多源时空大数据特征与国土空间监测需求适配性分析

孙多佳

摘　要：多元时空大数据的迅速发展，给国土空间规划动态监测提供了全新的视角，但是其特征和监测的需求还是需要进行系统地梳理。本文通过研究多元时空大数据的多元性、实时性和智能性等特征，从数据类型、时空属性、技术特征三个方面进行解析，结合国土空间监测对全要素覆盖、全过程跟踪的核心需求，揭示了系统整合层面的适配矛盾，需要构建特征与需求等匹配矩阵，提出语义融合的数据统一、根据时空基准的不断变化进行检测和模块化设计的技术集成等适配路径，提出构建数据驱动的国土空间监测体系，目的是助力实现规划治理，从静态管控向动态优化转型。

关键词：多源时空大数据特征；国土空间监测；需求适配性

一、引　言

国土空间规划是国家治理现代化的重要抓手，传统的监测体系因为数据更新滞后、覆盖范围有限、分析手段单一，导致不能满足动态化和精细化的治理需求。也因此，多元时空大数据技术迅速发展，遥感影像和物联网感知新型数据被不断应用，因其有着分辨率高的特点和准实时性的特点，也为规划监测提供了全新的可能。然而，数据碎片化和标准不统一的问题还是导致大数据优势没有充分地转化为监测效能，要想破解这两者之间的矛盾，需要构建与国土空间监测需求深度适配的技术体系，这也是当前规划领域需要解决的关键问题。

二、多源时空大数据特征与国土空间监测需求适配性分析

1.时空大数据的多维特征

多元时空大数据具有多源性的特点，具体体现在数据来源、数据类型和数据结构等方面的多样性。第一点，数据的来源是广泛的，不仅包括卫星遥感和无人机、航拍等空间观测数据，还包括物联网传感器和手机信令、社交媒体等社会方面的感知数据，甚至还有经济统计以及土地审批等相关的政务数据。这些数据形成了立体化的数据网络。第二点是数据的类型异构化，不仅有结构化的表格数据，还有非结构化的文本、图像，需要通过语义解析提取，实现融合分析。第三点是时空属性较为突出，数据自带时间和空间的坐标，能支撑国土空间变化的动态追踪。此外，时空大数据还具有高分辨率和实时性的特点，利用遥感影像技术分辨率能够达到亚米级，物联网设备也可以实现分钟级数据更新，将技术驱动的智能性发挥到最好。而且，深度学习算法自动提取地物信息，也能够为监测的模型提供更强的分析能力。

2.国土空间规划监测的核心需求

国土空间规划的监测本质就是对规划的实施效果进行跟踪，要持续评估资源的利用效率、预警潜在风险。将需求概括为三点，第一点是全要素覆盖，监测的范围包括生态保护红线和永久基本农田以及城镇开发边界，以及交通、水利、能源等基础设施的优化布局，确保无监测盲区。第二点是全过程跟踪，从规划编制阶段的符合性审查，到实施阶段的用地变化监测，再到评估阶段的效率分析，都要构建完整的管理链条。第三点是多尺度协同，国家需要关注战略格局以及具体的项目落

地政策情况，以及不同尺度监测数据的贯通和联动更新。不仅要清楚哪里出了问题，以及根据监测结果提供解决问题的决策依据，避免数据堆砌导致决策不力的困境。[1]

3.适配性矛盾的解决路径

尽管时空大数据和监测需求高度相关，但是这两者在实践层面上还存在着矛盾。第一方面的矛盾是数据碎片化和监测系统化之间的矛盾，多元数据因为采集标准、坐标系统和更新频率之间的差异性，形成了数据孤岛。解决的路径是要构建统一的时空基准，通过技术方面的应用实现数据融合，建立数据湖架构，对原始的数据集中储存做相应的标准化处理；第二个矛盾是静态指标与动态变化之间的矛盾，传统的监测依赖定期的统计静态数据，很难能够捕捉到国土空间的实时变化，这样的问题需要尽快地引入动态监测模型，利用时序、遥感影像和物联网的实时数据，构建全流程动态分析的预警模式；第三点是技术复杂度与应用可操作性之间的矛盾，大数据分析需要专业算法，而基层规划部门的技术能力是有限的，需要开发模块化的工具包，用户通过简单地配置就可以加强培训与技术支持，降低技术的使用标准。

三、动态监测体系理论框架与技术架构

1.理论框架构建

动态监测体系的核心就是要构建覆盖全生命周期以及多尺度协同的闭环管理框架。在时间维度方面实现全生命周期覆盖，对道路工程进行建设监测时，要贯穿规划设计、施工运营直至废弃的全流程，确保数据之间的连续性和可追溯性；如果在设计阶段，通过数值仿真预测了潜在的病害，在施工阶段就可以利用物联网实时反馈的质量数据，通过运营阶段的深度学习模型进行评估，形成预测—反馈—修正的循环机制；在空间维度方面呈现立体化感知特点，结合卫星遥感、无人机和地面传感器等多源数据，实现从宏观领域到微观结构的多尺度覆盖，在农业管理中使用 3S 技术可以监测农田的生物量，同时也支持年际生长动态评估。在技术维度方面，实现数据融合和协同分析，通过建筑信息模型与 GIS 集成实现设计参数动态优化，能够构建综合的诊断体系，提升监测精度。[2]

2.技术架构设计

动态的监测体系、技术架构通常采用分层设计来保障系统的弹性和可扩展性。在数据采集层需要部署多元传感器网络，支持数据的获取。采用边缘计算和云计算协同的方式对数据进行传输和存储。边缘端部署轻量化 AI 模型，能够实现实时的预警，云端构建全域检测数据库，可以提升科技资源的应用时效性。数据分析和决策层方面，能够集成机器学习和知识图谱等技术，实现异常检测和趋势预测，区块链技术能够通过智能合约实现检测任务自动化派发与验收，确保数据的不可篡改。通过数字孪生和可视化仪表盘等技术，支持决策之间的交互，用户通过浏览器就可以完成数据查询和评价结果等操作，缩短响应时间。

3.关键技术组件

多源数据融合技术能够解决异构数据空间匹配和辐射校准等问题。例如，在辽河流域的生态修复项目中，整合 108 个水质检测点与遥感数据，实现了多元数据融合应用；湖北省的环境监测平台也根据 20 年的历史数据进行了趋势预测。在实时处理和分析引擎方面，采用了流式计算框架与时间窗口机制，支持服务质量指标滚动计算，例如，电信领域在模型的基础上，实现了提前 30 分钟异常预警，金融行业要求服务响应时间小于等于 30 秒，接通率也提高了。深度学习和非接触式的传感结合，能够推动动态评估升级，在卷积神经网络的无人机航拍系统方面，能够实现路面病害毫米级定位，结合干预训练模型的用户评论准确率提升。构建了用户授权，数据质量和信息安全等管理体系，以法律关系为主线，规范教育主体行为，科技项目监测系统能通过标准化的服务流程，拓展覆盖的范围，满足用户的个性化需求。

四、动态监测体系核心模块构建

1.全域感知模块

全域感知模块是动态监测的基础，需要完成核心目标，实现立体化的数据覆盖和实时采集。整合卫星遥感和无人机航拍以及地面传感器等多源数据，形成宏观和微观的互补感知网络，在国土空间监测中，卫星遥感提供了区域的整体变化，无人机航拍捕捉到了局部的细节，地面传感器能够实时的反馈环境参数，社交媒体数据能补充人类的活动信息。建立数据动态更新机制。通过预设的时间或者是事件的触发，自动地采集数据，能够确保时序的连续性。采用数据清洗以及异常检测等技术，能够剔除一些无效的数据，保障数据的准确性。通过对比历史数据和实时数据，能够触发人工复核。统一时空基准构建能够解决多源数据坐标系统的问题，通过多

技术的使用，实现了数据空间配准和时间同步，为后续的分析提供了标准化的输入。[3]

2.智能分析模块

智能分析模块是动态监测的核心功能，是能够从海量的数据中提取出有价值的信息来支撑变化检测和趋势预测的系统。对于变化检测算法，可以采用深度学习的方式，利用图像差分和时序分析等技术自动地识别国土空间的变化，通过对比连续时序的遥感影像标记相关的区域，然后利用雷达点云数据检测一些微观变化。根据历史数据构建预测模型，预测未来的变化趋势，也可以结合气象数据和土壤湿度传感器读数，预测农田干旱风险。设定阈值的规则对异常事件实时预警，在地质灾害中，若发生山体位移，系统会自动推送预警信息至相关部门；通过分析电压波动模式，能提前识别设备故障风险。[4]

3.决策支持模块

决策支持模块就是动态监测的落脚点，目标就是将分析的结果直接转换为可执行的决策建议。通过数字信息技术直观展示监测结果，在国土空间规划中，利用 3D 模型动态演示城市扩张对生态红线的影响；在环境监测中，利用热力图呈现污染扩散范围，辅助精准治理。构建多目标决策模型。结合约束条件，可生成最优方案。在土地整治项目中，对比不同整治方案，按投入产出比推荐最优用地布局；在交通规划中，要模拟不同道路的扩建方案，分析对拥堵的缓解效果。建立决策执行效果跟踪和反馈循环。对比实际结果与预测结果，动态调整模型参数和规则。

五、动态监测体系实施路径与保障机制

1.分阶段实施策略

动态监测体系建设需遵循试点先行、逐步推广、迭代优化的原则，分三阶段推进。选择典型区域开展试点，聚焦核心模块验证。在国土空间监测中，优先部署全域感知模块，整合卫星遥感、无人机与地面传感器数据，完成基础数据采集与时空基准统一；同步开发智能分析模型，实现用地变化自动检测与简单预警。通过 3–6 个月试运行，评估系统稳定性与数据准确性，形成可复制的技术方案。[5]

2.标准规范体系建设

标准规范是体系互联互通与数据共享的基础，需覆盖数据、技术、管理三层面：统一数据格式、坐标系统、时间戳格式，解决多源数据融合难题。制定接口规范、算法评估指标，保障模块兼容性。明确数据采集权限、分析过程留痕、决策结果追溯，强化全流程监管。

3.保障机制设计

成立跨部门协调小组，统筹资源分配与冲突调解。例如，定期召开联席会议，审议数据共享清单和技术升级方案，避免部门壁垒。通过“内部培训 + 外部引进”构建复合型团队。内部开展遥感解译、机器学习等专题培训，提升现有人员技能；外部引入地理信息、大数据领域专家，指导关键技术研发。财政资金支持基础建设，社会资本参与应用开发。例如，通过 PPP 模式吸引企业投资，按监测服务效果分期返还资金。技术层面部署加密传输、区块链存证，防止数据篡改；管理层面制定应急预案，定期开展安全演练，确保体系稳健运行。

六、结　语

总而言之，多元时空大数据与国土空间监测需求的适配本质就是技术逻辑方面与治理逻辑方面的深度融合。通过本文的深入研究，对特征方面进行解剖，对需求方面进行映射，也揭示了两者在数据模型方面的耦合路径。以智能分析的方式释放了数据之间的价值，通过标准化的架构保障了体系的韧性。同时也希望在未来的发展中，能随着数字技术的不断渗透，使监测体系能够向自主决策的方向演进，更好地推动国土空间治理向数据驱动的方向转变。在制度重构和人才培育方面，最终也能实现智慧化的规划范式。□

参考文献：

[1]诸云强,贾文珏,贾萍,等.时空数据图谱关键问题研究及其在“一张图”建设中的应用思考[J].自然资源信息化,2025,(04):1−10.

[2]韩文霆,张立元,牛亚晓,等.无人机遥感技术在精量灌溉中应用的研究进展[J].农业机械学报,2020,51(02):1−14.

[3]杨俊宴,何国枫,陈代俊,等.城市交通拥堵地区人群数字画像解析与空间规划应对[J].规划师,2021,37(19):26−34.

[4]杨俊宴,金探花,史宜,等.基于大数据的城市人群数字画像：技术与实证 [J]. 城市规划,2023,47(04):45−54.

[5]邵小东,蒋样明,黄坤,等.多级格网冰雹灾害遥感监测方法及时空分布特征研究[J].遥感学报,2024,28(11):3002−3015.

作者单位：孙多佳，浙江大学城乡规划设计研究院有限公司