

ICS 35.240.60

CCS R 85

团体标准

T/ITS 0245-2024

城市道路交通仿真系统应用流程导则

Guidelines for the Application Process of Urban Road Traffic Simulation Systems

2024-10-9 发布

2024-10-9 实施

中国智能交通产业联盟 发布

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 仿真流程	3
5 数据准备	4
6 仿真环境建模	6
7 仿真建模	8
8 模型校准	9
9 仿真评价	10

前 言

本文件按照GB/T1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国智能交通产业联盟（C-ITS）提出并归口。

本文件主要起草单位：鹏城实验室、青岛海信网络科技股份有限公司、东南大学、同济大学、北京工业大学、北京万集科技股份有限公司、腾讯云计算（北京）有限责任公司。

本文件主要起草人员：王耀威、郑清芳、汤左淦、王握、路扬、战勇斌、华雪东、金坤、倪颖、张勇、胡永利、张卓筠、赵强、荣晓楠。

引 言

城市道路交通仿真对于提高交通规划和管理效率具有重要意义，本文件总结了城市道路交通仿真系统的设计与实现经验，对仿真流程、数据要求、路网建模、仿真建模、模型校验以及仿真评价等多个关键环节进行了系统性描述。旨在实现不同层面仿真技术的有机融合与高效协同工作，为城市道路交通仿真系统的构建与运行提供科学、统一的指导框架。

中国智能交通产业联盟

城市道路交通仿真系统应用流程导则

1 范围

本文件规定了城市道路交通仿真系统仿真流程、数据准备、路网建模、仿真建模、模型校验以及仿真评价的技术原则。

本文件适用于城市道路交通仿真系统设计、城市交通规划、交通管理与控制、交通基础设施设计与优化、交通政策评估等方面。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 50647 城市道路交叉口规划规范
- T/CITSA 10-2021 城市交通时空大数据格式标准
- T/CTS 13-2023 城市道路交叉口交通组织微观仿真技术指南

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

道路级路网 road-level road network

道路级路网是基础路网中抽象程度最高的一级路网，它主要关注道路的宏观结构和基本属性，通过节点与路段连接描述路网物理连接关系的网络结构。

3.2

车道级路网 lane-level road network

车道级路网是以车道为基本单元构建的道路网络模型，它关注于道路内部的具体车道划分和车道间的路权连接关系。

3.3

交通小区 traffic analysis zone

基于交通分析和交通需求预测模型的需求，将研究区域细分为若干地理单元。这些小区是分析居民和车辆出行行为的关键空间单元。

3.4

车道渐变段 lane transition section

车道渐变段是指道路上车道布局或数量发生逐渐变化的一段区域。这种变化可能是车道宽度的调整、车道数量的增减等。

3.5

OD 矩阵 origin-destination (OD) matrix

也被称为起讫点矩阵或交通出行矩阵,是一种用于描述交通网络中各交通分区之间居民或车辆出行量的数据组织形式。在这个矩阵中,行代表起点交通小区,即出行的起始位置;列代表到达区,即出行的目的地。矩阵中的每一个元素对应着任意两个交通小区之间的 OD 量,也就是从一个起点区到一个到达区的居民或车辆的出行次数或流量。

3.6

85%分位点出行距离 85% point travel distance

85%的居民出行距离都小于或等于这个数值,代表了一个相对较高的出行水平,有助于更准确地预测和规划交通设施的需求,如公共交通线路、停车场等。这有助于优化资源配置,提高交通系统的效率和公平性。

3.7

交叉口转向流量 turning traffic volume

交叉口转向流量是指在单位时间内,各进口道左、直、右及掉头等不同转向的车辆数量或行人数量。

3.8

长时态势推演 long-term situation evolution simulation

基于当前和预期的数据、模型以及算法,对交通系统的未来长时间段内的态势发展进行模拟和预测的方法。

3.9

动态交通仿真 dynamic traffic simulation

主要关注的是道路交通系统的实时运行状态和动态变化。模拟出不同交通状况下的车辆运行、道路使用、交通信号控制等情况,进而分析交通流的变化规律,预测交通拥堵发生的可能性和程度,评估交通设施的性能和效益,优化交通管理和控制策略。

3.10

碰撞时间 time to collision

从当前时刻开始,前后两车保持当前速度行驶直到发生碰撞所用的时间。它是通过计算两车之间的相对距离与相对速度的比值来得到的。这个指标用于评估车辆之间的接近程度和潜在的碰撞风险。

3.11

碰撞暴露时间 time exposed to collision

在观测时间内，车辆行驶过程中其碰撞接触时间值低于某个预设的安全阈值的时间总和。这个安全阈值通常根据研究目的、道路类型、交通流量等因素确定，用于区分安全和危险的交通状态。当碰撞接触时间值低于这个阈值时，认为车辆处于高碰撞风险状态。

3.12

居民广义出行成本 generalized cost of travel

居民广义出行成本是指居民在出行过程中因使用交通工具和消耗时间等所付出的总代价，它不仅包括经济成本（如票价、燃油费等），还包括时间成本、舒适性成本以及可能涉及的其他非货币成本。

4 仿真流程

城市道路交通仿真系统仿真流程包括数据准备、仿真环境建模、仿真建模、模型校准、仿真评价，仿真流程见图1。

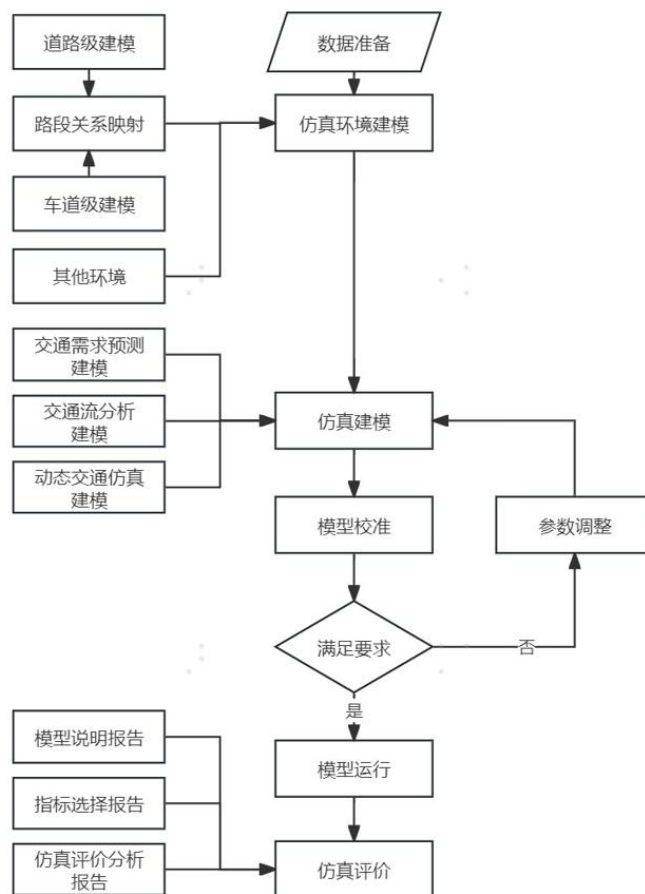


图1 仿真流程图

流程具体内容如下：

- 数据准备为仿真各阶段提供必要的支撑，包括城市交通设施数据、城市交通管控数据、城市交通系统运行状态数据。
- 仿真环境建模为仿真模型提供必要的模型运行的环境基础，包括道路级路网建模、车道级路网建模、公交路网建模、管控区域建模、交通小区建模。

- 1) 道路级路网用于宏观的、全局的道路网络，支撑用于交通需求预测、长时态势推演进行路径分析及城市路网状态预测等功能，
 - 2) 车道级路网用于微观车辆及路网仿真，支撑动态交通仿真进行交通行为模拟、信号控制优化、交通组织方案评估等功能。
 - 3) 路段关系映射是通过物理联通手段将宏中观的道路级路网与微观车道级路网进行联通融合，支撑不同层级数据标准化流转。
- c) 仿真建模是通过逐步深入的建模和分析，从交通需求预测到路网态势推演，再到动态交通仿真，全面把握和预测未来交通系统的运行状态和居民出行规律，为交通规划、管理和政策制定提供有力支持。
- 1) 交通需求预测用于分析得到未来年居民出行规律。
 - 2) 长时态势推演建模用于分析得到居民出行路径选择，预测仿真场景路网状态，仅需要建设道路级路网。
 - 3) 动态交通仿真建模应能体现车辆行为、交通控制、公共交通、交通检测器等因素，更加准确地模拟和预测交通系统运行状态。
- d) 模型校准确保交通仿真模型能够准确反映现实世界的交通运行状况，从而提高模型预测和决策支持的可信度。这一过程涉及对模型输入数据的全面校验以及对仿真结果的精细校准
- e) 仿真评价确保仿真模型的准确性和有效性，并通过科学、客观的评价指标来衡量仿真结果的质量或性能。

5 数据准备

5.1 城市交通网络数据

城市交通网络数据是构建交通网络及其特性的基础信息集合。用于道路网、公交网络、轨道网络的拓扑网络构建及相关属性设置，主要包括道路网络数据、公交网络数据、轨道网络数据，具体要求如下。

- a) 道路网络数据包括道路名称、道路经纬度、路段连接关系、道路车道数、车道宽度、道路等级、设计速度、通行能力、几何线性、断面结构、交叉口类型等。
- b) 公交网络数据应包括公交站点信息数据、公交线路数据，其中公交站点数据包括名称、类型、站点位置等；公交线路数据包括站点顺序及组成、发车时刻表。
- c) 轨道网络数据应包括轨道站点信息数据、轨道交通线路数据，其中轨道站点信息数据包括名称、类型、进出口数量、进出口位置等；轨道交通线路数据包括发车时刻表和运营技术数据、轨道线网数据等。

5.2 城市交通管控数据

城市交通管控数据是指城市交通系统管理和控制的各类数据集合。用于支持交通状态预测与评估、交通拥堵分析与治理、交通信号控制优化、交通规划与决策支持以及紧急事件应对与疏散规划等多种场景的仿真分析，包括交通管理数据和交通政策数据，具体要求如下。

- a) 城市交通管控数据应包含交叉口、路段和区域三个不同维度的管控数据，并支持不同维度管控数据的配置。

- b) 城市交通管理数据应包括路段限速、公交专用道、信号配时方案等。
- c) 信号配时方案包括周期时长、相位、相序等，主要用于车道级路网建模及动态交通仿真模型计算。
- d) 城市交通政策数据应包括限行、限号、拥堵收费等。

5.3 城市交通系统运行状态数据

城市交通系统运行状态数据是记录城市交通系统不同时刻状态的基础数据，用于出行规律分析、参数标定、模型校准，具体要求如下。

- a) 城市交通系统运行状态数据包括路段流量数据、路段饱和度、路段车速、路段行程时间数据、路段排队长度。
- b) 交通流量数据、路段饱和度、路段车速、路段行程时间数据可优先考虑通过卡口数据获取，也可通过现场勘探调查来获取。
- c) 排队长度可雷达数据得到。
- d) 路段阻抗计算应基于现状路网路段不用交通状态下的流量及行程时间计算。

5.4 出行特征数据

出行特征数据反映了居民出行的基本习惯和规律，用于交通需求预测分析，保障预测准确性，具体要求如下。

- a) 出行特征数据包括出行轨迹数据、出行 OD 数据、出行时耗、居民出行率、出行目的（如通勤、购物、休闲等）、出行时间分布、出行方式选择偏好等。
- b) 出行轨迹、出行 OD 数据宜通过手机信令数据、卡口及电子车牌数据、公共交通刷卡记录分析获得。
- c) 居民出行率、出行目的（如通勤、购物、休闲等）、出行时间分布、出行方式选择偏好等可通过调查获取。

5.5 其他数据

其他数据包括人口数据与土地性质数据，具体要求如下。

- a) 人口数据是指关于某一地区人口数量、结构、分布、增长趋势等方面的统计信息，用于交通需求预测出行量的评估。人口数据可通过规划管理部门、互联网大数据平台、卫星遥感等渠道获得。
- b) 土地性质数据主要指的是描述土地用途、土地利用类型、土地面积等特征的数据，具体要求如下。
 - 1) 土地性质数据反映了土地在空间上的分布和属性，有助于分析未来土地开发可能带来的交通需求变化，并支撑交通小区划分。
 - 2) 土地性质数据应明确划分不同类型的土地利用，如居住用地、商业用地、工业用地、公共设施用地、绿地等土地分类及面积。

5.6 数据要求

仿真系统要求数据应具备有效性、唯一性、完整性、一致性、时效性五个特点，具体要求如下。

- a) 有效性要求：仿真模型数据输入之前需要对各来源数据清洗、整合以及标准化处理，与仿真模型的规则和逻辑相符合。
- b) 唯一性要求：仿真模型数据项应该是唯一的，避免重复。。
- c) 完整性要求：数据完整性要求建模使用的数据是准确、可靠且未被未授权篡改。
- d) 一致性要求：仿真模型各数据应确保不同来源的数据在时间和空间上是一致的。
- e) 时效性要求：数据应及时更新，以反映交通系统的最新变化。如需对手机信令、卡口、GPS 等数据分析处理，应使用 1 年内最新接入数据，以保证数据时效性。

6 仿真环境建模

仿真环境建模是对整个交通仿真环境的构建和模拟，描述交通环境中的各种要素，以及这些要素之间的相互作用关系，从而实现对整个交通环境的抽象和再现。

6.1 道路级路网

道路级路网表达城市基本的路网连接关系及空间位置情况，道路级路网由节点和路段要素组成，具体要求如下。

- a) 道路级路网各节点及路段要素应通过唯一性 ID 标识区分。
- b) 道路级路网构建所需数据应至少包括道路名称、道路经纬度、路段连接关系、道路车道数、车道宽度、道路等级、设计速度、通行能力。
- c) 路段连接关系应说明路段的上下游节点，以保障路网的连通性。
- d) 道路级路网单向路段应通过直线、多段线或曲线的形式表达。
- e) 道路级路网节点应通过圆点或圆圈形式表达。
- f) 道路级路网构建应注意单双向路段的区分，方便用户快速识别和理解。



图2 单双向路段绘制示意图

- g) 道路级路网节点应分为交叉口节点及路段节点。
- h) 交叉口节点用于连接不同路段，表达路段之间的连接关系。
- i) 对于同一路段的车道渐变段应使用路段节点进行分割。

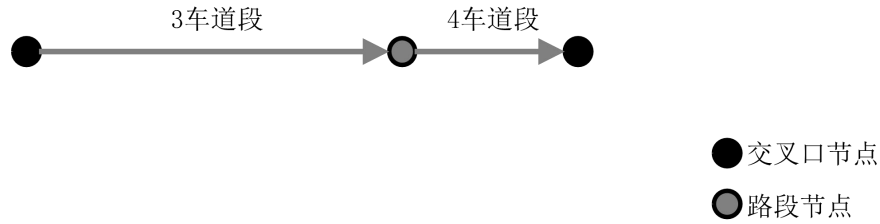


图3 车道渐变段绘制示意图

- j) 自建路网数据要合理，即路段有上下游交叉口节点，不应有孤立路段或节点。
- k) 道路级路网由交叉口节点和路段要素组成，通过节点与路段连接描述路网连接关系。
- l) 道路级路段添加应以选中上游交叉口节点为起点，以选中下游交叉口节点为终点。
- m) 道路信息应可配置路段名称、道路等级、机动车与非机动车车道宽度、允许出行方式等基础信息，路段信息存储时应有路段唯一性编号标识。
- n) 道路级路网构建应注意现状路段与规划路段的区分，方便用户快速识别和理解。
- o) 道路级路网配置应可以对每个路段的交通阻抗进行配置，便于对路段流量进行预测分析。
- p) 双向路段中心线间距应不小于双向路段宽度总和的一半。
- q) 路段管控通常应配置公交专用道数量及有效时间、路侧停车情况、车辆禁行与限行、绿波情况。

6.2 车道级路网

车道级路网建模包括道路属性建模、路网建模，具体要求如下。

- a) 道路属性建模包括道路宽度、长度、车道数、断面结构、车道功能、坡度、平曲线半径、限高要求、道路相交角度、路缘石转弯半径、交通渠化设计、通行能力等。
- b) 车道级路段信息存储时应有与道路级路段不同的唯一性编号标识区分。
- c) 路网建模，需要详细描述路网拓扑结构和道路几何属性。包括路段、子路段、子路段结点、有向子路段、车道、车道连接器等元素的建模。
- d) 车道级路网中，具有连接关系的路段之间应根据道路渠化设置及交通管理数据设置各车道之间的连接关系，用于支撑动态交通仿真模型运行。

6.3 路段关系映射

路段关系映射实现不同层级路网之间匹配关联，路网建模应支持道路级路段与车道级路段同时添加、同步编辑，具体要求如下。

- a) 车道级路段中心线应与道路级中心线吻合。
- b) 道路级路段应与车道级路段应设置对应关系，对应关系通过各自路段唯一性标识编号确定，通常采用 1 对 1 或 1 对多的形式。

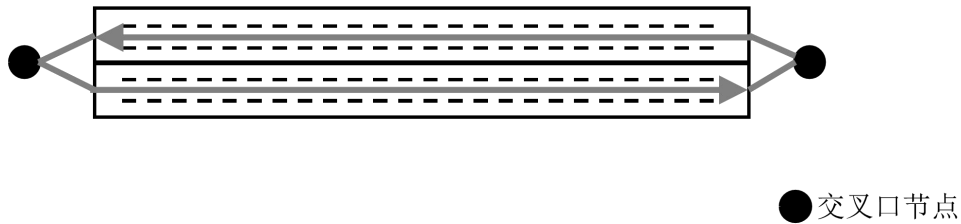


图4 道路级路段与车道级路段对应关系示例

- c) 同时构建双向道路级路段与车道级路段时,车道级路段在路口处需预留足够空间配置各方向车道连接关系,道路级路段拓扑形状可根据实际情况自动跳转。

6.4 公交路网建模

公交路网建模应支持公交站点与公交线路网络构建,具体要求如下。

- 公交站点建模时道路级路段与车道级路段需根据仿真所需要的位置创建相关图元信息。
- 公交站点信息应可配置站点位置、站点类型、站点停留时间、所属路段等,并在GIS地图相应位置展示。
- 公交站点类型包括但不限于公交路内双向站台、公交路内双向合用站台、路外直线式站台、路外港湾式站台、路外双港湾式站台。
- 公交线路网络构建应可设置线路名称、公交类型、线路类型、停靠站点、途径路段、计费模式、发车间隔、车辆容量、起始载客人数等。
- 公交线网途径路段应使用道路级路段唯一性编号标识记录。
- 公交线路建模时,途径路段应保证路段连续且线路路段根据实际情况排序。

6.5 管控区域建模

管控区域建模应根据不同车种禁行与限行数据设置,并规定禁行、限行区域的具体范围。管控区域范围应支持拥堵费率的自定义设置。

6.6 交通小区建模

每个交通小区内部的土地使用、经济和社会特性应一致,具体要求如下。

- 优先使用铁路、河川等天然屏障,以及道路、行政区界限等人工屏障作为交通小区的划分界限。
- 尽量不打破行政区的划分,以便能利用行政区现成的统计资料。
- 交通小区的划分应与路网相协调。小区的边界应尽量与主要道路、高速公路、铁路线等交通设施的走向一致,以便更好地反映实际交通流动情况。
- 交通小区的数量应适中,既要避免数量过多导致工作量过大,又要防止数量过少使得调查和分析的精度降低。
- 交通小区划分后,各交通小区之间边界应贴合,以防止模型计算异常、数据不准确等问题。

7 仿真建模

7.1 交通需求预测建模

交通需求预测主要关注于对未来交通出行情况的准确预测，具体要求如下。

- a) 交通需求预测模型应基于未来城市发展规划，结合现状居民出行特征数据，进行未来年的出行 OD 预测。
- b) 交通需求预测模型应结合人口数量与分布数据、居民出行特征数据、土地性质数据等，得到未来年城市交通小区间各交通方式出行 OD 矩阵数据。
- c) 交通需求预测模型应根据数据支撑情况、区域特点选择适合的集计模型、非集计模型、机器学习模型等。

7.2 长时态势推演建模

长时态势推演主要关注未来较长时间段内的交通流量、交通状态等的变化趋势，具体要求如下。

- a) 模型应考虑到区域或路段的限行、限号管控政策影响分析。
- b) 模型应支持对现状及未来预测的 OD 矩阵数据进行流量分配。
- c) 模型应结合交通需求模型输出结果与路网拓扑结构数据，按照城市交通出行特征进行路径分析及流量分配。
- d) 路径流量数据作为动态交通仿真建模输入条件，应包含路段流量、交叉口转向流量、交通组成。
- e) 长时态势推演建模应将同一路段出发的各路径流量数据整合得到该路段的总出行量数据，并作为输入提供至动态交通仿真模型。

7.3 动态交通仿真建模

车辆行为建模应包含仿真车辆期望速度、安全时距、停车距离、反应时间、驾驶习惯、车辆的到达时间等属性，反应车辆产生及跟驰换道真实情况，具体要求如下。

- a) 交通控制建模应如实反应无信号交叉口让行规则、信号控制路口信号配时方案、限速限行等车道使用规则。
- b) 公共交通建模应包含发车间隔、发车起始时刻、发车结束时间、起始载客人数、期望速度、公交线路、公交站点的精细刻画，以揭示系统运行的微观动态与效率。
- c) 交通检测器建模应包含行程时间检测器、数据采集器、排队计数器等。
- d) 信号相位应与实际信号相位或规划信号配置吻合，包括周期设置、相位设置、灯色设置等。

8 模型校准

8.1 模型输入校验

模型输入校验包含异常数据排查、基础地理数据校验、管理数据排查、个体行为校验，具体要求如下。

- a) 异常数据排查应对不合理参数及异常数据排查。
- b) 基础地理数据应校验基础路网模型，校验基础路网的连贯性，路段几何线形一致性以及交叉口控制参数、车道连接关系。
- c) 管理数据校验应保证车道限制、信号方案等管理方式与实际需求相符。

- d) 个体行为仿真校验应重点检查每个发车点的车辆组成比例、不同车辆的期望速度分布、转弯车辆比例、车辆类型及动力特性参数以及驾驶人行为特性参数等设置。

8.2 仿真结果校准

仿真结果校准应与校验数据比对验证仿真的准确性，观察两者之间的差异，同时应根据比对结果进行参数标定。仿真结果与校验数据差距较大或超出合理范围，应检查标定参数值、仿真模型、模型分析数据等。

9 仿真评价

仿真评价由仿真模型说明报告、评价指标选择报告和仿真评价分析报告三部分组成。

9.1 模型说明

应说明仿真模型的构建流程以及涉及的关键技术参数，帮助用户了解仿真建模应用效果、实现难度、实施方案等，具体要求如下。

- a) 说明仿真建模具体研究对象及其涉及到的区域。
- b) 评估仿真模型在特定应用场景下的适用性。分析仿真结果是否能够满足项目或决策的需求，以及是否能够在一定程度上反映实际系统的复杂性和动态性。
- c) 说明仿真模型的构建过程，一般包括：
- d) 详细描述仿真对象的系统结构，包括各个组成部分及其相互关系。
- e) 说明系统相关数据的来源，如实验数据、历史记录、专家经验等。
- f) 根据系统特性和仿真需求，选择合适的数学模型。
- g) 设定仿真的初始状态或条件，说明仿真过程中需要调整的参数及其取值范围。
- h) 对选取的仿真评价指标进行说明。

9.2 评价指标选择

仿真结果评价指标的选择依据主要包括仿真目标与需求、评价指标的科学性和可操作性等方面，具体要求如下。

- a) 指标的选择应能满足仿真的具体目标与需求
- b) 指标应具有科学性和可操作性，能够客观、准确的反应仿真结果的质量或性能，避免选择主观性强，难以量化的指标。
- c) 常用评价指标选择，一般包括：
 - 1) 城市居民出行效率评价：通过平均出行距离/时耗，85百分位出行距离/时耗，居民出行延误比等评价指标评估城市居民出行效率。
 - 2) 公交系统运行效率评价：通过对公共交通分担率、公交运营车速、公交复线系数、公交满载率等指标评估公交系统运行效率及服务水平。
 - 3) 道路网络运行效率评价：通过分析路网平均行程车速、干道拥堵率、区域交通指数等指标对道路网络在运输过程中的性能、效益和服务水平进行全面评估。

- 4) 交叉口运行效率评价：通过对交叉口拥堵率、节点平均饱和度、交叉口排队长度、节点负荷均衡度、交叉口延误等指标评估单个交叉口运行效率及服务水平。
- 5) 环境影响与能源消耗评价：通过对单位客运周转率能耗、全网络能源消耗总量、路网各大气污染物排放量等指标评估和预测建设项目所处环境可能产生的影响及能源消耗情况。
- 6) 交通系统经济性能评价：通过对居民出行时间成本、交通系统运营成本、居民广义出行成本、车均运营等成本评估交通系统在经济效益方面的表现。
- 7) 交通系统安全性评价：通过计算车速标准差、碰撞暴露时间、碰撞时间等评价安全性。

9.3 仿真评价分析

提供仿真评价分析并形成相应报告，帮助用户了解仿真建模应用效果、实现难度、实施方案，具体要求如下。

- a) 说明仿真区域确定依据，以及选取评价指标依据。
- b) 仿真分析应采用多方案比较，选取的评价指标应保持一致，量化或可视化展示比对方案之间的差异性。

T/ITS 0245-2024

中国智能交通产业联盟
标准
城市道路交通仿真系统应用流程导则
T/ITS 0245-2024

北京市海淀区西土城路 8 号（100088）
中国智能交通产业联盟印刷
网址：<http://www.c-its.org.cn>

2024 年 10 月第一版 2024 年 10 月第一次印刷