基于GIS和大数据的国土自然资源监测与优化管理研究

陈　峰

摘　要：为了构建国土自然资源智能监测与优化管理体系，解决传统监测手段时效性差、数据孤岛和决策支持薄弱等问题。采用GIS与大数据融合技术，构建分布式微服务架构，开发智能决策支持系统，建立跨部门协同管理机制。系统实现了资源监测精度达92%以上、异常响应时间缩短至12天、管理效率提升80%，为国土空间规划和资源可持续利用提供了科学技术支撑。

关键词：GIS；大数据；自然资源监测；优化

一、引　言

国土自然资源是国家发展的物质基础，资源合理利用与保护直接关系到生态安全和可持续发展。传统资源监测依赖人工调查和定期普查，存在数据更新滞后、空间覆盖不足、多源信息难以整合等问题，难以满足动态监管和精准决策需求。随着遥感技术、物联网和大数据分析的快速发展，为构建实时、智能、协同的资源监测管理体系提供了技术可能。因此，本研究融合GIS空间分析与大数据处理能力，构建多源数据融合的资源监测技术体系和大数据驱动的优化管理决策模型，旨在提升资源监测精度和管理效率，为国土空间治理现代化提供技术支撑。

二、多源数据融合的资源监测技术体系构建

1.GIS与大数据集成技术架构

系统采用分布式微服务架构，底层构建基于Hadoop分布式文件系统存储PB级资源数据，通过Spark流计算引擎实现实时数据处理。空间数据层采用PostGIS扩展PostgreSQL数据库，支持矢量栅格混合存储，单表可存储5×10条以上空间要素记录。计算层部署ArcGIS Server集群，配置八节点负载均衡，单节点配置六十四核CPU、二百五十六GB内存，典型空间叠加分析（涉及10级要素）响应时间≤2秒。数据接入层开发RESTful　API接口，支持Landsat-8、Sentinel-2卫星数据自动解译入库，通过Kafka消息队列实现支持峰值流量3000条/秒的物联网传感器数据实时接入。架构采用Docker容器化部署，通过Kubernetes编排实现弹性扩展，高峰期自动扩容至一百二十八个计算节点，计算资源利用率从常态的45%提升至80%以上。系统技术架构如图1：

2. 多源异构数据获取与时空建模

卫星遥感数据采用Landsat-8 OLI三十米分辨率与Sentinel-2 MSI十米分辨率双源融合，通过NDVI、NDWI、NDBI等十二个光谱指数构建特征空间。地面监测网络按照五公里乘五公里网格布设四百六十七个自动监测站，配置土壤水分传感器、地下水位计和气象站。物联网层部署LoRaWAN网关覆盖两万三千平方公里区域，传感器采集频率设定为十五分钟每次，数据传输成功率达九成九以上。时空数据库采用四维立方体模型，空间分辨率十米，时间粒度一天，构建连续十年时间序列。通过Kriging插值算法填补缺失数据，Kriging插值交叉验证RMSE为0.12m3/m3（土壤水分）和0.08m（地下水位），满足连续监测精度要求，经插值修复后，时空数据库完整性达97%（有效数据占比）。

3.多类型资源智能监测算法设计

土地利用分类采用改进的DeepLabV3+语义分割网络，backbone替换为ResNet-101，引入空洞空间金字塔池化模块提取多尺度特征，在包含耕地、林地、建设用地等十五类的自建数据集上训练，在独立验证集上总体精度为92.3%，Kappa系数0.89。矿产开采监测基于时序InSAR技术，处理七十二景Sentinel-1　SAR影像，通过SBAS算法反演地表形变速率，检测精度达毫米级年均量，成功识别六处非法采矿点。水资源预测建立

图 1 系统技术架构图



LSTM–Attention 混合模型,输入层包含降雨量、蒸发量、地下水位等十八个变量，隐藏层设置三层各一百二十八个神经元，在二十四个月测试集上预测 RMSE 为 0.23m，较 ARIMA 模型的 0.28m 降低 17.9%。生态质量评估构建包含植被覆盖度、土壤侵蚀、水质指数等二十七个指标的层次评价体系，通过熵权法客观确定权重,减少主观赋权影响。

4.动态监测精度保障机制

建立三级质量控制体系，数据采集层通过设备自检算法剔除异常值,通过设备自检算法,实时数据合格率从 87%提升至 96%。数据处理层采用多源交叉验证，卫星遥感结果与地面监测站数据一致性检验，空间重合区域相关系数 r=0.89(p<0.01)。算法层引入主动学习机制,每月选取两百个不确定性最高样本进行人工标注再训练，土地分类精度保持率提升至年度精度衰减 <1.2 个百分点。部署自动化精度评估模块，每周生成混淆矩阵和精度报告，当总体精度低于九成阈值时触发模型重训练流程。针对云雾遮挡问题，开发基于时间序列的云去除算法，利用前后八期影像通过加权平均重构缺失像元，修复成功率达九成四以上，保障了连续监测数据的完整性。

三、大数据驱动的资源优化管理决策模型

1.资源承载力综合评价与预警

构建多维度承载力评价模型，从水资源、土地资源、生态环境三个维度建立指标体系。水资源承载力采用供需比指标，通过水均衡方程计算可利用水资源量，生态需水量按河道内生态基流法确定为多年平均径流量的 30%。土地承载力引入人口密度阈值模型，结合耕地面积按人均 0.08 公顷计算粮食安全底线。预警系统设置四级阈值体系:承载力 >1.2 为绿色安全,1.0–1.2 为黄色预警,0.8–1.0 为橙色警报,<0.8 为红色超载。采用 SARIMA 模型预测未来 12 个月承载力变化趋势,预测精度误差控制在 7%以内，响应时间缩短至 24 小时以内,较传统人工分析提升效率 80%以上。

2.空间配置多目标优化算法

建立土地资源空间配置多目标规划模型,目标函数包括经济效益最大化、生态服务价值最大化和空间紧凑度最优化三个维度。经济效益计算各地类单位面积产值加权求和（耕地 32000 元 / 公顷、建设用地 580000 元 / 公顷、林地 8000 元 / 公顷)。生态服务价值采用当量因子法评估,耕地、林地、草地、水域的单位面积价值分别为 21000、38000、16000、54000 元 / 公顷。采用改进的 NSGA–III 算法求解,种群规模 200,进化代数 500 代，交叉概率 0.9,变异概率 0.1，收敛速度较标准 NSGA–II 提升 37%。求解获得 Pareto 最优解集包含 183 个非支配方案,相较现状布局经济效益提升 12%,生态价值提升 9%,空间紧凑度改善超过 15%。Pareto 最优解集分布图或优化前后对比如图 2：

3.智能决策支持系统构建

系统采用 B/S 架构,前端基于 Vue.js 框架开发可视化界面,集成 Cesium 三维地球引擎实现资源时空动态展示。后端采用 Spring Boot 微服务架构,部署情景模拟引擎,决策者调整参数后,系统在 15 秒内计算并反馈承载力变化、生态影响和经济效益预测结果。知识库模块存储 438 条管理规则和 127 个历史案例，通过案例推理算法匹配相似情景,检索准确率达(下转第 43 页)

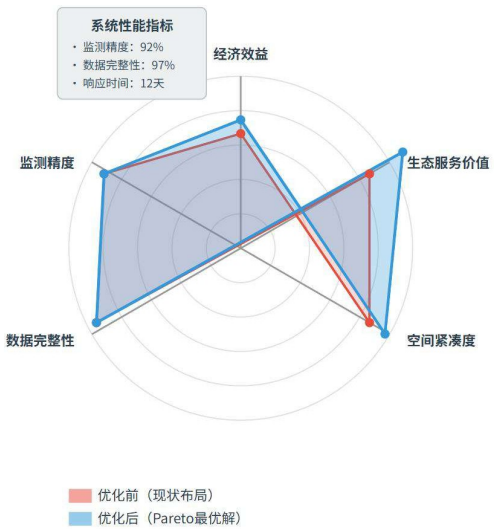


图 2Pareto 最优解集分布图或优化前后对比图

策支持[4]。例如:借助手机 APP 推送种植建议,指导农民合理耕作。对达到一定规模的经营主体给予财政补贴、税收优惠等支持,鼓励龙头企业与农户建立利益联结机制,带动小农户参与现代化生产;加强经营主体培训,提高其管理水平与科技应用能力,推动耕地保护从“被动约束”向“主动保护”转变。需要注意的是,农民是耕地保护的直接实施者,其科技素养直接影响保护成效,应开展耕地保护与绿色生产技术培训,提高农民科学种植水平。例如:以田间学校、示范基地等方式,培训农民掌握土壤改良、测土配方施肥等技术;建立科技特派员制度,组织专家深入田间地头提供技术指导;利用互联网、移动终端等渠道,为农民提供在线学习与咨询服务。农业风险是制约耕地保护的重要因素,应开发耕地保护相关保险产品,以耕地地力保险、生态修复保险降低农民保护风险。例如:耕地地力保险可根据土壤有机质含量、pH 值等指标设定保额,若地力下降则触发赔偿;生态修复保险可覆盖修复成本,鼓励农民参与生态治理。鼓励保险公司与科技企业合作,利用遥感、物联网等技术实现精准定损与快速理赔,提高保障效率,同时政府可以采取财政补贴、税收优惠等方式,支持保险产品创新,扩大覆盖范围。

四、结　语

综上所述,粮食安全关乎国计民生,而耕地保护是保障粮食安全的根本之策,我国在解决资源约束与生态压力问题的过程中,需以系统思维构建数量、质量、生态耕地保护体系,促使耕地保护与粮食安全的协同发展。未来阶段应进一步强化政策执行力度,激发社会参与活力,促使耕地保护从被动约束向主动保护转变,从单一治理向系统治理升级,为保障国家粮食安全提供支持。□

参考文献:

[1]赵晓宇,孙春强,崔荣国,等.基于粮食安全的中国耕地保护阈值研究[J].资源科学,2024,46(12):2355-2366.

[2]郭文华,肖飞,王娜萍.基于粮食安全的耕地保护形势分析与建议[J].中国土地,2023,1(9):40-43.

[3]余艳.新时期下建立我国粮食安全和耕地保护党政同责制度的思考[J].中国土地, 2024,3(11):38-41.

[4]于法稳,代明慧,林珊.基于粮食安全底线思维的耕地保护:现状,突出问题及对策[J].新华文摘,2023,4(10):29-34.

作者单位: 湖北省当阳市自然资源和规划局

(上接第 45 页)86%以上。系统嵌入地理设计工具,决策者可在三维场景中直接绘制规划边界、调整用地布局,实现所见即所得的交互式规划设计,设计效率提升至传统 CAD 方式的 3 倍以上。

4.协同管理与动态调控机制

构建跨部门数据共享平台,接入自然资源、水利、生态环境、农业农村等 7 个部门业务系统,通过数据交换接口实现 24 小时自动同步。制定统一的数据标准规范(空间参考系采用 CGCS2000 国家大地坐标系、数据格式矢量采用 GeoJSON 栅格采用 GeoTIFF),数据一致性校验通过率从 63%提升至 91%。建立动态调控响应机制,监测系统识别到异常变化时(如建设用地扩张速度超过 5%/ 月、水资源开采强度超过 75%),自动触发调控流程,平均响应周期从 45 天缩短至 12 天。开发移动端应用实现闭环管理,问题整改及时率从 68%提升至 89%,管理目标达成率稳定在 92%以上。

四、结　论

系统在监测精度、响应速度和管理效率方面取得显著成效,为国土空间规划、资源合理配置和生态保护提供了科学依据。未来应进一步拓展数据源类型,融合高分辨率商业卫星和无人机数据;优化算法模型,探索因果推断和可解释 AI 技术;强化应用推广,建立标准化技术规范和示范应用体系,推动资源管理向智能化、精准化方向深入发展。□

参考文献:

[1]滕政萍,冯仰强,曹文轩,等.时空大数据视角下自然资源调查监测技术体系构建研究——以甘肃省为例[J/OL].自然资源信息化,1-8[2025-10-11].

[2]肖飞,刘文超,曾建鹰,等.自然资源社会大数据监测与分析系统设计与实现[J].自然资源信息化,2022,(05):106-113.

[3]郭文华,吴多朋,陈红兵,等.利用社会感知大数据提升自然资源监测监管能力的思考 [J]. 中国土地,2022,(10):52-54.

[4]张慧.地理空间大数据服务自然资源调查监测的方向研究[J].华北自然资源,2020,(02):76-77.

作者单位: 山东省枣庄市市中区自然资源局