

团 体 标 准

T/CABBE JH2025002

城市空间规划应用城市交通流数据的技术 指南

Technical Guidelines for the Application of Urban Traffic Flow Data in Urban
Spatial Planning

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX-XX 发布

XXXX - XX-XX 实施

中国建筑节能协会 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 总体框架.....	4
4.1 交通流数据应用总体框架概述.....	4
4.2 交通流数据采集与处理.....	4
4.3 交通流指标体系.....	4
4.4 技术框架与应用场景.....	4
5 交通流数据采集与处理.....	5
5.1 数据采集来源.....	5
5.2 数据处理.....	6
5.3 数据融合.....	7
6 交通流指标体系.....	8
6.1 指标体系组成.....	8
6.2 基础指标.....	8
6.3 时序特征指标.....	9
6.4 空间特征指标.....	11
6.5 网络特征指标.....	11
7 技术框架和应用场景.....	12
7.1 技术框架.....	12
7.2 交通出行规划的应用场景.....	12
7.3 设施服务评价的应用场景.....	14
7.4 城市空间结构识别的应用场景.....	14
附 录 A（资料性） 典型城市交通流数据.....	16
附 录 B（资料性） 主要指标的计算方法.....	17
参 考 文 献.....	21

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—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。

本文件由中国科学院地理科学与资源研究所提出。

本文件由中国建筑节能协会归口。

本文件起草单位：中国科学院地理科学与资源研究所、北京大学、中国城市规划设计研究院、同济大学、上海同济城市规划设计研究院、北京玖典科技发展有限公司。

本文件主要起草人：李宝林、宋辞、裴韬、袁焯城、许立言、王佳文、张尚武、钮心毅、潘鑫、林永新、寇永霞、谢加琪。

引 言

城市交通流数据作为国土空间规划领域的关键动态信息源，其标准化应用已成为提升规划科学性、落实“双碳”目标、完善国家空间治理体系的重要技术路径。通过标准化技术框架，强化交通流数据对城市空间组织模式解析、低碳交通网络构建、区域产业协同布局的支撑能力，为国土空间规划全生命周期管理提供动态化、精准化的决策依据，助力“双碳”目标与空间治理现代化深度融合。

为解决交通流数据处理中，跨源数据融合建模、多尺度规划场景适配、智能化决策支持等核心问题，填补现有标准体系在国土空间规划专项应用中的空白，构建“数据驱动、动态优化”的智慧化规划体系提供技术支撑，制定本文件。

城市空间规划应用城市交通流数据的技术指南

1 范围

本文件规定了城市交通流数据在国土空间规划中的应用技术要求，包括数据采集、处理、融合、指标体系构建以及应用场景等方面的内容。

本文件适用于城市交通流数据在国土空间规划中的采集、处理、分析和应用，旨在提高国土空间规划的科学性和精准性，为国土空间规划编制、评估和监测提供技术支持。

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 51334-2018 城市综合交通调查技术标准

TD/T 1063-2021 国土空间规划城市体检评估规程

TD/T 1073-2023 国土空间规划城市时空大数据应用基本规定

T/CITSA 10-2021 城市交通时空大数据格式标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

交通流 traffic flow

交通流是在日常交通行为中产生的要素或对象流动。

注：交通流包括人流、车流、货物流等，通常由起点（O）、终点（D）以及流的属性组成的有序点对多元组表达。

3.2

交通流数据 traffic flow data

通过各种传感器、智能终端以及相关信息平台收集到的，与交通流相关的海量、多源、动态的数据集合。

注：通常包括 GPS 轨迹数据、手机信令数据、调查数据和传感器数据等。

3.3

轨迹 trajectory

用单参数点集描述运动点的路径。

[来源 GB/T 37119-2018, 3.3]

3.4

交通流流量 traffic flow volume

一段时间内通过某一空间单元的的交通流的总数量。

3.5

交通流距离 traffic flow distance

两条交通流的起点之间和终点之间距离的组合。

注：可以是最大距离，加和距离，平均距离或加权距离等。

3.6

交通流缓冲区 traffic flow buffer

到一条交通流的距离小于等于某一给定距离阈值的交通流位置集合，通常由起点位置集合和终点位置集合组成。

3.7

规划单元 planning unit

结合城市空间布局、规划管理要求以及城乡建设要求等划定的空间单元。

注：通常包括行政区单元、地块单元、格网单元等。

3.8

空间尺度 spatial scale

描述数据采集、使用或表达的最小空间单元大小的度量。

注：可以是省、市、区县等行政区划单元尺度、地块尺度或格网尺度。

3.9

时间尺度 temporal scale

描述数据采集、使用或表达的最小时间单元的度量。

注：可以是秒、分钟、小时、日等。

3.10

地理格网 geographic grid

按照一定的数学规则对地球表面进行划分而形成的格网。

[来源：GB/T 12409-2009, 3.3]

3.11

交通分析区 traffic analysis zone

政府或交通部门出于交通调查或规划等目的而划定的区域。

3.12

出行方式 travel mode

居民从出发地到目的地, 选择不同运载工具或步行, 完成位移的方式。

[来源 GB/T 32852.1-2016, 2.1.6]

3.13

出行分担率 travel mode share

某一出行方式所占的出行总量的比例。

注: 出行方式可以是步行、非机动车、公交车、私家车等。

3.14

可达性 accessibility

某个设施是否容易到达的便利程度。

注: 一般使用距离衡量, 也可以使用时间、金钱等进行衡量。

3.15

服务范围 service area

一个设施在可接受的服务条件下(如距离可达性、时间可达性等)能够有效覆盖并提供服务的地理区域。

3.16

盲点 blind spot

不在某个或某类设施服务范围内的区域或区域集合。

3.17

社区生活圈 community life unit

在适宜的步行范围内, 满足城乡居民全生命周期工作与生活等各类需求的基本单元。

注: 通常为15min步行范围。

3.18 [来源: TD/T 1062-2021, 3.2, 有修改]

功能区 functional area

城市中发挥特定职能、肩负一定职责的区域。

注: 如居住区、办公区、商业区等。

3.19

职住平衡 job-housing balance

某一区域居民中劳动者和就业岗位的匹配程度。

注: 可用区域内劳动者和就业岗位的数量比值, 即职住比衡量。若接近1则说明区域职住功能相对平衡。

3.20

网络 network

由具有无结构性质的节点与相互作用关系构成的体系。

注：例如，城市中不同区域可以视为节点，而区域间的交通流可以视为其相互作用关系，它们组成一个网络。

3.21

网络社区 network community

网络中密切相关的节点群体，这些群体内部的节点连接往往比外界连接更紧密，形成一种自然的“社区”结构。

3.22

中心度 centrality

衡量网络中节点的重要性或影响力的指标。

注：引申到国土空间规划领域，即为某一区域的重要性或影响力。

4 总体框架

4.1 交通流数据应用总体框架概述

城市空间规划应用中，城市交通流数据的总体框架包括交通流数据采集与处理、交通流指标体系、技术框架与应用场景三个模块，如图1所示。

4.2 交通流数据采集与处理

提出典型采集来源，包括 GPS 轨迹数据、手机信令数据、IC 卡数据等。明确不同数据源的时空尺度和质量要求。规定数据处理和数据融合的基本流程，确保多源数据的一致性和可用性。

4.3 交通流指标体系

从交通流的基础指标、时序特征、空间特征指标和网络特征指标四个维度构建指标体系，覆盖个体流属性、群体统计特征、空间关联及网络结构等指标。

4.4 技术框架与应用场景

支持交通出行规划、设施服务评价、城市空间结构识别等应用场景，实现数据驱动的国土空间规划决策等核心场景。

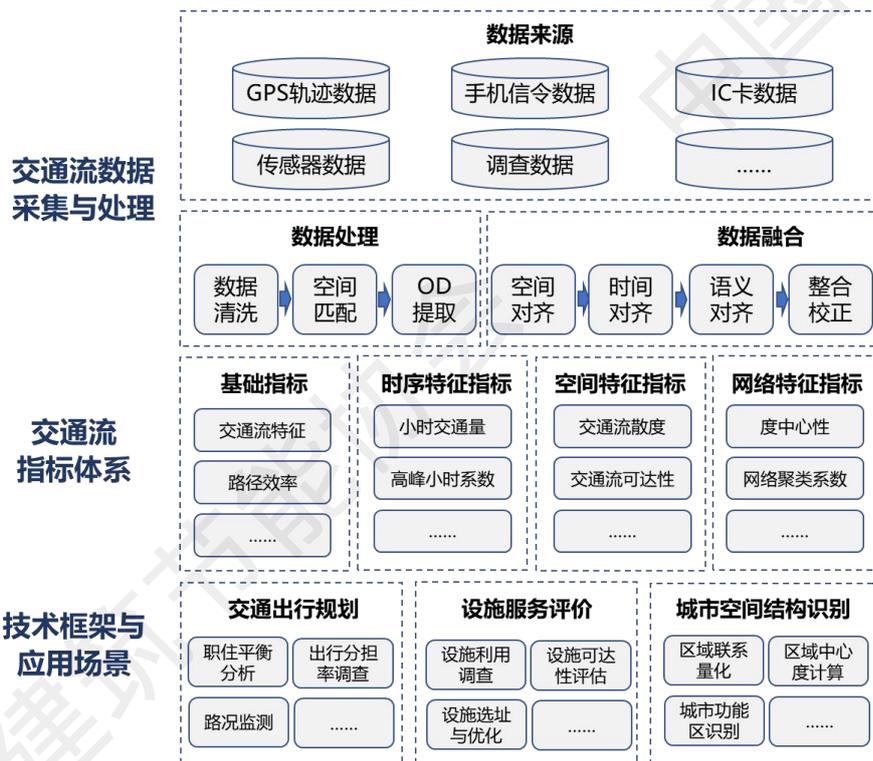


图 1 城市空间规划应用城市交通流数据的总体框架

5 交通流数据采集与处理

5.1 数据采集来源

5.1.1 总则

城市交通流数据的主要有GPS轨迹数据、手机信令数据、IC卡数据、传感器数据、调查数据等。附录A列举了部分典型城市交通流数据的数据来源、时间和空间粒度、应用场景等。涉及到的各种数据格式以及处理流程等应符合T/CITSA 10-2021和TD/T 1073-2023中的相关规定。

5.1.2 GPS 轨迹数据

使用GPS设备精确采集的时空轨迹数据，如出租车定位数据和共享单车定位数据等。数据内容通常包含车辆识别符、时间戳和对应时刻的位置等。

5.1.3 手机信令数据

基于手机基站定位得到的用户轨迹数据。数据内容通常包含用户编号、记录时间、所连接的基站编号和事件信息等。

5.1.4 IC 卡数据

乘坐公交车、地铁等公共交通工具时刷 IC 卡产生的数据，记录了乘客在出行过程中的进出站或上下车信息。数据内容通常包括卡号、刷卡时间、进出站点编号或名称、交通线路编号等。

5.1.5 传感器数据

5.1.6 使用监控摄像、电感线圈、地磁检测器、微波雷达等部署于固定位置的感知设备，采集到的车辆、交通事件等相关数据。数据内容通常包括设备识别符、记录时间、事件信息等。GB/T 29192-2012 调查数据

通过问卷调查，访谈或出行日记等方式采集的主观出行数据。数据内容通常包括出发地、目的地、出发时间、到达时间、交通方式、出行目的等。相较于其他数据，调查数据的交通流通常需要从文本等非结构数据中提取，因而处理方式较为特殊。

5.2 数据处理

5.2.1 数据清洗

数据清洗的目的是处理数据中的缺失、冗余和噪声等，确保数据真实可用。

a) 缺失。缺失指在数据集中，某些变量的值没有被记录、获取或存在的现象。总体而言，若缺失记录较少或可借助其他信息推断出，则应当设法填补；若缺失记录较多且难以推断，则应舍弃。

GPS数据、手机信令等数据的记录依赖于移动终端与服务端（如卫星、基站等）的远程无线交互记录，因而当设备故障、信号遮挡等情况下容易出现记录缺失。如果缺失记录时间较短，轨迹连续性较强，则可以通过插值、统计建模（如隐马尔可夫模型）或者机器学习等手段进行填补。如果缺失记录时间较长难以填补，则只能视为不同行程

IC卡数据可能会出现记录部分字段丢失和进出站记录不匹配的情况。若卡号、站点、时间等核心信息缺失则应当舍弃，否则可以通过逻辑推断填补或者直接填充默认值。

传感器数据会识别失败缺漏真实事件，导致估计流量偏低。可以通过与历史时段纵向对比或者与其他传感器横向对比检验观测值是否存在缺失。若存在缺失，可以使用邻近时段或历史同周期均值等代替，或者使用统计建模、机器学习等手段进行填补。

调查数据由人工采集，且文本内容多，缺失的情况也多种多样。例如被调查者未完整填写，遗漏部分出行等。此时应根据实际情况灵活处理。必要时重新展开调查。

b) 冗余。冗余指同一交通事件、出行行为或流量记录被重复采集或记录多次，形成相似或重复记录。对多条冗余记录可以仅保留代表性的一条，或者将多条记录聚合。

GPS数据的采样频率通常较高，约为2~30s/次。在车辆低速行驶或者静止时就容易出现大量重复记录。手机信令数据尽管采样频率相对较低，但若用户短时间多次交互（如频繁拨打电话）仍然可能大量重复记录。可以规定合适的时空窗口，在范围内仅保留一个，或者进行平均处理合成一个即可。

IC卡数据可能会由于重复刷卡等带来冗余。此时可以基于卡号、站点、时间等特征进行联合筛选，去除重复交易记录。

传感器数据会识重复识别事件。类似缺失情况，可以通过纵向或横向对比首先检验观测值是否存在冗余，然后使用其他值代替或者使用统计建模、机器学习等手段进行填补。

调查数据中可能存在重复调查、共同出行等情况。此时应详细对比行程内容，识别重复行程并去除。

c) 噪声。噪声是指由采集误差、填报错误等引入的不真实、不可靠、偏离常规的数据。噪声并没有实际意义，但会干扰数据分析，带来错误结果。处理噪声数据的难点在于识别，识别后直接剔除即可。

GPS数据、手机信令等数据由于传感器误差等情况可能会出现位置漂移，即数据突然跳到很远的位置的情况。对于这种数据可以计算相邻记录间的距离和移动速度等，若超过阈值则剔除。此外，对于手机信令数据，当附近有多个基站时，手机可能会频繁在多个基站间切换，产生“乒乓效应”，可以通过聚类、滑动滤波、区域聚合等方式识别并去除“乒乓效应”。

IC卡数据和传感器数据等都可能记录错误的信息。可以结合具体的业务逻辑对噪声记录进行识别并剔除。

调查数据中可能存在虚假回答或者回忆偏差等情况。应当结合常理判断调查数据是否真实合理。在设计调查时可以通过设置激励、制定门槛、合理设计问题、技术校验等方式尽可能保证回答的真实性。

5.2.2 空间匹配

空间匹配的目的在于将收集到的交通流原始数据与其正确地理坐标建立联系，包含坐标定位和路网匹配两步。

a) 坐标定位。一些数据没有准确的地理坐标，而是在其内容中隐含地理坐标信息，例如手机信令数据的位置由基站编号表示，出行调查数据的位置则由地址表示。此时需要提取这些数据中隐含的地理坐标信息。例如对于手机信令数据，应当引入基站信息库等辅助数据，将基站编号转化为对应的坐标。对于出行调查数据，则可以调用地理编码服务，将文本地址转化为坐标。

b) 路网匹配。一些数据受到道路路网的约束，如汽车轨迹数据等。但由于定位误差、采样稀疏等问题，其原始地理坐标并不在道路上。此时应当引入道路路网等辅助数据矫正轨迹位置。最简单的方式是将点匹配到最近邻道路上。复杂的方式有基于隐马尔可夫模型的方法，基于最短路径和空间约束的方法以及基于深度学习的方法等。

5.2.3 OD提取

OD提取的目的是从不同形式的交通流数据中抽取出OD流数据，实现出行流量的结构化表示。OD流应当包含起点坐标，终点坐标，出发时间，到达时间，语义信息等属性。

从GPS轨迹数据等连续轨迹数据中提取OD时，分为停驻点识别和轨迹分段两步。停驻点检测算法可以检测出连续轨迹中的停驻点，借此能够将一条连续轨迹分割为多条具有明确语义的子轨迹，具体算法包括基于时间阈值的方法、滑动窗口方法、基于聚类的方法、基于特征的方法和机器学习方法等。识别出驻留点后，每段子轨迹的起止点可视作一次出行的起点，从而构建OD流。

从IC卡数据等提取OD时，通过识别上下车事件对构建OD流。在数据不完整的情况下，需结合线路运行信息或历史模式推断下车点。

从调查数据等文本数据提取OD时，应根据调查上下文信息获取OD流。

5.3 数据融合

不同数据源的数据在时间、空间、语义信息等层面往往存在差异。为实现多源数据综合分析，提高数据的可靠性和准确性，需要采用数据融合技术，得到更为全面和精确的结果。具体需要对多源数据实现时间、空间以及语义上的对齐，然后，在此基础上通过各类统计方法对多源数据进行整合校正，形成比单一数据源更精确、更完整的结果。

5.3.1 空间对齐

不同数据源的空间精度和坐标系存在差异。GPS数据的精度在10m左右，手机信令数据的精度约为300m~1000m，IC卡数据和传感器数据的精度依赖于站点位置，调查数据的精度则受具体调查内容影响。此外，GPS数据中的空间信息往往是基于地理坐标系的经纬度，而其他数据则可能基于各种不同投影坐标系。

在空间融合过程中首先应当明确基本空间单元及其坐标系。空间单元可以是地理格网、街区、交通分析区、行政区（街道乡镇或区县等）等。坐标系处于分析简便，通常采用适合研究区域的投影坐标系。然后将各种数据投影到相应坐标系并对齐到相应空间单元。若源数据精度优于空间单元，可以选择特征点或进行聚合；若劣于空间单元，则可以采用插值、统计假设或机器学习等方法进行降尺度推断。

5.3.2 时间对齐

不同数据源的时间精度和格式存在差异。实时采集的数据一般附有精确到秒的采集时间，而调查数据往往只能精确到小时。就时间格式而言，GPS通常采用周计数+周内秒数的方式，传感器数据等使用时间戳格式，而调查数据则以自然语言表示。

在时间融合过程中首先应明确基本时间单元及格式。时间单元可以是分钟、小时、日和周等。小的时间单元可以捕获细微的波动，而大的时间单元能够发掘长时序的规律。然后将各种数据对齐到相应时间单元。具体的升尺度和降尺度方式类似空间融合。

5.3.3 语义对齐

多源数据中，同一地理实体可能存在命名不一致、分类差异等语义冲突。通过实体匹配、分类标准转换和语义融合技术，实现地理对象和属性的一致性。必要时构建统一的语义词典或分类体系，减少融合过程中的语义歧义。

5.3.4 整合校正

不同数据源之间的相似性和差异性是多源数据整合校正的基础。例如，手机信令、GPS轨迹、IC卡、调查记录都记录了某一时段的交通流信息。同时各类数据源又有其独特的数据特征，例如，手机信令数据记录的交通流覆盖人数较多，但空间精度较低，也无法记录其交通方式；GPS轨迹数据有精细的时空位置记录，可以准确计算个体交通流速，拥堵等信息，但其数据样本相对较小，覆盖有限；IC卡记录了公交或地铁这些特定公共交通方式的交通流，但其出行记录缺乏完整性，需要通过推理得出完整出行链信息。这些数据可以通过统计分析方法以及机器学习方法对实际的交通流量、流速、分担率、出行效率等特征进行推理、插值、整合、校正等，最终得到比单一数据源更精确、更完整、更丰富的交通流数据。

6 交通流指标体系

6.1 指标体系组成

交通流大数据的指标体系由基础指标、时序特征指标、空间特征指标和网络特征指标构成。

6.2 基础指标

描述个体流属性与群体统计特征指标，用于交通出行与设施服务分析。

6.2.1 交通流特征

描述交通流的基本指标，包括流动方向、流动距离、流动时间和流动速度等。

6.2.2 路径效率

衡量出行路径的直线程度或最优程度，使用流动距离除以实际轨迹长度获得。数值在(0, 1]之间，越接近1，表示出行路径越接近最短路线，路径效率越高。

6.2.3 交通流可达性

交通流可达性从流的角度衡量交通服务的便捷程度。不仅考虑出发地（起点）周围交通设施的可达性，还同时考虑目的地（终点）周围交通设施的可达性。对于给定交通流A，其对于某一交通服务的可达性可定义为出发点（起点）到交通设施与交通设施到目的地（终点）的成本（如距离、时间等）之和。

6.2.4 平均出行时间

群体在某一时段内所有出行个体的出行时间的平均值。

6.2.5 平均出行距离

群体在某一时段内所有出行个体的出行距离的平均值。

6.2.6 出行标准差椭圆

衡量区域出行的指标。对于从一个区域出发（或到达一个区域）的流，提取其所有目的地（或出发地）绘制标准差椭圆，此时标准差椭圆的中心代表目的地（或出发地）的几何中心，面积代表出行范围的大小，方向代表出行的主要方向。

6.2.7 交通流散度

参照香农熵的概念，用于衡量交通流的方向集中度。数值越大则证明交通流的方向分布越均衡，没有在某一个方向上集中。公式见附录B。

6.2.8 方向分布系数

衡量同一道路交通流往返两个方向的流量的差异，使用主要行车方向流量除以双向行车方向总流量获得。

6.2.9 出行分担率

使用某种交通方式的流量占总流量的比例。交通方式可以是步行，非机动车出行，公共交通出行或私家车出行等。

6.3 时序特征指标

描述流量等特征时序变化指标，用于交通分析与绿色出行规划设计。

6.3.1 小时（日、周、月、年）交通量

在一小时（一日、一周、一个月、一年）中通过某一空间单元的交通流量。

6.3.2 周（月、年）平均日交通量

在一周（一个月、一年）中通过某一空间单元的日流量的平均值。

6.3.3 月变系数

反映月流量的波动程度。使用年平均日交通量除以当月平均日交通量获得。

6.3.4 周变系数

反映一周各天流量的波动系数。使用年平均日交通量除以全年某周内各天的平均日交通量获得。

6.3.5 高峰小时

在一天中交通流量最高的小时。对于城市道路，一天的交通流量分布一般呈现马鞍形，有早晨和晚上两个高峰。

6.3.6 高峰小时流量比

衡量流量在高峰与平峰的差异。使用高峰小时流量除以日交通量获得。

6.3.7 高峰小时系数

衡量高峰小时中流量的分布不均衡程度。使用高峰小时流量除以高峰小时内高峰子时段的交通量扩大为一小时的交通量（即流率）获得，公式见附录 B。

6.3.8 第 30 位小时交通量

将一年中 8760h 的交通量观测值从大到小排序，排在第 30 位的小时交通量称为第 30 位小时交通量。依此确定道路设计小时交通量能满足 99.66% 时间内的交通需求。

6.3.9 交通量年平均增长率

衡量交通流量在一段时间内每年相对于前一年增长的百分比。公式见附录 B。

6.3.10 交通量年平均增长率

衡量道路资源是否被有效利用程度的一个指标。使用一段时间内实际交通流量除以道路的通行能力获得。数值越大则道路越被有效利用。

6.3.11 交通流时序熵

参照香农熵的概念，用于衡量交通流的时间集中度。数值越大则证明交通流在时间上的分布越均衡，没有显著的流量变化。公式见附录 B。

6.3.12 小时（日、周、月、年）均流速

在一小时（一日、一周、一个月、一年）中通过某地的所有交通流的平均流动速度。

6.3.13 百分位流速

表示在一段时间内有百分之多少以上的交通流的流动速度大于该速度。

6.4 空间特征指标

分析流量等空间特征指标，用于分析城市人群活动与设施服务，描述空间关联与功能区划。

6.4.1 交通流莫兰指数

莫兰指数衡量流的空间自相关性。莫兰指数若为较大正值，则证明交通流量相似的倾向于聚集；莫兰指数的数值若为较大负值，则证明交通流量相似的倾向于远离；莫兰指数的值若接近 0，则证明交通流不存在显著空间自相关。

具体有交通流全局莫兰指数和交通流局部莫兰指数两种。前者衡量交通流整体的空间自相关情况，而后者衡量某条流局部是否存在空间自相关。公式见附录 B。

6.4.2 交通流 G 统计量

G 统计量衡量流的空间聚类模式。与莫兰指数不同，G 统计量能够探测流数据是否存在高流量或者低流量的空间聚集。G 统计量若为较大值，则说明存在交通流量的高值聚集；G 统计量若为较小值，则说明存在交通流量的低值聚集。

具体有交通流全局 G 统计量和交通流局部 G 统计量两种。前者衡量交通流整体的空间聚类模式，而后者衡量某条流局部是否存在空间聚集。公式见附录 B。

6.4.3 交通流分形维数

量化交通流的分形特征。分形维数越大，说明交通流在空间中填充得越密集和复杂。最常用的计算方式是盒子计数法。

在盒子计数法中，盒子作为流空间中的基本单元，而非空盒子则指包含有流的起点（O 点）和终点（D 点）的盒子。当盒子边长趋近于 0 时，非空盒子数与盒子边长的比值即为交通流的分形维数。公式见附录 B。

6.4.4 交通流 K 函数

K 函数衡量流的空间异质性随尺度的变化情况，是以任意流为中心、给定半径的范围内，除该中心流外所包含流的数目的归一化期望。K 函数越大，证明在当前半径范围内流越聚集。公式见附录 B。

6.4.5 交通流 I-index

参考衡量科研人员学术影响力的 H-index，反映地点的中心性。相较于其他中心性指标，交通流 I-index 综合考虑了到访某一地点的交通流长度和交通流量的影响。计算方式见附录 B。

6.5 网络特征指标

描述不同层级交通流网络特征指标，用于分析城市职住关系以及城镇区域空间结构特征。

6.5.1 度中心性

反映节点与网络中其他节点发生直接联系的可能性大小。数值越大反映节点与网络中其他节点的

联系越强。公式见附录 B。

6.5.2 邻近中心性

反映给定节点到所有节点的最短距离和的大小。数值越小反映节点到网络中其他节点的距离越短，在网络中越处于中心的位置。公式见附录 B。

6.5.3 介数中心性

反映节点在网络中的中转和衔接功能，用所有节点对间的最短路径经过给定节点的次数和衡量。数值越大反映节点在网络路径中处于越重要的位置。公式见附录 B。

6.5.4 特征向量中心性

特征向量中心性同比度中心性更具层次性，它不但考虑节点间的连接性，同时考虑了节点的重要性。给定一个网络的邻接矩阵，公式见附录 B。

6.5.5 PageRank 中心性

通过 PageRank 算法求解得到的节点中心性为 PageRank 中心性。PageRank 中心性类似特征向量中心性，同时考虑节点的连接性和重要性，但通过随机游走的方式增强了计算的鲁棒性和稳定性，效果更好。

6.5.6 平均最短路径长度

网络中所有最短路径的平均长度，衡量网络的整体效率。公式见附录 B。

6.5.7 网络聚类系数

衡量网络中节点邻居之间相互连接程度。公式见附录 B。

6.5.8 模块度

模块度是评价网络划分合理性的重要指标，用于衡量划分后社区内部连接的密集程度与随机网络预期连接的差异，给定一个网络划分为若干社区，模块度越大，表示社区内部节点之间的连接越紧密，而社区之间的连接则相对稀疏，即社区划分得越好。公式见附录 B。

7 技术框架和应用场景

7.1 技术框架

城市空间规划技术框架以多源交通流数据为基础，经采集、清洗、融合形成时空数据库；通过计算基础、时序、空间、网络等多维指标，结合聚类、重力模型等算法分析；最终应用于交通出行、设施评价、空间结构划分等场景，实现数据驱动的规划决策。本文件重点阐述城市空间规划过程中的技术部分，而城市空间规划过程中的工作原则、工作组织、工作流程等应参照 TD/T 1063-2021 的有关规定执行。

7.2 交通出行规划的应用场景

7.2.1 总则

适用于交通出行规划的应用场景包括但不限于以下：

- a) 职住平衡分析；
- b) 出行分担率调查；
- c) 路况监测；
- d) 路网布局优化；
- e) 出行效率评价；
- f) 交通出行预测；
- g) 道路交通碳排放估算。

7.2.2 职住平衡分析的应用方法

将城市划分为格网（可选择 500m 或 1km）或其他基本单元。收集若干天的手机信令数据，从手机信令数据中提取用户格网级别的出行轨迹。对于每个用户，选择其夜晚时段（如 21:00-次日 7:00）驻留最久的网格作为其居住地所在网格。选择其日间时段（如 9:00-17:00）驻留最久的网格作为其工作地所在网格。汇总每个基本单元被认定为工作地和居住地所在网格的次数，即可获得每个基本单元的职住平衡情况。

进一步，连接每个用户的居住地和工作地，就可以得到城市通勤流数据。可以计算通勤流的平均长度、平均时间等群体统计指标，也可以从中提取主要通勤流（从某一区域到另一区域的流量值大）、超长通勤流（如大于 40km 或超过 1h）等进行具体分析。

7.2.3 出行分担率调查的应用方法

基于调查数据计算各种出行方式的出行分担率时。参考 GB/T 51334 -2018 中关于居民出行调查的有关规定，在调查前应事先收集历次居民出行调查及其他交通调查资料、人口资料等材料，在研究区域中按一定抽样原则确定调查对象。记录居民在调查时段中每次出行的出行时间、出行方式等信息，汇总得到不同出行方式的出行量，除以出行总数即得到不同出行方式的出行分担率。

也可以基于大数据，如手机信令数据计算各种出行方式的出行分担率。首先从手机信令数据中提取驻留点，获得分段的出行轨迹。随后计算出行速度、出行距离等指标，根据规则区分每一段出行轨迹的出行方式。例如，若出行流距离短，平均速度小于 5km/h，可以认为是步行；若出行流沿主要公共交通干线，O 点和 D 点靠近交通站点，则可以认为是公共交通出行。若平均速度高，可以认为是私家车出行。如果有出行流的出行方式已知（如志愿者数据或调查数据），则可以尝试使用机器学习或深度学习方法进行判断。在确定所有出行流的出行方式后，使用不同出行方式的出行分担率，除以出行总数即得到不同出行方式的出行分担率。

7.2.4 路况监测的应用方法

首先收集长时段的出租车 GPS 轨迹数据（建议至少大于 1 周）。将轨迹数据与道路数据匹配，获取每条轨迹通过各个路段的用时。对于每个路段，对所有轨迹通过本路段的时长汇总后使用正态分布拟合，即可得到该路段的通行时间概率分布函数。

随后实时收集出租车 GPS 轨迹数据。同样将轨迹数据与道路数据匹配，获取每条轨迹通过各个路段的用时，并且与该轨迹通行时间的概率分布函数相匹配。若短时间内多条轨迹的通行时间均大于阈值（如超过均值+3 个标准差），即可以认为当前路段发生拥堵。

7.3 设施服务评价的应用场景

7.3.1 总则

适用于设施服务评价的应用场景包括但不限于以下：

- a) 设施利用调查；
- b) 设施可达性评估；
- c) 设施选址与优化。

7.3.2 设施利用调查的应用方法

首先划定目标设施的空间范围。使用出租车 GPS 轨迹、手机信令数据等提取出行流后，筛选出所有 D 点位于目标设施空间范围的流作为设施的利用流。考虑到数据误差，可以适当扩大空间范围，如认为 D 点在目标设施边界小于 100m 的流是设施的利用流。也可以考虑设施和周边环境的综合情况具体分析。例如对于商场和公园等，应去除营业时间外的流。

获得设施的利用流后，便可以计算各种指标。从基础指标上，可以计算总体流量、流密度等；从时序特征熵上，可以计算小时流量、日流量、峰值时段、峰值流量、波动系数等。从空间特征上，可以计算空间熵、流散度、流空间范围等。通过这些指标便可以较好地刻画设施利用情况。

7.3.3 设施可达性评估的应用方法。

首先，明确评估区域内的人口分布以及目标设施位置。人口分布可以通过统计调查数据获取，也可以使用手机信令数据，选择每个用户夜晚时段（如21:00-次日7:00）驻留最久的位置确定。随后，构建每个单元起点单元到最近设施的出行路径与出行成本。出行成本可以使用出行距离或出行时间等衡量，前者可以基于道路进行网络分析获得，后者可以结合出行速度进行理论计算，也可以从GPS轨迹数据、手机信令数据等中实际测量。

基于上述路径和成本，可以构建如下典型可达性指标。如平均可达性（区域内人口到达最近设施的平均距离或时间）；服务覆盖率（设定一个服务阈值，如15min，统计在该阈值范围内的受益人口占比）；设施压力指数（将区域内人口与设施可达性相结合，反映设施在空间上的供需匹配情况）等。

7.4 城市空间结构识别的应用场景

7.4.1 总则

适用于城市空间结构识别的应用场景包括但不限于以下：

- a) 区域联系量化；
- b) 区域中心度计算；
- c) 城市功能区识别；
- d) 城市范围界定。

7.4.2 区域联系量化的应用方法

首先将城市划分为格网（可选择 500m 或 1km）或其他基本单元。在此基础上，收集并整理区域内的交通流数据，可按不同时段（如日高峰、平峰、全天等）提取流动特征。通过将个体出行数据在空间上聚合，获得不同区域之间的流动关系，由此构建区域间的流动网络，其中节点表示空间单元，边表示两个单元间的流动强度。在构建流动网络的过程中，如果有多源数据，可以将多源数据融合得到综合的联系强度指标；也可以用不同数据代表不同层面的流动关系，得到多层次网络结构。

得到流动网络后可以计算各种指标反映区域之间的联系强度。如交通量、平均交通量、交通量增长率等反映了区域联系在时间上的变化特征，交通流莫兰指数、交通量 G 统计量和交通量 K 函数等则反映了区域联系在空间上的变化特征。进一步地，应用 Louvain 等社区划分算法可以对区域进行社区划分，提取其中联系密切的区域组合；应用重力模型等可以对区域联系强度的影响因素进行探究。

7.4.3 区域中心度计算的应用方法

格网划分和流动网络提取的步骤同 7.4.1 中区域联系量化中一致。

衡量区域中心度时，可以选择网络特征，如入度中心性，出度中心性衡量了区域作为吸引地或出发地的强度，特征向量中心性和 PageRank 中心性等则衡量了区域在网络中的传播能力与重要程度。也可以选择 I-index 等传统空间特征指标。

基于中心性指标进行分级后，可以对区域进行等级划分，构建区域等级网络结构。

7.4.4 城市功能区识别的应用方法

首先将城市划分为格网（可选择 500m 或 1km）或其他基本单元。然后使用手机信令或其他交通流数据提取区域的长时序流量特征（建议至少一天）。不同的流量时序变化反映着不同的功能区类型。例如，居民区在日间人流量低而夜间人流量高；办公区在日间人流量高而夜间人流量低；商业区人流量总体偏高，在节假日尤为突出；工业区人流量总体偏低等等。

具体算法方面，可以通过制定一系列规则进行人工提取；或者首先基于流量序列进行聚类后，分析每个类别对应的标签。也可以采取机器学习的方法，首先人工标注一部分功能区，然后训练算法自动分类。如果有其他辅助数据，如 POI、道路等也可以融入以提高准确率。

附录 A
(资料性)
典型城市交通流数据

典型城市交通流数据见表A.1。

表 A.1 典型城市交通流数据

数据名称	数据来源	时间粒度	空间粒度	应用场景
出租车轨迹数据	由安装在出租车上的GPS装置根据固定时间间隔采集位置上报	约 2 ~ 30 s/次	约 5~10m	<ul style="list-style-type: none"> ● 拥堵路段识别 ● 城市区块社区划分
共享单车轨迹数据	由安装在共享单车上的GPS装置根据固定时间间隔采集位置上报	约 5 ~ 30 s/次	约 5~20m	<ul style="list-style-type: none"> ● 公共交通接驳情况评估 ● 慢行交通环境评价
公交车和地铁刷卡数据	在公交车上下车或者地铁进出站时, 刷卡交易产生的记录	秒级(每次刷卡)	站点级	<ul style="list-style-type: none"> ● 城市通勤流提取 ● 公共交通布局优化
手机信令数据	移动通信网络中手机与基站之间交换的控制信息	约 1 ~ 15min/次	约 300 ~ 1000m	<ul style="list-style-type: none"> ● 城市人口动态监测 ● 人群行为
地图迁徙数据	地图服务平台通过其用户位置信息推算出的城市内或城市间人口迁徙流动趋势	小时级、日级、月级或年级	行政区级(市级、区县级或乡镇街道级)	<ul style="list-style-type: none"> ● 区域人口流动监测
交通探头数据	安装在道路上的交通探头拍摄车牌获得车辆通过情况	秒级(每次拍摄)	路口级	<ul style="list-style-type: none"> ● 交通流量统计 ● 路径选择行为研究
电子收费数据	收费公路收费站拍摄车牌获得车辆进出收费公路的站点和时间	秒级(每次经过收费站)	站点级	<ul style="list-style-type: none"> ● 交通流量统计
出行日志调查	政府部门组织的, 调查人员入户对居民的出行轨迹进行调查记录	小时级(调查当日或连续数日的时间表)	地址级	<ul style="list-style-type: none"> ● 居民出行特征分析

附录 B
(资料性)
主要指标的计算方法

主要指标的计算方法见表B.1

表 B.1 主要指标的计算方法

指标类型	指标名称	计算方法
基础指标	交通流散度	$S = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2(p_i)$ <p>式中： n——方向区间的数目，可为 30°、45° 等； p_i——第 i 个方向区间的流量占总流量的比例</p>
时序特征指标	高峰小时系数	$PHF = \frac{V_T}{N \cdot V_{max}}$ <p>式中： V_T——高峰小时内的总交通量； N——高峰小时内的子时段数量； V_{max}——该小时内某一子时段的最大交通量</p>
	交通量年平均增长率	$r = \left(\frac{V_2 - V_1}{V_1 \cdot \Delta n} \right) \times 100\%$ <p>式中： V_i——i 年份的年交通流量； Δn——年份差</p>
	交通流时序熵	$H = \sum_{t=1}^T p_t \log_2(p_t)$ <p>式中： p_t——t 时段的流量占总流量的比例</p>
空间特征指标	交通流莫兰指数	<p>交通流全局莫兰指数</p> $I^F = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}^F} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}^F (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$ <p>式中： n——流的总数目； x_i——流 i 的流量值； \bar{x}——研究区内所有流的平均流量值； w_{ij}^f——流 m_i 和 m_j 之间的空间权重值。</p> <p>交通流局部莫兰指数</p>

		$I_i^F = \frac{(n-1)(x_i - \bar{x})}{\sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})^2} \left[\left(\sum_{j=1}^n w_{ij}^F (x_j - \bar{x}) \right) - (x_i - \bar{x}) \right]$ <p>式中符号含义同上</p>
交通流G统计量	交通流全局 G 统计量	$G^F = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}^F x_i x_j}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j}, (\forall i \neq j)$ <p>式中： n——流的总数目； x_i——流i的流量值； w_{ij}^F——流x_i和x_j之间的空间权重值。</p> <p>交通流局部 G 统计量</p> $G_{kl}^F = \frac{\sum_{p,q} w_{kl,pq}^F x_{pq} - \sum_{p,q,(p,q) \neq (k,l)} w_{kl,pq}^F \bar{x}}{s \sqrt{(n-1) \sum_{p,q,(p,q) \neq (k,l)} (w_{kl,pq}^F)^2 - (\sum_{p,q,(p,q) \neq (k,l)} w_{kl,pq}^F)^2}}$ <p>式中： n——流的总数目； x_{pq}——流F_{pq}的流量； \bar{x}——研究区内所有流的平均流量值； s——研究区内所有流的标准差； $w_{kl,pq}^F$——流F_{kl}和F_{pq}之间的空间权重</p>
交通流分形维数		$D_{\text{box}}^f = - \lim_{r \rightarrow 0} \frac{\ln N(r)}{\ln(r)}$ <p>式中： r——盒子边长(m)； $N(r)$——非空盒子数</p>
交通流K函数		$K(r) = \frac{\sum_i \sum_j \sigma_{f_i, f_j}(r)}{n \lambda_f} (i, j = 1, 2, \dots, n; i \neq j) (m^4)$ <p>式中： r——流之间的距离(m)； n——研究区内流的数目； $\sigma_{f_i, f_j}(r)$——距离判别函数，当流f_i和f_j的距离不超过r时为1，否则为0； λ_f——流密度。可用流数目除以研究区域面积的平方获得(1/m⁴)</p>
交通流I-index		<p>对于区域内的地点j ($j = 1, 2, \dots, n$)，流入该地点的流量记为N_j，将这些流的长度降序排列可构成一个数组：</p> $D_j = (d_j^1, d_j^2, \dots, d_j^{k_j}, \dots, d_j^{N_j}) (k_j = 1, 2, \dots, N_j)$ <p>式中： k_j——D_j中流长度的排名；</p>

		$d_j^{k_j}$ —— D_j 中排名第 k_j 的流长度(m)。 地点 j 处流的 I-index I_j 表示最多有 I_j 条流的长度大于或等于 $\alpha \cdot I_j$, 其中 α 是转换因子, 可根据实际情况确定
网络特征指标	度中心性	$C_D(i) = \frac{deg(i)}{n-1}$ 式中: $deg(i)$ ——节点 i 的度; n ——网络节点数
	邻近中心性	$C_C(i) = \frac{n-1}{\sum d(i,j)} (j \neq i)$ 式中: $d(i,j)$ ——节点 i 到节点 j 的最短距离(m); n ——网络节点数
	介数中心性	$C_B(i) = \sum \frac{\sigma_{st}(i)}{\sigma_{st}} (s \neq i \neq t)$ 式中: $\sigma_{st}(i)$ ——所有从 s 到 t 的最短路径中, 经过节点 i 的路径数; σ_{st} ——从 s 到 t 的最短路径总数
	特征向量中心性	$C_E(i) = \frac{1}{\lambda} \sum_{j=1}^n a_{ij} C_E(j)$ 式中: $C_E(j)$ ——节点 j 的中心性分数; a_{ij} ——网络邻接矩阵, i 到 j 有边则为 1, 否则为 0; λ ——网络邻接矩阵的最大特征值; n ——网络节点数
	平均最短路径长度	$l = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} (i \neq j)(m)$ 式中: d_{ij} ——节点 i 到节点 j 的最短距离(m); n ——网络节点数
	网络聚类系数	$C_i = \frac{2e_i}{deg(i)(deg(i)-1)}$ 式中: $deg(i)$ ——节点 i 的度; e_i ——节点 i 的邻居节点之间实际存在的边数
	模块度	$Q = \frac{1}{2m} \sum_{i,j} \left[a_{ij} - \frac{k_i k_j}{2m} \right] \delta(c_i, c_j)$ 式中: a_{ij} ——网络邻接矩阵, i 到 j 有边则为 1, 否则为 0;

		k_i ——节点 <i>i</i> 的度； m ——网络中边的总数； c_i ——节点 <i>i</i> 所属的社区编号； $\delta(c_i, c_j)$ ——社区指示函数，当 $c_i = c_j$ 为 1， 否则为 0
--	--	---

参 考 文 献

- [1] GB/T 12409-2009 地理格网
- [2] GB/T 32852.1-2016 城市客运术语 第1部分：通用术语
- [3] GB/T 37119-2018 自发地理信息收集处理规范
- [4] TD/T 1062-2021 社区生活圈规划技术指南