرح پیشنهادی بیان شود. در این مرحله باید خروجی‌های مدل پایه‌ی افق و مدل طرح پیشنهادی تعیین شود.

نگارش جزئیات مورد توافق در خصوص محدوده مورد مطالعه و نحوه مدل‌سازی باید در قالب صورت‌جلسه‌ای به امضای طرفین رسیده و مبنای اقدامات بعدی باشد. فهرست انتظارات از مدل‌سازی باید بازبینی و در صورت لزوم به‌روزرسانی شود.

۹-۵- مرحله پنجم-الف فرآیند ارزیابی مدل: ساخت مدل پایه‌ی افق

اگر مطالعه بر اساس فرآیند سه‌مرحله‌ای مدل‌سازی انجام شود، لازم است مدل‌ساز، مدل پایه‌ی افق را بر اساس مدل پایه در مرحلهٔ سوم فرآیند ارزیابی مدل، برای همه بازه‌های زمانی موردنظر تهیه کند. کارفرما باید تائید کند که مدل، متناسب با اهداف طرح ساخته شده است. معیارهای لازم برای هر نرم‌افزار به‌صورت جداگانه در بخش مربوط به فرآیند ارزیابی آن نرم‌افزار آمده است.

۹-۶- مرحله پنجم-ب فرآیند ارزیابی مدل: ساخت مدل طرح پیشنهادی

مدل‌ساز باید جزییات کلیه تغییرات مشخصات هندسی، زمان‌بندی چراغ و غیره را در مدل طرح پیشنهادی وارد کند. کارفرما باید انطباق این موارد را با فهرست انتظارات از مدل‌سازی تائید کند. در صورت لزوم، قابلیت اجرای پیشنهادات به‌ویژه نصب یا تغییرات چراغ راهنمایی به لحاظ زیرساختی باید توسط کارفرما بررسی شود.

مدل طرح پیشنهادی باید برای همه بازه‌ی زمانی موردنظر، بر اساس مدل پایه که در مرحله ۳ از فرآیند ارزیابی مدل تائید شده یا بر اساس مدل پایه‌ی افق که در مرحله ۵-الف از فرآیند ارزیابی مدل تائید شده، ساخته شود. کارفرما باید تائید کند که مدل، متناسب با اهداف طرح ساخته شده است. معیارهای لازم برای هر نرم‌افزار به‌صورت جداگانه در بخش مربوط به فرآیند ارزیابی آن نرم‌افزار آمده است.

۹-۷- مرحله ششم فرآیند ارزیابی مدل: اتمام فرآیند ارزیابی مدل

مرحله‌ی ششم فرآیند ارزیابی مدل، مرحله‌ی پایانی آن است. در این مرحله کارفرما ارزیابی مدل را به پایان رسانده و

به مدل‌ساز ابلاغ می‌کند. اگر طرح پیشنهادی منجر به تغییراتی در شبکه بزرگراهی یا اتوبوسرانی شود، تهیه گزارش اثرات طرح پیشنهادی بر اساس مدل کلان‌نگر الزامی است. اگر نیازی به گزارش اثرات طرح پیشنهادی نباشد، فرآیند ارزیابی مدل پس از ارائه‌ی گزارش ارزیابی مدل‌سازی به پایان می‌رسد.

البته اگر ارزیابی مدل مشخص کند که باید تغییراتی در طرح پیشنهادی اعمال شود، باید مدل طرح پیشنهادی اصلاح شده و به مرحله‌ی چهارم فرآیند ارزیابی مدل بازگشت. اگر مدت‌زمان زیادی سپری‌شده یا محدوده‌ی مورد مطالعه تغییرات زیادی کرده، لازم است که به مرحله‌ی اول فرآیند ارزیابی مدل بازگشت.

فصل ۱۰

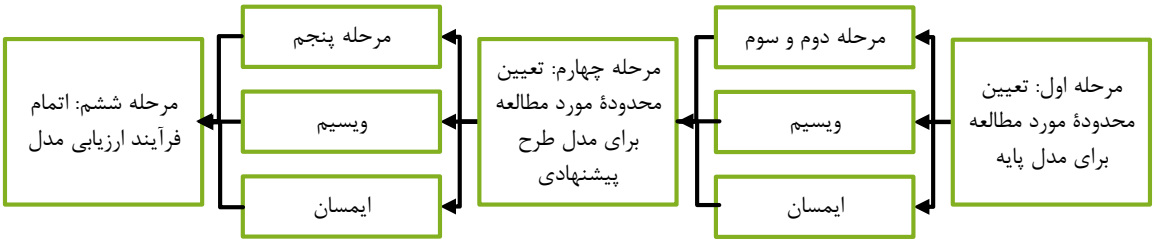
مراحل مستقل از نرم‌افزار در فرآیند ارزیابی مدل

مراحل مستقل از نرم‌افزار در فرآیند ارزیابی مدل

۱۰-۱- مقدمه

همان‌طور که در شکل ۱۰-۱ مشاهده می‌شود، سه مرحله از فرآیند ارزیابی مدل، به نرم‌افزار مدل‌سازی بستگی ندارد. این سه مرحله عبارتند از:

- مرحله ۱: تعیین محدودهٔ مورد مطالعه برای مدل پایه
- مرحله ۴: تعیین محدودهٔ مورد مطالعه برای مدل طرح پیشنهادی
- مرحله ۶: اتمام فرآیند ارزیابی مدل



شکل ۱۰-۱- مراحل مستقل از نرم‌افزار در فرآیند ارزیابی مدل

این مراحل، مستقل از نرم‌افزار هستند و در آن‌ها هدف از انجام مطالعه تعیین، اطلاعات لازم گردآوری و نحوه ارتباط کارفرما و مشاور برای تصویب طرح نهایی بیان می‌شود. اگر از فرآیند سه مرحله‌ای مدل‌سازی برای ارزیابی طرح پیشنهادی استفاده شود (بخش ۱-۴-)، باید فرآیند ارزیابی مدل برای ارزیابی مدل‌های ساخته شده در سطوح مختلف مدل‌سازی انجام شود. در صورت استفاده از سطوح مختلف مدل‌سازی، باید به فرایند تکرار و بازخور داده‌های ورودی/خروجی بین مدل‌ها در سطوح مختلف توجه شود. پس از اتمام این فرآیند همه مدل‌ها در سطوح مختلف جزییات باید تائید فرایند ارزیابی مدل را اخذ کنند.

در این فصل، ابتدا مراحل ۱، ۴و ۶ فرایند ارزیابی مدل بیان شده و در فصل‌های بعدی برای ایجاد پیوستگی، مراحل ۲، ۳ و ۵ بر اساس ویژگی‌های هر نرم‌افزار ارائه می‌شود.

۱۰-۲- مرحله اول فرآیند ارزیابی مدل: تعیین محدودهٔ مورد مطالعه برای مدل پایه

۱۰-۲-۱- مقدمه

پیش از شروع فعالیت‌های مرتبط با مدل‌سازی، برگزاری جلسات هماهنگی بین کارفرما، مشاور و سایر ذی‌نفعان ضروری است. در این جلسات، باید کلیات طرح، فعالیت‌های مدل‌سازی موردنیاز، خروجی‌های مورد انتظار از مدل‌سازی بررسی و تعیین شود. این سند توسط کارفرما به مشاور ابلاغ و در طی فرآیند مدل‌سازی و ارزیابی مدل ملاک عمل خواهد بود.

۱۰-۲-۲- تعیین محدودهٔ مورد مطالعه

همه توافق‌های صورت‌پذیرفته در جلسات تعیین محدودهٔ مورد مطالعه باید در گزارش فهرست انتظارات از مدل‌سازی درج شود. برخی از مواردی که باید در گزارش تعیین محدودهٔ مورد مطالعه درج شود عبارتند از:

- اهداف مدل‌سازی (بخش ۱۰-۲-۳-)
- روش مدل‌سازی (بخش ۱۰-۲-۵-) شامل:
  - الزامات فرآیند سه‌مرحله‌ای مدل‌سازی
  - سطوح مختلف مدل‌سازی مورد نیاز
  - تبادل داده‌ها
- محدوده‌ی مدل‌سازی شامل:
  - تقاطع‌هایی که مدل خواهد شد (بخش ۱۰-۲-۶-)
  - بازه‌های زمانی که مدل خواهد شد
  - سال‌هایی که مدل خواهد شد
  - مسیرها/ نواحی بحرانی در شبکه
- نرم‌افزار و نسخه‌ی آن (بخش ۱۰-۲-۷-)
- طبقه‌بندی وسایل نقلیه/ پیاده
- الزامات آماربرداری
- بازدید میدانی (بخش ۳-۲- را ببینید)
- داده‌های چراغ‌های راهنمایی شامل:
  - زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی متصل به مرکز پایش تردد
  - تعیین روش و گردآوری زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی غیرمتصل به مرکز پایش تردد
- مدل‌سازی حمل‌ونقل همگانی
- مدل‌سازی دوچرخه
- مدل‌سازی پیاده
- الزامات اعتبارسنجی
- طرح‌های پیشنهادی:
  - فهرست تغییرات پیشنهادی
- خروجی‌های مدل
- مستندسازی:
  - فهرست انتظارات از مدل‌سازی (بخش ۱۰-۲-۸-)

- گزارش‌های مطالعه
- صورت‌جلسه‌ها
- برنامه زمان‌بندی انجام مطالعه

۱۰-۲-۳- هدف از مدل‌سازی

میزان جزئیات ارائه‌شده در مدل و دقت آن منعکس‌کننده‌ی اهداف مدل‌سازی است. هدف طرح مستقیماً بر نوع و هدف مدل‌سازی مؤثر است. کارفرما در طول فرآیند ارزیابی مدل، باید صحت و دقت مدل را بررسی و تعیین کند که مدل متناسب با اهداف مطالعه هست یا خیر. هدف از مدل‌سازی باید در فهرست انتظارات از مدل‌سازی بیان شود.

۱۰-۲-۴- فهرست تغییرات ناشی از طرح پیشنهادی

تمام تغییراتی که به دلیل اجرای طرح پیشنهادی در شبکه ایجاد می‌شود، به‌ویژه تقاطع‌هایی که تحت تأثیر طرح پیشنهادی قرار می‌گیرند، باید به‌صورت شفاف بیان شود. کارفرما باید فهرست تقاطع‌ها، تغییرات روش کنترل تقاطع یا مشخصات هندسی معابر را تائید کند.

۱۰-۲-۵- روش مدل‌سازی

پس از تعیین هدف مدل‌سازی، باید روش مدل‌سازی طرح پیشنهادی تعیین و در فهرست انتظارات از مدل‌سازی ثبت شود (بخش ۱۰-۲-۸-). برخی موارد مهم در خصوص روش مدل‌سازی که باید در جلسه بین کارفرما و مشاور مورد بررسی قرار گیرد عبارتند از:

- ضرورت مدل‌سازی سه‌مرحله‌ای
- نحوه تبادل داده بین سطوح مختلف مدل‌سازی
- الزامات پرداخت مدل
- الزامات اعتبارسنجی

۱۰-۲-۶- فهرست تقاطع‌هایی که باید مدل شوند

پس از تعیین هدف مدل‌سازی (بخش ۱۰-۲-۳-)، باید بر اساس حوزه تأثیر طرح پیشنهادی، محدوده شبکه معابر و تقاطع‌هایی که تحت تأثیر طرح پیشنهادی قرار می‌گیرد و برای ارزیابی اثرات طرح بر شبکه باید مدل‌سازی شود، تعیین و در فهرست انتظارات از مدل‌سازی (بخش ۱۰-۲-۸-) درج شود.

۱۰-۲-۷- نرم‌افزار و نسخه‌ی آن

پس از تعیین محدودهٔ مورد مطالعه و هدف مدل‌سازی، باید مناسب‌ترین نرم‌افزار و نسخهٔ آن برای ساخت مدل انتخاب

و در فهرست انتظارات از مدل‌سازی (بخش ۱۰-۲-۸-) درج شود.

۱۰-۲-۸- فهرست انتظارات از مدل‌سازی

گزارش فهرست انتظارات از مدل‌سازی، باید الزامات مدل‌سازی را که در بخش ۱۰-۲-۲- تا ۱۰-۲-۷- اشاره شد، با دقت بیان کند. هر تغییری در این فهرست باید با هماهنگی کارفرما و مشاور انجام شود.

۱۰-۲-۹- تائید مرحله اول فرآیند ارزیابی مدل

کارفرما باید گزارش تعیین محدوده مورد مطالعه و فهرست خروجی‌های مورد انتظار از مدل‌سازی را تائید و به مشاور ابلاغ کند. پس‌ازآن، مرحله اول فرآیند ارزیابی مدل خاتمه یافته و می‌توان مرحله دوم این فرآیند را آغاز کرد.

۱۰-۳- مرحله چهارم فرآیند ارزیابی مدل: تعیین محدوده مورد مطالعه برای مدل طرح پیشنهادی

۱۰-۳-۱- مقدمه

پیش از شروع فعالیت‌های مرتبط با مدل‌سازی طرح پیشنهادی، برگزاری جلسات هماهنگی بین کارفرما، مشاور و سایر ذی‌نفعان ضروری است. در این جلسات، باید جزییات طرح پیشنهادی، روش مدل‌سازی و خروجی‌های مورد انتظار از مدل‌سازی مجدداً بررسی و تائید شود. این سند پس از به‌روزرسانی، توسط کارفرما به مشاور ابلاغ و در طی فرآیند مدل‌سازی و ارزیابی مدل ملاک عمل خواهد بود.

۱۰-۳-۲- تعیین محدوده‌ی مورد مطالعه برای مدل طرح پیشنهادی

همه توافق‌های صورت‌پذیرفته در جلسات تعیین محدودهٔ مورد مطالعه باید در گزارش فهرست انتظارات از مدل‌سازی درج شود. برخی از مواردی که باید در گزارش تعیین محدودهٔ مورد مطالعه درج شود عبارتند از:

- بازبینی اهداف مدل‌سازی (بخش ۱۰-۳-۳-)
- روش مدل‌سازی (بخش ۱۰-۳-۴-) شامل:
  - الزامات فرآیند سه‌مرحله‌ای مدل‌سازی
  - سطوح مختلف مدل‌سازی مورد نیاز
  - اندرکنش بین سطوح مختلف مدل‌سازی شامل ورودی‌ها و خروجی‌ها
- بازبینی محدوده‌ی مدل‌سازی شامل:
  - یکسان بودن سال‌های افق در سطوح مختلف مدل‌سازی
  - در نظر گرفتن معابر/ تقاطع‌های بحرانی در شبکه
- بازبینی نرم‌افزار مدل‌سازی

- بررسی نیاز به تغییر نرم‌افزار مدل‌سازی به دلیل تغییر شرایط مانند بروز ازدحام یا تغییر وسیله سفر
- طبقه‌بندی وسایل نقلیه/ پیاده
  - هرگونه طبقه‌بندی تکمیلی مورد نیاز برای طرح‌های پیشنهادی
- فهرست طرح‌هایی که باید در فرآیند مدل‌سازی سه‌مرحله‌ای، در مدل پایه‌ی افق گنجانده شوند (بخش ۱۰-۳-۵-)
- تقاضای سفر آینده (بخش ۱۰-۳-۶-)
- مدل‌سازی حمل‌ونقل همگانی
- مدل‌سازی دوچرخه
- مدل‌سازی پیاده
- راهبردهای بهینه‌سازی عملکرد چراغ‌های راهنمایی
- خروجی‌های مدل
- ارائه‌ی نتایج مدل:
  - ایجاد طیف نتایج
  - پیش‌بینی‌های احتیاطی
  - توزیع
- مستندسازی:
  - به‌روزرسانی فهرست انتظارات از مدل‌سازی (بخش ۱۰-۳-۸-)
  - گزارش‌های مطالعه
  - صورت‌جلسه‌ها
- برنامه زمان‌بندی انجام مطالعه

۱۰-۳-۳- هدف از مدل‌سازی

در هنگام تعیین محدوده‌ی مورد مطالعه برای مدل طرح پیشنهادی، باید اهداف مدل‌سازی در صورت نیاز بازنگری شده و تأثیر آن بر روش مدل‌سازی طرح پیشنهادی و متناسب بودن مدل با اهداف مطالعه بررسی شود. هدف از مدل‌سازی باید در صورت نیاز در فهرست انتظارات از مدل‌سازی به‌روزرسانی شود.

۱۰-۳-۴- روش مدل‌سازی

روش مدل‌سازی در مرحله اول فرآیند ارزیابی مدل تعیین شد (بخش ۱۰-۲-۵-). بااین‌حال ممکن است در هنگام تعیین محدوده‌ی مورد مطالعه برای مدل طرح پیشنهادی، روش مدل‌سازی بازنگری شود. در این صورت، فهرست انتظارات

از مدل‌سازی نیز باید متناسب با آن به‌روز شود (بخش ۱۰-۳-۸-). برخی موارد مهم در خصوص بازنگری روش مدل‌سازی که باید در جلسه بین کارفرما و مشاور مورد بررسی قرار گیرد عبارتند از:

- ضرورت مدل‌سازی سه‌مرحله‌ای
- تبادل داده بین سطوح مختلف مدل‌سازی
- رفت‌وبرگشت بین سطوح مختلف مدل‌سازی
- معیارهای ارزیابی کاهش اثرات منفی طرح

۱۰-۳-۵- طرح‌های پیشنهادی برای آینده

پس از تعیین محدوده‌ی مورد مطالعه برای مدل طرح پیشنهادی، باید ضرورت یا عدم ضرورت استفاده از فرآیند سه‌مرحله‌ای مدل‌سازی تعیین شده و به تائید کارفرما برسد. اگر از فرآیند سه‌مرحله‌ای مدل‌سازی استفاده شود، باید در خصوص نحوه در نظر گرفتن طرح‌ها و تغییرات احتمالی شبکه معابر در مدل پایه‌ی افق و مدل طرح پیشنهادی تصمیم‌گیری شود. این تغییرات شامل طرح‌های است که تا سال افق درون محدوده مورد مطالعه یا بیرون آن اجرا خواهد شد و بر عرضه و تقاضا در مدل تأثیر می‌گذارند.

فهرست انتظارات از مدل‌سازی باید بر اساس طرح‌ها و تغییرات احتمالی شبکه در مدل، به‌روزرسانی شود. اطلاعات مورد نیاز در خصوص جزئیات طرح‌ها و تغییرات احتمالی شبکه باید توسط کارفرما به مشاور ارائه شود.

۱۰-۳-۶- تقاضا در آینده

پس از تعیین محدوده‌ی مورد مطالعه برای مدل طرح پیشنهادی، باید تقاضای سفر آینده‌ی با وسایل سفر زیر بازبینی شود:

- خودروی شخصی
- حمل‌ونقل همگانی
- دوچرخه
- پیاده

در بازبینی تغییرات تقاضا، باید موارد زیر در نظر گرفته شود:

- رشد تقاضا یا تقاضای جدید
- احتمال تغییر مسیر، ناشی از طرح پیشنهادی یا طرح‌ها و تغییرات احتمالی شبکه
- تغییر انتخاب وسیله سفر

بسته به سطح مدل‌سازی و نرم‌افزار مدل‌سازی مورد استفاده، باید تغییرات تقاضا را در مدل‌سازی طرح پیشنهادی در

نظر گرفت. جزییات لازم در فرآیند ارزیابی مدل در فصل‌های مرتبط با هر نرم‌افزار توضیح داده خواهد شد. نحوه در نظر گرفتن تغییرات تقاضا در آینده در مدل‌سازی، باید به تائید کارفرما رسیده و در فهرست انتظارات از مدل‌سازی به‌روزرسانی شود.

۱۰-۳-۷- گزارش‌دهی

نتایج و خروجی‌های مدل‌سازی، برای تحلیل و ارزیابی اثرات احتمالی طرح پیشنهادی به کار می‌رود. مستندسازی فرآیند ساخت و پرداخت مدل شامل مفروضات و گزارش نتایج ارزیابی طرح ضروری است. در جلسه‌ی تعیین محدوده‌ی مورد مطالعه برای مدل طرح پیشنهادی، نحوه تهیه گزارش‌ها شامل موارد زیر باید تعیین و در فهرست انتظارات از مدل‌سازی (بخش ۱۰-۳-۸-) ثبت شود:

- مدارک مورد نیاز
- خروجی‌های مدل، شامل مقایسه‌ی بین گزینه‌های مختلف
- تبادل داده بین سطوح مختلف مدل‌سازی

۱۰-۳-۸- فهرست انتظارات از مدل‌سازی

گزارش فهرست انتظارات از مدل‌سازی که در مرحله اول فرآیند ارزیابی مدل تهیه شد، باید بر اساس اطلاعات جدید در این مرحله و الزاماتی که در بخش ۱۰-۳-۲- تا ۱۰-۳-۷- اشاره شد، بازبینی و به‌روزرسانی شود. هر تغییری در این فهرست باید با هماهنگی کارفرما و مشاور انجام شود.

۱۰-۳-۹- تائید مرحله چهارم فرآیند ارزیابی مدل

کارفرما باید گزارش تعیین محدوده مورد مطالعه برای مدل طرح پیشنهادی و فهرست خروجی‌های مورد انتظار از مدل‌سازی را پس از به‌روزرسانی، تائید و به مشاور ابلاغ کند. پس‌ازآن، مرحله چهارم فرآیند ارزیابی مدل خاتمه یافته و می‌توان مرحله پنجم این فرآیند را آغاز کرد.

۱۰-۴- مرحله ششم فرآیند ارزیابی مدل: اتمام فرایند ارزیابی

مرحله ششم، آخرین مرحله‌ی فرآیند ارزیابی مدل است. در این مرحله کارفرما ارزیابی خود را از کیفیت و کفایت مدل‌سازی به مشاور ابلاغ می‌کند. توجه شود که در طی فرآیند ارزیابی، مشاور کلیه اصلاحات لازم را در مدل اعمال کرده و در این مرحله، باید قادر به اخذ تائید کارفرما باشد، اما اگر کارفرما مدل را تائید نکند، یا باید مطالعه در همین مرحله خاتمه یابد و یا بخش مدل‌سازی توسط مشاور دیگری که موردقبول کارفرما است انجام/اصلاح شود.

اگر ارزیابی مدل مشخص کند که باید تغییراتی در طرح پیشنهادی اعمال شود، باید مدل طرح پیشنهادی اصلاح شده

و به مرحله‌ی چهارم فرآیند ارزیابی مدل بازگشت. اگر مدت‌زمان زیادی سپری‌شده یا محدوده‌ی مورد مطالعه تغییرات زیادی کرده، لازم است که به مرحله‌ی اول فرآیند ارزیابی مدل بازگشت.

پس از تائید مدل‌ها توسط کارفرما، طرح پیشنهادی ارزیابی شده و نتایج آن برای تصمیم‌گیری به کارفرما ارائه می‌شود تا اگر طرح مناسب تشخیص داده شد، مراحل اجرا را طی کند. اگر طرح پیشنهادی منجر به تغییراتی در شبکه بزرگراهی یا اتوبوسرانی شود، تهیه گزارش اثرات طرح پیشنهادی بر اساس مدل کلان‌نگر الزامی است. اگر نیازی به گزارش اثرات طرح پیشنهادی نباشد، فرآیند ارزیابی مدل پس از ارائه‌ی گزارش ارزیابی مدل‌سازی به پایان می‌رسد.

فصل ۱۱

فرآیند ارزیابی مدل در ایمسان

فرآیند ارزیابی مدل در نرم‌افزار ایمسان

۱۱-۱- دامنه کاربرد

راهنمای فرآیند ارزیابی مدل در نرم‌افزار ایمسان، باید برای ارزیابی کلیه مطالعاتی که در آن‌ها از این نرم‌افزار استفاده شده است، به کار رود.

۱۱-۲- مرحله دوم-الف فرآیند ارزیابی مدل: ساخت مدل اسکلت‌بندی ایمسان

۱۱-۲-۱- مدل اسکلت‌بندی ایمسان

مدل اسکلت‌بندی ایمسان یک مدل غیروابسته به زمان است که ساختار پایه‌ی شبکه و مقادیر صحیح پارامترهای پایهٔ مورد نیاز برای ساخت مدل را شامل می‌شود. مدل اسکلت‌بندی، باید همراه با گزارش جزئیات روش مدل‌سازی که شامل جزئیات رویکرد استفاده شده برای انتخاب مسیر و تخصیص ترافیک است، توسط کارفرما بررسی و تائید شود. کارفرما باید پارامترهای زیر را به‌عنوان پارامترهای پایه در مدل اسکلت‌بندی ایمسان تائید کند:

- پارامترهای شبیه‌سازی
- دستگاه مختصات و واحدهای اندازه‌گیری
- داده‌های GIS
- نوع وسایل نقلیه
- درجه معبر

۱۱-۲-۲- کاربرد مدل اسکلت‌بندی ایمسان

ساخت، پرداخت و اعتبارسنجی یک مدل شبیه‌سازی خردنگر مستلزم صرف زمان و هزینه است. مرحله‌ی ۲-الف از فرآیند ارزیابی مدل با بررسی اصول کلی مدل‌سازی، از دوباره‌کاری و تغییرات آتی در مراحل بعدی پیشگیری می‌کند. کارفرما باید پارامترهای پایه مدل‌سازی ایمسان را پیش از ساخت، پرداخت و اعتبارسنجی مدل تائید کند. تغییر پارامترهای پایه (بخش ۱۱-۲-۱-) پس از اعتبارسنجی مدل، ممکن است تأثیر قابل‌توجهی بر عملکرد مدل داشته باشد. در این شرایط، پرداخت و اعتبارسنجی مجدد مدل ضروری است.

۱۱-۲-۳- گزارش مدل‌سازی

مشاور باید مدل اسکلت‌بندی ایمسان را همراه با گزارش مدل‌سازی به کارفرما ارائه کند. موضوعات زیر باید در این گزارش بیان شود:

- محدوده مورد مطالعه و هدف از مدل‌سازی با ایمسان که در مرحله‌ی اول فرآیند ارزیابی مدل تعیین شده و در

گزارش فهرست انتظارات از مدل‌سازی بیان شده است.

- محدوده مدل‌سازی، بر اساس مرحله‌ی اول فرآیند ارزیابی مدل
- بازه‌های زمانی مدل‌سازی، بر اساس مرحله‌ی ۱ فرآیند ارزیابی مدل
- جزئیات هرگونه تغییر نسبت به مقادیر پیش‌فرض ایمسان به همراه شرح دلیل این تغییرات
- منابع داده‌های مورد استفاده برای تعریف پارامترها در مدل اسکلت‌بندی
- منبع شبکه‌ی معابر که ممکن است ورودی از GIS (مانند Open Street Map)، ورودی از دیگر مدل‌های حمل‌ونقل، زیرشبکه‌ای از یک مدل ایمسان بزرگ‌تر، یا ترسیم دستی از روی عکس پس‌زمینه، باشد.
- روش مدل‌سازی تقاضای تردد. اگر مدل‌سازی انتخاب مسیر یا زمان سفر لازم نباشد، استفاده از روش «وضعیت تردد» در ایمسان قابل‌قبول است که در آن فقط حجم جریان در معابر و نسبت گردش‌ها در تقاطع‌ها وارد نرم‌افزار می‌شود. اگر نیاز به مدل‌سازی انتخاب مسیر یا اندازه‌گیری زمان سفر باشد، باید از ماتریس مبدأ-مقصد تقاضای سفر استفاده شود.
- روش تخصیص ترافیک مورد استفاده در مدل که باید تخصیص ایستا باشد. در مواردی که استفاده از تخصیص پویا ضروری باشد، باید دلایل توجیهی در هنگام تعیین محدوده‌ی مورد مطالعه در مرحله اول فرآیند ارزیابی مدل بیان و تائید کارفرما اخذ شود.
- هر فرض دیگری که باید در هنگام پرداخت مدل پایه در مرحله‌ی دوم-ب فرآیند ارزیابی مدل در نظر گرفته شود.

۱۱-۲-۴- پارامترهای نرم‌افزار و شبیه‌سازی

نسخه‌ی نرم‌افزار باید در مرحله اول فرآیند ارزیابی مدل تعیین و در فهرست انتظارات از مدل‌سازی درج شود. پارامترهای زیر باید در نرم‌افزار به‌درستی تنظیم شود:

- قوانین رانندگی: رانندگی باید در سمت راست باشد.
- بازه‌ی شبیه‌سازی: باید شامل ساعت اوج، زمان گرم کردن و زمان سرد کردن باشد (بخش ۳-۴-).
- گام شبیه‌سازی: مقدار پیش‌فرض گام شبیه‌سازی، با زمان واکنش کلیه وسایل نقلیه متناسب است. مقادیر مناسب برای گام شبیه‌سازی در بازه‌ی ۰/۶ تا ۱ ثانیه موردقبول است. مقادیر کمتر منجر به مدلی دقیق‌تر از منظر ریاضی و در مقابل، سرعت پایین‌تر شبیه‌سازی می‌شود. در صورت استفاده از سایر مقادیر، کسب نظر کارفرما ضروری است.

۱۱-۲-۵- دستگاه مختصات و واحدهای مدل

در ایمسان باید از دستگاه مختصات UTM به شماره‌ی EPSG:32639 استفاده شود تا امکان تبادل اطلاعات بین مدل‌های ساخته شده در سطوح مختلف و در مطالعات مختلف وجود داشته باشد. ایمسان قادر است داده‌های سایر

دستگاه‌های مختصات را در زمان وارد کردن، به دستگاه مختصات UTM تبدیل کند. واحدهای مدل ایمسان باید متریک و واحد زمان ثانیه باشد.

۱۱-۲-۶- تصویر پس‌زمینه، وارد کردن مدل یا زیرشبکه

باید از یک تصویر پس‌زمینه مناسب مانند یک نقشه‌ی اتوکد، یک تصویر هوایی یا تصویر نقشه‌های اینترنتی برای نمایش موقعیت محدوده مورد مطالعه در ایمسان استفاده شود. مقیاس پس‌زمینه و جهت آن باید درست و منطبق بر دستگاه مختصات باشد. تصویر پس‌زمینه باید به‌روز بوده و دارای وضوح مناسب برای ترسیم شبکه باشد.

شبکه اسکلت‌بندی ایمسان را می‌توان با وارد کردن به چند روش ایجاد کرد:

- وارد کردن شبکه از نقشه‌های اینترنتی مانند سیستم‌های GIS یا Open Street Map
- وارد کردن یک زیرشبکه از یک مدل بزرگ‌تر که قبلاً در ایمسان ساخته شده است
- ترسیم دستی شبکه بر اساس تصاویر پس‌زمینه

اگر شبکه از منابع خارجی یا مدل‌های دیگر وارد شود، لازم است موارد زیر به‌طور دقیق بررسی شود:

- درستی درجه‌بندی معابر پس از ورود به نرم‌افزار
- سازگاری درجه معبر و سایر ویژگی‌های آن. توصیه می‌شود با استفاده از نمایش ویژگی‌های ایستای هر بخش از معبر در ایمسان، این موضوع به‌صورت چشمی بررسی شود.
- درستی هندسه‌ی تقاطع‌ها، گردش‌ها و حق‌تقدم‌ها
- درستی لایه‌بندی اجزای شبکه

انتخاب دستگاه مختصات باید پیش از ورود یا ویرایش داده‌ها در ایمسان، انجام شود و پس‌ازآن، تغییر دستگاه مختصات، باعث اختلال در شبکه ترسیم شده خواهد شد.

۱۱-۲-۷- طبقه‌بندی و انواع وسایل نقلیه

منظور از طبقه‌بندی وسایل نقلیه، قراردادن آن‌ها در دسته‌هایی با ابعاد و اندازه مشابه است. نوع وسیله نقلیه نیز متناظر با نوع سیستم حمل‌ونقل است. استفاده از دسته‌های زیر در ایمسان توصیه می‌شود:

- طبقه‌بندی وسایل نقلیه:
  - دوچرخه: مجاز به استفاده از خط دوچرخه
  - خودروی شخصی: خودروی سواری، خودروی تجاری سبک، تاکسی
  - خودروی سنگین: خودروهای تجاری سنگین و اتوبوس
  - خودروی همگانی: وسایل نقلیه همگانی شامل اتوبوس، تاکسی‌هایی که اجازه‌ی تردد در خطوط ویژه‌ی

اتوبوس دارند

- انواع وسایل نقلیه:
  - خودروی سواری: خودروی سواری شخصی
  - ون: ابعاد ون متوسط و عملکرد آن مانند یک خودروی سواری است
  - کامیون: خودروهای تجاری سنگین با دو یا سه محور
  - تریلی: خودروهای تجاری سنگین با چهار محور یا کمرشکن
  - تاکسی: خودروی سواری تاکسی
  - اتوبوس: اتوبوس حمل‌ونقل همگانی
  - پیاده
  - دوچرخه

هر نوع وسیله‌ی نقلیه باید دارای یک مدل سه‌بعدی باشد تا در هنگام نمایش سه‌بعدی مدل از آن استفاده شود. ابعاد تاکسی و اتوبوس باید بر اساس نمونه‌های واقعی در مدل وارد شود. برای سایر انواع وسایل نقلیه نیز طیفی از ابعاد استاندارد قابل استفاده است. برای هر نوع وسیله نقلیه، باید پارامترهای زیر در مدل تعیین شود:

- پارامترهای فیزیکی:
  - طول: طول وسیله نقلیه برحسب متر.
  - عرض: عرض وسیله نقلیه برحسب متر.
- پارامترهای پویایی حرکت:
  - بیشینه سرعت مطلوب[۱]: سرعتی که راننده در شرایط جریان آزاد (بدون مانع) تمایل به حرکت دارد.
  - بیشینه‌ی شتاب افزایش سرعت: حداکثر نرخ شتاب‌گیری وسیله نقلیه
  - بیشینه‌ی شتاب کاهش سرعت: حداکثر نرخ ترمزگیری که در شرایط اضطراری به کار می‌رود.
  - شتاب کاهش سرعت عادی: نرخ شتاب منفی (ترمزگیری) که راننده در شرایط عادی و غیر اضطراری از آن استفاده می‌کند.
- پارامترهای مدل پیروی خودرو[۲] (پارامترهای زیر در ویرایشگر نوع وسیله، زبانه مدل‌های پویا یافت می‌شوند):
  - ضریب حساسیت راننده[۳]: این ضریب، میزان تأثیر فاصله تا خودروی جلویی بر زمان واکنش راننده را کنترل می‌کند.

---

[۱] Maximum Desired Speed

[۲] Car-Following

[۳] Sensitivity Factor

- تهاجمی بودن فاصله طولی[۱]: میزان تمایل راننده برای حفظ فاصله‌های زمانی کمتر (رفتار تهاجمی) یا بیشتر (رفتار محتاطانه) از خودروی جلویی را مشخص می‌کند.
- ضریب حاشیه ایمنی[۲]: یک ضریب ایمنی اضافی برای سبقت گرفتن که به محاسبات مدل پیروی خودرو افزوده می‌شود.

• پارامترهای عمومی رفتار راننده:

- کمینه فاصله از خودروی جلو[۳]: کمینه فاصله خالص (فاصله بین سپر عقب خودروی جلویی و سپر جلوی خودروی عقبی) که راننده در حالت توقف کامل حفظ می‌کند.
- بیشینه زمان راه دادن[۴]: بیشینه زمانی که یک وسیله نقلیه در محل دارای حق تقدم منتظر ایجاد یک فاصله ایمن در جریان ترافیک متعارض می‌ماند.
- پذیرش سرعت مجاز[۵]: ضریبی که تمایل راننده به حرکت با سرعتی بیشتر یا کمتر از سرعت مجاز معبر را مدل می‌کند.
- حد پذیرش راهنما[۶]: درصد احتمال پیروی راننده از راهنمایی‌های سیستم‌های هوشمند حمل‌ونقل مانند تابلوهای پیام متغیر
- زمان واکنش: زمان پایه (بر حسب ثانیه) که طول می‌کشد تا راننده به تغییرات سرعت خودروی جلویی واکنش نشان دهد.
- زمان واکنش در توقف: زمان واکنش مشخص راننده برای شروع حرکت از حالت توقف کامل (مثلاً پشت یک خط ایست)
- زمان واکنش در چراغ راهنمایی: زمان واکنش خاص راننده به حرکت خودروی جلویی در صف پشت چراغ راهنمایی.
- قابلیت اجازه رفتار غیرخط مبنا یک ابزار پیشرفته در ایمسان برای شبیه‌سازی شرایطی است که وسایل نقلیه (مانند موتورسیکلت‌ها در ترافیک سنگین یا خودروها در تقاطع‌های بزرگ و بدون خط‌کشی) به‌صورت کامل از خط‌کشی‌ها پیروی نمی‌کنند.

مقادیر پیش‌فرض زمان‌های واکنش در هنگام رانندگی و پشت خطوط توقف یا چراغ راهنمایی به‌صورت مجموعه‌ای از احتمالات برای هر نوع وسیله‌ی نقلیه در ایمسان موجود است. می‌توان با استفاده از اندازه‌گیری میدانی این مقادیر را بهبود

---

[۱] Headway Aggressiveness

[۲] Safety Margin Factor

[۳] Min Distance between vehicles

[۴] Maximum Yield Time

[۵] Speed Limit Acceptance

[۶] Guidance Acceptance Level

داد. تغییر مقادیر پیش‌فرض پارامترهای رفتاری وسایل نقلیه باید بر اساس داده‌های میدانی مناسب انجام شده و ضمن درج در گزارش مدل‌سازی (بخش ۱۱-۲-۳-)، توسط کارفرما تائید شود.

استفاده از پارامترهای نادرست برای وسایل نقلیه بر زمان سفر و عملکرد شبکه تأثیر می‌گذارد. به همین دلیل انواع وسایل نقلیه باید در مدل اسکلت‌بندی به‌درستی تعریف شده باشند.

۱۱-۲-۸- درجه‌بندی معبر و نوع خط

درجه‌بندی معبر[۱] مجموعه‌ای از پارامترهای رفتاری پیش‌فرض را برای کمان‌ها و گردش‌ها تعریف می‌کند. توصیه می‌شود درجه‌بندی معبر در مدل تا حد امکان منطبق بر آیین‌نامه طراحی معابر شهری باشد، اما گاهی ایجاد نوع جدیدی از معبر در زیرمجموعهٔ درجه‌های اصلی، به‌ویژه بر اساس تغییر سرعت مجاز حرکت، ضروری است. در این حالت باید دلایل ایجاد نوع جدید معبر و مشخصات آن گزارش مدل‌سازی (بخش ۱۱-۲-۳-) ارائه شود. نوع خط، که برای تعریف خطوط ویژه وسایل نقلیه مختلف به کار می‌رود، شامل موارد زیر است:

- خط ویژه حمل‌ونقل همگانی
- خط ویژه دوچرخه
- خط ویژه پیاده

سرعت مجاز هر کمان از معبر باید بر اساس درجه آن در مدل وارد شده و در صورت لزوم، مقادیر پیش‌فرض اصلاح شود. سایر پارامترهای معبر یا گردش‌های تقاطع‌ها نیز ممکن است در طی فرآیند پرداخت مدل تغییر کند. این تغییرات برای هر نوع معبر باید بر اساس برداشت‌های میدانی باشد. مقادیر پارامترهای زیر برای هر نوع معبر باید در گزارش مدل‌سازی (بخش ۱۱-۲-۳-) ارائه شود:

- سرعت مجاز
- ظرفیت (در هر خط)
- عرض خط
- تغییر خط تعاملی: درصد تمایل رانندگان برای راه دادن به دیگران
- تغییر خط تهاجمی: میزان تمایل راننده برای پذیرش فاصله‌های کوچک‌تر و پرخطرتر هنگام تغییر خط.
- تغییر خط ناگهانی (بی‌ملاحظه)[۲]: درصدی از رانندگان که حتی اگر شرایط کاملاً ایمن نباشد، برای رسیدن به مسیر هدف خود اقدام به تغییر خط می‌کنند. این پارامتر برای مدل‌سازی رفتارهای پرخطرتر کاربرد دارد.
- شدت ترمزگیری

---

[۱] Road Type

[۲] Imprudent Lane Changing

- سرعت در خط‌کشی شطرنجی تقاطع[۱]
- زمان انتظار قبل از رد کردن یک حرکت گردشی
- حاشیه‌ی ایمنی اولیه/نهایی: کمینه فاصله زمانی ایمن که راننده برای ورود به جریان متعارض نیاز دارد
- ضریب زمان راه‌دادن اولیه/نهایی: ضرایبی که بر محاسبات مدل راه دادن تأثیر می‌گذارند
- میدان دید برای راه‌دادن
- میدان دید در راستای جریان اصلی

۱۱-۲-۹- مدل تخصیص و انتخاب مسیر

مدل تخصیص ترافیک باید بر اساس گزارش مرحله‌ی اول فرآیند ارزیابی مدل انتخاب شود. اگر از ماتریس مبدأ-مقصد برای تعیین تقاضای تردد استفاده شود، باید مسیر حرکت وسایل نقلیه برای عبور در مدل تعیین شود. بهتر است از مسیرهای ایستا استفاده شود تا در حین اجرای مدل دچار تغییر نشوند. مسیرهای ایستا را می‌توان به روش‌های زیر در مدل وارد کرد:

- مسیر را به‌صورت دستی ترسیم کرد
- مسیر را در ابتدای کار مدل یا در انتهای مرحله‌ی گرم‌کردن ایجاد کرد
- مسیر را از یک مدل بزرگ‌تر که قبلاً ساخته شده به مدل کنونی وارد کرد
- مسیر را از یک فرآیند تخصیص در مدل کنونی تعیین کرد

استفاده از مدل‌های پویا فقط در مواردی لازم است که مسیرهای ایستا به‌درستی قابل پیاده‌سازی نباشد. در مواردی که باید از مدل‌های پویا استفاده کرد، توصیه می‌شود ترکیبی از تخصیص ایستا و پویا به کار گرفته شود تا به همگرایی در شبکه‌های پرازدحام کمک کند. در مواردی که مسیرهای جایگزین در شبکه وجود داشته یا طرح‌های پیشنهادی منجر به تغییر زمان سفر یا اضافه/کم شدن مسیر حرکت شود، باید از تخصیص پویا استفاده کرد. این موارد باید در مرحله‌ی اول فرآیند ارزیابی مدل بین کارفرما و مشاور مورد توافق قرار گیرد. تأثیر این طرح‌ها بر انتخاب مسیر وسایل نقلیه نیز باید در تحلیل نتایج ارائه شود.

روش مورد استفاده برای ایجاد مسیرها و نحوه تخصیص وسایل نقلیه به آن‌ها باید گزارش شود. معیارهای همگرایی مدل و پایداری تخصیص ترافیک باید برای استفاده در مرحله‌ی دوم-ب فرآیند ارزیابی مدل تعیین و گزارش شود.

۱۱-۲-۱۰- ساختار شبکه

ساختار شبکه در مدل اولیه باید به‌درستی و بر اساس نقشه‌های موجود ترسیم شده باشد. موارد کلیدی در ساختار

---

[۱] خط‌کشی شطرنجی یا جعبه‌ی زرد نوعی از خط‌کشی در تقاطع‌هاست که توقف روی آن در تقاطع ممنوع است.

شبکه عبارتند از:

- کمان‌ها:
  - تعداد و عرض خطوط عبوری
  - طول
  - انسداد، کاهش یا افزایش تعداد خطوط
  - خطوط ویژه وسایل نقلیه خاص
  - خطوط ویژه دوچرخه و پیاده
  - خطوط جانبی (لچکی)
- گره‌ها:
  - تعریف گردش‌های مجاز
  - اتصال‌دهنده‌های خط به خط
  - خطوط توقف میانی
  - قوانین حق تقدم
  - سرعت و هندسه‌ی گردش در تقاطع

هر کمان از معبر، دارای مشخصات یکسانی است. بنابراین اگر مشخصات هندسی معبر مانند تعداد خطوط تغییر کرد، باید کمان جدیدی تعریف شود. طول کمان باید به‌اندازه‌ای باشد که رفتار وسایل نقلیه به‌درستی شبیه‌سازی شود. اتصال‌دهنده‌های خط به خط باید برای پیشگیری از تداخل در محل اتصال کمان‌ها به‌درستی ترسیم شوند. در خطوط دور میدان، این اتصال‌ها باید به‌گونه‌ای باشد که رفتار تداخلی در خطوط گردشی دور میدان را به‌خوبی شبیه‌سازی کند.

۱۱-۲-۱۱- سایر مسائل مدل‌سازی

جزئیات سایر مسائل، مفروضات یا چالش‌های فنی که در بخش‌های پیشین بیان نشد، باید گزارش ارائه شود.

۱۱-۲-۱۲- تائید مرحله دوم-الف

مشاور موظف است اصلاحات موردنظر کارفرما را انجام دهد یا با ارائه مستندات و دلایل لازم تائید وی را اخذ کند. اگر مدل ایراد اساسی داشته باشد، کارفرما باید ضمن برگزاری جلسه‌ای با مشاور، خواستار اصلاح مدل شود. کارفرما باید مدل و گزارش بخش ۱۱-۲- را تائید و به مشاور ابلاغ کند. پس‌ازآن، مرحله دوم-الف فرآیند ارزیابی مدل خاتمه یافته و می‌توان مرحله دوم-ب این فرآیند را آغاز کرد.

۱۱-۳- مرحله دوم-ب فرآیند ارزیابی مدل: پرداخت مدل پایه ایمسان

۱۱-۳-۱- پرداخت مدل پایه ایمسان

پس از ساخت مدل اسکلت‌بندی ایمسان، باید آن را بر اساس مشخصات عرضه و تقاضا در محدوده مورد مطالعه پرداخت کرد. در مرحله دوم-ب از فرآیند ارزیابی مدل، پرداخت مدل پایه برای همه بازه‌های زمانی مدل‌سازی الزامی است. مدل ایمسان پس از پرداخت دارای اطلاعات زیر خواهد بود:

- داده‌های تقاضای تردد حاصل از آماربرداری میدانی، بر اساس محدوده مورد مطالعه و اهداف تعریف شده در مرحله‌ی اول فرآیند ارزیابی مدل
- داده‌های حمل‌ونقل همگانی، که سطح جزییات مدل‌سازی حمل‌ونقل همگانی بر اساس اهداف مدل‌سازی که در مرحله اول فرآیند ارزیابی مدل تعریف شده، تعیین می‌شود.
- داده‌های میدانی صحیح از زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی در بازه‌ی زمانی مدل‌سازی
- پرداخت جریان اشباع در تقاطع‌های چراغ‌دار با استفاده از «افزونه‌ی ارزیابی نرخ تخلیه»
- مدل‌سازی رفتار راه‌دادن یا حق تقدم عبور متناسب با شرایط واقعی
- ساختار شبکه معابر و کمان بندی آن متناسب با رفتار واقعی تردد

۱۱-۳-۲- کاربرد مدل پایهٔ پرداخت‌شدهٔ ایمسان

کیفیت پرداخت مدل پایه نشان‌دهنده‌ی کفایت داده گردآوری شده و درک درست مشاور از شبکه و ویژگی‌های آن است. کارفرما باید مدل پایه‌ی پرداخت‌شده را به لحاظ تطابق با وضع موجود شبکه تائید کند. در این صورت، بررسی فرایند اعتبارسنجی مدل تسهیل خواهد شد.

۱۱-۳-۳- گزارش پرداخت

مشاور باید گزارش پرداخت مدل را به همراه مدل پرداخت‌شده به کارفرما ارائه کند. گزارش پرداخت باید شامل موارد زیر باشد:

- هدف مدل‌سازی که در گزارش مرحله‌ی اول فرآیند ارزیابی مدل در فهرست انتظارات از مدل‌سازی تعریف شده است
- مشخصات معابر و تقاطع‌ها
- شرح مشاهدات میدانی از محدودیت‌های فیزیکی شبکه و رفتار وسایل نقلیه. اگر رفتاری تنها در بازه‌ی زمانی خاصی از روز مشاهده می‌شود، باید به آن اشاره شده و مشاور شرح دهد که این مشاهدات چگونه در ساختار مدل پیاده‌سازی شده است

- نحوه برداشت میدانی یا محاسبه جریان اشباع و مقادیر مورد استفاده در مدل
- زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی و نحوه محاسبه میانگین آن برای چراغ‌های هوشمند
- فهرستی از تغییرات شبکه نسبت به مدل تائید شده در مرحله‌ی دوم-الف فرآیند ارزیابی مدل و شرح آن
- داده‌های مورد استفاده برای ساخت مدل ایمسان (مانند داده‌های تردد، داده‌های چراغ‌های راهنمایی، جدول زمان‌بندی/ مسیر حمل‌ونقل همگانی، و منبع تصویر پس‌زمینه یا زیرشبکه وارد شده به مدل)
- فهرستی از مفروضات مدل‌سازی و دلایل آن
- فهرستی از تغییرات اعمال شده به پارامترهای پیش‌فرض و دلایل آن

۱۱-۳-۴- داده‌های پایه تردد

کارفرما باید پارامترهای زیر را در مدل بررسی و تائید کند:

- **بازه‌ی زمانی گرم‌کردن در شبیه‌سازی:** به‌منظور تعریف حالت اولیه در بازه‌ی زمانی شبیه‌سازی، که مدت‌زمان آن باید برای مشاهده‌ی شرایط شبکه در آغاز شبیه‌سازی کافی باشد
- **بازه‌ی زمانی شبیه‌سازی:** باید بازه‌ی زمانی پیش از زمان اوج (برای تنظیم بازه‌ی گرم‌کردن)، کل بازه‌ی زمانی اوج و بازه‌ی زمانی پس از اوج (برای بازیابی شرایط پس از اوج) را پوشش بدهد
- **انواع وسایل نقلیه و پارامترهای مربوط:** انواع وسایل نقلیه و ویژگی‌های عملکردی آن‌ها باید به‌درستی مدل شود
- **تقاضای تردد:** تقاضا در شبکه یا با استفاده از «وضعیت تردد» ایمسان (فقط با استفاده از مقدار جریان ورودی و نسبت گردش‌ها) یا با استفاده از ماتریس مبدأ-مقصد و مجموعه‌ای از مسیرها، در مدل تعریف می‌شود. این موارد باید در گزارش تعیین محدوده‌ی مورد مطالعه در مرحله‌ی اول بیان شده و به‌صورت زیر در مدل پیاده‌سازی شود:
  - برای وضعیت تردد:
    - جریان ورودی به تفکیک نوع وسیله‌ی نقلیه در همه کمان‌های معابر ورودی به ناحیه‌ی تحت مدل‌سازی
    - نسبت گردش‌ها به تفکیک نوع وسیله‌ی نقلیه در هر تقاطع. باید از گزینه‌ی «برجسته کردن تعریف نادرست» در وضعیت تردد برای بررسی درستی تعریف نسبت گردش‌ها و این‌که مجموع آن‌ها در تقاطع ۱۰۰٪ است، استفاده شود.
  - برای ماتریس مبدأ-مقصد:
    - ماتریس مبدأ-مقصد به تفکیک نوع وسیله نقلیه
    - یکی از دو مورد زیر:

- حالتی که در آن مسیرها به‌صورت خودکار ایجاد شده‌اند (چه مسیرهای ایستا و چه مسیرهای پویا) و شرح نحوه تعیین آن‌ها در مدل
- یک شیء «تخصیص مسیر» و فایل apa.* مربوط به آن همراه با شرح نحوه ایجاد مسیرها

مشاور باید به موارد زیر توجه کند:

- داده‌های تردد‌شماری در کمان‌ها و گردش‌ها که برای ایجاد وضعیت تردد مورد استفاده قرار گرفته، باید نشان‌دهنده حجم تردد در بازه‌ی زمانی مدل‌سازی باشد
- ماتریس مبدأ-مقصد نیز باید نشان‌دهنده حجم تردد در بازه‌ی زمانی مدل‌سازی باشد
- اگر از ترکیب ماتریس مبدأ-مقصد و مسیرها استفاده شده است، مسیرها باید مطابق واقعیت بوده و زمان سفر وسایل نقلیه مختلف را در نظر بگیرند

باید از «ابزار بررسی پویا» در ایمسان برای بررسی عدم وجود «وسایل نقلیه‌ی گم‌شده» در شبیه‌سازی استفاده شود. وسیله نقلیه گم شده، وسیله‌ای است که مسیری برای آن در نظر گرفته نشده است. اگر برای برخی وسایل نقلیه، «محل‌های گردش ازدست‌رفته» ثبت شده باشد، نشان‌دهنده‌ی تغییر مسیر این وسایل به مسیرهای جدید بوده که باید دلیل آن مشخص و با توجه به شرایط، مورد پذیرش یا عدم پذیرش قرار گیرد.

کارفرما باید تائید کند که تخصیص ترافیک به‌درستی و مطابق موارد مرحله‌ی اول فرآیند ارزیابی مدل صورت پذیرفته است.

۱۱-۳-۵- حمل‌ونقل همگانی

هدف و محدوده‌ی مورد مطالعه در مدل ایمسان که در مرحله‌ی اول فرآیند ارزیابی مدل تعیین شده، سطح جزئیات مدل‌سازی حمل‌ونقل همگانی را مشخص می‌کند. برای مثال، اگر مدل با هدف ارزیابی تأثیر اولویت‌دهی به اتوبوس بر زمان سفر آن تهیه شده، باید کلیه جزئیات شبکه‌ی حمل‌ونقل همگانی در مدل وارد شود.

اجزای حمل‌ونقل همگانی شامل موارد زیر باید به‌درستی در زمان پرداخت در مدل پیاده‌سازی شده و به تائید کارفرما برسد:

- مسیر اتوبوس
- خطوط ویژه اتوبوس
- برنامه‌ی زمان‌بندی اتوبوس شامل زمان اعزام و انحرافات احتمالی آن
- توزیع زمان توقف در ایستگاه اتوبوس
- موقعیت و اندازه‌ی ایستگاه‌های اتوبوس و جایگاه‌های اتوبوس

- تداخل با تردد حمل‌ونقل شخصی

مشاور باید جزئیات و منابع داده‌های مورد استفاده در پرداخت مدل شامل مسیر اتوبوس‌ها و تواتر خدمات‌رسانی آن‌ها را برای بررسی در اختیار کارفرما قرار دهد. خطوط ویژه اتوبوس، ساعات کار و محدودیت‌های تردد انواع وسایل نقلیه باید با داده‌های میدانی مقایسه شود. ممکن است گردآوری داده‌های میدانی شامل داده‌های مربوط به زمان توقف در ایستگاه‌های هر مسیر در هر بازه‌ی زمانی و تعداد مسافران در هر ایستگاه اتوبوس ضرورت یابد.

اندرکنش بین حمل‌ونقل همگانی و حمل‌ونقل شخصی تأثیر قابل‌توجهی بر عملکرد شبکه دارد. به همین دلیل ضروری است مشاور با انجام بازدید میدانی، مسائلی را که باعث کاهش ظرفیت معبر یا تقاطع می‌شود، شناسایی و به‌درستی مدل‌سازی کند. جزئیات این مسائل و روش مدل‌سازی آن باید در گزارش پرداخت (بخش ۱۱-۳-۳-) ارائه شود.

۱۱-۳-۶- داده‌های چراغ‌های راهنمایی

داده‌های زیر باید در پرداخت مدل پایه مورد استفاده قرار گرفته و درستی آن‌ها توسط کارفرما تائید شود:

- ساختار و اجزای اصلی کنترل
  - گروه‌های چراغ: هر فاز چراغ شامل مجموعه‌ای از گردش‌ها است. در مدل باید گروه‌های چراغ به‌درستی تعریف شوند و گردش‌های صحیح به هر گروه تخصیص یابند.
  - برنامه کنترل: برای هر تقاطع چراغ‌دار باید یک یا چند برنامه کنترل تعریف شود که نوع کنترل (ثابت یا هوشمند) و زمان‌بندی را مشخص می‌کند.
  - برنامه کنترل جامع[1]: مجموعه‌ای از برنامه‌های کنترل که در یک سناریوی شبیه‌سازی فعال می‌شوند و امکان مدیریت هماهنگ چراغ‌ها در کل شبکه را فراهم می‌کنند.
- پارامترهای زمان‌بندی (برای کنترلرهای زمان-ثابت)
  - طول چرخه: کل زمان یک چرخه کامل از چراغ راهنمایی.
  - توالی و مدت‌زمان فازها: ترتیب اجرای فازهای مختلف و مدت‌زمان سبز برای هر فاز
  - زمان‌های واسط: شامل زمان زرد و زمان تمام قرمز.
  - اختلاف فاز: هماهنگی زمانی بین تقاطع‌های متوالی برای ایجاد موج سبز.
- کنترل هوشمند و اولویت‌دهی
  - شناساگرهای مرتبط با فازهای هوشمند (القایی): جانمایی و تخصیص صحیح شناساگرها به فازهای هوشمند برای تشخیص حضور خودرو و ارسال فرمان
  - پارامترهای چراغ هوشمند: تعریف پارامترهایی مانند حداقل و حداکثر زمان سبز و تنظیمات مربوط به

[1] Master Control Plan

ساختار کنترلر

- اولویت‌دهی به حمل‌ونقل همگانی: فعال‌سازی و تنظیم پارامترهای مربوط به اولویت‌دهی به اتوبوس یا تراموا در تقاطع‌های چراغ‌دار

تعداد رخداد فازهای وابسته به تقاضا در شبکه باید حداکثر ٪۱۰ با مشاهدات میدانی تفاوت داشته باشد. میانگین تعداد رخدادها باید به همراه برنامه زمان‌بندی در هر بار اجرای شبیه‌سازی در نرم‌افزار ایمسان، در گزارش پرداخت (بخش ۱۱-۳-۳-) ارائه شود.

۱۱-۳-۷- گره‌ها و گردش‌ها

رفتارهایی که در گره‌ها مشاهده می‌شود تأثیر زیادی بر ازدحام و زمان سفر وسایل نقلیه دارد، به‌ویژه در شبکه‌هایی که دارای تقاطع‌های حق‌تقدمی و تقاطع‌های چراغ‌دار با حرکات مخالف هستند. رفتار «رعایت حق تقدم» باید بر اساس مشاهدات میدانی به‌درستی در ایمسان مدل شود. مشاور باید درستی موارد زیر را در گره‌ها بررسی کند:

- علائم راهنمایی مربوط به گردش
- رفتار «رعایت حق تقدم» بین گردش‌ها
- موقعیت خط ایست
- خط ایست اختصاصی گردش در تقاطع، زمانی که تشکیل صف در تقاطع مجاز است
- تنظیمات فاصله تا ناحیه
- پارامترهای مدل پذیرش فاصله عبور
- پارامترهای تقاطع‌های دارای خط‌کشی شطرنجی

در شبکه تهیه شده در مرحله‌ی دوم-الف فرآیند ارزیابی مدل، باید اتصال بین بازوهای تقاطع بر اساس خط‌کشی معبر انجام شده باشد. اگر در هنگام پرداخت مدل بر اساس مشاهدات میدانی، تغییری در این اتصالات ایجاد شود، لازم است جزییات آن در گزارش پرداخت به کارفرما اعلام شود. برای پرداخت مدل در تقاطع، باید موارد زیر دنبال شود:

- در «ویرایشگر گره و گردش‌ها»
  - ابتدا از انطباق اتصال خطوط با مشاهدات میدانی اطمینان حاصل شود
  - موقعیت خطوط توقف تعیین شود
  - مقادیر فاصله تا ناحیه به‌گونه‌ای تنظیم شود که وسایل نقلیه در هنگام نزدیک شدن به تقاطع قادر به تغییر خط باشند
  - در انتها، اگر مقادیر پیش‌فرض ایمسان رضایت‌بخش نبود، مقادیر سرعت گردش تغییر داده شود.
- در «ویرایش‌گر کمان» روی رویکرد یک گره

- زمان «واکنش تکمیلی» برای تخلیه صف تنظیم شود.
- «ضریب شتاب تخلیه‌ی صف» تنظیم شود.
- در قطعاتی که خطوط همگرا می‌شوند، «فاصله‌ی همراهی» و «فاصله‌ی همگرایی» تنظیم شود
- اگر کمان تداخلی قابل‌توجهی در رویکرد تقاطع وجود دارد، مقادیر «همراهی برای تغییر خط»، «ترمزگیری» و «رفتار تهاجمی» تنظیم شود.

۱۱-۳-۸- عملکرد شبکه

ساختار شبکه در مرحله‌ی دوم-الف فرآیند ارزیابی مدل تائید شد، اما انجام اصلاحات تکمیلی و تطابق مدل با مشاهدات میدانی، پس از شبیه‌سازی تردد امکان‌پذیر است. بررسی و اعمال موارد زیر برای اطمینان از عملکرد درست شبکه ضروری است:

- اعمال تغییرات به شبکه‌ای که در مرحله‌ی دوم-الف فرآیند ارزیابی مدل تائید شده
- خطوط جانبی (شیب‌راهه ورودی، شیب‌راهه خروجی، لچکی گردش)
- اتصالات خط به خط، به‌ویژه در میدان‌ها
- محدودیت‌های محلی خطوط
- رفتار تغییر خط (فاصله تا ناحیه، همراهی)
- رفتار سبقت گرفتن
- پارامترهای گره‌ها و گردش‌ها که بر تخلیه‌ی صف تأثیر می‌گذارند
- بررسی وسایل نقلیه گم‌شده، محل‌های گردش ازدست‌رفته، صف‌های غیرواقعی
- پرداخت جریان اشباع در خط ایست

درصورتی‌که برخی رفتارهای خاص در مدل به‌درستی شبیه‌سازی شود، اما نتایج شبیه‌سازی با مشاهدات میدانی تطابق نداشته باشد، مدل‌سازی مورد تائید نخواهد بود.

۱۱-۳-۹- مجموعه داده‌های واقعی

مجموعه‌ای از داده‌های میدانی باید در مدل ایمسان تحت عنوان «مجموعه داده‌های واقعی» درج و به کارفرما ارائه شود. این داده‌ها باید به مدل پایه‌ی پرداخت‌شده مربوط باشند. مجموعه داده‌های واقعی شامل زمان سفر و داده‌های کمان‌ها و گردش‌ها در شبکه است که برای پرداخت مدل و مقایسه‌ی نتایج شبیه‌سازی و مشاهدات میدانی به کار می‌رود.

۱۱-۳-۱۰- سایر مسائل مدل‌سازی

جزئیات سایر مسائل، مفروضات یا چالش‌های فنی که در بخش‌های پیشین بیان نشد، باید گزارش ارائه شود.

۱۱-۳-۱۱- تائید مرحله دوم-ب

مشاور موظف است اصلاحات موردنظر کارفرما را انجام دهد یا با ارائه مستندات و دلایل لازم تائید وی را اخذ کند. اگر مدل ایراد اساسی داشته باشد، کارفرما باید ضمن برگزاری جلسه‌ای با مشاور، خواستار اصلاح مدل شود. کارفرما باید مدل و گزارش بخش ۱۱-۳- را تائید و به مشاور ابلاغ کند. پس‌ازآن، مرحله دوم-ب فرآیند ارزیابی مدل خاتمه یافته و می‌توان مرحله سوم این فرآیند را آغاز کرد.

۱۱-۴- مرحله‌ی سوم فرآیند ارزیابی مدل: اعتبارسنجی مدل پایه ایمسان

۱۱-۴-۱- اعتبارسنجی مدل پایه ایمسان

مدل تائید شده در مرحله‌ی دوم-ب فرآیند ارزیابی مدل، باید بر اساس داده‌های میدانی اعتبارسنجی شود. اعتبارسنجی مدل، باید بر اساس داده‌هایی مستقل از داده‌های مورد استفاده در فرایند پرداخت مدل انجام شود. اعتبارسنجی جریان اشباع نیز باید انجام شود. برای اثبات پایداری مدل، باید دست‌کم از ۲۰ دانه تصادفی[۱] استفاده شود و نتایج به‌صورت میانگین تمام اجراهای شبیه‌سازی ارائه شود. اعتبارسنجی مدل پایه برای کلیه بازه‌های زمانی مدل‌سازی الزامی است.

۱۱-۴-۲- گزارش اعتبارسنجی

مشاور باید پس از اعتبارسنجی مدل، آن را به همراه گزارش اعتبارسنجی برای اخذ تائید به کارفرما ارائه کند. گزارش اعتبارسنجی باید شامل موارد زیر باشد:

- جزئیات منابع مورد استفاده برای ساخت شبکه
  - منبع داده‌های مورد استفاده برای ورود شبکه به نرم‌افزار، مانند GIS، سایر مدل‌ها، یا زیرشبکه یک مدل بزرگ‌تر ایمسان
  - منبع تصویر، نقشه یا عکس هوایی مورد استفاده برای ترسیم شبکه در نرم‌افزار
- جزئیات جریان‌های تردد
  - زمان و روش آماربرداری داده‌های تردد
  - نوع داده‌های گردآوری شده در آماربرداری
- مشاهدات میدانی از کاربرد لچکی گردش
- طول صف (در صورت آماربرداری)
- گلوگاه‌های مشاهده‌شده در شبکه
- رفتارها/ محدودیت‌ها در محل پارک/ بارگیری وسایل نقلیه

---

[۱] Random Seeds

- جزئیات حق تقدم در تقاطع‌ها
- جزئیات مشاهده ازدحام یا زمان سبز استفاده‌نشده

فهرست تغییرات اعمال‌شده به مدل پرداخت‌شده در مرحله‌ی دوم-ب فرآیند ارزیابی مدل، و دلیل آن باید در گزارش اعتبارسنجی ارائه شود.

۱۱-۴-۳- تنظیم مدل مرحله‌ی دوم-ب

ممکن است به‌منظور اعتبارسنجی جریان اشباع (بخش ۱۱-۴-۴-)، جریان تردد (بخش ۱۱-۴-۵-)، طول صف (بخش ۱۱-۴-۶-) و زمان سفر (بخش ۱۱-۴-۷-) تغییراتی در مدل پرداخت شده در مرحله‌ی دوم- ب فرآیند ارزیابی مدل اعمال شود. اما تغییر در سایر جزییات باید بسیار جزئی و اندک باشد. کلیه تغییرات باید در گزارش اعتبارسنجی (بخش ۱۱-۴-۲-) بیان شود.

۱۱-۴-۴- جریان اشباع/ درجه‌ی اشباع

مدل‌ساز باید از اندازه‌گیری میدانی جریان اشباع در تمامی کمان‌های کلیدی شبکه که صف در آن مشاهده می‌شود، اطمینان حاصل کند. این داده‌ها برای اعتبارسنجی جریان اشباع در مدل ایمسان مورد استفاده قرار می‌گیرد.

جریان اشباع در مدل ایمسان با خروجی گرفتن فایل «سرفاصله کمان» قابل‌دستیابی است. این فایل شامل سرفاصله‌ی بین وسایل نقلیه در هنگام عبور از خط ایست تقاطع است. این سرفاصله‌ها باید برای محاسبه‌ی جریان اشباع در خط ایست هر چراغ راهنمایی مورد استفاده قرار گیرد.

برای اعتبارسنجی مدل، مقایسه‌ی جریان اشباع مشاهده‌شده و مدل‌شده ضروری است، زیرا این مقایسه شاخصی از ظرفیت رویکردهای تقاطع چراغ‌دار ارائه می‌کند. تمامی جریان‌های اشباع مشاهده‌شده و مدل‌شده باید در جدولی تفکیک شده و اختلاف بین آن‌ها گزارش شود. اختلاف مقادیر جریان اشباع مدل‌شده با مقادیر مشاهده شده (یا مقادیر محاسباتی از سایر منابع) باید کمتر از ٪۱۰ باشد.

درجه‌ی اشباع به‌صورت مستقیم در مدل ایمسان قابل اندازه‌گیری نبوده و تنها می‌توان آن را مشاهده کرد. برای اطمینان از انطباق نتایج با مشاهدات میدانی در خط ایست تقاطع‌های چراغ‌دار، باید مقدار آن در شبکه برآورد شود. در کمان‌های ورودی شبکه، که به بیرون از مرزهای شبکه‌ی مدل متصل می‌شوند، این مقدار کنترل نمی‌شود، اما اگر در سایر نواحی مقدار درجه‌ی اشباع در مدل تفاوت چشمگیری با مشاهدات میدانی داشته باشد، باید بررسی و خطای احتمالی در مدل برطرف شود.

۱۱-۴-۵- مقایسه‌ی جریان تردد

داده‌های میدانی شمارش حجم جریان تردد در معابر و حجم گردش‌ها در تقاطع‌ها، باید با مقادیر متناظر در مدل

ایمسان با هم مقایسه و در گزارش اعتبارسنجی (بخش ۱۱-۴-۲-) درج شود. مقادیر مشاهده و مدل باید بسیار به هم نزدیک باشد. توصیه می‌شود ضریب تعیین، بیشتر از ۰/۸۸ و شیب خط بین ۰,۹ تا ۱,۱ باشد. آماره GEH برای تشخیص نکویی برازش داده‌های میدانی و خروجی‌های مدل‌سازی باید در بیش از ۸۵٪ کمان‌های بحرانی/مهم، مقداری کمتر از ۵ داشته باشد. همان‌طور که در بخش ۱۱-۴-۱- اشاره شد، جریان در مدل باید بر اساس میانگین چندین دانه تصادفی محاسبه شود. دلیل تفاوت قابل‌توجه بین مقادیر جریان مشاهده‌شده و خروجی مدل باید بررسی و اصلاح لازم در مدل اعمال و گزارش شود.

در تمامی کمان‌های ورودی به شبکه، جریان مدل‌شده نباید بیش از ٪۵ با جریان مشاهده‌شده تفاوت داشته باشد، زیرا جریان وسایل نقلیه در این کمان‌ها، ورودی مستقیم مدل هستند. به‌بیان‌دیگر، حجم تقاضا (تعداد وسایل نقلیه‌ای که قصد ورود به شبکه را دارند) باید کمتر از ٪۵ با حجم جریان (تعداد وسایل نقلیه‌ای که وارد شبکه شده‌اند) اختلاف داشته باشد. اگر جریان ورودی مدل مطابق مشاهدات میدانی نباشد، مدل تائید نخواهد شد، زیرا باید تمام وسایل نقلیه ورودی در بازه زمانی اوج، روی شبکه بارگذاری شده باشد.

۱۱-۴-۶- تحلیل طول صف

با توجه به‌دشواری اندازه‌گیری میدانی طول صف در معبر و در مدل، مقایسه‌ی مستقیم طول صف برای اعتبارسنجی مدل شاخص قابل‌اطمینانی نخواهد بود. بااین‌حال، محل ایجاد صف و ویژگی‌های کلی آن در مدل باید با مشاهدات میدانی تطابق داشته باشد.

برآورد زمان سفر در مسیرهای مشخص، میزان ازدحام را نشان داده و شاخص مناسبی برای اعتبارسنجی مدل است. اما این شاخص در مواردی قابل استفاده است که برای تعریف تقاضا از ماتریس مبدأ-مقصد استفاده شده باشد.

اگر برای تعیین جریان ورودی مدل از آماربرداری شمارش حجم گردش‌ها استفاده شده باشد، در عمل نباید صف مجازی قابل‌توجهی کمان‌های ورودی مدل ایجاد شود، زیرا داده‌های میدانی نشان‌دهنده‌ی شمارش جریان عبوری از خط ایست هستند. بااین‌حال، احتمال تشکیل صف به دلیل بالا بودن تقاضای تردد در بازه‌ی گرم‌کردن (برای مثال صف در آغاز ساعت اوج)، یا به دلیل تغییر الگوی ورود وسایل نقلیه وجود دارد.

۱۱-۴-۷- مقایسه‌ی زمان سفر

اعتبارسنجی زمان سفر همراه با اعتبارسنجی حجم تردد در کمان‌ها و گردش‌ها، مناسب‌ترین شاخص‌های اعتبارسنجی مدل ایمسان هستند.

میانگین زمان سفر در مدل باید برای چندین دانه تصادفی محاسبه شود و مقدار آن بیشتر از ٪۱۵ با زمان سفر مشاهده شده میدانی اختلاف نداشته باشد. خروجی زمان سفر باید برای خودروهایی اندازه‌گیری شود که مبدأ حرکت آن‌ها آغاز مسیر بوده و به‌عنوان میانگین زمان سفر در هر کمان از مسیر ارائه شود. بهتر است زمان سفر برای همان نوع وسیله‌ی

نقلیه‌ای که در آماربرداری میدانی مورد استفاده قرار گرفته، در مدل نیز اندازه‌گیری شود (مثلاً خودروی شخصی، اتوبوس و تاکسی).

۱۱-۴-۸- بررسی آزمایش و گزارش خطا

قبل از شروع آزمایش، باید از ابزار «بررسی و اصلاح» برای اطمینان از عدم وجود خطا یا ناسازگاری در مدل استفاده کرد. تمامی خطاها باید اصلاح شود. هشدارها باید اصلاح شده یا به‌صورت مستند تصمیم گرفته شود که اقدامی در قبال آن‌ها لازم نیست.

ممکن است در حین شبیه‌سازی، هشدارها و خطاهای دیگری در پنجره‌ی گزارش ایمسان نمایان شود که باید بررسی و اقدام لازم درباره آن‌ها انجام شود. از جمله:

- عدم امکان بارگذاری فایل ورودی
- عدم وجود مسیر بین یک زوج مبدأ-مقصد که تقاضا برای آن وجود دارد
- مسیرهای حمل‌ونقل همگانی که دارای وقفه است

علاوه بر پیام‌هایی که در پنجره‌ی گزارش نمایش داده می‌شود، باید حالت نمایش و آمار خروجی مناسب برای شناسایی مسائلی مانند مسائل زیر به کار رود:

- وسایل نقلیه محل‌های گردش را رد می‌کنند یا در شبکه گم می‌شوند
- تمامی وسایل نقلیه در شبکه بارگذاری نشده‌اند (صف مجازی)

وجود صف مجازی به این معناست که همه‌ی وسایل نقلیه بلافاصله پس از ایجاد در شبکه بارگذاری نشده‌اند. هرچند این وضعیت خطا محسوب نمی‌شود، اما نشانهٔ گسترش ازدحام به خارج از ناحیه‌ی مدل است و اگر مقدار آن قابل‌توجه باشد، باید محدوده مورد مطالعه را با هماهنگی کارفرما اصلاح کرد.

در حالت مطلوب، هیچ‌کدام از این مسائل نباید در حین شبیه‌سازی اتفاق بیفتد. بااین‌حال، وجود برخی مسائل غیربحرانی را می‌توان پذیرفت.

۱۱-۴-۹- سایر مسائل مدل‌سازی

جزئیات سایر مسائل، مفروضات یا چالش‌های فنی که در بخش‌های پیشین بیان نشد، باید گزارش ارائه شود.

۱۱-۴-۱۰- تائید مرحله سوم

مشاور موظف است اصلاحات موردنظر کارفرما را انجام دهد یا با ارائه مستندات و دلایل لازم تائید وی را اخذ کند. اگر مدل ایراد اساسی داشته باشد، کارفرما باید ضمن برگزاری جلسه‌ای با مشاور، خواستار اصلاح مدل شود. کارفرما باید مدل و گزارش بخش ۱۱-۴- را با توجه به اهداف مدل که در مرحله‌ی اول فرآیند ارزیابی مدل بیان شده و در فهرست انتظارات

از مدل‌سازی ثبت شده است، تائید و به مشاور ابلاغ کند که مدل متناسب با اهداف مطالعه است. پس‌ازآن، مرحله سوم فرآیند ارزیابی مدل خاتمه یافته و می‌توان مرحله چهارم این فرآیند را آغاز کرد.

۱۱-۵- مرحله‌ی پنجم-الف فرآیند ارزیابی مدل: ساخت مدل پایه‌ی افقی ایمسان

۱۱-۵-۱- مقدمه

مرحله‌ی پنجم-الف فرآیند ارزیابی مدل یک مرحله‌ی اختیاری است که در صورت استفاده از فرآیند سه‌مرحله‌ای مدل‌سازی، اجرای آن الزامی خواهد بود و باید برای کلیه بازه‌های زمانی مدل‌سازی انجام شود.

لازم است بر اساس مرحله‌ی چهارم فرآیند ارزیابی مدل، تغییرات محدوده مورد مطالعه برای مدل طرح پیشنهادی و تغییرات شبکه در مدل ایمسان وارد شود. باید کلیه تغییرات به‌گونه‌ای در مدل برچسب‌گذاری و لایه‌بندی شود که بتوان در قالب گزینه‌های مختلف آن‌ها را در مدل فراخوان کرد. مدل پایه‌ی افق، به‌عنوان گزینه عدم انجام کار در سال افق محسوب می‌شود و نتایج مدل طرح پیشنهادی باید با آن مقایسه و ارزیابی شود.

۱۱-۵-۲- گزارش مدل پایه‌ی افق

مشاور باید مدل پایه‌ی افق را به همراه یک گزارش و کلیه اطلاعات مورد نیاز به کارفرما ارائه کند. باید مفروضات و تغییرات اعمال شده در مدل به همراه دلایل آن‌ها در گزارش ذکر شود. باید وضعیت عملکرد شبکه در مدل پایه (وضع موجود) با مدل پایه‌ی افق (عدم انجام کار افق) مقایسه شود. به‌ویژه باید تغییرات مناطق بحرانی شبکه ارزیابی شود. معمولاً مناطقی که دارای جریان تردد زیادی بوده و نزدیک به ظرفیت خود کار می‌کنند، و مناطقی که تحت تأثیر طرح پیشنهادی قرار گرفته‌اند، منطقه بحرانی محسوب شده و باید تغییرات عملکرد شبکه (مانند سطح خدمت، تأخیر، ...) در آن‌ها مقایسه شود.

۱۱-۵-۳- تغییرات مشخصات هندسی/ چراغ‌های راهنمایی

به دلیل طرح‌های در دست مطالعه و مصوب برای اجرا، که در فاصله زمانی سال پایه تا سال افق قطعاً در شبکه اجرا خواهد شد، سه تغییر اصلی باید به مدل پایه اعمال شود تا مدل پایه‌ی افق به دست آید. این تغییرات عبارتند از:

- تغییر نحوه کنترل تقاطع‌ها، که باعث تغییر گردش‌ها و کمان‌ها می‌شود
- تغییر در مشخصات هندسی معبر، که باعث تغییر گردش‌ها و کمان‌ها و پارامترهای آن‌ها می‌شود
- تغییر برنامه زمان‌بندی تقاطع‌های چراغ‌دار به دلیل تغییرات احتمالی شبکه پایه آینده

۱۱-۵-۴- تغییرات جریان در مدل پایه‌ی افق

باید روش، مفروضات و داده‌های مورد استفاده برای تخصیص جریان تردد از مدل پایه در گزارش (بخش ۱۱-۵-۲-)

ارائه شود. توصیه می‌شود مسیرهای تعادلی مورد استفاده در مدل پایه، ثابت فرض شده و برای گرم کردن فرآیند تخصیص به کار گرفته شود.

۱۱-۵-۵- جریان اشباع، طول صف و زمان سفر

لازم است در گزارش مدل پایه‌ی افق (بخش ۱۱-۵-۲-)، جریان اشباع، طول صف و زمان سفر در مدل پایه با مدل پایه‌ی افق مقایسه شده تأثیر آن در عملکرد شبکه بررسی شود. هر تغییری در شبکه که بر جریان اشباع یا تعداد خطوط عبوری تأثیر بگذارد، باید گزارش شود تا بتوان درستی جریان اشباع در مدل‌پایه‌ی آینده را بررسی شود. این مقایسه باید برای کلیه مناطق بحرانی و نزدیک به طرح پیشنهادی انجام پذیرد.

۱۱-۵-۶- سایر مسائل مدل‌سازی

جزئیات سایر مسائل، مفروضات یا چالش‌های فنی که در بخش‌های پیشین بیان نشد، باید گزارش ارائه شود.

۱۱-۵-۷- تائید مرحله پنجم-الف

مشاور موظف است اصلاحات موردنظر کارفرما را انجام دهد یا با ارائه مستندات و دلایل لازم تائید وی را اخذ کند. اگر مدل ایراد اساسی داشته باشد، کارفرما باید ضمن برگزاری جلسه‌ای با مشاور، خواستار اصلاح مدل شود. کارفرما باید مدل و گزارش بخش ۱۱-۵- را با توجه به اهداف مدل که در مرحله‌ی چهارم فرآیند ارزیابی مدل بیان شده و در فهرست انتظارات از مدل‌سازی ثبت شده است، تائید و به مشاور ابلاغ کند که مدل متناسب با اهداف مطالعه است. پس‌ازآن، مرحله پنجم-الف فرآیند ارزیابی مدل خاتمه یافته و می‌توان مرحله پنجم-ب را آغاز کرد.

۱۱-۶- مرحله‌ی پنجم-ب فرآیند ارزیابی مدل: ساخت مدل طرح پیشنهادی ایمسان

۱۱-۶-۱- مقدمه

مدل طرح پیشنهادی باید بر اساس مدل تائید شده در مرحله‌ی سوم فرآیند ارزیابی مدل ساخته شود. اگر از فرآیند سه‌مرحله‌ای مدل‌سازی (بخش ۱-۴-) استفاده شده باشد، مدل طرح پیشنهادی باید بر اساس مدل پایه‌ی افق از مرحله‌ی پنجم-الف فرآیند ارزیابی مدل ساخته شود. مدل باید برای کلیه بازه‌های زمانی مدل‌سازی ساخته شود.

لازم است بر اساس مرحله‌ی چهارم فرآیند ارزیابی مدل، تغییرات محدوده مورد مطالعه برای مدل طرح پیشنهادی و تغییرات شبکه در مدل ایمسان وارد شود. باید کلیه تغییرات به‌گونه‌ای در مدل برچسب‌گذاری و لایه‌بندی شود که بتوان در قالب گزینه‌های مختلف آن‌ها را در مدل فراخوان کرد. مدل پایه‌ی افق، به‌عنوان گزینه عدم انجام کار در سال افق محسوب می‌شود و نتایج مدل طرح پیشنهادی باید با آن مقایسه و ارزیابی شود.

مدل باید از دیدگاه فنی به‌درستی ساخته شده باشد. ضمن آن‌که اجرای طرح پیشنهادی عملکرد روزمره و معمول

شبکه را مختل نکند. به‌بیان‌دیگر، باید جریان اشباع و طول صف در سطح قابل‌قبولی حفظ شود و تمهیدات لازم در خصوص تقاضای عبور پیاده نیز در نظر گرفته شود. بنابراین، در این مرحله مشاور باید ضمن مقایسه عملکرد شبکه در مدل پایه‌ی افق با مدل طرح پیشنهادی، تأثیر گزینه‌های مختلف طرح پیشنهادی را بر عملکرد شبکه، ایمنی و سایر مسائل تحلیل کند.

۱۱-۶-۲- گزارش مدل طرح پیشنهادی

مشاور باید مدل طرح پیشنهادی را به همراه یک گزارش و کلیه اطلاعات مورد نیاز به کارفرما ارائه کند. باید مفروضات و تغییرات اعمال شده در مدل به همراه دلایل آن‌ها در گزارش ذکر شود. باید وضعیت عملکرد شبکه در مدل پایه‌ی افق (عدم انجام کار افق) با مدل طرح پیشنهادی (اعمال تغییر) مقایسه شود. به‌ویژه باید تغییرات مناطق بحرانی شبکه ارزیابی شود. معمولاً مناطقی که دارای جریان تردد زیادی بوده و نزدیک به ظرفیت خود کار می‌کنند، و مناطقی که تحت تأثیر طرح پیشنهادی قرار گرفته‌اند، منطقه بحرانی محسوب شده و باید تغییرات عملکرد شبکه (مانند سطح خدمت، تأخیر، ...) در آن‌ها مقایسه شود.

۱۱-۶-۳- تغییرات مشخصات هندسی / چراغ‌های راهنمایی

به دلیل طرح‌های در دست مطالعه و مصوب برای اجرا، در فاصله زمانی سال پایه تا سال افق قطعاً در شبکه اجرا خواهد شد، سه تغییر اصلی باید به مدل پایه اعمال شود تا مدل پایه‌ی افق به دست آید. این تغییرات عبارتند از:

- تغییر نحوه کنترل تقاطع‌ها، که باعث تغییر گردش‌ها و کمان‌ها می‌شود
- تغییر در مشخصات هندسی معبر، که باعث تغییر گردش‌ها و کمان‌ها و پارامترهای آن‌ها می‌شود
- تغییر برنامه زمان‌بندی تقاطع‌های چراغ‌دار به دلیل تغییرات احتمالی شبکه پایه آینده

۱۱-۶-۴- تغییرات جریان در مدل طرح پیشنهادی

باید روش، مفروضات و داده‌های مورد استفاده برای تخصیص جریان تردد از مدل پایه در گزارش (بخش ۱۱-۶-۲-) ارائه شود. توصیه می‌شود مسیرهای تعادلی مورد استفاده در مدل پایه، ثابت فرض شده و برای گرم کردن فرآیند تخصیص به کار گرفته شود.

۱۱-۶-۵- جریان اشباع، طول صف و زمان سفر

لازم است در گزارش مدل طرح پیشنهادی (بخش ۱۱-۶-۲-)، جریان اشباع، طول صف و زمان سفر در مدل پایه با مدل پایه‌ی افق مقایسه شده تأثیر آن در عملکرد شبکه بررسی شود. هر تغییری در شبکه که بر جریان اشباع یا تعداد خطوط عبوری تأثیر بگذارد، باید گزارش شود تا بتوان درستی جریان اشباع در مدل‌پایه‌ی آینده را بررسی شود. این مقایسه باید برای کلیه مناطق بحرانی و نزدیک به طرح پیشنهادی انجام و تحلیل شود.

اگر مدل، نشان دهد طرح پیشنهادی بر طول صف یا زمان سفر (حمل‌ونقل شخصی، همگانی یا پیاده) تأثیر منفی می‌گذارد، باید دلایل آن را تحلیل و بررسی کند. تأثیر طرح پیشنهادی روی شبکه باید در گزارش اثرات طرح پیشنهادی گزارش شود. تغییرات جریان اشباع، درجه‌ی اشباع، طول صف و زمان سفر باید تحلیل شده و اثرات آن‌ها روی شبکه تحلیل و ارزیابی شود. عدم بهبود شرایط، باعث حذف گزینه طرح پیشنهادی خواهد شد.

۱۱-۶-۶- سایر مشکلات مدل‌سازی

جزئیات سایر مسائل، مفروضات یا چالش‌های فنی که در بخش‌های پیشین بیان نشد، باید گزارش ارائه شود.

۱۱-۶-۷- تائید مرحله پنجم-ب

مشاور موظف است اصلاحات موردنظر کارفرما را انجام دهد یا با ارائه مستندات و دلایل لازم تائید وی را اخذ کند. اگر مدل ایراد اساسی داشته باشد، کارفرما باید ضمن برگزاری جلسه‌ای با مشاور، خواستار اصلاح مدل شود. کارفرما باید مدل و گزارش بخش ۱۱-۵- را با توجه به اهداف مدل که در مرحله‌ی چهارم فرآیند ارزیابی مدل بیان شده و در فهرست انتظارات از مدل‌سازی ثبت شده است، تائید و به مشاور ابلاغ کند که مدل متناسب با اهداف مطالعه است. پس‌ازآن، مرحله پنجم-ب فرآیند ارزیابی مدل خاتمه یافته و می‌توان مرحله ششم را آغاز کرد.

فصل ۱۲

فرآیند ارزیابی مدل در ویسیم

فرآیند ارزیابی مدل در نرم‌افزار ویسیم

۱۲-۱- محدوده

راهنمای فرآیند ارزیابی مدل در نرم‌افزار ویسیم، باید برای ارزیابی کلیه مطالعاتی که در آن‌ها از این نرم‌افزار استفاده شده است، به کار رود. درصورتی‌که مدل پیاده نیز در ویسیم ساخته شده باشد، برای ارزیابی مدل پیاده باید فرآیند ارزیابی مدل پیاده در ویسواک نیز به‌موازات فصل حاضر انجام شود.

۱۲-۲- مرحله دوم فرآیند ارزیابی مدل: پرداخت مدل پایه در ویسیم

۱۲-۲-۱- پرداخت مدل پایه در ویسیم

مدل پایه در نرم‌افزار ویسیم، باید ساختار شبکه پایه و مقادیر صحیح پارامترهای مورد نیاز برای ساخت مدل را شامل شود و همراه با گزارش جزئیات لازم، به تائید کارفرما برسد. کارفرما باید پارامترهای زیر را به‌عنوان پارامترهای پایه در مدل تائید کند:

- پارامترهای شبیه‌سازی
- دستگاه مختصات و واحدهای اندازه‌گیری
- پس‌زمینه
- توابع عملکرد
- تابع توزیع سرعت مطلوب
- نوع وسایل نقلیه
- پارامترهای مربوط به رفتار رانندگی
- درجه معبر

پارامترهای پایهٔ مدل‌سازی در ویسیم، نحوه پرداخت و اعتبارسنجی آن باید در گزارش مرحله اول فرآیند ارزیابی مدل به تائید کارفرما برسد. پس از اعتبارسنجی، تغییر این پارامترها مجاز نیست مگر آن‌که فرایند اعتبارسنجی دوباره انجام شود. پرداخت مدل پایه برای همه بازه‌های زمانی مدل‌سازی الزامی است.

۱۲-۲-۲- گزارش پرداخت

مشاور باید گزارش پرداخت مدل را به همراه مدل پرداخت‌شده به کارفرما ارائه کند. گزارش پرداخت باید شامل موارد زیر باشد:

- هدف مدل‌سازی که در گزارش مرحله‌ی اول فرآیند ارزیابی مدل در فهرست انتظارات از مدل‌سازی تعریف شده

است

- مشخصات معابر و تقاطع‌ها
- شرح مشاهدات میدانی از محدودیت‌های فیزیکی شبکه و رفتار وسایل نقلیه. اگر رفتاری تنها در بازه‌ی زمانی خاصی از روز مشاهده می‌شود، باید به آن اشاره شده و مشاور شرح دهد که این مشاهدات چگونه در ساختار مدل پیاده‌سازی شده است
- نحوه برداشت میدانی یا محاسبه جریان اشباع و مقادیر مورد استفاده در مدل
- زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی و نحوه محاسبه میانگین آن برای چراغ‌های هوشمند
- فهرستی از تغییرات شبکه نسبت به مدل تائید شده در مرحله‌ی دوم-الف فرآیند ارزیابی مدل و شرح آن
- داده‌های مورد استفاده برای ساخت مدل ویسیم (مانند داده‌های تردد، داده‌های چراغ‌های راهنمایی، جدول زمان‌بندی/ مسیر حمل‌ونقل همگانی، و منبع تصویر پس‌زمینه یا زیرشبکه وارد شده به مدل)
- فهرستی از مفروضات مدل‌سازی و دلایل آن
- فهرستی از تغییرات اعمال شده به پارامترهای پیش‌فرض همراه با شواهد پشتیبان
- جزئیات رویکرد استفاده شده برای مدل تخصیص ترافیک و انتخاب مسیر

۱۲-۲-۳- دستگاه مختصات و واحدهای مدل

ویسیم به‌جای استفاده از دستگاه مختصات نقشه‌های جغرافیایی، از دستگاه مختصات کارتزین استفاده می‌کند. توصیه می‌شود جهت شمال و خط‌کش مقیاس به طول ۱۰۰ متر در تصویر پس‌زمینه گنجانده شود، تا امکان تبادل اطلاعات بین مدل‌های ساخته شده در سطوح مختلف و در مطالعات مختلف وجود داشته باشد. واحدهای مدل ویسیم باید متریک باشد.

۱۲-۲-۴- گزینه‌ها

قابلیت مدیریت گزینه (گزینه) در ویسیم این امکان را فراهم می‌سازد که بتوان با استفاده از یک مدل، چند گزینه را بررسی کرد. اگر از این قابلیت استفاده شود، باید برای هر گزینه، متناسب با هدف آن، اسمی در نظر گرفته شده و در گزارش پرداخت در بخش ۱۲-۲-۲- درج شود.

۱۲-۲-۵- پارامترهای نرم‌افزار و شبیه‌سازی

نسخه‌ی نرم‌افزار باید در مرحله اول فرآیند ارزیابی مدل تعیین و در فهرست انتظارات از مدل‌سازی درج شود. پارامترهای زیر باید در نرم‌افزار به‌درستی تنظیم شود:

- قوانین رانندگی: رانندگی باید در سمت راست باشد
- بازه‌ی شبیه‌سازی: باید شامل ساعت اوج، زمان گرم کردن و زمان سرد کردن باشد (بخش ۳-۴-).
- دقت شبیه‌سازی: باید ۵ گام در هر ثانیه از شبیه‌سازی تعیین شود (یعنی ۰/۲ ثانیه برای هر گام زمانی) مگر

این‌که مقادیر بزرگ‌تری مورد نیاز باشد، مثلاً در هنگام مدل‌سازی وسایل نقلیه‌ی خودران. استفاده از مقادیر کوچک‌تر مجاز نیست.

۱۲-۲-۶- تصویر پس‌زمینه

باید از یک تصویر پس‌زمینه مناسب مانند یک نقشه‌ی اتوکد، یک تصویر هوایی یا تصویر نقشه‌های اینترنتی برای نمایش موقعیت محدوده مورد مطالعه در ویسیم استفاده شود. مقیاس پس‌زمینه و جهت آن باید درست و منطبق بر دستگاه مختصات باشد. تصویر پس‌زمینه باید به‌روز بوده و دارای وضوح مناسب برای ترسیم شبکه باشد.

۱۲-۲-۷- انواع وسایل نقلیه

ویسیم دارای توابع از پیش تعریف‌شده‌ای است که برای انواع مختلف وسایل نقلیه پرداخت شده‌اند. این توابع عبارتند از:

- بیشینه شتاب
- شتاب مطلوب
- بیشینه شتاب کاهش سرعت
- شتاب مطلوب کاهش سرعت

مشاور باید ضمن پرداخت این توابع برای شرایط محدوده مورد مطالعه، تغییرات آن را در گزارش پرداخت (بخش ۱۲-۲-۲-) به همراه داده‌های میدانی مناسب یا توصیه‌های سایر ضوابط ارائه کند.

۱۲-۲-۸- توزیع سرعت مطلوب

جزئیات سرعت مجاز در معابر مدل شبکه باید مطابق آیین‌نامه طراحی معابر شهری تعیین و در گزارش پرداخت (بخش ۱۲-۲-۲-۲-) ارائه شود. موارد زیر در هنگام تعریف تابع توزیع سرعت در شبکه باید رعایت شود:

- انواع سرعت مجاز در نواحی مختلف محدوده مورد مطالعه
- انواع توزیع سرعت برای انواع مختلف وسایل نقلیه، مطابق موارد تعریف شده در فهرست انتظارات از مدل‌سازی که می‌تواند شامل موارد زیر باشد:
  - خودروی سواری
  - اتوبوس و خودروی سنگین
  - دوچرخه
- دامنه کاهش سرعت در گردش‌ها، بسته به شعاع گردش
- دامنه کاهش سرعت برای پرداخت جریان اشباع

۱۲-۲-۹- طبقه‌بندی و انواع وسایل نقلیه

منظور از طبقه‌بندی وسایل نقلیه، قراردادن آن‌ها در دسته‌هایی با ابعاد و اندازه مشابه است. نوع وسیله نقلیه نیز متناظر با نوع سیستم حمل‌ونقل است. استفاده از دسته‌های زیر در ویسیم توصیه می‌شود:

- طبقه‌بندی وسایل نقلیه:
  - دوچرخه: مجاز به استفاده از خط دوچرخه
  - خودروی شخصی: خودروی سواری، خودروی تجاری سبک، تاکسی
  - خودروی سنگین: خودروهای تجاری سنگین و اتوبوس
  - خودروی همگانی: وسایل نقلیه همگانی شامل اتوبوس، تاکسی‌هایی که اجازه‌ی تردد در خطوط ویژه‌ی اتوبوس دارند
- انواع وسایل نقلیه:
  - خودروی سواری: خودروی سواری شخصی
  - ون: ابعاد ون متوسط و عملکرد آن مانند یک خودروی سواری است
  - کامیون: خودروهای تجاری سنگین با دو یا سه محور
  - تریلی: خودروهای تجاری سنگین با چهار محور یا کمرشکن
  - تاکسی: خودروی سواری تاکسی
  - اتوبوس: اتوبوس حمل‌ونقل همگانی
  - پیاده
  - دوچرخه

ابعاد تاکسی و اتوبوس باید بر اساس نمونه‌های واقعی در مدل وارد شود. برای سایر انواع وسایل نقلیه نیز طیفی از ابعاد استاندارد قابل استفاده است. برای هر نوع وسیله نقلیه، باید پارامترهای زیر در مدل تعیین شود:

- طول
- عرض
- بیشینه سرعت مطلوب
- حد پذیرش سرعت
- فاصله از خودروی عقب
- بیشینه زمان راه‌دادن
- حد پذیرش راهنمایی[۱]

[۱] Guidance acceptance

- بیشینه‌ی شتاب افزایش سرعت
- بیشینه‌ی شتاب کاهش سرعت
- ضریب حساسیت
- حاشیه‌ی ایمنی برای سبقت گرفتن

هر نوع وسیله‌ی نقلیه باید دارای یک مدل سه‌بعدی باشد تا در هنگام نمایش سه‌بعدی مدل از آن استفاده شود.

مقادیر پیش‌فرض زمان‌های واکنش در هنگام رانندگی و پشت خطوط توقف یا چراغ راهنمایی به‌صورت مجموعه‌ای از احتمالات برای هر نوع وسیله‌ی نقلیه در ویسیم موجود است. می‌توان با استفاده از اندازه‌گیری میدانی این مقادیر را بهبود داد. تغییر مقادیر پیش‌فرض پارامترهای رفتاری وسایل نقلیه باید بر اساس داده‌های میدانی مناسب انجام شده و ضمن درج در گزارش پرداخت (بخش ۱۲-۲-۲-)، توسط کارفرما تائید شود.

استفاده از پارامترهای نادرست برای وسایل نقلیه بر زمان سفر و عملکرد شبکه تأثیر می‌گذارد. به همین دلیل انواع وسایل نقلیه باید به‌درستی در مدل تعریف شده باشند.

۱۲-۲-۱۰- رفتار رانندگی

پارامترهای پیش‌فرض رفتار رانندگی در ویسیم باید بر اساس مشاهدات میدانی تنظیم و در گزارش پرداخت (بخش ۱۲-۲-۲-) درج شود. مقادیر مناسب برای پارامترهای زیر باید در ویسیم وارد شده و توسط کارفرما تائید شود:

- دنباله‌روی:
  - مسافت دید جلو (کمینه و بیشینه): در ترکیب با پارامتر «وسایل نقلیه‌ی مشاهده شده»، چگونگی واکنش طولی و عرضی وسایل نقلیه را نسبت به یکدیگر تعیین می‌کند. اگر رفتار جانبی مهم باشد (مثلاً برای سبقت گرفتن)، مقدار «کمینه مسافت دید جلو» را می‌توان بیشتر از صفر در نظر گرفت.
  - وسایل نقلیه‌ی مشاهده‌شده: کیفیت پیش‌بینی و واکنش وسایل نقلیه نسبت به اجزای شبکه و حرکت سایر وسایل نقلیه را تعیین می‌کند. افزایش مقدار این پارامتر در مواقعی که چند جزء شبکه در طول کوتاهی پدیدار می‌شوند، ضروری است.
  - مسافت دید عقب (کمینه و بیشینه): مسافتی که از عقب وسیله‌ی نقلیه قابل مشاهده بوده و بر واکنش آن نسبت به نزدیک شدن سایر وسایل نقلیه اثرگذار است. اگر رفتار جانبی مهم باشد (مثلاً برای سبقت گرفتن)، مقدار «کمینه مسافت دید عقب» را می‌توان افزایش داد.
  - فاصله‌ی بین دو وسیله نقلیه متوقف: میانگین فاصله‌ی مطلوب بین دو وسیله نقلیه متوقف که ۱/۲ متر توصیه می‌شود.
  - فاصله‌ی ایمن: بر جریان اشباع تأثیر می‌گذارد. توصیه می‌شود که برای پرداخت جریان اشباع از «نواحی

کاهش سرعت» استفاده شود.

- تغییر خط:
  - مقادیر «تغییر خط» باید بر اساس مشاهدات میدانی تنظیم و در گزارش پرداخت (بخش ۱۲-۲-۲-) درج شود.
  - اگر همراهی در تغییر خط (حالتی که یک وسیله نقلیه، با تغییر سرعت خود به وسیله نقلیه دیگر برای تغییر خط راه می‌دهد) در واقعیت اتفاق افتاده، باید در مدل نیز پیاده‌سازی و در گزارش پرداخت (بخش ۱۲-۲-۲-) درج شود.
- رفتار جانبی:
  - برای وسایل نقلیه‌ی موتوری باید از همان مقادیر پیش‌فرض استفاده شود که موقعیت مطلوب آن در جریان آزاد، حرکت در وسط خط عبور است، مگر این‌که «سبقت در همان خط» در مدل فعال باشد. اگر «سبقت در همان خط» در مدل ویسیم فعال باشد، می‌توان «نوع رفتار در کمان» را با استفاده از مجموعه پارامترهای شهری (حمل‌ونقل موتوری) مطابق بخش ۱۲-۲-۱۱- ، تعریف کرد.
  - در هنگام مدل‌سازی دوچرخه، پارامترهای رفتار جانبی باید بر اساس مشاهدات میدانی اصلاح شود.
- رفتار در تقاطع چراغ‌دار:
  - واکنش به چراغ زرد: باید همان مقادیر پیش‌فرض باقی بماند و مدل تصمیم‌گیری روی «بررسی مستمر» تنظیم شود

۱۲-۲-۱۱- نوع رفتار در کمان

باید رفتار رانندگی به‌درستی در قالب «نوع رفتار در کمان» تعریف و توسط کارفرما بررسی شود. تعداد انواع رفتار در کمان در هر مدل باید دست‌کم مقدار ممکن بوده و بدون دلیل منطقی و شواهد پشتیبان، تغییری در مقادیر پیش‌فرض آن اعمال نشود. توصیه می‌شود که «نوع نمایش» مختلفی برای تسهیل شناسایی انواع رفتار در کمان به کار گرفته شود.

۱۲-۲-۱۲- روش تخصیص ترافیک

مدل تخصیص ترافیک باید بر اساس گزارش مرحله‌ی اول فرآیند ارزیابی مدل انتخاب شده و به تائید کارفرما برسد. توصیه می‌شود از روش تخصیص ایستا استفاده شود. در مواردی که تخصیص ترافیک مورد نیاز باشد، بهتر است از مدل کلان‌نگر طرح جامع حمل‌ونقل شهر برای استخراج نتایج استفاده شده و مسیرهای ایستا در قالب زیرشبکه از مدل کلان‌نگر وارد مدل خردنگر شود. البته لازم است افق زمانی مدل‌های کلان‌نگر و خردنگر با هم تطابق داده شود. نحوه تطابق ناحیه بندی مدل کلان‌نگر با مدل خردنگر باید در گزارش پرداخت (بخش ۱۲-۲-۲-) بیان شود.

۱۲-۲-۱۳- ساختار شبکه

ساختار شبکه در مدل اولیه باید به‌درستی و بر اساس نقشه‌های موجود ترسیم شده باشد. موارد کلیدی در ساختار شبکه عبارتند از:

- ساختار کمان:
  - تعداد خط عبوری
  - طول
  - خطوط ویژه وسایل نقلیه خاص
  - انسداد، کاهش یا افزایش تعداد خطوط
  - محدودیت تغییر خط
  - خطوط ویژه دوچرخه و پیاده
  - وجود لچکی گردش در تقاطع
- اتصال‌دهنده‌ها:
  - وجود حرکت‌های ممکن
  - اتصال خط به خط
  - طول اتصال‌دهنده‌ها
  - خط ویژه اتوبوس/قطار و انسداد اتصال‌دهنده‌ها

توصیه می‌شود فقط از یک اتصال‌دهنده برای مدل‌سازی افزایش یا کاهش تعداد خط عبور استفاده شود. استفاده از چند اتصال‌دهنده خط به خط، رفتار تغییر خط را به‌صورت سخت‌گیرانه‌ای محدود می‌سازد. در اتصال‌دهنده‌ها باید فاصله «تغییر خط» و «توقف اضطراری» به‌دقت انتخاب شود، زیرا نقش مهمی در رفتار تغییر خط در کمان‌های بالادست جریان خواهد داشت.

۱۲-۲-۱۴- محدودیت سرعت

در ویسیم با استفاده از موارد زیر می‌توان تغییرات سرعت مطلوب وسیله‌ی نقلیه را کنترل کرد:

- «سرعت مطلوب» برای تغییر دائمی سرعت مطلوب وسایل نقلیه
- «محدوده کاهش سرعت» برای تغییر موقت سرعت مطلوب وسایل نقلیه در یک محدوده معین

کاربرد سرعت مطلوب، تعریف سرعت مجاز متناسب با شرایط محلی است. هر جا لازم باشد سرعت مجاز تعریف شود، باید از این ابزار استفاده شود. توصیه می‌شود محل نصب آن در ابتدای کمان‌های ورودی باشد. «تابع توزیع سرعت مطلوب» متناسب با هر نوع وسیله نقلیه تعریف شود. اگر «ترکیب وسایل نقلیه» فقط برای اعمال سرعت مجاز در کمان ورودی

استفاده می‌شود، باید در گزارش پرداخت (بخش ۱۲-۲-۲-) درج شود.

محدوده کاهش سرعت در مدل‌های ویسیم برای اهداف مختلفی به کار می‌رود، از جمله:

- بازنمایی کاهش سرعت وسایل نقلیه در حال گردش
- بازنمایی تغییر سرعت موضعی ناشی از مشخصات هندسی شبکه یا رفتار خاص رانندگان
- پرداخت مقادیر جریان اشباع در خط ایست تقاطع‌ها

توصیه می‌شود محدوده کاهش سرعت با در نظر گرفتن پارامترهای اولیه‌ی منطقی برای هر نوع وسیله نقلیه، در رویکردهای منتهی به خط ایست تقاطع، حرکات گردشی در تقاطع‌ها، پیچ‌ها، گوشه‌ها، سرعت‌گیرها و نواحی با دید کم اعمال شود. در نزدیکی گذرگاه عرضی پیاده و تقاطع‌های حق‌تقدمی نیز استفاده از آن توصیه می‌شود.

کارفرما باید تائید کند محدوده کاهش سرعت در محل‌های لازم قرار داشته، پارامترهای آن به‌درستی پرداخت شده و به هر نوع وسیله نقلیه به‌درستی اعمال شده‌اند. محدوده کاهش سرعت را می‌توان پس از بارگذاری جریان تردد در مرحله‌ی سوم فرآیند ارزیابی مدل اصلاح کرد.

۱۲-۲-۱۵- اندازه‌گیری جریان اشباع

لازم است فهرست تقاطع‌هایی که قرار است جریان اشباع در خط ایست آن‌ها در مرحله‌ی سوم فرآیند ارزیابی مدل برای اعتبارسنجی جریان اشباع به کار رود، تهیه شود. اطلاعات زیر باید برای هر خط ایست شناسایی کند:

- شماره‌ی محل، شماره‌ی خط و فاز
- شماره‌ی خط و کمان در ویسیم
- محدوده کاهش سرعت مورد استفاده برای پرداخت مقادیر جریان اشباع
- مقدار جریان اشباع اندازه‌گیری‌شده برای اعتبارسنجی، و این‌که آیا بر اساس مشاهده میدانی است یا مقادیر محاسباتی

جریان اشباع محاسبه‌شده/ اندازه‌گیری‌شده باید منطقی باشد و در کلیه خطوط توقف بحرانی برای اعتبارسنجی شود. داده‌های آماربرداری یا محاسبات مورد استفاده برای تعیین مقادیر جریان اشباع باید به کارفرما ارائه شود.

۱۲-۲-۱۶- مدل‌سازی حمل‌ونقل همگانی

هدف و محدوده‌ی مورد مطالعه در مدل ویسیم که در مرحله‌ی اول فرآیند ارزیابی مدل تعیین و در فهرست انتظارات از مدل‌سازی بیان شده، سطح جزئیات مدل‌سازی حمل‌ونقل همگانی را مشخص می‌کند. برای مثال، اگر مدل با هدف ارزیابی تأثیر اولویت‌دهی به اتوبوس بر زمان سفر آن تهیه شده، باید کلیه جزئیات شبکه‌ی حمل‌ونقل همگانی در مدل وارد شود. برای ارزیابی درستی پرداخت مدل، اطلاعات زیر باید بررسی شود:

- مسیر اتوبوس
- خطوط ویژه اتوبوس
- برنامه‌ی زمان‌بندی اتوبوس شامل زمان اعزام و انحرافات احتمالی آن
- توزیع زمان توقف در ایستگاه اتوبوس
- موقعیت و اندازه‌ی ایستگاه‌های اتوبوس و جایگاه‌های اتوبوس
- تداخل با تردد حمل‌ونقل شخصی

۱۲-۲-۱۷- چراغ‌های راهنمایی

در مرحله‌ی دوم فرآیند ارزیابی مدل، توصیه می‌شود چراغ‌های راهنمایی در مدل شبکه نصب شوند. چراغ راهنمایی باید روی کمان‌ها و دست‌کم ۲ متر بالادست انتهای کمان یا شروع اتصال‌دهنده‌ها قرار گیرد. از قرارداد چراغ راهنمای روی اتصال‌دهنده تا حد امکان پرهیز شود.

برای پیاده‌سازی منطق کنترل چراغ‌های راهنمایی و زمان‌بندی آن‌ها در ویسیم (شامل چراغ زمان ثابت) می‌توان از VAP استفاده کرد.

در مرحله‌ی دوم فرآیند ارزیابی مدل، باید داده‌های زیر در پرداخت مدل پایه مورد استفاده قرار گرفته و درستی آن‌ها توسط کارفرما تائید شود:

- گروه چراغ
- طول چرخه
- توالی فازها و مدت‌زمان آن
- شناساگرهای مرتبط با فازهای هوشمند (القایی)
- پارامترهای چراغ هوشمند
- میان‌فازها:
  - مدت‌زمان
  - مدت‌زمان زرد
  - تأخیر فاز
- اختلاف فاز (آفست) بین گره‌ها
- وجود اولویت‌دهی به اتوبوس‌ها

۱۲-۲-۱۸- سایر مسائل مدل‌سازی

جزئیات سایر مسائل، مفروضات یا چالش‌های فنی که در بخش‌های پیشین بیان نشد، باید در گزارش ارائه شود.

۱۲-۲-۱۹- تائید مرحله دوم

مشاور موظف است اصلاحات موردنظر کارفرما را انجام دهد یا با ارائه مستندات و دلایل لازم تائید وی را اخذ کند. اگر مدل ایراد اساسی داشته باشد، کارفرما باید ضمن برگزاری جلسه‌ای با مشاور، خواستار اصلاح مدل شود. کارفرما باید مدل و گزارش بخش ۱۲-۲- را تائید و به مشاور ابلاغ کند. پس‌ازآن، مرحله دوم فرآیند ارزیابی مدل خاتمه یافته و می‌توان مرحله سوم این فرآیند را آغاز کرد.

۱۲-۳- مرحله‌ی سوم فرآیند ارزیابی مدل: اعتبارسنجی مدل پایه ویسیم

۱۲-۳-۱- اعتبارسنجی مدل پایه ویسیم

مدل تائید شده در مرحله‌ی دوم-ب فرآیند ارزیابی مدل، باید بر اساس داده‌های میدانی اعتبارسنجی شود. اعتبارسنجی مدل، باید بر اساس داده‌هایی مستقل از داده‌های مورد استفاده در فرایند پرداخت مدل انجام شود. اعتبارسنجی جریان اشباع نیز باید انجام شود. برای اثبات پایداری مدل، باید دست‌کم از ۲۰ دانه تصادفی[۱] استفاده شود و نتایج به‌صورت میانگین تمام اجراهای شبیه‌سازی ارائه شود. مقادیر دانه‌های تصادفی باید با یک قاعده‌ی مشخص و یکنواخت (مثلاً افزایش گام‌به‌گام) انتخاب شده و در گزارش پرداخت ارائه شود. اعتبارسنجی مدل پایه برای کلیه بازه‌های زمانی مدل‌سازی الزامی است.

۱۲-۳-۲- گزارش اعتبارسنجی

مشاور باید پس از اعتبارسنجی مدل، آن را به همراه گزارش اعتبارسنجی برای اخذ تائید به کارفرما ارائه کند. گزارش اعتبارسنجی باید شامل موارد زیر باشد:

- جزئیات جریان‌های تردد
  - زمان و روش آماربرداری داده‌های تردد
  - نوع داده‌های گردآوری شده در آماربرداری
  - ترکیب ترافیک ورودی به ویسیم
- پیاده‌سازی روش تخصیص ترافیک و انتخاب مسیر در مدل
- مشاهدات میدانی یا مفروضات مورد استفاده برای پرداخت مدل در خط‌کشی شطرنجی، تقاطع‌های حق‌تقدمی و میدان‌ها
- مشاهدات و اصلاحات عملکرد شبکه، شامل:
  - مشاهدات میدانی از کاربرد لچکی گردش

[۱] Random Seeds

- گلوگاه‌های مشاهده‌شده در شبکه
- جزئیات حق تقدم در تقاطع‌ها
- تنظیمات محدوده کاهش سرعت مطابق مرحله‌ی دوم فرآیند ارزیابی مدل

- اعتبارسنجی جریان اشباع در خط ایست تقاطع در مقایسه با اندازه‌گیری‌های میدانی گزارش‌شده در مرحله‌ی دوم فرآیند ارزیابی مدل
- جزئیات نحوه مدل‌سازی حمل‌ونقل همگانی شامل منبع داده‌های برنامه زمان‌بندی، زمان توقف در ایستگاه و زمان سفر
- جزئیات نحوه مدل‌سازی دوچرخه و پیاده
- عملکرد چراغ‌های راهنمایی و تنظیمات وابستگی به تقاضا:
  - عملکرد مناسب چراغ‌های راهنمایی تحت جریان تردد کنونی
  - شرح چگونگی پرداخت تواتر فازهای وابسته به تقاضا
- پارامترهای دانه‌های تصادفی مورد استفاده در مدل‌سازی و اعتبارسنجی آن
- جزئیات هر تنظیم/اصلاح دیگری در مدل مرحله‌ی دوم فرآیند ارزیابی مدل
- تحلیل طول صف و شرح آن شامل جزئیات ازدحام مشاهده‌شده یا زمان سبز استفاده‌نشده
- اعتبارسنجی زمان سفر در مسیرهای معین
- سایر مسائل، مفروضات یا چالش‌های فنی مدل‌سازی

۱۲-۳-۳- وسایل نقلیه ورودی

در هر کمان ورودی مدل، باید تعداد وسایل نقلیه ورودی به شبکه وارد شود. تعداد وسایل نقلیه ورودی باید به‌صورت حجم‌های «دقیق» و نه حجم‌های «تصادفی» و در بازه‌های زمانی ۱۵ دقیقه‌ای وارد شود. ازآنجاکه ویسیم جریان وسایل نقلیه را به‌صورت مقادیر ساعتی در نظر می‌گیرد، هر شمارش ۱۵ دقیقه‌ای باید در ۴ ضرب شده و به‌صورت حجم تردد در ساعت به مدل اضافه شود.

وسایل نقلیه ورودی باید با جریان مشاهده‌شده در بازه‌های زمانی اوج مدل هم‌خوانی داشته باشد. به این منظور می‌توان وسایل نقلیه ورودی را در بازه‌ی زمانی گرم‌کردن به‌گونه‌ای تنظیم کرد که مشخصات صف در مدل با شرایط مشاهده‌شده در ابتدای زمان اوج مشابه باشد. اگر بازه‌ی سردکردن نیز مدنظر باشد، وسایل نقلیه ورودی را می‌توان با توجه به هدف تحلیل، در زمان سردکردن نیز تنظیم کرد، به شرطی که تأثیری بر حجم تردد در زمان اوج نداشته باشد (بخش ۱۲-۳-۱۸- را ببینید).

حجم وسایل نقلیه ورودی باید به تفکیک نوع وسایل نقلیه باشد. هر نوع وسیله نقلیه باید دارای یک تابع توزیع سرعت مطلوب باشد که برای تخصیص سرعت آن در هنگام ورود به مدل مورد استفاده قرار می‌گیرد. باید مناسب بودن تابع توزیع

سرعت مطلوب با سرعت مجاز وسیله نقلیه در کمان ورودی تطابق داشته باشد (مگر این‌که مطابق بخش ۱۲-۲-۱۴- ، برای این هدف از ابزار «سرعت مطلوب» در ابتدای کمان ورودی استفاده شده باشد).

۱۲-۳-۴- انتخاب مسیر وسایل نقلیه

مسیر وسایل نقلیه باید با استفاده از روش تخصیص ترافیک مورد تائید در مرحله‌ی اول فرآیند ارزیابی مدل که در فهرست انتظارات از مدل‌سازی بیان شده و در مرحله‌ی دوم فرآیند ارزیابی مدل نیز تائید شده، مدل‌سازی شود. به‌منظور انتخاب مسیر، از طبقه‌بندی وسایل نقلیه استفاده می‌شود که انواع وسایل نقلیه‌ی مشابه را در ویسیم طبقه‌بندی می‌کند و باید در گزارش بیان شود.

معمولاً برای مدل کردن مسیر حرکت وسایل نقلیه از ورودی به خروجی مدل، از مسیرهای ایستا استفاده می‌شود. اطلاعات این مسیرها معمولاً از مدل تاکتیکی (یا مدل کلان‌نگر طرح جامع حمل‌ونقل) به‌دست‌آمده، که در صورت پیروی از فرآیند سه‌مرحله‌ای مدل‌سازی، استفاده از آن الزامی خواهد شد. برای مدل‌های کوچک‌تر، یا طبقه خاصی از وسایل نقلیه مانند دوچرخه، می‌توان از مسیرهای ایستای محلی که از شمارش تعداد گردش‌ها در تقاطع‌ها به دست می‌آید، استفاده کرد.

تمام ورودی‌های مدل، دست‌کم به یک «تصمیم انتخاب مسیر» ایستا برای وسایل نقلیه‌ی ورودی نیاز دارند و هر طبقه وسایل نقلیه نیز باید یک تصمیم انتخاب مسیر جداگانه داشته باشد.

نقطه شروع تصمیم انتخاب مسیر باید تا حد ممکن در بالادست تقاطع‌ها قرار گیرد تا وسایل نقلیه در صورت تمایل به گردش، فرصت کافی برای تغییر خط داشته باشند. در مواردی که در تقاطع‌ها از تصمیم انتخاب مسیر محلی استفاده شده باشد، می‌توان از رفتار رانندگی جانبی در «مسافت دید جلو در تصمیم انتخاب مسیر وسایل نقلیه» و «تصمیم انتخاب مسیر ایستای ترکیبی» در نرم‌افزار استفاده کرد. مشاور می‌تواند با تائید کارفرما، تصمیم انتخاب مسیر محلی را با استفاده از قابلیت «مسیرهای ترکیبی» به‌صورت دائم ادغام می‌کند.

همه تصمیم‌های انتخاب مسیر ایستا، باید توالی کمان-اتصال‌دهنده‌ی منطقی داشته باشند و دلیل هرگونه استفاده از مسیرهای جزئی باید شرح داده شود. رفتار وسایل نقلیه باید توسط به‌صورت میدانی مشاهده شود تا از انطباق آن با تصمیم‌های انتخاب مسیر و عدم وجود وسایل نقلیه‌ی فاقد مسیر در شبکه اطمینان حاصل شود.

در هر تصمیم انتخاب مسیر، جریان‌های نسبی در هر مسیر باید با داده‌های مشاهده شده تطابق داشته باشد. اگر در فرآیند پرداخت، تغییراتی در آن‌ها اعمال شده باشد، باید در گزارش پرداخت درج شود.

۱۲-۳-۵- قوانین اولویت عبور / نواحی تداخلی

توصیه می‌شود تقاطع‌های حق تقدمی، از «قوانین اولویت عبور» استفاده شود، زیرا باعث انعطاف بیشتری در شبیه‌سازی شرایط واقعی می‌شوند.

قوانین اولویت عبور به‌ویژه در تقاطع‌های حق تقدمی و حرکت‌های مخالف هم در تقاطع‌های چراغ‌دار، بر ازدحام و زمان سفر وسایل نقلیه تأثیر می‌گذارند. پرداخت صحیح قوانین اولویت عبور در ویسیم برای تطابق مدل با مشاهدات میدانی ضروری است. برای تعریف رفتار حق تقدمی و نواحی تداخلی، باید از نتایج بازدیدهای میدانی استفاده شود. موارد زیر باید برای ارزیابی درستی تعریف قوانین اولویت عبور مدنظر قرار گیرد:

- موقعیت نشانگرهای حق‌تقدم
- اولویت بین جریان‌های ترافیکی مختلف
- عملکرد قوانین اولویت عبور
- سرفاصله (زمانی و مکانی) بین خودروها
- نواحی توقف ممنوع/ خط‌کشی شطرنجی

لازم است اولویت حرکت، دید، فاصله عبور و فاصله ایمنی در نواحی تداخلی، به‌درستی و بر اساس مشاهدات میدانی تنظیم شده باشد. استفاده از نواحی تداخلی، بیشتر برای تعریف گذرگاه‌های پیاده یا تقاطع‌های چراغ‌دار مفید است، زیرا در آن‌ها ناحیه تداخلی به‌صورت شفاف تعریف شده است.

می‌توان از قوانین اولویت عبور برای مدل‌سازی رفتارهای پیچیده‌ی تردد مانند رفتار ملایم وسایل نقلیه در هنگام خروج از یک خیابان فرعی، رفتار تهاجمی وسیله نقلیه در هنگام خروج از خیابان فرعی، و خروج اتوبوس از ایستگاه دارای پهلوگاه به دلیل داشتن اولویت عبور استفاده کرد. مدل‌سازی این رفتارهای پیچیده باید با مستندات تصویری و مشاهدات میدانی همراه باشد.

۱۲-۳-۶- اصلاح سرعت

در مرحله‌ی دوم فرآیند ارزیابی مدل با وجود این‌که جریان تردد وجود نداشت، سرعت مطلوب و محدوده کاهش سرعت با توزیع‌های سرعت مطلوب فرضی در شبکه‌ی مدل‌شده جانمایی شدند. در مرحله‌ی سوم فرآیند ارزیابی مدل، باید سرعت مطلوب و محدوده کاهش سرعت را دوباره بررسی کرد تا انطباق رفتار مورد انتظار با تردد واقعی، تائید شده یا در صورت لزوم اصلاحات سرعت صورت پذیرد.

توزیع سرعت مطلوب مناسب باید برای هر محل سرعت مطلوب و محدوده کاهش سرعت ایجاد شود. اگر توزیع‌های جداگانه‌ای به انواع وسایل نقلیه‌ی اختصاص داده شده، باید اختصاص توزیع مناسب به هر نوع وسیله نقلیه بررسی و درستی آن تائید شود.

۱۲-۳-۷- عملکرد شبکه

ساختار اولیه‌ی شبکه، در مرحله‌ی دوم فرآیند ارزیابی مدل تعریف شده، اما پس از بارگذاری جریان و شبیه‌سازی تردد در این مرحله، امکان تنظیم دقیق آن وجود دارد. موارد زیر باید در هنگام اعتبارسنجی عملکرد شبکه در مدل بررسی و

گزارش شود:

- تغییرات مدل نسبت به مدل تأییدشده در مرحله‌ی دوم فرآیند ارزیابی مدل
- استفاده مناسب وسایل نقلیه و حرکت‌های گردشی از خطوط/ لچکی
- رفتار تغییر خط
- همگرایی/ واگرایی جریان‌های تردد
- انسداد خروجی
- گلوگاه در شبکه
- ایجاد صف
- مشاهدات مهم در شبکه
- سبقت گرفتن

اگر در کنار شبیه‌سازی صحیح بعضی رفتارها، سایر شرایط میدانی به‌طور غیرواقعی مدل شده باشد، اعتبار مدل تائید نخواهد شد. طول صف و موقعیت آن‌ها باید نمایان‌گر شرایط واقعی میدانی باشد. توصیه می‌شود نتایج بازدید میدانی و پرداخت رفتارها در مدل ویسیم، در قالب فیلم‌های کوتاهی با هم مقایسه شود.

۱۲-۳-۸- جریان اشباع

اعتبارسنجی جریان اشباع در خط ایست تقاطع در ویسیم، بر اساس داده‌هایی که در بخش ۱۲-۲-۱۵- اندازه‌گیری شده، صورت پذیرد. به چند طریق می‌توان جریان اشباع را در ویسیم اندازه‌گیری کرد که سه روش زیر ترجیح داده می‌شود:

- استفاده از فایل خروجی «ارزیابی ثبت تخلیه» (*.dis) که در راهنمای ویسیم شرح داده شده است. می‌توان از یک فایل اکسل برای تحلیل این فایل‌ها و مقایسه‌ی آن با داده‌های جریان اشباع اندازه‌گیری شده استفاده کرد.
- استفاده از خروجی VAP که سرفاصله خودروها در حالت اشباع را گزارش می‌کند.
- شمارش دستی تعداد وسایل نقلیه‌ی عبوری از خط ایست و ثبت زمان شبیه‌سازی، که مشابه روشی است که در گردآوری میدانی داده‌های جریان اشباع مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده از این روش، با وجود زمان‌بر بودن، ممکن است که در برخی شرایط، به‌ویژه در صورت حضور دوچرخه‌ها، الزامی باشد.

برای اعتبارسنجی مدل، مقایسه‌ی جریان اشباع مشاهده‌شده و مدل‌شده الزامی است، زیرا جریان اشباع، شاخصی از ظرفیت رویکردهای تقاطع چراغ‌دار محسوب می‌شود.

اگر محدوده کاهش سرعت به حرکت‌های گردشی نزدیک خط ایست اعمال شود، این حرکت‌های گردشی تأثیر قابل‌توجهی بر جریان اشباع خط ایست خواهند داشت. در این صورت، پرداخت حرکت‌های مستقیم اولویت داشته و پرداخت حرکت‌های گردشی در اولویت بعدی قرار دارد.

ممکن است در آماربرداری، جریان اشباع در ساعت‌های اوج مختلف با هم تفاوت داشته باشد، نمونه‌ای از این حالت هنگامی اتفاق می‌افتد که جریان رفت‌وبرگشتی با اوج جهتی (صبح در یک جهت و عصر در جهت دیگر) وجود داشته باشد. در چنین حالتی این جریان‌های اشباع باید به‌صورت جداگانه برای هر ساعت اوج در ویسیم اعتبارسنجی شوند.

تمامی جریان‌های اشباع مشاهده‌شده و مدل‌شده باید در جدولی فهرست شده و درصد خطای بین دو مقدار متناظر گزارش شود. بیشینه خطای مقادیر مشاهده و مدل باید ٪۱۰ باشد.

۱۲-۳-۹- مدل‌سازی حمل‌ونقل همگانی

هدف و محدوده‌ی مورد مطالعه در مدل ویسیم که در مرحله‌ی اول فرآیند ارزیابی مدل تعیین و در فهرست انتظارات از مدل‌سازی بیان شده، سطح جزئیات مدل‌سازی حمل‌ونقل همگانی را تعیین می‌کند. بررسی موارد زیر برای اعتبارسنجی مدل‌سازی حمل‌ونقل همگانی ضروری است:

- تواتر خدمات‌رسانی اتوبوس/قطار
- برنامه زمان‌بندی
- زمان توقف در ایستگاه‌ها یا پایانه‌ها
- تداخل با تردد سایر وسایل نقلیه

باید جزئیات و منابع تمامی داده‌های مورد استفاده برای پرداخت مدل شامل مسیرهای حمل‌ونقل همگانی و تواتر خدمات‌رسانی به کارفرما ارائه شود. گردآوری داده‌ها ممکن است شامل اندازه‌گیری زمان توقف در هر مسیر و در هر بازه‌ی زمانی، و شمارش تعداد مسافران سوارشده یا پیاده‌شده از هر ایستگاه بشود. داده‌های زمان سفر و زمان توقف در مسیرهای اتوبوس را می‌توان از سیستم مکان‌یابی خودکار وسیله نقلیه (در صورت وجود)، و داده‌های تعداد مسافر را می‌توان از سیستم خودکار اخذ کرایه استخراج کرد.

اندرکنش حمل‌ونقل همگانی و شخصی، تأثیر زیادی بر عملکرد شبکه دارد. تأثیر این موضوع بر ظرفیت تقاطع یا کمان باید در بازدیدهای میدانی به‌درستی شناسایی شده و در گزارش اعتبارسنجی (بخش ۱۲-۳-۲-) درج شود.

زمان سفر حمل‌ونقل همگانی باید همانند زمان سفر حمل‌ونقل شخصی، برای همه مسیرها اعتبارسنجی شود (بخش ۱۲-۳-۱۸-). میانگین زمان سفر در همه مسیرها در مدل باید برای چندین دانه تصادفی (دست‌کم ۲۰ عدد) محاسبه شود و مقدار آن بیشتر از ٪۱۵ با زمان سفر مشاهده شده میدانی اختلاف نداشته باشد. خروجی زمان سفر باید برای خودروهایی اندازه‌گیری شود که مبدأ حرکت آن‌ها آغاز مسیر بوده و به‌عنوان میانگین زمان سفر در هر کمان از مسیر ارائه شود. بهتر است زمان سفر برای همان نوع وسیله‌ی نقلیه‌ای که در آماربرداری میدانی مورد استفاده قرار گرفته، در مدل نیز اندازه‌گیری شود (مثلاً خودروی شخصی، اتوبوس و تاکسی). اعتبارسنجی زمان سفر در مسیرهای کوتاه حمل‌ونقل همگانی که کمتر از ۲ ایستگاه آن در مدل وارد شده، توصیه نمی‌شود.

۱۲-۳-۱۰- مدل‌سازی تردد دوچرخه

هدف و محدوده‌ی مورد مطالعه در مدل ویسیم که در مرحله‌ی اول فرآیند ارزیابی مدل تعیین و در فهرست انتظارات از مدل‌سازی بیان شده، سطح جزئیات مدل‌سازی دوچرخه را تعیین می‌کند. رفتار دوچرخه‌سواران ممکن است پیچیده بوده و در هر موقعیت و شرایطی تغییر کند، در نتیجه تأثیر آن بر عملکرد شبکه قابل‌توجه خواهد بود. بنابراین مدل‌سازی تردد دوچرخه باید به‌درستی انجام شود.

تسهیلات ویژه دوچرخه مانند مسیر و خط ایست جداشده، خط‌کشی و علائم افقی انتظامی و هشداری، خط ایست پیشرفته، چراغ سبز زود آزادشونده برای دوچرخه، و مشخصات هندسی گردش دو مرحله‌ای در تقاطع (توقف در میانه) باید بررسی شوند. در صورت تأثیر قابل‌توجه دوچرخه بر جریان اشباع، باید آن را در فرآیند پرداخت جریان اشباع در مدل در نظر گرفت.

ازآنجاکه دوچرخه و سایر وسایل نقلیه‌ی دو چرخ از میان صف عبور کرده و مشخصات عملکردی کاملاً متفاوتی نسبت به سایر وسایل نقلیه دارند، سبقت‌گرفتن و رفتارهای جانبی آن‌ها بسیار مهم است و باید در مدل‌سازی به آن توجه شود. مطابق بخش ۱۲-۲-۱۰- ، پارامترهای رفتار رانندگی که برای مدل‌سازی دوچرخه مهم بوده و ممکن است نیازمند تغییر باشند، عبارتند از:

- پارامترهای رفتار دنباله‌روی:
  - مسافت دید جلو (کمینه و بیشینه)
  - وسایل نقلیه‌ی مشاهده‌شده
  - مسافت دید عقب (کمینه و بیشینه)
- پارامترهای رفتار جانبی:
  - در هنگام مدل‌سازی دوچرخه، باید با وضع موجود تطابق داده شود

میانگین حجم جریان دوچرخه در مدل باید بر اساس چندین دانه تصادفی (دست‌کم ۲۰ عدد) محاسبه شده و مانند سایر وسایل نقلیه (بخش ۱۲-۳-۱۶-) با ترددشماری مشاهده شده در تقاطع مقایسه شود.

برای برداشت زمان سفر دوچرخه، می‌توان از داده‌های GPS یا روش وسیله نقلیه شناور استفاده کرد. ضرورت یا عدم ضرورت اعتبارسنجی زمان سفر دوچرخه به هدف و محدوده‌ی مورد مطالعه بستگی دارد. اگر حجم تردد دوچرخه نسبت به سایر وسایل نقلیه کم باشد (کمتر از ٪۱۰ کل جریان)، اعتبارسنجی زمان سفر دوچرخه ضروری نیست، اما اگر پیشنهاد مسیر دوچرخه جزء پیشنهادات اصلی طرح باشد، اعتبارسنجی زمان سفر ضروری خواهد بود. این موضوع باید در فهرست انتظارات از مدل‌سازی درج شود. میانگین زمان سفر دوچرخه در مدل باید بر اساس چندین دانه تصادفی (دست‌کم ۲۰ عدد) محاسبه شده و مانند سایر وسایل نقلیه (بخش ۱۲-۳-۱۸-) با زمان سفر مشاهده شده مقایسه شود.

۱۲-۳-۱۱- مدل‌سازی تردد پیاده

هدف و محدوده‌ی مورد مطالعه در مدل ویسیم که در مرحله‌ی اول فرآیند ارزیابی مدل تعیین و در فهرست انتظارات از مدل‌سازی بیان شده، سطح جزئیات مدل‌سازی پیاده را تعیین می‌کند. اگر هدف مطالعه، مدل‌سازی جزییات تردد پیاده باشد، باید از فرآیند ارزیابی مدل پیاده (بخش ۱۳-) نیز استفاده شود. بااین‌حال، شرایط دیگری در مدل‌سازی ویسیم وجود دارد که در آن با وجود عدم نیاز به مدل‌سازی دقیق تردد پیاده، پرداخت مدل پیاده الزامی است. برای نمونه، در گذرگاه‌های عرضی پیاده، باید تداخل وسایل نقلیه و پیاده به‌درستی شبیه‌سازی شده و تأثیر آن بر عملکرد شبکه گزارش شود.

۱۲-۳-۱۲- چراغ‌های راهنمایی و وابستگی به تقاضا

در مرحله‌ی دوم فرآیند ارزیابی مدل، زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی مدل‌شده و عملکرد فازهای وابسته به تقاضا، در نبود جریان تردد بررسی شد. در مرحله‌ی سوم فرآیند ارزیابی مدل، این موارد باید دوباره مورد بررسی قرار گیرند تا عملکرد صحیح زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی و فازهای وابسته به تقاضا در برابر جریان تردد مورد تائید قرار گیرد.

در صورت وجود داده‌های وابستگی به تقاضا در مرکز پایش تردد، باید از آن برای تائید مشاهدات میدانی استفاده کرد. فراوانی تقاضای تردد پیاده را می‌توان به‌صورت میدانی ثبت کرد، اما برای تائید آن باید از داده‌های مرکز پایش تردد نیز استفاده شود.

بیشینه اختلاف فراوانی فازهای وابسته به تقاضا در مدل شبکه با مقادیر مشاهده‌شده، باید ۱۰٪ باشد. جزییات باید در گزارش اعتبارسنجی (بخش ۱۲-۳-۲-) درج شده و فایل‌های پشتیبان مانند فایل‌های ردیابی VAP (*.trc) که در حین شبیه‌سازی ایجاد شده، به کارفرما ارائه شود.

لازم است جدولی برای مقایسه‌ی پدیدار شدن فازهای وابسته به تقاضا در مدل نسبت به مشاهدات میدانی تهیه شود که شامل موارد زیر باشد:

- تنظیم‌گر چراغ‌های راهنمایی
- شماره‌ی فاز
- نوع تنظیم‌گر (VAP یا ...)
- شماره درگاه شناساگر
- فراوانی مشاهده‌شده
- میانگین فراوانی مدل‌شده
- اختلاف بین مدل و مشاهده
- توضیحات تکمیلی در خصوص ضرورت اجبار در برخی فازهای وابسته به تقاضا

۱۲-۳-۱۳- دانه‌های تصادفی

برای بازنمایی تغییرات روزانه در مدل ویسیم مانند تصادفی بودن الگوی رسیدن وسایل نقلیه و تصادفی بودن مشخصات تک‌تک وسایل نقلیه و رانندگان از «تصادفی بودن» استفاده می‌شود. با انجام چندین شبیه‌سازی با تغییر دانه‌های تصادفی، میانگین مقادیر چندین شبیه‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرد که نسبت به نتایج یک‌بار شبیه‌سازی، وضعیت «معمول» میدانی را بهتر نشان می‌دهد.

بهتر است در شبیه‌سازی از دانه‌های تصادفی مختلفی استفاده شود تا پرداخت مدل فقط بر اساس یک دانه نباشد. توصیه می‌شود هنگام انجام چندین شبیه‌سازی برای دستیابی به نتایج مدل‌سازی، رفتارها در چند اجرای مختلف مشاهده شود. با میانگین‌گیری از نتایج مدل برای چند دانه تصادفی می‌توان میزان تغییرات در اجراهای مختلف شبیه‌سازی را مورد بررسی قرار داده و در صورت وجود اشکال در نتایج، آن را شناسایی کرد.

همان‌طور که در بخش ۱۲-۳-۱- بیان شد، در هنگام اعتبارسنجی مدل پایه در ویسیم در مرحله‌ی سوم فرآیند ارزیابی مدل، باید پارامترهای دانه تصادفی مورد استفاده برای تولید نتایج ارائه شود. مقادیر دانه‌های تصادفی باید با یک قاعده‌ی مشخص و یکنواخت (مثلاً افزایش گام‌به‌گام) انتخاب شده و در گزارش اعتبارسنجی به همراه مدل ویسیم ارائه شود. کارفرما باید بتواند نتایج گزارش شده از مدل را تکرار کند. بنابراین موارد زیر باید در گزارش اعتبارسنجی (بخش ۱۲-۳-۲-) درج شود و پس از اعتبارسنجی مدل، تغییر آن‌ها برای استخراج نتایج، مجاز نیست:

- **دانه تصادفی:** هر عدد صحیح مثبت
- نمو (افزایش) دانه تصادفی: هر مقدار منطقی
- **تعداد اجرا:** دست‌کم ۲۰ عدد، در مدل‌های پیچیده‌تر به تعداد بیشتری نیاز است

۱۲-۳-۱۴- سایر تنظیمات مدل نسبت به مرحله‌ی دوم

تغییرات اصلی مورد انتظار در مرحله‌ی سوم فرآیند ارزیابی مدل، در بخش‌های ۱۲-۳-۳- تا ۱۲-۳-۱۳- بررسی شده که باید در گزارش اعتبارسنجی (بخش ۱۲-۳-۲-) ارائه شود. هر نوع تنظیمات دیگری در نرم‌افزار یا هر پارامتر دیگری که در مرحله‌ی دوم فرآیند ارزیابی مدل بررسی‌شده، اما در اینجا (بخش‌های ۱۲-۳-۳- تا ۱۲-۳-۱۳-) بررسی نشده، معمولاً باید بدون تغییر بماند. هر تغییر دیگری در مدل باید به همراه دلایل انجام آن، در گزارش درج شود. تغییر نسخه‌ی نرم‌افزار یا پارامترهای دیگر مدل نسبت به مدل تأییدشده در مرحله‌ی دوم فرآیند ارزیابی مدل مجاز نیست، مگر با ارائه دلایل منطقی و تائید کارفرما.

۱۲-۳-۱۵- هشدارها/ خطاهای مدل

فایل خطای ویسیم و VAP (err.*) در انتهای شبیه‌سازی تولید می‌شود. این فایل باید بررسی شده و خطاهای مهمی که در نگاه اول واضح نیست، شناسایی شوند. برخی این خطاها عبارتند از:

- وسایل نقلیه یا اتوبوس/قطارهایی که از شبکه حذف شده‌اند
- وسایل نقلیه یا اتوبوس/ قطارهایی که قادر به طی مسیر از پیش‌تعریف‌شده‌ی خود نیستند
- در طول شبیه‌سازی تمامی وسایل نقلیه در شبکه بارگذاری نمی‌شوند
- وسایل نقلیه یا اتوبوس/ قطارهایی که در یک حلقه بسته حرکت می‌کنند
- تخطی از کمینه زمان سبز یا کمینه طول فاز چراغ راهنمایی
- تغییرات غیرطبیعی چراغ راهنمایی

مطلوب آن است که هیچ فایل خطایی در پایان شبیه‌سازی تولید نشود. بااین‌حال، وجود تعدادی خطای غیربحرانی را می‌توان پذیرفت. تعداد زیاد خطاهای مشاهده شده معمولاً به معنی وجود مسائل قابل‌توجهی در مدل‌سازی است و باید برای رفع آن‌ها اقدام شود. شرح خطاهای مدل باید گزارش و تائید کارفرما اخذ شود.

۱۲-۳-۱۶- مقایسه‌ی جریان تردد پایه

داده‌های میدانی شمارش حجم جریان تردد در معابر و حجم گردش‌ها در تقاطع‌ها، باید با مقادیر متناظر در مدل ویسیم با هم مقایسه و در گزارش اعتبارسنجی (بخش ۱۲-۳-۲-) درج شود. مقادیر مشاهده و مدل باید بسیار به هم نزدیک باشد. توصیه می‌شود ضریب تعیین، بیشتر از ۰/۸۸ و شیب خط بین ۰,۹ تا ۱,۱ باشد. آماره GEH برای تشخیص نکویی برازش داده‌های میدانی و خروجی‌های مدل‌سازی باید در بیش از ٪۸۵ کمان‌های بحرانی/مهم، مقداری کمتر از ۵ داشته باشد. همان‌طور که در بخش ۱۲-۳-۱۳- اشاره شد، جریان در مدل باید بر اساس میانگین چندین دانه تصادفی محاسبه شود. دلیل تفاوت قابل‌توجه بین مقادیر جریان مشاهده‌شده و خروجی مدل باید بررسی و اصلاح لازم در مدل اعمال و گزارش شود.

در تمامی کمان‌های ورودی به شبکه، جریان مدل‌شده نباید بیش از ٪۵ با جریان مشاهده‌شده تفاوت داشته باشد، زیرا جریان وسایل نقلیه در این کمان‌ها، ورودی مستقیم مدل هستند. به‌بیان‌دیگر، حجم تقاضا (تعداد وسایل نقلیه‌ای که قصد ورود به شبکه را دارند) باید کمتر از ٪۵ با حجم جریان (تعداد وسایل نقلیه‌ای که وارد شبکه شده‌اند) اختلاف داشته باشد. اگر جریان ورودی مدل مطابق مشاهدات میدانی نباشد، مدل تائید نخواهد شد، زیرا باید تمام وسایل نقلیه ورودی در بازه زمانی اوج، روی شبکه بارگذاری شده باشد.

در صورت لزوم باید طول کمان‌های ورودی را افزایش داد تا تمامی وسایل نقلیه قادر به ورود به شبکه باشند. افزایش احتمالی طول صف در اثر افزایش تقاضا در آینده و طرح‌های پیشنهادی آتی باید در نظر گرفته شده و در صورت نیاز، طول کمان‌ها متناظر با آن افزایش یابد. کمان ورودی در مدل پایه، مدل پایه‌ی افق و مدل طرح پیشنهادی باید آن‌قدر طولانی باشد که بتوان یک نشان‌گر زمان سفر را پشت صف ورودی قرار داد.

۱۲-۳-۱۷- تحلیل طول صف

یکی از روش‌های رایج برای پرداخت مدل، مقایسه‌ی طول صف مدل‌شده با طول صف مشاهده‌شده است. اما به دلیل توصیفی بودن اندازه‌گیری طول صف، مقایسه‌ی طول صف برای اعتبارسنجی مدل، شاخص قابل‌اطمینانی محسوب نمی‌شود. صف در مدل باید تطابق خوبی با صف مشاهده‌شده در بازدید میدانی و داده‌های هم‌فزون GPS وسایل نقلیه داشته باشد. وجود تفاوت‌های قابل‌توجه نشان می‌دهد که این نواحی نیازمند پرداخت مجدد هستند.

اگر ارزیابی طرح پیشنهادی، نیازمند داده‌های خروجی طول صف باشد، باید در فهرست انتظارات از مدل‌سازی به آن اشاره شود. مقایسه‌ی طول صف با هدف شناسایی افزایش یا کاهش نسبی طول صف در گزینه‌های مختلف، قابل‌قبول است، اما برای پیش‌بینی دقیق طول صف مورد استفاده قرار گیرد.

اگر برای تعیین جریان ورودی مدل از آماربرداری شمارش حجم گردش‌ها استفاده شده باشد، در عمل نباید صف مجازی قابل‌توجهی کمان‌های ورودی مدل ایجاد شود، زیرا داده‌های میدانی نشان‌دهنده‌ی شمارش جریان عبوری از خط ایست هستند. بااین‌حال، احتمال تشکیل صف به دلیل بالا بودن تقاضای تردد در بازه‌ی گرم‌کردن (برای مثال صف در آغاز ساعت اوج)، یا به دلیل تغییر الگوی ورود وسایل نقلیه وجود دارد.

۱۲-۳-۱۸- مقایسه‌ی زمان سفر

اعتبارسنجی زمان سفر همراه با اعتبارسنجی حجم تردد در کمان‌ها و گردش‌ها، مناسب‌ترین شاخص‌های اعتبارسنجی مدل ویسیم هستند.

میانگین زمان سفر در مدل باید برای چندین دانه تصادفی محاسبه شود و مقدار آن بیشتر از ٪۱۵ با زمان سفر مشاهده شده میدانی اختلاف نداشته باشد. خروجی زمان سفر باید برای خودروهایی اندازه‌گیری شود که مبدأ حرکت آن‌ها آغاز مسیر بوده و به‌عنوان میانگین زمان سفر در هر کمان از مسیر ارائه شود. بهتر است زمان سفر برای همان نوع وسیله‌ی نقلیه‌ای که در آماربرداری میدانی مورد استفاده قرار گرفته، در مدل نیز اندازه‌گیری شود (مثلاً خودروی شخصی، اتوبوس و تاکسی).

۱۲-۳-۱۹- سایر مسائل مدل‌سازی

جزئیات سایر مسائل، مفروضات یا چالش‌های فنی که در بخش‌های پیشین بیان نشد، باید گزارش ارائه شود.

۱۲-۳-۲۰- تائید مرحله سوم

مشاور موظف است اصلاحات موردنظر کارفرما را انجام دهد یا با ارائه مستندات و دلایل لازم تائید وی را اخذ کند. اگر مدل ایراد اساسی داشته باشد، کارفرما باید ضمن برگزاری جلسه‌ای با مشاور، خواستار اصلاح مدل شود. کارفرما باید مدل و گزارش بخش ۱۲-۳- را با توجه به اهداف مدل که در مرحله‌ی اول فرآیند ارزیابی مدل بیان شده و در فهرست انتظارات

از مدل‌سازی ثبت شده است، تائید و به مشاور ابلاغ کند که مدل متناسب با اهداف مطالعه است. پس‌ازآن، مرحله سوم فرآیند ارزیابی مدل خاتمه یافته و می‌توان مرحله چهارم این فرآیند را آغاز کرد.

۱۲-۴- مرحله‌ی پنجم-الف فرآیند ارزیابی مدل: ساخت مدل پایه‌ی افقی ویسیم

۱۲-۴-۱- مقدمه

مرحله‌ی پنجم-الف فرآیند ارزیابی مدل یک مرحله‌ی اختیاری است که در صورت استفاده از فرآیند سه‌مرحله‌ای مدل‌سازی، اجرای آن الزامی خواهد بود و باید برای کلیه بازه‌های زمانی مدل‌سازی انجام شود. نتایج مدل پایه‌ی افق به‌عنوان مرجع مقایسه‌ی نتایج مدل طرح پیشنهادی مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌بیان‌دیگر، میزان تأثیر طرح پیشنهادی بر بهبود عملکرد شبکه، نسبت به حالت پایه آینده سنجیده می‌شود.

لازم است بر اساس مرحله‌ی چهارم فرآیند ارزیابی مدل، تغییرات محدوده مورد مطالعه برای مدل طرح پیشنهادی و تغییرات شبکه در مدل ویسیم وارد شود. باید کلیه تغییرات به‌گونه‌ای در مدل برچسب‌گذاری و لایه‌بندی شود که بتوان در قالب گزینه‌های مختلف آن‌ها را در مدل فراخوان کرد. مدل پایه‌ی افق، به‌عنوان گزینه عدم انجام کار در سال افق محسوب می‌شود و نتایج مدل طرح پیشنهادی باید با آن مقایسه و ارزیابی شود. تغییراتی که باید در مدل پایه‌ی افق لحاظ شود عبارتند از:

- **تغییرات تقاضا:** ناشی از رشد جمعیت، افزایش جریان و باز تخصیص جریان ناشی از سایر طرح‌ها. تغییرات تقاضا ممکن است منجر به تغییر تعداد وسایل نقلیه ورودی و تصمیم انتخاب مسیر شود.
- **تغییرات شبکه:** تغییرات مشخصات هندسی در محدوده‌ی مورد مطالعه ناشی از سایر طرح‌ها. تغییرات شبکه ممکن است منجر به تغییراتی در ساختار کمان‌ها و پرداخت مجدد محدوده کاهش سرعت بر اساس جریان اشباع شود.
- **تغییرات زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی:** ناشی از رشد جمعیت، تأثیر سایر طرح‌ها و اقدامات اصلاحی. تغییرات زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی ممکن است منجر به تغییر ترکیب تنظیم‌گرهای چراغ‌های راهنمایی، منطق VAP، روش کنترل و زمان‌بندی فازها شود.

معمولاً مدل‌های تاکتیکی یا راهبردی (مانند مدل طرح جامع حمل‌ونقل) و مدل‌های بهینه‌سازی زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی نیز در طول ارزیابی در کنار مدل ویسیم ساخته می‌شوند که فرایند ارزیابی آن‌ها باید به‌صورت جداگانه انجام شود. افزایش جریان ورودی، مسیر وسایل نقلیه و زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی از این مدل‌ها استخراج و در مدل ویسیم مورد استفاده قرار گرفته و در صورت نیاز به‌صورت دستی تنظیم می‌شود. اگر زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی در ویسیم تغییر کند، باید بررسی شود که زمان‌بندی همه چراغ‌های راهنمایی برای یک افق زمانی واحد در مدل نهایی وارد شده

باشد.

۱۲-۴-۲- گزارش مدل پایه‌ی افق

مشاور باید مدل پایه‌ی افق را به همراه یک گزارش و کلیه اطلاعات مورد نیاز به کارفرما ارائه کند. باید مفروضات و تغییرات اعمال شده در مدل به همراه دلایل آن‌ها در گزارش ذکر شود. باید وضعیت عملکرد شبکه در مدل پایه (وضع موجود) با مدل پایه‌ی افق (عدم انجام کار افق) مقایسه شود. به‌ویژه باید تغییرات مناطق بحرانی شبکه ارزیابی شود. معمولاً مناطقی که دارای جریان تردد زیادی بوده و نزدیک به ظرفیت خود کار می‌کنند، و مناطقی که تحت تأثیر طرح پیشنهادی قرار گرفته‌اند، منطقه بحرانی محسوب شده و باید تغییرات عملکرد شبکه (مانند سطح خدمت، تأخیر، ...) در آن‌ها مقایسه شود.

۱۲-۴-۳- گزینه‌ها

اگر از قابلیت مدیریت گزینه (گزینه) استفاده شود، باید برای هر گزینه، متناسب با هدف آن، اسمی در نظر گرفته شده و در گزارش (بخش ۱۲-۴-۲-) درج شود.

۱۲-۴-۴- تغییرات مشخصات هندسی

به دلیل طرح‌های در دست مطالعه و مصوب برای اجرا، که در فاصله زمانی سال پایه تا سال افق قطعاً در شبکه اجرا خواهد شد، باید تغییراتی به مدل پایه اعمال شود تا مدل پایه‌ی افق به دست آید. البته این طرح‌ها شامل طرح‌های پیشنهادی مورد بررسی برای آینده نیست. این تغییرات عبارتند از:

- تغییر ساختار شبکه (کمان‌ها و اتصال‌دهنده‌ها)
- تغییر سرعت مطلوب، در صورت تغییر سرعت مجاز در شبکه
- تغییر محدوده کاهش سرعت، شامل پرداخت جریان اشباع پیش‌بینی‌شده
- تغییر قوانین اولویت عبور یا نواحی تداخلی
- تغییر ایستگاه‌های حمل‌ونقل همگانی و خطوط ویژه اتوبوس/قطار (شامل ساعت کار آن‌ها)
- تغییر مسیر حرکت وسایل نقلیه به دلیل ممنوعیت برخی حرکات

داده‌های مورد استفاده برای پرداخت تغییرات مشخصات هندسی شبکه در مدل ویسیم، از جمله تصویر پس‌زمینه یا نقشه‌های اتوکد باید ارائه شود. گزارش مدل پایه‌ی افق (بخش ۱۲-۴-۲-) باید موقعیت‌هایی را که انتظار می‌رود جریان اشباع، در اثر تغییر مشخصات هندسی، نسبت به مدل پایه تغییر کند، شناسایی و چگونگی برآورد جریان اشباع را مشخص کند. محدوده کاهش سرعت نیز باید به‌درستی در ویسیم پرداخت شده و جریان اشباع پیش‌بینی‌شده را مطابق با معیارهای تعریف‌شده در بخش ۱۲-۳-۸- به‌درستی ارائه دهد. هر تغییری در تنظیمات مدل که بر استفاده از خطوط یا ایجاد صف

تأثیر بگذارد، نیز باید بررسی قرار گیرد.

۱۲-۴-۵- تغییرات چراغ‌های راهنمایی

تغییرات برنامه زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی و نصب چراغ‌های راهنمایی جدید که در فاصله زمانی سال پایه تا سال افق در شبکه محدوده مورد مطالعه اجرا خواهد شد، باید به مدل پایه اعمال شود تا مدل پایه‌ی افق به دست آید. البته این موارد، شامل طرح‌های پیشنهادی مورد بررسی برای آینده نیست. این تغییرات عبارتند از:

- تغییرات چراغ‌های راهنمایی یا تنظیم‌گر آن‌ها
- تغییرات فازها، زمان بین دو سبز، کمینه زمان فاز و تأخیر فاز
- تغییر زمان‌بندی فازها یا زمان چرخه‌ها به دلیل تغییرات تقاضا و اقدامات اصلاحی. اگر زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی تغییر کند، باید اختلاف فاز چراغ‌های هماهنگ شده نیز بررسی و مجدداً با هم هماهنگ شود
- تغییرات شناساگرهای عملکرد فازهای وابسته به تقاضا، اولویت عبور اتوبوس/ قطار، SCATS
- تغییرات تنظیمات چراغ‌های راهنمایی به دلیل تغییرات تقاضای تردد پیاده

مفروضات، برآوردها و تغییرات فراوانی فازهای تردد پیاده وابسته به تقاضا در مدل پایه‌ی افق نسبت به مدل پایه، باید در گزارش مدل پایه‌ی افق (بخش ۱۲-۴-۲-) ارائه شود. زمان‌بندی فازهای چراغ راهنمایی، کمینه زمان فاز، زمان بین فازها در ویسیم باید بررسی و تطابق آن با گزارش‌ها کنترل شود. هر تغییری در زمان‌بندی نسبت به مدل اعتبارسنجی شده در مراحل قبل باید در گزارش به همراه دلایل آن درج شود.

۱۲-۴-۶- جریان تردد در مدل پایه‌ی افق

باید روش، مفروضات و داده‌های مورد استفاده برای تخصیص جریان تردد از مدل پایه در گزارش (بخش ۱۲-۴-۲-) ارائه شود. روش تعیین مسیر و جریان تردد ورودی به مدل پایه‌ی افق، باید در گزارش تعیین محدوده‌ی مورد مطالعه برای طرح پیشنهادی در مرحله‌ی چهارم فرآیند ارزیابی مدل ارائه و در فهرست انتظارات از مدل‌سازی درج شود. با توجه به هدف و روش مدل‌سازی، دو رویکرد اصلی به این منظور قابل استفاده است:

- تغییر دستی جریان تردد در مدل پایه با اعمال ضرایب رشد، انتخاب دستی مسیر جدید در مواردی که گردش‌ها ممنوع شده
- استفاده از مدل‌سازی تاکتیکی (مدل طرح جامع حمل‌ونقل) برای درک تأثیر طرح پیشنهادی بر شبکه و تقاضای آینده

خروجی جریان تردد حاصل از مدل‌های پایه و پایهٔ آینده در نرم‌افزار ویسیم باید مقایسه و تغییرات آن تحلیل شود.

۱۲-۴-۷- مدل‌سازی حمل‌ونقل همگانی

تغییرات حمل‌ونقل همگانی که در فاصله زمانی سال پایه تا سال افق در شبکه محدوده مورد مطالعه اجرا خواهد شد، باید به مدل پایه اعمال شود تا مدل پایه‌ی افق به دست آید. البته این موارد، شامل طرح‌های پیشنهادی مورد بررسی برای آینده نیست. این تغییرات که باید در گزارش مدل پایه‌ی افق (بخش ۱۲-۴-۲-) به همراه شرح تغییرات زمان سفر در تمام مسیرها ارائه شود، عبارتند از:

- مسیر اتوبوس/ قطار و سرفاصله آن‌ها
- موقعیت و اندازه‌ی ایستگاه‌های اتوبوس/قطار و جایگاه‌های اتوبوس/ قطار
- زمان توقف در ایستگاه اتوبوس/ قطار
- خطوط ویژه اتوبوس/ قطار (و ساعت کار آن)
- تداخل اتوبوس‌ها با سایر وسایل نقلیه شامل سبقت‌گرفتن و نحوه استفاده از خط یا لچکی در نزدیکی ایستگاه یا خط ویژه

۱۲-۴-۸- مدل‌سازی دوچرخه

تغییرات زیرساخت‌های دوچرخه که در فاصله زمانی سال پایه تا سال افق در شبکه محدوده مورد مطالعه اجرا خواهد شد، باید به مدل پایه اعمال شود تا مدل پایه‌ی افق به دست آید. البته این موارد، شامل طرح‌های پیشنهادی مورد بررسی برای آینده نیست. هرگونه تغییر در جزییات مدل‌سازی دوچرخه یا زیرساخت‌های دوچرخه، باید در گزارش مدل پایه‌ی افق (بخش ۱۲-۴-۲-) درج شود. این تغییرات عبارتند از:

- تعداد دوچرخه و مسیر آن‌ها، ناشی از رشد جمعیت یا اجرای سایر طرح‌ها که بر فعالیت دوچرخه تأثیر می‌گذارد
- خطوط ویژه دوچرخه (به‌صورت جدا شده یا جدا نشده)
- فاز ویژه دوچرخه، خط ایست پیشرفته، و مشخصات هندسی گردش دو مرحله‌ای در تقاطع (توقف در میانه)
- تأثیر دوچرخه بر تردد سایر وسایل نقلیه شامل سبقت‌گرفتن و نحوه استفاده از خط یا لچکی در نزدیکی خطوط ویژه دوچرخه و در تقاطع‌ها

۱۲-۴-۹- مدل‌سازی پیاده

هدف و محدوده‌ی مورد مطالعه در مدل ویسیم که در مرحله‌ی چهارم فرآیند ارزیابی مدل تعیین و در فهرست انتظارات از مدل‌سازی بیان شده، سطح جزئیات مدل‌سازی پیاده را تعیین می‌کند. اگر هدف مطالعه، مدل‌سازی جزییات تردد پیاده باشد، باید از فرآیند ارزیابی مدل پیاده (بخش ۱۳-) نیز استفاده شود.

تعداد فازهای وابسته به تقاضای تردد پیاده در مدل پایه‌ی افق باید به‌اندازه کافی باشد. مفروضات جریان تردد پیاده در آینده باید در گزارش مدل پایه‌ی افق (بخش ۱۲-۴-۲-) درج شود. اگر وضعیت جریان تردد پیاده در آینده نامشخص

باشد، می‌توان از تحلیل حساسیت استفاده کرده و یا فازهای پیاده در بیشینه مقدار تقاضا مدل شوند تا گزینه‌ی «بدترین حالت» قابل ارزیابی باشد.

۱۲-۴-۱۰- دانه‌های تصادفی

پارامترهای دانه‌های تصادفی مورد استفاده برای تولید نتایج مدل، باید در گزارش مدل پایه‌ی افق (بخش ۱۲-۴-۲-) درج شود. تغییر این پارامترها نسبت به دانه‌های مورد استفاده برای اعتبارسنجی مدل در مرحله‌ی سوم فرآیند ارزیابی مدل، مجاز نیست. به‌این‌ترتیب، فقط تأثیر تغییر مشخصات فیزیکی در مدل ارزیابی می‌شود و نتایج، تحت تأثیر تغییرات تصادفی ناشی از تغییر دانه‌های تصادفی قرار نمی‌گیرد.

اجراهای مدل باید با استفاده از دانه‌های مختلفی انجام شده و فایل‌های خطای (*.err) تمام اجراها در بخش ۱۲-۴-۱۲- تحلیل شوند تا مسائل مهم مدل در هر اجرا شناسایی شود. توصیه می‌شود هنگام انجام چندین شبیه‌سازی برای دستیابی به نتایج مدل‌سازی، رفتارها در چند اجرای مختلف مشاهده شود. با میانگین‌گیری از نتایج مدل برای چند دانه تصادفی می‌توان میزان تغییرات در اجراهای مختلف شبیه‌سازی را مورد بررسی قرار داده و در صورت وجود اشکال در نتایج، آن را شناسایی کرد.

۱۲-۴-۱۱- سایر تنظیمات مدل نسبت به مرحله سوم

تغییرات اصلی مورد انتظار در مدل پایه‌ی افق، در بخش‌های ۱۲-۴-۳- تا ۱۲-۴-۹- بررسی شده که باید در گزارش مدل پایه‌ی افق (بخش ۱۲-۴-۲-) ارائه شود. هر نوع تنظیمات دیگری در نرم‌افزار یا هر پارامتر دیگری که در مرحله‌ی سوم فرآیند ارزیابی مدل بررسی‌شده، اما در اینجا (بخش‌های ۱۲-۴-۳- تا ۱۲-۴-۹-) بررسی نشده، معمولاً باید بدون تغییر بماند. هر تغییر دیگری در مدل باید به همراه دلایل انجام آن، در گزارش درج شود. تغییر نسخه‌ی نرم‌افزار یا پارامترهای دیگر مدل نسبت به مدل تأییدشده در مرحله‌ی دوم فرآیند ارزیابی مدل مجاز نیست، مگر با ارائه دلایل منطقی و تائید کارفرما. می‌توان از گزینه‌های موجود در فهرست «مقایسه و انتقال شبکه» در نرم‌افزار ویسیم، برای ایجاد فایل «انتقال مدل» (*.trax) استفاده کرد تا تغییرات بین مدل‌های ویسیم به‌آسانی شناسایی شوند.

۱۲-۴-۱۲- هشدارها / خطاهای مدل

فایل خطای ویسیم و VAP (*.err) در انتهای شبیه‌سازی تولید می‌شود. این فایل باید بررسی شده و خطاهای مهمی که در نگاه اول واضح نیست، شناسایی شوند. برخی این خطاها عبارتند از:

- وسایل نقلیه یا اتوبوس/قطارهایی که از شبکه حذف شده‌اند
- وسایل نقلیه یا اتوبوس/ قطارهایی که قادر به طی مسیر از پیش‌تعریف‌شده‌ی خود نیستند
- در طول شبیه‌سازی تمامی وسایل نقلیه در شبکه بارگذاری نمی‌شوند
- وسایل نقلیه یا اتوبوس/ قطارهایی که در یک حلقه بسته حرکت می‌کنند

- تخطی از کمینه زمان سبز یا کمینه طول فاز چراغ راهنمایی
- تغییرات غیرطبیعی چراغ راهنمایی

مطلوب آن است که هیچ فایل خطایی در پایان شبیه‌سازی تولید نشود. بااین‌حال، وجود تعدادی خطای غیربحرانی را می‌توان پذیرفت. تعداد زیاد خطاهای مشاهده شده معمولاً به معنی وجود مسائل قابل‌توجهی در مدل‌سازی است و باید برای رفع آن‌ها اقدام شود. شرح خطاهای مدل باید گزارش و تائید کارفرما اخذ شود.

۱۲-۴-۱۳- طول صف

طول صف در نواحی بحرانی باید در مدل پایه و مدل پایه‌ی افق با هم مقایسه شده و تأثیر تغییرات طول صف بر عملکرد شبکه بررسی در گزارش مدل پایه‌ی افق (بخش ۱۲-۴-۲-) درج شود. نواحی بحرانی در گزارش مرحله چهارم فرآیند ارزیابی مدل شناسایی و در فهرست انتظارات از مدل‌سازی درج شده‌اند.

نتایج مدل باید تحلیل شده و خلاصه تغییرات عملکرد شبکه برای هر بازه‌ی زمانی مدل‌شده ارائه شود. مسائل مربوط به طول صف مانند طولانی‌تر شدن صف از فضای ذخیره‌ی موجود، انسداد تقاطع به دلیل پس زدن صف تقاطع پایین‌دست و غیره باید به‌دقت بررسی می‌شود.

در صورت وجود گذرگاه عرضی پیاده در مدل، تغییر طول صف ناشی از تغییر تقاضای تردد پیاده باید در گزارش درج شده و توضیح لازم ارائه شود.

اگر خروجی‌های مدل ویسیم، بیانگر تأثیر منفی تغییرات مدل بر طول صف باشد، باید جزییات آن بررسی شود.

۱۲-۴-۱۴- زمان سفر

زمان سفر در نواحی بحرانی باید در مدل پایه و مدل پایه‌ی افق با هم مقایسه شده و تأثیر تغییرات آن بر عملکرد شبکه بررسی در گزارش مدل پایه‌ی افق (بخش ۱۲-۴-۲-) درج شود. نواحی بحرانی در گزارش مرحله چهارم فرآیند ارزیابی مدل شناسایی و در فهرست انتظارات از مدل‌سازی درج شده‌اند.

نتایج مدل باید تحلیل شده و خلاصه تغییرات عملکرد شبکه برای انواع وسایل نقلیه در هر بازه‌ی زمانی مدل‌شده ارائه شود. اگر خروجی‌های مدل ویسیم، بیانگر تأثیر منفی تغییرات مدل بر زمان سفر باشد، باید جزییات آن بررسی شود.

خروجی زمان سفر باید برای خودروهایی اندازه‌گیری شود که مبدأ حرکت آن‌ها آغاز مسیر بوده و به‌عنوان میانگین زمان سفر در هر کمان از مسیر ارائه شود. بهتر است زمان سفر برای همان نوع وسیله‌ی نقلیه‌ای که در آماربرداری میدانی مورد استفاده قرار گرفته، در مدل نیز اندازه‌گیری شود (مثلاً خودروی شخصی، اتوبوس و تاکسی).

۱۲-۴-۱۵- سایر مسائل مدل‌سازی

جزئیات سایر مسائل، مفروضات یا چالش‌های فنی که در بخش‌های پیشین بیان نشد، باید گزارش ارائه شود.

۱۲-۴-۱۶- تائید مرحله پنجم-الف

مشاور موظف است اصلاحات موردنظر کارفرما را انجام دهد یا با ارائه مستندات و دلایل لازم تائید وی را اخذ کند. اگر مدل ایراد اساسی داشته باشد، کارفرما باید ضمن برگزاری جلسه‌ای با مشاور، خواستار اصلاح مدل شود. کارفرما باید مدل و گزارش بخش ۱۲-۴- را با توجه به اهداف مدل که در مراحل اول و چهارم فرآیند ارزیابی مدل بیان شده و در فهرست انتظارات از مدل‌سازی ثبت شده است، تائید و به مشاور ابلاغ کند که مدل متناسب با اهداف مطالعه است. پس‌ازآن، مرحله پنجم-الف فرآیند ارزیابی مدل خاتمه یافته و می‌توان مرحله پنجم-ب این فرآیند را آغاز کرد.

۱۲-۵- مرحله‌ی پنجم-ب فرآیند ارزیابی مدل: ساخت مدل طرح پیشنهادی ویسیم

۱۲-۵-۱- مقدمه

مدل طرح پیشنهادی باید بر اساس مدل پایه که در مرحله‌ی سوم فرآیند ارزیابی مدل تأییدشده، و در صورت پیروی از فرآیند سه‌مرحله‌ای مدل‌سازی، بر اساس مدل پایه‌ی افق که در مرحله‌ی پنجم-الف فرآیند ارزیابی مدل تأییدشده، ایجاد شود.

لازم است بر اساس مرحله‌ی چهارم فرآیند ارزیابی مدل، تغییرات محدوده مورد مطالعه برای مدل طرح پیشنهادی و تغییرات شبکه در مدل ویسیم وارد شود. باید کلیه تغییرات به‌گونه‌ای در مدل برچسب‌گذاری و لایه‌بندی شود که بتوان در قالب گزینه‌های مختلف آن‌ها را در مدل فراخوان کرد. مدل پایه‌ی افق، به‌عنوان گزینه عدم انجام کار در سال افق محسوب می‌شود و نتایج مدل طرح پیشنهادی باید با آن مقایسه و ارزیابی شود. تغییراتی که باید در مدل پایه‌ی افق لحاظ شود عبارتند از:

- **تغییرات تقاضا:** ناشی از رشد جمعیت، افزایش جریان و باز تخصیص جریان ناشی از سایر طرح‌ها. تغییرات تقاضا ممکن است منجر به تغییر تعداد وسایل نقلیه ورودی و تصمیم انتخاب مسیر شود.
- **تغییرات شبکه:** تغییرات مشخصات هندسی در محدوده‌ی مورد مطالعه ناشی از سایر طرح‌ها. تغییرات شبکه ممکن است منجر به تغییراتی در ساختار کمان‌ها و پرداخت مجدد محدوده کاهش سرعت بر اساس جریان اشباع شود.
- **تغییرات زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی:** ناشی از رشد جمعیت، تأثیر سایر طرح‌ها و اقدامات اصلاحی. تغییرات زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی ممکن است منجر به تغییر ترکیب تنظیم‌گرهای چراغ‌های راهنمایی، منطق VAP، روش کنترل و زمان‌بندی فازها شود.

معمولاً مدل‌های تاکتیکی یا راهبردی (مانند مدل طرح جامع حمل‌ونقل) و مدل‌های بهینه‌سازی زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی نیز در طول ارزیابی در کنار مدل ویسیم ساخته می‌شوند که فرایند ارزیابی آن‌ها باید به‌صورت جداگانه انجام

شود. افزایش جریان ورودی، مسیر وسایل نقلیه و زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی از این مدل‌ها استخراج و در مدل ویسیم مورد استفاده قرار گرفته و در صورت نیاز به‌صورت دستی تنظیم می‌شود. اگر زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی در ویسیم تغییر کند، باید بررسی شود که زمان‌بندی همه چراغ‌های راهنمایی برای یک افق زمانی واحد در مدل نهایی وارد شده باشد.

مدل پیشنهادی باید بیانگر عملکرد شبکه‌ی پیشنهادی بوده و تغییرات غیرواقعی به مدل پرداخت‌شده در مراحل دوم، سوم و پنجم-الف فرآیند ارزیابی مدل، اعمال نکند. از بهینه‌سازی رفتار رانندگان یا عملکرد شبکه برای دستیابی به سطح اشباع و طول صف خوش‌بینانه باید اجتناب شود.

۱۲-۵-۲- گزارش مدل طرح پیشنهادی

مشاور باید مدل طرح پیشنهادی را به همراه یک گزارش و کلیه اطلاعات مورد نیاز به کارفرما ارائه کند. باید مفروضات و تغییرات اعمال شده در مدل به همراه دلایل آن‌ها در گزارش ذکر شود. باید وضعیت عملکرد شبکه در مدل پایه (وضع موجود)، مدل پایه‌ی افق (عدم انجام کار افق)، و مدل طرح پیشنهادی (گزینه اصلاحی) مقایسه شود. گزارش ارزیابی اثرات احتمالی طرح پیشنهادی نیز باید تهیه شود. به‌ویژه باید تغییرات مناطق بحرانی شبکه ارزیابی شود. معمولاً مناطقی که دارای جریان تردد زیادی بوده و نزدیک به ظرفیت خود کار می‌کنند، و مناطقی که تحت تأثیر طرح پیشنهادی قرار گرفته‌اند، منطقه بحرانی محسوب شده و باید تغییرات عملکرد شبکه (مانند سطح خدمت، تأخیر، ...) در آن‌ها مقایسه شود.

۱۲-۵-۳- گزینه‌ها

اگر از قابلیت مدیریت گزینه (گزینه) استفاده شود، باید برای هر گزینه، متناسب با هدف آن، اسمی در نظر گرفته شده و در گزارش (بخش۱۲-۵-۲-) درج شود.

۱۲-۵-۴- تغییرات مشخصات هندسی

مدل پایه (یا پایه آینده در صورت استفاده از مدل‌سازی سه مرحله‌ای) باید به‌گونه‌ای به‌روزرسانی شود که منعکس کننده‌ی کلیه تغییرات مشخصات هندسی و فیزیکی شبکه ناشی از طرح پیشنهادی باشد. این تغییرات عبارتند از:

- تغییر ساختار شبکه (کمان‌ها و اتصال‌دهنده‌ها)
- تغییر سرعت مطلوب، در صورت تغییر سرعت مجاز در شبکه
- تغییر محدوده کاهش سرعت، شامل پرداخت جریان اشباع پیش‌بینی‌شده
- تغییر قوانین اولویت عبور یا نواحی تداخلی
- تغییر ایستگاه‌های حمل‌ونقل همگانی و خطوط ویژه اتوبوس/قطار (شامل ساعت کار آن‌ها)
- تغییر مسیر حرکت وسایل نقلیه به دلیل ممنوعیت برخی حرکات

داده‌های مورد استفاده برای پرداخت تغییرات مشخصات هندسی شبکه در مدل ویسیم، از جمله تصویر پس‌زمینه یا نقشه‌های اتوکد باید ارائه شود. گزارش مدل طرح پیشنهادی (بخش ۱۲-۵-۲-) باید موقعیت‌هایی را که انتظار می‌رود جریان اشباع، در اثر تغییر مشخصات هندسی، نسبت به مدل پایه تغییر کند، شناسایی و چگونگی برآورد جریان اشباع را مشخص کند. محدوده کاهش سرعت نیز باید به‌درستی در ویسیم پرداخت شده و جریان اشباع پیش‌بینی‌شده را مطابق با معیارهای تعریف‌شده در بخش ۱۲-۳-۸- به‌درستی ارائه دهد. هر تغییری در تنظیمات مدل که بر استفاده از خطوط یا ایجاد صف تأثیر بگذارد، نیز باید بررسی قرار گیرد.

۱۲-۵-۵- تغییرات چراغ‌های راهنمایی

مدل پایه (یا پایه آینده در صورت استفاده از مدل‌سازی سه مرحله‌ای) باید به‌گونه‌ای به‌روزرسانی شود که منعکس کننده‌ی کلیه تغییرات برنامه زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی و نصب چراغ‌های راهنمایی جدید ناشی از طرح پیشنهادی باشد. این تغییرات عبارتند از:

- تغییرات چراغ‌های راهنمایی یا تنظیم‌گر آن‌ها
- تغییرات فازها، زمان بین دو سبز، کمینه زمان فاز و تأخیر فاز
- تغییر زمان‌بندی فازها یا زمان چرخه‌ها به دلیل تغییرات تقاضا و اقدامات اصلاحی. اگر زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی تغییر کند، باید اختلاف فاز چراغ‌های هماهنگ شده نیز بررسی و مجدداً با هم هماهنگ شود
- تغییرات شناساگرهای عملکرد فازهای وابسته به تقاضا، اولویت عبور اتوبوس/ قطار، SCATS
- تغییرات تنظیمات چراغ‌های راهنمایی به دلیل تغییرات تقاضای تردد پیاده

مفروضات، برآوردها و تغییرات فراوانی فازهای تردد پیاده وابسته به تقاضا در مدل پایه‌ی افق نسبت به مدل پایه/ مدل پایه‌ی افق، باید در گزارش مدل طرح پیشنهادی (بخش ۱۲-۵-۲-) ارائه شود. زمان‌بندی فازهای چراغ راهنمایی، کمینه زمان فاز، زمان بین فازها در ویسیم باید بررسی و تطابق آن با گزارش‌ها کنترل شود. هر تغییری در زمان‌بندی نسبت به مدل اعتبارسنجی شده در مراحل قبل باید در گزارش به همراه دلایل آن درج شود.

۱۲-۵-۶- جریان تردد در مدل طرح پیشنهادی

باید روش، مفروضات و داده‌های مورد استفاده برای تخصیص جریان تردد از مدل پایه/ پایه‌ی آینده در گزارش (بخش ۱۲-۵-۲-) ارائه شود. روش تعیین مسیر و جریان تردد ورودی به مدل طرح پیشنهادی، باید در گزارش تعیین محدوده‌ی مورد مطالعه برای طرح پیشنهادی در مرحله‌ی چهارم فرآیند ارزیابی مدل ارائه و در فهرست انتظارات از مدل‌سازی درج شود. با توجه به هدف و روش مدل‌سازی، دو رویکرد اصلی به این منظور قابل استفاده است:

- تغییر دستی جریان تردد در مدل پایه با اعمال ضرایب رشد، انتخاب دستی مسیر جدید در مواردی که گردش‌ها ممنوع شده

- استفاده از مدل‌سازی تاکتیکی (مدل طرح جامع حمل‌ونقل) برای درک تأثیر طرح پیشنهادی بر شبکه و تقاضای آینده

خروجی جریان تردد حاصل از مدل‌های پایه و پایهٔ آینده در نرم‌افزار ویسیم باید مقایسه و تغییرات آن تحلیل شود.

۱۲-۵-۷- مدل‌سازی حمل‌ونقل همگانی

مدل پایه (یا پایه آینده در صورت استفاده از مدل‌سازی سه مرحله‌ای) باید به‌گونه‌ای به‌روزرسانی شود که منعکس کننده‌ی کلیه تغییرات حمل‌ونقل همگانی ناشی از طرح پیشنهادی باشد. تغییرات شبکه حمل‌ونقل همگانی، شامل تحلیل تأثیر آن بر تغییر زمان سفر در تمام مسیرها باید در گزارش مدل طرح پیشنهادی (بخش ۱۲-۵-۲-) ارائه شود. این تغییرات عبارتند از:

- مسیر اتوبوس/ قطار و سرفاصله آن‌ها
- موقعیت و اندازه‌ی ایستگاه‌های اتوبوس/قطار و جایگاه‌های اتوبوس/ قطار
- زمان توقف در ایستگاه اتوبوس/ قطار
- خطوط ویژه اتوبوس/ قطار (و ساعت کار آن)
- تداخل اتوبوس‌ها با سایر وسایل نقلیه شامل سبقت‌گرفتن و نحوه استفاده از خط یا لچکی در نزدیکی ایستگاه یا خط ویژه

۱۲-۵-۸- مدل‌سازی دوچرخه

مدل پایه (یا پایه آینده در صورت استفاده از مدل‌سازی سه مرحله‌ای) باید به‌گونه‌ای به‌روزرسانی شود که منعکس کننده‌ی کلیه تغییرات زیرساخت‌های دوچرخه ناشی از طرح پیشنهادی باشد. این تغییرات عبارتند از:

- تعداد دوچرخه و مسیر آن‌ها، ناشی از رشد جمعیت یا اجرای سایر طرح‌ها که بر فعالیت دوچرخه تأثیر می‌گذارد
- خطوط ویژه دوچرخه (به‌صورت جدا شده یا جدا نشده)
- فاز ویژه دوچرخه، خط ایست پیشرفته، و مشخصات هندسی گردش دو مرحله‌ای در تقاطع (توقف در میانه)
- تأثیر دوچرخه بر تردد سایر وسایل نقلیه شامل سبقت‌گرفتن و نحوه استفاده از خط یا لچکی در نزدیکی خطوط ویژه دوچرخه و در تقاطع‌ها

۱۲-۵-۹- مدل‌سازی پیاده

هدف و محدوده‌ی مورد مطالعه در مدل ویسیم که در مرحله‌ی چهارم فرآیند ارزیابی مدل تعیین و در فهرست انتظارات از مدل‌سازی بیان شده، سطح جزئیات مدل‌سازی پیاده را تعیین می‌کند. اگر هدف مطالعه، مدل‌سازی جزییات تردد پیاده باشد، باید از فرآیند ارزیابی مدل پیاده (بخش ۱۳-) نیز استفاده شود.

تعداد فازهای وابسته به تقاضای تردد پیاده در مدل پایه‌ی افق باید به‌اندازه کافی باشد. مفروضات جریان تردد پیاده در آینده باید در گزارش مدل طرح پیشنهادی (بخش ۱۲-۵-۲-) درج شود. اگر وضعیت جریان تردد پیاده در آینده نامشخص باشد، می‌توان از تحلیل حساسیت استفاده کرده و یا فازهای پیاده در بیشینه مقدار تقاضا مدل شوند تا گزینه‌ی «بدترین حالت» قابل ارزیابی باشد.

۱۲-۵-۱۰- دانه‌های تصادفی

پارامترهای دانه‌های تصادفی مورد استفاده برای تولید نتایج مدل، باید در گزارش مدل طرح پیشنهادی (بخش ۱۲-۴-۲-) درج شود. تغییر این پارامترها نسبت به دانه‌های مورد استفاده برای اعتبارسنجی مدل در مراحل سوم و پنجم فرآیند ارزیابی مدل، مجاز نیست. به‌این‌ترتیب، فقط تأثیر تغییر مشخصات فیزیکی در مدل ارزیابی می‌شود و نتایج، تحت تأثیر تغییرات تصادفی ناشی از تغییر دانه‌های تصادفی قرار نمی‌گیرد.

اجراهای مدل باید با استفاده از دانه‌های مختلفی انجام شده و فایل‌های خطای (*.err) تمام اجراها در بخش ۱۲-۵-۱۲- تحلیل شوند تا مسائل مهم مدل در هر اجرا شناسایی شود. توصیه می‌شود هنگام انجام چندین شبیه‌سازی برای دستیابی به نتایج مدل‌سازی، رفتارها در چند اجرای مختلف مشاهده شود. با میانگین‌گیری از نتایج مدل برای چند دانه تصادفی می‌توان میزان تغییرات در اجراهای مختلف شبیه‌سازی را مورد بررسی قرار داده و در صورت وجود اشکال در نتایج، آن را شناسایی کرد.

۱۲-۵-۱۱- سایر تنظیمات مدل نسبت به مراحل سوم/ پنجم-الف

تغییرات اصلی مورد انتظار در مدل طرح پیشنهادی، در بخش‌های ۱۲-۵-۳- تا ۱۲-۵-۹- بررسی شده که باید در گزارش مدل طرح پیشنهادی (بخش ۱۲-۵-۲-) ارائه شود. هر نوع تنظیمات دیگری در نرم‌افزار یا هر پارامتر دیگری که در مراحل سوم/پنجم-الف فرآیند ارزیابی مدل بررسی‌شده، اما در اینجا (بخش‌های ۱۲-۵-۳- تا ۱۲-۵-۹-) بررسی نشده، معمولاً باید بدون تغییر بماند. هر تغییر دیگری در مدل باید به همراه دلایل انجام آن، در گزارش درج شود. تغییر نسخه‌ی نرم‌افزار یا پارامترهای دیگر مدل نسبت به مدل تأییدشده در مرحله‌ی دوم فرآیند ارزیابی مدل مجاز نیست، مگر با ارائه دلایل منطقی و تائید کارفرما. می‌توان از گزینه‌های موجود در فهرست «مقایسه و انتقال شبکه» در نرم‌افزار ویسیم، برای ایجاد فایل «انتقال مدل» (*.trax) استفاده کرد تا تغییرات بین مدل‌های ویسیم به‌آسانی شناسایی شوند.

۱۲-۵-۱۲- هشدارها / خطاهای مدل

فایل خطای ویسیم و VAP (*.err) در انتهای شبیه‌سازی تولید می‌شود. این فایل باید بررسی شده و خطاهای مهمی که در نگاه اول واضح نیست، شناسایی شوند. برخی این خطاها عبارتند از:

- وسایل نقلیه یا اتوبوس/قطارهایی که از شبکه حذف شده‌اند
- وسایل نقلیه یا اتوبوس/ قطارهایی که قادر به طی مسیر از پیش‌تعریف‌شده‌ی خود نیستند

- در طول شبیه‌سازی تمامی وسایل نقلیه در شبکه بارگذاری نمی‌شوند
- وسایل نقلیه یا اتوبوس/ قطارهایی که در یک حلقه بسته حرکت می‌کنند
- تخطی از کمینه زمان سبز یا کمینه طول فاز چراغ راهنمایی
- تغییرات غیرطبیعی چراغ راهنمایی

مطلوب آن است که هیچ فایل خطایی در پایان شبیه‌سازی تولید نشود. بااین‌حال، وجود تعدادی خطای غیربحرانی را می‌توان پذیرفت. تعداد زیاد خطاهای مشاهده شده معمولاً به معنی وجود مسائل قابل‌توجهی در مدل‌سازی است و باید برای رفع آن‌ها اقدام شود. شرح خطاهای مدل باید گزارش و تائید کارفرما اخذ شود.

۱۲-۵-۱۳- طول صف

طول صف در نواحی بحرانی باید در مدل پایه/ مدل پایه‌ی افق با مدل طرح پیشنهادی مقایسه شده و تأثیر تغییرات طول صف بر عملکرد شبکه بررسی در گزارش مدل طرح پیشنهادی (بخش ۱۲-۵-۲-) درج شود. نواحی بحرانی در گزارش مرحله چهارم فرآیند ارزیابی مدل شناسایی و در فهرست انتظارات از مدل‌سازی درج شده‌اند.

نتایج مدل باید تحلیل شده و خلاصه تغییرات عملکرد شبکه برای هر بازه‌ی زمانی مدل‌شده ارائه شود. مسائل مربوط به طول صف مانند طولانی‌تر شدن صف از فضای ذخیره‌ی موجود، انسداد تقاطع به دلیل پس زدن صف تقاطع پایین‌دست و غیره باید به‌دقت بررسی می‌شود.

در صورت وجود گذرگاه عرضی پیاده در مدل، تغییر طول صف ناشی از تغییر تقاضای تردد پیاده باید در گزارش درج شده و توضیح لازم ارائه شود.

اگر خروجی‌های مدل ویسیم، بیانگر تأثیر منفی تغییرات مدل بر طول صف باشد، باید جزییات آن بررسی شود.

۱۲-۵-۱۴- زمان سفر

زمان سفر در نواحی بحرانی باید در مدل پایه/ مدل پایه‌ی افق با مدل طرح پیشنهادی مقایسه شده و تأثیر تغییرات آن بر عملکرد شبکه بررسی در گزارش مدل طرح پیشنهادی (بخش ۱۲-۵-۲-) درج شود. نواحی بحرانی در گزارش مرحله چهارم فرآیند ارزیابی مدل شناسایی و در فهرست انتظارات از مدل‌سازی درج شده‌اند.

نتایج مدل باید تحلیل شده و خلاصه تغییرات عملکرد شبکه برای انواع وسایل نقلیه در هر بازه‌ی زمانی مدل‌شده ارائه شود. اگر خروجی‌های مدل ویسیم، بیانگر تأثیر منفی تغییرات مدل بر زمان سفر باشد، باید جزییات آن بررسی شود.

خروجی زمان سفر باید برای خودروهایی اندازه‌گیری شود که مبدأ حرکت آن‌ها آغاز مسیر بوده و به‌عنوان میانگین زمان سفر در هر کمان از مسیر ارائه شود. بهتر است زمان سفر برای همان نوع وسیله‌ی نقلیه‌ای که در آماربرداری میدانی مورد استفاده قرار گرفته، در مدل نیز اندازه‌گیری شود (مثلاً خودروی شخصی، اتوبوس و تاکسی).

۱۲-۵-۱۵- سایر مسائل مدل‌سازی

جزئیات سایر مسائل، مفروضات یا چالش‌های فنی که در بخش‌های پیشین بیان نشد، باید گزارش ارائه شود.

۱۲-۵-۱۶- تائید مرحله پنجم-ب

مشاور موظف است اصلاحات موردنظر کارفرما را انجام دهد یا با ارائه مستندات و دلایل لازم تائید وی را اخذ کند. اگر مدل ایراد اساسی داشته باشد، کارفرما باید ضمن برگزاری جلسه‌ای با مشاور، خواستار اصلاح مدل شود. کارفرما باید مدل و گزارش بخش ۱۲-۵- را با توجه به اهداف مدل که در مراحل اول و چهارم فرآیند ارزیابی مدل بیان شده و در فهرست انتظارات از مدل‌سازی ثبت شده است، تائید و به مشاور ابلاغ کند که مدل متناسب با اهداف مطالعه است. پس‌ازآن، مرحله پنجم-ب فرآیند ارزیابی مدل خاتمه یافته و می‌توان مرحله ششم این فرآیند را آغاز کرد.

فصل ۱۳

فرآیند ارزیابی مدل پیاده در ویسواک و لژیون

فرآیند ارزیابی مدل پیاده در نرم‌افزار ویسواک و لژیون

۱۳-۱- محدوده

راهنمای فرآیند ارزیابی مدل در نرم‌افزار ویسواک و لژیون، باید برای ارزیابی کلیه مطالعاتی که در آن‌ها از این نرم‌افزارها برای مدل‌سازی تردد پیاده در شبکه معابر استفاده شده، به کار رود. درصورتی‌که مدل سواره در ویسیم ساخته شده باشد، باید فرآیند ارزیابی مدل در ویسیم نیز به‌موازات فصل حاضر انجام شود.

۱۳-۲- مرحله دوم فرآیند ارزیابی مدل: پرداخت مدل پایهٔ پیاده

۱۳-۲-۱- پرداخت مدل پایهٔ تردد پیاده

مدل پایه که باید برای تمام بازه‌های زمانی مدل‌سازی پرداخت شود، شامل موارد زیر است:

- داده‌های تقاضای تردد بر اساس آماربرداری‌های میدانی، مدل‌سازی تاکتیکی یا ترکیبی از هر دو، با توجه به محدوده مورد مطالعه و اهداف تعریف شده در مرحله اول فرآیند ارزیابی مدل و فهرست انتظارات از مدل‌سازی
- داده‌های حمل‌ونقل همگانی بر اساس پایگاه داده‌های موجود، آماربرداری‌های میدانی، مدل‌سازی تاکتیکی یا ترکیبی از هر سه، با توجه به محدوده مورد مطالعه و اهداف تعریف شده در مرحله اول فرآیند ارزیابی مدل و فهرست انتظارات از مدل‌سازی که سطح جزئیات مدل‌سازی حمل‌ونقل همگانی را تعیین می‌کند
- داده‌های میدانی زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی شبکه در طول بازه زمانی موردنظر
- فضای قابل‌دسترس برای پیاده‌ها که جزئیات مبلمان شهری، تجهیزات و موانع روی نقشه آن به‌صورت میدانی بررسی و درج شده است
- حرکات منطقی پیاده‌ها در مدل، شامل انتخاب مسیر مناسب و امکان دسترسی به مقصد دلخواه در زمان منطقی
- مطلوب آن است که هیچ فایل خطایی در پایان شبیه‌سازی تولید نشود. بااین‌حال، وجود تعدادی خطای غیربحرانی را می‌توان پذیرفت. تعداد زیاد خطاهای مشاهده شده معمولاً به معنی وجود مسائل قابل‌توجهی در مدل‌سازی است و باید برای رفع آن‌ها اقدام شود. شرح خطاهای مدل باید گزارش و تائید کارفرما اخذ شود.

۱۳-۲-۲- گزارش پرداخت

مشاور باید گزارش پرداخت مدل را به همراه مدل پرداخت‌شده به کارفرما ارائه کند. گزارش پرداخت باید شامل موارد زیر باشد:

- هدف، محدوده مورد مطالعه، بازه‌های زمانی مدل‌سازی که در گزارش مرحله‌ی اول فرآیند ارزیابی مدل در فهرست انتظارات از مدل‌سازی تعریف شده است
- زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی و زمان‌های سبز تردد پیاده

- منبع داده‌های مورد استفاده برای ساخت مدل تردد پیاده مانند برنامه زمان‌بندی و مسیر اتوبوس‌ها
- سایر مفروضات مدل‌سازی برای پرداخت مدل پایه‌ی تردد پیاده در مرحله دوم فرآیند ارزیابی مدل

۱۳-۲-۳- نسخه‌ی نرم‌افزار

نسخه‌ی نرم‌افزار باید در مرحله اول فرآیند ارزیابی مدل تعیین و در فهرست انتظارات از مدل‌سازی درج شود.

۱۳-۲-۴- داده‌های تقاضا

داده‌های تقاضای تردد پیاده باید به‌درستی وارد مدل شده و مطابق مشاهدات میدانی باشد. رویکرد و روش مورد استفاده برای آماده‌سازی تقاضا باید در گزارش پرداخت (بخش ۱۳-۲-۲-) درج شود.

تقاضای تردد پیاده را می‌توان با استفاده از ماتریس‌های مبدأ-مقصد یا تعداد پیاده ورودی، به مدل ویسواک اضافه کرد که انتخاب روش، باید در مرحله اول فرآیند ارزیابی مدل به تائید کارفرما رسیده باشد. واحد مورد استفاده برای تقاضای تردد پیاده، باید تعداد پیاده در ساعت باشد. تقاضای تردد پیاده باید به نواحی ورودی (بخش ۱۳-۲-۸-) اضافه شود. پارامترهای زیر باید به تائید کارفرما برسد:

- مدت شبیه‌سازی
- نیمرخ (الگوهای) ورود پیاده‌ها

۱۳-۲-۵- انواع پیاده‌ها

انواع پیاده‌ها و مشخصات آن‌ها مانند نیمرخ سرعت آن‌ها، باید در مرحله اول فرآیند ارزیابی مدل به تائید کارفرما رسیده و در گزارش پرداخت (بخش ۱۳-۲-۲-) ثبت شود. نیمرخ سرعت، اندازه و مسیر حرکت «افراد دارای محدودیت حرکت» نیز باید به‌درستی در مدل پیاده وارد شود.

۱۳-۲-۶- مدل‌سازی حمل‌ونقل همگانی

هدف و محدوده‌ی مورد مطالعه در مدل ویسیم که در مرحله‌ی اول فرآیند ارزیابی مدل تعیین و در فهرست انتظارات از مدل‌سازی بیان شده، سطح جزئیات مدل‌سازی حمل‌ونقل همگانی را مشخص می‌کند. برای ارزیابی درستی پرداخت مدل، اطلاعات زیر (اگر مدل شده باشند) باید بررسی شود:

- مسیر اتوبوس
- برنامه‌ی زمان‌بندی/سرفاصله/ تواتر اتوبوس
- نیمرخ تعداد مسافر سوار و پیاده شدن از اتوبوس
- موقعیت و اندازه‌ی ایستگاه اتوبوس و مبلمان شهری مرتبط با آن

جزئیات و منابع داده‌های مورد استفاده برای پرداخت مسیر اتوبوس‌ها و سرفاصله حرکت آن‌ها در مدل باید به کارفرما ارائه شود. مسافرانی که از اتوبوس پیاده یا به آن سوار می‌شوند، باید بر اساس همین سرفاصله سفر خود را به پایان رسانده یا آغاز کنند. مدل باید به‌گونه‌ای ایجاد شود که ابتدا مسافرانی که قصد پیاده‌شدن را دارند از اتوبوس پیاده شده و پس‌ازآن مسافرانی که قصد سوارشدن دارند، سوار اتوبوس شده و از مدل خارج شوند.

رفتار افرادی که در ایستگاه‌های اتوبوس منتظر هستند، از جمله تأثیر آن‌ها بر تردد سایر پیاده‌ها که از آن قسمت می‌گذرند، باید مطابق با مشاهدات میدانی مدل شود. مدل باید شامل مسافرانی باشد که به دلیل تکمیل ظرفیت اتوبوس، قادر نیستند سوار آن شوند.

اجزای حمل‌ونقل همگانی در مدل ویسواک، باید در قالب فرآیند ارزیابی مدل ویسیم (بخش ۱۲-۲-۱۶- و ۱۲-۳-۹-) بررسی شود.

۱۳-۲-۷- چراغ‌های راهنمایی

در مرحله‌ی دوم فرآیند ارزیابی مدل، باید داده‌های زیر در پرداخت مدل پایه مورد استفاده قرار گرفته و درستی آن‌ها توسط کارفرما تائید شود:

- طول چرخه
- زمان آغاز چراغ سبز
- طول چراغ سبز

برخی گذرگاه‌های پیاده وابسته به تقاضا بوده یا زمان چرخه و زمان فاز متغیری دارند. در این حالت در نرم‌افزار لژیون می‌توان از روش دیگری به‌جای روش استاندارد زمان ثابت استفاده کرد که تا حد امکان با شرایط میدانی تطابق داشته باشد. این رویکرد باید در گزارش پرداخت (بخش ۱۳-۲-۲-) درج شود. در ویسواک مدل‌سازی فازهای وابسته به تقاضای پیاده با استفاده از شناساگرهای تردد پیاده مدل می‌شود.

جزییات داده‌های زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی در مدل تردد پیاده‌ی ویسواک، باید در قالب فرآیند ارزیابی مدل ویسیم (بخش ۱۲-۳-۱۱-) بررسی شود. چراغ راهنمایی و شناساگرهای مربوط به آن باید در محل درست و در جهت درست حرکت در کمان‌های تردد پیاده (بخش ۱۳-۲-۸-) نصب شده باشند.

۱۳-۲-۸- فضای قابل‌دسترس پیاده

معیارهای زیر باید در ترسیم فضای قابل‌دسترس پیاده‌ها رعایت شده باشد:

- مدل پیاده در لژیون:
  - لایه‌های فایل نقشه پس‌زمینه باید ساده و قابل‌درک بوده و به ارائه کمک کنند. در صورت لزوم می‌توان از یک لایه با عنوان «فقط برای شبیه‌سازی» استفاده کرد تا فضای قابل‌دسترس، واقعی‌تر مدل شود.

لایه‌هایی که برای ارائه ایجاد شده‌اند باید درک مخاطب را از فضای خیابان بهبود بخشند

- فضای قابل‌دسترس برای پیاده‌ها نباید از بین خطوط نقشه به بیرون ادامه یابد (پیاده‌ها فقط بین خطوط حرکت کنند)
- ابعاد مدل باید با محدوده مورد مطالعه تطابق داشته و قسمت‌های غیرضروری از نقشه حذف شود
- نقشه باید فضای قابل‌دسترس پیاده در سطح زمین را به‌درستی نشان دهد. در صورت امکان باید جزئیاتی مانند تیرهای چراغ برق، چراغ‌های راهنمایی، موانع تردد و نرده‌های محافظ نیز در مدل درج شود
- نقشه محل تردد وسایل نقلیه باید با نقشه فضای در دسترس پیاده سازگار باشد. اگر ایستگاه‌های حمل‌ونقل همگانی در مدل وجود دارد، باید محل سوارشدن و پیاده شدن در ایستگاه به‌درستی مدل شود

- مدل پیاده در ویسواک:
  - برای آشنایی با مشخصات تصویر پس‌زمینه، به بخش ۱۲-۲-۶- از فرآیند ارزیابی مدل ویسیم مراجعه شود
  - با استفاده از تصویر پس‌زمینه، «نواحی» مختلف باید به‌درستی ترسیم شوند تا فضای موجود به پیاده‌ها اختصاص یابد. هر تغییری که نسبت به نقشه‌ها در فضای قابل‌دسترس پیاده اعمال شود، باید بر اساس مشاهدات میدانی بوده و در گزارش پرداخت (بخش ۱۳-۲-۲-) درج شود
  - نواحی کوچک باید به‌عنوان نقطه ورود پیاده‌ها ترسیم شوند. ازآنجاکه پیاده‌ها در هر نقطه از ناحیه قادر به ایجاد شدن هستند، باید «نواحی ورودی» به‌صورت ویژه ترسیم شوند تا پیاده‌ها فقط از آنجا قادر به ورود به مدل باشند. محل نواحی ورودی باید با مشاهدات میدانی مطابقت داشته باشد
  - برای جداسازی نواحی غیرقابل‌دسترس برای پیاده، باید از موانع استفاده شود. تیرهای چراغ برق، چراغ‌های راهنمایی، موانع تردد و نرده‌های محافظ جزء موانع محسوب می‌شوند
  - برای تردد پیاده از عرض معبر، باید یک کمان به‌عنوان فضای در دسترس پیاده ترسیم شده و گزینه‌ی «ناحیه‌ی پیاده» روی آن فعال شود تا پیاده‌ها بتوانند از آن استفاده کنند
  - اگر مدل پیاده برای چندطبقه ساخته شده، باید صحت اتصال طبقات به هم از طریق پله‌ها یا شیب‌راهه‌ها و جانمایی درست موانع و کمان‌های پیاده در طبقات مختلف بررسی و تائید شود

۱۳-۲-۹- حرکت پیاده‌ها

موارد زیر باید در پرداخت مدل تردد پیاده در نظر گرفته شده باشد:

- مسیر تردد پیاده‌ها به‌سوی مقصد نهایی‌شان به‌درستی تعریف شده باشد

- مداخله در رفتار پیاده‌ها باید به کمترین میزان انجام شود. پیاده‌ها باید از کوتاه‌ترین مسیر استفاده کنند، نه این‌که برای کاهش ازدحام و عملکرد بهتر مدل، به‌صورت دستی مسیری برایشان انتخاب شود
- در گذرگاه‌های عرضی چراغ‌دار یا بدون چراغ، پیاده‌ها باید بر اساس مقصد خود تصمیم بگیرند از گذرگاه عبور کنند یا خیر. انتخاب مسیر توسط پیاده‌ها باید بدیهی و منطقی باشد و در صورت مشاهده‌ی حرکت‌های غیربدیهی و غیرمنتظره، باید بررسی و دلیل آن در گزارش درج شود. حرکت‌های غیربدیهی ممکن است بر اساس مشاهدات میدانی، یا در طی فرآیند اعتبارسنجی مدل به وجود آمده باشند
- حرکت‌های پیاده‌ها باید بر اساس آماربرداری‌های میدانی پرداخت شود
- پیاده‌ها نباید در مدل «گیر» کنند، مگر این‌که به دلیل حجم زیاد تردد پیاده از یک فضای محدود، این امر اجتناب‌ناپذیر باشد. فضای قابل‌دسترس تردد پیاده و مسیرهای حرکت نباید مانع از جریان بدیهی حرکت پیاده شوند
- در نرم‌افزار لژیون، باید فایل خروجی res.* که شاخصی از اجرای عادی شبیه‌سازی مدل lgm.* است، ارائه شود تا پایداری مدل قابل‌سنجش باشد.

۱۳-۲-۱۰- هشدارها / خطاهای مدل

مطلوب آن است که هیچ فایل خطایی در پایان شبیه‌سازی تولید نشود. بااین‌حال، وجود تعدادی خطای غیربحرانی را می‌توان پذیرفت. تعداد زیاد خطاهای مشاهده شده معمولاً به معنی وجود مسائل قابل‌توجهی در مدل‌سازی است و باید برای رفع آن‌ها اقدام شود. شرح خطاهای مدل باید گزارش (بخش ۱۳-۲-۲-) و تائید کارفرما اخذ شود.

۱۳-۲-۱۱- سایر مسائل مدل‌سازی

جزئیات سایر مسائل، مفروضات یا چالش‌های فنی که در بخش‌های پیشین بیان نشد، باید گزارش ارائه شود.

۱۳-۲-۱۲- تائید مرحله دوم

مشاور موظف است اصلاحات موردنظر کارفرما را انجام دهد یا با ارائه مستندات و دلایل لازم تائید وی را اخذ کند. اگر مدل ایراد اساسی داشته باشد، کارفرما باید ضمن برگزاری جلسه‌ای با مشاور، خواستار اصلاح مدل شود. کارفرما باید مدل و گزارش بخش ۱۳-۲- را با توجه به اهداف مدل که در مرحله اول فرآیند ارزیابی مدل بیان شده و در فهرست انتظارات از مدل‌سازی ثبت شده است، تائید و به مشاور ابلاغ کند که مدل متناسب با اهداف مطالعه است. پس‌ازآن، مرحله دوم فرآیند ارزیابی مدل خاتمه یافته و می‌توان مرحله سوم این فرآیند را آغاز کرد.

۱۳-۳- مرحله سوم فرآیند ارزیابی مدل: اعتبارسنجی مدل پایهٔ پیاده

۱۳-۳-۱- اعتبارسنجی مدل پایهٔ پیاده

مدل تائید شده در مرحله‌ی دوم-ب فرآیند ارزیابی مدل، باید بر اساس داده‌های میدانی اعتبارسنجی شود. اعتبارسنجی مدل، باید بر اساس داده‌هایی مستقل از داده‌های مورد استفاده در فرایند پرداخت مدل انجام شود. روش و نتایج اعتبارسنجی مدل باید در گزارش ارائه شود. اعتبارسنجی مدل پایه برای کلیه بازه‌های زمانی مدل‌سازی الزامی است. هدف اصلی از اعتبارسنجی مدل، ارائه‌ی شواهدی است که نشان دهد خروجی مدل، نماینده شرایط دنیای واقعی است.

برنامه‌ریزی برای آماربرداری‌های میدانی باید با در نظرگرفتن نیازهای فرآیند اعتبارسنجی مدل انجام شود تا علاوه بر ارائه‌ی داده‌های مبدأ-مقصد مورد نیاز، تردد‌شماری‌های مستقلی نیز برای اعتبارسنجی مدل انجام گیرد.

اعتبارسنجی چشمی به کمک مقایسه‌ی شبیه‌سازی با نحوه واقعی حرکت پیاده‌ها توصیه می‌شود، اما مقایسه‌ی دقیق داده‌های خروجی شبیه‌سازی با آماربرداری میدانی نیز ضروری است.

شرط اعتبارسنجی مدل آن است که نتایج آن پایدار باشد، یعنی مدل همگرا شده تغییرات قابل‌توجهی در اجراهای مختلف نداشته باشد. در مواردی که خروجی‌های مدل تفاوت‌های زیادی با هم دارد، باید حتماً همگرایی مدل بررسی و تائید شود، وگرنه مدل ناپایدار بوده و نتایج آن قابل استناد نیست.

در نرم‌افزار لژیون، باید فایل خروجی res.* که شاخصی از اجرای عادی شبیه‌سازی مدل lgm.* است، ارائه شود تا پایداری مدل قابل‌سنجش باشد.

برای اعتبارسنجی مدل‌های ویسواک، باید دست‌کم از ۵ دانه تصادفی، و در صورت مدل‌سازی تردد بر اساس فرآیند ارزیابی مدل ویسیم، دست‌کم از ۲۰ دانه تصادفی استفاده شده و نتیجه‌ی نهایی بر اساس میانگین نتایج هم دانه‌ها ارائه شود. مقادیر دانه‌های تصادفی باید با یک قاعده‌ی مشخص و یکنواخت (مثلاً افزایش گام‌به‌گام) انتخاب شده و در گزارش ارائه شود.

پس از اعتبارسنجی، باید همبستگی خوبی بین خروجی‌های مدل پایه و داده‌های آماربرداری‌های شمارش تردد پیاده، ماتریس‌های مبدأ-مقصد و در صورت امکان زمان سفر وجود داشته باشد.

۱۳-۳-۲- گزارش اعتبارسنجی

مشاور باید پس از اعتبارسنجی مدل، آن را به همراه گزارش اعتبارسنجی برای اخذ تائید به کارفرما ارائه کند. گزارش اعتبارسنجی باید شامل موارد زیر باشد:

- زمان و روش آماربرداری داده‌های تردد
- نوع داده‌های گردآوری شده در آماربرداری
- نتایج اعتبارسنجی شامل مقایسه بین خروجی مدل و داده‌های میدانی

- نتایج پایداری مدل شامل فایل res.* یا دانه‌های تصادفی مورد استفاده
- مشاهده میدانی جریان تردد پیاده

۱۳-۳-۳- سایر تنظیمات مدل نسبت به مرحله‌ی دوم

تغییرات مدل باید در گزارش اعتبارسنجی (بخش ۱۳-۳-۲-) درج شده و به تائید کارفرما برسد. روش مورد استفاده برای بهبود انتخاب مسیر توسط پیاده‌ها و دستیابی به خروجی‌های معتبر از مدل پایه باید در گزارش ارائه شود.

۱۳-۳-۴- هشدارها / خطاهای مدل

مطلوب آن است که هیچ فایل خطایی در پایان شبیه‌سازی تولید نشود. بااین‌حال، وجود تعدادی خطای غیربحرانی را می‌توان پذیرفت. تعداد زیاد خطاهای مشاهده شده معمولاً به معنی وجود مسائل قابل‌توجهی در مدل‌سازی است و باید برای رفع آن‌ها اقدام شود. شرح خطاهای مدل باید گزارش (بخش ۱۳-۳-۲-) و تائید کارفرما اخذ شود.

۱۳-۳-۵- مقایسه‌ی تعداد تردد پیاده

داده‌های میدانی شمارش جریان تردد پیاده از گذرگاه‌های پیاده، باید با مقادیر متناظر در مدل ویسواک با هم مقایسه و در گزارش اعتبارسنجی (بخش ۱۲-۳-۲-) درج شود. مقادیر مشاهده و مدل باید بسیار به هم نزدیک بوده و توصیه می‌شود اختلاف آن‌ها کمتر از ٪۲۰ باشد.

۱۳-۳-۶- مقایسه‌ی ماتریس‌های مبدأ-مقصد

پس از اعتبارسنجی مدل پایه، ماتریس مبدأ-مقصد وارد شده به مدل باید بسیار شبیه ماتریس استخراج شده از آن باشد. این اطلاعات را در لژیون می‌توان در فایل شبیه‌سازی یافت و در ویسواک از «زمان سفر پیاده» (داده‌های مبدأ-مقصد) استفاده کرد. ممکن است پس از پایان شبیه‌سازی، برخی پیاده‌ها به دلیل عدم اتمام سفر خود در بازه شبیه‌سازی، در مدل باقی بمانند. این اختلاف باید با استخراج تعداد پیاده‌های باقی‌مانده در مدل در پایان شبیه‌سازی و در نظرگرفتن آن در مقایسه‌ی ورودی و خروجی، بررسی شود. مقادیر مشاهده و مدل باید بسیار به هم نزدیک بوده و توصیه می‌شود اختلاف آن‌ها کمتر از ٪۵ باشد.

۱۳-۳-۷- مقایسه‌ی زمان سفر

اگرچه مقایسه‌ی زمان سفر یا پیاده‌روی برای فرآیند اعتبارسنجی ضروری نیست، اما برای مقایسه‌ی جریان‌های تردد پیاده مفید است.

میانگین زمان سفر در مدل باید برای چندین دانه تصادفی محاسبه شود و مقدار آن بیشتر از ٪۱۵ با زمان سفر مشاهده شده میدانی اختلاف نداشته باشد. خروجی زمان سفر باید برای پیاده‌هایی اندازه‌گیری شود که مبدأ حرکت آن‌ها آغاز مسیر

باشد و به‌صورت زمان سفر تجمعی برای یک مسیر مشخص ارائه شود. بهتر است زمان سفر برای همان نوع پیاده‌ای که در آماربرداری میدانی مورد استفاده قرار گرفته، در مدل نیز اندازه‌گیری شود (مثلاً پیاده، فردی باشد که هر روز این مسیر را طی می‌کند و هیچ‌گونه محدودیت حرکت ندارد).

۱۳-۳-۷-۱- سایر مسائل مدل‌سازی

جزئیات سایر مسائل، مفروضات یا چالش‌های فنی که در بخش‌های پیشین بیان نشد، باید گزارش ارائه شود.

۱۳-۳-۸- تائید مرحله سوم

مشاور موظف است اصلاحات موردنظر کارفرما را انجام دهد یا با ارائه مستندات و دلایل لازم تائید وی را اخذ کند. اگر مدل ایراد اساسی داشته باشد، کارفرما باید ضمن برگزاری جلسه‌ای با مشاور، خواستار اصلاح مدل شود. کارفرما باید مدل و گزارش بخش ۱۳-۳- را با توجه به اهداف مدل که در مرحله اول فرآیند ارزیابی مدل بیان شده و در فهرست انتظارات از مدل‌سازی ثبت شده است، تائید و به مشاور ابلاغ کند که مدل متناسب با اهداف مطالعه است. پس‌ازآن، مرحله سوم فرآیند ارزیابی مدل خاتمه یافته و می‌توان مرحله چهارم این فرآیند را آغاز کرد.

۱۳-۴- مرحله‌ی پنجم-الف فرآیند ارزیابی مدل: ساخت مدل پایه‌ی افقی تردد پیاده

۱۳-۴-۱- مقدمه

مرحله‌ی پنجم-الف فرآیند ارزیابی مدل یک مرحله‌ی اختیاری است که در صورت استفاده از فرآیند سه‌مرحله‌ای مدل‌سازی، اجرای آن الزامی خواهد بود و باید برای کلیه بازه‌های زمانی مدل‌سازی انجام شود. نتایج مدل پایه‌ی افق به‌عنوان مرجع مقایسه‌ی نتایج مدل طرح پیشنهادی مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌بیان‌دیگر، میزان تأثیر طرح پیشنهادی بر بهبود عملکرد شبکه، نسبت به حالت پایه آینده سنجیده می‌شود.

لازم است بر اساس مرحله‌ی چهارم فرآیند ارزیابی مدل، تغییرات محدوده مورد مطالعه برای مدل طرح پیشنهادی و تغییرات شبکه در مدل ویسواک وارد شود. باید کلیه تغییرات به‌گونه‌ای در مدل برچسب‌گذاری و لایه‌بندی شود که بتوان در قالب گزینه‌های مختلف آن‌ها را در مدل فراخوان کرد. مدل پایه‌ی افق، به‌عنوان گزینه عدم انجام کار در سال افق محسوب می‌شود و نتایج مدل طرح پیشنهادی باید با آن مقایسه و ارزیابی شود. تغییراتی که باید در مدل پایه‌ی افق لحاظ شود عبارتند از:

- تقاضای تردد پیاده
- مسیر اتوبوس‌ها و تواتر خدمت‌رسانی آن‌ها، شامل تغییرات ایستگاه‌های اتوبوس
- زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی در کلیه گذرگاه‌های عرضی پیاده

۱۳-۴-۲- گزارش مدل پایه‌ی افق

مشاور باید مدل پایه‌ی افق را به همراه یک گزارش و کلیه اطلاعات مورد نیاز به کارفرما ارائه کند. باید مفروضات و تغییرات اعمال شده در مدل به همراه دلایل آن‌ها در گزارش ذکر شود. باید وضعیت عملکرد شبکه در مدل پایه (وضع موجود) با مدل پایه‌ی افق (عدم انجام کار افق) مقایسه شود. به‌ویژه باید تغییرات مناطق بحرانی شبکه ارزیابی شود. معمولاً مناطقی که دارای جریان تردد زیادی بوده و نزدیک به ظرفیت خود کار می‌کنند، و مناطقی که تحت تأثیر طرح پیشنهادی قرار گرفته‌اند، منطقه بحرانی محسوب شده و باید تغییرات عملکرد شبکه (مانند سطح خدمت، تأخیر، ...) در آن‌ها مقایسه شود.

۱۳-۴-۳- تغییرات فضای قابل‌دسترس تردد پیاده

به دلیل طرح‌های در دست مطالعه و مصوب برای اجرا، که در فاصله زمانی سال پایه تا سال افق قطعاً در شبکه اجرا خواهد شد، باید تغییراتی در فضای قابل‌دسترس پیاده مدل پایه اعمال شود تا مدل پایه‌ی افق به دست آید. البته این طرح‌ها شامل طرح‌های پیشنهادی مورد بررسی برای آینده نیست.

اگر مشخصات هندسی تغییر کرده باشد، باید جزییات آن با توجه به نکات بخش ۱۳-۲-۸- ، در مدل اعمال و در گزارش مدل پایه‌ی افق (بخش ۱۳-۴-۲-) درج شود.

در نرم‌افزار لژیون می‌توان با هدف ساده‌سازی، از در نظر گرفتن تغییرات در نواحی غیرقابل‌دسترس برای پیاده‌ها صرف‌نظر کرد. اما تغییرات نواحی قابل‌دسترس پیاده از جمله پیاده‌روها و گذرگاه‌های عرضی پیاده باید اصلاح شود.

حرکت‌های پیاده، سرعت حرکت، و انتخاب مسیر باید با مدل تائید شده در مرحله سوم فرآیند ارزیابی مدل سازکار بوده و هر تغییری بررسی و دلیل آن در گزارش مدل پایه‌ی افق (بخش ۱۳-۴-۲-) درج شود.

۱۳-۴-۴- تغییرات اجزاء مدل

ممکن است به دلیل طرح‌های اجرا شده تا سال افق، تغییرات کوچکی در اجزاء موجود در مدل پایه‌ی افق ایجاد شود، مانند تغییر مکان یا تغییر شکل برخی اجزاء، و یا اضافه شدن اجزاء جدید که بر مسیر حرکت پیاده تأثیر می‌گذارند. این تغییرات باید در گزارش مدل پایه‌ی افق (بخش ۱۳-۴-۲-) درج شود.

۱۳-۴-۵- تغییرات تقاضای تردد پیاده

باید با استفاده از رویکرد و روش مورد استفاده در مراحل دوم و سوم فرآیند ارزیابی مدل، ماتریس‌های مبدأ-مقصد و تعداد پیاده‌های ورودی به مدل پایه‌ی افق بر اساس تقاضای سال افق به‌روزرسانی شود. در گزارش مدل پایه‌ی افق (بخش ۱۳-۴-۲-) باید تغییرات تقاضای تردد پیاده و نرخ رشد آن به‌صورت مقایسه‌ای بین تقاضای تردد پیاده در سال پایه و سال افق ارائه و ارزیابی شود.

۱۳-۴-۶- تغییرات حمل‌ونقل همگانی

تغییرات حمل‌ونقل همگانی که در فاصله زمانی سال پایه تا سال افق در شبکه محدوده مورد مطالعه اجرا خواهد شد، باید به مدل پایه اعمال شود تا مدل پایه‌ی افق به دست آید. البته این موارد، شامل طرح‌های پیشنهادی مورد بررسی برای آینده نیست. این تغییرات که باید در گزارش مدل پایه‌ی افق (بخش ۱۳-۴-۲-) ارائه شود، عبارتند از:

- مسیر اتوبوس
- برنامه‌ی زمان‌بندی/سرفاصله/ تواتر اتوبوس
- نیمرخ تعداد مسافر سوار و پیاده شدن از اتوبوس
- موقعیت و اندازه‌ی ایستگاه اتوبوس و مبلمان شهری مرتبط با آن

تغییر در موقعیت و اندازه‌ی ایستگاه‌های اتوبوس در مدل پایه‌ی افق باید مطابق بخش ۱۳-۴-۴- انجام شود. پس از اصلاح ایستگاه‌های اتوبوس، رفتار پیاده‌هایی که در ایستگاه منتظرند یا از کنار آن عبور می‌کنند باید دوباره بررسی شود.

۱۳-۴-۷- تغییرات چراغ‌های راهنمایی

تغییرات برنامه زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی و نصب چراغ‌های راهنمایی جدید که در فاصله زمانی سال پایه تا سال افق در شبکه محدوده مورد مطالعه اجرا خواهد شد، باید به مدل پایه اعمال شود تا مدل پایه‌ی آینده به دست آید. البته این موارد، شامل طرح‌های پیشنهادی مورد بررسی برای آینده نیست. این تغییرات عبارتند از:

- طول چرخه
- زمان آغاز چراغ سبز
- طول چراغ سبز

برخی گذرگاه‌های پیاده وابسته به تقاضا بوده یا زمان چرخه و زمان فاز متغیری دارند. در این حالت در نرم‌افزار لژیون می‌توان از روش دیگری به‌جای روش استاندارد زمان ثابت استفاده کرد که تا حد امکان با شرایط میدانی تطابق داشته باشد. این رویکرد باید در گزارش پرداخت (بخش ۱۳-۲-۲-) درج شود. در ویسواک مدل‌سازی فازهای وابسته به تقاضای پیاده با استفاده از شناساگرهای تردد پیاده مدل می‌شود.

جزییات داده‌های زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی در مدل تردد پیاده‌ی ویسواک، باید در قالب فرآیند ارزیابی مدل ویسیم (بخش ۱۲-۴-۵-) بررسی شود. چراغ راهنمایی و شناساگرهای مربوط به آن باید در محل درست و در جهت درست حرکت در کمان‌های تردد پیاده (بخش ۱۳-۲-۸-) نصب شده باشند.

۱۳-۴-۸- سایر تنظیمات مدل نسبت به مرحله سوم

تغییرات اصلی مورد انتظار در مدل پایه‌ی افق، در بخش‌های ۱۳-۴-۳- تا ۱۳-۴-۹- بررسی شده که باید در گزارش

مدل پایه‌ی افق (بخش ۱۳-۴-۲-) ارائه شود. هر نوع تنظیمات دیگری در نرم‌افزار یا هر پارامتر دیگری که در مرحله‌ی سوم فرآیند ارزیابی مدل بررسی‌شده، اما در اینجا (بخش‌های ۱۳-۴-۳- تا ۱۳-۴-۹-) بررسی نشده، معمولاً باید بدون تغییر بماند. هر تغییر دیگری در مدل باید به همراه دلایل انجام آن، در گزارش درج شود. تغییر نسخه‌ی نرم‌افزار یا پارامترهای دیگر مدل نسبت به مدل تأییدشده در مرحله‌ی دوم فرآیند ارزیابی مدل مجاز نیست، مگر با ارائه دلایل منطقی و تائید کارفرما.

۱۳-۴-۹- هشدارها / خطاهای مدل

مطلوب آن است که هیچ فایل خطایی در پایان شبیه‌سازی تولید نشود. بااین‌حال، وجود تعدادی خطای غیربحرانی را می‌توان پذیرفت. تعداد زیاد خطاهای مشاهده شده معمولاً به معنی وجود مسائل قابل‌توجهی در مدل‌سازی است و باید برای رفع آن‌ها اقدام شود. شرح خطاهای مدل باید گزارش (بخش ۱۳-۴-۲-) و تائید کارفرما اخذ شود.

۱۳-۴-۱۰- سایر مسائل مدل‌سازی

جزئیات سایر مسائل، مفروضات یا چالش‌های فنی که در بخش‌های پیشین بیان نشد، باید گزارش ارائه شود.

۱۳-۴-۱۱- تائید مرحله پنجم-الف

مشاور موظف است اصلاحات موردنظر کارفرما را انجام دهد یا با ارائه مستندات و دلایل لازم تائید وی را اخذ کند. اگر مدل ایراد اساسی داشته باشد، کارفرما باید ضمن برگزاری جلسه‌ای با مشاور، خواستار اصلاح مدل شود. کارفرما باید مدل و گزارش بخش ۱۳-۴- را با توجه به اهداف مدل که در مرحله اول فرآیند ارزیابی مدل بیان شده و در فهرست انتظارات از مدل‌سازی ثبت شده است، تائید و به مشاور ابلاغ کند که مدل متناسب با اهداف مطالعه است. پس‌ازآن، مرحله پنجم-الف فرآیند ارزیابی مدل خاتمه یافته و می‌توان مرحله پنجم-ب این فرآیند را آغاز کرد.

۱۳-۵- مرحله پنجم-ب فرآیند ارزیابی مدل: ساخت مدل طرح پیشنهادی پیاده

۱۳-۵-۱- مقدمه

مدل طرح پیشنهادی باید بر اساس مدل پایه که در مرحله‌ی سوم فرآیند ارزیابی مدل تأییدشده، و در صورت پیروی از فرآیند سه‌مرحله‌ای مدل‌سازی، بر اساس مدل پایه‌ی افق که در مرحله‌ی پنجم-الف فرآیند ارزیابی مدل تأییدشده، ایجاد شود.

برای ساخت مدل طرح پیشنهادی، باید کلیه تغییرات ناشی از طرح پیشنهادی در مدل پایه‌ی افق اعمال شود. رویکرد و روش مورد استفاده برای تعیین نحوه حرکت پیاده‌ها باید با مراحل قبلی فرآیند ارزیابی مدل سازگار باشد. مدل طرح پیشنهادی باید برای همه بازه‌های زمانی مدل‌سازی ساخته شود. تغییرات زیر باید در مدل طرح پیشنهادی بررسی شود:

- تغییرات هندسی، خط‌کشی مسیرهای پیاده، گذرگاه‌های عرضی پیاده و کلیه فضاهای قابل‌دسترس پیاده باید مطابق طرح پیشنهادی تغییر کند
- زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی باید متناسب با طرح پیشنهادی تغییر کند
- تغییرات خدمات اتوبوسرانی، موقعیت خطوط و ایستگاه‌های اتوبوس، سرفاصله اتوبوس‌ها باید متناسب با طرح پیشنهادی تغییر کند

علاوه بر این‌که مدل باید از دیدگاه فنی به‌درستی ساخته شده باشد، باید بررسی شود که اجرای طرح پیشنهادی منجر به آسیب دیدن جریان تردد پیاده نخواهد شد. تفسیر تغییرات ناشی از طرح پیشنهادی با استفاده از نقشه‌های حرارتی یا خروجی‌های دیگر باید برای ارزیابی خروجی‌های کمّی مانند سطح خدمت پیاده، میزان ازدحام جمعیت، و زمان سفر انجام شود.

۱۳-۵-۲- گزارش مدل طرح پیشنهادی

مشاور باید مدل طرح پیشنهادی را به همراه یک گزارش و کلیه اطلاعات مورد نیاز به کارفرما ارائه کند. باید مفروضات و تغییرات اعمال شده در مدل به همراه دلایل آن‌ها در گزارش ذکر شود. باید وضعیت عملکرد شبکه در مدل پایه (وضع موجود)، مدل پایه‌ی افق (عدم انجام کار افق)، و مدل طرح پیشنهادی (گزینه اصلاحی) مقایسه شود. به‌ویژه باید تغییرات مناطق بحرانی شبکه ارزیابی شود. معمولاً مناطقی که دارای جریان تردد زیادی بوده و نزدیک به ظرفیت خود کار می‌کنند، و مناطقی که تحت تأثیر طرح پیشنهادی قرار گرفته‌اند، منطقه بحرانی محسوب شده و باید تغییرات عملکرد شبکه (مانند سطح خدمت، تأخیر، ...) در آن‌ها مقایسه شود.

۱۳-۵-۳- تغییرات فضای قابل‌دسترس تردد پیاده

اگر در طرح پیشنهادی، تغییراتی در فضای قابل‌دسترس پیاده نسبت به مدل پایه‌ی افق اعمال شود، باید جزییات آن با توجه به نکات بخش ۱۳-۲-۸- ، در مدل اعمال و در گزارش مدل طرح پیشنهادی (بخش ۱۳-۵-۲-) درج شود.

در نرم‌افزار لژیون می‌توان با هدف ساده‌سازی، از در نظر گرفتن تغییرات در نواحی غیرقابل‌دسترس برای پیاده‌ها صرف‌نظر کرد. اما تغییرات نواحی قابل‌دسترس پیاده از جمله پیاده‌روها و گذرگاه‌های عرضی پیاده باید اصلاح شود.

در نرم‌افزار ویسواک، تغییرات اعمال شده به شبکه‌ی معابر باید در قالب فرآیند ارزیابی مدل ویسیم (بخش ۱۲-۵-۴-) بررسی شود.

حرکت‌های پیاده، سرعت حرکت، و انتخاب مسیر باید با مدل تائید شده در مراحل سوم و پنجم-الف فرآیند ارزیابی مدل سازگار بوده و هر تغییری بررسی و دلیل آن در گزارش مدل طرح پیشنهادی (بخش ۱۳-۵-۲-) درج شود.

۱۳-۵-۴- تغییرات اجزاء مدل

برای ساخت مدل طرح پیشنهادی، ممکن است تغییرات کوچکی در اجزاء موجود در مدل پایه‌ی افق انجام شود، مانند تغییر مکان یا تغییر شکل برخی اجزاء، و یا اضافه شدن اجزاء جدید که بر مسیر حرکت پیاده تأثیر می‌گذارند. این تغییرات باید در گزارش مدل طرح پیشنهادی (بخش ۱۳-۵-۲-) درج شود.

۱۳-۵-۵- تغییرات حمل‌ونقل همگانی

اگر در طرح پیشنهادی، تغییراتی در حمل‌ونقل همگانی نسبت به مدل پایه‌ی افق اعمال شود، باید جزییات آن در مدل اعمال و در گزارش مدل طرح پیشنهادی (بخش ۱۳-۵-۲-) درج شود.

در نرم‌افزار ویسواک، تغییرات اعمال شده به حمل‌ونقل همگانی باید در قالب فرآیند ارزیابی مدل ویسیم (بخش ۱۲-۵-۷-) بررسی شود.

تغییر در موقعیت و اندازه‌ی ایستگاه‌های اتوبوس در مدل طرح پیشنهادی باید مطابق بخش ۱۳-۵-۳- و ۱۳-۵-۴- انجام شود. پس از اصلاح ایستگاه‌های اتوبوس، رفتار پیاده‌هایی که در ایستگاه منتظرند یا از کنار آن عبور می‌کنند باید دوباره بررسی شود.

۱۳-۵-۶- تغییرات چراغ‌های راهنمایی

اگر در طرح پیشنهادی، تغییراتی در زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی گذرگاه‌های تردد پیاده نسبت به مدل پایه‌ی افق اعمال شود، باید جزییات آن در مدل اعمال و در گزارش مدل طرح پیشنهادی (بخش ۱۳-۵-۲-) درج شود. این تغییرات عبارتند از:

- طول چرخه
- زمان آغاز چراغ سبز
- طول چراغ سبز

برخی گذرگاه‌های پیاده وابسته به تقاضا بوده یا زمان چرخه و زمان فاز متغیری دارند. در این حالت در نرم‌افزار لژیون می‌توان از روش دیگری به‌جای روش استاندارد زمان ثابت استفاده کرد که تا حد امکان با شرایط میدانی تطابق داشته باشد. این رویکرد باید در گزارش پرداخت (بخش ۱۳-۲-۲-) درج شود. در ویسواک مدل‌سازی فازهای وابسته به تقاضای پیاده با استفاده از شناساگرهای تردد پیاده مدل می‌شود.

جزییات داده‌های زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی در مدل تردد پیاده‌ی ویسواک، باید در قالب فرآیند ارزیابی مدل ویسیم (بخش۱۲-۵-۵-) بررسی شود. چراغ راهنمایی و شناساگرهای مربوط به آن باید در محل درست و در جهت درست حرکت در کمان‌های تردد پیاده (بخش ۱۳-۲-۸-) نصب شده باشند.

۱۳-۵-۷- بررسی سازگاری جریان

جریان تردد و حرکت‌های پیاده در مدل طرح پیشنهادی باید با مدل پایه‌ی افق سازگار باشد. با تغییر مشخصات هندسی در مدل طرح پیشنهادی نسبت به مدل پایه‌ی افق، تغییراتی در انتخاب مسیر توسط پیاده‌ها پدید می‌آید، که باید بدیهی و منطقی باشد و در صورت مشاهده‌ی حرکت‌های غیربدیهی و غیرمنتظره، باید بررسی و دلیل آن در گزارش مدل طرح پیشنهادی (بخش ۱۳-۵-۲-) درج شود.

۱۳-۵-۸- سایر تنظیمات مدل نسبت به مرحله‌ی پنجم-الف

تغییرات اصلی مورد انتظار در مدل پایه‌ی افق، در بخش‌های ۱۳-۵-۳- تا ۱۳-۵-۷- بررسی شده که باید در گزارش مدل طرح پیشنهادی (بخش ۱۳-۵-۲-) ارائه شود. هر نوع تنظیمات دیگری در نرم‌افزار یا هر پارامتر دیگری که در مرحله‌ی سوم فرآیند ارزیابی مدل بررسی‌شده، اما در اینجا (بخش‌های ۱۳-۵-۳- تا ۱۳-۵-۷-) بررسی نشده، معمولاً باید بدون تغییر بماند. هر تغییر دیگری در مدل باید به همراه دلایل انجام آن، در گزارش درج شود. تغییر نسخه‌ی نرم‌افزار یا پارامترهای دیگر مدل نسبت به مدل تائید شده در مرحله‌ی پنجم-الف فرآیند ارزیابی مدل مجاز نیست، مگر با ارائه دلایل منطقی و تائید کارفرما.

۱۳-۵-۹- هشدارها / خطاهای مدل

مطلوب آن است که هیچ فایل خطایی در پایان شبیه‌سازی تولید نشود. بااین‌حال، وجود تعدادی خطای غیربحرانی را می‌توان پذیرفت. تعداد زیاد خطاهای مشاهده شده معمولاً به معنی وجود مسائل قابل‌توجهی در مدل‌سازی است و باید برای رفع آن‌ها اقدام شود. شرح خطاهای مدل باید گزارش (بخش ۱۳-۵-۲-) و تائید کارفرما اخذ شود.

۱۳-۵-۱۰- زمان سفر

تغییر مشخصات هندسی در طرح پیشنهادی ممکن است به دلایل زیر، زمان پیاده‌روی را تغییر دهد:

- تغییر مسافت بین مبدأ و مقصد پیاده
- تغییر میزان ازدحام در مسیر حرکت پیاده
- تغییر میزان تأخیر پیاده‌ها در گذرگاه‌های چراغ‌دار و بدون چراغ

زمان سفر در نواحی بحرانی باید در مدل پایه/ مدل پایه‌ی افق با مدل طرح پیشنهادی مقایسه شده و تأثیر تغییرات آن بر عملکرد شبکه بررسی و در گزارش مدل طرح پیشنهادی بخش ۱۳-۵-۲-) درج شود. اگر مدل‌سازی تردد پیاده بیانگر اثرات منفی طرح پیشنهادی بر زمان سفر باشد، باید دلایل آن بررسی و در گزارش ارائه شود.

ارزیابی اثرات طرح پیشنهادی بر شبکه باید شامل بررسی تغییرات جریان اشباع، درجه‌ی اشباع، طول صف و زمان سفر در شبکه نسبت به مدل پایهٔ افق بوده و در گزارش ارائه شود.

۱۳-۵-۱۱- سایر مسائل مدل‌سازی

جزئیات سایر مسائل، مفروضات یا چالش‌های فنی که در بخش‌های پیشین بیان نشد، باید گزارش ارائه شود.

۱۳-۵-۱۲- تائید مرحله پنجم-ب

مشاور موظف است اصلاحات موردنظر کارفرما را انجام دهد یا با ارائه مستندات و دلایل لازم تائید وی را اخذ کند. اگر مدل ایراد اساسی داشته باشد، کارفرما باید ضمن برگزاری جلسه‌ای با مشاور، خواستار اصلاح مدل شود. کارفرما باید مدل و گزارش بخش ۱۳-۵- را با توجه به اهداف مدل که در مرحله اول فرآیند ارزیابی مدل بیان شده و در فهرست انتظارات از مدل‌سازی ثبت شده است، تائید و به مشاور ابلاغ کند که مدل متناسب با اهداف مطالعه است. پس‌ازآن، مرحله پنجم-ب فرآیند ارزیابی مدل خاتمه یافته و می‌توان مرحله ششم این فرآیند را آغاز کرد.

بخش چهارم

مدل‌های قطع

مقدمه

این بخش شامل موضوعات زیر است که آگاهی از آن برای کارفرمایان و مشاوران ضروری است:

- فرآیند ساخت مدل قطعی در نرم‌افزار سینکرو

فصل ۱۴

فرآیند ساخت مدل در نرم‌افزار سینکرو

فرآیند ساخت مدل در نرم‌افزار سینکرو

۱۴-۱- مقدمه

در این فصل رویکردهای توصیه‌شده در خصوص ساخت مدل در نرم‌افزار سینکرو[۱] ارائه شده است. در مواردی که شرایط محلی یا الزامات پروژه، استفاده از روش‌هایی غیر از مندرجات این فصل را ایجاب کند، دریافت تائید از کارفرما ضروری است.

۱۴-۱-۱- معرفی سینکرو

سینکرو یک نرم‌افزار تحلیل و بهینه‌سازی قطعی است که توسط شرکت ترافیک‌ور[۲] ساخته شده است. این نرم‌افزار، از روش‌های کتاب «راهنمای ظرفیت راه‌ها[۳]» برای محاسبه ظرفیت و سطح خدمت استفاده می‌کند و می‌توان شبکه‌های بزرگ شهری با چند تقاطع متوالی را در آن تعریف کرد. رابط گرافیکی کاربرپسند برای مشاهده عملکرد چراغ‌ها و جریان ترافیک، امکان ارائه گزارش‌های تحلیلی و نمودارهای عملکردی از دیگر ویژگی‌های این نرم‌افزار است.

از نرم‌افزار سینکرو برای تحلیل، طراحی، و بهینه‌سازی زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی، شبیه‌سازی جریان تردد در تقاطع‌های چراغ‌دار، بدون چراغ، و میدان‌ها، تحلیل اثر تغییرات هندسی تقاطع (افزودن خط، چراغ، و ...)، تحلیل سطح خدمت معابر و تقاطع‌ها، تحلیل تأخیر، طول صف، حجم جریان و ظرفیت استفاده می‌شود.

نرم‌افزار سینکرو به‌صورت مستقیم با نرم‌افزار سیم‌ترافیک[۴] یکپارچه است. درحالی‌که سینکرو بیشتر روی تحلیل عددی و محاسباتی تمرکز دارد، سیم‌ترافیک امکان شبیه‌سازی خردنگر و نمایش سه‌بعدی جریان تردد را فراهم می‌کند.

۱۴-۱-۲- نسخه‌های نرم‌افزار

هر نسخه‌ای از سینکرو که برای مدل‌سازی پروژه انتخاب شود باید برای تمامی مدل‌های همان پروژه یکسان باشد. ساخت مدل پایه در یک نسخه و ساخت مدل طرح پیشنهادی در نسخه‌ای جدیدتر قابل‌قبول نیست.

۱۴-۱-۳- کاربرد مناسب سینکرو

اگر با توجه به هدف مدل‌سازی، استفاده از مدل‌های قطعی برای تعیین زمان‌بندی چراغ راهنمایی یا تعیین سطح خدمت معابر و تقاطع‌ها مورد نیاز باشد، از نرم‌افزار سینکرو استفاده می‌شود. در اغلب موارد، ساخت یک مدل قطعی در کنار شبیه‌سازی خردنگر ضروری است. مدل‌های قطعی در دو سطح ساخته می‌شوند: تحلیل در سطح طراحی، و تحلیل در سطح عملیاتی.

---

[۱] Synchro

[۲] Trafficware

[۳] Highway Capacity Manual (HCM)

[۴] SimTraffic

در پروژه‌های بلندمدت برای تعیین نوع تسهیلات و ابعاد اصلی آن از تحلیل در سطح طراحی استفاده می‌شود، بنابراین، تحلیل در سطح طراحی، برای چراغ‌های راهنمایی موجود و پیشنهادی در مطالعه عارضه‌سنجی حمل‌ونقل یا مطالعه ارزیابی اثرات محیط زیستی قابل استفاده است. برای طراحی، می‌توان با به‌کارگیری مقادیر منطقی برای بیشتر ورودی‌های مدل، سطح خدمت را به‌طور تقریب برآورد کرد. تنها داده میدانی موردنیاز، حجم تردد و تعداد خط عبوری برای هر حرکت است که باید همراه با شرح کوتاهی از طراحی چراغ راهنمایی و سایر پارامترهای عملیاتی ارائه شوند. در مواردی که تقاطع نزدیک به ظرفیت بوده یا به ظرفیت رسیده، استفاده از پارامترهای میدانی بیشتری ضروری است. در تحلیل در سطح طراحی، به‌ویژه برای عارضه‌سنجی کاربری‌های متراکم، با اختلاط کاربری متنوع، و یا در ارتباط با تسهیلاتی با درجه بالاتر (مثلاً اتصال معبر جمع کننده به شریانی) استفاده از داده‌های میدانی پیاده‌ها، دوچرخه و حمل‌ونقل همگانی ضروری است.

اگر همه عوامل معلوم یا به‌صورت منطقی قابل برآورد باشند، از تحلیل در سطح عملیاتی برای ارزیابی جزییات شرایط عملیاتی در کوتاه‌مدت استفاده می‌شود. به همین دلیل برای چراغ‌های راهنمایی موجود باید تحلیل عملیاتی انجام شود. اگر از نرم‌افزار سینکرو برای تحلیل عملیاتی استفاده شود، گردآوری داده‌های میدانی و پارامترهای عملیاتی بیشتری نسبت به تحلیل در سطح طراحی ضروری خواهد بود.

مطالعه‌ی عارضه‌سنجی حمل‌ونقل یا ارزیابی اثرات محیط زیستی ممکن است شامل هر دو نوع تحلیل باشد: یک تحلیل در سطح عملیاتی برای شرایط موجود و یک تحلیل در سطح طراحی برای شرایط پیشنهادی.

۱۴-۱-۴- داده‌های مورد نیاز و مقادیر محاسبه‌شده در نرم‌افزار سینکرو

به‌طورکلی، خانه‌هایی در نرم‌افزار که نیاز به ورود داده دارند (بخش‌های ورود اعداد) سیاه‌رنگ بوده و در ادامه‌ی این فصل به آن‌ها پرداخته خواهد شد. خانه‌های عددی که آبی‌رنگ هستند، توسط نرم‌افزار محاسبه شده و معمولاً نیاز به تنظیم یا تغییر ندارند. برای اطلاعات بیشتر در خصوص بسیاری از مقادیر محاسبه‌شده توسط سینکرو، مراجعه به راهنمای نرم‌افزار توصیه می‌شود. ممکن است مقادیری متفاوت از مقادیر مندرج در این راهنما مورد تائید شهرداری قرار گیرد. قرمز بودن رنگ یک خانه عددی، به این معنی است که مقادیر آن توسط کاربر بازنویسی شده، یا مشکلی در آن وجود دارد که توسط نرم‌افزار نشان داده شده است. مثلاً یک تقسیم‌بندی زمان سبز که حداقل زمان تخلیه‌ی پیاده‌ها را تأمین نمی‌کند. برای لغو مقادیر بازنویسی شده و بازگشت به محاسبات نرم‌افزار سینکرو در هر خانه، باید روی آن خانه کلید F12 را فشرد.

۱۴-۱-۵- تصویر پس‌زمینه

از تصاویر هوایی، نقشه‌برداری با مقیاس مناسب یا برداشت میدانی، می‌توان برای ساخت مدل شبکه استفاده کرد. نقشه‌های پس‌زمینه باید جزئیات و دقت کافی داشته باشد تا اطلاعات اجزای شبکه مانند خطوط توقف چراغ‌های راهنمایی، حق تقدم، موقعیت ایستگاه‌های اتوبوس و خط‌کشی خیابان را ارائه کند.

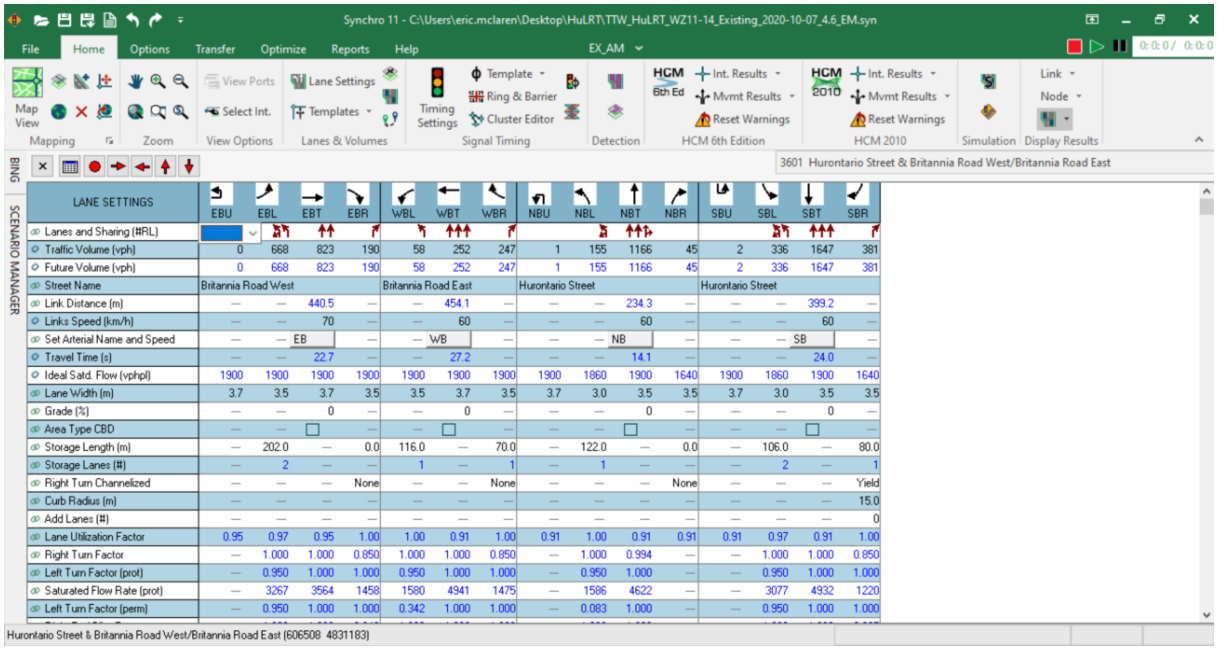
پیش از آغاز فرایند ساخت شبکه لازم است تصویر پس‌زمینه به‌درستی تنظیم شود. توصیه می‌شود یک نشانگر مقیاس

به طول دست‌کم ۱۰۰ متر در تصاویر پس‌زمینه درج شده باشد. همان‌طور که در بخش‌های ۳-۱- و ۳-۲- شرح داده شده، فرض به‌روز و صحیح بودن نقشه‌های برخط و تصاویر هوایی صحیح نیست و لازم است طی بازدید میدانی، جزئیات آن بررسی و اعتبارسنجی شود. بنابراین استفاده از نقشه‌های غیربرخط که در سینکرو مقیاس داده می‌شود، توصیه می‌شود تا همواره، شرایط میدانی در زمان ساخت مدل را نشان دهد.

واحدهای مدل سینکرو باید متریک و واحد زمان ثانیه باشد. طول کمان باید نشان‌دهنده‌ی فاصله‌ی مرکز یک تقاطع تا مرکز تقاطع دیگر باشد، نه فاصله‌ی بین دو خط ایست. نقشه باید با به‌خوبی نشان‌دهنده‌ی وضعیت موجود مشخصات هندسی باشد، به‌ویژه در محل‌های کاهش عرض معبر، دسترسی‌های (ورودی/خروجی کاربری‌های) میانی معبر، و پهلوگاه ایستگاه اتوبوس.

۱۴-۲- تنظیمات خط عبور

در شکل ۱۴-۱، تنظیمات خط عبور در نرم‌افزار سینکرو مشاهده می‌شود. اطلاعات این صفحه، شامل مقادیر ورودی توسط کاربر و مقادیر محاسبه شده توسط سینکرو است.



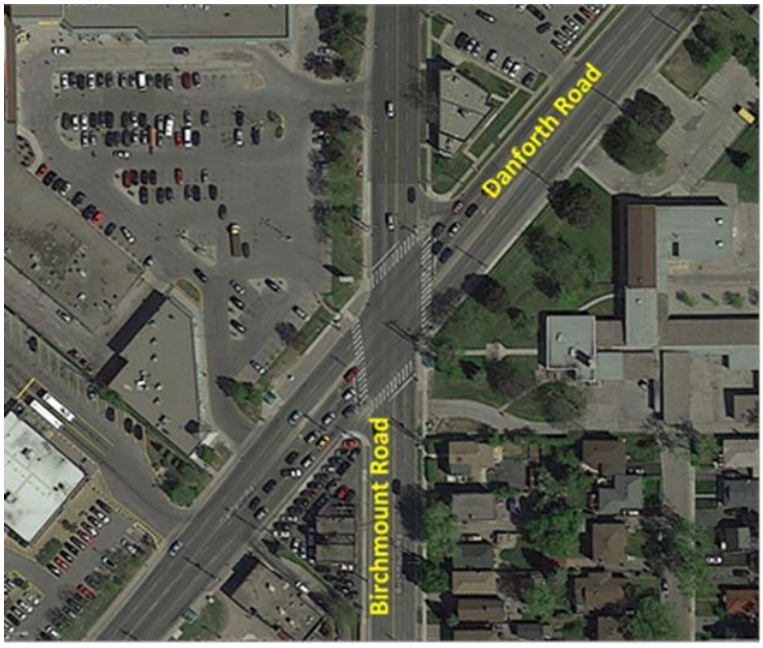
شکل ۱۴-۱- پنجره‌ی تنظیمات خط عبور

۱۴-۲-۱- مقادیر ورودی توسط کاربر

۱۴-۲-۱-۱- تغییر نام جهت یک رویکرد[۱]

نام هر حرکت و رویکرد بر اساس هندسه‌ی شبکه به‌صورت خودکار توسط نرم‌افزار سینکرو ایجاد می‌شود که در آن جهت شمال به سمت بالای نمای نقشه قرار گرفته است. اگر شبکه‌ی معابر به‌صورت مورب در دستگاه مختصات رسم شده باشد، جهت‌هایی که به‌صورت خودکار ایجاد شده‌اند از رویه‌ی نام‌گذاری مناسب پیروی نکرده و ممکن است نرم‌افزار سینکرو یک حرکت را با برچسب اشتباهی نمایش دهد (مثلاً برچسب‌زدن یک حرکت مستقیم به‌صورت چپ‌گرد)، که بر تحلیل آن حرکت تأثیرگذار است (مثلاً لحاظ‌کردن ضریب چپ‌گرد در محاسبات). نام یک رویکرد را می‌توان به‌صورت دستی وارد کرد تا رویکرد مورب دوباره به‌صورت یک مسیر عمودی طبقه‌بندی شود. برای این کار باید روی تصویر حرکت راست‌کلیک کرده و گزینه‌ی «جهت جدید[۲]» انتخاب شود. انتخاب جهتی که در حال حاضر توسط رویکرد دیگری مورد استفاده قرار گرفته، منجر به تغییر جهت خودکار آن رویکرد می‌شود.

اگر یک تقاطع مورب بوده و رویکردهای منتهی به آن به‌صورت منظمی قرار نگرفته باشند، تغییر نام یکی از رویکردها کار درستی نیست. برای نمونه، دو معبر در شکل ۱۴-۲ یکدیگر را با زاویه‌ای کوچک‌تر از ۹۰ درجه قطع کرده‌اند و به همین دلیل نباید نام رویکردهای آن عوض شود، زیرا بر نتایج تحلیل تأثیر می‌گذارد.



شکل ۱۴-۲-تقاطع نامنظم

[۱] Changing the Name of the Approach Direction

[۲] New Direction

۱۴-۲-۱-۲- خطوط حرکت جدا و مشترک[۱]

برای وارد کردن حرکتی که در نمودار خطوط مجاز نیست، مثلاً تقاطع‌های نامتعارف، می‌توان داده‌های حجم را وارد کرد که متعاقب آن نمودار خطوط نیز به‌صورت خودکار در «پنجره‌ی نقشه[۲]» به‌روزرسانی خواهد شد. برای مثال، در تقاطعی با یک رویکرد رو به شرق، یک رویکرد یک‌طرفه‌ی رو به شمال و یک خط گردش رو به جنوب، می‌توان حجم گردش‌به‌راست رویکرد رو به شرق را وارد کرد تا نرم‌افزار به‌طور خودکار یک خط جدید ایجاد کند.

۱۴-۲-۱-۳- حجم «عرضه»[۳]

منظور از حجم عرضه، حجم جریان تردد زیراشباع و یا حجم تردد در پایین‌دست گلوگاه است که بر اساس ظرفیت تسهیلات، امکان تردد پیدا کرده است. این حجم معمولاً از شمارش در خط ایست تقاطع به دست می‌آید. ازآنجاکه در یک تقاطع باید حجم گردش‌ها را برداشت کرد، و گردش‌ها عملاً بعد از خط ایست انجام می‌شود، استفاده از این روش اجتناب‌ناپذیر است. حجم «عرضه» نمی‌تواند بیش از ظرفیت «عرضه‌شده» با در نظرگرفتن ملاحظات هندسی و زمان‌بندی چراغ‌راهنمایی باشد. بنابراین نسبت حجم به ظرفیت حرکت‌ها، که بر اساس حجم «عرضه» محاسبه شده نباید بیشتر از ۱ شود. بااین‌حال، در بخش۱۴-۲-۱-۴- روشی برای تنظیم حجم ترافیک ارائه شده که امکان تحلیل تقاضای واقعی تردد از تقاطع را فراهم می‌کند. در نتیجه ممکن است نسبت حجم به ظرفیت بیشتر از ۱ هم باشد. در بخش ۱۴-۴-۳-۱- در خصوص وضعیت‌هایی که سینکرو ممکن است نسبت‌های حجم به ظرفیت بیشتر از ۱ را ایجاد کند، بحث شده است. ترددشماری میدانی، باید در شرایط عادی عملکرد چراغ‌راهنمایی پیشنهادی انجام شود. برای مثال، برای چراغ‌راهنمایی پیشنهادی در ورودی یک محدوده دانشگاهی، نباید ترددشماری را در تعطیلات تابستانی انجام داد، زیرا چنین شمارشی بازنمایی شرایط عملکرد عادی و معمول آن ناحیه نیست.

در مواجهه با حرکت‌های غیرمجاز، برای مثال راست‌گرد در تقاطعی که راست‌گرد در هنگام قرمز بودن چراغ ممنوع است، باید تقاطع را در سه حالت تحلیل کرد:

- شرایط موجود، شامل عدم رعایت مقررات،
- شرایط موجود، با فرض رعایت کامل مقررات،
- شرایط پیشنهادی، با فرض رعایت کامل مقررات.

در شرایط عدم رعایت مقررات، جریان اشباع باید به‌صورت میدانی اندازه‌گیری شده و مقدار آن به‌صورت دستی در نرم‌افزار سینکرو وارد شود.

---

[۱] Lanes and Sharing

[۲] Map Window

[۳] Supply Volumes

۱۴-۲-۱-۴- حجم «تقاضا»[۱]

اگر شرایط فوق اشباع رخ دهد، تعداد وسایل نقلیه‌ای که به یک رویکرد می‌رسند بسیار بیشتر از تعداد وسایل نقلیه‌ای است که از آن تخلیه می‌شوند. به‌طور مشابه، ممکن است حجم تردد پیش‌بینی‌شده در آینده از ظرفیت رویکرد بیشتر شود. توانایی تقاطع در تخلیه چنین تقاضای ترددی تنها با استفاده از حجم ورودی به رویکردها قابل ارزیابی است. در این حالت نسبت حجم به ظرفیت ممکن است بیشتر از ۱ بشود.

برای برآورد حجم گردش‌های تقاطع با استفاده از داده‌های تقاضا در بالادست هر رویکرد تقاطع، می‌توان روش زیر را دنبال کرد که برای هر دو نوع مطالعه‌ی عملیاتی و طراحی قابل استفاده است. برای استفاده از این روش در تحلیل تقاطع‌های اصلی، باید دست‌کم حجم یک چراغ‌راهنمایی بالادست در تحلیل‌ها در نظر گرفته شود.

روش «متعادل‌سازی حجم‌ها[۲]» که برای حرکت‌های مستقیم (و نه گردش‌ها) کاربرد دارد، به این معنی است که تمام حجم خروجی از یک بازوی تقاطع اصلی باید وارد بازوی متناظر تقاطع اصلی پایین‌دست شود، به‌جز بخشی از آن‌که جذب کاربری زمین یا دسترسی‌های محلی می‌شود. برای استفاده از روش در برآورد تقاضای رویکردهای تقاطع پایین‌دست، مراحل زیر باید طی شود:

۱. شناسایی محل‌هایی که عدم‌تعادل حجم بیش از ۱۰ درصد است،
۲. تعیین کاربری‌های زمین و وجود دسترسی‌های محلی در مناطقی که عدم‌تعادل بیش از ۱۰ درصد است،
۳. آیا بر اساس کاربری زمین، دسترسی‌ها و شناخت محلی، عدم‌تعادل موجه است؟
۴. اگر عدم‌تعادل موجه نیست، با استفاده از تقاطع‌های اصلی-اصلی به‌عنوان مرجع، حجم تقاطع‌های کوچک‌تر بر اساس مفروضات زیر در حدود ۱۰ درصد متعادل شود:

الف. اگر حجم تقاطع اصلی-اصلی از حجم تقاطع اصلی-فرعی مجاور بیشتر باشد، حجم حرکت مستقیم تقاطع اصلی-فرعی را افزایش دهید.

ب- اگر حجم تقاطع اصلی-اصلی از حجم تقاطع اصلی-فرعی مجاور کمتر باشد، حجم تقاطع اصلی-اصلی را افزایش دهید.

ج- اگر حجم تقاطع اصلی-فرعی با تقاطع اصلی-فرعی مجاور در تعادل نباشد، متناسب با وضعیت، آن را افزایش یا کاهش دهید.

د- در حالت کلی، نباید حجم تقاطع‌های اصلی-اصلی برای ایجاد تعادل کاهش داده شوند.

در این روش ممکن است در یک تقاطع، حجم از ظرفیت بیشتر شده و در نتیجه نسبت حجم به ظرفیت بیشتر از ۱ شود. در این حالت، نباید پارامترهای نرم‌افزار سینکرو (مانند نرخ جریان اشباع، تنظیم زمان تلف‌شده و ضریب ساعت اوج)

---

[۱] Demand Volumes

[۲] Volume Balancing

را به‌گونه‌ای دست‌کاری کرد که نسبت حجم به ظرفیت به‌صورت مصنوعی کاهش داده شده و مشکلات کمبود ظرفیت پنهان بماند.

روشی که به‌جای دست‌کاری پارامترها می‌توان به کار برد و مورد پذیرش نیز هست، برداشت صف باقی‌مانده در تقاطع است. داده‌های صف باقی‌مانده باید به‌صورت جداگانه برای هر چرخه چراغ راهنمایی شمرده شده و میانگین آن در طول بازه‌ی تحلیل، گزارش شود. برای حرکت گردش‌به‌چپ نیز باید تعداد وسایل نقلیه‌ای که منتظر شروع فاز برای گردش هستند، اما در آن چرخه قادر به خروج از تقاطع نشده‌اند، شمارش شود. تعداد چرخه‌هایی که طول می‌کشد تا وسایل نقلیه‌ی انتهای صف، تقاطع را تخلیه کنند نیز باید ثبت شود. روش دیگر این است که، در صورت نبود ورودی یا خروجی قابل‌توجهی بین تقاطع‌ها، در محلی در بالادست و دور از صف تقاطع، اقدام به ترددشماری کرد و آن را معادل حجم تقاضای ورودی رویکرد تقاطع پایین‌دست در نظر گرفت.

۱۴-۲-۱-۵- طول کمان[۱] (متر)

طول کمان باید با توجه به مقیاس به‌دست‌آمده و اعداد به‌دست‌آمده نباید توسط کاربر تغییر داده شود، زیرا نرم‌افزار سینکرو از این داده‌ها برای محاسبه‌ی زمان سفر استفاده می‌کند. طول کمان از مرکز یک تقاطع تا مرکز تقاطع دیگر اندازه‌گیری می‌شود.

۱۴-۲-۱-۶- سرعت کمان[۲] (کیلومتر بر ساعت)

سرعت تخصیص داده شده به هر کمان باید مطابق با سرعت مجاز در آن خیابان باشد.

۱۴-۲-۱-۷- زمان سفر[۳] (ثانیه)

مقدار این پارامتر نشان‌دهنده‌ی زمان سفر جریان آزاد از یک گره به گره‌ی دیگر بوده و توسط نرم‌افزار محاسبه می‌شود. مقدار این پارامتر نیز نباید تغییر کند.

۱۴-۲-۱-۸- جریان اشباع ایده‌آل[۴] (وسیله در ساعت در خط)

جریان اشباع ایده‌آل پیش‌فرض، ۱۹۰۰ خودروی سواری در هر ساعت از چراغ سبز برای هر خط است. از این مقدار پیش‌فرض برای تحلیل سینکرو استفاده شده و در واقع مقدار پیش‌فرض تولیدشده توسط این نرم‌افزار نیز هست. سپس نرم‌افزار با استفاده از چند ضریب تصحیح آن را اصلاح کرده و در نتیجه دو نرخ جریان اشباع متفاوت از محاسبات به دست

---

[۱] Link Distance

[۲] Link Speed

[۳] Travel Time

[۴] Ideal Saturated Flow

می‌آید که یکی برای حرکت‌های مجاز[۱] و دیگری برای حرکت‌های محافظت‌شده[۲] به کار می‌رود (در صورت کاربرد). مقادیر محاسبه‌شده باید با نرخ جریان اشباع گردآوری‌شده به‌صورت میدانی مطابقت داشته باشد. قضاوت کاربر باید به این مقادیر اعمال شود، تا نرخ جریان اشباع محاسبه شده تا حد امکان مشابه شرایط میدانی باشد. ضرایب تصحیح در پنجره‌های «حجم» و «خط» نشان داده شده‌اند.

اگر جریان اشباع به‌صورت میدانی برای برخی حرکت‌ها اندازه‌گیری شده باشد، می‌توان ضرایب تصحیح جریان اشباع و نرخ جریان اشباع ایده‌آل را تغییر داد و مقدار آن را در خانه‌های «نرخ جریان اشباع حرکت مجاز» یا «نرخ جریان اشباع حرکت محافظت شده» در پنجره‌ی «خط» درج کرد.

۱۴-۲-۱-۹- عرض خط[۳] (متر)

مقادیر واقعی عرض خطوط عبوری باید وارد شود. اگر عرض هر خط بیشتر از ۴/۸ متر باشد، به‌عنوان ۲ خط تلقی خواهد شد. اگر مقدار عرض خط موجود نباشد، می‌توان مقادیر پیش‌فرض زیر را به کار برد:

- ۳/۵ متر برای خط مستقیم
- ۳ متر برای خط چپ‌گرد
- ۳ متر برای خط گردش‌به‌راست

۱۴-۲-۱-۱۰- شیب[۴] (درصد)

اگر معبر نسبتاً مسطح باشد از مقدار پیش‌فرض ٪۰ استفاده خواهد شد. اگر شیب معبر ملموس باشد، باید مقدار آن برداشت شود. شیب به‌صورت درصد در نرم‌افزار وارد خواهد شد. مقدار مثبت برای سربالایی و مقدار منفی برای سرپایینی مورداستفاده قرار می‌گیرند.

۱۴-۲-۱-۱۱- نوع ناحیه[۵]

نوع ناحیه باید بر اساس «راهنمای ظرفیت راه‌ها» تعیین شود. نرم‌افزار سینکرو از این راهنما پیروی کرده و برای ناحیه هسته مرکزی شهر، ضریب تصحیح داخلی ۰/۹ را به جریان اشباع ایده‌آل اعمال می‌کند. برخی ویژگی‌های هسته مرکزی شهر عبارتند از:

- عرض کم خیابان‌ها،
- حرکات پارک مکرر،

---

[۱] Permitted (Perm)

[۲] Protected (Prot)

[۳] Lane Width

[۴] Grade

[۵] Area Type

- ازدحام مکرر،
- انسداد مسیر عبور وسایل نقلیه،
- فعالیت زیاد تاکسی یا اتوبوس/تراموا،
- شعاع کم گردش‌ها،
- خطوط مشترک حرکت مستقیم/گردش‌به‌چپ،
- فعالیت زیاد پیاده‌ها،
- تراکم جمعیت (ساختمان‌های بلندمرتبه مسکونی یا اداری)
- گذرگاه عرضی در فاصله بین دو تقاطع
- نزدیکی تقاطع‌ها
- خیابان‌های یک‌طرفه

۱۴-۲-۱-۱۲- طول فضای ذخیره[۱] (متر)

طول واقعی فضای ذخیره باید وارد شود. طول فضای ذخیره شامل طول لچکی نمی‌شود. اگر خط‌های چپ‌گرد یا راست‌گرد تا تقاطع قبلی ادامه داشته باشد، باید مقدار صفر وارد شود. در صورت وجود بیش از یک خط ذخیره، میانگین طول خط‌ها باید وارد شود، نه مجموع آن. در سیم‌ترافیک از طول فضای ذخیره برای تحلیل مشکلات ناشی از انسداد احتمالی استفاده می‌شود، مثلاً انسداد حرکت مستقیم توسط وسایل نقلیه‌ای که در حال چپ‌گرد هستند یا انسداد حرکت گردش‌به‌چپ توسط وسایل نقلیه‌ای که مستقیم حرکت می‌کنند. در صورت وارد کردن عدد صفر، تحلیل انسداد انجام نخواهد شد.

۱۴-۲-۱-۱۳- تعداد خطوط ذخیره[۲] (تعداد)

این مقدار تنها در مواردی نشان داده می‌شود که طول فضای ذخیره بیشتر از صفر باشد. در حالت پیش‌فرض، تعداد خط‌های ذخیره با تعداد خط‌های گردش برابر است. مقدار این خانه را می‌توان به‌گونه‌ای بازنویسی کرد که برخی خط‌های گردشی، به‌صورت خط حرکت مستقیم، و برخی خط‌های مستقیم به‌صورت خط ذخیره عمل کنند.

۱۴-۲-۱-۱۴- مسیردهی راست‌گرد[۳]

این خانه برای حرکت‌های اولین خط از سمت راست فعال است. اگر مسیردهی (جداسازی فیزیکی) حرکت راست‌گرد

---

۱ Storage Length

۲ Storage Lanes

۳ Right Turn Channelized

وجود نداشته باشد، باید از مقدار پیش‌فرض «هیچ[۱]» استفاده شود. نرم‌افزار سینکرو از این مقدار برای محاسبه‌ی شاخص کارایی استفاده نمی‌کند، اما نرم‌افزار سیم‌ترافیک از آن برای شبیه‌سازی استفاده می‌کند. اگر مسیردهی راست‌گرد انجام شده باشد، گزینه‌های موجود عبارتند از: «رعایت حق تقدم[۲]»، «آزاد[۳]»، «ایست[۴]» و «چراغ راهنمایی[۵]».

۱۴-۲-۱-۱۵- شعاع پخی تقاطع[۶]

این مقدار تنها هنگامی فعال می‌شود که مسیردهی راست‌گرد تعریف شده باشد و نمایش و هندسه تقاطع را در نرم‌افزار سیم‌ترافیک کنترل می‌کند. شعاع پخی تقاطع، از پشت جدول پیاده‌رو تا مرکز دایره اندازه‌گیری می‌شود. مقادیر بین ۴/۵ متر تا ۷۵ متر توسط نرم‌افزار پذیرفته می‌شود.

۱۴-۲-۱-۱۶- افزودن خط[۷] (تعداد)

این مقدار تنها هنگامی فعال می‌شود که مسیردهی راست‌گرد تعریف شده باشد و این امکان را فراهم می‌سازد که خط پذیرنده را (اگر حرکت آزاد جریان ممکن باشد) برای مسیردهی راست‌گرد اضافه کند. اگر مقدار این پارامتر صفر باشد، خط پذیرنده اضافه نخواهد شد و جریان تردد در مسیر راست‌گرد باید با رعایت حق تقدم یا همگرایی، وارد خط پذیرنده شود.

۱۴-۲-۱-۱۷- راست‌گرد در چراغ‌قرمز[۸]

اگر حرکت راست‌گرد در هنگام قرمز بودن چراغ مجاز باشد، باید آن را علامت زد.

۱۴-۲-۲- مقادیر محاسبه‌شده توسط سینکرو

۱۴-۲-۲-۱- ضریب استفاده از خط[۹]

خطوط تردد به‌صورت مساوی مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. دلیل این امر توقف وسایل نقلیه در خط کنار پیاده‌رو، نبود خط‌های راست‌گرد یا چپ‌گرد، وجود خطوط پرسرنشین، تمایل وسایل نقلیه به گردش‌به‌راست یا چپ، وجود خط ویژه حمل‌ونقل همگانی، و شرایط معبر است. ضریب استفاده از خط (f_{LU}) نرخ جریان اشباع را به‌گونه‌ای تنظیم می‌کند که این

---

[۱] None
[۲] Yield
[۳] Free
[۴] Stop
[۵] Signal
[۶] Curb Radius
[۷] Add Lanes
[۸] Right Turn on Red (RTOR)
[۹] Lane Utilization Factor

توزیع غیریکنواخت تردد بین خطوط نشان دهد. مقدار پیش‌فرض این ضریب که توسط سینکرو محاسبه شده متناسب با مقادیر متناظر در ویرایش ششم راهنمای ظرفیت راه‌ها بوده و به‌غیراز مواردی که مطالعات میدانی خلاف آن را نشان دهد، مورد پذیرش است. اگر مشاهدات میدانی نشان دهد که تردد در همه خط‌های یک گروه خط به‌صورت یکنواخت توزیع شده، آنگاه مقدار f_{LU} می‌تواند برابر با ۱ باشد. برای راهنمایی بیشتر در خصوص تحلیل خطوط پرسرنشین یا تحلیل وضعیت‌هایی که وسایل نقلیه به‌صورت یکنواخت از خط‌ها استفاده نمی‌کنند، به بخش ۱۴-۹-۳- مراجعه فرمایید.

۱۴-۲-۲-۲- ضریب راست‌گرد[۱]

مقادیر محاسبه‌شده توسط نرم‌افزار سینکرو مورد تائید است، مگر مطالعات میدانی خلاف آن را نشان دهد. ضریب راست‌گرد مقدار تأثیر تردد در حال راست‌گرد بر کاهش نرخ جریان اشباع را نشان می‌دهد. اگر خط اختصاصی راست‌گرد وجود داشته باشد و رویکرد راست‌گرد، فاز اختصاصی داشته باشد، تردد در حال راست‌گرد در این فاز از ضریب راست‌گرد محافظت‌شده استفاده می‌کند.

۱۴-۲-۲-۳- ضریب چپ‌گرد[۲] (محافظت شده)

در نرم‌افزار سینکرو قابلیت جایگزینی ضرایب چپ‌گرد برای فازهای محافظت‌شده وجود دارد، اما این مقادیر نباید بدون مطالعه پشتیبان تغییر کند.

۱۴-۲-۲-۴- ضریب چپ‌گرد[۳] (مجاز)

در نرم‌افزار سینکرو قابلیت جایگزینی ضرایب چپ‌گرد برای فازهای مجاز وجود دارد، اما این مقادیر نباید بدون مطالعه پشتیبان تغییر کند.

۱۴-۲-۲-۵- ضریب تأثیر دوچرخه و پیاده بر راست‌گرد[۴]

ضریب تأثیر دوچرخه و پیاده بر راست‌گرد نباید جایگزین شود، مگر این‌که مطالعات میدانی خلاف آن را نشان دهد.

۱۴-۲-۲-۶- ضریب تأثیر پیاده بر چپ‌گرد[۵]

ضریب تأثیر پیاده بر چپ‌گرد نباید جایگزین شود، مگر این‌که مطالعات میدانی خلاف آن را نشان دهد.

---

۱ Right Turn Factor

۲ Left Turn Factor (Prot)

۳ Left Turn Factor (Perm)

۴ Right Ped Bike Factor

۵ Left Ped Factor

۱۴-۲-۲-۷- نرخ جریان اشباع (محافظت‌شده)

این پارامتر نباید جایگزین شود، مگر این‌که مطالعات میدانی خلاف آن را نشان دهد. اگر نرخ جریان اشباع به‌صورت میدانی برداشت شده باشد، مجموع نرخ جریان هر خط در یک گروه خط باید به‌عنوان ورودی نرخ جریان اشباع محافظت‌شده در نظر گرفته شود. مقادیر محافظت‌شده و مجاز باید به‌صورت جداگانه اندازه‌گیری شوند.

۱۴-۲-۲-۸- نرخ جریان اشباع (مجاز)

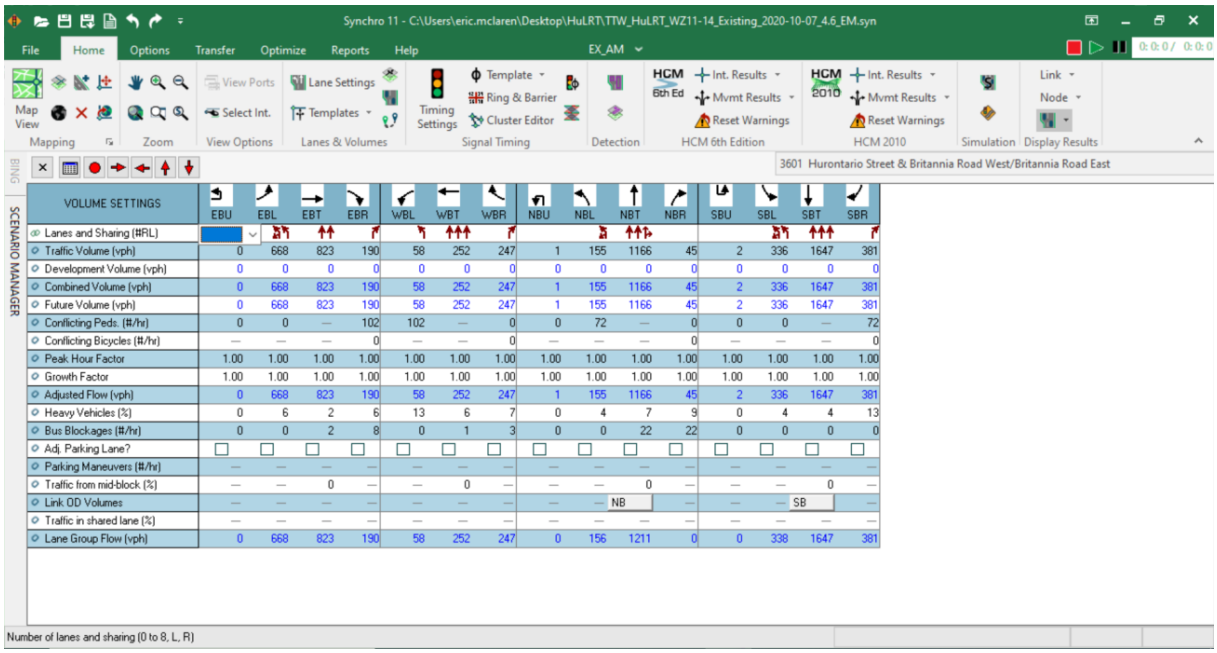
این پارامتر نباید جایگزین شود، مگر این‌که مطالعات میدانی خلاف آن را نشان دهد. اگر نرخ جریان اشباع به‌صورت میدانی برداشت شده باشد، مجموع نرخ جریان هر خط در یک گروه خط باید به‌عنوان ورودی نرخ جریان اشباع مجاز در نظر گرفته شود. مقادیر محافظت‌شده و مجاز باید به‌صورت جداگانه اندازه‌گیری شوند.

۱۴-۲-۲-۹- نرخ جریان اشباع (راست‌گرد در هنگام قرمز بودن چراغ)

نرخ جریان اشباع راست‌گرد در هنگام قرمز بودن چراغ، به‌صورت خودکار توسط نرم‌افزار سینکرو محاسبه می‌شود. هر وقت چراغ‌قرمز باشد، این نرخ جریان به حرکت مورد نظر اعمال می‌شود. نرخ جریان اشباع راست‌گرد در هنگام قرمز بودن چراغ نباید جایگزین شود، مگر این‌که مطالعات میدانی خلاف آن را نشان دهد. مقادیر جایگزین با تغییر زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی یا تغییر حجم تردد به‌روزرسانی نمی‌شوند.

۱۴-۳- تنظیمات حجم

در شکل ۱۴-۳، تنظیمات حجم تردد در نرم‌افزار سینکرو مشاهده می‌شود. اطلاعات این صفحه، شامل مقادیر ورودی توسط کاربر و مقادیر محاسبه شده توسط سینکرو است.



شکل ۱۴-۳- پنجره‌ی تنظیمات حجم

۱۴-۳-۱- مقادیر ورودی توسط کاربر

۱۴-۳-۱-۱- تداخل با پیاده[۱] (تعداد در ساعت)

در محل‌هایی که گذرگاه عرضی پیاده از خیابان وجود دارد، تعداد پیاده‌هایی که در هر ساعت با جریان تردد در حال چپ‌گرد یا راست تداخل دارند، باید وارد شود.

۱۴-۳-۱-۲- تداخل با دوچرخه[۲] (تعداد در ساعت)

مقدار این پارامتر تعداد دوچرخه‌هایی را نشان می‌دهد که در هر ساعت با تردد در حال راست‌گرد تداخل دارند.

۱۴-۳-۱-۳- ضریب ساعت اوج[۳]

در هر دو تحلیل عملیاتی و طراحی، برای اطمینان از تحلیل «بدترین شرایط ممکن» در یک بازه‌ی زمانی از ساعت اوج، یکی از گزینه‌های زیر در هنگام وارد کردن مقدار ضریب ساعت اوج باید مورد استفاده قرار گیرد:

۱. ضریب ساعت اوج باید براساس شمارش جریان تردد حرکات گردشی در بازه‌های زمانی ۱۵ دقیقه‌ای محاسبه شود.
۲. میانگین ضریب ساعت اوج به تقاطع اعمال می‌شود، اما اگر یک رویکرد یا حرکت تقاطع، ضریب اوج تندی داشته باشد، بهتر است برای هر رویکرد یا حرکت، یک ضریب ساعت اوج محاسبه و اعمال شود.

---

[۱] Conflicting Pedestrians

[۲] Conflicting Bicycles

[۳] Peak Hour Factor (PHF)

۳. اگر ترددشماری در بازه‌های زمانی ۱۵ دقیقه‌ای انجام شده باشد، باید بیشترین عدد شمارش‌شده در بازه‌های ۱۵ دقیقه‌ای در ۴ ضرب شده و در خانه‌ی «حجم تردد» درج شود. در خانه‌ی ضریب ساعت اوج هم‌مقدار ۱ درج شود.
۴. اگر حجم‌ها به‌صورت ساعتی وارد شده و مقدار ضریب ساعت اوج معلوم نباشد، برای حرکت مستقیم مقدار PHF=۰/۹۰ در ساعت اوج صبح و ساعات غیراوج، و PHF=۰/۹۵ در ساعت اوج عصر مورد استفاده قرار گیرد. برای حرکت چپ‌گرد در همه بازه‌ها از PHF=۰/۹۰ استفاده شود.
۵. در تقاطع‌های دارای چراغ راهنمای نزدیک ورزشگاه‌ها، سالن‌ها، تسهیلات حمل‌ونقل همگانی، و جاذبه‌های گردشگری بزرگ که افزایش قابل‌توجه تردد را در زمان‌های خاصی تجربه می‌کنند، ضریب ساعت اوج باید آن‌قدر کاهش یابد تا نرخ جریان تردد در بازه‌ی زمانی اوج تقاضا را نشان دهد، یا از نرخ جریان اوج در بازه زمانی ۱۵ دقیقه‌ای از ساعت اوج (که در بند ۳ همین بخش شرح داده شد)، استفاده شود. همین حالت برای تقاطع‌های چراغ‌دار مجاور شهرک‌های صنعتی که تغییر نوبت‌کاری منجر به افزایش شدید تردد می‌شود نیز باید در نظر گرفته شود.

۱۴-۳-۱-۴- ضریب رشد[۱]

در تحلیل عملیاتی، به هیچ تنظیم جدید نیاز نبوده و ضریب رشد ۱ باید لحاظ شود. در تحلیل طراحی حجم‌های کنونی را می‌توان به‌گونه‌ای تنظیم کرد که حجم آینده را با در نظر گرفتن ضریب رشد نشان دهد. ضریب رشد و نحوه محاسبه آن در گزارش درج شود.

۱۴-۳-۱-۵- وسایل نقلیه‌ی سنگین[۲] (درصد)

وسایل نقلیه‌ی سنگین به آن دسته از وسایل نقلیه اطلاق می‌شود که از یک خودروی شخصی معمولی بزرگ‌تر هستند، مثلاً یک کامیون، تراکتور یا اتوبوس. مقدار پیش‌فرض ٪۲ سهم وسایل نقلیه سنگین در نرم‌افزار سینکرو لحاظ شده که با توجه شرایط میدانی می‌توان آن را ویرایش کرد.

۱۴-۳-۱-۶- انسداد خط توسط اتوبوس‌ها[۳] (تعداد در ساعت)

در مواردی که خط مشترک حرکت مستقیم و گردش وجود داشته باشد، تعداد اتوبوس‌هایی که با توقف در ایستگاه قبل از تقاطع، منجر به انسداد جریان تردد می‌شوند، باید در مدل وارد شود.

اگر خط اختصاصی راست‌گرد یا پهلوگاه اتوبوس وجود داشته باشد، در صورت مشاهده‌ی صف اتوبوس‌ها در پهلوگاه و تأثیر آن بر جریان تردد مستقیم، باید جریان اشباع مسیر مستقیم را مجدداً تنظیم کرد. اگر اتوبوس‌ها از یک خط راست‌گرد

---

[۱] Growth Factor
[۲] Heavy Vehicles
[۳] Bus Blockages

به‌صورت همگرایی وارد جریان مستقیم شوند، باز هم باید جریان اشباع مسیر مستقیم را مجدداً تنظیم کرد. روش جایگزین، وارد کردن مقدار انسداد خط توسط اتوبوس‌ها در خط راست‌گرد و پس‌ازآن، اعمال ٪۳۰ این مقدار به خط مستقیم مجاور است. انسداد اتوبوس‌ها فرض می‌کند که میانگین انسداد ۱۴/۴ ثانیه باشد. اگر ٪۳۰ مقدار به خط مستقیم اعمال شود، هر بار تأخیر میانگین ۴/۳۲ ثانیه‌ای به خط مستقیم اعمال خواهد شد.

۱۴-۳-۱-۷- مجاورت با خط پارک؟[۱]

اگر پارک خودرو در خیابان امکان‌پذیر باشد، گزینه‌ی این حالت باید علامت خورده باشد. انتخاب عدم وجود خط پارک کردن خودروها با انتخاب وجود خط پارک کردن خودروها با تعداد صفر حرکت پارک در هر ساعت، متفاوت است.

۱۴-۳-۱-۸- حرکت پارک[۲]

اگر حالت «مجاورت با خط پارک» فعال باشد، می‌توان تعداد حرکت پارک را در هر ساعت برای گروه خط‌های متأثر در مدل وارد کرد. بیشترین تعداد حرکت پارک در هر ساعت ۱۰۰ حرکت است.

۱۴-۳-۱-۹- تردد از قطعه بین دو تقاطع[۳] (درصد)

مقدار پیش‌فرض صفر است، به این معنا که منشأ صفر درصد از تردد، ورودی ساختمان‌ها یا تقاطع‌های بدون چراغ بوده و همه حجم تردد از چراغ‌راهنمایی بالادست آمده است. مقدار ۵۰ به این معناست که منشأ ۵۰ درصد از تردد، ورودی ساختمان‌ها یا تقاطع‌های بدون چراغ بوده است. این اطلاعات برای محاسبات بهینه‌سازی تأخیر مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگر یک کمان، مقدار زیادی از حجم تردد خود را در طول قطعه بین دو تقاطع دریافت کند، هماهنگی این کمان در مقایسه با سایر کمان‌ها، تأثیر چندانی بر کاهش تأخیر نخواهد داشت.

۱۴-۳-۱-۱۰- حجم مبدا-مقصد در کمان[۴]

حجم مبدا-مقصد در کمان‌ها معمولاً مورداستفاده قرار نمی‌گیرد، زیرا مقدار آن برای تحلیل مورد نیاز نیست، اما استفاده از حجم مبدا-مقصد در کمان برای پویانمایی تغییر خط در نرم‌افزار سیم‌ترافیک مفید خواهد بود. این پارامتر برای چراغ‌های راهنمایی نزدیک به هم و چراغ‌های راهنمایی مجاور هم که در شیب‌راهه‌های ورودی/خروجی بزرگراهی قرار دارند (تقاطع لوزی شکل) نیز کاربردی است. این پارامتر، این امکان را برای کاربر فراهم می‌کند که مبدأ و مقصد وسایل نقلیه در چراغ‌های راهنمایی مجاور را کنترل کند، به‌عبارت‌دیگر، کاربر با استفاده از این پارامتر اطمینان حاصل می‌کند که نرم‌افزار

---

[۱] Adjacent Parking Lane?

[۲] Parking Maneuvers

[۳] Traffic from Mid-block

[۴] Link OD Volumes

جریان تردد را از یک چراغ در بزرگراه خارج و از چراغ مجاور دوباره وارد همان بزرگراه نمی‌کند.

۱۴-۳-۱-۱۱- بخش عارضه‌سنجی تردد[۱]

در نرم‌افزار سینکرو، بخشی وجود دارد که قادر است حجم تردد ایجادشده توسط کاربری‌های جدید را در شبکه معابر توزیع کرده و به کمان‌ها تخصیص دهد. جزییات بیشتر در این خصوص در راهنمای نرم‌افزار موجود است.

۱۴-۳-۱-۱۲- مدیر گزینه‌ها[۲]

مدیر گزینه‌ها (سناریو)، مدل‌های مشابه را در قالب یک فایل یکسان نگهداری می‌کند، تا مدیریت فایل را بهبود داده و اقدامات لازم برای ساخت و نگهداری مدل را کاهش دهد. مزایای مدیر گزینه‌ها عبارت است از:

- ذخیره‌ی گزینه‌های متعدد مانند اوج صبح، اوج عصر، تردد موجود و آینده در یک فایل سینکرو در مقابل ساخت یک فایل جداگانه برای هر گزینه،
- اصلاح طرح‌های زمان‌بندی برای هر گزینه به‌صورت جداگانه،
- اصلاح حجم‌ها برای هر گزینه به‌صورت جداگانه،
- به‌روزرسانی هندسه در یک گزینه و اعمال خودکار آن به‌تمامی گزینه‌ها،
- تعویض بین گزینه‌ها برای مقایسه‌ی ساده‌ی نتایج تحلیل با استفاده از حجم‌ها و/یا زمان‌بندی‌های متفاوت،

۱۴-۳-۲- مقادیر محاسبه‌شده توسط سینکرو

۱۴-۳-۲-۱- حجم کاربری[۳] (وسیله نقلیه در ساعت)

مقدار این پارامتر نشان‌دهنده‌ی حجم کل تردد ایجادشده توسط کاربری‌هایی است که در بخش عارضه‌سنجی تردد تعریف شده‌اند. این مقدار تنها در بخش عارضه‌سنجی تردد قابل‌تغییر است.

۱۴-۳-۲-۲- حجم ترکیبی[۴] (وسیله نقلیه در ساعت)

مقدار این پارامتر برابر است با حجم وارد شده به‌علاوه‌ی «حجم کاربری». مقدار این پارامتر قابل جایگزینی نیست.

---

۱ Traffic Impact Assessment (TIA) Module

۲ Scenario Manager

۳ Development Volume

۴ Combined Volume

۱۴-۳-۲-۳- حجم آینده[۱] (وسیله نقلیه در ساعت)

حجم آینده با اعمال ضریب رشد به حجم ترکیبی به دست می‌آید. ضریب رشد در بخش عارضه‌سنجی تردد تعریف می‌شود.

۱۴-۳-۲-۴- جریان تنظیم‌شده[۲] (وسیله نقلیه در ساعت)

مقدار این پارامتر برابر است با حجم آینده تقسیم بر ضریب ساعت اوج و سپس ضرب در ضریب رشد. مقدار این پارامتر نباید جایگزین شود.

۱۴-۳-۲-۵- تردد در خط اشتراکی[۳] (درصد)

تنها در حالتی که ترکیبی از یک خط مشترک برای حرکت مستقیم/گردش به‌علاوه‌ی خط اختصاصی گردش وجود داشته باشد، نرم‌افزار سینکرو داده‌های این خانه را لحاظ خواهد کرد. سینکرو از این مقدار برای تخصیص درصد تردد در حال گردش به خط اشتراکی/گردشی استفاده می‌کند، زیرا همه حجم گردشی، از خط اختصاصی گردش استفاده نمی‌کند. تخصیص تردد به خط اشتراکی بین ۱۰ تا ۹۰ درصد حجم گردشی است. اگر مشاهدات میدانی در خصوص استفاده از خط اشتراکی درصد بیشتری از مقدار تخصیص داده شده توسط نرم‌افزار را نشان داد، می‌توان مقدار این پارامتر را در نرم‌افزار با مقدار دلخواه جایگزین کرد. تغییر این پارامتر بر محاسبه‌ی شاخص کارایی توسط سینکرو مؤثر است. تغییر این پارامتر تأثیری بر شبیه‌سازی در نرم‌افزار سیم‌ترافیک ندارد.

۱۴-۳-۲-۶- جریان گروه خط[۴] (وسیله نقلیه در ساعت)

«جریان گروه خط»، چگونگی تخصیص حجم به گروه‌های خط را نشان می‌دهد. مقدار این پارامتر نباید جایگزین شود.

۱۴-۴- تنظیمات برنامه زمان‌بندی

در شکل ۱۴-۴، تنظیمات برنامه زمان‌بندی در نرم‌افزار سینکرو مشاهده می‌شود. اطلاعات این صفحه، شامل مقادیر ورودی توسط کاربر در تنظیمات گره، مقادیر ورودی توسط کاربر در تنظیمات زمان‌بندی، و مقادیر محاسبه شده توسط سینکرو است.

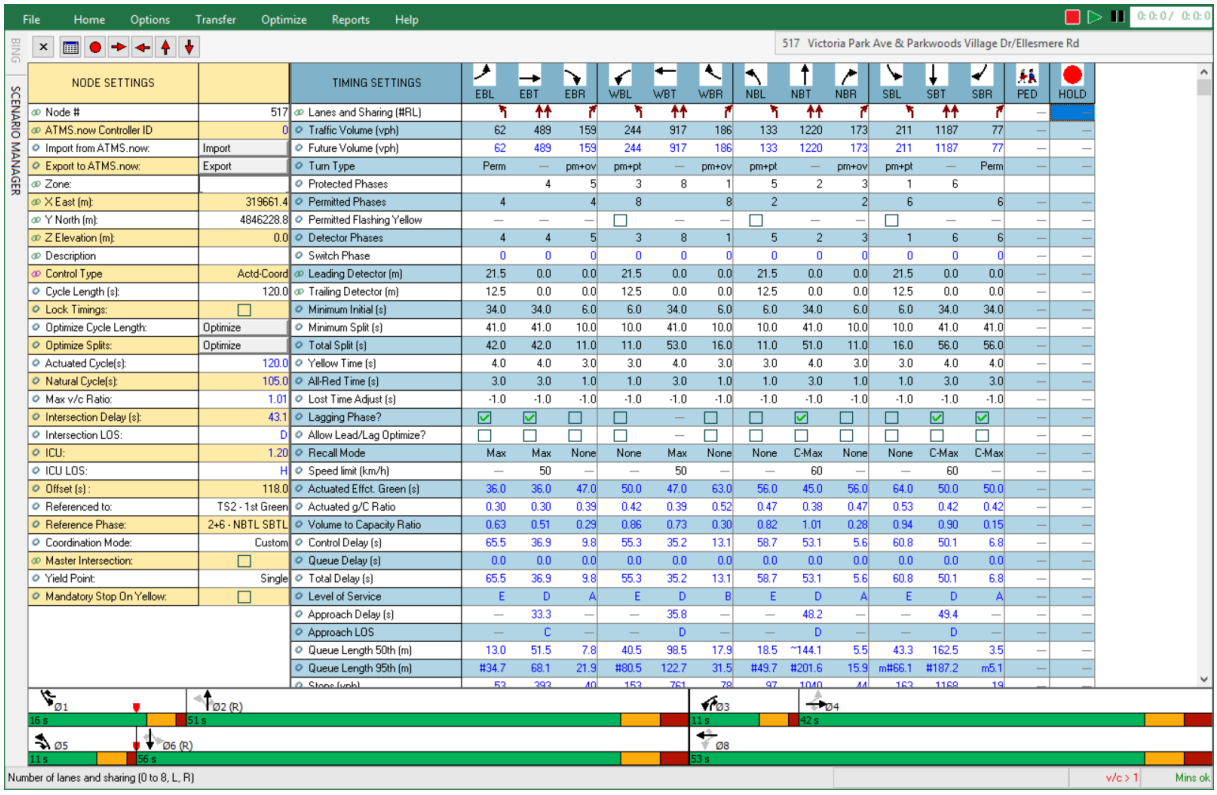
---

[۱] Future Volume

[۲] Adjusted Flow

[۳] Traffic in Shared Lane

[۴] Lane Group Flow



شکل ۱۴-۴- پنجره‌ی تنظیمات زمان‌بندی

۱۴-۴-۱- مقادیر ورودی توسط کاربر در تنظیمات گره

۱۴-۴-۱-۱- شماره‌ی گره[۱]

اگر گره در یک مدل بزرگ‌تر دارای شماره‌ی شناسایی باشد، باید آن را در این خانه وارد کرد. در غیر این صورت، نرم‌افزار به‌صورت خودکار یک شماره به آن گره اختصاص خواهد داد.

۱۴-۴-۱-۲- نوع کنترل[۲]

حالت کنترل برای چراغ‌های راهنمایی موجود در شهر باید حین تحلیل تقاطع یکسان باقی بماند. گزینه‌ی نوع کنترل معمولاً از انواع کنترل زیر انتخاب می‌شود:

- «پیش‌زمان‌بندی شده[۳]» برای تقاطع‌های زمان ثابت بدون حرکت‌های قابل فراخوانی،
- «هوشمند-غیرهماهنگ» برای تقاطع‌های کاملاً هوشمند (که تمامی حرکت‌ها قابل فراخوانی است)، که چراغ‌های راهنمایی با هم هماهنگ نشده‌اند،
- «نیمه‌هوشمند-غیرهماهنگ» برای تقاطع‌هایی که خیابان فرعی هوشمند است، اما چراغ‌های راهنمایی با هم

---

۱ Node

۲ Control Type

۳ Pre-timed

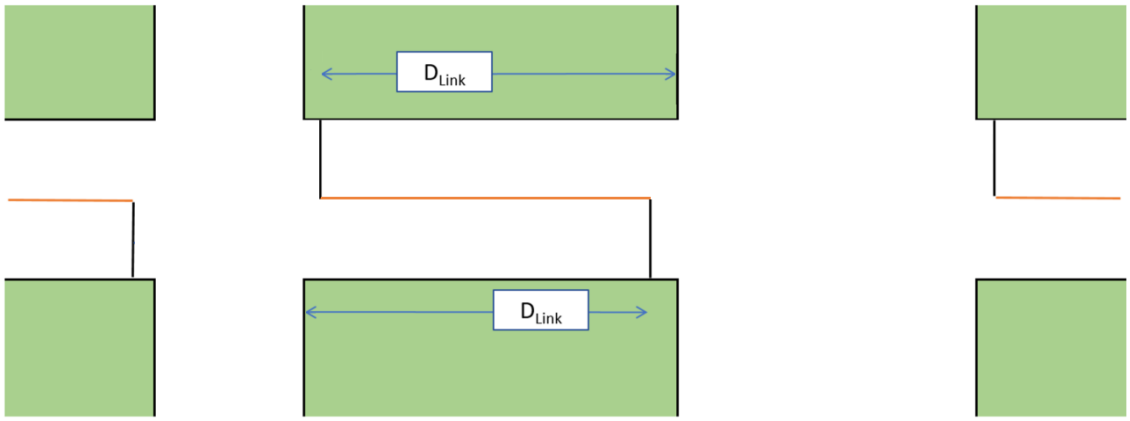
هماهنگ نشده‌اند،

- «هوشمند-هماهنگ» برای تقاطع‌های نیمه‌هوشمند یا برای تقاطع‌های پیش‌زمان‌بندی شده که فازهای چپ‌گرد آن‌ها قابل فراخوانی است.

۱۴-۴-۱-۳- طول چرخه[1]

«طول چرخه» را می‌توان در خانه‌ی مربوط به آن وارد کرد، بااین‌حال، نرم‌افزار سینکرو مجموع زمان‌های فازها را به‌صورت خودکار محاسبه کرده و از طریق آن طول چرخه را به دست می‌آورد. اگر چراغ‌های راهنمایی جدیدی برای شبکه در نظر گرفته شده، برای تعیین طول چرخه‌ی آن‌ها باید مشکلات ناحیه‌ی کنترل کنونی نیز در نظر گرفته شود (طول چرخه چراغ‌های راهنمایی مجاور چقدر است؟ آیا چراغ‌های راهنمایی مجاور هماهنگ‌شده هستند؟ آیا چراغ‌های راهنمایی مجاور نزدیک به هم هستند؟). در صورت نزدیک بودن چراغ‌های مجاور به هم، هماهنگ بودن آن‌ها برای ایمنی وسایل نقلیه و بهبود جریان تردد ضروری است.

برای تعیین نزدیک بودن یا نبودن دو چراغ‌راهنمایی مجاور، فاصله‌ی D_{Link} مطابق شکل ۱۴–۵، بین خط ایست تقاطع پایین‌دست تا لبه پایین‌دست جدول خیابان متقاطع در تقاطع بالادست، اندازه‌گیری می‌شود. به‌بیان‌دیگر، فاصله بین نقطه خروج از تقاطع بالادست تا خط ایست تقاطع پایین‌دست. اگر معبر دوطرفه باشد، فاصله‌ی چراغ‌های راهنمایی باید در هر دو جهت اندازه‌گیری شده و کمترین مقدار آن مورد استفاده قرار گیرد. اگر فاصله‌ی دو چراغ‌راهنمایی از مقادیر مندرج در جدول ۱۴–۱ کمتر باشد، این دو چراغ نزدیک به هم لحاظ می‌شوند.



شکل ۱۴–۵- اندازه‌گیری فاصله‌ی چراغ‌های راهنمایی از هم

جدول ۱۴–۱- کمینه فاصله‌ی چراغ‌های راهنمایی برای نزدیک به هم تلقی شدن

سرعت مجاز (کیلومتر در ساعت)	کمترین فاصله، D_{Link} (متر)
۳۰	۶۵
۴۰	۸۵

[1] Cycle Length

۵۰	۱۱۰
۶۰	۱۳۵
۷۰	۱۶۵

اگر فاصله‌ی چراغ‌های راهنمایی از هم بیش از ۸۰۰ متر باشد، حرکت دسته‌ای وسایل نقلیه بین این دو چراغ پراکنده‌تر شده و اهمیت هماهنگی بین چراغ‌های راهنمایی کمتر خواهد بود.

در بازه‌های زمانی اوج تردد، ممکن است با هدف حفظ هماهنگی چراغ‌های راهنمایی، طول چرخه‌ی تقاطع‌های فرعی در معابر شریانی طولانی‌تر در نظر گرفته شود. اگر جریان تردد در یک‌جهت بیش از ٪۵۵ باشد، می‌توان از پیش‌روی یک‌طرفه[۱] در آن جهت استفاده کرد، در غیر این صورت، پیش‌روی دوطرفه خواهد بود.

۱۴-۴-۱-۴- قفل‌کردن زمان‌بندی[۲]

گزینه‌ی «قفل‌کردن زمان‌بندی» تنها هنگامی فعال می‌شود که کاربر می‌خواهد مانع تغییر زمان‌بندی آن تقاطع شود، مثلاً اگر شبکه در نرم‌افزار سینکرو با هدف بهینه‌سازی زمان‌بندی کل شبکه ایجاد شده باشد.

۱۴-۴-۱-۵- اختلاف فاز[۳]

اختلاف فاز (آفست) بین زمان شروع سبز دو تقاطع هماهنگ شده، در این خانه وارد می‌شود. معمولاً از حجم تردد مستقیم خیابان اصلی برای تعیین جهت دلخواه برای انتخاب اختلاف فاز استفاده می‌شود. گاهی، هماهنگی حرکت گردشی یک چراغ‌راهنمایی با حرکت مستقیم چراغ دیگر مدنظر است، مثلاً در چراغ‌های راهنمایی شیب‌راهه‌ها یا چراغ‌های راهنمایی نزدیک به هم. به‌عنوان یک قاعده‌ی کلی، اگر بیش از ٪۵۵ کل حجم تردد مستقیم (در مقایسه‌ی با حجم حرکت مستقیم در جهت مقابل) در یک‌جهت باشد، برای آن جهت تعیین اختلاف فاز اولویت خواهد داشت.

۱۴-۴-۱-۶- حالت هماهنگی[۴]

این خانه میان‌بری است که به‌صورت هم‌زمان علامت «خاموشی ثابت اجباری[۵]» را برای همه فازهای نیمه‌هوشمند اعمال یا حذف می‌کند. یعنی پایان فاز بدون وابستگی به تقاضا یا حسگر، در زمان مشخص و ثابتی اتفاق می‌افتد. جزئیات بیشتر در خصوص خاموشی ثابت اجباری در بخش ۱۴-۵-۱-۹- ارائه شده است.

---

[۱] One-way Progression

[۲] Lock Timings

[۳] Offset

[۴] Coordination Mode

[۵] Fixed Force Off

۱۴-۴-۱-۷- تقاطع مرجع[۱]

در اکثر تحلیل‌ها لزومی به تعیین تقاطع مرجع وجود ندارد. کاربرد تقاطع مرجع در سینکرو ارائه‌ی مرجعی برای اختلاف فازها با شمارنده چرخه در تقاطع مرجع است. اختلاف فاز تقاطع مرجع همواره برابر با صفر خواهد بود.

۱۴-۴-۱-۸- نقطه‌ی تسلیم حق‌تقدم[۲]

امکان انتخاب یکی از گزینه‌های «تکی[۳]»، «منعطف[۴]» یا «بر حسب فاز[۵]» وجود دارد. گزینه‌ی «تکی» در نرم‌افزار سینکرو گزینه‌ی پیش‌فرض بوده و نباید تغییر داده شود.

۱۴-۴-۱-۹- الزام توقف در چراغ زرد[۶]

در حالت پیش‌فرض، نرم‌افزار سیم‌ترافیک به دست‌کم دو وسیله‌ی نقلیه اجازه می‌دهد که در طول یک‌فاز چراغ‌راهنمایی از چراغ زرد عبور کنند. با فعال‌کردن این گزینه، هیچ وسیله‌ی نقلیه‌ی در هنگام زرد بودن چراغ اجازه عبور نخواهد داشت. این پارامتر بر نتایج سینکرو تأثیری ندارد.

۱۴-۴-۲- مقادیر ورودی توسط کاربر در تنظیمات زمان‌بندی

۱۴-۴-۲-۱- نوع گردش[۷]

انواع چپ‌گرد موجود در نرم‌افزار سینکرو عبارتند از:

- جدا (تردد چپ‌گرد و مستقیم در یک‌فاز مشترک محافظت‌شده)
- مجاز (تردد چپ‌گرد باید به پیاده‌ها و تردد جهت مخالف راه دهد)
- محافظت‌شده (حرکت در زمان سبز بودن چراغ‌راهنمایی چپ‌گرد انجام شده و تعارضی با تردد جهت مخالف و پیاده‌ها نخواهد داشت)
- محافظت‌شده و مجاز (حرکت در زمان سبز بودن چراغ‌راهنمایی چپ‌گرد و پس‌ازآن در فاز مجاز انجام خواهد شد)
- کاربرد ندارد[۸] (وقتی چپ‌گرد ممنوع باشد مورداستفاده قرار می‌گیرد)
- سفارشی[۹] (ترکیب غیراستانداردی از فازها)

---

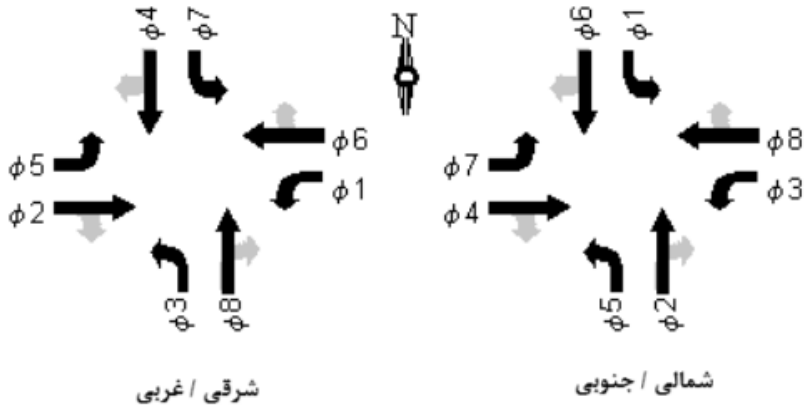
۱ Master Intersection
۲ Yield Point
۳ Single
۴ Flexible
۵ By Phase
۶ Mandatory Stop On Yellow
۷ Turn Type
۸ Not Applicable (NA)
۹ Custom

انواع راست‌گرد موجود در نرم‌افزار سینکرو عبارتند از:

- مجاز (تردد راست‌گرد در زمان سبز بودن چراغ‌راهنمایی به پیاده‌ها اجازه‌ی عبور می‌دهند)
- محافظت‌شده (تردد راست‌گرد تعارضی با پیاده‌ها یا وسایل نقلیه نخواهد داشت)
- هم‌پوشان (تردد راست‌گرد هم‌زمان با یک‌فاز چپ‌گرد مرتبط انجام خواهد شد)
- مجاز به‌علاوه‌ی هم‌پوشان
- محافظت‌شده به‌علاوه‌ی هم‌پوشان
- آزاد (در صورت وجود مسیردهی راست‌گرد و خط افزایش سرعت مورد استفاده قرار می‌گیرد، در فاز مجاز با حرف F نشان داده می‌شود، نباید به‌عنوان جایگزین راست‌گرد در چراغ قرمز که در بخش ۱۴-۲-۱-۱۷- بیان شد، مورد استفاده قرار گیرد)
- کاربرد ندارد (وقتی راست‌گرد ممنوع باشد مورد استفاده قرار می‌گیرد)
- سفارشی (ترکیب غیراستانداردی از فازهای راست‌گرد)

۱۴-۴-۲-۲- فازهای محافظت‌شده و مجاز[۱]

شکل ۱۴–۶ شماره‌ی فازهای حرکت‌های مختلف را بر اساس جهت خیابان اصلی نشان می‌دهد.



شکل ۱۴–۶- فازهای مرتبط با حرکت‌ها بر اساس جهت خیابان اصلی

۱۴-۴-۲-۳- فازهای شناساگر[۲]

مقادیر پیش‌فرض نباید تغییر داده شوند. اگر یک حرکت به بیش از یک‌فاز مرتبط باشد، «فازهای شناساگر» را می‌توان به‌گونه‌ای جایگزین کرد که تنها یک‌فاز به شناساگر متصل باشد. بخش بهینه‌سازی تقسیم زمان سبز نرم‌افزار سینکرو، زمان

---

[۱] Protected & Permitted Phases

[۲] Detector Phases

سبز چراغ را بر حسب اولین فاز شناساگر در فهرست تخصیص می‌دهد.

۱۴-۴-۲-۴- تعویض فاز[۱]

مقدار پیش‌فرض این خانه صفر است. این پارامتر، فاز ثانویه‌ای است که در هنگام سبز بودن چراغ، فاز وارد شده را تمدید می‌کند. این پارامتر، یک فاز را فراخوانی نمی‌کند و در زمان سبز بودن فاز، شناساگرهای اصلی فاز را فعال نمی‌سازد. تعویض فاز را می‌توان برای فاز مجاز یک چپ‌گرد محافظت‌شده به‌علاوه مجاز مورد استفاده قرار داد.

۱۴-۴-۲-۵- شناساگر جلو و عقب[۲]

در هنگام وارد کردن داده‌های مربوط به شناساگر جلو و عقب در «تنظیمات شناساگر» باید ترتیب رعایت شود تا سینکرو مقادیر پیش‌فرض را مورد پذیرش قرار دهد. برای اطلاعات بیشتر به بخش‌های ۱۴-۶-۱-۲-، ۱۴-۶-۱-۳- و ۱۴-۶-۱-۴- مراجعه فرمایید. شناساگر جلو برای تشخیص آغاز جریان تردد و شناساگر عقب برای تشخیص ادامه جریان به کار می‌رود.

۱۴-۴-۲-۶- کمینه زمان اولیه[۳] (ثانیه)

کمینه زمان اولیه، کمینه زمان چراغ سبز در هر فاز است. مقادیر کمینه‌ی مطلق عبارتند از:

- الف) فازهای گردش محافظت‌شده: دست‌کم ۶ ثانیه
- ب) فازهای مستقیم خیابان فرعی: دست‌کم ۷ ثانیه
- ج) فازهای مستقیم خیابان اصلی: دست‌کم ۱۲ ثانیه

۱۴-۴-۲-۷- کمینه زمان تقسیم فاز[۴] (ثانیه)

زمان سبز باید آن‌قدر باشد که کمینه زمان عبور پیاده‌ها (چراغ سبز پیاده + چراغ چشمک‌زن پیاده) رعایت شود. برای اطلاعات بیشتر به بخش‌های ۱۴-۵-۱-۶- و ۱۴-۵-۱-۷- مراجعه فرمایید. کل زمان تقسیم فاز برابر است با کل زمان فاز که شامل زمان‌های سبز، زرد و تمام قرمز (قرمز بودن همه چراغ‌ها) است.

۱۴-۴-۲-۸- زمان چراغ زرد[۵] (ثانیه)

زمان چراغ زرد (یا فاصله‌ی زمانی تغییر) باید برای همه فازها بر اساس سرعت مجاز محاسبه شود. کمینه زمان چشمک‌زدن چراغ ۳ ثانیه است. زمان چراغ زرد برای تردد مستقیم با استفاده از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

---

۱ Switch Phase

۲ Leading Detector and Trailing Detector

۳ Minimum Initial

۴ Minimum Split

۵ Yellow Time

$$Y = t + \frac{v}{2a + 70.6g}$$

که در آن:

فاصله‌ی زمانی چراغ زرد	Y
زمان درک و عکس‌العمل راننده (۱ ثانیه)	t
سرعت رویکرد وسیله‌ی نقلیه (کیلومتر در ساعت)	v
کاهش شتاب وسیله‌ی نقلیه (۱۱ کیلومتر در ساعت در هر ثانیه)	a
دو برابر شتاب گرانش (کیلومتر در ساعت در هر ثانیه)	70.6
درصد شیب جاده (اعشاری)؛ مثبت برای سربالایی و منفی برای سرپایینی	g

علاوه بر این، در هنگام تعیین زمان چراغ زرد برای هر تقاطع، باید تنظیمات مربوط به اتوبوس‌ها، وسایل نقلیه‌ی سنگین، دوچرخه‌ها، فازهای ویژه حمل‌ونقل همگانی و سایر وسایل نقلیه بررسی شود.

۱۴-۴-۲-۹- زمان تمام قرمز[1] (ثانیه)

زمان تمام قرمز (یا مدت‌زمان تخلیه) که چراغ همه فازها قرمز است، باید برای همه فازها بر اساس سرعت مجاز محاسبه شود. کمینه زمان تمام قرمز ۱ ثانیه است. زمان تمام قرمز، در تردد مستقیم برابر است با:

$$R = \frac{3.6(w + l)}{v}$$

که در آن:

زمان تمام قرمز	R
ضریب تبدیل کیلومتر در ساعت به متر در ثانیه	3.6
سرعت رویکرد وسیله‌ی نقلیه (کیلومتر در ساعت)	v
مسافت عبور عرضی وسیله‌ی نقلیه (متر)	w
میانگین طول وسیله‌ی نقلیه (۶ متر)	l

به دلیل سرعت کمتر دوچرخه نسبت به سایر وسایل نقلیه، دوچرخه‌سواران به زمان کمتری برای درک زرد شدن چراغ و توقف ایمن پیش از قرمزشدن آن نیاز دارند، اما به زمان بیشتری برای عبور از تقاطع پس از خط ایست نیاز خواهند داشت. برای فاز اختصاصی دوچرخه از رابطه‌ی زیر استفاده می‌شود:

$$R = \frac{3.6(w + l)}{v}$$

که در آن:

[1] All-Red Time

زمان تمام قرمز	R
ضریب تبدیل کیلومتر در ساعت به متر بر ثانیه	3.6
سرعت رویکرد دوچرخه (۱۷ کیلومتر در ساعت)	v
مسافت عبور عرضی دوچرخه (متر)	w
میانگین طول دوچرخه (۱/۸ متر)	l

علاوه بر این، در هنگام تعیین زمان تمام قرمز برای هر تقاطع، باید تنظیمات مربوط به اتوبوس‌ها، وسایل نقلیه‌ی سنگین، دوچرخه‌ها، فازهای ویژه حمل‌ونقل همگانی و سایر وسایل نقلیه بررسی شود.

۱۴-۴-۲-۱۰- تنظیم زمان تلف‌شده[۱]

مقادیر پیش‌فرض زیر برای زمان تلف‌شده مورد استفاده قرار می‌گیرد:

- برای تحلیل زمان غیر اوج: ۰
- برای تحلیل زمان اوج: ۱-

مقادیر بالا بر اساس رابطه‌ی زیر به‌دست‌آمده:

تمدید سبز مؤثر- زمان تلف‌شده شروع به حرکت =تنظیم زمان تلف‌شده

که در آن:

- زمان تلف‌شده شروع به حرکت = ۲ ثانیه
- تمدید سبز مؤثر برای بازه‌ی زمانی اوج ۳ ثانیه و برای غیر از آن ۲ ثانیه

۱۴-۴-۲-۱۱- فاز دیر قطع شونده[۲]

در ترکیب فازهای مجاز و محافظت‌شده، بهتر است فاز محافظت‌شده به‌صورت فاز «زود آزاد شونده[۳]» باشد. به دلایل ایمنی، فاز چپ‌گرد دیر قطع شونده توصیه نمی‌شود، مگر در مواردی که کاملاً محافظت‌شده باشد.

۱۴-۴-۲-۱۲- اجازه بهینه‌سازی زود آزاد شوند/ دیر قطع شونده[۴]

به‌صورت پیش‌فرض این گزینه فعال نیست. اگر این گزینه فعال شود، تقسیم‌بندی زمانی فازها در سینکرو بهینه‌سازی شده و نرم‌افزار مجاز خواهد بود تا فازهای چپ‌گرد را به‌صورت زود آزاد شونده یا دیر قطع شونده طراحی کند.

---

[۱] Lost Time Adjust

[۲] Lagging Phase

[۳] Lead

[۴] Allow Lead/Lag Optimize?

۱۴-۴-۲-۱۳- حالت فراخوانی[۱]

اگر چراغ‌راهنمایی در حالت ثابت/ پیش‌زمان‌بندی شده کار کند، مقدار پیش‌فرض برای همه فازها «بیشینه[۲]» خواهد بود. اگر تقاطع هوشمند- هماهنگ باشد، مقدار پیش‌فرض برای فاز هماهنگ‌شده «هماهنگ[۳]» خواهد بود. گزینه‌های موجود برای خیابان فرعی عبارتند از: «هیچ»، «کمینه[۴]»، «پیاده[۵]» و «بیشینه». معمولاً گزینه‌ی «هیچ» برای خیابان فرعی تقاطع‌های نیمه‌هوشمند انتخاب می‌شود. سایر گزینه‌ها تنها در مواردی به کار می‌روند که چرخه‌های تقاطع بدون توجه به تقاضای وسایل نقلیه یا پیاده‌ها به خیابان فرعی خدمت‌رسانی کند.

اگر چراغ‌راهنمایی در حالت آزاد کار کند، فازهای خیابان اصلی روی گزینه‌ی «بیشینه» تنظیم شده و گزینه‌ی «هیچ» برای خیابان‌های فرعی انتخاب می‌شود. معمولاً فازهای ۲ و ۶ به خیابان اصلی تخصیص داده می‌شوند.

۱۴-۴-۳- مقادیر محاسبه‌شده توسط سینکرو

نتایج نشان‌داده‌شده در پنجره‌ی تنظیمات برنامه زمان‌بندی، نتایج تحلیل با استفاده از نرم‌افزار سینکرو بوده و لزوماً معادل نتایج روش راهنمای ظرفیت راه‌ها نیست. برای جزئیات بیشتر به بخش ۱۴-۹-۲- مراجعه فرمایید.

۱۴-۴-۳-۱- نسبت حجم به ظرفیت

اگر نسبت حجم به ظرفیت در یک رویکرد بیش از ۱ باشد، بدین معناست که آن رویکرد در حالت فوق اشباع قرار دارد. مقدار نسبت حجم به ظرفیت بین ۰/۹ و ۱ به معنای شرایط نزدیک به ظرفیت است. اگر تحلیل حجم واقعی یک تقاطع چراغ‌دار مقادیر نسبت حجم به ظرفیت بیشتر از ۱ را نشان دهد، باید پارامترهای ورودی را مجدداً تنظیم کرد. در واقع مدل باید پرداخت شود تا نمایش‌دهنده وضعیت کنونی باشد.

برخی دلایلی که ممکن است نرم‌افزار سینکرو مقدار نسبت حجم به ظرفیت را بیشتر از ۱ نشان دهد، عبارتند از:

- تنظیم حجم بر اساس بخش ۱۴-۲-۱-۴- ،
- شمارش حجم گردش‌ها خطا داشته،
- شمارش حجم گردش‌ها صحیح است، اما زمان‌بندی چراغ پس از انجام ترددشماری تغییر کرده است (مثلاً مدت‌زمان فاز قبلاً اجازه‌ی تخلیه‌ی ۱۰۰۰ خودرو را می‌داد و اکنون مدت‌زمان جدید اجازه‌ی تخلیه‌ی ۸۰۰ خودرو را می‌دهد).

---

[۱] Recall Mode

[۲] Max.

[۳] Coord

[۴] Min.

[۵] Ped

- مقادیر پیش‌فرض (جریان اشباع ایده‌آل ۱۹۰۰ وسیله نقلیه در ساعت در خط، زمان تلف‌شده‌ی شروع حرکت، تمدید زمان سبز مؤثر و...) برای این محل مناسب نیستند. در این حالت می‌توان مطالعات میدانی انجام داده و از داده‌های اندازه‌گیری‌شده به‌جای مقادیر پیش‌فرض استفاده کرد.
- ممکن است نرم‌افزار سینکرو برای برخی کاربردهای خاص مناسب نباشد، مثلاً برای تحلیل چراغ‌های راهنمایی متصل به سامانه‌های کنترل تردد تطبیقی[۱] مانند SCOOT و SCATS.
- حجم تقاضا بیش از حجم عرضه است. به‌عبارت‌دیگر، تقاطع در وضعیتی بیش از ظرفیت خود کار می‌کند.

اگر مشاهدات میدانی، رانندگی تهاجمی و ورود وسایل نقلیه به تقاطع در هنگام چراغ زرد (تغییر) یا تمام قرمز بودن (تخلیه) را نشان دهد، زمان سبز مؤثر فاز را می‌توان متناسب با آن افزایش داد (از طریق «تنظیم زمان تلف‌شده»). مقدار پارامتر «تنظیم زمان تلف‌شده» نباید بیشتر از زمان چراغ زرد باشد، زیرا معادل این خواهد بود که وسایل نقلیه در زمان تمام قرمز از تقاطع عبور می‌کنند.

نرخ جریان اشباع را می‌توان به‌گونه‌ای تنظیم کرد که در مدل سینکرو، هیچ حرکتی در شرایط بالاتر از ظرفیت (با نسبت حجم به ظرفیت بیشتر از ۱) عمل نکند. بااین‌حال، هر تغییری در نرخ جریان اشباع، باید مبتنی بر آماربرداری میدانی نرخ جریان اشباع هر گروه خط باشد.

۱۴-۴-۳-۲- طول صف پنجاهم و نودوپنجم[۲] (متر)

پارامتر «طول صف پنجاهم (متر)» نشان‌دهنده‌ی بیشترین طول صف با حجم تردد پنجاه‌درصد (در یک چرخه‌ی معمولی) بر حسب متر است. پارامتر «طول صف نودوپنجم (متر)» نشان‌دهنده‌ی بیشترین طول صف با حجم تردد نودوپنج درصد بر حسب متر است. محاسبه‌ی هر دو پارامتر شبیه هم بوده و تنها تفاوت آن‌ها حجم فرضی برای تحلیل است. حجم پنجاه‌درصد معادل «جریان تنظیم‌شده» برای آن گروه خط است، و حجم نودوپنج درصد بر اساس رابطه زیر، محاسبه می‌شود:

$$v_{95} = v \times PHFx \times \left[1 + 1.64 \times \frac{\sqrt{vc}}{vc}\right]$$

که در آن:

حجم نودوپنج درصد	v_{95}
نرخ جریان ورودی	V
ضریب ساعت اوج (کمینه ۰/۹)	PHFx
تعداد وسایل نقلیه در هر چرخه = $\frac{v \times C}{3600}$	vc

[۱] Adaptive Traffic Control Systems (ATCS)

[۲] Queue Length 50th & 95th

C طول چرخه (ثانیه)

پانویس‌های ~و # نشان‌دهنده‌ی تجاوز حجم مدل‌شده از ظرفیت است. پانویس ~ به معنای بیشتر بودن ورودی از ظرفیت بوده و منجر به افزایش طول صف می‌شود. طول صف از لحاظ نظری بی‌نهایت بوده و مشکلات انسداد قابل وقوع است. مقدار طول صف پنجاهم آن‌قدر بزرگ است که یک چرخه از تردد را در خود جای دهد. این امر مانع از تشدید مشکلات ظرفیتی ناشی از فضای ذخیره‌ی ناکافی می‌شود.

پانویس # به معنای تجاوز حجم چرخه نودوپنج درصد از ظرفیت است. تردد برای دو چرخه‌ی کامل از تردد نودوپنج درصد شبیه‌سازی شده تا تأثیر حجم مازاد یک چرخه بر چرخه‌ی دیگر لحاظ شود. اگر نسبت حجم به ظرفیت گزارش‌شده کمتر از ۱ باشد، روش مورد استفاده برای تخمین طول صف نودوپنجم، روشی معتبر است. در عمل طول صف نودوپنجم به‌ندرت از ظرفیت بیشتر بوده و صف نشان‌داده‌شده با پانویس # معمولاً برای طراحی خط‌های ذخیره مورد پذیرش قرار می‌گیرند.

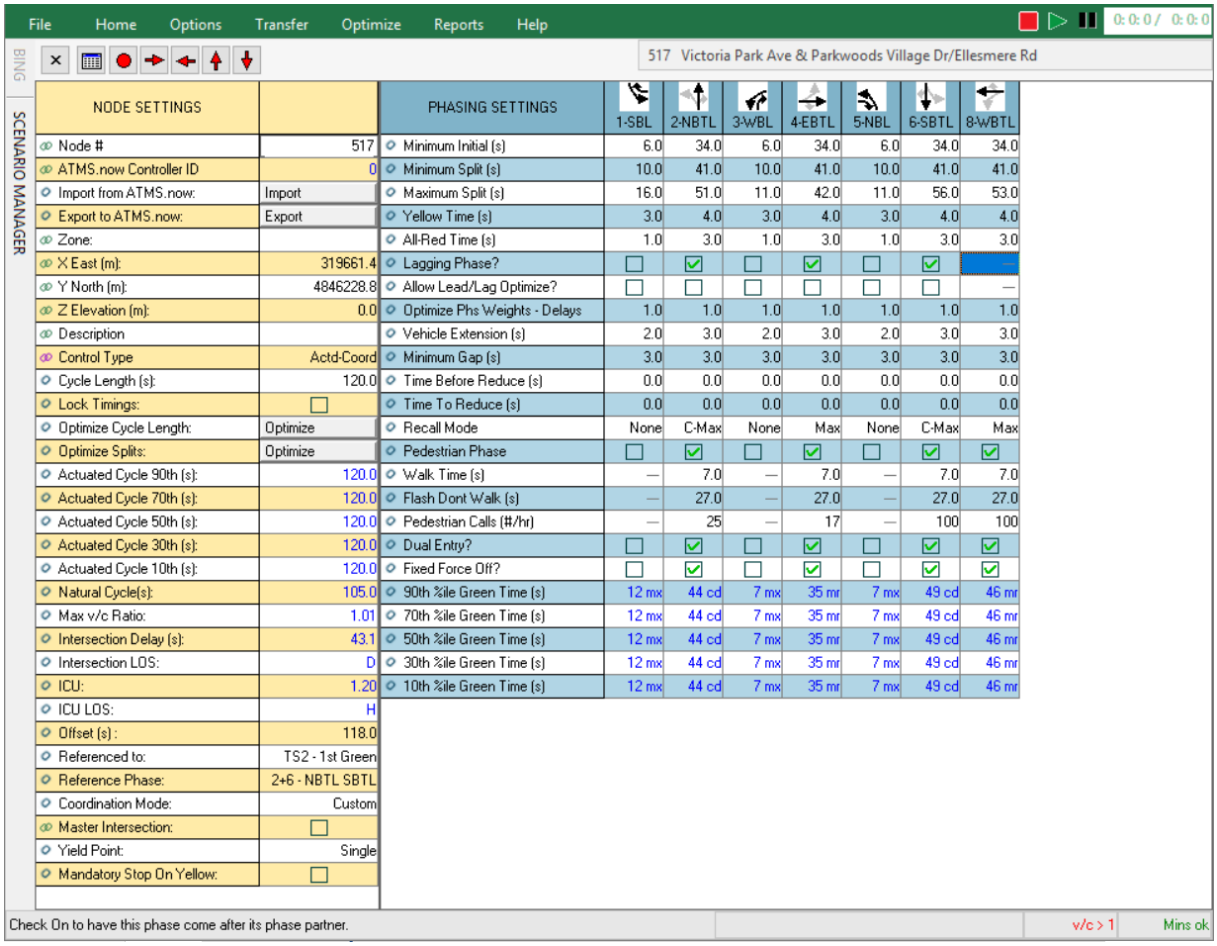
حضور توأمان پانویس‌های ~و # نشان‌دهنده‌ی گسترش احتمالی صف به تقاطع‌های بالادست یا پایین‌دست و انسداد دسترسی به خط‌های گردش است که منجر به بیش برآورد ظرفیت تقاطع یا شبکه می‌شود. یک نمونه از این وضعیت در خیابانی با چراغ‌های راهنمایی نزدیک به هم به وجود می‌آید. روش‌های تحلیل کلان‌نگر ظرفیت تقاطع‌ها مانند نرم‌افزار سینکرو، تأثیر ازدحام پایین‌دست را بر عملکرد تقاطع لحاظ نمی‌کنند. همین‌طور، قادر به شناسایی و اصلاح تأثیر صف تشکیل‌شده برای گردش بر جریان مستقیم و عملکرد تقاطع نیستند.

پانویس m به این معناست که طول صف نودوپنجم توسط چراغ‌راهنمایی بالادست تحت کنترل قرار گرفته است. به‌عبارت‌دیگر، تعداد وسایل نقلیه‌ی ورودی به تقاطع پایین‌دست توسط چراغ‌راهنمایی بالادست کنترل شده و طول صف محدود می‌شود. اگر تقاطع بالادست در حد ظرفیت خود یا نزدیک به آن کار کند، طول صف پنجاهم نشان‌دهنده‌ی بیشترین مقدار طول صفی است که تجربه خواهد شد. به‌صورت مشابه، اگر تقاطع بالادست نسبت حجم به ظرفیت بیشتر از ۰/۸ داشته باشد، بیشترین طول صف تجربه‌شده تقریباً برابر با طول صف پنجاهم تقسیم بر نسبت حجم به ظرفیت بالادست است. به‌عنوان‌مثال، اگر طول صف پنجاهم ۴۵ متر بوده و نسبت حجم به ظرفیت در بالادست برابر با ۰/۹ باشد، بیشترین طول صف ممکن برابر با $\frac{45}{0.9} = 50$ متر خواهد بود.

اگر حجم نودوپنج درصد در تقاطع بالادست (الف) منجر به عملکرد تقاطع با نسبت حجم به ظرفیت بیشتر از ۱ شود (یعنی اگر صف در تقاطع الف با نماد # نشان داده شود) به‌صورت نظری ممکن نیست که حجم تردد نودوپنج درصد به تقاطع پایین‌دست (ب) منتقل شود. بنابراین، ازآنجاکه وقوع حجم نودوپنج درصد در تقاطع (ب) ممکن نیست، مشاهده‌ی طول صف نود پنجم نیز در آن تقاطع ممکن نخواهد بود.

۱۴-۵- تنظیمات فازبندی

در شکل ۱۴-۷، تنظیمات فازبندی در نرم‌افزار سینکرو مشاهده می‌شود. اطلاعات این بخش، شامل مقادیر ورودی توسط کاربر است.



شکل ۱۴-۷- پنجره‌ی تنظیمات فازبندی

۱۴-۵-۱- مقادیر ورودی توسط کاربر

۱۴-۵-۱-۱- تمدید وسایل نقلیه[۱] (بیشینه‌ی فاصله عبور[۲]) (ثانیه)

تمدید وسایل نقلیه با عنوان بیشینه‌ی فاصله عبور نیز شناخته می‌شود. وقتی یک وسیله‌ی نقلیه از یک شناساگر عبور می‌کند، زمان چراغ سبز با استفاده از پارامتر تمدید وسایل نقلیه، تمدید خواهد شد. کمترین زمان عبور وسایل نقلیه باید مطابق موارد زیر باشد:

---

[۱] Vehicle Extensions

[۲] Maximum Gap

الف) گردش‌به‌چپ محافظت‌شده/ مجاز با تشخیص صف قبل از خط ایست[۱]: ۲ ثانیه

ب) گردش‌به‌چپ کاملاً محافظت‌شده با تشخیص روی خط ایست[۲]: ۲/۵ ثانیه

ج) حرکت مستقیم/ چپ‌گرد/ راست‌گرد در خیابان فرعی یک تقاطع نیمه‌هوشمند: ۳ ثانیه

د) چراغ راهنمایی برای اولویت عبور وسایل نقلیه‌ی همگانی: ۱ ثانیه

۱۴-۵-۱-۲- کمینه‌ی فاصله عبور[۳] (ثانیه)

کمترین زمان برای فاصله عبوری است که تنظیم‌گر برای عملیات حجم - چگالی مورد استفاده قرار می‌دهد. اگر عملیات حجم - چگالی مورد استفاده قرار نگیرد، باید مقدار این پارامتر برابر با مقدار پارامتر تمدید وسایل نقلیه درج شود.

۱۴-۵-۱-۳- زمان پیش از کاهش[۴] (ثانیه)

مقدار پیش‌فرض صفر نباید تغییر داده شود. در هنگام استفاده از عملیات حجم – چگالی، این پارامتر نشان‌دهنده‌ی مدت‌زمانی است که پیش از آغاز کاهش فاصله عبور سپری می‌شود.

۱۴-۵-۱-۴- زمان کاهش[۵] (ثانیه)

مقدار پیش‌فرض صفر نباید تغییر داده شود. در هنگام استفاده از عملیات حجم – چگالی، این پارامتر نشان‌دهنده‌ی مدت‌زمانی است که برای کاهش فاصله عبور از زمان تمدید وسایل نقلیه (بیشینه‌ی فاصله عبور) تا کمینه‌ی فاصله عبور مورد نیاز است.

۱۴-۵-۱-۵- فاز پیاده[۶]

اگر این حرکت دارای فاز پیاده باشد، مقدار «بله» فعال شود. انتخاب «نه» (عدم انتخاب گزینه) به معنای حذف فاز پیاده و غیرفعال شدن خانه‌های ورودی «زمان پیاده‌روی[۷]»، «قرمز چشمک‌زن پیاده[۸]» و «فراخوانی فاز پیاده[۹]» است.

۱۴-۵-۱-۶- زمان پیاده‌روی (ثانیه)

زمان پیاده‌روی، مدت‌زمانی است که حالت «پیاده‌روی» در چراغ‌راهنمایی نمایش داده می‌شود. فاز پیاده‌روی مجاز

---

۱ Setback Detection

۲ Stop-bar Detection

۳ Minimum Gap

۴ Time Before Reduce

۵ Time to Reduce

۶ Pedestrian Phase

۷ Walk Time

۸ Flashing Don’t Walk

۹ Pedestrian Calls

پیاده‌ها تنها در مواقعی پدیدار می‌شود که (دکمه) فراخوانی فاز پیاده وجود داشته یا این فاز به‌صورت ثابت در زمان‌بندی وجود داشته شود. اگر فاز پیاده‌ها در بیشینه‌ی زمان خود در زمان‌بندی فازها بوده و زمان سبز آن‌قدر طولانی باشد که پیاده‌ها نیز در آن جای گیرند، این پارامتر باید نادیده گرفته شود.

۱۴-۵-۱-۷- قرمز چشمک‌زن پیاده (ثانیه)

این پارامتر، بیانگر زمان تخلیه‌ی تقاطع توسط پیاده‌ها است. اگر فاز پیاده در بیشینه‌ی زمان خود در زمان‌بندی فازها بوده و زمان سبز آن‌قدر طولانی باشد که پیاده‌ها نیز در آن جای گیرند، این پارامتر باید نادیده گرفته شود.

کمینه زمان تخلیه‌ی پیاده باید بر اساس گذر پیاده از عرض خیابان با سرعت ۱ متر در ثانیه تعیین شود. سرعت پیاده‌روی برای مجموع زمان پیاده‌روی و قرمز چشمک‌زن پیاده باید برابر یا کمتر از ۱ متر در ثانیه باشد.

در هنگام بررسی و بهینه‌سازی تقسیم‌بندی زمان سبز، نرم‌افزار سینکرو مدت‌زمان سبز بودن چراغ را برابر یا بزرگ‌تر از زمان پیاده‌روی به‌علاوه‌ی زمان قرمز چشمک‌زن پیاده در نظر می‌گیرد. مدت‌زمان تغییر چراغ و تخلیهٔ وسایل نقلیه، جزء زمان قرمز چشمک‌زن پیاده نیستند.

۱۴-۵-۱-۸- فراخوانی پیاده (تعداد)

مقدار وارد شده در این خانه معادل تعداد دفعاتی است که دکمه‌ی فراخوانی پیاده در هر ساعت برای آن فاز فشرده می‌شود. این پارامتر تنها در تقاطع‌هایی مورداستفاده قرار می‌گیرد که دکمه‌ی فراخوانی برای پیاده‌ها تعبیه‌شده و دارای فاز هوشمند/ قابل فراخوانی باشد، در نتیجه چراغ‌های راهنمایی زمان ثابت/ پیش‌زمان‌بندی شده به داده‌های این خانه نیازی ندارند. تعداد فراخوانی پیاده‌ها در هر ساعت ممکن است با حجم پیاده عبوری که در خانه‌ی «پیاده‌ی تداخلی» از پنجره‌ی «حجم» وارد شده، مطابقت نداشته باشد. «پیاده‌ی تداخلی» تعداد پیاده‌ای است که تردد در حال راست‌گرد باید به آن‌ها اجازه‌ی عبور دهد. «فراخوانی پیاده» تعداد پیاده‌ای است که فاز را فعال می‌کنند. معمولاً مقدار این دو پارامتر با هم برابر است.

در هنگام شمارش تعداد پیاده‌ها، افرادی که به‌صورت گروهی حرکت می‌کنند به‌عنوان یک فراخوانی پیاده شمرده می‌شوند. از این مقدار برای تعیین تعداد چرخه‌های مورد نیاز فاز پیاده در هر ساعت استفاده می‌شود.

۱۴-۵-۱-۹- خاموشی ثابت اجباری؟

اگر مقدار پارامتر «خاموشی ثابت اجباری» به «روشن[۱]» تغییر یابد، زمان بیشتری به خیابان فرعی اختصاص داده خواهد شد. اگر مقدار پارامتر خاموشی ثابت اجباری به «خاموش[۲]» تغییر یابد، زمان بیشتری به خیابان اصلی اختصاص داده خواهد شد. زمان موجود برای تخصیص به فازهای خیابان فرعی و آغاز آن‌ها را نیز می‌توان از طریق مقدار «نقطه‌ی تسلیم

---

[۱] on

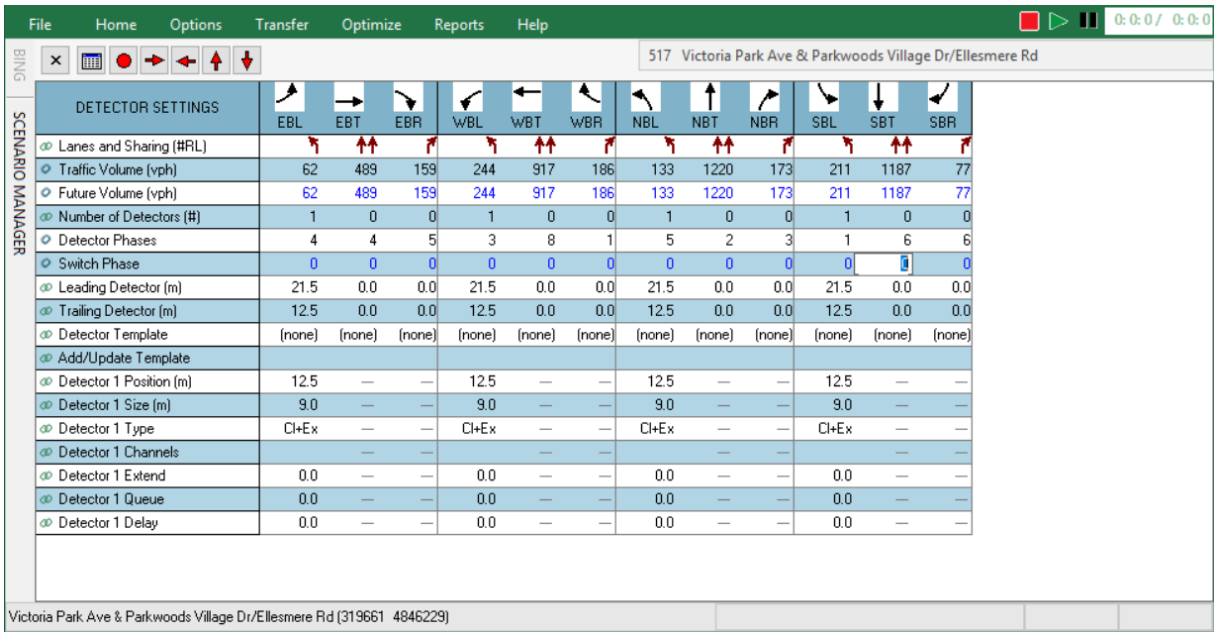
[۲] off

حق‌تقدم» و با استفاده از «هوشمندسازی فازهای هماهنگ» به‌صورت دستی تغییر داد. تنظیمات پیش‌فرض زیر برای خاموشی ثابت اجباری مورد استفاده قرار می‌گیرد:

- در چراغ‌های راهنمایی مجهز به تنظیم‌گرهای مبتنی بر بازه‌ی زمانی، همه فازها در تقاطع‌های ثابت و نیمه‌هوشمند باید علامت خورده باشند،
- در چراغ‌های راهنمایی مجهز به تنظیم‌گرهای مبتنی بر فاز، همه فازها در تقاطع‌های ثابت و فازهای خیابان اصلی در تقاطع‌های نیمه‌هوشمند باید علامت خورده باشند،
- در چراغ‌های راهنمایی مجهز به تنظیم‌گرهای مبتنی بر فاز، فازهای خیابان فرعی در تقاطع‌های نیمه‌هوشمند نباید علامت خورده باشند،
- برای فازهای چپ‌گرد نباید گزینه‌ی خاموشی ثابت اجباری فعال باشد.

۱۴-۶- تنظیمات شناساگر

در شکل ۱۴–۸، تنظیمات شناساگر در نرم‌افزار سینکرو مشاهده می‌شود. اطلاعات این بخش، شامل مقادیر ورودی توسط کاربر است.



شکل ۱۴–۸- پنجره‌ی تنظیمات شناساگر

۱۴-۶-۱- مقادیر ورودی توسط کاربر

۱۴-۶-۱-۱- تعداد شناساگر (تعداد)

شناساگرها در هر رویکرد از خط ایست برخلاف جهت حرکت وسایل نقلیه شماره‌گذاری می‌شوند. در این حالت شماره‌ی

شناساگر ۱ مربوط به شناساگر نصب‌شده در خط ایست است. اگر یک حرکت در تقاطع ثابت باشد (حرکت مربوط به فازهای ۲ و ۶)، تعداد شناساگرها برابر با صفر خواهد بود.

۱۴-۶-۱-۲- تعویض فاز

مقدار «تعویض فاز» در بخش ۱۴-۴-۲-۴- شرح داده شده است.

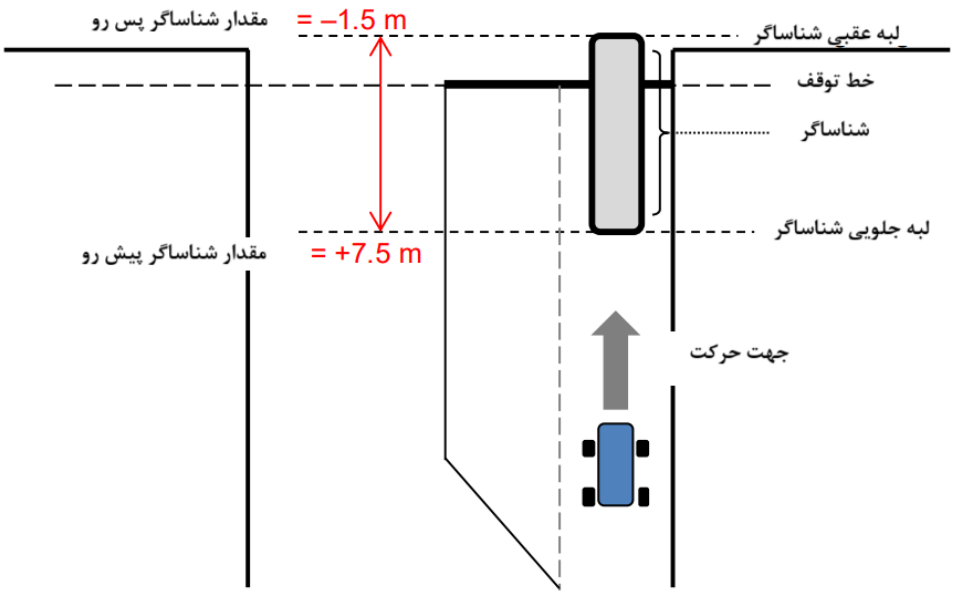
۱۴-۶-۱-۳- شناساگر جلو (متر)

مقدار شناساگر جلو برابر با فاصله‌ی لبه‌ی جلویی جلوترین شناساگر تا خط ایست بر حسب متر است. این پارامتر به کاربر کمک می‌کند تا موقعیت آغاز ناحیه‌ی شناسایی در یک خط یا گروه خط را تعریف کند.

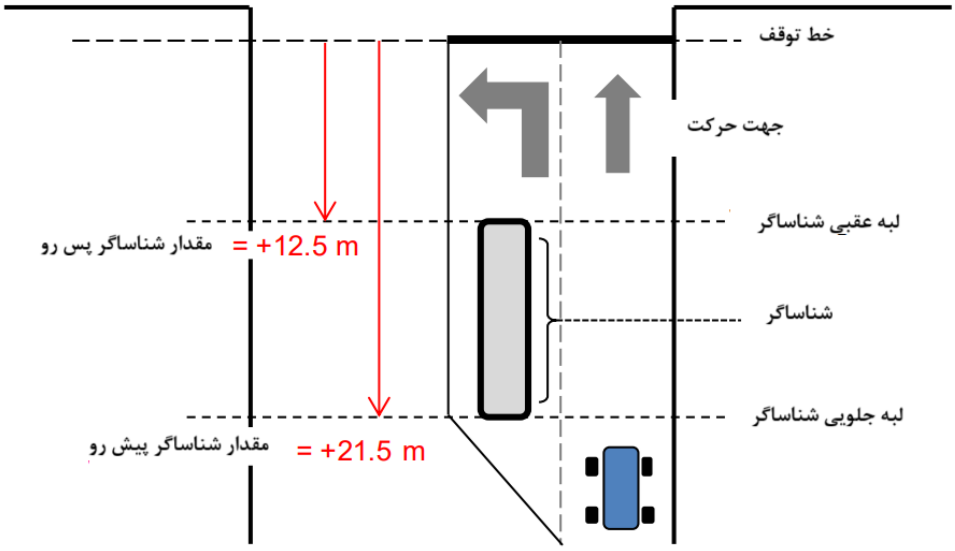
برای اطمینان از این‌که مقادیر پیش‌فرض در نرم‌افزار سینکرو مورد پذیرش قرار گیرد، باید توالی درست ورود داده‌های شناساگرها رعایت شود. پیش از وارد کردن داده‌ها در شناساگر جلو، کاربر باید داده‌های موقعیت شناساگر ۱ (به بخش ۱۴-۶-۱-۴-) را وارد کند. سپس، موقعیت سایر شناساگرها بر اساس برداشت میدانی در نرم‌افزار وارد شود. نمونه‌ای از مقادیر مرسوم از موقعیت شناساگرها که می‌توان در خانه‌ی شناساگر جلو وارد کرد، عبارتند از:

- در فازهای خیابان فرعی در چراغ‌های راهنمایی هوشمند، شناساگرهای روی خط ایست مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این حالت شناساگرهای جلو معمولاً با فاصله‌ی ۷/۵ متری از خط توقف ایست می‌شوند.
- در گردش‌به‌چپ‌های کاملاً محافظت‌شده، شناساگرهای روی خط ایست مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این حالت شناساگرهای جلو معمولاً با فاصله‌ی ۷/۵ متری از خط ایست نصب می‌شوند.
- در گردش‌به‌چپ‌های محافظت‌شده/ مجاز، شناساگرهای قبل از خط ایست مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این حالت شناساگر جلو معمولاً برای تشخیص وسیله‌ی نقلیه‌ی سوم با فاصله‌ی ۱۲/۵ متری از خط ایست و برای تشخیص وسیله‌ی نقلیه‌ی دوم با فاصله‌ی ۶/۲۵ متری از خط ایست نصب می‌شوند.

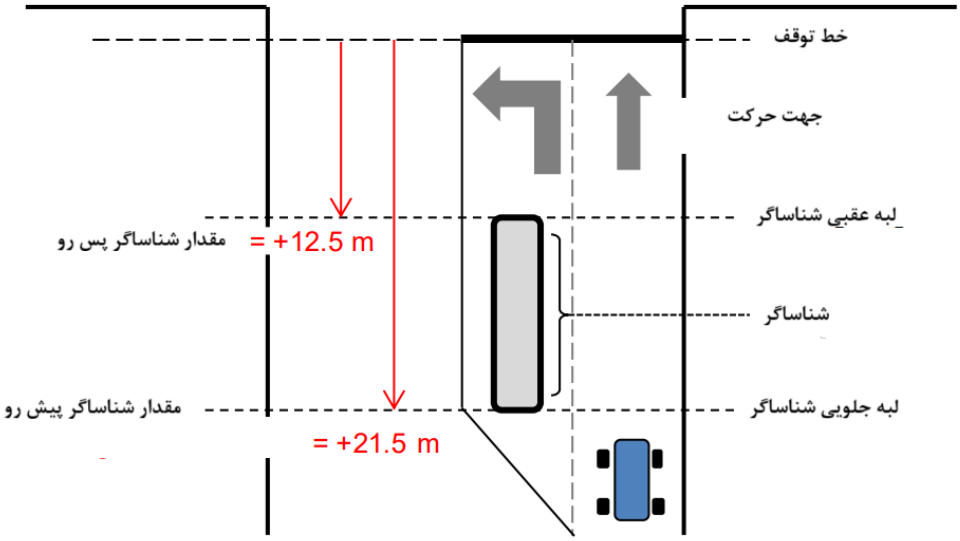
موارد بالا با فرض طول معمول ۹ متری شناساگرهای قبل از خط ایست و روی خط ایست است. اگر شناساگرهای قدیمی چپ‌گرد با طول ۳ یا ۵ متر موجود باشد، باید مقادیر «شناساگر جلو» متناسب با آن تنظیم شود.



شکل ۱۴–۹- شناساگر خیابان فرعی یا چپ‌گرد محافظت‌شده- شناسایی اولین وسیله‌ی نقلیه روی خط ایست



شکل ۱۴–۱۰- شناساگر چپ‌گرد محافظت‌شده/ مجاز- شناسایی دومین وسیله‌ی نقلیه قبل از خط ایست



شکل ۱۴–۱۱- شناساگر چپ‌گرد محافظت‌شده/ مجاز - شناسایی سومین وسیله‌ی نقلیه قبل از خط ایست

ویرایش مقدار شناساگر جلو هیچ تأثیری بر شاخص‌های کارآیی نرم‌افزار سینکرو ندارد، اما بر ابعاد حلقه شناساگر در صورت پویانمایی در نرم‌افزار سیم‌ترافیک، مؤثر است.

۱۴-۶-۱-۴- شناساگر عقب[۱] (متر) و موقعیت شناساگر ۱[۲] (متر)

مقدار شناساگر عقب معادل فاصله‌ای است که بر حسب متر بین لبه‌ی عقبی شناساگر عقب و خط ایست وجود دارد. این پارامتر این امکان را برای کاربر فراهم می‌کند که موقعیت انتهای ناحیه‌ی شناسایی در خط ایست یا در نزدیکی آن را برای یک خط یا گروه خط مشخص کند. مقدار منفی به معنای عبور شناساگر عقب از خط ایست است.

برای اطمینان از این‌که مقادیر پیش‌فرض در نرم‌افزار سینکرو مورد پذیرش قرار گیرد، باید توالی درست ورود داده‌های شناساگرها رعایت شود. پیش از وارد کردن داده‌ها در «شناساگر جلو» (بخش ۱۴-۶-۱-۳-)، کاربر باید داده‌های «موقعیت شناساگر ۱» را وارد کند (البته نه در خانه‌ی شناساگر عقب). پس از وارد کردن این داده‌ها، مقدار خانه‌ی «شناساگر عقب» به‌صورت خودکار مقادیر صحیحی خواهد بود. سپس، موقعیت سایر شناساگرها بر اساس برداشت میدانی در نرم‌افزار وارد شود. نمونه‌ای از مقادیر مرسوم که می‌توان در خانه‌ی «موقعیت شناساگر ۱» وارد کرد، عبارتند از:

- در چراغ‌های راهنمایی هوشمند خیابان فرعی، شناساگرهای روی خط ایست مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این حالت شناساگرهای عقب معمولاً با فاصله‌ی ۱/۵- متری از خط ایست نصب می‌شوند.
- در گردش‌به‌چپ‌های کاملاً محافظت‌شده، شناساگرهای روی خط ایست مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این حالت شناساگرهای پس‌رو معمولاً با فاصله‌ی ۱/۵- متری از خط ایست نصب می‌شوند.

---

[۱] Trailing Detector

[۲] Detector 1 Position

- در گردش‌به‌چپ‌های محافظت‌شده/ مجاز، شناساگرهای قبل از خط ایست مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این حالت شناساگر عقب معمولاً برای تشخیص وسیله‌ی نقلیه‌ی سوم با فاصله‌ی ۱۲/۵ متری از خط ایست و برای تشخیص وسیله‌ی نقلیه‌ی دوم با فاصله‌ی ۶/۲۵ متری از خط ایست نصب می‌شوند.

اگر بیش از یک شناساگر وجود داشته باشد، مثلاً یک شناساگر قبل از خط ایست، ۹۵ متر عقب‌تر از خط ایست و شناساگر دوم با فاصله‌ی ۱/۵- متری از همان خط ایست، مقدار وارد شده باید ۱/۵- متر باشد.

به‌محض وارد کردن موقعیت شناساگر ۱، اگر تحلیل‌گر روی خانه شناساگر عقب کلیک کند، مقدار آن به مقدار پیش‌فرض نرم‌افزار سینکرو تغییر خواهد کرد. به‌صورت پیش‌فرض، بیشینه‌ی فاصله لبه‌ی عقبی شناساگر از خط ایست ۰/۲- متر است. برای دست‌یابی به‌اندازه‌ی شناساگر مدنظر در نرم‌افزار سینکرو با رعایت فاصله‌ی ۰/۲- متری شناساگر عقب، باید مقدار ۸/۸ متر را در خانه‌ی لبه‌ی جلویی وارد کرد.

۱۴-۶-۱-۵- اندازه‌ی شناساگر[۱] (متر)

در هنگام وارد کردن داده‌های پیش‌فرض برای شناساگرها (بخش‌های ۱۴-۶-۱-۳- و ۱۴-۶-۱-۴-) اندازه‌ی شناساگر ۱ به‌صورت خودکار تعیین می‌شود. طول شناساگرها در چراغ‌های راهنمایی هوشمند خیابان‌های فرعی و خط‌های چپ‌گرد، معمولاً ۹ متر است. البته طول برخی شناساگرها ۳ یا ۵ متر است. اگر شناساگرهایی با اندازه‌های متفاوت وجود داشته باشد، باید داده‌های آن در خانه‌ی اندازه‌ی شناساگر شود. در نرم‌افزار قابلیت وارد کردن ۵ شناساگر وجود دارد.

۱۴-۶-۱-۶- نوع شناساگر[۲]

گزینه‌های این پارامتر «فراخوانی[۳]»، «تمدید[۴]» و «فراخوانی+تمدید[۵]» هستند. مقدار پیش‌فرض «فراخوانی+تمدید» است.

۱۴-۶-۱-۷- تمدید شناساگر[۶]

این خانه نشان می‌دهد که یک فراخوانی در شناساگر چه مدت باقی‌مانده یا تمدید خواهد شد. مقدار پیش‌فرض این پارامتر ۳ ثانیه است، مگر اینکه شناساگر یک عملیات غیرمعمول داشته باشد.

---

۱ Detector Size
۲ Detector Type
۳ Calling
۴ Extend
۵ Call+Extend
۶ Detector Extend

۱۴-۶-۱-۸- صف شناساگر[۱]

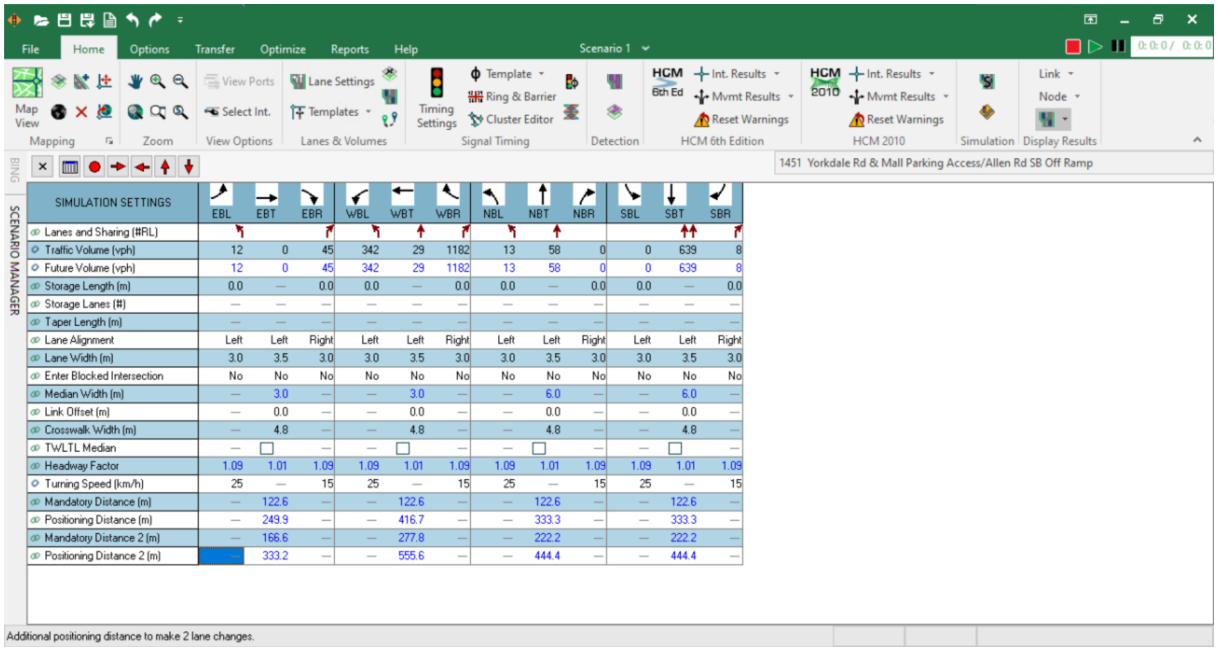
مقدار پیش‌فرض این پارامتر صفر است. تمدید اولیه‌ای معادل مقدار واردشده در این خانه، به فاز (در هنگام شروع آن) اعمال می‌شود.

۱۴-۶-۱-۹- تأخیر شناساگر[۲]

مقدار پیش‌فرض این پارامتر صفر است. تأخیری معادل مقدار واردشده در این خانه، به فراخوانی فاز (پس از عبور یک وسیله‌ی نقلیه از شناساگر) اعمال می‌شود تا پس از زمان وارد شده فراخوانی صورت پذیرد.

۱۴-۷- تنظیمات شبیه‌سازی

در شکل ۱۴-۱۲، تنظیمات شبیه‌سازی در نرم‌افزار سینکرو مشاهده می‌شود. اطلاعات این بخش، شامل مقادیر ورودی توسط کاربر است.



شکل ۱۴-۱۲- پنجره‌ی تنظیمات شبیه‌سازی

۱۴-۷-۱- مقادیر ورودی توسط کاربر

تا این بخش داده‌های «خطوط حرکت جدا و مشترک»، «حجم تردد»، «طول فضای ذخیره»، «خط ذخیره» و «عرض خط» در پنجره‌ی «تنظیمات خط» وارد شده‌اند و نیازی به وارد کردن دوباره‌ی آن‌ها نیست. سایر مقادیر این پنجره بر

---

[۱] Detector Queue

[۲] Detector Delay

شاخص‌های کارآیی محاسبه‌شده توسط سینکرو تأثیری ندارند، اما در نرم‌افزار سیم‌ترافیک مورداستفاده قرار می‌گیرند.

۱۴-۷-۱-۱- طول لچکی[۱] (متر)

مقدار واردشده در این خانه بر طول لچکی نشان داده شده در نقشه‌ی «پنجره‌ی نقشه» مؤثر است. در نرم‌افزار سیم‌ترافیک، طول لچکی مشخص می‌کند که وسایل نقلیه چه زمانی می‌توانند وارد خط ذخیره شوند. مقدار پیش‌فرض طول لچکی در نرم‌افزار سینکرو ۲/۵ متر است، اما باید از مقادیر اندازه‌گیری‌شده به‌صورت میدانی استفاده شود.

۱۴-۷-۱-۲- مسیر خطوط[۲]

این بخش از تنظیمات این امکان را برای کاربر فراهم می‌سازد که مسیر خطوط به سمت راست یا چپ را در تقاطع تعیین کند. این پارامتر دارای گزینه‌های چپ، راست، L-NA (چپ – بدون اضافه‌شدن) و R-NA (راست-بدون اضافه‌شدن) است. مقدار پیش‌فرض برای راست‌گرد «راست»، برای چپ‌گرد و مستقیم «چپ» و برای واگرد R-NA است.

۱۴-۷-۱-۳- ورود به تقاطع مسدودشده[۳]

این پارامتر اجتناب از قفل‌شدن تردد در مدل شبیه‌سازی را کنترل می‌کند. چهار گزینه برای مدل‌سازی تقاطع‌های مسدودشده وجود دارد: «بله»، «خیر» «۱ وسیله‌ی نقلیه» و «۲ وسیله‌ی نقلیه». مقدار پیش‌فرض برای تقاطع‌ها «خیر» و برای پیچ‌ها و شیب‌راهه‌های تقاطع غیرهمسطح «بله» است. برای رویکردها و حرکت‌هایی که سرعت زیادی دارند، از گزینه «خیر» استفاده کنید.

۱۴-۷-۱-۴- فاصله محور کمان[۴] (متر)

اگر اختلاف محور دو بازوی یک تقاطع ۱۰ متر یا کمتر داشته باشد، تنظیمات «اختلاف محور کمان» باید مورد استفاده قرار گیرد. اگر اختلاف محور دو خیابان بیشتر از ۱۰ متر باشد، هر خیابان به‌صورت کمان‌های جداگانه در نظر گرفته می‌شود.

۱۴-۷-۱-۵- عرض گذرگاه عرضی پیاده[۵] (متر)

این فاصله از خط ایست تا سمت دیگر گذرگاه عرضی پیاده اندازه‌گیری می‌شود. مقادیر پیش‌فرض در نرم‌افزار سیم‌ترافیک عبارتند از:

---

۱ Taper Length

۲ Lane Alignment

۳ Enter Blocked Intersection

۴ Link Offset

۵ Crosswalk Width

- ۴/۸ متر برای تقاطع‌های معمولی،
- ۹ متر برای چراغ‌های مخصوص پیاده/ قطعه بین دو تقاطع.

۱۴-۷-۱-۶- سرعت گردش[۱] (کیلومتر در ساعت)

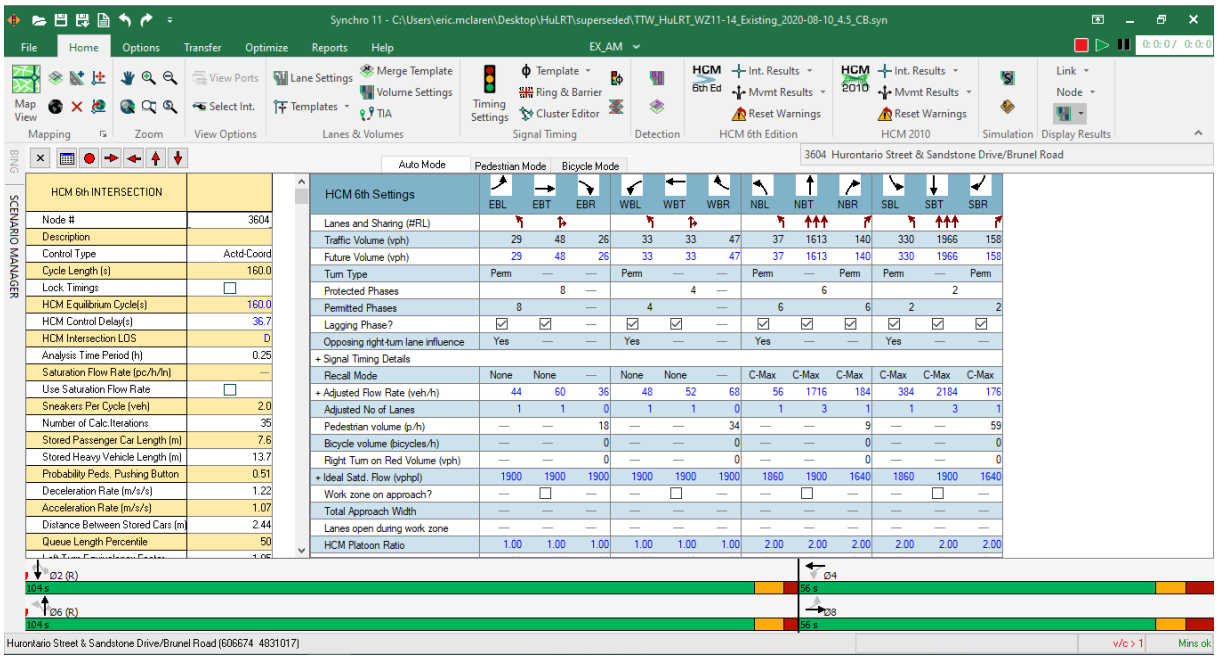
سرعت گردش پیش‌فرض برای راست‌گرد ۱۵ کیلومتر در ساعت، و برای چپ‌گرد ۲۵ کیلومتر در ساعت است. سینکرو از این اطلاعات استفاده نکرده و تنها نرم‌افزار سیم‌ترافیک از آن استفاده خواهد کرد.

۱۴-۸- تنظیمات راهنمای ظرفیت راه‌ها[۲]

اگرچه برخی مقادیر از پنجره‌های قبلی به تنظیمات راهنمای ظرفیت راه‌ها (HCM) اعمال می‌شود، ولی توصیه می‌شود که داده‌های ورودی برای تحلیل راهنمای ظرفیت راه‌ها به‌صورت مستقیم به پنجره‌ی تنظیمات راهنمای ظرفیت راه‌ها و زبانه‌های آن وارد شود. مشاور موظف است از ورود صحیح داده‌ها به پنجره‌ی تنظیمات راهنمای ظرفیت راه‌ها و زبانه‌های آن اطمینان حاصل کند.

۱۴-۸-۱- تقاطع چراغ‌دار – سواره

در شکل ۱۴-۱۳، تنظیمات چراغ راهنمایی برای وسایل نقلیه در نرم‌افزار سینکرو مشاهده می‌شود.



---

[۱] Turning Speed

[۲] Highway Capacity Manual (HCM)

شکل ۱۴-۱۳- پنجره‌ی حالت سواره

۱۴-۸-۱-۱- چرخه تعادلی[۱] (ثانیه)

این پارامتر طول چرخه را بر اساس روش راهنمای ظرفیت راه‌ها محاسبه می‌کند. در چراغ‌های هماهنگ‌شده و از پیش زمان‌بندی شده، این پارامتر برابر با طول چرخه خواهد بود. این پارامتر توسط سینکرو محاسبه می‌شود.

۱۴-۸-۱-۲- تأخیر کنترل[۲] (ثانیه)

این پارامتر تأخیر کنترل (ثانیه) را برای کل تقاطع بر اساس روش راهنمای ظرفیت راه‌ها محاسبه می‌کند. این پارامتر توسط سینکرو محاسبه می‌شود.

۱۴-۸-۱-۳- سطح خدمت تقاطع[۳]

این پارامتر سطح خدمت را برای کل تقاطع بر اساس روش راهنمای ظرفیت راه‌ها محاسبه می‌کند. تأخیر کنترل به‌تنهایی برای مشخص‌کردن سطح خدمت کل تقاطع مورداستفاده قرار می‌گیرد. این پارامتر توسط سینکرو محاسبه می‌شود.

۱۴-۸-۱-۴- نرخ جریان اشباع (خودروی سواری در ساعت در هر خط)

به‌صورت پیش‌فرض این پارامتر به‌صورت غیرقابل ویرایش نمایش داده می‌شود. اگر گزینه‌ی «استفاده از نرخ جریان اشباع[۴]» علامت خورده باشد (بخش ۱۴-۸-۱-۵-)، این مقدار برای جایگزینی نرخ جریان اشباع در همه حرکت‌های آن تقاطع قابل استفاده است. در غیر این صورت، در بخش «تنظیمات راهنمای ظرفیت راه‌ها» می‌توان «جریان اشباع ایده‌آل[۵]» را برای هر حرکت به‌صورت جداگانه تعریف کرد (بخش ۱۴-۸-۲-). نرخ جریان اشباع در بخش ۱۴-۲-۱-۸- تعریف شده است.

۱۴-۸-۱-۵- استفاده از نرخ جریان اشباع

علامت زدن این گزینه این امکان را برای کاربر فراهم می‌سازد که نرخ جریان اشباع را برای همه حرکت‌های آن تقاطع جایگزین کند (بخش۱۴-۸-۱-۴-). نرخ جریان اشباع در بخش ۱۴-۲-۱-۸- تعریف شده است.

---

[۱] Equilibrium Cycle

[۲] HCM Control Delay

[۳] HCM Intersection LOS (Level Of Service)

[۴] Use Saturation Flow Rate

[۵] Ideal Satd. Flow

۱۴-۸-۱-۶- تعداد خودروهای عبوری در بازه تخلیه در هر چرخه[۱] (تعداد وسیله‌ی نقلیه)

این پارامتر، تعداد وسایل نقلیه‌ای که در بازه‌های زمانی تخلیه‌ی (زرد + تمام قرمز) یک چرخه چراغ، اقدام به عبور از تقاطع می‌کنند را نشان می‌دهد. این مقدار با اندازه‌گیری میدانی مشخص می‌شود. دامنه مورد پذیرش این پارامتر ۲ تا ۱۰ وسیله‌ی نقلیه است، که مقادیر بیشتر از ۲ وسیله نقلیه، باید بر اساس مشاهده میدانی باشد.

۱۴-۸-۱-۷- تعداد تکرارهای محاسبه[۲]

در راهنمای ظرفیت راه‌ها، چراغ‌های راهنمایی هوشمند بر اساس تعدادی تکرارهای متوالی مورد تحلیل قرار می‌گیرند. «پاسخ» بر اساس تفاوت بین دو تکرار متوالی مشخص می‌شود. بیشینه‌ی این پارامتر ۱۰۰ و مقدار پیش‌فرض سینکرو ۳۵ است.

۱۴-۸-۱-۸- طول خودروی سواری ذخیره‌شده[۳] (متر)

این پارامتر، طول میانگین وسایل نقلیه‌ی سواری است که از جلوی سپر اولین وسیله‌ی نقلیه تا جلوی سپر دومین وسیله‌ی نقلیه اندازه‌گیری می‌شود. مقدار پیش‌فرض سینکرو ۷/۶ متر است.

۱۴-۸-۱-۹- طول وسیله‌ی نقلیه‌ی سنگین ذخیره‌شده[۴] (متر)

این پارامتر، طول میانگین وسایل نقلیه‌ی سنگین است که از جلوی سپر اولین وسیله‌ی نقلیه تا جلوی سپر دومین وسیله‌ی نقلیه اندازه‌گیری می‌شود. مقدار پیش‌فرض سینکرو ۱۳/۷ متر است.

۱۴-۸-۱-۱۰- احتمال فشار دکمه توسط پیاده‌ها[۵]

این پارامتر، احتمال فشردن دکمه را توسط پیاده‌ها در بازه‌ی زمانی «پیاده‌روی ممنوع» نشان می‌دهد. مقدار پیش‌فرض سینکرو ۰/۵۱ است.

۱۴-۸-۱-۱۱- نرخ کاهش شتاب[۶] (متر در مجذور ثانیه)

این پارامتر، نرخ میانگین کاهش شتاب را بر اساس قرمز و سبز بودن چراغ‌راهنمایی نشان می‌دهد. مقدار پیش‌فرض سینکرو ۱/۲۲ متر در مجذور ثانیه است.

---

۱ Sneakers Per Cycle

۲ Number of Calc. Iterations

۳ Stored Passenger Car Length

۴ Stored Heavy Vehicle Length

۵ Probability Peds. Pushing Button

۶ Deceleration Rate

۱۴-۸-۱-۱۲- نرخ افزایش شتاب[۱] (متر در مجذور ثانیه)

این پارامتر، نرخ میانگین افزایش شتاب را بر اساس قرمز و سبز بودن چراغ‌راهنمایی نشان می‌دهد. مقدار پیش‌فرض سینکرو ۱/۰۷ متر در مجذور ثانیه است.

۱۴-۸-۱-۱۳- فاصله‌ی بین خودروهای ذخیره‌شده[۲] (متر)

این پارامتر، میانگین فاصله‌ی نزدیک‌ترین نقاط قابل‌شناسایی بین دو وسیله‌ی نقلیه‌ی را در صف نشان می‌دهد (معادل فاصله سپر عقب ماشین جلویی تا سپر جلوی ماشین عقبی). مقدار پیش‌فرض سینکرو ۲/۴۴ متر است.

۱۴-۸-۱-۱۴- درصد طول صف[۳]

این پارامتر، طول صفی است که در گزارش ارائه می‌شود. مقدار پیش‌فرض سینکرو ۵۰ است. سایر درصدهای مورد پذیرش هشتادوپنجم، نودم و نودوپنجم هستند.

۱۴-۸-۱-۱۵- ضریب هم‌ارز چپ‌گرد[۴]

این ضریب، تعداد معادل وسایل نقلیه‌ی در حال حرکت مستقیم به‌ازای هر وسیله‌ی نقلیه‌ی چپ‌گرد، با فرض خط اختصاصی و عدم وجود حرکت‌های تداخلی است. مقدار پیش‌فرض سینکرو ۱/۰۵ است.

۱۴-۸-۱-۱۶- ضریب هم‌ارز راست‌گرد[۵]

این ضریب، تعداد معادل وسایل نقلیه‌ی در حال حرکت مستقیم به‌ازای هر وسیله‌ی نقلیه‌ی راست‌گرد، با فرض خط اختصاصی و عدم وجود حرکت‌های تداخلی است. مقدار پیش‌فرض سینکرو ۱/۱۸ است.

۱۴-۸-۱-۱۷- ضریب هم‌ارز وسایل نقلیه‌ی سنگین[۶]

این ضریب، تعداد معادل وسایل نقلیه‌ی سواری به‌ازای هر وسیله‌ی نقلیه‌ی سنگین، با فرض خط اختصاصی و عدم وجود حرکت‌های تداخلی است. مقدار پیش‌فرض سینکرو ۲ است.

---

[۱] Acceleration Rate

[۲] Distance Between Stored Cars

[۳] Queue Length Percentile

[۴] Left-Turn Equivalency Factor

[۵] Right-Turn Equivalency Factor

[۶] Heavy Vehicle Equivalency Factor

۱۴-۸-۱-۱۸- فاصله عبور بحرانی برای چپ‌گردهای مجاز[۱] (ثانیه)

این پارامتر، فاصله عبور بحرانی را برای چپ‌گردهای مجاز در تقاطع‌های چراغ‌دار نشان می‌دهد. مقدار پیش‌فرض سینکرو ۴/۵ ثانیه است.

۱۴-۸-۱-۱۹- زمان پیروی برای چپ‌گردهای اختصاصی مجاز[۲] (ثانیه)

این پارامتر، زمان پیروی را برای چپ‌گردهای مجاز از خط اختصاصی در تقاطع‌های چراغ‌دار نشان می‌دهد. مقدار پیش‌فرض سینکرو ۲/۵ ثانیه است.

۱۴-۸-۱-۲۰- زمان پیروی برای چپ‌گردهای اشتراکی مجاز[۳] (ثانیه)

این پارامتر، زمان پیروی را برای چپ‌گردهای مجاز از خط مشترک با مسیر مستقیم در تقاطع‌های چراغ‌دار نشان می‌دهد. مقدار پیش‌فرض سینکرو ۴/۵ ثانیه است.

۱۴-۸-۱-۲۱- سرعت آستانه‌ی توقف[۴] (کیلومتر بر ساعت)

این پارامتر سرعتی را نشان می‌دهد که در آن سرعت (وقتی برای اولین‌بار سرعت وسیله‌ی نقلیه کمتر از این مقدار شود) وسیله‌ی نقلیه شروع به توقف می‌کند. مقدار پیش‌فرض سینکرو ۸ کیلومتر بر ساعت است.

۱۴-۸-۱-۲۲- فاصله عبور بحرانی همگرایی[۵] (ثانیه)

این پارامتر، فاصله عبور بحرانی را برای راننده‌ای که در مسیر مستقیم می‌راند و تمایل به همگرایی در خط مجاور دارد نشان می‌دهد. مقدار پیش‌فرض سینکرو ۳/۷ ثانیه است.

۱۴-۸-۲- تقاطع چراغ‌دار- سایر موضوعات سواره

۱۴-۸-۲-۱- تأثیر خط راست‌گرد متقابل[۶]

این پارامتر، برای تنظیم ظرفیت وسایل نقلیه چپ‌گرد با در نظر گرفتن وسایل نقلیه‌ی راست‌گرد در مسیر متقابل، مورد استفاده قرار می‌گیرد. از فهرست کرکره‌ای بر اساس مشاهدات میدانی یکی از دو گزینه‌ی «بله» یا «خیر» قابل انتخاب

---

[۱] Critical Gap for Perm. Left Turn

[۲] Follow-up Time for Perm. Excl Left Turn

[۳] Follow-up Time for Shrd Left Turn

[۴] Stop Threshold Speed

[۵] Critical Merge Gap

[۶] Opposing right-turn lane influence

است. مقدار پیش‌فرض سینکرو «بله» است.

۱۴-۸-۲-۲- تنظیم زمان تلف‌شده[۱] (ثانیه)

زمان تلف‌شده، برابر است با زمان تلف‌شده‌ی شروع به حرکت منهای زمان تمدید چراغ سبز مؤثر. مقدار پیش‌فرض این پارامتر صفر است. «بیشینه‌ی تنظیم زمان تلف‌شده»، ۳ ثانیه است.

۱۴-۸-۲-۳- زمان تلف‌شده‌ی شروع به حرکت [۲] (ثانیه)

زمان تلف‌شده‌ی شروع به حرکت، معادل زمانی است که در ابتدای چراغ سبز طول می‌کشد (تلف می‌شود) تا رانندگان در صف، به چراغ سبز واکنش نشان داده و سرعت خود را به‌گونه‌ای افزایش دهند که خودروهای پشت سر آن‌ها در صف، با سرفاصله ثابت اشباع حرکت کنند. مقدار پیش‌فرض «زمان تلف‌شده شروع به حرکت»، ۲ ثانیه و «بیشینه زمان تلف‌شده شروع به حرکت»، ۱۰ ثانیه است.

۱۴-۸-۲-۴- تمدید زمان سبز مؤثر [۳] (ثانیه)

تمدید زمان سبز مؤثر، میزان زمانی است که وسایل نقلیه پس از شروع چراغ زرد، همچنان به ورود به تقاطع ادامه می‌دهند. در نرم‌افزار سینکرو این پارامتر به‌صورت خودکار به‌گونه‌ای محاسبه می‌شود که مقدار آن برابر با زمان تلف‌شده‌ی شروع به حرکت منهای زمان تلف‌شده باشد. مقدار پیش‌فرض این پارامتر ۲ ثانیه است.

۱۴-۸-۲-۵- حجم راست‌گرد در زمان قرمز بودن چراغ [۴] (تعداد وسایل نقلیه در هر ساعت)

این پارامتر، معادل حجمی وسایل نقلیه‌ای است که در زمان چراغ قرمز به چپ گردش می‌کنند. مقدار این پارامتر توسط کاربر بر اساس مشاهدات میدانی وارد می‌شود. رابطه زیر برای برآورد حجم راست‌گرد در زمان قرمز بودن چراغ، قابل استفاده است:

$$v_{RTOR} = minimum\ (s_{RTOR}, v) \times \frac{r}{C}$$

که در آن:

حجم راست‌گرد در زمان قرمز بودن چراغ	V_{RTOR}
جریان اشباع راست‌گرد در زمان قرمز بودن چراغ مطابق محاسبات سینکرو	S_{RTOR}
زمان قرمز مؤثر	r
جریان اصلاح شده در گروه خط پیش از کاهش راست‌گرد در زمان قرمز بودن چراغ	v

---

[۱] Lost Time Adjust

[۲] Start-up Lost Time

[۳] Extension of Effect. Green Time

[۴] Right Turn on Red Volume

طول چرخه C

۱۴-۸-۲-۶- وجود پارکینگ؟[۱]

مشخص‌کردن این‌که در ۷۵ متری خط ایست بازوی منتهی به تقاطع، حرکات پارک کردن وسایل نقلیه در حاشیه‌ی خیابان وجود دارد یا خیر. برای لحاظ پارک حاشیه‌ای در تحلیل‌ها، گزینه را فعال کنید. مقدار پیش‌فرض سینکرو برای این پارامتر «خیر» است.

۱۴-۸-۲-۷- حرکات پارک[۲] (تعداد در ساعت)

این پارامتر نرخ تعداد حرکت پارک مؤثر بر جریان را در هر بازوی تقاطع، مطابق مشاهدات میدانی در بازه‌ی تحلیل نشان می‌دهد. حرکت پارک مؤثر بر جریان، مستقیماً در مجاورت یک گروه حرکت و در محدوده‌ای رخ می‌دهد که از خط ایست شروع شده و تا ۷۵ متری بالادست آن ادامه می‌یابد. حرکت پارک، یعنی یک وسیله‌ی نقلیه وارد یک جای پارک شود یا از آن خارج شود. اگر بیشتر از ۱۸۰ حرکت در ساعت مشاهده شود، باید سقف عملیاتی ۱۸۰ لحاظ شود. در یک بازوی دوطرفه، شمارش تعداد حرکت پارک تنها برای سمت راست بازو (یعنی جهتی که در آن وسایل نقلیه به سمت تقاطع حرکت می‌کنند) انجام می‌شود. در یک بازوی یک‌طرفه، شمارش تعداد حرکت پارک به‌صورت جداگانه برای هر دو طرف بازو انجام می‌پذیرد. مقدار پیش‌فرض در نرم‌افزار سینکرو صفر است.

۱۴-۸-۲-۸- نرخ توقف اتوبوس‌ها[۳] (تعداد در ساعت)

نرخ توقف اتوبوس‌ها، نشان‌دهنده‌ی تعداد اتوبوس‌هایی است که در بازه‌ی زمانی تحلیل، در یک خط تا فاصله‌ی ۷۵ متری خط ایست (بالادست یا پایین‌دست) توقف کرده و جریان تردد یک گروه حرکت را مسدود می‌کنند. این توقف ممکن است قبل یا بعد از تقاطع باشد. اگر بیشتر از ۲۵۰ اتوبوس در ساعت مشاهده شد، سقف عملیاتی ۲۵۰ مورداستفاده قرار می‌گیرد. مقدار پیش‌فرض در نرم‌افزار سینکرو صفر است.

۱۴-۸-۲-۹- وجود محدوده‌ی کارگاهی در رویکرد؟[۴]

اگر به فاصله‌ی ۷۵ متر از خط ایست، در خط‌های عبوری یا در مجاورت آن‌ها محدوده‌ی کارگاهی وجود داشته باشد، این گزینه باید فعال شود. این پارامتر بخشی از راهنمای ظرفیت راه‌ها است که نرخ جریان اشباع برای محدوده‌های کارگاهی را مشخص می‌کند.

---

[۱] Parking present?

[۲] Parking Maneuvers

[۳] Bus Stopping Rate

[۴] Work Zone on Approach?

۱۴-۸-۲-۱۰- کل عرض رویکرد[۱]

اگر یک محدوده‌ی کارگاهی در رویکرد وجود داشته باشد، مجموع عرض همه خط‌های مستقیم، چپ‌گرد و راست‌گرد را در این خانه وارد نمایید.

۱۴-۸-۲-۱۱- خطوط باز در محدوده‌ی کارگاهی[۲]

اگر یک محدوده‌ی کارگاهی در رویکرد وجود داشته باشد، تعداد خط‌های مستقیم و چپ‌گردی که در هنگام عملیات کارگاهی باز هستند در این خانه وارد می‌شود. توجه شود که تعداد خط‌های راست‌گرد نباید در این پارامتر وارد شود.

۱۴-۸-۲-۱۲- نسبت حرکت دسته‌ای وسایل‌نقلیه در راهنمای ظرفیت راه‌ها[۳]

نسبت حرکت دسته‌ای وسایل نقلیه در راهنمای ظرفیت راه‌ها، کیفیت پیشروی برای ورود به فازها را نشان می‌دهد. برای چپ‌گرد در فاز مجاز، نسبت حرکت دسته‌ای وسایل نقلیه، ورود در فاز محافظت‌شده را نشان می‌دهد. برای راست‌گرد محافظت‌شده هم‌زمان با چپ‌گرد تکمیلی، نسبت حرکت دسته‌ای وسایل نقلیه، ورود در فاز مجاز راست‌گرد را نشان می‌دهد. نسبت حرکت دسته‌ای وسایل نقلیه، عددی بین ۰ تا ۲ است که به‌صورت خودکار توسط نرم‌افزار سینکرو محاسبه می‌شود.

۱۴-۸-۲-۱۳- ضرایب پالایش بالادست راهنمای ظرفیت راه‌ها[۴]

«ضریب تعدیل پالایش بالادست[۵]»، تأثیر چراغ‌راهنمایی بالادست را بر ورود وسایل نقلیه به گروه حرکت مورد نظر در محاسبات لحاظ می‌کند. این ضریب نشان می‌دهد که چراغ‌راهنمایی نصب شده در بالادست، چگونه بر تغییرات تعداد وسایل نقلیهٔ ورودی در هر چرخه چراغ، اثر می‌گذارد. با افزایش مقدار نسبت حجم به ظرفیت، این تغییرات کاهش می‌یابد، و در نتیجه تعداد دفعاتی که چرخه چراغ قادر به عبور همه جریان نیست، و تأخیر ناشی از آن، کاهش می‌یابد. ضریب تعدیل پالایش در بازه ۰/۰۹ تا ۱ تغییر می‌کند. برای یک تقاطع منفرد (که بیش از ۱ کیلومتر از نزدیک‌ترین تقاطع چراغ‌دار بالادست فاصله دارد)، مقدار ۱ مناسب است. مقدار کمتر از ۱ برای تقاطع‌هایی که منفرد نیستند مناسب است. مقدار پیش‌فرض سینکرو برابر با ۱ است.

۱۴-۸-۲-۱۴- صف اولیه [۶] (وسیله نقلیه)

به صفی که در ابتدای بازه‌ی زمانی تحلیل برای گروه حرکت وجود داشته باشد، صف اولیه می‌گویند. این صف هنگامی

---

[۱] Total Approach Width

[۲] Lanes Open during Work Zone

[۳] HCM Platoon Ratio

[۴] HCM Upstream Filtering Factors

[۵] Upstream Filtering adjustment Factor

[۶] Initial Queue

تشکیل می‌شود که جریان فوق اشباع برای مدت‌زمان طولانی ماندگار باشد. صف اولیه را می‌توان با شمارش پیوستهٔ تعداد وسیله نقلیه در صف، در سه‌چرخه‌ی متوالی پیش از بازه‌ی زمانی تحلیل برآورد کرد. کمترین مقدار شمارش‌شده در هر چرخه ثبت خواهد شد. صف اولیه‌ی برابر است با میانگین سه شمارش انجام‌شده. این برآورد نباید شامل وسایل نقلیه‌ای باشد که به‌صورت تصادفی و به دلیل نوسانات چرخه به چرخه در صف قرار گرفته‌اند. مقدار پیش‌فرض سینکرو برابر با صفر است.

۱۴-۸-۲-۱۵- در نظر گرفتن تأخیر بدون چراغ‌راهنمایی؟[۱]

اگر این گزینه فعال باشد، حجم همه راست‌گردهای مسیردهی شده با کنترل آزاد، رعایت اولویت عبور یا توقف، در محاسبات تأخیر رویکرد و تأخیر تقاطع لحاظ خواهند شد.

۱۴-۸-۲-۱۶- تأخیر در حرکت‌های بدون چراغ‌راهنمایی[۲]

در این خانه تأخیر یک حرکت بدون چراغ‌راهنمایی که در حال نزدیک‌شدن به یک تقاطع چراغ‌دار است، وارد می‌شود. سینکرو این تأخیر را محاسبه نمی‌کند، به همین دلیل باید از روش‌های دیگری مانند اندازه‌گیری میدانی یا نرم‌افزار سیم‌ترافیک اندازه‌گیری شود.

۱۴-۸-۲-۱۷- طول کمان یا طول پهلوگاه گردش[۳] (متر)

طول پهلوگاه، تقریباً معادل طول ذخیره‌ای است که در «تنظیمات خط» (بخش ۳,۱,۱۱) برای همه خطوط مخصوص گردش تنظیم شده است. طول کمان نیز برابر طول خطوط حرکت (مطابق ترسیمات بخش تنظیمات نقشه) است. نرم‌افزار سینکرو، تعدیل کوچکی (کمتر از ۵ متر) بر آن اعمال می‌کند تا تأثیر لچکی لحاظ شده باشد.

۱۴-۸-۲-۱۸- ظرفیت[۴] (تعداد وسایل نقلیه در ساعت)

این پارامتر معادل ظرفیت محاسبه‌شده برای یک گروه خط بر اساس راهنمای ظرفیت راه‌ها است. این پارامتر توسط سینکرو محاسبه می‌شود.

۱۴-۸-۲-۱۹- نسبت حجم به ظرفیت[۵]

این نسبت میزان استفاده از ظرفیت فاز توسط یک گروه خط را به صوت کمی نشان می‌دهد. به‌صورت کلی نسبت حجم

---

[۱] Include Unsignalized Delay?

[۲] Unsignalized Movement Delay

[۳] Turn Bay or Segment Length

[۴] HCM 6th Edition Capacity

[۵] HCM Volume/Capacity

به ظرفیت بیشتر از ۱، شاخصی از شکست واقعی یا بالقوه‌ی سیستم است. این پارامتر توسط سینکرو محاسبه می‌شود.

۱۴-۸-۲-۲۰- تأخیر گروه خط[۱] (ثانیه بر تعداد وسایل نقلیه)

این پارامتر معادل تأخیر کنترل (ثانیه) برای یک گروه خط است. تأخیر محاسبه‌شده، میانگین تأخیر کنترل تجربه‌شده توسط همه وسایل نقلیه‌ای است که در بازه‌ی تحلیل به تقاطع می‌رسند. تأخیر کنترل یک گروه خط، مجموع تأخیر یکنواخت، تأخیر تدریجی و تأخیر صف اولیه است. این پارامتر توسط سینکرو محاسبه می‌شود.

۱۴-۸-۲-۲۱- سطح خدمت گروه خط[۲]

این پارامتر، سطح خدمت برای یک گروه خط و شاخصی از رضایت عمومی رانندگان از مقدار تأخیر است. به‌منظور تعریف سطح خدمت برای یک خط، از تأخیر کنترل و نسبت حجم به ظرفیت استفاده می‌شود. این پارامتر توسط سینکرو محاسبه می‌شود.

۱۴-۸-۲-۲۲- تأخیر رویکرد[۳] (ثانیه بر تعداد وسایل نقلیه)

این پارامتر، تأخیر کنترل (ثانیه) محاسبه‌شده برای یک رویکرد است. این پارامتر توسط سینکرو محاسبه می‌شود.

۱۴-۸-۲-۲۳- سطح خدمت رویکرد[۴]

این پارامتر، سطح خدمت برای یک رویکرد و شاخصی از رضایت عمومی رانندگان از مقدار تأخیر است. به‌منظور تعریف سطح خدمت برای یک رویکرد، از تأخیر کنترل و نسبت حجم به ظرفیت استفاده می‌شود. این پارامتر توسط سینکرو محاسبه می‌شود.

۱۴-۸-۳- تقاطع چراغ‌دار –پیاده

در شکل ۱۴-۱۴، تنظیمات چراغ راهنمایی برای پیاده‌ها در نرم‌افزار سینکرو مشاهده می‌شود.

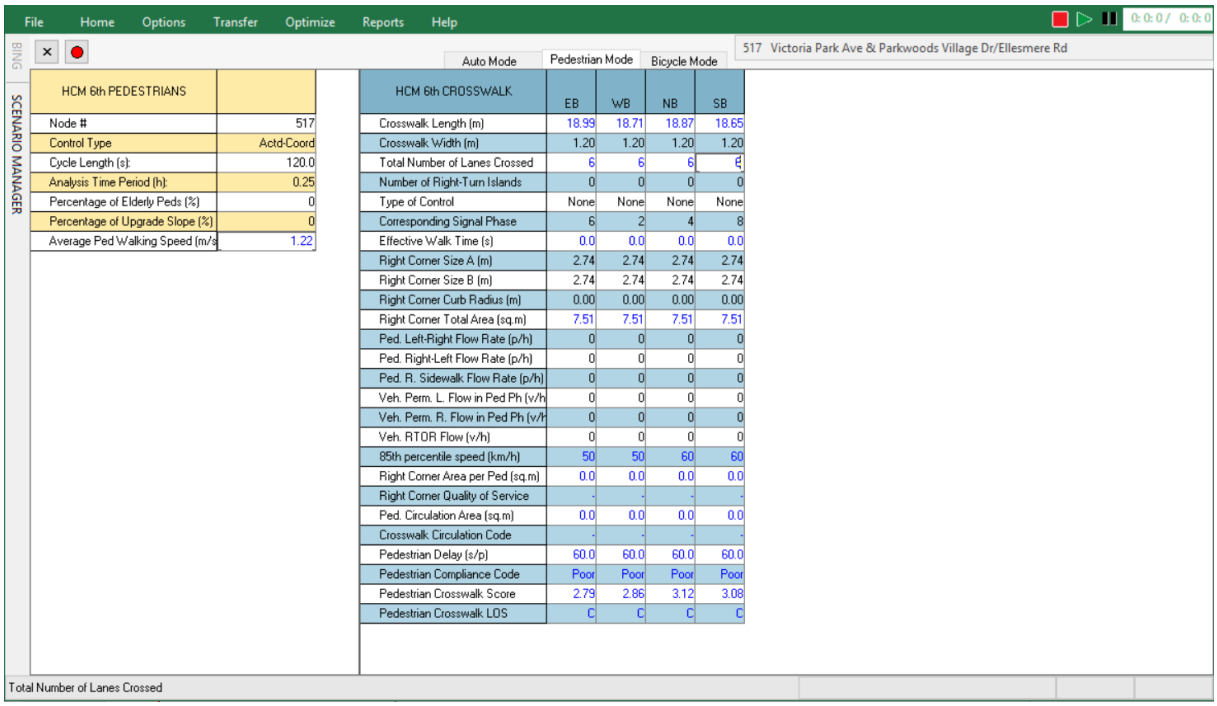
---

[۱] HCM Lane Group Delays

[۲] HCM Lane Group LOS

[۳] HCM Approach Delay

[۴] HCM Approach LOS



شکل ۱۴-۱۴- پنجره‌ی حالت پیاده

۱۴-۸-۳-۱- درصد پیاده‌های مسن[۱] (٪)

درصد پیاده‌های مسن در تقاطع مورد مطالعه را وارد کنید. در نبود اطلاعات میدانی، مقدار ۵ به‌عنوان پیش‌فرض در نظر گرفته شود. این مقدار از داده‌های سرشماری عمومی سال ۱۳۹۵ استخراج شده که نشان می‌دهد حدود ۱۰٪ جمعیت شهری بیش از ۶۵ سال سن دارند.

۱۴-۸-۳-۲- درصد شیب سربالایی[۲] (٪)

میانگین درصد شیب سربالایی در گذرگاه عرضی پیاده در تقاطع مورد نظر باید وارد شود. مقدار پیش‌فرض سینکرو صفر است.

۱۴-۸-۳-۳- میانگین سرعت پیاده‌روی[۳] (متر در ثانیه)

باید از میانگین سرعت پیاده‌روی ۱ متر در ثانیه استفاده شود. اگر اطلاعات میدانی موجود باشد، از مقادیر زیر استفاده شود:

- ۰/۹ متر در ثانیه: اگر دست‌کم ۲۰٪ پیاده‌های عبوری از تقاطع چراغ‌دار، مسن (۶۵ سال یا بیشتر) هستند،
- ۰/۸ متر در ثانیه: اگر دست‌کم ۲۰٪ پیاده‌های عبوری از تقاطع چراغ‌دار، از تجهیزات کمکی برای پیاده‌روی

---

[۱] Percentage of Elderly Peds

[۲] Percentage of Upgrade Slope

[۳] Average Ped Walking Speed

استفاده می‌کنند.

۱۴-۸-۴- تقاطع چراغ‌دار- گذرگاه عرضی پیاده

۱۴-۸-۴-۱- طول گذرگاه عرضی پیاده[۱] (متر)

طول گذرگاه عرضی پیاده از یک لبه‌ی بیرونی معبر (یا جدول پیاده‌رو) تا لبه‌ی بیرونی دیگر آن در راستای مسیر حرکت پیاده‌ها اندازه‌گیری می‌شود. این اندازه‌گیری در مرکز گذرگاه انجام می‌شود. مقدار این پارامتر به‌صورت خودکار بر اساس عرض خط محاسبه می‌شود، اما در صورت وجود داده‌های میدانی، مقدار آن باید با مقدار اندازه‌گیری‌شده جایگزین شود.

۱۴-۸-۴-۲- عرض گذرگاه عرضی پیاده[۲] (متر)

عرض گذرگاه عرضی پیاده، همان عرض مؤثر است. جز در مواردی‌که محدودیت مشخصی برای عرض وجود داشته باشد، عرض مؤثر گذرگاه برابر با عرض فیزیکی آن خواهد بود. مثال‌هایی از این محدودیت‌ها، ورود همیشگی وسایل نقلیه به حریم گذرگاه پیاده یا وجود یک مانع (یک چراغ‌راهنمایی یا بریدگی با عرض کم در جدول میانی) در میانه‌ی فضای عبور پیاده‌ها است. توصیه می‌شود از مقدار پیش‌فرض ۳ متر استفاده شود.

۱۴-۸-۴-۳- تعداد خط‌های عبوری[۳] (تعداد)

مجموع خط‌های وسایل نقلیه که توسط پیاده برای گذر از خیابان طی می‌شود. مقدار این پارامتر به‌صورت خودکار بر اساس هندسه‌ی تقاطع توسط سینکرو تعیین می‌شود و نباید مقدار آن را تغییر داد.

۱۴-۸-۴-۴- تعداد جزیره‌های راست‌گرد[۴] (تعداد)

تعداد جزیره‌های راست‌گرد موجود در رویکرد است. می‌توان مقداری بین صفر تا ۲ را در این خانه وارد کرد. مقدار پیش‌فرض سینکرو صفر است.

۱۴-۸-۴-۵- نوع کنترل[۵]

نوع کنترل چراغ‌راهنمایی پیاده‌ها در آن رویکرد است. گزینه‌های «هیچ»، «هوشمند»، «پیش‌زمان‌بندی شده»، «هوشمند به‌علاوه‌ی استراحت در پیاده‌روی» و «بدون چراغ» برای این پارامتر قابل انتخاب هستند. مقدار پیش‌فرض

---

[۱] Crosswalk Length

[۲] Crosswalk Width

[۳] Numbers of Lanes Crossed

[۴] Number of Right-Turn Islands

[۵] Type of Control

سینکرو «هیچ» است.

۱۴-۸-۴-۶- فاز مربوط در چراغ‌راهنمایی[۱]

فاز چراغ‌راهنمایی مربوط به حرکت پیاده‌ها است که با طرح زمان‌بندی چراغ‌راهنمایی آن تقاطع مطابقت داده شده است. نرم‌افزار سینکرو به‌صورت خودکار بر اساس زمان‌بندی معمول، حرکت مربوط را انتخاب می‌کند.

۱۴-۸-۴-۷- زمان مؤثر پیاده‌روی[۲] (ثانیه)

در تقاطع‌های چراغ‌دار، در ثانیه‌های ابتدایی بازه‌ی زمانی تخلیه‌ی تقاطع توسط پیاده‌ها، هنوز هم پیاده‌ها وارد تقاطع خواهند شد. این رفتار، زمان مؤثر پیاده‌روی را برای پیاده‌ها افزایش می‌دهد. یک برآورد محافظه‌کارانه از این زمان اضافی برای پیاده‌روی ۴ ثانیه است. مقدار غیرصفر برای این پارامتر به معنای وجود پیاده‌هایی است که در هنگام قرمز بودن چراغ هم وارد تقاطع می‌شوند. مقدار پیش‌فرض سینکرو صفر است.

۱۴-۸-۴-۸- اندازه‌های A و B در گوشه‌ی راست[۳] (متر)

این پارامترها نشان‌دهنده عرض ناحیه‌ی انتظار پیاده‌ها در گوشه‌ای از تقاطع هستند .ضلع A در جهت گذرگاه عرضی پیاده در خیابان اصلی اندازه‌گیری می‌شود. ضلع B در جهت گذرگاه عرضی پیاده در خیابان فرعی اندازه‌گیری می‌شود. مقدار پیش‌فرض در سینکرو برابر با ۲/۷۴ متر است.

۱۴-۸-۴-۹- شعاع پیاده‌روی گوشه‌ی راست[۴] (متر)

این پارامتر شعاع گوشه‌ی جدول موجود در ناحیه‌ی انتظار پیاده‌ها را نشان می‌دهد. این پارامتر به‌صورت میدانی اندازه‌گیری شده یا از نقشه‌های طراحی به دست می‌آید. سینکرو از مقدار پیش‌فرض صفر استفاده می‌کند.

۱۴-۸-۴-۱۰- مساحت کل گوشه‌ی راست[۵] (مترمربع)

این پارامتر مساحت کل ناحیه‌ی انتظار پیاده‌ها را نشان می‌دهد. سینکرو بر اساس ورودی‌های کاربر (بخش‌های ۱۴-۸-۴-۸- و ۱۴-۸-۴-۹-) به‌صورت خودکار این پارامتر را محاسبه می‌کند.

---

[۱] Corresponding Signal Phase

[۲] Effective Walk Time

[۳] Right Corner Size A & B

[۴] Right Corner Curb Radius

[۵] Right Corner Total Area

۱۴-۸-۴-۱۱- نرخ جریان چپ به راست پیاده‌ها[۱] (پیاده در ساعت)

این پارامتر نرخ جریان پیاده‌ها از چپ به راست (از نمای رویکرد منتهی به آن گذرگاه) را نشان می‌دهد. جهت، مطابق با دید خودروهایی که به تقاطع نزدیک می‌شوند، تعیین می‌شود. معمولاً این پارامتر به‌صورت میدانی اندازه‌گیری می‌شود. بدون داشتن داده‌های میدانی یا مشاهدات میدانی باید فرض کرد که نرخ جریان برای هر دو جهت یکسان است (نرخ جریان چپ به راست برابر با نرخ جریان راست به چپ و معادل نیمی از حجم کل گذرگاه پیاده‌ها است).

۱۴-۸-۴-۱۲- نرخ جریان راست به چپ پیاده‌ها[۲] (پیاده در ساعت)

این پارامتر نرخ جریان پیاده‌ها از راست به چپ (از نمای رویکرد منتهی به آن گذرگاه) را نشان می‌دهد. جهت، مطابق با دید خودروهایی که به تقاطع نزدیک می‌شوند، تعیین می‌شود. معمولاً این پارامتر به‌صورت میدانی اندازه‌گیری می‌شود. بدون داشتن داده‌های میدانی یا مشاهدات میدانی باید فرض کرد که نرخ جریان برای هر دو جهت یکسان است (نرخ جریان چپ به راست برابر با نرخ جریان راست به چپ و معادل نیمی از حجم کل گذرگاه پیاده‌ها است).

۱۴-۸-۴-۱۳- نرخ جریان پیاده در پیاده‌روی سمت راست[۳] (پیاده در ساعت)

این پارامتر، نرخ جریان پیاده‌ها در پیاده‌روی سمت راست است که قصد عبور از گذرگاه عرضی پیاده در تقاطع مورد تحلیل را ندارند. این مقدار به‌صورت میدانی اندازه‌گیری می‌شود.

۱۴-۸-۴-۱۴- وسایل نقلیه‌ی مجاز به چپ‌گرد در گذرگاه پیاده[۴] (وسایل نقلیه در ساعت)

این پارامتر، نرخ جریان تقاضای چپ‌گرد مجاز بر حسب تعداد وسایل نقلیه در هر ساعت است. مقدار این پارامتر برابر با نرخ جریان چپ‌گرد در هر ساعت نبوده و تنها محدود به گردش‌های مجاز است. این مقدار به‌صورت میدانی اندازه‌گیری می‌شود.

۱۴-۸-۴-۱۵- وسایل نقلیه‌ی مجاز به راست‌گرد در گذرگاه پیاده[۵] (وسایل نقلیه در ساعت)

این پارامتر، نرخ جریان تقاضای راست‌گرد مجاز بر حسب تعداد وسایل نقلیه در هر ساعت است. مقدار این پارامتر برابر با نرخ جریان مجاز به راست‌گرد شامل گردش‌به‌راست در زمان چراغ قرمز است. این مقدار به‌صورت میدانی اندازه‌گیری می‌شود.

---

[۱] Ped Left-Right Flow Rate

[۲] Ped Right-Left Flow Rate

[۳] Ped R Sidewalk Flow Rate

[۴] Veh Perm L Flow in Ped Ph

[۵] Veh Perm R Flow in Ped Ph

۱۴-۸-۴-۱۶- جریان گردش‌به‌راست در زمان چراغ قرمز[۱] (وسایل نقلیه در ساعت)

این پارامتر، نرخ جریان راست‌گرد در هنگام قرمز بودن چراغ بر حسب تعداد وسیله‌ی نقلیه در ساعت است. این پارامتر، نرخ جریانی است که قصد راست‌گرد داشته، اما برای قطع گذرگاه پیاده، باید منتظر اجازه پیاده‌ها باشد. این مقدار به‌صورت میدانی اندازه‌گیری می‌شود.

۱۴-۸-۴-۱۷- سرعت ۸۵ درصد[۲] (کیلومتر بر ساعت)

این پارامتر، سرعت هشتادوپنج درصد در موقعیت میانی یک خیابان اصلی/ فرعی بر حسب کیلومتر بر ساعت است. نرم‌افزار سینکرو فرض می‌کند که این پارامتر برابر با سرعت کمان تعریف‌شده در بخش ۱۴-۲-۱-۶- است.

۱۴-۸-۴-۱۸- مساحت گوشه‌ی راست به‌ازای هر پیاده[۳] (مترمربع)

این پارامتر، نشان‌دهنده‌ی مساحت ناحیه‌ی حرکت پیاده‌ها در گوشه‌ی سمت راست گذرگاه عرضی پیاده است. نرم‌افزار سینکرو به‌صورت خودکار بر اساس ورودی‌هایی که قبلاً دریافت کرده این پارامتر را محاسبه می‌کند و نباید مقدار آن را تغییر داد.

۱۴-۸-۴-۱۹- کیفیت خدمات گوشه‌ی راست[۴]

این پارامتر، برابر با سطح خدمت برای پیاده‌ها در گذرگاه عرضی پیاده است. مقدار این پارامتر به‌صورت خودکار توسط سینکرو محاسبه خواهد شد.

۱۴-۸-۴-۲۰- مساحت ناحیه‌ی حرکت گذرگاه عرضی پیاده‌ها[۵] (مترمربع)

این پارامتر، برابر با مساحت ناحیه‌ی حرکت در گذرگاه عرضی پیاده به‌ازای هر پیاده است. سینکرو به‌صورت خودکار بر اساس ورودی‌هایی که قبلاً دریافت کرده این پارامتر را محاسبه می‌کند و نباید مقدار آن را تغییر داد.

۱۴-۸-۴-۲۱- تأخیر پیاده‌ها[۶] (ثانیه بر پیاده)

این پارامتر، برابر تأخیر پیاده‌ها بر حسب ثانیه به ازای هر پیاده است. سینکرو این پارامتر را محاسبه خواهد کرد.

---

[۱] Veh RTOR Flow

[۲] 85th Percentile Speed

[۳] Right Corner Area per Ped

[۴] Right Corner Quality of Service

[۵] Crosswalk Circulation Area

[۶] Pedestrian Delay

۱۴-۸-۴-۲۲- کد انطباق پیاده‌ها[۱]

سینکرو این پارامتر را محاسبه خواهد کرد.

۱۴-۸-۴-۲۳- امتیاز گذرگاه عرضی پیاده[۲]

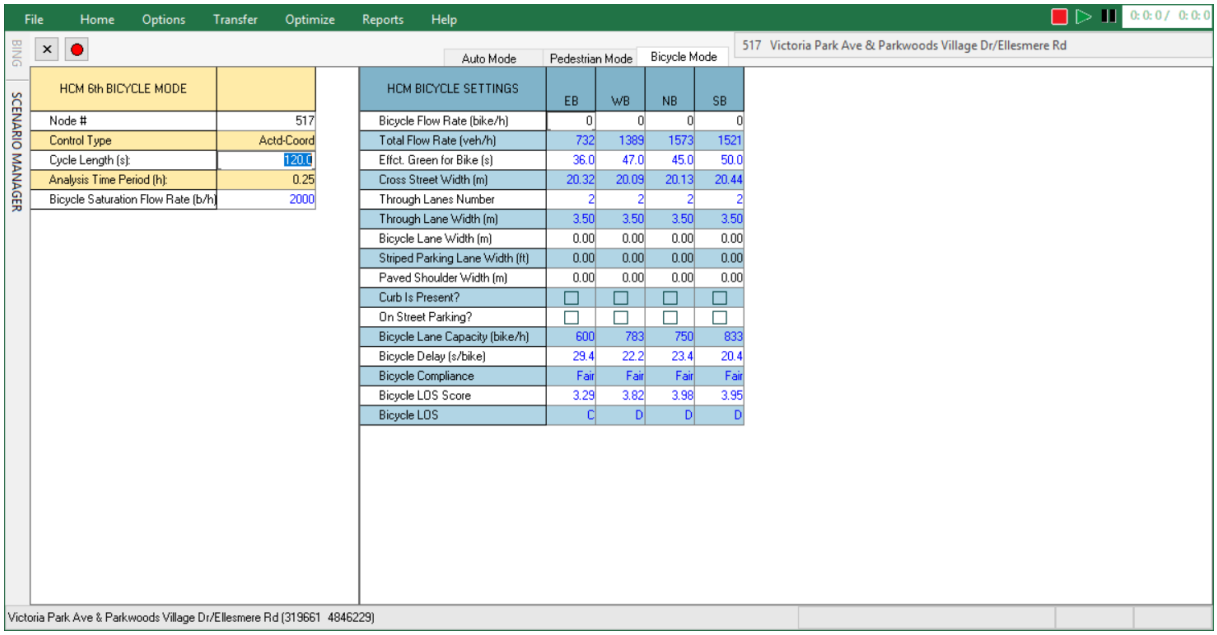
امتیاز سطح خدمت پیاده‌ها برای تقاطع توسط سینکرو محاسبه خواهد شد.

۱۴-۸-۴-۲۴- سطح خدمت گذرگاه عرضی پیاده[۳]

تأخیر پیاده‌ها برابر با میانگین زمان انتظار آن‌ها برای یک فرصت قانونی برای گذر از عرض یک بازوی تقاطع است. امتیاز سطح خدمت، شاخصی از تصور معمول پیاده‌ها از تجربه‌ی کلی عبور از عرض خیابان است. سینکرو این پارامتر را محاسبه خواهد کرد.

۱۴-۸-۵- تقاطع چراغ‌دار – دوچرخه

در شکل ۱۴–۱۵، تنظیمات چراغ راهنمایی برای دوچرخه در نرم‌افزار سینکرو مشاهده می‌شود.



شکل ۱۴–۱۵- پنجره‌ی حالت دوچرخه

---

[۱] Pedestrian Compliance Code

[۲] Pedestrian Crosswalk Score

[۳] Pedestrian Crosswalk

۱۴-۸-۵-۱- نرخ جریان اشباع دوچرخه[۱] (دوچرخه در ساعت)

این پارامتر بیشینه‌ی نرخ جریان دوچرخه است که در خط ایست در حین سبز بودن چراغ‌راهنمایی اندازه‌گیری شده باشد. توصیه می‌شود نرخ جریان اشباع از طریق مشاهدات میدانی به دست آید. در نبود داده‌های میدانی، می‌توان از مقدار پیش‌فرض سینکرو برای نرخ جریان اشباع دوچرخه، معادل ۲،۰۰۰ دوچرخه در ساعت استفاده کرد.

۱۴-۸-۶- تقاطع چراغ‌دار – تنظیمات دوچرخه

۱۴-۸-۶-۱- نرخ جریان دوچرخه[۲] (دوچرخه در ساعت)

نرخ جریان دوچرخه، عبارت است از تعداد دوچرخه‌هایی که مسیر حرکت آن‌ها در بازه‌ی زمانی تحلیل، توسط وسایل نقلیه‌ای که قصد راست‌گرد از رویکرد مورد نظر را دارند، قطع شده است. این پارامتر باید به‌صورت میدانی اندازه‌گیری شود.

۱۴-۸-۶-۲- عرض خیابان متقاطع[۳] (متر)

عرض خیابان، برابر است با عرض خیابان متقاطع، که در راستای خط مستقیم وسایل نقلیه در رویکرد مورد نظر، بین دو جدول دو طرف خیابان متقاطع اندازه‌گیری می‌شود. این پارامتر بر اساس ورودی‌های قبلی توسط سینکرو محاسبه می‌شود، اما می‌توان مقدار آن را بر اساس مشاهدات میدانی تغییر داد.

۱۴-۸-۶-۳- عرض خط دوچرخه[۴] (متر)

این پارامتر مربوط به خط اختصاصی دوچرخه در مجاورت خط کناری است. سینکرو مقادیر بین صفر (اگر خط دوچرخه وجود نداشته باشد) و ۲/۵۵ متر را می‌پذیرد. این پارامتر باید به‌صورت میدانی اندازه‌گیری شود.

۱۴-۸-۶-۴- عرض خط پارک خط‌کشی‌شده[۵] (متر)

این پارامتر، معادل عرض خط پارک خط‌کشی‌شده در خیابان (در صورت وجود) است. سینکرو مقادیر بین صفر (اگر خط پارک وجود نداشته باشد) و ۱۰ متر را می‌پذیرد. این پارامتر باید به‌صورت میدانی اندازه‌گیری شود.

---

[۱] Bicycle Saturation Flow Rate

[۲] Bicycle Flow rate

[۳] Bicycle Lane Width

[۴] Striped Parking Lane Width

[۵] Paved Shoulder Width

۱۴-۸-۶-۵- عرض شانه روسازی شده[۱] (متر)

این پارامتر، عرض شانه روسازی شده کناری مجاور خط دوچرخه یا بیرونی‌ترین خط وسایل نقلیه است. در صورت وجود جدول، عرض شانه از سطح جدول اندازه‌گیری می‌شود. سینکرو مقادیر بین صفر (اگر خط دوچرخه وجود نداشته باشد) و ۲/۵۵ متر را می‌پذیرد. این پارامتر باید به‌صورت میدانی اندازه‌گیری شود.

۱۴-۸-۶-۶- وجود جدول؟[۲]

فعال کردن این گزینه، به این معناست که جدول وجود داشته و در غیر این صورت، یعنی جدولی در خیابان وجود ندارد. مقدار پیش‌فرض سینکرو «نه» است.

۱۴-۸-۶-۷- امکان پارک در حاشیه‌ی خیابان؟[۳]

فعال کردن این گزینه، به این معناست که امکان پارک وجود داشته و در غیر این صورت، یعنی امکان پارک در خیابان وجود ندارد. مقدار پیش‌فرض سینکرو «نه» است.

۱۴-۸-۶-۸- ظرفیت خط دوچرخه[۴] (دوچرخه در ساعت)

این پارامتر، با استفاده از ورودی‌های قبلی توسط سینکرو محاسبه خواهد شد. نتایج محاسبه‌شده نباید تغییر داده شوند.

۱۴-۸-۶-۹- تأخیر دوچرخه[۵] (ثانیه به‌ازای هر دوچرخه)

این پارامتر توسط سینکرو با استفاده از ورودی‌های محاسبه خواهد شد. این پارامتر نشان‌دهنده‌ی تأخیر تجربه‌شده توسط هر دوچرخه است. نتایج محاسبه‌شده نباید تغییر داده شوند.

۱۴-۸-۶-۱۰- انطباق دوچرخه[۶]

این پارامتر کد انطباق دوچرخه با مقررات را نشان می‌دهد. سینکرو این پارامتر را محاسبه می‌کند.

۱۴-۸-۶-۱۱- امتیاز سطح خدمت دوچرخه[۷]

امتیاز سطح خدمت دوچرخه برای هر تقاطع محاسبه می‌شود. سینکرو این پارامتر را محاسبه می‌کند.

---

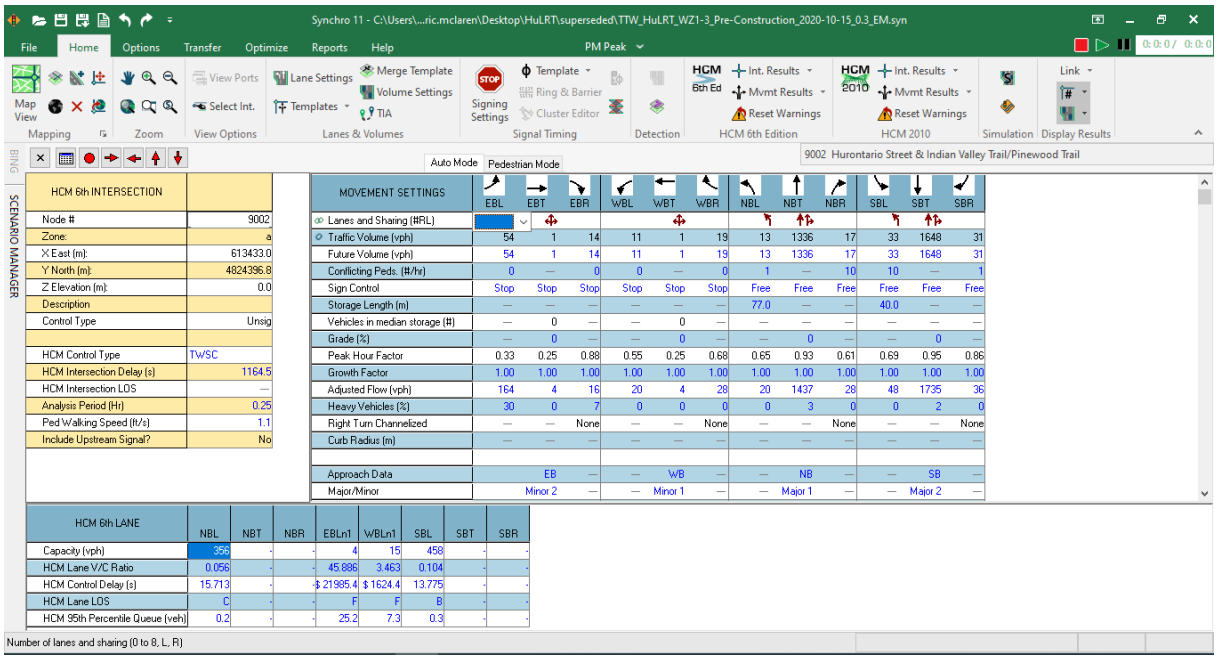
[۱] Curb is Present?
[۲] On Street Parking?
[۳] Bicycle Lane Capacity
[۴] Bicycle Delay
[۵] Bicycle Delay
[۶] Bicycle Compliance
[۷] Bicycle LOS Score

۱۴-۸-۶-۱۲- سطح خدمت دوچرخه[۱]

امتیاز سطح خدمت، شاخصی از تصور معمول دوچرخه‌سواران از تجربه‌ی عبور از خیابان است. سینکرو این پارامتر را محاسبه می‌کند.

۱۴-۸-۷- تقاطع با کنترل توقف دوطرفه[۲] – سواره

در شکل ۱۴-۱۶، تنظیمات تقاطع با کنترل توقف دوطرفه برای وسایل نقلیه در نرم‌افزار سینکرو مشاهده می‌شود. تقاطع با کنترل دوطرفه، در واقع تقاطع یک خیابان اصلی با خیابان فرعی است که در آن، خودروهای خیابان فرعی باید به‌طور کامل در تقاطع متوقف شده و در صورت نبود خودرو در خیابان اصلی، به مسیر خود ادامه دهند.



شکل ۱۴-۱۶- پنجره‌ی تنظیمات کنترل دوطرفه - حالت وسیله نقلیه

۱۴-۸-۷-۱- نوع کنترل[۳]

این پارامتر باید TWSC باشد، یعنی از روش تقاطع با کنترل توقف دوطرفه استفاده شود.

۱۴-۸-۷-۲- تأخیر تقاطع[۴] (ثانیه)

این پارامتر معادل کل تأخیر کنترل تقاطع به‌ازای هر وسیله‌ی نقلیه است. لازم به ذکر است که تردد مستقیم خیابان

---

۱ Bicycle LOS

۲ Two-way Stop Control (TWSC) Intersections

۳ HCM Control Type

۴ HCM Intersection Delay

اصلی در این محاسبات لحاظ نمی‌شود، زیرا فرض شده که تأخیر این جریان برابر با صفر باشد. سینکرو این پارامتر را محاسبه می‌کند.

۱۴-۸-۷-۳- سطح خدمت تقاطع[۱]

ازآنجاکه تردد در راستای خیابان اصلی، تردد آزاد در نظر گرفته شده و در نتیجه تأخیری را تجربه نخواهد کرد، سطح خدمت تقاطع محاسبه نمی‌شود. سینکرو این پارامتر را محاسبه می‌کند.

۱۴-۸-۷-۴- سرعت پیاده‌روی[۲] (متر بر ثانیه)

این پارامتر، سرعت پیاده‌روی پیاده‌هایی است که در محاسبات توقف دوطرفه مورداستفاده قرار می‌گیرد. سرعت پیاده‌روی باید مطابق حدودی باشد که در بخش ۶،۱،۷ بیان شد. مقدار پیش‌فرض سینکرو ۱/۰۵ متر در ثانیه است.

۱۴-۸-۷-۵- در نظر گرفتن چراغ‌راهنمایی بالادست؟[۳]

اگر مقرر نشده که محاسبات تحت تأثیر وجود یک چراغ‌راهنمایی در بالادست انجام پذیرد، گزینه‌ی «خیر» انتخاب می‌شود. اگر مقرر شده که محاسبات تحت تأثیر وجود یک چراغ‌راهنمایی در بالادست انجام پذیرد، گزینه‌ی «بله» انتخاب می‌شود. محاسبات بر اساس حرکت دسته‌ای تردد از تقاطع چراغ‌دار بالادست، اصلاح می‌شود. معمولاً باید گزینه‌ی «بله» انتخاب شود، اما مقدار پیش‌فرض سینکرو «خیر» است.

۱۴-۸-۸- تقاطع با کنترل توقف دوطرفه - تنظیمات حرکت‌ها[۴]

۱۴-۸-۸-۱- تعداد وسایل نقلیه در فضای ذخیره‌ی میانه[۵] (تعداد)

اگر خیابان اصلی دارای میانهٔ عریضی باشد، که چپ‌گرد خیابان فرعی، از آن به‌عنوان فضای ذخیره برای چپ‌گرد دومرحله‌ای خود استفاده کند، تعداد وسایل نقلیه‌ای (۱ یا ۲ وسیله) را که در هنگام چپ‌گرد در میانه توقف می‌کنند، در این خانه وارد کنید. مقدار پیش‌فرض سینکرو ۰ است.

۱۴-۸-۸-۲- اصلی/ فرعی[۶]

هر رویکرد، برچسبی دارد که بر اساس آن، اصلی یا فرعی بودن خیابان مشخص می‌شود. سینکرو به‌صورت خودکار بر

---

۱ HCM Intersection LOS

۲ Ped Walking Speed

۳ Include Upstream Signal?

۴ Movement Settings

۵ Vehicle in Median Storage

۶ Major/Minor

اساس موقعیت نصب علائم توقف، اصلی یا فرعی بودن را به هر رویکرد اختصاص می‌دهد.

۱۴-۸-۸-۳- نرخ جریان تداخلی- همه[۱]

این پارامتر، کل نرخ جریان تداخلی بر اساس عبور از خیابان اصلی در یک یا دو مرحله/حرکت است. وقتی عرض خیابان اصلی کم است (مثلاً دوخطه)، وسیله نقلیه می‌تواند کل عرض خیابان اصلی را در یک مرحله و بدون توقف در وسط آن طی کند. وقتی عرض خیابان اصلی زیاد است (مثلاً ۴ یا ۶ خط با میانه)، وسیله نقلیه ابتدا در مرحله اول، نیمه اول خیابان را طی می‌کند (مثلاً تا میانه) و در جزیره میانه/ فضای بین خطوط دو جهت توقف می‌کند، سپس در مرحله دوم، نیمه‌ی دیگر خیابان اصلی را طی می‌کند. سینکرو این پارامتر را محاسبه می‌کند.

۱۴-۸-۸-۴- سرفاصله‌ی بحرانی[۲] (ثانیه)

این پارامتر، سرفاصله‌ی بحرانی برای وسیله نقلیه‌ی عبوری از عرض معبر است که حرکت خود را در یک مرحله به اتمام می‌رساند. مقدار پیش‌فرض سینکرو را نباید تغییر داد، مگر اینکه سرفاصله به‌صورت میدانی برداشت شده باشد. مقدار پیش‌فرض سینکرو، بسته به نوع گردش تغییر می‌کند.

۱۴-۸-۸-۵- سرفاصله‌ی بحرانی مرحله‌ی ۱[۳] (ثانیه)

این پارامتر، اولین سرفاصله‌ی بحرانی برای وسیله نقلیه‌ی عبوری از عرض معبر است که حرکت خود را در دو مرحله به اتمام می‌رساند. مقدار پیش‌فرض سینکرو را نباید تغییر داد، مگر اینکه سرفاصله به‌صورت میدانی برداشت شده باشد. مقدار پیش‌فرض سینکرو، بسته به نوع گردش تغییر می‌کند.

۱۴-۸-۸-۶- سرفاصله‌ی طولی مرحله‌ی ۲[۴] (ثانیه)

این پارامتر، دومین سرفاصله‌ی بحرانی برای وسیله نقلیه‌ی عبوری از عرض معبر است که حرکت خود را در دو مرحله به اتمام می‌رساند. مقدار پیش‌فرض سینکرو را نباید تغییر داد؛ مگر اینکه سرفاصله به‌صورت میدانی برداشت شده باشد. مقدار پیش‌فرض سینکرو، بسته به نوع گردش تغییر می‌کند.

۱۴-۸-۸-۷- سرفاصله‌ی پیروی[۵] (ثانیه)

این پارامتر، برابر است با فاصله زمانی بین عزیمت اولین وسیله‌ی نقلیه از خیابان فرعی و عزیمت وسیله‌ی نقلیه‌ی بعدی

---

[۱] Conflicting Flow Rate - All

[۲] Critical Headway

[۳] Critical Headway Stage 1

[۴] Critical Headway Stage 2

[۵] Follow-up Headway

با استفاده از همان سرفاصله‌ی خیابان اصلی، در شرایط وجود صف پیوسته در خیابان فرعی. مقدار پیش‌فرض سینکرو، بسته به نوع گردش تغییر می‌کند.

۱۴-۸-۸-۸- ظرفیت بالقوه برای ۱ حرکت[۱] (ثانیه)

سینکرو این پارامتر را محاسبه می‌کند.

۱۴-۸-۸-۹- زمان مسدودشده توسط دسته وسایل نقلیه[۲] (٪)

این پارامتر در صورتی محاسبه می‌شود که یک تقاطع چراغ‌دار در یک کیلومتری بالادست یا پایین‌دست تقاطع کنترل توقف دوطرفه وجود داشته باشد. مقدار این پارامتر بر اساس فاز مرجع و اختلاف فاز تقاطع‌های چراغ‌دار تعیین می‌شود. سینکرو این پارامتر را محاسبه می‌کند.

۱۴-۸-۸-۱۰- ظرفیت حرکت برای مرحله ۱ و ۲[۳]

این پارامترها ظرفیت حرکت یک یا دو مرحله‌ای وسایل نقلیه‌ی عبوری از عرض خیابان است. ضرایب تصحیح متعددی که اثرات حرکت‌های رده‌بالاتر را بر ظرفیت لحاظ می‌کنند، در این پارامترها گنجانده شده‌اند. سینکرو این پارامترها را محاسبه می‌کند.

۱۴-۸-۸-۱۱- تأخیر کنترل رویکرد[۴]

این پارامتر، میانگین تأخیر کنترل به‌ازای هر وسیله‌ی نقلیه در رویکرد است.

۱۴-۸-۸-۱۲- سطح خدمت رویکرد[۵]

سطح خدمت، بر اساس جدول راهنمای ظرفیت راه‌ها و میانگین تأخیر کنترل رویکرد تعیین می‌شود.

---

[۱] Potential Capacity-1 Maneuver

[۲] Time Blocked by Platoon

[۳] Movement Capacity – 1 & 2 Maneuvers

[۴] HCM Approach Control Delay

[۵] HCM Approach LOS

۱۴-۸-۹- تقاطع با کنترل توقف دوطرفه -خط[۱]

۱۴-۸-۹-۱- ظرفیت[۲] (تعداد وسیله نقلیه در ساعت)

این پارامتر، بیشینه‌ی نرخ جریان محاسبه‌شده برای هر خط است.

۱۴-۸-۹-۲- نسبت حجم به ظرفیت خط[۳]

این پارامتر، نسبت حجم به ظرفیت برای خط مورد نظر است.

۱۴-۸-۹-۳- تأخیر کنترل[۴]

این پارامتر ،تأخیر به‌ازای هر وسیله‌ی نقلیه در هر خط خیابان فرعی و چپ‌گردهای خیابان اصلی است.

۱۴-۸-۹-۴- سطح خدمت خط[۵]

این پارامتر با استفاده از جدول راهنمای ظرفیت راه‌ها و میانگین تأخیر کنترل خط محاسبه می‌شود.

۱۴-۸-۹-۵- صف نودوپنج درصد[۶]

این پارامتر توسط سینکرو محاسبه می‌شود.

۱۴-۸-۱۰- تقاطع با کنترل توقف دوطرفه – پیاده

در شکل ۱۴–۱۷، تنظیمات تقاطع با کنترل دوطرفه برای پیاده در نرم‌افزار سینکرو مشاهده می‌شود.

---

[۱] Lane

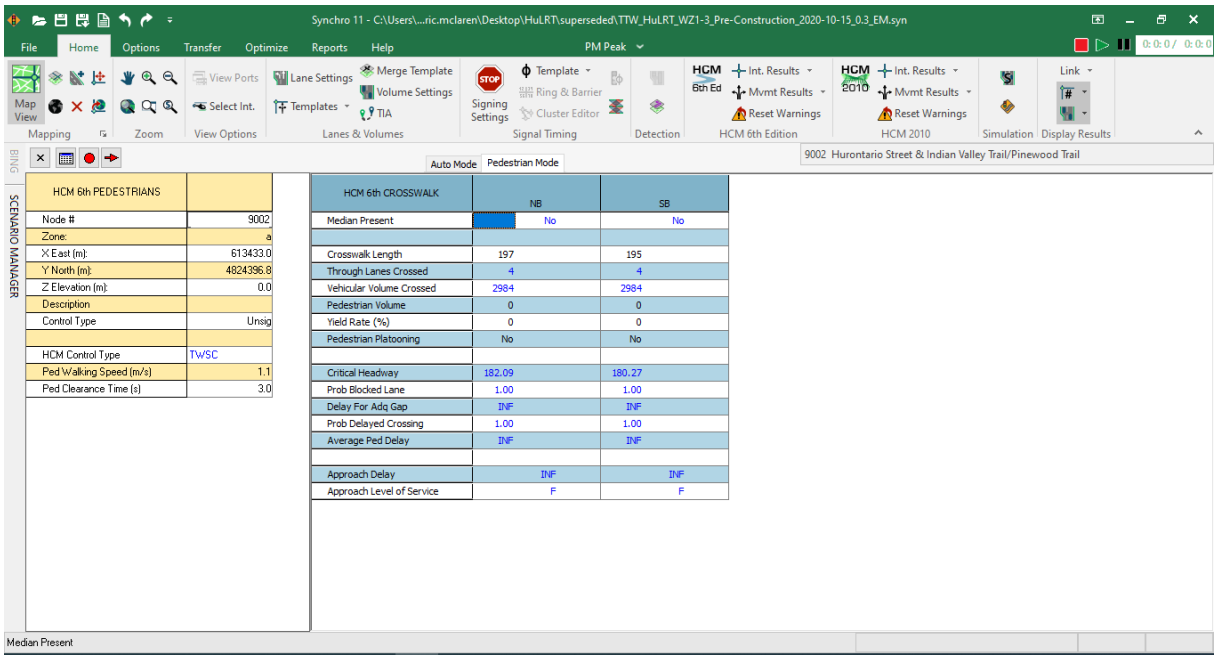
[۲] Capacity

[۳] HCM Lane V/C Ratio

[۴] HCM Control Delay

[۵] HCM Lane LOS

[۶] HCM 95th Percentile Queue



شکل ۱۴–۱۷- پنجره‌ی تنظیمات کنترل توقف دوطرفه- حالت پیاده

۱۴-۸-۱۰-۱- سرعت پیاده‌روی[۱] (متر بر ثانیه)

این پارامتر میانگین سرعت پیاده‌روی پیاده‌ها در تقاطع مدنظر است. مقدار پیش‌فرض در سینکرو ۱/۰۵ متر بر ثانیه است.

۱۴-۸-۱۰-۲- زمان تخلیه‌ی پیاده‌ها[۲] (ثانیه)

این پارامتر زمان شروع به حرکت پیاده‌ها و زمان پایان تخلیه را نشان می‌دهد. مقدار پیش‌فرض سینکرو ۳ ثانیه است.

۱۴-۸-۱۱- تقاطع با کنترل توقف دوطرفه – گذرگاه عرضی پیاده

۱۴-۸-۱۱-۱- وجود میانه؟[۳]

یکی از گزینه‌های «بله» یا «خیر» به‌صورت خودکار بر اساس عرض میانهٔ درج شده در بخش تنظیمات شبیه‌سازی، انتخاب خواهد شد. گزینه‌ی «خیر» بدان معناست که پیاده‌ها از کل عرض جاده در یک حرکت گذر خواهند کرد. گزینه‌ی «بله» بدان معناست که پیاده‌ها از قسمتی از عرض جاده را گذر کرده، در میانه توقف کرده و سپس بخش باقی‌مانده از عرض خیابان را طی خواهند کرد. اگر گزینه‌ی «بله» انتخاب شود، گزینه‌ی گذرگاه دوم نمایش داده خواهد شد.

---

[۱] Ped Walking Speed

[۲] Ped Clearance Time

[۳] Median Present?

۱۴-۸-۱۱-۲- طول گذرگاه عرضی پیاده[۱]

این پارامتر، از لبه‌ی خارجی پیاده‌رو تا لبه‌ی خارجی پیاده‌روی دیگر اندازه‌گیری می‌شود. مقدار این پارامتر به‌صورت خودکار محاسبه شده، اما قابل جایگزینی با مقدار اندازه‌گیری‌شده است.

۱۴-۸-۱۱-۳- تعداد خط حرکت مستقیم و حجم وسایل‌نقلیه‌ی متقاطع[۲]

این پارامتر، تعداد خط‌هایی که برای عبور از عرض خیابان توسط پیاده قطع می‌شود، و تعداد وسایل نقلیه‌ای که با عبور عرضی پیاده تداخل دارند، نشان می‌دهد. سینکرو این پارامتر را محاسبه می‌کند.

۱۴-۸-۱۱-۴- نرخ تسلیم حق‌تقدم[۳] (درصد)

این پارامتر، میانگین نرخ اعطای حق‌تقدم توسط وسایل نقلیه به پیاده‌ی منتظر عبور از عرض خیابان را نشان می‌دهد. در صورت وجود داده‌های محلی بهتر است از آن استفاده شود. مقدار پیش‌فرض سینکرو، صفر است.

۱۴-۸-۱۱-۵- حرکت دسته‌ای پیاده‌ها[۴]

یکی از دو گزینه‌ی «بله» یا «خیر» برای وجود یا عدم وجود حرکت دسته‌ای پیاده‌ها در تقاطع قابل انتخاب است. منظور از حرکت دسته‌ای پیاده‌ها، دسته‌ای از افراد هستند که هم‌زمان و همراه با هم از عرض خیابان عبور می‌کنند. مقدار پیش‌فرض سینکرو «خیر» است.

۱۴-۸-۱۱-۶- سرفاصله بحرانی[۵]

این پارامتر، مقدار زمانی است (بر حسب ثانیه) که اگر زمان کمتر از آن باشد، پیاده اقدام به عبور از عرض خیابان نخواهد کرد. محاسبه‌ی این پارامتر به وجود یا عدم وجود حرکت دسته‌ای پیاده‌ها در تقاطع بستگی دارد. این پارامتر توسط سینکرو محاسبه می‌شود.

۱۴-۸-۱۱-۷- احتمال انسداد خط[۶]

این پارامتر، بر اساس ورودی‌های کاربر توسط سینکرو محاسبه شده و بیانگر احتمال انسداد یک خط توسط یک وسیله‌ی نقلیه است.

---

[۱] Crosswalk Length

[۲] Through Lanes and Vehicular Volume Crossed

[۳] Yield Rate

[۴] Pedestrian Platooning

[۵] Critical Headway

[۶] Prob Blocked Lane

۱۴-۸-۱۱-۸- تأخیر برای فاصله عبور کافی[۱]

این پارامتر، میانگین تأخیر یک پیاده یا دسته‌ای از پیاده‌ها است که منتظر به‌وجودآمدن فاصله عبور کافی برای عبور از خیابان هستند. این پارامتر بر اساس ورودی‌های کاربر توسط سینکرو محاسبه می‌شود.

۱۴-۸-۱۱-۹- میانگین تأخیر پیاده‌ها[۲]

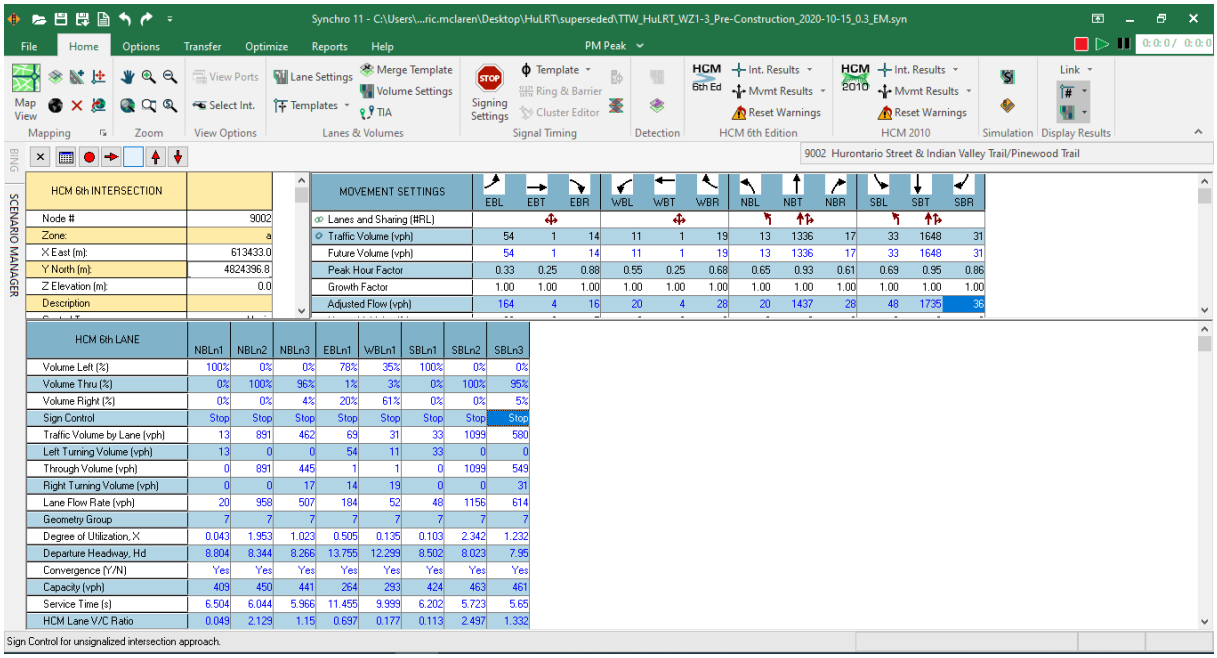
این پارامتر، میانگین تأخیر پیاده‌ها برای هر گذرگاه پیاده است که توسط سینکرو محاسبه می‌شود.

۱۴-۸-۱۱-۱۰- تأخیر و سطح خدمت رویکرد [۳]

این پارامتر، برابر با مجموع همه تأخیرهایی است که برای تعیین سطح خدمت رویکرد، مورداستفاده قرار می‌گیرد. سطح خدمت برای هر بخش از گذرگاه تعیین می‌شود. این پارامتر توسط سینکرو محاسبه می‌شود.

۱۴-۸-۱۲- تقاطع با کنترل توقف همه طرفه

در شکل ۱۴-۱۸، تنظیمات تقاطع با کنترل توقف همه طرفه در نرم‌افزار سینکرو مشاهده می‌شود. تقاطع با کنترل همه طرفه، در واقع تقاطع دو خیابان با درجه یکسان است که در آن، خودروهای هر دو خیابان باید به‌طور کامل در تقاطع متوقف شده و در صورت نبود خودرو در خیابان دیگر و یا با رعایت قاعده حق تقدم اولویت با خودروی سمت راست، به مسیر خود ادامه دهند.



---

[۱] Delay for Adq Gap

[۲] Average Ped Delay

[۳] Approach Delay & Level of Service

شکل ۱۴–۱۸- پنجره‌ی تنظیمات کنترل توقف همه طرفه

۱۴-۸-۱۲-۱- نوع کنترل[۱]

این پارامتر باید AWSC باشد، یعنی از روش کنترل توقف در همه رویکردهای تقاطع استفاده شود.

۱۴-۸-۱۳- تقاطع با کنترل توقف همه طرفه - تنظیمات حرکت[۲]

۱۴-۸-۱۳-۱- رویکرد متقابل و رویکردهای راست و چپ تداخلی[۳]

رویکرد متقابل و رویکردهای راست و چپ تداخلی، نسبت به رویکردی که مورد تحلیل قرار گرفته، تعریف می‌شوند. این پارامتر توسط سینکرو محاسبه می‌شود.

۱۴-۸-۱۳-۲- خطوط متقابل و تداخلی[۴]

این پارامتر، تعداد خط‌های رویکردهای تعریف‌شده در بند قبل را تعیین می‌کند. این پارامتر توسط سینکرو محاسبه می‌شود.

۱۴-۸-۱۴- تقاطع با کنترل توقف همه طرفه - تنظیمات خط

۱۴-۸-۱۴-۱- حجم چپ، مستقیم و راست[۵] (درصد)

این پارامتر، حجم حرکت در هر خط را بر حسب درصدی از حجم کل در رویکرد نشان می‌دهد. این پارامتر توسط سینکرو محاسبه می‌شود.

۱۴-۸-۱۴-۲- گروه هندسی[۶]

مقدار این پارامتر برای هر رویکرد، بر اساس پیکربندی تقاطع و تعداد خط در آن رویکرد تعیین می‌شود. از این مقدار برای تعیین سرفاصله اشباع پایه، و ضریب تصحیح سرفاصله استفاده می‌شود. این پارامتر توسط سینکرو محاسبه می‌شود.

---

۱ HCM Control Type

۲ Movement Settings

۳ Opposing Approach, & Conflicting Approach Left & Right

۴ Opposing and Conflicting Lanes

۵ Volume Left, Thru & Right

۶ Geometry Group

۱۴-۸-۱۴-۳- میزان استفاده[۱]

این پارامتر احتمال پدیدار شدن دست‌کم یک وسیله‌ی نقلیه در آن رویکرد را نشان می‌دهد. این پارامتر توسط سینکرو محاسبه می‌شود.

۱۴-۸-۱۴-۴- سرفاصله اعزام[۲]

این پارامتر، میانگین فاصله‌ی زمانی بین خروج دو وسیله نقلیه‌ی متوالی را از یک رویکرد نشان می‌دهد. این پارامتر توسط سینکرو محاسبه می‌شود.

۱۴-۸-۱۴-۵- همگرایی[۳]

مقدار «Y» در این پارامتر، نشان می‌دهد که اختلاف مقدار محاسبه‌شده برای سرفاصله اعزام با مقدار اولیه‌ی مفروض، کمتر از ۰/۱ ثانیه است. این پارامتر توسط سینکرو محاسبه می‌شود.

۱۴-۸-۱۴-۶- زمان خدمت[۴] (ثانیه)

این پارامترها، میانگین زمان انتظار وسیله‌ی نقلیه‌ی مستقر در ابتدای صف (در خط ایست) را برای شروع حرکت نشان می‌دهد. این پارامتر توسط سینکرو محاسبه می‌شود.

۱۴-۹- ملاحظات ویژه

۱۴-۹-۱- پرداخت مدل

در تحلیل عملیاتی یک شبکه از چراغ‌های راهنمایی، مدل باید برای تطابق با شرایط میدانی، پرداخت شود. به همین دلیل، استفاده از مشاهدات میدانی برای پرداخت و اعتبارسنجی مدل ضروری است. مشاهدات میدانی معمول شامل زمان سفر یا تأخیر، تعداد توقف‌ها، نرخ جریان اشباع، طول صف وسایل نقلیه، تعداد وسیله نقلیهٔ عبوری از چراغ زرد، و مشاهده رفتار کاربران در بازدید میدانی است. گردآوری داده‌های میدانی با عکس‌برداری از محدوده مورد مطالعه، فیلم‌برداری از راهگذر (کریدور) و مطالعه حرکات تداخلی در موقعیت‌های مختلف تکمیل می‌شود. اندازه نمونه باید به‌گونه‌ای انتخاب شود که بیانگر جامعه آماری و شرایط میدانی باشد.

برای پرداخت مدل نرم‌افزار سینکرو، پیکربندی هندسی باید تا حد امکان مشابه وضع موجود مشاهده‌شده باشد. از تغییر در هندسه یا اقدامات متفاوت مدیریت تردد نسبت به وضع موجود باید پرهیز شود. پرداخت مدل در نرم‌افزار سینکرو،

---

[۱] Degree of Utilization

[۲] Departure Headway

[۳] Convergence

[۴] Service Time

دست‌کم باید شامل موارد زیر باشد:

- پرداخت نسبت حجم به ظرفیت: اگر با در نظر گرفتن پارامترهای پیش‌فرض و استفاده از حجم گردش‌های مشاهده‌شده، نسبت حجم به ظرفیت در مدل بیشتر از ۱ شود، باید جریان اشباع ایده‌آل یا زمان تلف‌شده به‌گونه‌ای تنظیم و اصلاح شوند که نتایج مدل با حجم عبوری مشاهده‌شده به‌صورت میدانی تطابق داشته باشد.
- پرداخت زمان سفر در خیابان شریانی: اگر زمان سفر مندرج در گزارش «سطح خدمت شریانی» در نرم‌افزار سینکرو، بیشتر از زمان سفر مشاهده‌شده باشد، باید تأخیر چراغ‌راهنمایی برای تطابق با شرایط میدانی پرداخت شود. اختلاف‌زمان سفر در مشاهده میدانی و مدل، برای ٪۸۵ قطعه‌ها باید کمتر از ٪۱۵ باشد.
- پرداخت صف: اگر وضعیت صفر در مشاهدات میدانی با نتایج مدل‌سازی در سینکرو متفاوت باشد، مدل باید برای نمایش صحیح صف، پرداخت و اصلاح شود.

گردآوری داده‌ها باید در همان بازه‌ی زمانی باشد که در نرم‌افزار سینکرو مدل‌سازی شده است. مثلاً اگر ساعت اوج صبح روزهای کاری، ساعت غیر اوج روزهای کاری و ساعت اوج عصر روزهای کاری مدل‌سازی شده باشد، داده‌ها باید در همین بازه‌ها گردآوری شوند تا زمان‌بندی‌های اجرایی با الگوهای تردد آن بازه‌ی زمانی هم‌خوانی داشته باشد. زمان گردآوری داده‌ها به تعداد چراغ‌های راهنمایی و تعداد برنامه‌های زمان‌بندی آن‌ها بستگی دارد.

در حالت مطلوب، همه متغیرها در طی فرآیند گردآوری داده‌ها ثابت باقی می‌مانند. اما، حجم تردد از نظر نوع وسیله‌ی نقلیه، راننده و عوامل دیگر، در ساعات مختلف شبانه‌روز، روزهای مختلف هفته متفاوت است. برای کاهش تأثیر این عوامل، باید اندازه‌گیری تحت شرایط مشابهی انجام شود. بهتر است برای گردآوری داده‌های زمان سفر در قطعه‌های مختلف، از یک خودرو و یک راننده استفاده شود.

برای پرداخت نسبت حجم به ظرفیت، زمان سفر و صف، تغییر پارامترهای زیر مجاز است. دامنه تغییر این پارامترها در جدول ۱۴–۲ مشاهده می‌شود:

- تنظیم زمان تلف‌شده
- نرخ جریان اشباع
- ضرایب ساعت اوج
- ضرایب استفاده از خطوط

جدول ۱۴–۲- پارامترهای مورد استفاده در پرداخت مدل

پارامتر	پیش‌فرض سینکرو	مدل پایه پرداخت‌نشده	دامنه‌ی مقادیر برای پرداخت
تنظیم زمان تلف‌شده (LTA)	۰	غیر اوج = ۰ بازه‌ی اوج= ۱-	فقط مقادیر حرکات چپ‌گرد بسته به مرود تنظیم شوند. دامنه‌ی مجاز = ۰ تا ۳-
نرخ جریان اشباع (,ISF	۱۹۰۰	۱۹۰۰	نرخ جریان اشباع هر خط، نباید از مقادیر زیر بیشتر باشد:

(SF			●مستقیم= ۲۰۰۵ ●سبز چپ‌گرد =۲۰۵۰ ●سبز چپ‌گرد دوخطه=۲۰۰۰ ●خط ویژه وسایل نقلیه پرسرنشین =۱۶۸۰
ضریب ساعت اوج (PHF)	۰/۹۲	میانگین تقاطع به همه حرکات آن تقاطع اعمال می‌شود.	اگر ضریب ساعت اوج یک حرکت به مقدار قابل‌توجهی از میانگین تقاطع متفاوت باشد، به‌صورت موردی تنظیم می‌شود. ضریب ساعت اوج هر رویکرد یا هر حرکت بر اساس شمارش تعداد گردش‌ها قابل‌تعیین است.
ضرایب استفاده از خطوط (LUF)	توسط نرم‌افزار محاسبه می‌شود	استفاده از مقدار محاسبه‌شده	اگر یک حرکت خاص در ظرفیت یا نزدیک آن عمل کند، به‌صورت موردی قابل‌تنظیم است. در نواحی پرازدحام، ممکن است رانندگان خط خلوت‌تر را انتخاب کنند، بنابراین حجم خطوط مختلف یک معبر چند خطه با هم به حالت تعادل می‌رسد.

۱۴-۹-۱-۱- تنظیم زمان تلف‌شده

بیشینه‌ی دامنه‌ی این پارامتر برابر با مدت‌زمان تخلیه برای هر حرکت است. مقادیر بیشتر از ۳ ثانیه توصیه نمی‌شود مگر این‌که مشاهدات میدانی آن را تائید کند. در این صورت باید اعداد مورد استفاده در گزارش پرداخت مدل درج شده و تائید کارفرما اخذ شود. به‌این‌ترتیب، با تمدید مصنوعی زمان چراغ سبز، خودروهایی که پس از اتمام چراغ سبز اقدام به عبور می‌کنند نیز می‌توانند در زمان بین دو سبز (زرد و تمام قرمز)، حرکت چپ‌گرد خود را به اتمام برسانند و در نتیجه ظرفیت حرکت افزایش می‌یابد. این موضوع، اغلب در شرایط ازدحام مشاهده می‌شود که در آن، رفتار تهاجمی در رانندگانی که پس از اتمام چراغ سبز اقدام به عبور می‌کنند افزایش می‌یابد. مقدار پیش‌فرض ۱- را برای ساعات اوج صبح و عصر و صفر برای ساعات غیراوج، شب و روزهای تعطیل توصیه می‌شود. اگر مقادیر کمتر از ۳- به کار رود، انتظار می‌رود در فازهای بعدی زمان تلف‌شده افزایش یابد.

۱۴-۹-۱-۲- نرخ جریان اشباع

نرم‌افزار سینکرو از یک نرخ جریان اشباع ایده‌آل به‌عنوان مقدار پایه استفاده می‌کند. این مقدار، باید بر اساس پارامترهای ورودی به‌گونه‌ای تنظیم شود تا مقدار نهایی آن به‌دست‌آمده و در محاسبات ظرفیت به کار گرفته شود. این مقدار نهایی، نرخ جریان اشباع (محافظت شده) است. برای حرکت‌های محافظت نشده نیز نرخ جریان اشباع (مجاز) تعریف می‌شود. هر دوی این نرخ اشباع‌ها (محافظت شده و مجاز) بر اساس نرخ جریان اشباع ایده‌آل بوده و با توجه به پارامترهای ورودی مختلف مانند تنظیمات خط، تنظیمات حجم و تنظیمات زمان‌بندی (برای تعیین ظرفیت مجاز یک حرکت) تنظیم و اصلاح می‌شوند.

بیشینه مقدار نرخ جریان اشباع برای حرکت چپ‌گرد یک‌خطه در چراغ سبز ۲۰۵۰، چپ‌گرد دوخطه در چراغ سبز به ازای هر خط ۲۰۰۰ و حرکت مستقیم یا راست‌گرد ۲۰۰۵ وسیله‌ی نقلیه در هر ساعت از چراغ سبز در هر خط است. این مقادیر به‌عنوان حد بالای تنظیمات نرخ جریان اشباع قابل استفاده هستند.

در ردیف نهم از پایین شکل ۱۴–۱۹، نرخ جریان اشباع مورد استفاده برای محاسبه‌ی ظرفیت مشاهده می‌شود که در هنگام پرداخت جریان اشباع در مدل، باید دامنه مجاز رعایت شود. اگر مطالعات میدانی جریان اشباع انجام شده باشد، می‌توان در همین قسمت مقادیر اندازه‌گیری‌شده را مستقیماً وارد کرد.

می‌توان از شبیه‌سازی با نرم‌افزار سیم‌ترافیک برای تنظیم نرخ جریان اشباع استفاده کرد. در این صورت، لازم است طول صف در مشاهده میدانی مطابق طول صف در نرم‌افزار سیم‌ترافیک بوده و تنظیم بیشتر نرخ جریان اشباع باعث شود تعداد چرخه‌های چراغ راهنمایی برای تخلیه‌ی صف در نرم‌افزار سیم‌ترافیک، تطابق بیشتری با مشاهده میدانی داشته باشد.

۱۴-۹-۱-۳- ضریب ساعت اوج

برخلاف تنظیم زمان تلف‌شده و نرخ جریان اشباع ایده‌آل، تغییرات ضریب ساعت اوج به‌جای تأثیر بر ظرفیت حرکت‌ها بر ظرفیت تردد در مدل‌سازی تأثیر می‌گذارد. می‌توان به‌جای تنظیم ضریب ساعت اوج تقاطع یا رویکرد، آن را برای یک حرکت خاص تنظیم کرد. هرقدر مقدار ضریب ساعت اوج بیشتر باشد، جریان تردد در بازه‌ی زمانی تحلیل پایدارتر خواهد بود که این پایداری معمولاً در شرایط فوق اشباع مشاهده می‌شود. هرقدر مقدار ضریب ساعت اوج کمتر باشد، افزایش ناگهانی جریان تردد را در پی داشته و جریان گروه خط را افزایش می‌دهد. جریان گروه خط برای محاسبه‌ی نسبت حجم به ظرفیت مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱۴-۹-۱-۴- ضریب استفاده از خطوط

می‌توان از ضریب استفاده از خطوط برای تطبیق مدل با وضع موجود استفاده کرد. ازآنجاکه رانندگان معمولاً تمایل به استفاده از خطوط خلوت‌تر دارند، مقدار ضریب استفاده از خطوط برای شرایط فوق اشباع نزدیک به ۱ خواهد بود. با گذر زمان، همه خطوط در یک حرکت یکسان به حالت اشباع خواهند رسید. از سوی دیگر، اگر رانندگان بیشتری تمایل به ماندن در یک خط مشخص نشان دهند، مثلاً برای پرهیز از ناحیه تداخلی شیب‌راهه ورودی به آزادراه یا ایستگاه اتوبوس، مقدار این ضریب کمتر خواهد شد. این ضریب تنها به گروه خط در معابر چند خطه قابل‌اعمال است.

LANE SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)												
Traffic Volume (vph)	155	1060	85	60	1450	60	175	565	80	100	440	275
Future Volume (vph)	155	1060	85	60	1450	60	175	565	80	100	440	275
Street Name	Eglinton Ave			Eglinton Ave			Pharmacy Ave			Pharmacy Ave		
Link Distance (m)	—	263.7	—	—	507.7	—	—	184.7	—	—	184.4	—
Links Speed (km/h)	—	60	—	—	60	—	—	50	—	—	50	—
Set Arterial Name and Speed	—	EB	—	—	WB	—	—	NB	—	—	SB	—
Travel Time (s)	—	15.8	—	—	30.5	—	—	13.3	—	—	13.3	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	2100	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.0	3.5	3.0	3.0	3.5	3.0	3.0	3.5	3.0	3.0	3.5	3.0
Grade (%)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Area Type CBD	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—
Storage Length (m)	90.0	—	0.0	60.0	—	35.0	25.0	—	0.0	20.0	—	0.0
Storage Lanes (#)	1	—	—	1	—	1	1	—	—	1	—	—
Right Turn Channelized	—	—	None	—	—	None	—	—	None	—	—	None
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Utilization Factor	1.00	0.77	0.91	1.00	0.77	1.00	1.00	0.95	0.95	1.00	0.95	0.95
Right Turn Factor	1.000	0.989	—	1.000	1.000	0.850	1.000	0.981	—	1.000	0.942	—
Left Turn Factor (prot)	0.950	1.000	—	0.950	1.000	1.000	0.950	1.000	—	0.950	1.000	—
Saturated Flow Rate (prot)	1604	3999	—	1560	4095	1383	1773	3333	—	1652	3190	—
Left Turn Factor (perm)	0.086	1.000	—	0.116	1.000	1.000	0.156	1.000	—	0.399	1.000	—
Right Ped Bike Factor	1.000	0.998	—	1.000	1.000	0.933	1.000	0.993	—	1.000	0.992	—
Left Ped Factor	1.000	1.000	—	0.997	1.000	1.000	0.996	1.000	—	0.983	1.000	—
Saturated Flow Rate (perm)	145	3999	—	190	4095	1290	290	3333	—	682	3190	—
Right Turn on Red?	—	—	☑	—	—	☑	—	—	☑	—	—	☑
Saturated Flow Rate (RTOR)	0	10	—	0	0	109	0	16	—	0	124	—
Link Is Hidden	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—
Hide Name in Node Title	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—	—	☐	—

نرخ جریان اشباع ایده آل
(مستقیما برای محاسبه ظرفیت مورد استفاده قرار نمی گیرد)

نرخ جریان اشباع
(مورد استفاده برای محاسبه ظرفیت)

حدود بالا:
- Through: 2005 vphgpl
- FAG: 2100 vphgpl
- LTA: 2050 vphgpl
- DLTA: 2000 vphgpl
- HOV: 1680 vphgpl

شکل ۱۴–۱۹- پرداخت نرخ جریان اشباع

۱۴-۹-۲- تعدیل حجم تردد

داده‌های میدانی حجم تردد، معمولاً از نظر ریاضی ناسازگار بوده و نیاز به تعدیل دارند تا مجموعه‌ای از داده‌های سازگار (از منظر ریاضی) به دست آید. برای مثال، وقتی از حجم مشاهده شده در یک تقاطع چراغ‌دار شروع کرده و در جهت حرکت پیشروی کنیم، اگر حجم‌های ورودی به شبکه را اضافه و حجم‌های خروجی از شبکه را کم کنیم، حجم تجمعی برابر با حجم مشاهده‌شده در تقاطع چراغ‌دار بعدی نخواهد بود. این عدم هم‌خوانی‌ها ناشی از عوامل زیر است:

- خطا در شمارش،
- شمارش در روزهای متفاوت (تفاوت ۱۰ درصدی ناشی از شمارش در روزهای مختلف محتمل است)، با در نظر گرفتن این واقعیت که امکان شمارش هم‌زمان کل شبکه وجود ندارد،
- منابع بزرگ ورود (یا خروج) جریان بین محل‌های شمارش،
- تشکیل صف بین تقاطع‌ها،
- شمارش با استفاده از روش‌های متفاوت.

پیش از شروع به ساخت مدل باید عدم هم‌خوانی‌ها برطرف شود. ترددشماری‌ها باید بررسی شده و با استفاده از شناخت و مشاهدات میدانی، ریشه‌ی احتمالی اختلاف‌ها تعیین شود. نحوه اصلاح اختلاف ناشی از خطاهای ترددشماری و شمارش در روزهای مختلف، با نحوه اصلاح اختلاف ناشی از ورودی/خروجی‌ها و یا تشکیل صف در فاصله بین دو تقاطع متفاوت است. برای تعدیل شمارش‌ها، باید هم داده‌های گرداوری شده به‌صورت یکپارچه بازبینی شده و ترددشماری‌های جهتی ناسازگار با داده‌های پیرامونی، شناسایی شوند. بررسی ترددشماری‌ها باید از ابتدای سیستم آغاز شده و با اضافه و کم‌کردن

ترددهای ورودی و خروجی ادامه یابد. در طول مسیر، باید ترددشماری هر تقاطع با تقاطع بعدی تطابق داشته باشد. اگر بین داده‌ها تعادل وجود نداشته باشد، باید ضمن درج در گزارش، نسبت به اصلاح آن اقدام شود. در بخش۱۴-۲-۱-۴- روشی برای تعدیل حجم بیان شده، اما مشاور باید روش مناسب را انتخاب و تائید کارفرما را برای استفاده از آن اخذ کند.

۱۴-۹-۳- خطوط پرسرنشین

در حالت کلی، نرم‌افزار سینکرو گزینه‌ای ایده‌آل برای تحلیل خط‌های خطوط پرسرنشین نیست. سایر نرم‌افزارهای شبیه‌سازی خردنگر مانند ویسیم و ایمسان به این منظور توصیه می‌شوند. اگر استفاده از نرم‌افزار سینکرو برای بررسی خطوط پرسرنشین ضروری باشد، در هنگام ساخت مدل باید توجه بیشتری به تطابق با شرایط میدانی شود.

۱۴-۹-۴- کنترل تردد تطبیقی (چراغ‌های راهنمایی هوشمند)

سامانه‌های کنترل تردد تطبیقی مانند SCOOT (بهینه‌سازی تقسیم‌بندی زمانی، چرخه و آفست) و SCATS (سیستم تردد هماهنگ تطبیقی سیدنی)، برنامه زمان‌بندی مناسب چراغ‌های راهنمایی را در مواجهه با تغییرات پیش‌بینی‌نشده‌ی شرایط تردد، به‌صورت خودکار استخراج و اجرا می‌کنند. این زمان‌بندی در راستای اهداف کلی سیستم چراغ‌های راهنمایی است. حجم ترددی که از جهت‌های مختلف به یک چراغ‌راهنمایی نزدیک می‌شود، به‌صورت پیوسته شناسایی شده و سیستم به‌صورت خودکار زمان سبز چراغ را بر اساس نیازمندی‌های تردد ورودی تنظیم می‌کند.

نرم‌افزار سینکرو برای مدل‌سازی کنترل تطبیقی مناسب نیست. استفاده از یک نرم‌افزار شبیه‌سازی خردنگر مانند ویسیم یا ایمسان توصیه می‌شود. اگر به دلایلی امکان شبیه‌سازی در نرم‌افزارهای خردنگر وجود نداشته باشد، دو رویکرد قابل اتخاذ است. در رویکرد اول، تحلیل سینکرو باید برای ۸ بخش ۱۵ دقیقه‌ای در بازه‌های زمانی اوج صبح و عصر انجام شود. میانگین طول چرخه، تقسیم‌بندی زمانی و اختلاف فازها از سامانه کنترل تردد تطبیقی برای هر بخش ۱۵ دقیقه‌ای استخراج و سپس با حجم تردد ۱۵ دقیقه‌ای تطابق داده شود. گرچه این رویکرد به‌طور نظری قابل اجرا است، اما حجم زیادی از گردآوری داده و تحلیل را در پی دارد (داده‌های حجم و داده‌های زمان‌بندی باید در یک روز گردآوری شود).

رویکرد دوم که آسان‌تر نیز هست، استفاده از زمان‌بندی میانگین معمول برای بازه‌های زمانی اوج و درعین‌حال انجام مطالعات میدانی برای اعتبارسنجی تطابق مدل‌سازی با مشاهدات میدانی است. البته باید در نظر داشت که در کنترل تردد تطبیقی، زمان‌بندی ممکن است در هر چرخه با چرخه‌ی دیگر متفاوت باشد.

برای تحلیل وضع موجود تقاطع با کنترل تردد تطبیقی، باید از زمان‌بندی معمول استفاده شود. اگر زمان‌بندی جدیدی پیشنهاد شده باشد، کمینه و بیشینه‌ی طول چرخه و تقسیم‌بندی زمانی نباید نقض شود. اگر تحلیل برای یک چراغ‌راهنمایی جدید پیشنهادی در یک مسیر مجهز به کنترل تردد تطبیقی انجام می‌شود، برای حصول اطمینان از در نظر گرفته‌شدن هماهنگی چراغ‌های راهنمایی، مدت‌زمان کمینه، بیشینه و معمول چرخه در چراغ‌راهنمایی مجاور نیز باید رعایت شود.

۱۴-۹-۵- خط ویژه دوچرخه

در تقاطع‌های چراغ‌داری که مطابق معیارهای راهنمای ظرفیت راه‌ها باشند، می‌توان هنگام محاسبه‌ی امتیاز سطح خدمت دوچرخه و سطح خدمات دوچرخه، عرض خط دوچرخه (متر) را در نظر گرفت. اگر تقاطع بدون چراغ باشد و مطابق معیارهای راهنمای ظرفیت راه‌ها نباشد، ملاحظات خاصی برای خط دوچرخه از طرف نرم‌افزار سینکرو لحاظ نخواهد شد. در این حالت خط دوچرخه نادیده گرفته شده و تنها خط وسایل نقلیه مدل می‌شود. در تقاطع‌های نیمه‌هوشمند با خط دوچرخه در خیابان فرعی، حجم دوچرخه باید مانند سایر وسایل نقلیه برای تحلیل عملکرد هوشمند چراغ در نظر گرفته می‌شود.

۱۴-۱۰- میدان

سینکرو نرم‌افزار مناسبی برای مدل‌سازی میدان نیست. نرم‌افزارهای شبیه‌سازی خردنگر مانند ویسیم و ایمسان عملکرد بهتری داشته و به این منظور توصیه می‌شود.

۱۴-۱۱- نرم‌افزار سیم‌ترافیک

نرم‌افزار سیم‌ترافیک، بخش پویانمایی نرم‌افزار سینکرو است که داده‌های واردشده به نرم‌افزار را شبیه‌سازی می‌کند. به‌صورت کلی شبیه‌سازی، نمایش مناسبی از تأثیرات موجود و آتی ارائه می‌کند، اما ممکن است در تناقض با گزارش‌های خروجی سینکرو باشد. پویانمایی شبکه، گزینه‌های کلان‌نگر واقع‌بینانه‌تری را با استفاده از طیف گسترده‌ای از وسایل نقلیه و رفتار آن‌ها ارائه می‌کند. اگر چراغ‌های راهنمایی بالادست، باعث محدود شدن جریان تردد ورودی به چراغ‌های پایین‌دست شوند، ممکن است نتایج شبیه‌سازی یک تقاطع با نتایج نشان‌داده‌شده توسط سینکرو متفاوت باشد. شرایط پیچیده زیر باید در سیم‌ترافیک شبیه‌سازی و تحلیل شود:

- چراغ‌های راهنمایی نزدیک به هم،
- تقاطع‌هایی که تحت شرایط ازدحام کار می‌کنند،
- چراغ‌های راهنمایی در شیب‌راهه‌ها.

نرم‌افزار سیم‌ترافیک ابزار مناسبی برای ارائه نتایج در جلسات فنی است. ازآنجاکه یک‌بار شبیه‌سازی، قادر به بازنمایی مناسب شرایط واقعی نیست، باید دست‌کم ۵ بار شبیه‌سازی جداگانه انجام و سپس میانگین شاخص‌های کارآیی گزارش شود. پارامترهای زیر باید در بخش «تنظیمات[۱]»، «بازه‌های زمانی و حجم‌ها[۲]» و «بازه‌های زمانی[۳]» تنظیم شوند:

- زمان آغاز «ثبت‌کردن[۴]» باید برابر با آغاز زمان شبیه‌سازی‌شده باشد (اگر بازه‌ی زمانی مورد مطالعه در ساعت ۸

---

[۱] Options

[۲] Intervals and Volumes

[۳] Intervals

[۴] Recording

آغاز شود: ساعت ۸ صبح).

- بازه‌ی زمانی هر «دانه[۱]» باید به‌قدری باشد که یک وسیله‌ی نقلیه قادر به پیمایش کل شبکه بین دونقطه با بیشترین فاصله و با در نظر گرفتن همه توقف‌ها باشد. اگر زمان سفر معمول، ۱۰ دقیقه از بازه‌ی زمانی تحلیل را تشکیل دهد، بازه‌ی زمانی «دانه» نیز باید دست‌کم ۱۰ دقیقه باشد.
- زمان آغاز «دانه» برابر با زمان شروع ثبت کردن منهای بازه‌ی زمانی دانه است. مثلاً اگر ثبت‌کردن در ساعت ۸ صبح آغاز شود و بازه‌ی زمانی دانه ۱۰ دقیقه باشد، آغاز دانه ۷ و ۵۰ دقیقه خواهد بود.
- کمینه بازه‌ی زمانی ثبت‌کردن باید ۶۰ دقیقه باشد. این بازه‌ی زمانی باید آن‌قدر طولانی باشد که مشکلات صف پدیدار و در شبیه‌سازی نشان داده شود.
- مقادیر پیش‌فرض پارامترهای «آمار ثبت‌کردن[۲]» (برای دانه)، «تنظیم ضریب ساعت اوج»، و «تنظیم درصد[۳]» نباید تغییر کنند (روی گزینه‌ی «خیر» باقی بماند).
- مقادیر پیش‌فرض پارامترهای «آمار ثبت‌کردن» (برای ثبت‌کردن) و«تنظیم ضریب رشد[۴]» نباید تغییر کند (باید روی گزینه‌ی «بله» باقی بماند).
- دست‌کم ۵ فایل جداگانه باید ایجاد شود. در هر فایل می‌توان از یک «دانه تصادفی» برابر با ۰ بوده یا از دانه‌های تصادفی متفاوت برای هر اجرا (مثلاً ۱ برای اجرای اول، ۲ برای اجرای دوم، ۳ برای اجرای سوم و...) استفاده شود.

۱۴-۱۲- گزارش

کلیه مدل‌ها و فایل‌ها باید به کارفرما ارائه شود. گزارش جامعی از فرایند مطالعه شامل گردآوری داده‌ها، ساخت مدل‌ها و تحلیل نتایج توسط نرم‌افزار به همراه صفحات ورودی نرم‌افزار و شاخص‌های کارایی خروجی آن باید گزارش شود. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری مطالعه باید به‌صورت شفاف در گزارش درج شود.

شاخص‌های کارآیی محاسبه‌شده در سینکرو شامل نسبت حجم به ظرفیت، تأخیر/ سطح خدمت رویکرد، تأخیر در تقاطع، طول صف، تعداد توقف‌ها و مصرف سوخت هستند. فایل‌های سینکرو باید توسط کارفرما بازبینی شده و شبکه‌ی ساخته شده در مدل (مثلاً طول کمان‌ها، سرعت و...)، پارامترهای ورودی تقاطع (مثلاً هندسه، حجم، جریان اشباع و...)، و نحوه پرداخت و اعتبارسنجی مدل بررسی و تائید شود. لازم است تفاوت مدل وضع موجود با مدل طرح پیشنهادی به‌طور دقیق و شفاف تعیین شود.

---

[۱] Seeding

[۲] Record Statistics

[۳] Percentile Adjust

[۴] Growth Factor Adjust

فصل ۱۵

پیوست

کتاب‌نامه

منابع اصلی مورد استفاده در این راهنما، عبارتند از:

- نحوه به‌کارگیری نرم‌افزارهای شبیه‌سازی جریان ترافیک در انجام مطالعات ساماندهی ترافیک، شهرداری تهران، ۱۳۹۱
- راهنمای نرم‌افزارهای مدل‌سازی تردد، انتشارات دیم، ۱۴۰۴
- Traffic Modelling Guidelines (TMG), Transport For London, ver 4, 2021.
- Model Auditing Process (MAP), Transport For London, ver 4, 2023.
- Traffic Analysis Toolbox, VOL. 3., FHWA, 2004.
- Guidelins for Using Synchro, 2021.
- PTV-VISSIM 2024 User Manual.
- Aimsun Next 2024 User Manual.

واژه‌نامه انگلیسی به فارسی

Aimsun Next (Advanced Interactive Microscopic Simulator for Urban and non-urban Networks)

نرم‌افزار شبیه‌سازی تعاملی خردنگر پیشرفته برای شبکه‌های شهری و غیرشهری

ARCADY (Assessment of Roundabout Capacity And DelaY)

نرم‌افزار ارزیابی ظرفیت و تأخیر در میدان

Advanced Stop Line (ASL)

خط ایست پیشرفته، ناحیه‌ای جلوی خط ایست اصلی در تقاطع که دوچرخه می‌تواند جلوی سایر وسایل نقلیه قرار گرفته و در آن ناحیه منتظر سبز شدن چراغ بماند.

Cyclic Flow Profile (CFP)

نیمرخ جریان چرخه‌ای، مشخصه‌ای در مدل‌سازی قطعی که الگوی رسیدن وسایل نقلیه به یک خط ایست را نشان می‌دهد

Cell Transmission Model (CTM)

مدل انتقال سلولی، یک مدل تردد در نرم‌افزار ترانزیت که برای انسداد خروجی مورد استفاده قرار می‌گیرد

Degree of saturation (DoS)

درجه‌ی اشباع، شاخصی برای تعیین میزان شلوغ بودن یک خط ایست با استفاده از درصد ظرفیت اشغال‌شده

Desired Speed Decision (DSD)

سرعت مطلوب/ تصمیم‌گیری در خصوص سرعت مطلوب، در مدل ویسیم برای تعیین سرعت مجاز استفاده می‌شود

EQUISAT

مشخصه‌ای در نرم‌افزار ترانزیت که مجموعه‌ای از زمان‌بندی اولیه‌ی چراغ‌های راهنمایی را پیش از بهینه‌سازی ارائه می‌کند. این زمان‌بندی بر اساس اشباع برابر در تمامی کمان‌های بحرانی تداخلی تعیین می‌شود

Geographic Information System (GIS)

سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی، برنامه‌ی کامپیوتری که با داده‌های مکانی و نقشه‌برداری کار می‌کند

Global Positioning System (GPS)

سامانه‌ی موقعیت‌یابی جهانی، سامانه‌ی جهت‌یابی ماهواره محور که اطلاعاتی در خصوص موقعیت و زمان ارائه می‌کند

Heavy Goods Vehicle (HGV)

خودروهای تجاری سنگین، دسته‌ای از وسایل نقلیه شامل سه محور یا بیشتر

Intersection Capacity Analysis (ICA)

تحلیل ظرفیت تقاطع‌ها، در مدل‌سازی ویزوم برای تخمین ظرفیت تقاطع‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد

JUNCTIONS

نرم‌افزار مدل‌سازی قطعی

LEGION

نرم‌افزار مدل‌سازی تردد پیاده

LEGION Data Template (LDT)

الگوی آماده‌ی داده‌های لژیون، فایلی شامل داده‌های ورودی برای مدل لژیون

Light Goods Vehicle (LGV)

خودروهای تجاری سبک، دسته‌ای از وسایل نقلیه شامل وزن خالص ۳،۵۰۰ کیلوگرم و کمتر

LinSig

نرم‌افزار مدل‌سازی قطعی

Model Auditing Process (MAP)

فرآیند ارزیابی مدل

Modelling Expectations Document (MED)

خروجی‌های مورد انتظار مدل‌سازی، مدرکی که در مرحله اول فرآیند ارزیابی مدل ایجاد و در مرحله‌ی ۴ آن به‌روزرسانی می‌شود. این مدرک خلاصه‌ای از الزامات مورد توافق برای مدل‌سازی را جمع‌بندی می‌کند.

Medium Goods Vehicle (MGV)

خودروهای تجاری متوسط، دسته‌ای از وسایل نقلیه شامل وزن خالص بیش از ۳۵۰۰ کیلوگرم با دو محور

Mean Maximum Queue (MMQ)

میانگین بیشینه صف، میانگین بیشترین مقادیر طول صف در هر چرخه که در مدل قطعی مورد استفاده قرار می‌گیرد

Origin-Destination (OD)

مبدا-مقصد، یک ماتریس که جریان تردد را به مدل وارد می‌کند. سطرهای این ماتریس مبداها و ستون‌های آن مقصدها هستند

Passenger Car Unit (PCU)

معادل خودروی سواری، واحد رایج برای بازنمایی جریان تردد که در آن انواع مختلف وسایل نقلیه با توجه به حجمی که از معبر اشغال می‌کنند ضریب تبدیلی دریافت کرده و تعداد معادل خودرو به دست می‌آید

Platoon Dispersion Model (PDM)

مدل پراکندگی موج‌های خودرویی، مدل مرسوم مورد استفاده در نرم‌افزار ترانزیت

PICADY (Priority Intersection Capacity And DelaY)

نرم‌افزار مدل‌سازی ظرفیت و تأخیر در تقاطع‌های حق تقدمی

Point-of-View imagery (POV)

تصاویر از زاویه دید اول‌شخص، معمولاً از زاویه دید پیاده، دوچرخه، رانندگان و وسایل نقلیه

Prior Matrix

خروجی فرآیند ساخت ماتریس. این فرآیند شامل استفاده از داده‌های مشاهدات میدانی، پاک‌سازی داده‌ها و روش‌های تکمیل داده‌ها (مانند استفاده از مدل جاذبه) است. مرحله‌ی ساخت پیش از تنظیم ماتریس حین پرداخت و اعتبارسنجی صورت می‌پذیرد.

Ratio of Flow to Capacity (RFC)

نسبت جریان به ظرفیت، شاخص تعیین میزان شلوغی یک مسیر در یک تقاطع بدون چراغ راهنمایی

Reduced Speed Area (RSA)

ناحیه‌ی کاهش سرعت، در مدل‌سازی ویسیم برای اجرای تغییرات سرعت ناشی از مشخصات هندسی معبر یا عوامل دیگری که مستقیماً قابل مدل شدن نیستند، به کار می‌رود

Real Time Optimiser (RTO)

بهینه‌ساز لحظه‌ای، سیستم کنترل چراغ‌های راهنمایی و جایگزین سیستم پایش تردد شهری

System Activated Strategy Selection (SASS)

سیستم انتخاب راهبرد فعال، روشی خودکار برای تنظیم زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی خیابان‌ها بر اساس معیارهای مشخصی از جریان تردد

Sydney Coordinated Adaptive Traffic System (SCATS)

سامانه هماهنگ و تطبیقی کنترل تردد سیدنی، فناوری مدیریت، کنترل و بهینه‌سازی زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی

Split, Cycle and Offset Optimisation Technique (SCOOT)

روش بهینه‌سازی تقسیم زمان اختلاف فاز و چرخه، فناوری کنترل و بهینه‌سازی زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی در لندن

Scheme Impact Report (SIR)

گزارش اثرات طرح

Site Layout Drawing (SLD)

نقشه‌ی جانمایی، نموداری که نشان‌دهنده‌ی جانمایی تقاطع‌ها بوده و شامل موقعیت تمامی تجهیزات خیابانی و مسیرهای کابل‌کشی است

Selective Vehicle Detection (SVD)

شناسایی انتخابی وسایل نقلیه، برای تخصیص حق‌تقدم به انواع خاصی از وسایل نقلیه

TRANSYT (TRAffic Network StudY Tool)

نرم‌افزار مطالعه‌ی شبکه‌ی تردد

Underutilised Green Time (UGT)

زمان سبز استفاده‌نشده، زمانی که وسایل نقلیه قصد عبور از خطوط توقف را داشته ولی قادر به انجام آن در سرعت مطلوب نیستند. دلیل این امر تشکیل صف یا موانع دیگر است.

Urban Traffic Control (UTC)

پایش تردد شهری، سیستم مرکزی کامپیوتری که بسیاری از چراغ‌های راهنمایی تقاطع‌های شهر را پایش می‌کند

Vehicle Actuated Programming (VAP)

برنامه‌نویسی وسایل نقلیه‌ی القایی، روش مورد استفاده در ویسیم برای کنترل زمان‌بندی چراغ‌های راهنمایی هوشمند

Volume Delay Function (VDF)

تابع زمان سفر- حجم، تابع مورد استفاده در ویسیم برای برآورد تأخیر در کمان‌ها یا گردش‌ها

Vissim (Verkehr In Städten – SIMulation)

نرم‌افزار خردنگر شبیه‌سازی تردد

Visum (Verkehr In Städten – UMlegung)

نرم‌افزار کلان‌نگر تخصیص تردد

Viswalk (Verkehr In Städten – walk)

نرم‌افزار خردنگر شبیه‌سازی تردد پیاده

خواننده گرامی

امور نظام فنی اجرایی، مشاورین و پیمانکاران سازمان برنامه‌وبودجه کشور، با گذشت بیش از پنجاه سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر نهصد عنوان نشریه تخصصی- فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به‌صورت تألیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. نشریه حاضر در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت‌های عمرانی به کار برده شود. فهرست نشریات منتشر شده در سال‌های اخیر در سایت اینترنتی **nezamfanni.ir** قابل دستیابی است.

Abstract:

This guideline is prepared as part of technical supporting documents for performing traffic modelling in urban and suburb traffic engineering studies.

Islamic Republic of Iran
Plan and Budget Organization

Traffic Modelling Guidelines for Urban Traffic Engineering Studies

IR-Code 916

Last Edition: 27-06-2026

Deputy of Technical, Infrastructure and Production Affairs

Department of Technical & Executive affairs

nezamfanni.ir

Ministry of the Interior

High Council for Urban Traffic Coordination

moi.ir

2026

این نشریه

با عنوان «راهنمای مدل‌سازی تردد در مطالعات تفصیلی حمل‌ونقل شهری» در راستای تشریح و سازمان‌دهی روش مدل‌سازی تردد در سطح خردنگر در مطالعات تفصیلی حمل‌ونقل شهری و مطالعات تفصیلی ساماندهی ترافیک تدوین شده است. رویکرد عمومی این دستورالعمل، پیروی از روش‌های مرسوم و مورد قبول در اغلب مطالعات و ضوابط معتبر پیشین داخلی و خارجی است. بااین‌حال، امکان نوآوری و استفاده از روش‌ها و رویکردهای نوین را نیز فراهم می‌آورد. در این نشریه، فرایند ساخت و پرداخت مدل در نرم‌افزارهای مختلف توسط مشاور، به همراه فرایند ارزیابی آن توسط کارفرما، با اشاره به مقادیر آستانه مورد قبول در ارزیابی و اعتبارسنجی مدل‌ها بیان شده است.

نرم‌افزارهای ویسیم، ایمسان و سینکرو در این نشریه بررسی شده است.