

团 体 标 准

T/GAAI 008—2024

基于“天空地一张图”的低空无人机遥感 监测技术规范

Technical specification for low altitude unmanned aerial vehicle
remote sensing monitoring based on “space-air-ground universal map”

2024 - 09 - 18 发布

2024 - 09 - 18 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 缩略语	2
5 监测技术	3
5.1 基本要求	3
5.2 监测设备	4
5.3 监测范围	4
5.4 监测流程	4
5.5 监测数据获取	5
6 监测数据处理	5
6.1 数字高程模型 (DEM) 制作	5
6.2 数字表面模型 (DSM) 制作	5
6.3 数字正射影像制作	5
6.4 实景地图制作	5
6.5 变化监测底图制作	5
6.6 变化监测图制作	5
6.7 专题图产品制作	5
7 多源数据融合	6
7.1 数据系统架构	6
7.2 工作模式	6
8 二三维数据可视化	6
8.1 空间数据可视化	6
8.2 二三维一体化数据可视化	7
9 天空地一张图智能平台	7
9.1 组成部分	7
9.2 二三维一体化地图引擎	7
9.3 平台主要功能	7
10 天空地一张图智能服务	9
10.1 基础地理信息服务	9
10.2 空间智能分析服务	9
10.3 时空事件监测服务	9
10.4 成果管理服务	10
参考文献	11

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。

本文件由广州知行机器人科技有限公司提出。

本文件由广西人工智能学会归口。

本文件起草单位：广西科学院、广州知行机器人科技有限公司、广东维正科技有限公司、中山大学、南宁师范大学、广西桂科院空天智能科技有限公司、珠海知行空天科技有限公司。

本文件主要起草人：刘萌伟、唐嘉徽、黄英、宾俊驰、胡梦阳、刘小平、冯晟恺、刘凯、黄文龙、覃晓。

基于“天空地一张图”的低空无人机遥感监测技术规范

1 范围

本文件规定了基于“天空地一张图”的低空无人机遥感的术语和定义、缩略语、监测技术、监测数据处理、多源数据融合、二三维数据可视化、天空地一张图智能平台及天空地一张图智能服务。

本文件适用于基于“天空地一张图”的低空无人机遥感监测的设计、试验与应用。

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 14950—2009 摄影测量与遥感术语

GB/T 35628—2017 实景地图数据产品

CH/T 3003 低空数字航空摄影测量内业规范

CH/T 9015—2012 三维地理信息模型数据产品规范

DZ/T 0265 遥感影像地图制作规范(1:50000/1:250000)

3 术语和定义

GB/T 14950—2009、GB/T 35628—2017界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

天空地一张图 Space-Air-Ground universal map

一种通过有机集成来自卫星航天遥感、低空无人机、地面监测等多源时空数据，构建起从天上、低空到近地的全景地理信息系统，依托对应软件平台，对监测数据开展数据处理与分析，形成全方位、实时、准确的监测画面，辅助监测管理者采取相应的措施和决策，从而实现对真实情景的模拟、预测和响应。

3.2

航天遥感监测 aerospace remote sensing monitoring

利用卫星、航天飞机等航天器平台监测技术获取的多种传感器数据，包括全色、多光谱、高光谱、红外、合成孔径雷达（SAR）、激光雷达（LiDAR）等。这些数据经过系统录入后，通过自动匹配和校正，与历史影像完全契合，形成比对数据；随后，最新数据与历史影像进行自动比对，生成变化图斑（变化态势感知）。

3.3

低空无人机遥感监测 low-altitude UAV remote sensing monitoring

利用无人机作为平台，搭载多种传感器收集地面的多源遥感数据，开展周期性和机动监测任务。

注1：周期性监测指按照预定的时间间隔对特定区域进行持续时空监测。

注2：机动监测主要针对卫星遥感影像中已侦测到的疑似变化区域进行进一步的确认。

3.4

地面监测 ground monitoring

通过移动测量车、手持智能终端及GNSS/北斗、RTK、边坡监测装置等其他一些地面测量设备实现，用于高精度信息采集，具有精度高、响应快、机动性强等特点。通过与卫星、无人机设备配合使用，可突破传统地面监测手段的局限，实现较大范围内的高精度、实时、全方位监测。

3.5

多尺度 multi-scale

对同一地理对象或现象在不同空间分辨率和场景下的细节级别或抽象度上的描述和表示。涉及到从微观到宏观的多个层次，反映了地理信息在不同时空尺度下的特性和变化以及地理过程和模式的复杂性。

3.6

数字高程模型 digital elevation model; DEM

以规则格网点的高程值表达地面起伏的数据集。

[来源：GB/T 14950—2009, 6.29]

3.7

数字表面模型 digital surface model; DSM

以一系列离散点或规则点的三维坐标表达物体表面（包括树冠、屋顶等）起伏形态的数据集。

[来源：GB/T 14950—2009, 6.31]

3.8

正射影像图 orthophotoquad

具有正射投影性质的影像图。

[来源：GB/T 14950—2009, 6.21]

3.9

实景地图 real scene map

通过地理参考将实景影像与地图要素进行关联的一种电子地图。

[来源：GB/T 35628—2017, 3.5]

3.10

变化监测图 change monitoring map

变化监测图是反映同一区域不同时期地表变化特征与过程的数据。数据包括正射影像图、数字高程图、数字表面模型、矢量地图、栅格地图等低空无人化监测的数据。

3.11

专题图产品 thematic map product

指突出表示某一种或者几种自然和人文现象特征的地图产品。

3.12

天空地数据服务 Space-Air-Ground data service

一种综合利用卫星、无人机、无人值守无人机机场等设备获取影像、传感器数据，再结合地面监测装置（如近地摄像监测设备）采集的实时信息，形成全方位、多层次的地理空间数据体系。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

LBS: 基于位置的服务 (Location Based Service)

GNSS: 全球导航卫星系统 (Global Navigation Satellite System)

GIS: 地理信息系统 (Geographic Information System)

RTK: 实时动态定位技术 (Real-Time Kinematic)

SAR: 合成孔径雷达 (Synthetic Aperture Radar)

UAV: 无人机 (Unmanned Aerial Vehicle)

5 监测技术

5.1 基本要求

5.1.1 空间参考系

按CH/T 9015—2012中5.4的规定,相关数据产品应采用统一的、符合国家规定的平面坐标和高程系统。当采用地方坐标系时,应与国家统一坐标系建立严密的转换关系。

5.1.2 时间参考系

相关数据产品涉及的日期应采用公历纪元,时间应采用北京时间。

5.1.3 多源化

5.1.3.1 数据应来自多种不同的源头,如传感器、卫星、无人机和公开数据库等。

5.1.3.2 数据应包括多种类型,如数值、文本、图像、声音、视频等。

5.1.3.3 数据应具有不同尺度和粒度,观测范围各不相同。

5.1.4 高精度

收集的空间数据应具有高精度和高分辨率。

5.1.5 实时性

对于应急响应、交通监控或农业监测等方面的应用,空间数据应能够实时或近实时地收集和处理。

5.1.6 完整性

空间数据应全面覆盖感兴趣的区域,没有遗漏或空白。

5.1.7 可视化

5.1.7.1 提供全方位互联互通可扩展的可视化分析工具。

5.1.7.2 使用图表、地图、图形、影像等视觉元素,直观、易于理解地展示数据的模式、趋势和关系。

5.1.7.3 基于“天空地一张图”的无人机遥感应可视化。

5.1.8 可解释性

5.1.8.1 空间数据应具有明确的元数据和标准化的数据格式。

5.1.8.2 元数据应详细记录数据的来源、收集时间、数据负责人、空间分辨率等关键信息。

5.1.8.3 宜采用 GeoTIFF、Shapefile 等国际通用标准格式。

5.1.9 可维护性

应具有有效的数据管理和更新机制,保持数据的时效性和准确性。

5.1.10 合规性

空间数据收集和使用应遵守相关的法律和隐私规定。

5.2 监测设备

包括但不限于以下监测设备：

- 卫星；
- 航天飞机；
- 无人机（UAV）；
- 无人机机场；
- 移动测量车；
- 手持智能终端；
- 近地高清摄像头；
- 边坡监测雷达。

5.3 监测范围

依据不同的应用领域，“天空地一张图”监测范围包括但不限于以下内容：

- a) 矿业：监测矿区的地质结构变化、开采活动和环境影响；
- b) 林业：监测森林病虫害、火灾等状况；
- c) 环境：监测污染源、环境质量及生态系统变化等；
- d) 城市规划和管理：监测城市建设、交通状况、公共设施等；
- e) 灾害响应：监测洪水、地震、滑坡等自然灾害；
- f) 公共安全和执法：监测犯罪活动、交通违法等；
- g) 地质和地形：监测地质结构、地形特征等；
- h) 农业：监测作物生长状况、病虫害分布、灌溉需求等；
- i) 能源：监测风能、太阳能等可再生能源资源；
- j) 考古和文化遗产：监测考古遗址、文化遗产等。

5.4 监测流程

监测技术主要包括航天卫星遥测、低空无人机遥感、地面监测等，流程如图1所示。

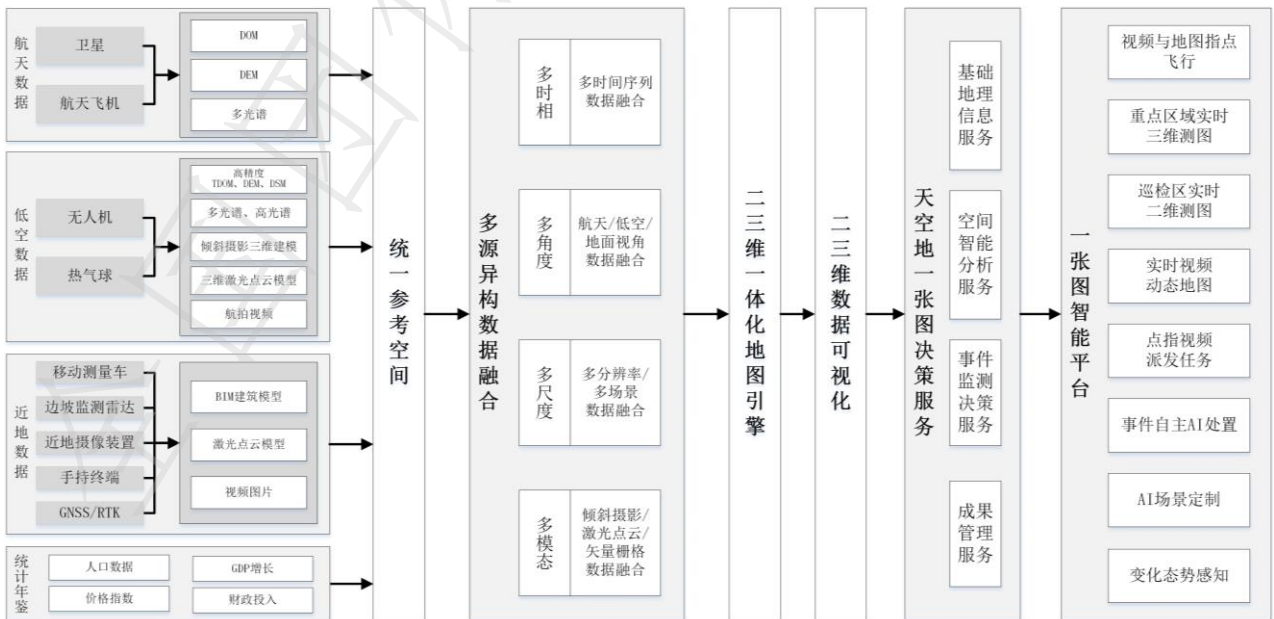


图1 “天空地一张图”监测技术流程

5.5 监测数据获取

- 5.5.1 通过卫星、航天飞机获取多光谱等航天数据。
- 5.5.2 通过无人机、热气球获取光学影像、SAR、多光谱、高光谱、航拍视频等低空数据。
- 5.5.3 通过移动测量车获取全景数据、激光点云等数据。
- 5.5.4 利用包括地基合成孔径雷达、数字阵列雷达在内的边坡监测装置，收集重点区域的全景数据、激光点云等近地边坡数据。
- 5.5.5 使用手持智能终端监测数据采集照片视频、定位数据。
- 5.5.6 通过 RTK/GNSS 监测系统实时获取高精度测量点数据等。

6 监测数据处理

6.1 数字高程模型（DEM）制作

数字高程模型的制作方法和流程按CH/T 3003的规定执行。

6.2 数字表面模型（DSM）制作

数字表面模型的制作方法和流程按CH/T 3003的规定执行。

6.3 数字正射影像制作

数字正射影像的制作方法和流程按CH/T 3003的规定执行。

6.4 实景地图制作

实景地图的制作方法和流程按GB/T 35628的规定执行。

6.5 变化监测底图制作

6.5.1 变化监测底图生产工作按照 DZ/T 0265 执行。

6.5.2 坐标系统采用 2000 国家大地坐标系，高程基准采用 1985 国家高程基准，监测底图的投影采用高斯-克吕格投影，应保持原始影像数据的最优分辨率。

6.6 变化监测图制作

以监测期内最新时相的全分辨率监测地图为基础，通过监测区域的变化生态感知的判释，提取监测时空事件（灾害状态、工程进度等）的变化信息、生成变化监测图，最终形成变化监测图产品。其制作流程如图2所示。



图2 变化监测图产品制作流程图

6.7 专题图产品制作

在变化监测图的基础上，根据监测分析需求，对遥感监测数据进行高光谱分类以及一系列相应的专题图制作，形成专题图产品。其制作流程如图3所示。

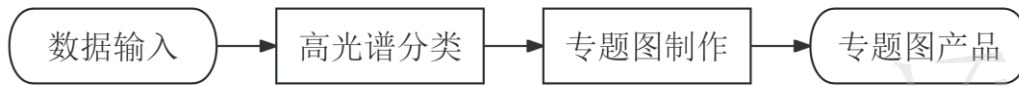


图3 专题图产品制作流程图

7 多源数据融合

7.1 数据系统架构

7.1.1 “天空地一张图”系统采用 5 层架构，自下而上分为数据采集层、数据处理层、数据融合层、数据服务层和业务应用层。

7.1.2 根据数据采集设备以及相关传感器所处地理空间位置的不同，监测数据可分为航天、低空和地面三类。

7.2 工作模式

7.2.1 采用多源数据融合工作模式。

7.2.2 综合利用航天卫星遥感、低空无人机遥感、地面监测设备等不同层次的多源异构数据，实现多时相、多角度、多尺度、多模态的监测。

8 二三维数据可视化

8.1 空间数据可视化

8.1.1 运用地图学、计算机图形学和图像处理技术。

8.1.2 采用图形符号、图形、图像，结合图表、文字、表格、视频等可视化形式显示地学信息输入、处理、查询、分析以及预测的数据及结果。

8.1.3 空间数据可视化是基于现实世界的地理实体或现象，通过概念模型、逻辑数据模型、物理数据模型，最终实现二三维空间数据可视化的过程，具体流程如图 4 所示。

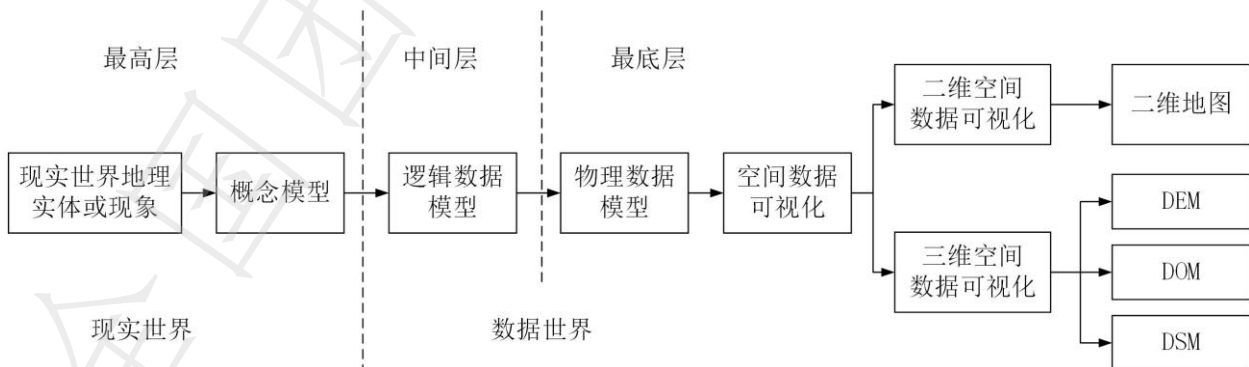


图4 空间数据可视化流程

8.1.4 二维数据可视化包括二维地图可视化，制作方法和流程按 DZ/T 0265 的规定执行。

8.1.5 三维数据可视化包括 DEM、DOM 和 DSM 可视化，制作方法和流程按照 CH/T 9015—2012 第 6 章要求执行。

8.2 二三维一体化数据可视化

二三维一体化数据可视化系统主要集成二维、三维数据，互相联动，展示数据查询、叠加等相应专题数据，具体如图5所示。

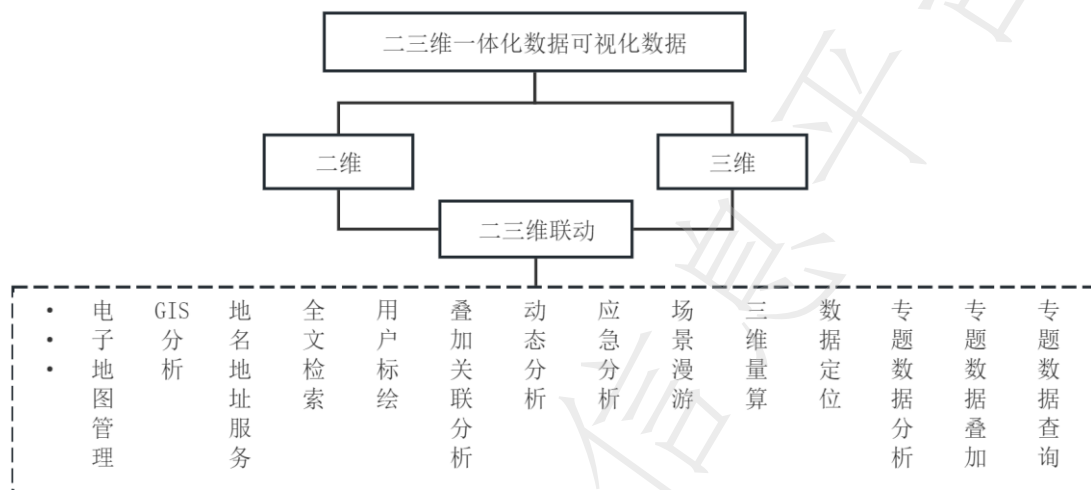


图5 二三维一体化数据可视化系统架构

9 天空地一张图智能平台

9.1 组成部分

天空地一张图智能平台系统将航天卫星、低空无人机、地面监测设备的影像数据融合为一体，同时为指挥决策提供关键信息，实现实时化、精准化管理。天空地一张图智能平台包括但不限于：

- a) 软件部分：包括天空地一张图智能平台、公有云、私有云；
- b) 硬件部分（天空地相关监测设备）：包括无人机、无人机机场（如天枢无人值守机场）、GNSS、移动车辆车、边坡监测雷达等；
- c) AI 边缘计算终端。

9.2 二三维一体化地图引擎

9.2.1 二三维一体化地图引擎可无缝集成二维地图和三维模型，实现二维和三维数据的互补与融合。

9.2.2 引擎采用多层次数据组织和渐进式加载技术，高效处理海量空间数据，并支持多种数据格式和坐标系统。

9.3 平台主要功能

9.3.1 视频与地图指点飞行

9.3.1.1 当监测系统发现某处触发了危险阈值时，天空地一张图智能平台应自动在地图（视频监控）上标记危险点并自动生成无人机巡查任务。

9.3.1.2 无人机自主飞行到危险点上空，通过机载视频设备实时回传高清画面。

9.3.2 重点区域实时三维测图

9.3.2.1 当监测系统触发危险阈值时，天空地一张图智能平台自动在地图上标记重点（事件发生）区域并生成无人机巡查任务。

9.3.2.2 无人机自主飞行至危险点，采集高清画面与 GIS 数据，通过倾斜摄影技术、计算机视觉和遥感技术实时生成高精度三维地图，快速测量分析重点区域。

9.3.2.3 对高危险点，无人机环绕飞行采集图片，利用三维重建和三维激光点云渲染出精细三维场景，通过与场景交互，模拟危险情况下的应对和应急措施。

9.3.3 巡检区实时二维测图

9.3.3.1 通过无人机搭载 AI 高清摄像设备，在监管区域上空进行航拍测绘。

9.3.3.2 智能平台系统利用视频序列帧匹配叠图技术，将无人机采集的海量图片进行实时拼接，生成高精度的正射影像图，实时再现巡检区的状况。

9.3.4 实时视频动态地图

9.3.4.1 通过无人机搭载 AI 高清摄像设备，在监管区域上空进行航拍测绘。

9.3.4.2 智能平台系统利用视频序列帧匹配叠图技术，将无人机采集的海量视频进行实时拼接。

9.3.5 点指视频派发任务

9.3.5.1 基于地理视频（GeoVideo）核心技术，管理者可直接在天空地一张图实时视频上点选建立飞行任务，同时在地图上对应标注的功能。

9.3.5.2 在视频画面上点击兴趣区域即可精准的将该内容标注在地图上，并可分析目标物的类别、轨迹与速度等信息。

9.3.6 事件自主 AI 处置

无人机自动识别监管区域内异常信息，反馈到一张图智能平台监测系统，系统自动派发巡查任务到最终上传处置成果，形成一整套无人自动闭环处置，做到了AI智能的“查——处——结”。

9.3.7 AI 场景定制

9.3.7.1 AI 模型定制

9.3.7.1.1 提供监管领域的定制 AI 模型开发服务，涵盖时空事件识别，如识别交通违规行为、养护施工违规行为等。

9.3.7.1.2 通过大量采集视频图像数据训练，模型高效准确地分析和识别关键要素，提升智能决策管理和安全生产水平，优化流程和决策制定效率。

9.3.7.2 AI 目标识别和空间坐标关联

9.3.7.2.1 利用先进的计算机视觉技术和深度学习算法，实时分析无人机捕获的监视场景图像和视频数据，准确辨识时空事件要素，例如交通监视区域内的车辆、设备和人员。

9.3.7.2.2 结合高精度的全球定位系统/北斗系统，精确定位和实时追踪目标。

9.3.7.2.3 宜应用于安全监控、设备调度和人员管理等，实现对相关公共安全、安全生产过程的全面感知和智能化控制。

9.3.8 变化态势感知

9.3.8.1 利用无人机采集的监控区域影像数据，智能分析提取关键要素的变化信息，生成监管区域的地图变化监测报告。

9.3.8.2 相关管理者可实时了解和应对公路及周边基础设施的环境变化，包括相关区域的发展、建设活动的影响和公共设施的破损等。

9.3.8.3 可指导公共设施健康、维护附近生态恢复、保障安全生产和加强环境保护措施等，持续感知监管区域环境。

10 天空地一张图智能服务

10.1 基础地理信息服务

10.1.1 利用基础地理信息、遥感影像、社会经济统计数据以及行业专题信息等多源数据，将其转化为辅助用户进行决策的地理信息产品，提供基础地理信息服务，如图6所示。

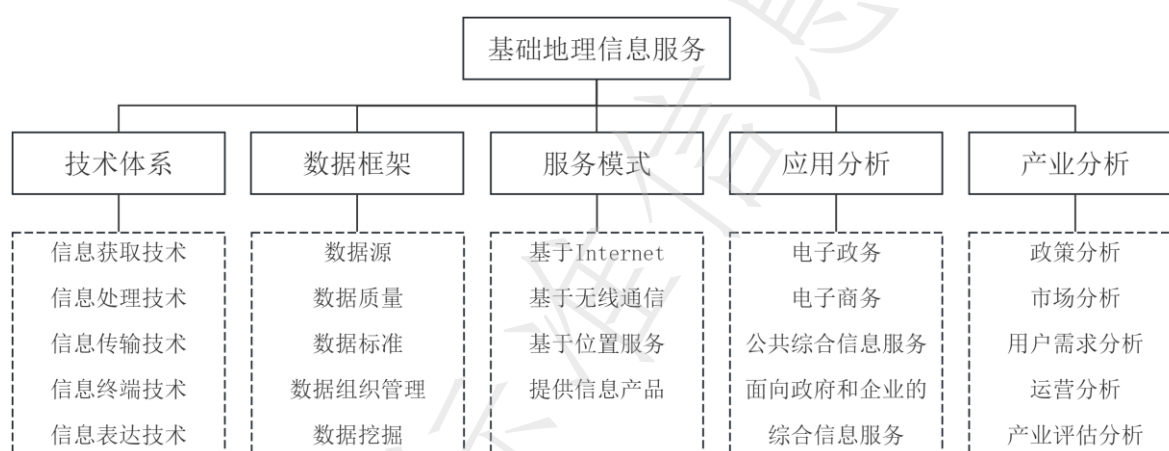


图6 基础地理信息服务框架

10.1.2 地理信息服务应具有以下特征：

- 服务的核心产品为地理信息，辅以必要的软硬件设施；
- 服务的实施具有持续性，区别于一般GIS项目的明确期限；
- 服务面向的用户群体，具有不确定性和随机性；
- 服务能够持续产生经济效益或社会效益。

10.2 空间智能分析服务

10.2.1 应用人工智能技术建立智能化的时空数据处理和分析模型，在人工智能的支持下对时空信息进行高效、精准的处理和深入分析。

10.2.2 融合计算机工作模式、可视化计算、隐LBS与智慧应用等技术手段，以及结合云GIS与人工智能，提供智能化的空间分析和时空决策支持。

10.3 时空事件监测服务

10.3.1 时空事件基本内容

整合时间和空间维度的信息，准确记录自然灾害（如洪水、地震等）事件的起始时间、发生地点、持续时长以及影响区域。

注：时空事件指在特定时空范围内发生的、具有一定影响力的事件。

10.3.2 时空事件监测流程

围绕时空事件的识别、预警、响应、评估4个过程，提供不同阶段的决策服务，如图7所示。

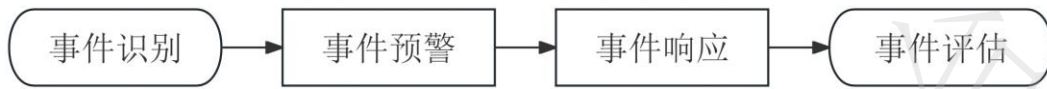


图7 时空事件监测服务流程框架

10.3.3 事件识别

实时监控和巡检特定区域，利用地理空间和时间数据来识别可能导致重大影响的初始事件。其处置方法为：

- a) 部署时间敏感的监测系统（如地震监测站）；
- b) 利用实时数据流动态更新地图显示；
- c) 标注识别到的事件发生的精确时间和地点；
- d) 快速识别事件的模式或异常情况。

10.3.4 事件预警

10.3.4.1 根据监测到的数据，及时向可能受影响的地区或人群发出预警信息。这些警告不仅包含事件的紧迫性，还提供了精确的地理位置信息。

10.3.4.2 建立基于地理位置的警报系统，当事件被检测到时，系统能够立即发送带有明确时间戳和位置信息的警报通知。

示例：当洪水预警生成时，可通过短信或应用程序推送的方式，向处于影响区域的民众发送警报，告知预计洪水到达的时间和可能波及的范围。

10.3.5 事件响应

10.3.5.1 事件发生后应根据事件的时空特性动态调配救援资源和人员。

10.3.5.2 利用 GIS 工具分析事件的时间进展和空间扩展，规划最优的救援路径和行动时间表。

示例：地震发生后，利用 GIS 技术即刻分析受影响区域的人口密度分布图和时间敏感的救援需求，提供优化救援队伍部署和行动方案的数据支撑。

10.3.6 事件评估

10.3.6.1 事件结束后应对整个事件处置过程进行系统回顾和评估。

10.3.6.2 收集事件从发生到结束各个阶段的完整时空数据，利用 GIS 对事件进展的每个阶段进行详细分析。

10.3.6.3 评估内容包括响应速度、资源调配的时效性和准确性以及救援行动在地理空间上的覆盖范围。

10.3.6.4 通过事后评估，发现事件响应中的优势与不足，为优化未来的应急方案提供宝贵经验。

10.4 成果管理服务

成果管理服务包括但不限于以下功能：

- a) 存储已完成任务的结果，按时间降序排列；
- b) 可通过执行人、任务时间查询任务；
- c) 地图显示成果列表的任务执行点；
- d) 可查看、下载拍摄的照片和视频。

参 考 文 献

- [1] GB/T 17941—2008 数字测绘成果质量要求
- [2] GB/T 23236—2009 数字航空摄影测量空中三角测量规范
- [3] GB/T 35628—2017 实景地图数据产品
- [4] CH/T 1027—2012 数字正射影像图质量检验技术规定
- [5] CH/T 1034—2014 测绘调绘成果质量检验技术规程
- [6] CH/T 1054—2022 无人机航空摄影成果质量检查与验收
- [7] CH/T 3003—2021 低空数字航空摄影测量内业规范
- [8] CH/T 3004—2021 低空数字航空摄影测量外业规范
- [9] CH/T 3005—2021 低空数字航空摄影规范
- [10] CH/T 9008.3—2010 基础地理信息数字成果 1:500、1:1000、1:2000 数字正射影像图
- [11] CH/T 9016—2012 三维地理信息模型生产规范
- [12] CH/T 9017—2012 三维地理信息模型数据库规范
- [13] CH/T 9024—2014 三维地理信息模型数据产品质量检查与验收
- [14] CH/Z 3002—2010 无人机航摄系统技术要求
- [15] DZ/T 0221—2006 崩塌、滑坡、泥石流监测规范
- [16] DZ/T 0296—2016 地质环境遥感监测技术要求 1:250000
- [17] DZ/T 0392—2022 矿山环境遥感监测技术规范
- [18] GA/T 669.9—2008 城市监控报警联网系统技术标准 第9部分：卡口信息识别、比对、监测系统技术要求
- [19] YS/T 5206—2020 工程地质测绘规程
- [20] 测绘学名词（第四版） 测绘出版社 2020年
-