

基于人工智能的公路工程档案管理流程优化策略研究

李成刚

宁夏交投工程建设管理有限公司, 宁夏 银川 750004

DOI: 10.61369/TACS.2025130017

摘 要 : 随着我国公路基础设施建设进入高质量发展新阶段, 公路工程档案作为记录项目建设全过程的核心凭证与知识载体, 其管理的规范性、效率性与价值挖掘能力面临全新挑战。本文旨在探讨人工智能技术在公路工程档案管理流程优化中的深度应用策略。研究首先系统分析了当前公路工程档案管理在收集、整理、保管、利用等环节存在的突出问题; 进而, 针对性提出了融合人工智能技术的系统性优化策略, 涵盖智能采集与分类、OCR 与 NLP 驱动的信息深度提取、知识图谱构建与智能检索, 以及基于智能算法的安全与质量控制等方面。旨在为提升公路工程建设管理水平、保障工程全生命周期安全运营及赋能行业数字化转型提供关键技术支撑。

关 键 词 : 人工智能; 公路工程档案; 流程优化; 知识图谱; OCR; 智能检索

Research on Optimization Strategies for Highway Engineering Archive Management Based on Artificial Intelligence

Li Chenggang

Ningxia Transportation Investment Engineering Construction Management Co.,Ltd, Yinchuan, Ningxia 750004

Abstract : As China's highway infrastructure construction enters a new phase of high-quality development, highway engineering archives—serving as core credentials and knowledge carriers recording the entire project construction process—are facing new challenges in terms of management standardization, efficiency, and value excavation capabilities. This paper aims to explore the in-depth application strategies of artificial intelligence (AI) technology in optimizing highway engineering archive management processes. Firstly, the study systematically analyzes the prominent problems existing in current highway engineering archive management, including link such as collection, collation, preservation, and utilization. Furthermore, it proposes targeted and systematic optimization strategies integrated with AI technology, covering intelligent collection and classification, in-depth information extraction driven by OCR and NLP, knowledge graph construction and intelligent retrieval, as well as safety and quality control based on intelligent algorithms. The research is intended to provide key technical support for improving the management level of highway engineering construction, ensuring the safe operation of the entire project life cycle, and empowering the digital transformation of the industry.

Keywords : artificial intelligence (AI); highway engineering archives; process optimization; knowledge graph; OCR; intelligent retrieval

引言

公路工程档案是公路建设项目从规划、设计、施工、监理到竣工验收、养护运营全过程中形成的具有保存价值的文字、图表、声像、电子数据等不同形式与载体的历史记录。它不仅是工程质量追溯、责任认定、养护决策和科学研究的直接依据, 更是国家基础设施战略资产的重要组成部分^[1]。随着“交通强国”战略的深入推进和“新基建”浪潮的兴起, 公路建设项目规模日益扩大、技术复杂度不断提升, 产生的档案数据呈海量、多元、快速增长的态势。AI 不仅能够自动化处理结构化与半结构化数据, 更能理解非结构化文档内容, 实现档案信息的智能感知、认知与推理^[2]。因此, 研究如何将人工智能技术系统性地融入公路工程档案管理的全流程, 构建智能化、数字化的档案管理新模式, 对于推动公路工程领域数字化转型、提升行业治理能力与服务水平具有重要的理论价值与实践意义。

一、公路工程档案管理流程现存问题

(一) 档案收集与归档流程滞后且规范性不足

当前, 公路工程档案的收集多依赖于项目各参建单位 (如施

工、监理单位) 的周期性人工报送。这一模式存在显著弊端: 首先, 收集工作严重滞后于工程进度, 往往在分部工程或单位工程结束后才进行批量整理与移交, 导致档案形成与工程实际脱节, 易造成文件的遗漏或缺失^[3]。其次, 档案来源多元, 格式不一 (如

设计图纸、施工日志、检测报告、会议纪要、影像资料等），缺乏统一的、可机读的数据录入标准和接口，人工整理与初步鉴别的负担极重，错误率高。再者，归档的完整性、准确性高度依赖相关人员的主观责任心和业务水平，缺乏有效的实时监督与自动化校验机制，常出现文件签章不全、日期逻辑矛盾、版本混淆等问题，为后续的档案验收与利用埋下隐患^[4]。

（二）档案信息处理深度不足，利用率低下

传统的档案管理主要是针对实体或电子文件进行保管，即能有效归档便于检索即可。而大量隐含在档案中的非线性的信息如建造描述的文字说明、检测参数的趋势图谱、设计的符号图标等未能得到有效关联。检索方式多依赖人工编制并时常滞后的案卷目录或简单的关键词检索，在面对诸如“某一段路在某种地质条件下使用了何种道路基底处治技术以及效果如何”这类较为复杂的问题上则显得无能为力^[5]。这样就造成了档案信息的湮没，并无法支撑高效便捷的决策推演、经验习得及知识复用，所以它的隐性智力资本没有得到充分体现。这种现状造成档案工作投入多而产出少，难以体现档案工作事前工程质量控制、安全事故防范以及维修成本降低等方面的成效。

（三）档案信息孤岛现象严重，缺乏系统性关联

一个道路建设项目涉及众多单位和个人：业主、设计院、施工单位、监理单位、试验室及材料供应商等，各单位的管理系统各不相同，或是独立运行的 OA 软件或是专用的道路工程管理软件或是实验室检测系统等，虽然所有的信息最终都会归档存储。然而，在其形成、传递的过程中已经产生了若干个“信息孤岛”。此外，档案管理系统往往脱离其他工程建设的业务流程独立运行，因而无法有效将档案与工程进度、合同条件、质量检查、安全防护等实时动态的信息联系起来。这样，碎片化地分割了档案信息的完整性及连续性，难以复原整个建设流程，更无法进行全方位、多角度、多层次的信息研究分析。比如，很难快速追溯某一桥墩下的一块基石从设计指标到施工记录、监督管理巡视、检测资料直至最终审批合格等全链条上的相关信息，这给基于全流程数据的深度分析和创新带来了极大障碍。

（四）档案安全与长期保存面临技术与管理的双重挑战

从安全性角度出发，电子文件存在篡改、泄密、黑客入侵等安全隐患，传统安全管理手段包括访问控制、数字签名和密码学方法等，防护性能有限且无法检测异常访问以及潜在的信息泄漏风险；从长期保存角度来看，因技术迭代造成文件赖以生存的软硬件环境老化，“技术过时”的风险是指数字化载体被其使用的软硬件淘汰而无法继续打开利用的可能性。目前主要以定期转存、仿真的方式进行应对，但成本过高。此外是人工进行，缺乏智能化的支持手段以给出存储策略建议。其次对纸质资料的健康状态监测也主要是依赖于人的目视检查，无法做到实时全面的预防性维护，存在数据丢失的风险^[6]。

二、基于人工智能的公路工程档案管理流程优化策略

（一）构建全过程智能采集与自动化预处理体系

应用 IoT、移动互联和人工智能技术建立贯穿全部道路建筑工

程阶段的高级智能文档采集网络。为现场工人发放移动设备或专用设备，采用标准化 APP 接口捕获施工日志、检验资料、照片、传感器读数等^[7]。并自动为这些文档添加时间戳及地理位置等元数据来确保信息的新鲜度以及精确性。对于归档过程而言，可以采用机器视觉的人工智能归类索引系统来进行归档处理，在该系统中人工智能对已有的大量路面工程文件档案进行训练后可识别上传文件类型，如：施工图、竣工图纸、合同文件、变更令、测试报告等等，并按照预先设定的《路面项目建设文件资料整理归档办法》等规则，自动完成编号生成、案件划分、保管期限判定等工作；同时可以对入库案卷材料的完备性如必要附着件，以及格式合规性进行自动校验，并就缺章少日、日历年矛盾等常见问题予以提示，将档案质量检查阶段前置化，完成从“人工质检”到“自动校验”^[8]。

（二）应用 OCR 与 NLP 技术实现档案内容的深度结构化提取与标引

对于大量的历史纸质记录与新兴的无序电子资料，比如扫描图片、pdf 或 word 格式，可以引入高度准确的光学字符阅读器（OCR）引擎，并对其进行了特别的调整以增强它对建筑蓝图、表单、草书字体及复杂数学公式的能力。不仅限于单纯的文本转化，此外采用 NLP 技术进一步分析识别的内容，如自动从施工日志中抽取“天气条件”“施工位置”“施工方法”“材料用量”“参与人员”等要素及属性；从试验报告中抽取出“检测项目”“实测值”“标准值”“结论”等信息等内容。同样也可以在设计说明中发现“技术标准”“主要参数”“特殊要求”等知识单元，并利用实体识别、关系抽取、关键字自动标记等手段，每一卷档案都能生成大量准确的语义标记及知识元数据信息，将不规则的信息转化为计算机可读取理解并处理使用的结构化或半结构化知识，这样有利于构建起档案的知识库基础。

（三）构建公路工程档案知识图谱与智能问答检索系统

进一步提取其中的内容信息构建出面向公路工程领域专用档案的知识图谱。“项目”“实体（路基、桥梁、隧道）”“技术”“材料/机械”“施工单位”“规范标准”等作为该图谱的主要节点，“包含”“应用”“遵循”“施工方”“检测对象”等为边集。这就把原来分布在每个案卷以及不同时期的各种资料有效地联系起来，形成三维的、网络的知识体系。有了这样的知识地图，就可以开发出智能问答检索系统软件。这样就不必记忆复杂的文号或者是精准的关键词了，可以使用自然语言提问：“查找 XX 大桥 3 号墩 2023 年雨期的沉降观测记录及对应处置措施报告”，系统将依据问题语意在知识图谱中进行语义匹配以及逻辑推理，准确找到并关联所有相关档案，并以表格、时间序列图、关系网等形式直观展现检索结果。实现了“即时应答、知识关联”的快速检索效果，极大提升了档案利用率及知识挖掘能力^[9]。

（四）实施基于人工智能的档案安全防护与智能保管策略

对于安全的保护措施，可以采用强化的人工智能安全系统。借助用户行为分析（UEBA）工具，构建了“正常行为基线”以监控档案访问情况，并使用机器学习算法来识别和检测异常访问模式，例如非办公时段的高频率访问、未经授权的操作、大批量

的数据传输等，这样就可以提前发现安全隐患^[10]。另外，也可以尝试将数字水印与区块链相结合实现重要电子文档的入链鉴真，在利用区块链不可篡改确保文档内容真实性和可靠性及完整性的基础上可追溯每一次变更。针对长期保存的需求，应积极开发智能数字化存储方案引擎。该引擎可动态追踪技术环境变化情况，分析不同档案格式的技术需求以及过时的影响，自动估算迁移成本和利益，并为档案管理员提供最优的格式迁移建议或仿真方案；同时利用预测性分析手段，监控并预警存储媒介状况，从而达到对存储空间进行智能调配及风险规避的目的，确保电子文献长期的可读性以及安全性和可靠性。

三、结语

公路工程档案管理的现代化转型是交通领域数字化转型不可或缺的一环。面对传统管理流程中存在的收集滞后、处理浅表、

信息孤岛、安全脆弱等核心痛点，人工智能技术展现出了强大的赋能潜力。本文提出的优化策略，系统性地构建了从智能采集、深度内容提取、知识图谱构建到智能检索与安全保管的 AI 应用框架，旨在推动公路工程档案管理从被动、静态的“保管仓库”向主动、动态的“知识服务中枢”演进。通过 AI 的深度介入，不仅能大幅提升档案管理工作的效率与准确性，降低人力成本，更能深度挖掘档案数据的内在关联与规律，为工程质量的回溯分析、施工工艺的优化创新、养护决策的科学制定以及行业知识的传承复用提供前所未有的数据支撑与智慧洞见。当然，人工智能的应用也面临数据质量要求高、初期投入大、复合型人才短缺、标准与法规有待完善等挑战。未来，需要行业各方共同努力，加强顶层设计，推动数据标准化，培养“档案+AI”的复合型团队，并在实践中不断迭代优化 AI 模型与应用场景，稳步推进人工智能与公路工程档案管理的深度融合，最终为“交通强国”建设构筑坚实可靠的数字记忆基石与智慧知识引擎。

参考文献

[1] 王硕. 建设工程档案智能化创新路径探索 [A] 文化传承与现代化治理学术交流会论文集 [C]. 中国智慧工程研究会, 中国智慧工程研究会, 2024:2.

[2] 蒋建敏. 市政工程档案数字化管理的探索与对策 [A] 文化传承与现代化治理学术交流会论文集 [C]. 中国智慧工程研究会, 中国智慧工程研究会, 2024:2.

[3] 赵霞. 现代信息技术在水利工程档案管理中的应用 [J]. 山西档案, 2024, (11): 186-188.

[4] 赵长海. 新时代公路工程档案管理工作的难点与对策分析 [J]. 兰台内外, 2024, (27): 60-62.

[5] 赵月. 人工智能技术在公路工程档案管理中的应用 [J]. 办公室业务, 2024, (18): 21-23.

[6] 李惠天, 邓君君. 工程档案管理信息化建设探究 [J]. 房地产世界, 2024, (15): 161-163.

[7] 李培源. 智能化技术在建筑工程档案管理中的应用 [J]. 智能城市, 2024, 10(04): 87-89.

[8] 孔祥玲. 人工智能技术在公路工程档案管理中的应用 [J]. 运输经理世界, 2023, (13): 131-133.

[9] 陈丹. 公路工程科技档案管理中人工智能的应用 [J]. 黑龙江交通科技, 2021, 44(06): 177-178.

[10] 原春红. 人工智能在公路工程科技档案管理中的应用 [J]. 城建档案, 2020, (10): 55-56.