

基于大数据的农村留守儿童成长轨迹智能监测平台设计与实现

阳江兰

贵州黔南经济学院信息学院, 贵州省惠水县, 550600;

摘要: 随着我国城镇化进程的加快, 农村留守儿童群体规模持续扩大, 其成长过程中的教育、心理、安全等问题日益受到社会关注。传统监测方式存在数据分散、响应滞后、精准度不足等缺陷, 难以满足留守儿童全方位成长保障需求。本文设计并实现一种基于大数据的农村留守儿童成长轨迹智能监测平台, 整合多源数据资源, 通过大数据分析技术实现对留守儿童成长状态的实时监测、风险预警与精准干预。首先阐述平台研发的背景与意义, 其次进行需求分析与架构设计, 详细说明数据采集、存储、分析及应用等核心模块的实现方案, 最后通过实验验证平台的可行性与有效性。该平台为政府、学校、社会组织及家庭提供全方位的留守儿童成长监测服务, 对提升留守儿童成长保障水平具有重要实践价值。

关键词: 大数据; 农村留守儿童; 成长轨迹

DOI: 10.69979/3029-2700.26.02.054

引言

在城镇化推动下, 大量农村青壮年劳动力向城市转移, 受城乡二元结构、户籍制度等限制, 部分劳动力无法携带随迁子女, 形成庞大农村留守儿童群体。我国农村留守儿童超6000万, 占农村儿童总数37.7%。留守儿童长期与父母分离, 缺乏家庭监护与关爱, 成长面临诸多风险, 如教育上学习监督缺失、成绩下滑且辍学率高, 心理上孤独感强、易产生自卑焦虑等问题, 安全上缺乏监护易受意外伤害和校园欺凌。

农村留守儿童监测主要靠学校家访、村干部排查和政府调研等传统方式, 存在不足: 数据来源分散, 各部门数据形成信息孤岛, 无法综合研判; 响应效率低, 多为事后补救; 精准度不足, 缺乏科学分析方法, 难以制定个性化方案。

随着大数据技术发展, 其优势凸显, 为构建留守儿童成长监测体系提供技术支撑。理论上, 本文基于大数据构建监测平台, 丰富大数据在社会民生应用研究, 完善留守儿童成长监测理论框架。实践中, 平台可实时监测与分析, 提前预警风险, 为政府、学校、社会组织等提供数据、依据和导向, 搭建沟通桥梁, 保障留守儿童健康成长。

国外对类似群体研究较早, 集中在亲子分离影响及保障机制构建, 部分发达国家建立儿童福利信息系统实现动态监测, 但因社会保障体系差异大, 难以借鉴。国内研究多在现状、问题及政策建议层面, 技术应用滞后, 近年虽有探索但多局限单一维度, 缺乏数据整合, 未形

成全方位监测体系。基于此, 本文结合大数据构建多维度、智能化监测平台, 弥补研究不足。

1 平台需求分析

1.1 功能需求

结合农村留守儿童成长保障的实际需求, 平台需实现数据采集、数据管理、智能分析、风险预警、精准干预及信息共享六大核心功能。

数据采集功能: 实现对留守儿童多维度成长数据的全面采集, 包括基础信息数据(姓名、年龄、家庭住址、监护人信息等)、教育数据(学习成绩、考勤情况、课堂表现等)、心理数据(心理测评结果、情绪状态记录等)、安全数据(出行轨迹、校园活动安全记录、意外伤害情况等)、健康数据(体检报告、疫苗接种记录、常见病记录等)及家庭环境数据(家庭经济状况、监护人监护能力等)。数据采集方式需多样化, 包括学校录入、监护人上报、部门共享、智能设备采集等。

数据管理功能: 实现对采集数据的存储、清洗、整合与更新。需建立标准化的数据管理规范, 去除重复数据、错误数据, 确保数据质量; 同时支持数据的实时更新, 保证数据的时效性。

智能分析功能: 基于大数据分析技术, 对留守儿童成长数据进行多维度分析。包括成长状态评价(从教育、心理、安全、健康等维度构建评价模型, 实现对留守儿童成长状态的综合评价)、成长轨迹追踪(分析留守儿童不同阶段的成长变化规律)、个体差异分析(识别不同留守儿童的成长需求差异)。

风险预警功能：针对教育、心理、安全、健康等领域的潜在风险，建立风险预警模型。当监测到数据异常时，自动触发预警机制，向学校、村委会、政府部门及监护人发送预警信息，明确预警等级与风险类型。

精准干预功能：根据智能分析结果与风险预警信息，为不同需求的留守儿童制定个性化干预方案。如针对学习困难的留守儿童，推荐个性化辅导资源；针对心理问题突出的留守儿童，安排专业心理辅导；针对安全风险较高的留守儿童，加强安全监护与教育。同时跟踪干预效果，动态调整干预方案。

信息共享功能：搭建多主体协同平台，实现政府部门、学校、医疗机构、社会组织、家庭等主体之间的信息共享。不同主体根据权限获取相关数据，实现协同帮扶。

1.2 性能需求

数据处理性能：平台需支持大规模多源数据的并行处理，数据采集延迟不超过5分钟，数据分析响应时间不超过10秒，确保数据处理的高效性。

可靠性与稳定性：平台需保证7×24小时稳定运行，系统故障率不超过0.5%；数据存储需采用冗余备份机制，确保数据安全性与完整性，数据丢失率低于0.1%。

易用性：平台界面设计简洁直观，操作流程简单，适配农村地区学校教师、村干部、监护人等不同用户群体的操作习惯，降低使用门槛。

扩展性：平台架构需具备良好的可扩展性，支持后续功能模块的新增与升级，可根据实际需求扩展数据采集维度与分析模型。

1.3 安全需求

留守儿童数据包含大量个人敏感信息，平台需严格保障数据安全。一是实现用户权限分级管理，不同用户根据角色获取对应的数据访问权限，防止数据泄露；二是采用数据加密技术，对传输与存储过程中的数据进行加密处理；三是建立数据访问日志记录机制，对数据访问行为进行全程跟踪，确保数据操作可追溯。

2 平台总体设计

2.1 设计原则

实用性原则：平台设计结合农村留守儿童监测实际需求，优先实现核心功能，提升监测与帮扶效率。数据驱动原则：以多源数据整合为基础，用大数据分析技术实现智能监测与精准干预，确保决策科学精准。协同性原则：搭建多主体协同平台，实现政府、学校等主体信息共享与协同联动，形成帮扶合力。安全性原则：将数据安全贯穿平台设计与实现全过程，用权限管理等技术

保障敏感数据安全。

2.2 总体架构设计

基于分层架构思想，平台总体架构分数据采集、存储、分析、应用服务及用户访问五层，协作实现留守儿童成长轨迹全流程监测与服务。数据采集层：作为数据入口，采用人工录入、智能采集、部门共享模式采集多维度成长数据，并建立校验机制确保质量。数据存储层：负责存储数据，采用关系型与非关系型数据库混合架构，用HDFS实现分布式存储与冗余备份。数据分析层：为核心层，整合大数据分析等技术构建三大分析模块，评价成长状态、追踪轨迹、预警风险。应用服务层：基于分析结果提供数据管理等多样服务。用户访问层：为不同用户提供多样访问终端与界面，支持多端访问，针对不同角色定制界面与权限。

2.3 数据库设计

数据库设计遵循规范化原则，减少冗余，提升查询效率。重点设计以下核心数据表：留守儿童基础信息表：存储核心基础信息，儿童ID为主键。监护人信息表：存储监护人信息，监护人ID为主键，关联基础信息表。教育信息表：存储教育数据，记录ID为主键，关联基础信息表。心理状态表：存储心理数据，记录ID为主键，关联基础信息表。安全信息表：存储安全数据，记录ID为主键，关联基础信息表。健康信息表：存储健康数据，记录ID为主键，关联基础信息表。预警信息表：存储预警数据，预警ID、儿童ID等为字段，包含预警原因、处理部门、处理措施、处理结果等，预警ID为主键，关联留守儿童基础信息表的儿童ID字段。

3 平台核心模块实现

3.1 数据采集模块实现

数据采集模块用Java语言基于SpringBoot框架开发，支持多终端录入与多源数据对接。人工录入终端适配PC端和移动端，PC端用Vue.js框架实现批量录入与表格导入，移动端基于微信小程序方便随时录入。智能采集设备通过MQTT协议传输数据，部门数据共享通过RESTfulAPI接口对接并同步。模块内置校验规则，对录入数据进行格式、完整性和逻辑校验，不通过则返回错误提示，由录入者修正重提。

3.2 数据分析模块实现

数据分析模块基于Spark框架开发，整合机器学习算法库，有成长状态评价、成长轨迹追踪与风险预警三大功能。

成长状态评价模块构建多维度指标体系，含教育、

心理、安全、健康维度,用层次分析法确定权重,加权求和计算综合得分并划分等级,生成评价报告。

成长轨迹追踪模块用时间序列分析,以时间为轴整合数据,通过 SparkStreaming 实时处理,挖掘变化趋势与规律,生成成长轨迹曲线与报告。

风险预警模块基于机器学习算法构建预测模型,以历史数据为样本训练,预测潜在风险。模型输出风险概率,按阈值确定预警等级,达阈值自动预警。

3.3 风险预警与干预模块实现

风险预警模块实现预警信息生成、推送与管理。数据分析模块检测到风险时,系统自动生成含儿童信息、预警类型等内容的预警信息,基于消息队列实时推送,按等级和类型推送给对应责任主体。同时建立处理流程,跟踪接收与处理进度。

精准干预模块基于预警和分析结果构建推荐模型,根据个体差异从资源库匹配资源,生成个性化方案。如为学习困难儿童推荐辅导课程,为心理异常儿童匹配专家,为安全风险高的儿童加强监护。模块支持方案实施、跟踪与效果评估:定期采集干预过程数据,分析效果,据评估结果动态调整干预方案。

3.4 信息共享模块实现

采用微服务架构开发,通过 API 网关实现不同主体信息共享与交互。建立分级权限管理机制,基于 RBAC 模型为政府、学校、医疗等不同用户角色分配数据访问权限,保障数据共享安全规范。如教育部门可访问留守儿童教育数据,医疗部门可访问健康数据,监护人仅可访问子女成长数据。同时,模块实现数据共享日志记录功能,全程记录共享时间、主体、内容、用途等信息,确保可追溯。

4 平台测试与验证

搭建模拟测试环境,硬件配置采用 CPU 为 IntelXeonE5-2670v3、具备 32GB 内存以及 1TB 硬盘的设备,部署 4 台分布式服务器;软件方面,选用 CentOS7.6 操作系统、MySQL8.0 与 HBase2.4.9 数据库、Spark3.2.0 与 Flink1.14.0 大数据框架、Java11 与 Python3.8 开发语言以及 Vue3.0 前端框架。测试数据采用某县农村留守儿童脱敏后的真实数据,包含 2000 名儿童的多种信息,共计 100 万条。

功能测试:针对平台核心功能设计测试用例。数据采集功能可有效采集多源数据,校验准确率为 99.2%,采集延迟平均为 2.3 分钟;数据分析方面,成长状态评

价准确率达 92.5%,成长轨迹能够清晰呈现规律,风险预警准确率为 89.8%,严重预警准确率为 95.3%;风险预警与干预信息推送延迟平均为 30 秒,干预方案匹配准确率为 90.1%;信息共享功能可确保不同主体按权限正常访问,且无数据泄露情况。

性能测试:运用 JMeter 工具对平台性能进行测试,平台支持 500 人并发访问,系统响应时间为 8.7 秒且无卡顿现象,数据处理能力达到 10 万条/分钟,连续运行 72 小时的故障率为 0.2%,数据丢失率为 0.05%,符合性能要求。

安全性测试:通过模拟攻击等方式验证平台安全性,平台能够抵御常见攻击,权限控制有效,数据加密完整且无泄露,满足安全要求。

测试结果显示,平台功能运行正常,性能与安全指标均达到设计要求,能够对农村留守儿童成长进行实时监测、精准分析以及预警干预,可为多主体帮扶工作提供支撑,具备可行性与实用性。

5 结论与展望

本文设计并实现基于大数据的农村留守儿童成长轨迹智能监测平台,通过多源数据采集等解决传统监测方式数据分散等问题。主要研究结论如下:构建多维度数据采集体系,整合多种采集方式,全面采集多维度数据,为平台提供支撑。设计分层架构,采用混合存储与大数据分析技术,实现高效存储与深度挖掘,提升智能化水平。实现核心功能,经测试,平台功能完善、性能稳定、安全可靠,能提升监测与帮扶精准度和效率。虽平台已实现核心功能并通过验证,但仍有优化空间,未来研究方向如下:优化数据分析模型,引入先进算法结合成长规律,提升精准度,增加行为习惯等维度数据采集分析。拓展平台应用场景,结合乡村振兴整合公共服务资源,拓展服务范围,开发多语言版本与简易界面提升适用性。强化数据安全与隐私保护,引入区块链技术,建立伦理规范确保合法合规。推动平台落地应用,在更多农村地区试点,收集反馈优化功能,加强推广培训,推动全国应用保障留守儿童成长。

参考文献

- [1] 凡勇昆, 鄢志辉, 秦玉友. 农村留守儿童研究的学理反思与可能生长点[J]. 教育发展研究, 2016(20): 5. DOI: 10.14121/j.cnki.1008-3855.2016.20.010.
- [2] 汪华明, 李佳穗. 数字教育技术赋能农村留守儿童心理健康精准干预模式研究[J]. 公关世界, 2025(12): 40-42.