

ICS 35.240.01

L70

# 团 体 标 准

T/ISC 0022—2023

## 数字孪生城市平台技术要求

Technical requirements for digital twin city platform

(发布稿)

2023 - 03 - 02 发布

2023 - 03 - 02 实施

中国 互 联 网 协 会 发 布

# 目 次

前 言 .....	4
1 范围 .....	5
2 规范性引用文件 .....	5
3 术语和定义 .....	5
4 缩略语 .....	6
5 概述 .....	6
6 功能要求 .....	6
6.1 数据融合供给功能 .....	6
6.1.1 数据接入加载功能 .....	6
6.1.2 数据清洗处理功能 .....	7
6.1.3 数据关联融合功能 .....	7
6.1.4 数据服务供给功能 .....	8
6.2 全要素数字化表达功能 .....	9
6.2.1 数字化标识功能 .....	9
6.2.2 城市要素时空表达功能 .....	9
6.3 可视化呈现功能 .....	10
6.3.1 场景可视化渲染功能 .....	10
6.3.2 业务可视化渲染功能 .....	11
6.4 物联感知操控功能 .....	11
6.4.1 全息感知功能 .....	11
6.4.2 感知设备管理功能 .....	12
6.4.3 远程操控功能 .....	12
6.5 空间分析计算功能 .....	12
6.5.1 矢量空间分析功能 .....	12
6.5.2 栅格空间分析功能 .....	13
6.5.3 三维空间分析功能 .....	13
6.5.4 时空数据计算功能 .....	13
6.6 虚实融合互动功能 .....	14
6.6.1 视频虚实融合功能 .....	14
6.6.2 人机交互功能 .....	14
6.7 模拟仿真推演功能 .....	15
6.7.1 算法模型构建功能 .....	15
6.7.2 仿真推演过程管理功能 .....	15
6.7.3 仿真推演应用功能 .....	15
6.8 自学习自优化功能 .....	16
6.8.1 算法模型构建功能 .....	16
6.8.2 知识分析预测功能 .....	16

---

6.9 众创扩展功能 .....	17
6.9.1 数据众创功能 .....	17
6.9.2 应用众创功能 .....	18
7 性能要求 .....	18
7.1 数据融合供给性能 .....	18
7.2 全要素数字化表达性能 .....	18
7.3 可视化呈现性能 .....	18
7.4 物联感知操控性能 .....	19
7.5 空间分析计算性能 .....	19
7.6 虚实融合互动性能 .....	19
7.7 模拟仿真推演性能 .....	19
7.8 自学习自优化性能 .....	19
7.9 众创扩展性能 .....	19
参 考 文 献 .....	21

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020给出的规则起草。

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这些专利的责任。

本文件由中国互联网协会提出并归口。

本文件起草单位：中国信息通信研究院、北京五一视界数字孪生科技股份有限公司、东南大学、华为技术有限公司、泰瑞数创科技(北京)股份有限公司、阿里巴巴(北京)软件服务有限公司、中国联合网络通信有限公司智能城市研究院、北京泰豪智能工程有限公司、北京优锆科技有限公司、长安大学、北京睿呈时代信息科技有限公司、软通智慧科技有限公司、亚信科技(中国)有限公司、北京世纪高通科技有限公司、北京超图软件股份有限公司、北京数字冰雹信息技术有限公司、北京相数科技有限公司、北京飞渡科技股份有限公司、上海维智卓新信息科技有限公司、南京紫金山人工智能研究院有限公司、北京百度网讯科技有限公司、南京致途慧城科技有限公司、杭州趣链科技有限公司、讯飞智元信息科技有限公司、上海孪数科技有限公司、苍穹数码技术股份有限公司

本文件主要起草人：陈才、张育雄、蒲自源、张焜棋、于小博、陈果、刘瑜琦、陈九法、寇明、雒冬梅、董南、李锦灿、邓玥、纪德勇、金程、张艳、邓潇、刘俊伟、姚新新、陈傲寒、王金兰、赵贺、刘啸、史进、黄琳、黎涛、莫洪源、何文武、朱旭平、付鑫、王建伟、解建伟、谢芳荻、王潇、马三立、马俊杰、闫嘉豪、陈科、吴志全、张晴、张一剑、陶闯、孔杰、赵志凯、杨舵、陈建、李露、余海强、钱仲豪。

# 数字孪生城市平台技术要求

## 1 范围

本文件规定了数字孪生城市平台的技术要求  
本标准适用于数字孪生城市平台的研发、评估和验收等工作。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 5271.31—2006 信息技术 词汇 第31部分：人工智能 机器学习  
GB/T 37043—2018 智慧城市 术语  
CJJ/T 157—2010 城市三维建模技术规范  
CH/T 9015—2012 三维地理信息模型数据产品规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**数字孪生城市** digital twin city

利用感知标识、地理信息、建模渲染、算法仿真、虚实交互等技术构建的一个与城市物理空间和社会空间一一对应、相互映射、同生共长、协同交互的复杂巨系统。

### 3.2

**数字孪生城市平台** digital twin city platform

集成数据融合供给、全要素数字化表达、可视化呈现、物联感知操控、空间分析计算、虚实融合互动、模拟仿真推演、自学习自优化、众创扩展等能力，支撑数字孪生城市建设、应用和服务的信息系统，是数字孪生城市的核心技术与应用平台。

### 3.3

**仿真推演** simulation and inferring

通过人工智能、仿真计算、模拟渲染、数学建模、统计分析等技术，对物理世界及其运行发展全过程进行仿真模型构建、模拟分析、智能推演等，实现仿真对象未来运行规律以及状态的推测演变。

### 3.4

**实体对象** entity object

现实世界中的事物在数字世界中的反映。

### 3.5

#### 数据标准模型 data standard model

通过面向对象程序设计实现信息封装的基础，是一种标准化的用户定义的引用数据类型。

## 4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

WMS	Web 地图服务	Web Map Server
WFS	Web 要素服务	Web Feature Server
WCS	Web 地理覆盖服务	Web Coverage Server
WMTS	Web 地图瓦片服务	Web Map Tile Service
OSGB	开放式场景二进制图像	Open Scene Gragh Binary

## 5 概述

为衡量数字孪生城市平台对城市的远程监控、运行模拟、精确诊断、精准预测和智能控制的程度和水平，展现数字孪生城市全域一体的先进理念和建设重点，按照中国信息通信研究院发布的《数字孪生城市白皮书》，数字孪生城市平台应至少具备九大核心能力。一是物联感知操控能力，采集城市“脉搏”数据，反映城市实时运行状态。二是全要素数字化表达能力，构建城市语义信息模型，实现现实世界与数字世界一一映射。三是可视化呈现能力，渲染数字空间效果，是数字空间城市的“打开方式”。四是数据融合供给能力，有序治理数据资源，建立数据资源关系，促进数据资源高效开发利用。五是空间分析计算能力，呈现广域范围内万物三维空间精确关系，是模拟仿真的基础条件能力。六是模拟仿真推演能力，基于城市运行规律构建行业分析算法模型，数字空间提前推演运行效果。七是虚实融合互动能力，从数字空间观看实体空间情况和控制实体空间设施，通过实体空间设备随时进入孪生城市空间。八是自学习自优化能力，通过机器学习算法，预警城市发展问题，制定应对措施并持续优化。九是众创扩展应用能力，发挥公共服务平台属性，支撑行业应用持续创新。

数字孪生城市平台技术要求是指作为软件产品本身所具备功能和性能的概括，以数字孪生城市技术架构与核心能力为分类依据，从九大能力评价数字孪生城市平台的技术要求。通过设置指标，将数字孪生城市平台产品从不同维度进行分级归纳。

## 6 功能要求

### 6.1 数据融合供给功能

#### 6.1.1 数据接入加载功能

数据接入加载功能是数字孪生城市系统平台的基础环节，需要根据应用需求，平台按照不同方式接入不同类型的数据，该项功能相关要求包括：

- a) 应支持接入服务型数据：
  - 1) 基础地理信息类服务，包括但不限于符合 OGC 规范的 WMS、WMTS、WFS、WCS 以及矢量瓦片（MVT）服务等；
  - 2) 三维模型类服务，包括但不限于 3D Tiles 数据规范，宜支持 I3S、S3M、O3dml 等数据规范。
  - 3) 三维地形类服务，宜支持 Quantized Mesh Terrain、Terrain-RGB 数据规范等。
- b) 应支持接入文件型数据：
  - 1) 矢量数据，包括但不限于 SHP、DXF、KML、KMZ、GeoJSON 等格式，宜支持 UDB、MIF、DWG、GeoBuf 格式；
  - 2) 栅格数据，包括但不限于 TIFF、GeoTIFF、IMG、SIT、SCI、JPG、PNG、BMP 等格式；
  - 3) 手工模型数据，包括但不限于 OBJ、FBX 等格式，宜支持 DAE、3DS、STL、C4D 等格式。
  - 4) 倾斜摄影模型数据，包括但不限于 OSGB 格式；
  - 5) 点云数据，包括但不限于 LAS、LAZ、TXT、XYZ、PLY、PCD、CVS 等格式；
  - 6) BIM 数据，包括但不限于 IFC 等格式，宜支持 RVT、TEK、DNG、DWG、3DD 格式；
  - 7) 城市信息模型数据，包括但不限于 CityGML、CityJSON 等格式；
  - 8) 地质模型数据，包括但不限于 Geo3DML 数据。

#### 6.1.2 数据清洗处理功能

数据清洗功能是指经过清洗、转换等操作，数据预处理部分可以解决数据可能存在的质量问题（如不一致、无效、缺失、重复等），将数据加工为模型开发能够直接使用的形式，并在此基础上开展后续环节，该项功能相关要求包括：

- a) 应支持元数据管理，包括数据结构、数据质量、数据关系等至少3项；
- b) 应支持非空间数据质量检查，包括数据完整性检查、数据准确性检查、数据冗余性检查；
- c) 应支持空间数据质量检查，包括空间拓扑检查、空间一致性检查、数据完整性检查等；
- d) 应支持空间数据坐标转换、拓扑纠正、不完整数据处理、数据格式统一等空间转换处理；
- e) 应支持非空间数据的重复数据处理、不完整数据处理、冲突数据处理、错误数据处理、增量数据标记等数据处理。
- f) 应支持基于设定的数据标准对清洗后的数据进行质量评估。

#### 6.1.3 数据关联融合功能

基于业务运行模型以及实体模型对象之间相互的逻辑、空间关系，在数字孪生场景中构建物理实体之间的关联关系、指标关系、空间关系等，该项功能相关要求包括：

- a) 应支持多源异构数据统一时空基准：
  - 1) 空间基准：坐标系统采用 2000 国家大地坐标系（CGCS2000）或应与 2000 国家大地坐标系建立联系的地方坐标系；
  - 2) 高程基准：1985 国家高程基准；
  - 3) 时间基准：应采用公历纪元，北京时间。

- b) 应支持多源数据融合，包括但不限于三维地形数据、手工模型数据、倾斜摄影模型数据、BIM数据、物联感知数据等：
  - 1) 空间层面数据融合，实现场景无缝拼接、空间位置准确；
  - 2) 语义层面数据融合，实现语义互操作。
- c) 应支持通过GIS要素编码、地理实体编码、BIM模型编码、物联网编码等不同形式的标识将实体空间信息和静态属性信息进行关联：
  - 1) 建筑单体与标准地址、实体基础信息、人口、经济数据、纳税等关联；
  - 2) 城市基础设施类实体与部门、型号、功能、类型、运维信息等业务属性关联。
- d) 应支持构建实体对象标准模型，描述实体的空间几何特征、属性特征和关系特征：
  - 1) 实体描述内容包括但不限于标识 ID、实体类型、分类名称、对象之间关系定义、来源等；
  - 2) 应支持实体对象之间关系构建，包括但不限于空间关系、从属关系、业务逻辑关系构建等；
  - 3) 应支持实体对象与 IoT 数据、业务数据和事件关联，实现基于实体或空间位置的传感数据的调取、融合、展示和分析；
  - 4) 应支持定义实体模型关系图谱的可视化表达，以架构逻辑图的展示实体对象分类之间的关系展示，展示内容包括分类名称、属性、分类之间的关系线、全览图的放大缩小、移动、调整布局等。

#### 6.1.4 数据服务供给功能

数据服务供给功能是指在保证海量数据实时性要求、质量要求下，以数据流方式供给各类业务机理模型、数据驱动模型以及各类子系统，更准确的实现全域可视、动态监测、趋势预判、虚实融合等核心功能，该项功能相关要求包括：

- a) 应支持以服务形式进行数据供给，包括：
  - 1) OGC 标准的服务接口，包括但不限于 WMS、WMS-C、WMTS、WFS、WFS-G、WCS、WPS、CSW、KML 等格式；
  - 2) 以矢量数据瓦片标准服务接口，包括但不限于 MVT 等格式；
  - 3) 通用的三维数据服务接口，包含但不限于 S3M、I3S、M3D、3DTiles 等格式；
  - 4) 通用三维地形服务接口，包含但不限于 Quantized Mesh Terrain、Terrain-  
RGB 等格式；
  - 5) 通用的数据服务协议，包括但不限于 RPC、HTTP、RESTful、WebSocket、WebRTC 等。
- b) 应支持以文件导出形式进行数据供给：
  - 1) 导出矢量文件数据，包括但不限于 SHP、KML、DXF、DWG、UDB、DGN、Tab、E00、MIF、VCT、GeoJSON、GeoBuf 等格式；
  - 2) 导出栅格类文件数据，包括但不限于 TIFF、BMP、ArcGIS Grid 格式、Erdas Image 文件、数字影像地图 (DIMAP)、电信栅格文件、SIT 影像数据等格式；
  - 3) 导出模型文件数据，包括但不限于 OSG、OSGB、3D Tiles、SLPK、S3M、OBJ、FBX、GLTF 等格式；
  - 4) 导出属性数据文件，包括但不限于 CSV、EXCEL、JSON、XML 等格式。
- c) 数据服务管理，包括但不限于以下功能：
  - 1) 应支持数据服务管理，包含数据服务目录、服务查询、服务详情、服务测试、接口协议、接口定义等功能；



- 2) 应支持数据服务的全生命周期管理, 如服务的注册、发布、编辑、注销、删除、取回、运行监控等;
- 3) 应支持历史数据服务功能, 包含历史数据的查询与分析;
- 4) 应支持服务使用审批及服务细粒度权限控制, 包括允许设置访问时间、图层层限定、查询字段限定、范围的空间范围等;
- 5) 应支持服务运行实时状态监控, 支持对服务实时访问监控;
- 6) 应支持服务器状态监控、服务器状态异常告警;
- 7) 应支持服务器监控拓扑图查看;
- 8) 应支持对服务访问日志的管理;
- 9) 应支持基于日志管理的服务统计分析、平台运行统计分析的可视化展示, 并可生成综合分析报告, 帮助管理员了解平台及服务的总体运行情况。
- 10) 宜支持数据通用性, 在 B/S 和 C/S 等不同渲染引擎架构下, 对业务的数据消费供给;
- 11) 宜满足数据服务对渲染引擎的多级、多尺度适配。

## 6.2 全要素数字化表达功能

### 6.2.1 数字化标识功能

数字化标识功能是指对城市要素进行精准标识, 从而对城市实体对象快速索引、定位及关联信息加载, 可利用地理空间网格码、行政区域网格码等方式, 实现对各实体要素进行数字化标识和快速定位, 该项功能相关要求包括:

- a) 应支持对城市实体进行唯一编码, 包括但不限于统一身份标识、统一时空标识等;
- b) 应支持城市事件的信息标识, 包括但不限于事件类型、事件发生位置定位等信息;
- c) 应支持各类动态信息的标识, 包括但不限于各类物联网采集的数据;
- d) 应支持对城市要素的快速检索和定位。
- e) 坐标系服务功能 :
  - 1) 应具有世界坐标系坐标或绝对坐标系坐标或投影坐标系坐标, 如 CGCS2000、0-XYZ 等;
  - 2) 应支持局部坐标系或物体坐标系, 如物体原点坐标等;
  - 3) 应支持对 BIM、工程 CAD 图、房产分户图等数据进行地理配准;
  - 4) 宜具有三点坐标, 即模型上三点的坐标, 以确认定位、朝向等。

### 6.2.2 城市要素时空表达功能

城市要素时空表达功能指对城市不同场景与图层进行数字化表达, 主要包括地表层、道路层、水域层、地形层、建筑层等, 该项功能相关要求包括:

- a) 应支持对实体对象的时空三维表达, 包括:
  - 1) 地形模型, 主要表达地面起伏形态;
  - 2) 建筑要素模型, 主要表达建(构)筑物及其附属设施的空间位置、几何形态、时间属性、外观效果及标识信息、质量信息、维护信息、生产信息等;
  - 3) 交通要素模型, 主要表达道路、桥梁、轨道交通及其附属设施的空间位置、几何形态、时间属性、外观效果及标识信息、质量信息、维护信息、生产信息等;
  - 4) 水系要素模型, 主要表达江、河、湖、海、水库、沟渠、池塘及其附属设施的空间位置、几何形态、时间属性、外观效果及标识信息、质量信息、维护信息、生产信息等;

- 5) 植被要素模型，主要表达人工绿地、花圃花坛、带状绿化树等空间位置、几何形态、时间属性、外观效果及标识信息、质量信息、维护信息、生产信息等；
  - 6) 场地模型，主要表达除建筑、交通、水系、植被所占地面意外的自然或人工修筑场地的空间位置、几何形态、时间属性、外观效果及标识信息、质量信息、维护信息、生产信息等；
  - 7) 管线及地下空间设施要素模型，主要表达地上地下管线、地下交通、地下人防工程、地下商业体等设施的空间位置、分布、形态、时间属性、种类及标识信息、质量信息、维护信息、生产信息等；
  - 8) 城市部件模型，主要表达城市内部市政基础设施、道路设施、市容环境设施、园林绿化设施、房屋土地设施、电力及通讯设备设施、防汛排水设施及其他公共基础设施设施等。
- b) 应支持对实体对象的状态、事件、关系的表达，包括：
- 1) 实体对象的状态，包括但不限于定位、气温、能耗、运动速度、运动方向、健康度等；  
注1：实体对象的状态是指事物、对象、事物-对象系统所处的状况。
  - 2) 实体对象的事件，可以通过图像、声音的方式变化表达事件的重要、紧急程度，包括但不限于图层形式、图层颜色、图层大小、特效样式、特效频率、音频音高、界面变化；  
注2：实体对象的事件是指事物、对象、事物-对象系统所处的状况超过某一阈值时的瞬时状态。
  - 3) 实体对象的关系，应包含空间关系，宜包含系统关系、领域关系；  
注3：实体对象的关系是指事物、对象、事物-对象系统之间的关系。
- c) 应支持对实体对象的交互：
- 1) 对实体对象的时空三维表达内容的编辑，包括但不限于点选、框选、索引选中、复选、添加、剖切、切割、表达风格选择、开挖、绑定、解绑、删除、图层顺序调整、对象及图层要素搜索、保存；
  - 2) 多种浏览交互方式，如显隐、重叠、缩放、旋转、环视、鸟瞰、平移、漫游、飞行、查询等。

### 6.3 可视化呈现功能

#### 6.3.1 场景可视化渲染功能

场景可视化渲染是指根据业务需求和场景条件，提供丰富多样的可视化效果，在自然地形、城市模型、地下模型、室内模型等方面都最大可能地还原真实世界中的景观，提供多种可视化渲染特效。该项功能相关要求包括：

- a) 应支持多格式模型和图层的几何、关系可视化（见5.1.1）；
- b) 多要素场景的几何、材质、纹理特征可视化：
  - 1) 应支持地形场景可视化；
  - 2) 应支持地下场景可视化；
  - 3) 应支持建筑场景可视化；
  - 4) 应支持路网场景可视化；
  - 5) 应支持室内场景可视化；
  - 6) 应支持水面以及水下场景可视化；

- 7) 应支持不同天气与光照下的场景可视化,包括但不限于雨、雪、风、雷电、四季、24小时光影、物理真实的天空体积云系统等不同类别不同程度;
- 8) 应支持动态场景可视化以及动态模拟,如非实时、实时的场景,包括但不限于交通流、人流、水流、施工进度等需要数据更新的场景;
- 9) 宜采用PBR(基于物理的光照)技术,具有贴图、材质、纹理等属性;
- c) 应支持丰富的粒子特效、动画特效、后处理特效、光照特效等,包括但不限于爆炸、火焰、烟雾、喷泉等;
- d) 应支持多种浏览模式,包括但不限于缩放、环视、鸟瞰、平移、漫游、飞行、查询;
- e) 应支持LOD细节层次渲染技术:
  - 1) 全自动化场景下,单个要素的多级LOD自动生成,用于渲染引擎在不同视距下进行性能优化渲染;
  - 2) 全自动化场景下,同一个空间要素在不同的地理尺度下,提供不同粒度的几何表示形态,实现从大范围到具体模型细节的动态连贯、平滑、细粒度加载显示,无需进行画面切换。
- f) 应支持空间场景相关的组合集成以及可视化管理:
  - 1) 组合集成包括空间场景、观察视角、二三维图形内容的组合集成,形成复杂主题,并支持编辑、保存;
  - 2) 可视化管理包括多空间场景、多业务场景的组织编排叙事/演示,支持连贯展示、自由调度以及演示内容管理。
- g) 应支持B/S和C/S两种架构的渲染功能,满足不同终端场景的使用。

### 6.3.2 业务可视化渲染功能

业务可视化渲染是指针对空间场景、建筑模型、设备信息等属性,根据业务需求将静态空间地理信息、传感网络采集的动态位置等数据通过丰富的可视化组件进行呈现,具备海量数据的加载和可视化功能,数据预处理和加载功能,数据可视化呈现等功能。该项功能相关要求包括:

- a) 应支持业务属性数据在二三维场景中的融合显示和交互;
- b) 应支持业务流、工艺流、过程流等数据在二三维场景中的融合显示和交互;
- c) 应支持统计类、指标类数据在二三维场景中的融合显示和交互;
- d) 应支持感知类、动态检测类数据在二三维场景中的融合显示和交互;
- e) 应支持大数据分析结果数据在二三维场景中的融合显示和交互;
- f) 应支持复杂业务应用场景在二三维场景中全流程、全信息的融合显示和交互;
- g) 应支持页面可视化和三维场景可视化的交互联动、下钻上卷和上下文同步;
- h) 应支持业务语义可视化,包括物理连接、上下游、逻辑关联、依赖等;
- i) 应支持多种形态的可视化,包括文字、图表、图片、视频、关系网络等;
- j) 应支持物联网控制指令上传下达过程在二三维场景中的融合显示和交互。
- k) 应支持业务逻辑的图形化编辑,能够以图形化的方式阅读业务交互逻辑,并支持交互逻辑编辑;

## 6.4 物联感知操控功能

### 6.4.1 全息感知功能

全息感知功能是指通过采用物联感知技术，对城市静态设施、社会动态事件、环节场景等实现物与物、物与人的泛在连接，实现对城市运行状态和设备设施的精准映射、智能化感知和数据处理，该项功能相关要求包括：

- a) 应支持自然地理信息感知：
  - 1) 多种接入方式，包括但不限于有线宽带、公众移动通信网、NB-IoT 及其他无线接入方式等；
  - 2) 多种感知要素，包括但不限于地形、地貌、土壤酸碱度、水温、水位、流速、水质、温度、湿度、风力、风向、空气质量、降雨量、照度。
- b) 应支持社会信息感知：
  - 1) 多种接入方式，包括但不限于有线宽带、公众移动通信网、NB-IoT 及其他无线接入方式等；
  - 2) 多种感知要素，包括但不限于能源信息，监控视频信息，人员位置信息，车辆信息，人员公开交互内容，政府公司等实体的公开信息，个人自媒体信息，用户生成内容。

#### 6.4.2 感知设备管理功能

设备管理功能是指针对数字孪生城市系统所接入的各类设备，形成感知设备台账，实现设备资产管理，同时可对设备信息进行全生命周期管理，设备管理模块支持功能。该项功能相关要求包括：

- a) 应支持设备注册注销管理、身份认证管理、空间点位管理等；
- b) 应支持设备基础信息管理、数据存储管理、动态信息传输、运维信息管理等；
- c) 应支持内置数据库进行感知数据存储与处理，对海量感知的实时流数据进行即时存储；
- d) 应支持处理后的数据和历史存档数据的搜索、轨迹回放、时间轴播放等；
- e) 应支持设备基础信息配置，状态监控、告警管理及故障诊断管理、OTA固件升级以及获取固件信息操作等。

#### 6.4.3 远程操控功能

远程操控功能是指将数字孪生场景中对业务实体的操作映射为对现实世界实体的指令，实现数字城市对现实城市的反向控制，该项功能相关要求包括：

- a) 应支持对设备管理命令进行定义、管理和下发过程的管理等；
- b) 应支持对命令关联设备发送命令，并能够监控命令执行的过程；
- c) 应支持上层应用通过平台开放的接口对设备进行管理和控制；
- d) 应支持通过管理门户或API进行远程设备命令下发，例如开启、关闭等，实现对设备的手动远程控制；
- e) 应支持基于规则引擎远程开启或关闭设备。
- f) 应支持设备安全防护管理，包含设备安全加固、设备唯一可信认证、设备通讯加密等。

### 6.5 空间分析计算功能

#### 6.5.1 矢量空间分析功能

针对矢量数据，利用空间分析算子，对城市地理对象的空间位置、分布、形态、形成和演变等信息进行分析计算，该项功能相关要求包括：

- a) 应支持缓冲区分析，包括但不限于点缓冲区、线缓冲区、面缓冲区、线的单边缓冲区等；
- b) 应支持叠加分析，包括但不限于相交、擦除、合并、对比等；
- c) 应支持邻近分析，包括但不限于邻近汇总、邻近查询等；
- d) 应支持空间查询，包括但不限于对象空间查询、图层空间查询、范围空间查询等。

### 6.5.2 栅格空间分析功能

对以二维矩阵形式表达空间地物或现象分布的栅格数据的空间分析和模拟，该项功能相关要求包括：

- a) 应支持代数运算，包括但不限于加、减、乘、除等常用运算符，最大值、最小值、取整等运算，条件运算，三角函数运算，指数运算等；
- b) 应支持栅格统计，包括但不限于对栅格数据集的基本统计分析，指定区域统计分析，栅格密度分析；
- c) 应支持地形分析，包括但不限于坡度分析、坡向计算、三维晕渲图、流向分析、水文分析等；
- d) 应支持空间插值，包括但不限于二维插值分析，利用已知的样点去预测或评估未知样点的数值；三维插值分析，利用三维空间已知点预测或评估未知样点的数值。

### 6.5.3 三维空间分析功能

基于立体空间，对城市地理对象的空间位置、分布、形态、形成和演变等信息进行分析计算，该项功能相关要求包括：

- a) 应支持可视域分析，包括通视分析、天际线分析；
- b) 应支持阴影分析、日照分析；
- c) 应支持开敞度分析、剖面分析、淹没分析等可视化分析；
- d) 应支持气象分析，包括空气流动、烟雾扩散、洋流、潮汐等可视化分析；
- e) 应支持可达性分析，包括单出行方式可达范围、混合出行方式可达范围等；
- f) 应支持空间测量分析，包括但不限于空间距离测量、贴地距离测量、水平距离测量、高程测量、空间面积测量、贴地表面积测量、体积测量等；
- g) 应支持基于二维面和三维体的三维空间查询，查询算子包括但不限于包含、相交等；
- h) 应支持三维空间分析，包括但不限于通过性分析、三维空间关系判断等。
- i) 应支持基于网络拓扑关系（结点与弧段拓扑、弧段的连通性）的网络分析功能：
  - 1) 二维网络分析功能，包括但不限于最佳路径分析、旅行商分析、最近设施分析、服务区分析、连通性分析、关键设施查找和追踪分析功能；
  - 2) 三维网络分析功能，包括但不限于汇查找、源查找、上下游追踪、上游基础设施查找；
  - 3) 空间路径规划，包括但不限于地图匹配、轨迹预处理、动态轨迹重建、最短路径、室内导航、通道分布。

### 6.5.4 时空数据计算功能

时空大数据计算功能处理和分析城市中各类多源时空数据，包含浮动车轨迹、手机信令、社交网络、Web 访问日志、传感器等，该项功能相关要求包括：。

- a) 应支持流式计算，包括但不限于地理围栏、属性过滤、地理过滤、字段运算、字段映射；

- b) 应支持数据汇总计算，包括但不限于属性汇总、区域汇总、构建区域格网、格网汇总、空间汇总；
- c) 应支持模式分析，包括但不限于OD分析、热点分析、密度分析、驻留分析、穿越分析；
- d) 应支持基于语义信息的计算和推理，包括但不限于指标计算（如用于规划和报建的指标，容积率、建筑密度等）、环境影响分析（如噪音分析等）、实体关系推理等；
- e) 应支持空间数据筛选，包括但不限于异常检测、相似位置筛选、要素连接、相似度计算。

## 6.6 虚实融合互动功能

### 6.6.1 视频虚实融合功能

视频虚实融合是在三维的地理参考系中，使用AR、计算机视觉等技术，支持视频嵌入、AR地图、三维目标重建等功能，从而支持将动态的视频与静态的三维空间进行结合，实现虚实融合、虚实交互，该项功能相关要求包括：

- a) 应实现视频画面与默认三维场景观察视角的等视角嵌入；
- b) 应实现视频画面随默认三维场景观察视角的缩放，拖拽；
- c) 宜实现在三维场景下视频画面随三维场景视角变换进行仿射变换的功能；
- d) 可实现两路重叠度不少于30%的视频画面进行场景三维重建，并将重建的结构与三维场景进行嵌入的功能；
- e) 应支持本地视频及视频流接入；
- f) 应支持视频数据集多种显示方式，包括但不限于视频点、视频范围面、视频实景等；
- g) 应支持视频数据与矢量和栅格数据叠加，包括但不限于点、线、面、三维模型、管线、地形、影像等数据；
- h) 应支持基于三维空间的视频数据交互操作，包括但不限于场景画面中快进、慢进、单帧播放等多种播放控制；
- i) 支持多种监控摄像设备类型，包括但不限于球机、枪机、鱼眼等；
- j) 支持将鱼眼类型监控摄像设备拍摄到的视频进行矫正，矫正后与三维场景进行融合展示；

### 6.6.2 人机交互功能

人机交互功能是指针对人员无法进入或者还没有物理实现的特殊场景，通过远程VR或AR的方式控制，实现人员对物理场景的决策增强。通过打通不同通知设备的执行协议，实现对控制终端的操作，完成虚实信息融合和控制融合，实现双融合闭环，该项功能相关要求包括：

- a) 宜支持多模态感知，包括但不限于语音、图像、视频、手势、眼球跟踪等多模态的识别与交互；
- b) 宜支持通过AR完成虚拟场景和现实场景的融合展现；
- c) 宜支持通过AR实现融合场景的量算，包括但不限于距离、高度、面积等数据；
- d) 宜支持通过AR在融合场景中进行内容编辑，包括但不限于添加标签、文字、图片、视频、网页等；
- e) 宜支持通过AR在融合场景中添加特效，包括但不限于雨、雪、云、光线、粒子等；

## 6.7 模拟仿真推演功能

### 6.7.1 算法模型构建功能

算法模型构建功能是指集成和构建仿真推演算法模型，形成支撑城市仿真推演典型应用的算法模型库，实现模型管理。该项功能相关要求包括：

- a) 应支持仿真推演数据的接入，满足本文件5.1.1要求；
- b) 仿真推演算法集成：
  - 1) 应支持主流算法模型集成调用；
  - 2) 宜集成流体力学、有限元、元胞自动机、空间聚类、趋势分析等数学算法；
  - 3) 宜集成人口仿真、宜居仿真、环境仿真、安防仿真、交通仿真、能源仿真、市政设施运行仿真等业务算法。
- c) 仿真推演模型构建优化：
  - 1) 应支持模型训练、测试和优化；
  - 2) 应支持模型管理、调用、发布和更新；
  - 3) 应支持仿真模型的云化部署；
  - 4) 宜提供模型构建环境；
  - 5) 可提供模型融合及定制化开发功能。

### 6.7.2 仿真推演过程管理功能

仿真推演管控功能是指对仿真推演任务管理、数据驱动、结果管理和模型评估，实现仿真推演过程管控。该项功能相关要求包括：

- a) 仿真推演任务管理，包括：
  - 1) 应支持任务新建、删除、修改、查看等操作；
  - 2) 应支持任务启动、暂停、终止、排期等操作；
  - 3) 应支持仿真节点条件输入及修改；
  - 4) 宜支持仿真任务协同调节；
  - 5) 可支持多用户依据权限在线协作仿真任务管理。
- b) 仿真源数据实时驱动，包括：
  - 1) 应支持海量多源异构动态数据的低延迟、高并发接入；
  - 2) 应支持最新源数据信息的快速响应；
  - 3) 应支持基于在线、实时动态数据的模拟仿真，仿真计算参数可自适应设置，并能够根据不同参数设定条件，进行事件发展及影响范围的推演；
  - 4) 宜支持多维度、多场景、全生命周期数据的实时更新。
- c) 仿真推演结果呈现与管理：
  - 1) 应支持过程文件和结果文件的呈现、导入、提取、迁移、融合、存储、发布和订阅等；
  - 2) 宜支持仿真结果的动态解析。
- d) 仿真推演模型评估优化，包括：
  - 1) 应支持过程结果和最终结果的评估；
  - 2) 宜支持仿真推演模型成效评估，对多种仿真推演模型和不同参数条件下产生的仿真推演结果进行对比分析和检验。

### 6.7.3 仿真推演应用功能

仿真推演应用功能是指基于算法模型构建、仿真推演管控功能，结合城市业务应用需求及城市要素仿真推演特性，实现仿真推演赋能城市规划、建设、管理、服务，该项功能相关要求包括：

- a) 宜支持多种方式实现仿真推演结果与物理城市的交互映射，方式包括但不限于：虚实互动、预警报警、处置干预等；
- b) 宜具备以下多种仿真推演应用功能：
  - 1) 空间类仿真，包括但不限于城市生态环境、自然现象、空间物体形态等城市要素空间形态的仿真推演；
  - 2) 流程类仿真，包括但不限于城市突发事件、运行策略、业务管理优化、物流仓储接驳等生产生活活动的仿真推演；
  - 3) 综合类仿真，包括但不限于综合应急预案评估、交通态势预测、人群疏散推演、产业政策调整等城市综合业务应用仿真推演。
- c) 宜支持多模型仿真融合，包括但不限于气象、交通、应急、建设、水环境等不同事件的仿真关联，实现城市复杂系统下的融合推演。

## 6.8 自学习自优化功能

### 6.8.1 算法模型构建功能

算法模型构建是指集成了业内较为成熟的各类基础算法，可供用户直接使用，以节省算法开发的时间、降低使用门槛。平台可根据功能、场景等维度对算法进行分类管理，并支持开放自定义算法接口，该项功能相关要求包括：

- a) 应支持多种深度学习算法，包括卷积神经网络、循环神经网络；
- b) 应支持多种类型的聚类分析，如空间热点分析、空间密度聚类分析；
- c) 应支持多种类型的分类分析，如梯度提升分类、地址要素识别、基于森林的分类、地面匹配、逻辑回归、决策树分类、朴素贝叶斯分类、支持向量机；
- d) 应支持多种类型的回归分析算法，如线性回归、地理加权回归、广义线性回归、决策树回归、基于森林的回归、地理模拟等。
- e) 应支持多种空间总体特征类算法，如空间自相关性、空间分层异质性、可变面元等；
- f) 应支持多种空间插值类算法，如反距离加权法、克里金方法、径向基函数插值法、核密度评估等；
- g) 应支持多种空间抽样类算法，如SPA模型、B-SHADE模型、空间随机抽样、空间分层抽样、三明治抽样等；
- h) 应支持多种度量地理分布分析功能，包括但不限于：中心要素、平均中心、中位数中心、方向分布、线性方向平均值、标准距离。
- i) 应支持构建知识图谱功能，提供关系抽取、实体抽取、事件抽取、实体搜索、知识融合等功能，可应用于关系网络分析、可视化决策支撑等。
- j) 宜支持数据时空化功能，包含语义解析、智能匹配、异常检测、自动扩量等，应用于海量时空数据治理与融合。
- k) 应支持时空图谱化功能，包含表示学习、节点分类、标签预测、关联挖掘等，可应用于高维时空数据动态关联与推理。
- l) 应支持图谱智能化功能，包含规划推演、定位评估、归因优化、预测推算，为线下场景提供智能决策。

### 6.8.2 知识分析预测功能



知识分析预测功能是指利用机器学习、深度学习、知识图谱等技术，学习历史事件并发现其中的规律，形成优化策略从而交通运输、城市管理、规划建设、生态环境辅助决策支撑，有效提高城市运行管理和效能，该项功能相关要求包括：

- a) 在交通管理和公共安全场景下，应具备车辆识别、车辆特征识别、违法检测分析、位置与速度计算、拥堵分析等功能；
- b) 在交通控制、风险评估和公共安全场景下，应具备人流预测与异常事件检测功能；
- c) 基于城市路网、节点和关系数据等，应具备城市的交通流量变化预测、流向预测、出行目的地预测、人群行为模式分析能力；
- d) 在交通监控、路线规划、乘客共享、出租车调度等场景下，应提供基于交通轨迹数据分析的行程时间预估、出行目的地预测、通勤方式推断等功能；
- e) 基于传感器数据、气象数据和空间数据等，宜具备提供湿度、温度、空气质量等相关预测功能；
- f) 在零售场景、POI/AOI推荐、建筑规划等场景下，宜具备智能推荐选址功能。

## 6.9 众创扩展功能

### 6.9.1 数据众创功能

数据众创功能是指政府、企事业单位、行业应用开发者、个人用户能在符合数据安全和保密要求的前提下，为数字孪生城市平台提供更丰富的数据与持续应用的特性，该项功能相关要求包括：

- a) 宜支持第三方用户上传数据；
- b) 宜支持多种格式数据的上传（见5.1.1）；
- c) 宜支持数据和模型格式的转化；
- d) 宜支持实体对象场景的范围切割；
- e) 宜支持数据质量的检查和反馈；
- f) 宜支持模型的分类管理；
- g) 宜支持模型多版本的管理；
- h) 可支持平台数据的导出；
- i) 可支持公开数据和模型库的分享；
- j) 可支持用户数据和模型库的加密管理；
- k) 应提供API操作手册与开发文档；
- l) 应提供包括但不限于Web API、SDK、示例代码、快速入门教学等资源；
- m) 应支持主流编程语言，包括但不限于JavaScript、C++、C#等；
- n) 应支持用户注册、登录、权限管理等；
- o) 应支持多终端的访问；
- p) 应支持场景的编辑功能，包括但不限于点选、框选、索引选中、复选、添加、缩小、放大、旋转、剖切、切割、表达风格选择、开挖、绑定、解绑、删除、显示、隐藏、图层顺序调整、对象及图层要素搜索、保存、多方案保存、多方案对比等；
- q) 应支持空间的分析功能，包括但不限于：缓冲区、插值、叠加、泰森多边形、提取等值线/面等；
- r) 应支持应用的开发功能，包括但不限于商业图表、数据对接、页面开发、媒体交互、服务发布等；
- s) 应支持应用的发布和传播功能，包括但不限于发布物生成、开放转载、授权转载、传播埋点、传播和使用报告生成、高分辨率录屏、协作邀约、协同创作等。

## 6.9.2 应用众创功能

应用众创功能是指通过行业应用扩展开发工具集，赋能行业应用开发者，结合行业应用场景构建功能应用的功能，该项功能相关要求包括：

- a) 应支持将外部三维物体模型文件进行导入和统一管理，形成模型库；
- b) 应支持利用工具内模型库中已有三维模型，进行三维场景的搭建；
- c) 应支持以文件方式导出和导入三维场景并自动同步所需模型，导入后的三维场景能够进行二次编辑；
- d) 应支持以多用户方式进行三维场景的编辑；
- e) 应支持以可视化组件形式实现数据可视化，表达不同类型的业务数据；
- f) 应支持可视化组件的独立开发，并支持以文件方式进行组件的发布和下载；
- g) 应支持以文件形式将可视化组件导入到工具内使用；
- h) 应支持以数据联通插件形式实现外部系统与数字孪生系统的数据互联互通；
- i) 应支持数据联通插件的独立开发，并支持以文件方式进行发布和下载；
- j) 应支持数据联通插件以文件形式导入到工具内使用；
- k) 应支持自定义应用的导入导出功能；
- l) 应支持实体对象状态数据的模拟功能。

## 7 性能要求

### 7.1 数据融合供给性能

数据融合供给应能够满足特定应用场景中的性能要求，具体包括如下方面：

- a) 能管理TB、PB级的数据量，建立海量、无缝空间数据库。
- b) 各类模型数据预处理不得丢失原始数据信息，各类数据预处理作业流畅，且全过程进度可跟踪。

### 7.2 全要素数字化表达性能

全要素数字化表达应能够满足特定应用场景中的性能要求，具体包括如下方面：

- a) 城市三维模型上传系统的响应时间；
- b) 不同层次的城市要素模型初次加载时间；
- c) 行使场景编辑修改等操作的响应时间。

### 7.3 可视化呈现性能

可视化呈现应能够满足特定应用场景中的性能要求，主要如下方面：

- a) 应对三角面数与流畅度进行考察：
  - 1) 三角面片数量为5000万面以上模型规模时，模型的渲染帧率；
  - 2) 三角面片数量为5000万面以下模型规模时，模型的渲染帧率。
- b) 三维场景帧率与加载延迟；
- c) 应支持亿级矢量数据分钟级生成智能稀疏矢量金字塔，并支持秒级快速可视化；
- d) 不同分辨率下的性能要求：
  - 1) 系统在 1080p 分辨率下的渲染帧率以及交互延迟；
  - 2) 系统在 4K、8K、10K、16K 分辨率下的渲染显示的渲染帧率以及延迟时间；
- e) 系统从启动到进入可交互三维场景的响应时间；
- f) 系统应支持加载不限制规模的三维场景数据；

- g) 系统应支持密集区域内大量可交互操作三维物体（1平方公里范围内100万个以上）同时加载。

#### 7.4 物联感知操控性能

物联感知操控应能够满足特定应用场景中的性能要求，具体包括如下方面：

- a) 支持感知数据并发访问，数据并发访问的吞吐率（以毫秒为单位同时到达的请求数），该并发压力下接口的响应时间；
- b) 物联网感知设备与城市数字孪生系统的交互报文的吞吐率。

#### 7.5 空间分析计算性能

空间计算分析应能够满足特定应用场景中的性能要求，具体包括如下方面：

- a) 在一定数据量下，基础空间分析的响应时间；
- b) 在一定数据量下，复杂空间分析的响应时间。

#### 7.6 虚实融合互动性能

虚实融合互动应能够满足特定应用场景中的性能要求，具体包括如下方面：

- a) 在同屏幕下数据的并发量；
- b) 基于人机交互体验，终端设备虚拟对象实时渲染的响应时间；
- c) 在虚实融合场景中实体对象和事件交互的响应时间；
- d) 在同一屏幕视频同时展示的场景下，可同时支持实时视频流的数量；
- e) 融合场景下视频持续播放的稳定性。

#### 7.7 模拟仿真推演性能

模拟仿真推演应能够满足特定应用场景中的性能要求，包括但不限于：

- a) 仿真推演任务执行的稳定性；
- b) 实时数据驱动或仿真节点条件修改情况导致仿真推演任务重新执行的最少响应时间；
- c) 单用户仿真推演任务可同时执行的任务数量；
- d) 仿真推演任务在线协作管理的用户数。

#### 7.8 自学习自优化性能

自学习自优化性能应能够满足特定应用场景中的性能要求，主要考率如下方面：

- a) 数据时空化性能，用于地名地址解析，解析准确率、召回率；
- b) 图谱智能化性能，用于规划推演、定位评估、归因优化、预测推算的准确率；
- c) 模型的鲁棒性、安全性和数据隐私保护等属性的评估。

#### 7.9 众创扩展性能

众创扩展性能应能够满足特定应用场景中的性能要求，主要考虑如下方面：

- a) 三维场景支持同时协作编辑的用户数；
- b) 三维模型库的模型预览页面加载时间；
- c) 数据可视化组件的预览页面加载时间；
- d) 针对某一类实体对象的可视化效果替换，应满足更新后，不需刷新浏览器即可实时呈现；

- e) 针对自定义图表的可视化效果替换，应满足更新后，不需刷新浏览器即可实时呈现；
- f) 针对某一类应用或者业务插件的替换，应满足更新后，刷新浏览器即可实时呈现。
- g) 针对数据安全和知识产权保护能力的评估。

### 参考文献

- [1] CJJ/T 157-2010 城市三维建模技术规范
  - [2] CH/T 9015-2012 三维地理信息模型数据产品规范
  - [3] GB/T 5271.31-2006 信息技术 词汇
  - [4] GB/T 37043-2018 智慧城市 术语
  - [5] CJJ/T 157-2010 城市三维建模技术规范
  - [6] CJJ/T 157-2010 城市三维建模技术规范
-