

SZSD

数 字 山 东 技 术 规 范

SZSD 0041—2025

数字孪生机场模型构建规范

Specification for construction of digital twin airport model

2025 - 09 - 25 发布

2025 - 10 - 01 实施

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 建模准则 2

 4.1 标准化 2

 4.2 精准化 2

 4.3 轻量化 2

 4.4 可视化 2

 4.5 可交互 3

 4.6 可融合 3

 4.7 可进化 3

5 建模要求 3

 5.1 总体要求 3

 5.2 几何模型 3

 5.3 物理模型 3

 5.4 行为模型 4

 5.5 规则模型 4

6 建模流程 4

7 测试验证 6

参考文献 7

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。

本文件由山东省大数据协会提出。

本文件由山东省大数据局归口。

本文件起草单位：浪潮智慧科技有限公司、山东机场信息科技有限公司、山东省机场管理集团日照机场有限公司、山东省机场管理集团威海国际机场有限公司、中国民航大学、北京理工大学前沿技术研究院、浪潮智慧科技创新（山东）有限公司、浪潮智慧科技（天津）有限公司。

本文件主要起草人：张春德、杨泉林、蒋庆、付港、吕东亮、魏文凤、冯霞、陈雪梅、周元升、宋云鹏、赵大勇、蒋照耀、董宪元、侯金昭、李汝刚、亓华军、张健、盛建鲁、刘长升、白婷婷、吴鑫、李晨、李东阳。

数字孪生机场模型构建规范

1 范围

本文件规定了数字孪生机场建模准则、建模要求、建模流程及测试验证。
本文件适用于数字孪生机场模型构建。

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。

SZSD01 0009—2024 数字孪生机场建设规范

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 digital twin

具有保证物理状态和虚拟状态之间以适当速率和精度同步的数据连接的特定目标实体的数字化表达。

[来源：GB/T 43441.1-2023，3.4]

3.2

物理机场 physical airport

以陆上机场生产运营所要求的建筑、航空器、作业车辆、人员、设备、各职能部门、航司、空管、驻场单位、知识为基础，由所有机场要素构成的对机场生产运营进行实际执行和保障的所有单元的集合。

3.3

数字孪生机场 digital twin airport

在新一代信息技术驱动下，通过物理机场与虚拟机场的双向真实映射与实时交互，实现物理机场、虚拟机场、机场服务系统的全要素、全流程、全业务数据的集成和融合。

3.4

数字孪生机场模型 digital twin airport model

以物理机场为对象，利用数字孪生技术（手段）得到的与之对应的虚拟仿真模型的总称。

3.5

几何模型 geometric model

物理机场及机场要素几何形状、尺寸规格、空间位置姿态、空间位置关系等空间几何属性的数字化表达。

3.6

物理模型 physical model

物理机场内各类建筑、设施、设备、工作人员等机场生产要素物理特征属性和功能特性等物理属性的数字化表达。

3.7

行为模型 behavioral model

物理机场中各类生产要素行为特征、响应机制等要素的数字化表达。

3.8

规则模型 rule model

物理机场中各类设施、设备等生产要素评估、推理等规律规则的数字化表达。

4 建模准则

4.1 标准化

标准化要求包括但不限于以下几个方面：

- 模型定义标准化；
- 编码策略标准化；
- 开发流程标准化；
- 数据接口标准化；
- 通信协议标准化；
- 解算方法标准化；
- 模型服务化封装及使用标准化。

4.2 精准化

精准化要求包括数字孪生机场模型静态的精准化和动态的精准化。

- 应对物理机场进行精准的静态刻画和描述；
- 应保持与物理机场的动态一致性，即随时间的变化数字孪生机场模型所表现的属性特征与物理机场的实际特征相符；
- 应根据不同的业务需求采用不同的建模精准度，精准度可分为概念级、近似级、精准级：
 - 概念级代表物体的概念性存在，仅有基本类型和位置信息；
 - 近似级具有近似形状、尺寸、位置、方向，能区分主要组件；
 - 精确级具有精确的尺寸、形状、位置、方向、肌理，可用于精确的碰撞检测、施工模拟。

4.3 轻量化

在保证主要信息无损、模型精度、使用功能不受影响等前提下，对数字孪生机场模型进行精简和轻量化。轻量化要求应包括但不限于以下几个方面：

- 几何描述的轻量化；
- 承载信息的轻量化；
- 逻辑模型定义的轻量化。

4.4 可视化

将数字孪生机场模型以直观、可视的形式呈现给用户，方便用户与模型进行深度交互。可视化要求包括但不限于以下几个方面：

- 模型构建过程的可视化；

- 模型使用过程的可视化；
- 模型管理过程的可视化。

4.5 可交互

可交互要求包括但不限于以下几个方面：

- 不同数字孪生机场模型之间应能通过兼容的接口互相交换数据；
- 数字孪生机场模型与物理机场之间应能通过兼容的接口互相交换数据和指令；
- 数字孪生机场模型与服务之间应能通过兼容的接口互相交换数据。

4.6 可融合

多个或多种数字孪生机场模型应能够基于关联关系融合成一个整体。可融合要求包括但不限于以下几个方面：

- 几何-物理-行为-规则等多维度模型的融合；
- 多领域模型的融合；
- 数据特征的融合。

4.7 可进化

应满足智能化演化与优化的可进化要求，包括但不限于以下几个方面：

- 应根据物理机场运行过程中产生的数据，实现跟随物理机场变化进行迭代更新；
- 应基于机场数据的挖掘与知识的积累，优化机场决策和评估等能力。

5 建模要求

5.1 总体要求

数字孪生机场模型应包括几何模型、物理模型、行为模型、规则模型，应符合SZSD01 0009—2024中5.3的要求。模型的全要素状态演化与行为映射必须由实时、多源、可验证的数据驱动，确保孪生体与物理实体在时空维度的一致性。

5.2 几何模型

几何模型应满足如下要求：

- 按照机场组成要素划分的机场模型包括：
 - 飞行区几何模型包括航空器、作业车辆、跑道、滑行道、机坪等要素的几何模型；
 - 航站区几何模型包括机场航站楼及其配套的站坪、交通、服务等几何模型，以及值机柜员、安检人员、安保人员等工作人员的几何模型；
 - 机场的交通系统包括城市通向机场的道路、轨道交通、水上交通等几何模型；
- 根据模型的不同用途，确定设施、设备的范围和模型几何形体详细程度。

5.3 物理模型

物理模型应满足如下要求：

- 航空器包括生产日期、所属航司、执飞机组成员、航班号、累计飞行时间、油量、维修保养信息、当前位置、前序航班、后序航班等特性；
- 作业车辆包括采购时间、功能、用途、当前位置、驾乘人员等特性；
- 建筑、设施、设备包括材质、重量、功能、用途、能耗、安装位置、环境条件等特性；

- 工作人员包括工号、部门、岗位、工作年限、专业、履历、排班、联系方式、当前位置等特性。

5.4 行为模型

行为模型应满足如下要求：

- 包括航司、空管部门、地面服务公司等组织及其下属职能部门的生产运行状况等特征；
- 包括航班调度、流量控制、资源分配、安全保障、航班保障、旅客服务、应急响应、航班运行偏移事件等行为特征；
- 支持根据时间轴还原机场历史运行场景、预演未来运行场景等；
- 支持各类紧急突发情况及应急处理方案演练。

5.5 规则模型

规则模型应满足如下要求：

- 包括设施、设备的物理寿命、经济寿命、技术寿命等寿命演化规律；
- 包括设施、设备的磨损、疲劳、腐蚀等退化规律；
- 包括空中交通管理、机场弱电系统运行、飞行区安全运行等规则。

6 建模流程

构建流程如图1所示。

- 需求分析：明确数字孪生机场的建设目标和需求，确定关键应用场景和优先级；
- 数据采集：通过传感器、监测设备等手段，采集物理机场的各类数据，包括但不限于各机场要素的几何模型数据、物理模型数据、行为模型数据、规则模型数据等；
- 数据预处理：对采集到的数据进行清洗、转换和整合，确保数据的准确性和一致性、时效性；
- 模型交互接口设计：定义和设计输入输出接口；
- 模型设计：确定数字孪生机场模型的层次结构，设计模型的功能模块，规划模型的可视化展示；
- 模型开发：实现数字孪生机场模型的三维建模、数据接口和功能开发；
- 模型轻量化：在保证精度的情况下简化模型结构、优化模型材质，采用压缩技术对模型数据进行压缩，减少对存储空间和传输带宽的占用；
- 测试验证：对数字孪生机场模型和功能进行测试验证，确保其准确性和可靠性；
- 模型修改：纠正模型误差，提高模型的精度和可靠性；优化模型性能，提高模型的运行效率、响应速度和可视化效果等性能指标；
- 模型融合：将物理机场业务运营数据与数字化模型进行融合，实现物理机场与数字孪生机场模型的关联和映射。

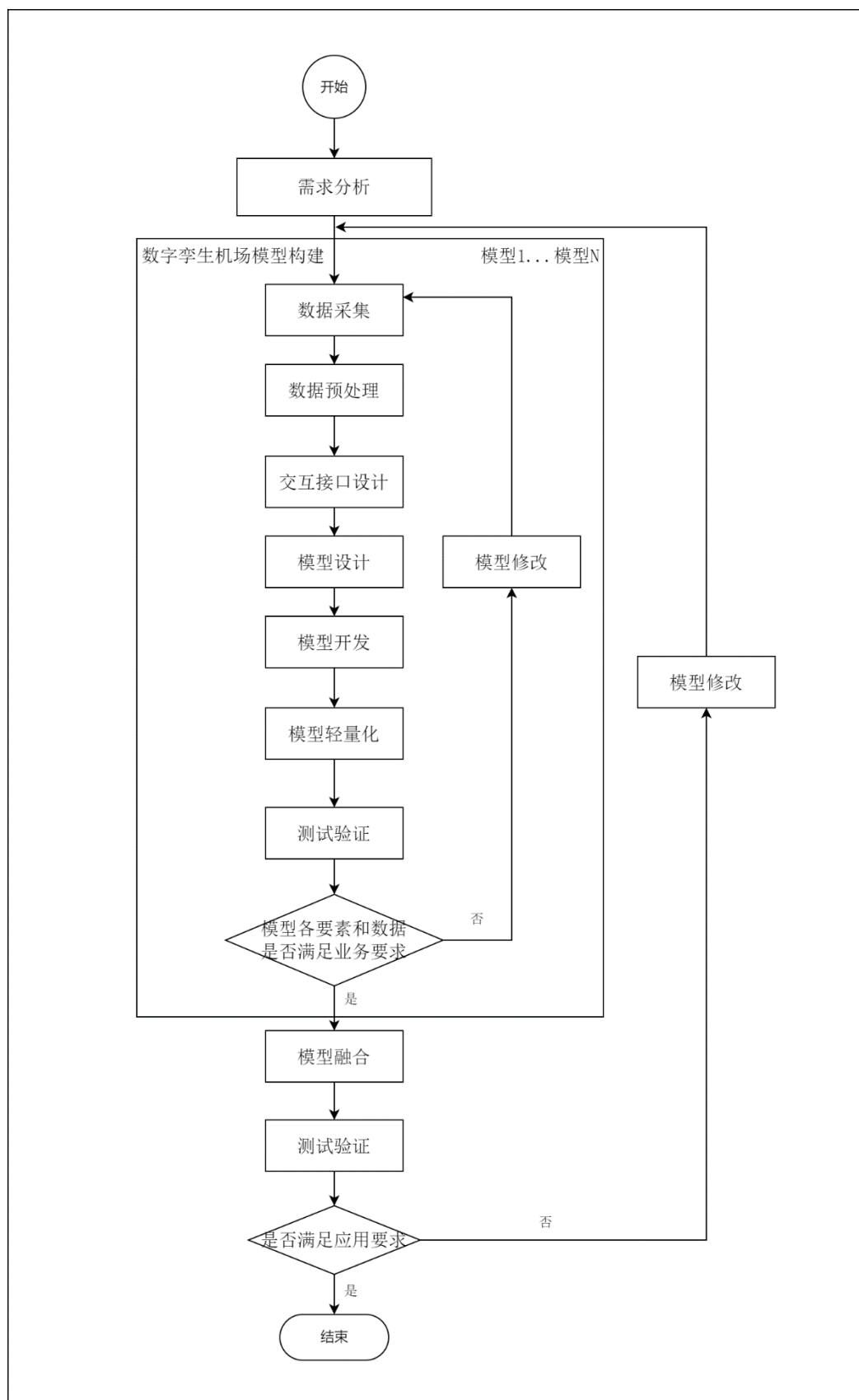


图1 数字孪生机场模型构建流程图

7 测试验证

应通过多维度验证体系系统检验模型构建是否符合建模准则与建模要求：

- 基于高精度建模技术与动态数据同步机制，开展关键区域几何建模与实时数据匹配验证；
- 搭建多协议兼容测试平台，开展异构系统数据交互与服务调用的高效稳定性验证；
- 通过模型轻量化处理与移动端适配测试，验证模型在不同终端的流畅访问能力；
- 设计多类应急场景推演与规则模型训练，验证预案生成时效性与预测模型的可靠性；
- 开展多源数据融合与模型迭代优化测试，验证时空数据同步准确性及模型自主进化能力。

参 考 文 献

- [1] GB/T 22080—2016 信息技术 安全技术 信息安全管理体系 要求
 - [2] GB/T 34960.5—2018 信息技术服务 治理 第5部分：数据治理规范
 - [3] GB/T 35295—2017 信息技术 大数据 术语
 - [4] GB/T 43441.1—2023 信息技术 数字孪生 第1部分：通用要求
 - [5] GA/T 1047—2013 道路交通信息监测记录设备设置规范
 - [6] MH/T 0025-2005 民用航空信息系统安全等级保护管理规范
 - [7] MH/T 0051 民用航空信息系统安全等级保护实施指南
 - [8] MH/T 5049 四型机场建设导则
 - [9] MH/T 5052 机场数据规范与交互技术指南
 - [10] MH/T 5053 机场数据基础设施技术指南
 - [11] ISO/IEC 30173:2023 Digital twin - Concepts and terminology
 - [12] 数字孪生技术应用白皮书2021
-