附件 2-3

中国地理学会团体标准编制说明

一、 标准背景、目的意义

1 标准背景

随着我国城市化进程持续推进，城市人口规模扩大以及人口跨区域流动更为频繁，人口活动的时空异质性与不确定性显著增强，城市治理也对人口精细化管理、公共服务供给优化与风险防控能力提出了更高要求。《“十四五”数字经济发展规划》（国发〔2021〕29 号）提出统筹推动新型智慧城市建设、推动城市数据整合共享与业务协同，提升城市治理科学化、精细化、智能化水平。《新型智慧城市评价指标》（GB/T 33356—2022）将城市治理纳入智能服务应用的重要内容，强调汇聚“人、地、事、物、情、组织”等多源数据以支撑城市常态化运行和应急指挥。《“数据要素×”三年行动计划（2024—2026 年）》（国数政策〔2023〕11 号）进一步指出，应依托客流、消费行为、交通状况与人口分布等市场环境数据，形成“数据收集—分析—决策—精准推送—动态反馈”的闭环应用体系。

人口时空分析是支撑国土空间规划实施、公共服务优化配置、交通运行调度与应急管理的基础性工作，而城市人口分析单元是人口时空分析模型表达、特征统计、计算操作与可视化呈现的基本空间对象。当前实践中，人口分析单元的构建仍面临三类突出问题：一是方法体系偏静态，过度依赖固定尺度格网或行政边界，难以刻画节假日、重大活动、灾害冲击等动态场景下的人口时空重构需求，导致分析结果滞后、场景适配能力不足；二是数据驱动条件下单元划分易受数据质量与时空分辨率制约，存在泛化能力不足、人工干预频繁、可重复性弱等问题，影响治理决策的客观性与时效性；三是现有标准与规范尚缺乏对人口分析单元—城市场景—语义属性一体化描述与关联机制的系统规定，造成跨领域数据融合成本高、结果解释链条弱、应用协同困难。因此，有必要以标准化方式，建立面向城市场景的人口分析单元划分与形式化表达规范，为数字中国、智慧城市与公共安全治理提供关键的数据与方法支撑。

2 目的意义

本标准制定的目的在于形成统一、科学、可复用的城市人口分析单元划分技术框架：其一，规定人口分析单元的形式化表达与数据模型，明确其空间、时间、语义及城市场景要素的组织方式，形成可共享、可交换、可追溯的标准化数据表达框架，提升单元描述的规范性与普适性。其二，提出面向城市场景的专题单元构建流程与多尺度组织方式，支持按任务需求进行单元重构、聚合与动态更新，增强人口时空表征能力，为国土空间规划、交通出行、公共卫生、应急与灾害管理等场景提供可直接落地的技术路径。其三，规范城市场景语义与人口分析单元属性的关联机制，促进人口、设施、道路、遥感、活动数据等跨域要素的协同组织与融合分析，为政府部门、企事业单位和社会组织在资源配置、公共服务优化与商业决策等领域提供统一的单元划分技术依据与操作规范。

本标准的制定将具有显著的实践价值与社会效益：在学术方法层面，通过构建城市场景、语义与时空单元的统一框架，推动人口地理学与城市地理学在多粒度时空对象建模、场景化计算与可解释性表达方面的方法创新，并为人工智能+社会治理提供更高质量的空间对象与数据组织基础。在城市治理层面，标准化的人口分析单元有助于提升城市运行监测、公共服务评估、交通调度与应急指挥的精细化能力，契合公共安全治理事前预防导向，支撑对灾害与突发事件中人口聚集区识别、资源快速投放与响应效率评估等关键任务。在区域协调与国土空间治理层面，标准化单元为分区分类用途管制、功能区识别与设施布局优化提供统一的统计与计算载体，增强规划实施的可计算性与可比较性。在数字经济与产业应用层面，统一的空间单元与表达规范有利于降低跨部门、跨平台的数据对接成本，促进数据要素流通与价值释放，支撑消费生态、商业选址与运营优化等应用，并推动数据市场建设与数据治理规范化落地。综上，本标准面向数字中国建设、国土空间治理现代化与公共安全能力提升的现实需求，为智慧城市与高质量城镇化发展提供基础性、通用性、可扩展的人口分析单元划分技术支撑。

二、 工作简况

1 任务来源

根据中国地理学会《关于 2024 年中国地理学会团体标准(第一批)立项的公示》，团体标准《城市人口分析单元划分技术规范》被列入立项名单，主编单位为武汉大学。

2 协作单位

本标准由武汉大学作为主编单位和主要起草单位，湖北省自然资源厅信息中心、武汉市测绘研究院、武汉市自然资源和规划信息中心、吉奥时空信息技术股份有限公司作为参编单位，负责标准调研、数据收集、论证、检验验证等工作。

3 主要工作过程

1）前期准备工作

2024 年 6 月，武汉大学根据《关于 2024 年中国地理学会团体标准（第一批）申报工作的通知》要求，基于已有的工作基础和标准工作开展情况，向中国地理学会提交了《城市人口分析单元划分技术规范》立项申请书。

2024 年 11 月，项目负责人进行《城市人口分析单元划分技术规范》立项答辩，向团体标准工作组专家汇报了立项背景、意义以及已有的工作基础等内容。

2024 年 12 月，中国地理学会印发《关于 2024 年中国地理学会团体标准(第一批)立项的公示》，团体标准《城市人口分析单元划分技术规范》被列入立项计划，主编单位为武汉大学。武汉大学作为主编单位成立了标准编制组，开展标准起草、征求意见等工作，标准编制组经过一系列的工作总结、调研分析、讨论，形成征求意见稿，各阶段工作和进度如下：

2）启动阶段

2025 年 6 月，武汉大学等主参编单位通过线下（武汉）和线上会议结合的方式组织了中国地理学会团体标准《城市人口分析单元划分技术规范》编制工作启动会暨第一次工作组会议，工作组学习了相关标准化文件，与会专家围绕规范初稿（第一稿）的章节安排、标准的范围、术语定义、技术内容以及标准文本的规范性、内容的可操作性等方面展开了深入讨论，提出了宝贵的优化建议。

3）起草阶段

2025 年 7 月-8 月，编制组在规范初稿（第一稿）的基础上，通过线上线下结合的方式与各参编单位建立沟通渠道，针对启动会上专家对标准初稿提出的建议，进一步开展调研与实验分析，并对各章节内容进行了梳理完善，形成规范第二稿。

2025 年 9 月-12 月，编制组通过函评的方式邀请中国地理学会工作组的专家对规范第二稿进行审阅，形成了若干意见，针对新一轮意见以及编制组内部多轮的沟通、修改和调整，形成了征求意见稿。

4）征求意见阶段：暂无。

5）送审阶段：暂无。

6）报批阶段：暂无。

三、 确定团体标准主要内容，包括技术指标、仪器设备、性能要求、实验方法、检验规则等的论据（包括试验、统计数据）

1 总体论据

本标准围绕城市人口分析单元划分技术内容，核心论据来源于三方面：

1）国家/行业既有标准的继承与一致性要求：包括《地理格网》（GB/T 12409-2009）、《中华人民共和国行政区划代码》（GB/T 2260-2007）、《县级以下行政区划代码编制规则》（GB/T 10114-2003）、《地理信息 简单要素访问 第 1 部分：通用架构》（GB/T 33187.1）、《城市道路工程设计规范》（CJJ37-2012）等；

2）城市人口分析任务对空间支撑的客观约束：包括人口活动的空间承载对象、道路/水系阻隔边界、场景语义对尺度与边界精度的差异化需求；

3）面向典型城市场景的试验分析：以武汉市、郑州市多源数据为例开展多场景的实证分析。

2 范围、引用文件与术语定义的论据

1）范围的确定

本标准规定了城市人口分析单元划分，包括单元划分原则、划分方法、形式化表达以及证实方法，适用于全国范围内城市人口分析与应用领域的人口分析单元划分工作。

2）引用文件

本标准主要内容的确定以继承既有规范，同时满足人口分析共性需求为论据。格网单元为保证与国家格网体系一致，划分原则与方法直接遵循《地理格网》（GB/T 12409—2009）；行政单元为保证统计口径与编码唯一性、边界衔接清晰，单元编码与区划体系遵循《中华人民共和国行政区划代码》（GB/T 10114—2003）与《县级以下行政区划代码编制规则》(GB/T 10114—2003)。形式化表达部分为确保空间参照、矢量数据组织与交换、时间与单位表示的规范统一，分别依据《地理信息 简单要素访问 第 1 部分：通用架构》（GB/T 33187.1）、《地理信息 矢量数据模型与存储规范》（GB/T 43156-2023）与《空间和时间的量和单位》（GB 3102.1-93）；涉及道路等级等工程语义的专题单元约束，参照《城市道路工程设计规范》（CJJ37-2012） 以保证与现有标准的衔接性与互补性。

3）术语定义

为保证术语口径与地理信息行业既有标准一致、便于跨部门数据对接与复用，本标准对格网、格网单元、行政区划等基础概念优先采用或引用 GB/T 12409—2009 与 MZ/T 092—2017 中已界定的术语定义，避免重复定义与歧义。

同时，针对城市人口时空分析的对象特征与标准的核心技术内容，本标准补充界定城市人口分析单元、原子单元、专题单元等关键术语。

3 划分原则的论据

标准将城市人口分析单元划分为格网、行政、专题三类，主要依据在于：格网单元具备规则结构、易于并行计算与快速统计，适用于大范围快速分析；行政单元对应政策实施与资源配置口径，适用于政府规划、区域发展、政策评估等需要反映行政边界影响的场景；专题单元面向精细化分析与特定需求构建，能够对边界精度、语义一致性、尺度可控性提出更强约束，适用于复杂社会经济活动分析、灾害应急、公共卫生等对分析精度要求更高的场景。

格网单元与行政单元的一般性原则需遵循国家相关规范，行政单元进一步补充了编码与边界衔接的一致性要求；专题单元通常面向高精度、强语义与多尺度应用需求，必须依托多源数据驱动的可扩展划分流程，在保证空间拓扑与几何一致性的前提下，形成可用于特定场景分析的有效单元，因此形成相应的划分原则。

4 划分方法的论据

4.1 格网单元划分

格网单元方法不再重复规定，直接遵守 GB/T 12409—2009 第 6 章，可以保证格网分级、网格编码与空间定位方式统一；便于与既有网格化管理与网格数据产品兼容；满足快速统计、网格化计算与大范围对比的工程需求。

4.2 行政单元划分

行政单元划分遵守 MZ/T 092—2017 相关规定，并与 GB/T 2260—2007、GB/T 10114—2003 编码规则保持一致，因为行政单元需要承载政策执行与公共资源配置，必须与法定行政区划体系一致，才能保证跨部门数据汇交、统计发布与决策解释的一致性与可追溯性。

4.3 专题单元划分

专题单元采用数据预处理、原子单元构建、特征提取、聚类融合的流程，其设计论据如下：

a）数据预处理与统一时空基准：多源数据（道路/水系/建筑物/人口活动/POI/影像）只有在统一坐标与时间基准下才可叠加计算，否则会引入系统误差。

b）原子单元划分的两种可选路径：

路径 1：利用建筑物轮廓增密点形成泰森多边形，并对同一建筑物增密点形成的泰森多边形进行融合。论据是建筑物是人口活动的基本承载对象，该路径可保证融合后的多边形内部应包含 1 个建筑物，从而形成可用于精细统计与行为建模的最小空间载体；

路径 2：采用道路/水系中心线构成路网分区。论据是道路/水系往往形成客观阻隔边界，能够更好表达宏观结构分隔；路网分区允许单元包含 0/1/多建筑，可用于以街区为对象的场景。

c）原子单元属性提取（附录 A）：专题单元必须数据驱动，因此规定原子单元应提取通用属性与场景属性，保证后续聚类有可解释、可复现的特征基础。附录 A 中道路等级、主干路等内容参照 CJJ 37—2012，保证工程语义一致。

e）聚类与融合规则（含≥50%主导面积占比）：

同类且相邻直接融合用于保证单元同质性与空间连续性；不同类融合需主导

类别面积占比不低于 50%用于避免复合单元语义失真，防止拼接后没有主导语义而难以解释；保持空间连续性、避免碎片化或孤立单元用于保障拓扑与可用性。这些规则的共同目标是把专题单元从几何拼接提升为可解释的场景空间对象。

5 形式化表达的论据

（1）空间基准

采用 2000 国家大地坐标系（CGCS2000）与高斯—克吕格投影属于国内自然资源、测绘与规划业务的通用基准选择，可显著降低跨部门数据对齐成本。空间参照系与要素访问架构引用 GB/T 33187.1，并建议用 WKT 描述，论据是 WKT 具有广泛软件兼容性，利于跨平台交换。矢量数据组织与存储引用 GB/T 43156—2023，保证单元数据作为矢量面要素在数据库/文件之间可一致存储与校验。

（2）时间基准

统一采用中国标准时间（UTC+8）并遵循 GB 3102.1—93 关于时间量与单位的规定。

（3）空间尺度基准

格网尺度分级直接遵循 GB/T 12409—2009，保证格网序列一致。行政尺度按国家行政区划体系自然分级，便于政策解释与统计发布。专题单元规定最小尺度为原子单元，并对最大尺度设置上界（平均面积不超过县级尺度平均面积），专题单元若无限聚合将退化为行政尺度或失去精细化分析意义；设置上界可确保专题单元仍服务于精度更高/特定需求的场景定位。

（4）概念模型与数据模型

采用 UML 表达概念模型，与 GB/T 28174.1—2011 的通用表达方式一致，便于标准化描述、系统开发与一致性校验。

信息更新机制（信息集/更新集/状态集）用于支撑可追溯与版本管理，人口时空数据与单元边界可能随时间更新，若无更新记录无法复现实验与审计应用过程；该机制也与地理信息数据管理的一般实践相一致。

6 证实方法的论据

本标准将证实目标明确为三类：划分逻辑一致性、流程可实施性、表达规范符合性，并给出可执行的检验步骤，其论据如下：

（1）试验区与数据要求

规定试验区面积不小于 10 km^2 且宜具备多源数据，是为避免样区过小导致统计不稳定、形态要素不充分的问题，并确保专题单元的流程（属性提取、聚类融合、拓扑检查）在真实城市复杂度下可操作。

（2）划分逻辑一致性验证

专题单元强调原子单元为封闭面要素，这是后续统计汇总、邻接关系构建与区域化聚合的前提条件，属于最基本的几何合法性要求。

（3）操作流程可实施性验证

通过随机抽样核查空间匹配关系与字段规范性，保证数据驱动原则落地：属性必须能被稳定提取且字段可用。

（4）表达规范符合性验证

将结果转换为第 6 章数据模型并进行拓扑与字段规则校验。

四、 主要试验（验证）的准确度、可靠性、稳定性分析和综述报告等

1 城市人口分析单元应用验证方法

1.1 格网单元

《地理格网》（GB/T 12409—2009）明确地理格网作为一种科学、简明的定位参照系统，可用于补充现有各类定位体系。其应用有助于提升空间信息集成效率，减少数据精度损失与资源消耗。随着地理信息系统技术的普及，基于格网组织与应用自然、社会经济信息的实践日益增多。为适应科技发展、支持地理数据共享、促进多源多尺度信息的整合分析，该标准规定了统一、实用的地理格网划分方法。

本标准规定对于大范围、快速的地理分析、统计分析以及网格化计算等城市人口相关的研究与应用场景，宜采用格网单元。为此我们选择了城市洪涝灾害作为格网单元的实验场景，因为洪涝灾害对城市的影响不仅仅体现在物理破坏上，还涉及到人口的分布、疏散、避灾、社会经济影响等多方面，为确保灾害管理和应急响应的高效性，必须对城市进行大范围快速的时空分析。格网单元作为一种标准化的空间分析单元，具有易于处理和适应大范围地理分析的优势。因此，选

择格网单元作为人口分析单元，能有效支持对大范围人口的洪涝灾害暴露度评估、灾后恢复以及人口疏散等分析需求。

（1）方法

本实验选取了郑州市 2021 年 7 月的特大暴雨为实验对象，采用本标准规定的格网单元进行区域化分析。通过空间数据分析和时空数据集成，选择洪水淹没范围、降水数据以及地理环境因素作为研究变量。每个格网单元的洪涝灾害特征根据各类静态与动态数据进行汇总，并基于地理信息系统（GIS）平台进行分析。实验中，通过构建的洪涝灾害情境图，结合地理单元的时空特征，利用 Leiden 社区检测算法对不同时间窗口内的洪涝灾害情境进行划分和分析。

（2）实验数据

将郑州市划分为 5km × 5km 格网单元，获取①静态数据：包括地表地形、气象要素、人文经济三种类型。其中，地表地形数据包括 DEM、水体分布、土地利用类型；气候要素数据包括年降水量、年蒸发量、年平均气压、年平均相对湿度；人文经济数据包括夜间灯光指数、人口密度。②动态数据：包括从 7 月 15 日至 7 月 25 日的降水量数据和社交媒体情感分析数据。

（3）检验规则

本实验主要采用模块度作为单元洪涝情境划分结果的评价标准，模块度值的范围在-1 到 1 之间，值越大表示情境划分的结构越紧密，结果越稳定。

1.2 行政单元

《中华人民共和国行政区划代码》（GB/T2260）已广泛应用于我国计划、统计、人口普查、经济普查、农业普查、社会保障、信息化、教育、人事管理、组织机构管理等诸多领域，国家也相应发布了《县级以下行政区划代码编制规则》（GB/T 10114-2003）。表明基于行政区划的单元是我国现代化管理中一项重要的一类单元基准。

本标准规定对于政府规划、区域发展、政策分析等能够反映行政区划边界对人口分布和活动影响的人口相关研究与应用场景，宜采用行政单元。在政府规划与政策分析中，行政区划是进行人口、服务、交通等资源配置的基本单元，因其直接关联政策实施与资源分配，能真实反映不同区划对人口活动与资源供给的影响。此外，城市化进程中，城市功能日趋复杂多样，居住、商业、教育、医疗等功能区的布局直接影响人口流动模式与居民生活质量，功能可达性则衡量居民获

取各类功能设施的便利程度，对基础设施规划与区域发展至关重要。因此，为开展更精细化的城市人口与功能分析，本实验进一步在街道级行政区划之下，建立社区作为分析单元，选取城市功能关联的人口流动建模场景展开实验。

（1）方法

选取武汉市社区单元作为实验的基本单元，通过分析单元的功能可达性，定量化其对城市人口流动的影响。采用功能可达性网络模型，将城市功能和人口流动的关系构建成网络结构。通过以下步骤进行分析：使用 POI 数据来表示城市功能的空间分布，通过基于手机信令数据的交通流量信息提取每个单元的流动特征；通过 k 步功能可达性(k-step PFA) 指标来计算功能可达性。

（2）实验数据

城市功能数据：基于武汉市各类城市功能区（如商业、教育、医疗等）的 POI 数据。人口流动数据：反映武汉市工作与节假日人口移动模式的出发点-到达点（OD）数据。单元边界数据：用于作为基本分析单元的社区边界数据。

（3）检验规则

空间分布检验：通过可视化功能可达性结果，检查在不同社区单元的功能服务差异。

准确性检验：使用变异系数 (CV)指标来衡量功能可达性在不同区域和单元之间的差异。

1.3 专题单元

本标准规定对分析精度要求较高，或有特定需求的场景，如复杂的社会经济活动分析、灾害应急响应、公共卫生管理等人口相关研究与应用场景，宜采用专题单元，本标准推荐了基于两类原子单元构建的专题单元，因此对两类原子单元分别进行了实验验证。

验证场景 1：

在现代城市公共卫生体系中，实现精细化治理需依托高度准确的人口分析单元，以精准识别区域服务需求、评估资源配置并掌握人口流动特征。此类分析常面临复杂的时空变化，对精度要求较高。尤其在突发公共卫生事件等关键场景中，必须基于每个区域的实时信息，动态调整应对策略，因而需要一种能够准确刻画城市功能、交通流动与人群活动的分析单元。因此，本实验采用本标准规定的专题单元（基于路网分区），以突发公共卫生事件场景为例，以评估其分析应用效

能。

（1）方法

本实验采用基于路网分区划分原子单元，在突发公共卫生事件场景下，按照本标准规定的专题单元开展分析验证：

将用地功能类型作为主要因子附加给原子单元属性，同时在管控政策下出行活动以医疗设施为核心，故将卫生医疗地理要素同步附加至单元属性以刻画场景差异。从 POI 中提取卫生医疗 POI，采用核密度分析得到原子单元内卫生医疗核密度值作为场景次要因子，附加至单元属性。结合小尺度主因子（用地功能分类）与次要因子（卫生医疗核密度），使用层次聚类对原子单元聚合，形成突发公共卫生事件场景下的专题单元。

（2）实验数据

基础地理数据：包括 POI、道路、水系及兴趣面（AOI，如学校、医院等），用于表征城市功能与结构。建筑矢量数据：用于支持静态人口相关性分析与跨尺度人口分布估算。人口动态数据：包括手机定位数据和手机信令数据，用以捕捉人口的日常活动规律与流动模式，并分析突发场景（如公共卫生事件）下的短期人口流动特征。

（3）检验规则

围绕公共卫生管理需求，采用相关性检验与空间格局核验的组合规则来检验专题单元的有效性：

准确度检验（表达能力）：在 2020/01/23—2020/01/31 期间，将网格流入/流出汇总到各类单元，计算人口活动强度；分别计算人口活动强度与卫生医疗/住宿/公共设施三类 POI 核密度的相关性，并以均值对比评价单元对场景机制的刻画能力。

可靠性检验（对照一致性）：在相同流程与同一数据条件下，比较专题单元与社区单元的结果差异。

验证场景 2：

针对精细化人口时空分析任务中常见的空间强约束、边界敏感与高精度需求等特征，本标准所定义的专题单元可提供更有效的支撑。与规则格网或粗粒度行政单元相比，专题单元以建筑轮廓为基础生成泰森多边形作为原子单元，将建筑物视为人口活动的基本承载空间，有助于缓解可变面元问题（MAUP）中的划区

效应与尺度效应，提升数据统计结果的准确性与一致性，更好服务于人口常态化治理、公共卫生管理等对精度与可解释性要求较高的决策场景。因此，本实验采用本标准规定的专题单元（基于建筑物生成泰森多边形），以常态人口分布和活动信息统计场景为例，评估其在人口相关数据上统计与分析准确度。

（1）方法

专题单元构建与选优：以建筑物轮廓增密点生成泰森多边形，并融合同一建筑物增密点生成的泰森多边形，生成的多边形得到原子单元（level-0）。采用 Douglas‑Peucker（DP）算法对单元边界规范化，抑制锯齿与几何噪声。引入道路投影约束的边界校正，将距离道路一定范围内的原子单元折点同步移动至道路上，减少单元跨越道路结构。根据 DP 算法和道路约束的不同阈值组合生成多套备选单元方案，并构建单元评价指标，采用熵权法确定权重并用 TOPSIS 综合排序，得到最优原子单元方案及前 100 个备选方案集合。

对照单元构建（规则格网）：为保证同尺度公平对比，构建与原子单元平均面积接近的规则格网（ 60m×60m），通过平移网格起点形成多套不同镶嵌方案，随机抽取 100 套用于对照。

检验设计：①跨镶嵌对照：对最优原子单元前 100 套方案与随机抽取 100 套格网方案分别计算人口代理变量与语义指标的稳定性与一致性。②跨尺度对照：选取最优专题单元与基准格网作为 level-0，以人口热力值、单元网约车流入流出量作为人口活动专题特征，在原子单元邻接图上采用的社团划分自底向上聚合，形成 level-0→level-1→⋯→level-i 多尺度序列，并对比尺度响应稳定性与语义保持能力。

（2）实验数据

以武汉市三环范围为试验区，获取的数据包括：道路与 POI 数据，建筑物轮廓数据，人口活动代理数据：百度热力数据、网约车轨迹数据(经处理后提取出行 OD）。

（3）检验规则

统计准确性与稳定性（面向人口统计与格局刻画）：对热力 H、出发点 O、到达点 D（及其密度）、POI 计数等指标，在每套方案内计算离散度（CV），并在方案集合上计算二次变异（$CV^{(2)}$）。

语义表达能力与可建模性（面向功能—人口关系）：相关性稳定性：计算 POI

向量与 H/O/D 的 Pearson 相关系数，并统计其均值与跨方案变异系数。

2 主要验证结果

2.1 格网单元

基于郑州市内 5km 尺度格网，按照网格之间的空间邻接关系，建立了地理单元关联网络结构如图 1。

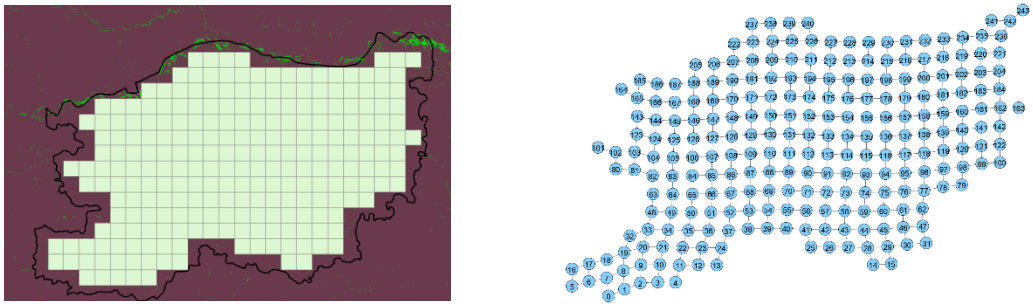

图 1 地理单元及语义关联图结构

将与单元内有关的数据要素分为环境要素、致灾要素和舆情要素。其中，环境要素包括地表地形、气候特征和土地覆被；致灾要素包括降水量；舆情要素为网络人口的情感倾向。

表 1 展示了不同日期下情境划分的实验结果，表中的数值表示情境的模块度，T0-T10 分别表示 2021 年 7 月 15 日至 7 月 25 日这 11 天。

表 1 不同要素特征组合下的灾害情境划分

时间窗口	环境	致灾	舆情	致灾+环境	致灾+舆情	环境+舆情	环境+致灾+舆情
T0	0.74542	0.74772	0.72009	**0.74917**	0.74699	0.74401	0.74177
T1	0.74542	0.74772	0.68660	**0.74917**	0.74502	0.73545	0.74231
T2	0.74542	0.74772	0.69807	**0.74917**	0.74290	0.74192	0.74952
T3	**0.74542**	0.66596	0.67509	0.70993	0.72446	0.73163	0.73550
T4	**0.74542**	0.73856	0.64962	0.74504	0.74249	0.74069	0.74328
T5	0.74542	0.74270	0.57561	**0.74613**	0.74318	0.72579	0.74270
T6	0.74542	0.74100	0.54469	**0.74714**	0.73494	0.72276	0.74321
T7	0.74542	0.74084	0.56510	**0.74693**	0.73330	0.72565	0.74686
T8	0.74542	0.74772	0.57470	**0.74917**	0.72935	0.71925	0.74393
T9	0.74542	0.74772	0.55801	**0.74917**	0.73448	0.72792	0.74251
T10	0.74542	0.74772	0.59398	**0.74917**	0.73643	0.73510	0.74348

在灾害情境划分的实验中，单要素分析显示：致灾要素在 T0-T2、T8-T10 期间模块度最高，环境要素在 T3-T7 期间模块度最高；舆情要素的划分结果则显著低于前两者，且因情感持续负面，不利于社区区分。环境要素因静态特性，其划

分结果在各时段保持一致。

在双要素组合中，致灾+环境的组合效果最好，在多数时间段模块度最高；而加入舆情要素均会降低划分效果。三要素组合环境+致灾+舆情的结果虽优于含舆情的双要素组合，但仍低于环境+致灾组合，再次印证舆情对情境差异具有弱化作用。

基于以上结果，实验最终采用环境+致灾要素组合，以格网为单元构建地理单元语义关联图，对 7.15-7.25 共 11 天进行灾害情境划分。如图 2，划分结果显示：在灾害早期（7.15-7.17）和后期（7.23-7.25），情境结构与范围保持稳定；在中期（7.18-7.22），情境则呈现合并与扩张的动态变化趋势。

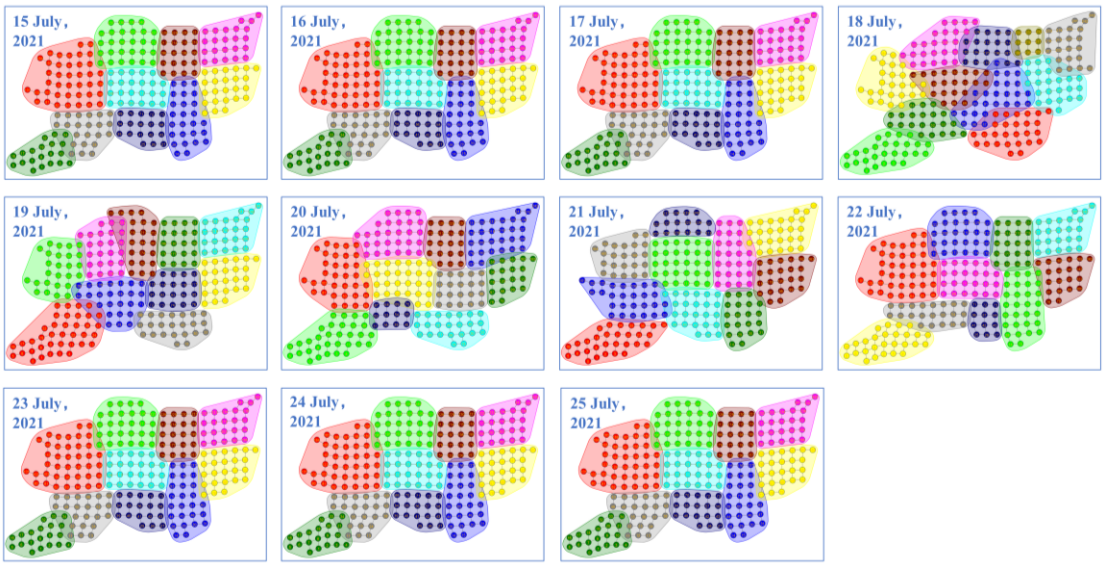

图 2 2021.7.15-7.25 郑州市灾害情境划分结果

综上所述，格网单元在城市大范围地理分析、统计分析和灾害响应中表现出较高的准确度和稳定性。基于规则格网单元的空间邻接关系的情境划分方法适合处理大面积洪涝灾害这种动态变化显著的复杂事件，尤其在快速变化的灾害环境中提供了更为精确和及时的数据支撑。

2.2 行政单元

实验以公司企业（Corporation enterprises）和景点（Scenic spot）所代表的功能为例，比较 CA、GBA 和 k-step PFA 在社区上均值的空间分布。如图 3 所示，CA 高值集中分布在三环以内，三环以外取值接近 0，显然这与城市功能的实际可达情况不符；GBA 在 CA 的基础上高值分布范围略有扩大，但其对可达性的提升主要体现在数值上；相比之下，k-step PFA（顾及人口流动特征）高值分布

范围扩展到了各个区域，说明以社区为分析单元考虑人口流动能够量化功能资源匮乏区域的实际功能可达性。

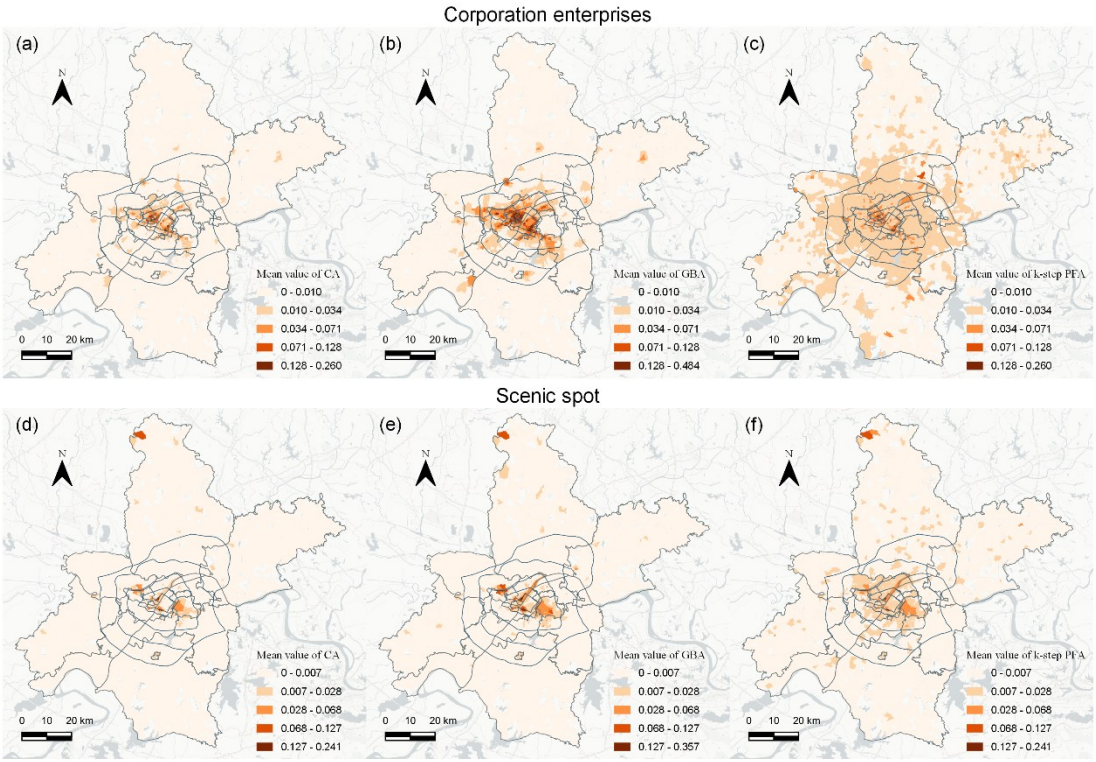

图 3 不同指标在社区上的均值空间分布

不同城市区域各功能的 CA、GBA 和 k-step PFA 的 CV 如表 2 所示。从主城区到远成区各指标的 CV 逐渐提高，表明城市功能可达性的空间差异和不均衡性逐渐加大。在同一区域中，相较于 CA 和 GBA，k-step PFA 的 CV 有所减小，表明以社区为分析单元计算的 k-step PFA 能够捕捉人口流动下城市功能服务水平空间不均衡性降低的现象，还原了实际的城市功能可达情况。

表 2 不同城市区域和功能类型的可达度 CV

Function category	主城			新城组团			远城		
	CA	GBA	PFA	CA	GBA	PFA	CA	GBA	PFA
Res	1.587	1.095	0.931	2.795	1.694	0.991	6.331	3.795	1.404
Cor	2.505	1.425	1.600	2.613	1.605	1.494	5.177	3.122	1.871
Sce	5.668	3.297	2.606	10.989	7.407	3.379	10.654	6.652	3.668
Cat	2.060	1.322	1.138	3.616	2.155	1.279	7.964	3.983	1.631
Rec	2.360	1.382	1.126	4.632	2.483	1.408	7.267	3.774	1.761
Sho	2.336	1.298	1.228	4.962	2.791	1.545	6.336	3.194	1.718
Cul	4.339	1.941	1.694	9.568	3.924	1.883	13.051	5.637	2.435
Edu	2.664	1.493	1.336	4.514	2.361	1.504	6.874	3.614	1.617
Hea	2.582	1.378	1.246	4.415	2.382	1.249	6.470	3.052	1.568
Spo	2.941	1.605	1.095	6.646	3.003	1.377	10.548	4.796	1.922

Pub	2.200	1.056	1.015	2.680	1.413	1.068	4.449	2.093	1.325
Int	24.088	9.257	8.437	16.987	6.613	7.285	13.180	7.454	11.678

综上，行政单元一方面具有统一的国家编码与广泛的治理应用基础，能够与政府规划、资源配置与政策执行直接对接；另一方面，在以功能可达性与人口流动为核心的分析中，以行政单元进一步细化的社区单元确实会提高相关分析的准确性与合理性。

2.3 专题单元

场景 1

实验基于道路分区的原子单元，使用层次聚类算法对其聚类得到了该突发公共卫生事件场景下的专题单元约 1500 个，如图 4 所示。

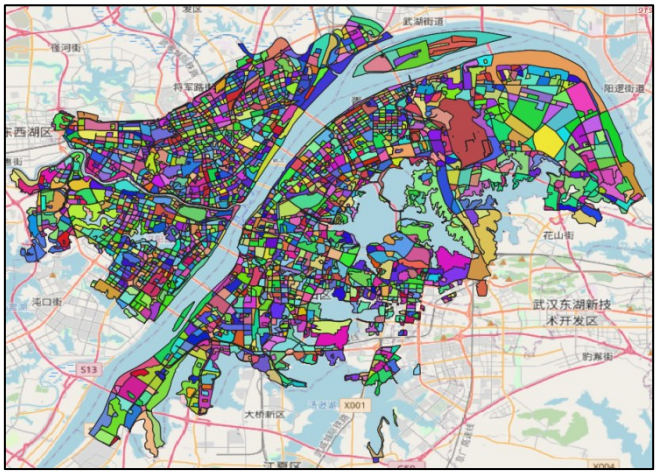

图 4 基于卫生医疗因子构建的专题单元

对选定时间段内交互数据进行了预处理，统计各网格日流入流出人口，并聚合至专题单元，据此计算了突发事件初期一周内各专题单元的人口活动强度。相关性分析聚焦于突发公共卫生事件管控相关的三类属性：卫生医疗、住宿与公共设施。结果显示，专题单元在这三类属性上的人口活动强度平均相关系数（分别为 0.634、0.631、0.601）均高于社区单元，表明本标准所构建的人口分析单元能更有效地刻画该场景下的人口活动特征。

空间分布上，专题单元中人口活动高强度区域数量多，且密集分布于医疗卫生 POI 周边，呈现以 POI 为中心的扩散形态，说明人口活动与卫生医疗因子具有显著空间关联。相比之下，社区单元内的高强度区域与医疗卫生 POI 的空间聚集关联较弱，多位于实验区外围或水系周边，与突发公共卫生事件的现实人口活动认知吻合度较低。这主要是因为社区划分主要依据人口户数与历史沿革，导致

用地功能混合，难以准确反映突发场景下的活动特征。

综上，实验表明，基于道路分区构建原子单元，并结合场景聚类形成专题单元，能更好刻画短期突发场景下的人口活动变化与模式，为相关时空分析和政策制定提供有效支持。

场景 2

在统计稳定性、功能-人口关系、尺度响应及多尺度一致性四个方面，基于本标准构建的原子单元（基于建筑物泰森多边形）/专题单元相比于规则格网整体表现出更优的性能。

在**统计稳定性**上，原子单元在人口行为指标（热力、出租车起讫点）上的变异系数显著低于规则格网，有效降低了区划效应（zoning effect）的影响；而在 POI 计数上其变异系数更高，表明其对局部功能异质性更为敏感，刻画能力更强。

在**功能-人口关系**上，原子单元下 POI 与人口热力、出行起终点（O/D）的平均相关系数（分别提升约 10、9 和 10 个百分点）及相关性的变异系数均显著优于规则格网，说明其边界更贴合实际人口活动空间，能更稳健地揭示功能与人口活动之间的语义关联。

在**尺度响应**上，专题单元在多数人口指标上表现出更平滑的过渡。其人口热力密度与到达点密度的尺度变异系数和极差均小于规则格网，表明其在尺度聚合过程中引入的额外波动更小，响应更贴近人口过程本身的空间结构。

在**多尺度一致性**上，从最细尺度到最粗尺度，专题单元在功能-人口关系的保持能力上整体占优。在最细尺度，其相关性约为格网的 2–3 倍；在最粗尺度，其平均相关性仍维持在 0.91 以上，显著高于格网（0.71–0.79），证明其由细到粗的聚合过程能更好地维持宏观语义结构，尺度退化更小。

综上所述，依据本标准所构建的专题单元在刻画人口活动时，具有更高的统计稳健性、更强的功能-人口关联揭示能力、更平滑的尺度响应以及更优的多尺度一致性。其通过更合理的单元边界设计，使 MAUP 的影响变得更可控、可解释，从而为精细化人口时空分析提供了更可靠的空间单元基础。

五、 与国内同类标准、国际标准和国外先进标准情况及水平对比

1 国内同类标准情况及对比

国内与本标准相关的标准主要集中在两类：（1）格网化治理/公共服务的管理格网标准；（2）数字化城管的单元格网标准。此类标准为格网划分、编码、管理与服务流程提供规范，但整体上并非面向城市人口时空分析的分析单元体系，在城市场景、语义、时空基准与多尺度单元的一体化表达、面向动态人口活动的单元构建与更新机制方面仍存在空缺。

社会公共服务与社区格网化管理类标准如 DB42/T 1324.3—2017《社会公共服务格网化 第 3 部分：人口全程化服务》，属于社会公共服务格网化系列标准的一部分，面向人口全程化服务的管理与服务要求，强调基层格网化公共服务工作的规范化。GB/T 34300—2017《城乡社区格网化服务管理规范》，规定城乡社区格网化服务管理的总体目标、格网划分、运行方式以及保障条件等，适用于城乡社区格网化服务管理工作。上述标准更偏向治理/服务格网，重点在格网化管理机制、岗位职责、运行流程与保障条件，通常以行政管理与社区治理为主线；而本标准以城市人口时空分析为目标导向，强调人口分析单元作为模型表达、特征统计、空间计算与可视化的基础对象，进一步提出专题单元的技术流程，并引入城市场景要素以支撑跨场景应用与语义可解释性，适用对象与技术侧重点明显不同。

数字化城市管理单元格网类标准如 GB/T 30428.1—2013《数字化城市管理信息系统 第 1 部分：单元格网》，规定数字化城市管理单元格网的划分原则、编码规则、数据要求和图示表达，适用于数字化城管系统建设与运行中的格网划分与管理。该标准对格网边界可识别、编码唯一、数据要求与表达规定较完善，适合城市管理事件处置与监管的空间载体；但其单元对象主要是城管管理格网，通常以管理便利性、边界识别和业务派单为核心。相比之下，本标准在继承格网类标准的规范表达思路基础上，进一步面向人口分析提出：三类单元体系（格网、行政、专题）及适用场景；专题单元的原子单元构建与多尺度聚合方法；空间/时间/尺度/语义/城市场景的一体化形式化表达模型与更新机制；从而更适配人口分布、

人口流动以及场景化评估等分析任务。

综上，国内现有标准更多解决治理格网/管理格网的划分与运行规范，缺乏面向人口时空分析的分析单元体系化规定。本标准属于对现有格网化与城管格网标准的补位与拓展：从管理对象转向分析对象，从静态管理单元扩展到可随场景变化的多尺度分析单元。

2 国际标准与国外先进标准情况及对比

国际上与本标准直接相关的人口分析单元划分专门标准并不多，但在智慧城市数据互操作、地理信息对象建模与几何表达方面形成了较成熟的标准体系，可为本标准的形式化表达、概念模型和数据互操作提供方法论考虑。

智慧城市互操作与概念模型类国际标准 ISO/IEC 30182:2017《Smart city concept model — Guidance for establishing a model for data interoperability》提出智慧城市概念模型（SCCM），通过跨部门/跨领域本体概念与关系对齐，支持智慧城市组件系统之间的数据互操作。侧重城市跨部门信息系统的概念互操作与语义对齐；本标准在城市场景、语义信息部分可与其互补：城市场景主题、目标、对象、环境等要素纳入人口分析单元的形式化表达，强调人口活动分析的语义约束与应用语境，从而在智慧城市互操作框架下提供更具体的人口分析空间对象落地规范。

地理信息对象建模与几何表达类国际标准 ISO 19107:2019《Geographic information — Spatial schema》规定描述地理实体空间特征的概念模式，包含几何与拓扑及相关空间操作，为地理信息的几何表达、应用模式建模与互操作奠定基础。

综上，现有相关国际标准关注点是通用地理信息建模框架，并不直接规定人口分析单元如何划分及其场景关联。本标准在引用/对齐相关几何表达与 UML 建模思想的基础上，面向人口分析任务补充了：单元类型体系、专题单元划分流程、多尺度构建规则、以及与城市场景语义关联的表达要求，使其更具任务针对性与可操作性。

六、 重大分歧意见的处理经过和依据

无重大分歧意见。

七、 贯彻团体标准的要求和措施建议（包括组织措施、技术措施、过渡办法等内容）

为保障《城市人口分析单元划分技术规范》在城市人口时空分析、智慧城市建设、国土空间治理与公共安全治理等领域的有效实施，建议从以下方面系统推进本标准的贯彻落实：

1 组织措施

（1）建立标准宣贯与实施工作机制

建议由中国地理学会牵头，联合主编单位、参编单位及相关行业主管部门、科研机构、企业用户等，建立标准宣贯与实施协调机制，明确宣贯推广、试点验证、成果复用、问题反馈与迭代优化的工作流程，形成发布、宣贯、试点、评估、改进的闭环机制。

（2）组织试点示范与推广应用

建议优先选择具备多源数据条件、人口活动特征丰富、应用场景明确的城市或城区作为试点（例如中心城区、重点功能区、灾害风险较高片区），开展专题单元划分与形式化表达的完整流程试验，形成可复制的试点方案、数据规范、工具流程、成果样例，为跨城市推广提供示范。

（3）建立意见反馈与持续改进机制

建议在试点与应用过程中形成常态化意见收集机制，重点围绕术语定义、场景要素适配性、单元划分可操作性、参数建议、数据质量门槛、成果可复用性等形成问题清单与优化建议；由归口单位定期组织评审，推动形成标准解释文件、实施指南或后续修订建议。

2 技术措施

（1）统一基础数据与时空基准，夯实实施前提

贯彻本标准应优先完成关键基础条件准备：

空间基准：统一采用 CGCS2000 坐标系统，明确投影方式（高斯-克吕格 6°或 3°分带），保证跨部门数据叠加与分析一致；

时间基准：统一采用中国标准时间（UTC+8），明确时间点/时间段/持续时间表达精度要求；

尺度基准：针对格网、行政与专题单元明确尺度层级、统计口径与典型应用范围，避免混用导致结果不可比；

基础数据准备：道路、水系、建筑物轮廓及属性、人口统计与活动数据、POI、遥感影像与行政边界等应具备可用性与质量保障，确保专题单元构建可实施。

（2）推动工具化与流程化落地，形成可复用生产链

建议开发或集成可复用工具链（开源 GIS、空间数据库等），实现：

原子单元划分（泰森多边形/路网分区）自动化；

属性提取与质量检查自动化（字段一致性、拓扑合法性、空间连续性检查等）；

聚类与融合的批量处理与日志记录；

形式化表达数据模型的一键映射。

同时建议建立“版本管理+日志记录”机制，确保单元生成过程可追溯、可复现。

3 宣贯培训与推广建议

（1）分层分类开展培训

建议面向不同对象开展差异化培训：

管理与业务人员：侧重标准适用范围、单元类型选取、场景要素组织与应用价值；

技术人员：侧重数据准备、流程实现、参数设置、质量控制、证实报告编制；

软件/平台企业：侧重数据模型映射、接口规范、工具化实现与示范应用对接。

（2）形成典型案例库与样例数据包

建议整理形成典型城市场景案例库，至少覆盖公共服务、交通出行、应急管理、公共卫生等场景，配套提供样例数据结构、字段字典、成果示例图件与证实报告样例，提升标准推广效率。

（3）推动标准进平台、进项目、进流程

建议在智慧城市、国土空间规划实施评估、城市运行管理平台、应急指挥平台等项目中，将本标准作为人口分析单元的统一规范纳入数据建设与模型计算流程；在新建项目招标、验收指标中明确符合本标准的数据与成果要求。

4 评估与持续改进建议

建议建立实施效果评估指标与周期性复盘机制，包括但不限于：

单元构建效率（自动化程度、平均处理时间、人工干预次数）；

数据互操作效率（跨部门数据对接耗时、字段一致率、重复加工率）；

分析效果改进（人口分布/流动模型解释性、场景应用可用性、决策响应速度）；

质量问题统计（拓扑错误率、字段缺失率、更新一致性等）。

通过年度或项目周期复盘，形成实施评估报告与修订建议清单，为后续标准解释文件完善或技术指南迭代提供依据。

八、 标准涉及的相关知识产权说明

无。

九、 其它应予说明的事项

无。