

智慧监理信息化使能技术调研与分类

林超¹, 程宇³, 胡振中^{1,*}, 周晖³, 林佳瑞², 王国荣³

(1. 清华大学深圳国际研究生院, 广东 深圳 518055;

2. 清华大学土木工程系, 北京 100086;

3. 浙江公路水运工程监理有限公司, 浙江杭州 310000)

【摘要】为了提高监理行业的管理能力与效率, 发展信息化的智慧监理刻不容缓, 目前学者们研究了大量可用于监理工作的智能应用。本文通过对相关智能应用进行梳理, 提取总结了各种智能应用所包含的信息化技术, 并根据各信息化技术的服务对象和应用领域将其分别归纳进监理工作内容“三控制、三管理、一协调”中的一个或多个环节中。可指导各监理企业分别从监理工作的每个环节对自身所使用的信息化技术进行查漏补缺, 以提高自身智慧化程度。

【关键词】智慧监理; 信息化技术; BIM; 智慧程度评估; 智慧化升级

1 引言

随着信息化、大数据时代的到来, 信息技术的发展引发了社会各领域的系统性变革, 智慧化建设逐渐成为社会治理和技术赋能的重要内容和载体。2017 年国家住房和城乡建设部对工程监理行业转型升级创新发展提出重要意见: “引导监理企业加大科技投入, 采用先进检测工具和信息化手段, 创新工程监理技术、管理、组织和流程, 提升工程监理服务能力和水平。”工程监理行业应该紧跟新时代信息化技术的发展方向, 全面推进由传统模式向智慧模式的转型, 从而不断提高自身管理能力与效率。智慧监理是指监理机构运用多种新型信息技术手段辅助监理工作开展的新模式。

在我国, 监理行业的具体工作内容可分为“三控制、三管理、一协调”七个环节, 即质量控制、进度控制、造价控制, 合同管理、信息管理、安全管理和施工组织协调。我国主要以监理公司或者监理企业的形式进行监理工作^[2], 其他一些国家虽然采取不同的形式, 但都对监理行业的工作内容有所涵盖。以美国为例, 美国政府采取工程咨询公司或建设管理公司直接管理施工的模式进行监理工作^[3]。目前国内外很多学者对如何将多种信息化技术应用于监理工作进行了研究思考, 如 BIM (Building Information Modeling) 与 GIS (Geographic Information System), 智能监控与质量监测, 物联网和人工智能、机器学习与深度学习, 智能管理与决策等。

【基金项目】浙江省交通运输厅科技计划项目 (2020061), 清华大学-广联达 BIM 联合研究中心 (RCBIM)

【第一作者】林超 (1997-), 男, 清华大学深圳国际研究生院硕士研究生。E-mail: lin-c20@mails.tsinghua.edu.cn

【通讯作者】胡振中 (1983-), 男, 清华大学深圳国际研究生院副教授。主要研究方向为土木与海洋工程信息技术、建筑信息模型 (BIM) 和数字防灾技术。E-mail: huzhenzhong@tsinghua.edu.cn

本文通过对用于监理工作的智能应用进行梳理，提取总结了各种智能应用所包含的信息化技术，并根据各信息化技术的服务对象和应用领域将其分别归纳进监理工作内容“三控制、三管理、一协调”中的一个或多个环节中。可指导各监理企业分别从监理工作的每个环节对自身所使用的信息化技术进行查漏补缺，以提高自身智慧化程度。

2 研究方法

全文研究方法如图 1 所示，以“工程监理”、“智能技术”、“智慧化”和“建筑领域”为关键词进行文献检索，共搜索到百余篇关于智慧监理的文献，从中筛选出包含技术应用的文献近百篇，它们从理论层面探索、实验模拟研究和工程实例分析等多方面入手描述解析了多种可用于监理工作的智能应用。本文提取统计了所筛选文献中各种智能应用所包含的所有信息化技术，并且对所有信息化技术进行归类总结，共 15 类。在归类总结时将相对独立的技术单独归为一类，如物联网、云计算和大数据等；将具有从属关系的技术归为一类，如人工智能、机器学习与深度学习等；将具有相似功能的技术归为一类，如 BIM 与 GIS，虚拟现实、增强现实与数字孪生等；将一般情况下配合使用的技术归为一类，如知识图谱与智能搜索引擎等。

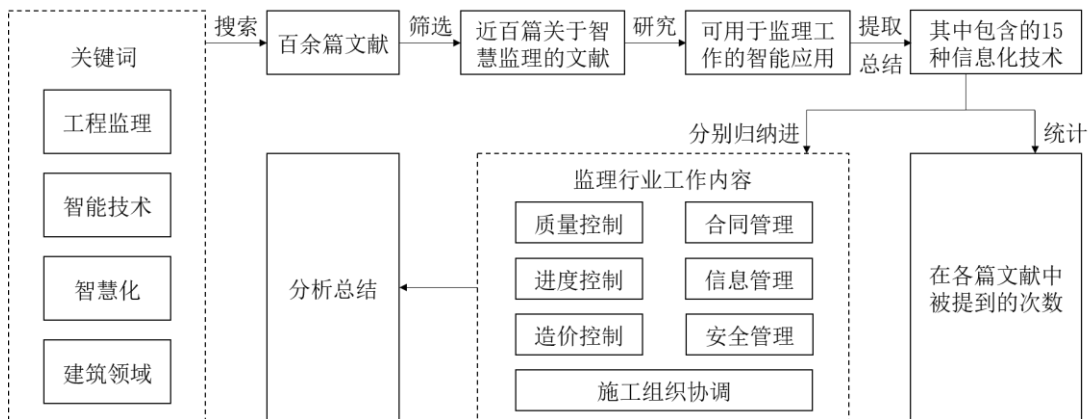


图 1 全文研究方法

在对所有信息化技术归类总结之后，根据所筛选文献中对各种智能应用的服务对象和应用领域的描述，将归类总结出的 15 类信息化技术分别归纳进监理工作内容“三控制、三管理、一协调”中的一个或多个环节中，并且制作成智慧监理信息化使能技术分类表。观察分类表中各种信息化技术的分布情况可以发现在监理工作内容某些环节中信息化技术的集中使用规律与未来智慧监理的发展方向。通过查阅与对照该分类表，各监理企业除了可以在整体层面上对自身的智慧化程度拥有大概了解以外，还可以分别从监理工作的每个环节审视自身的信息化技术使用情况，找到自身薄弱的的一个或多个环节，然后通过补足分类表中自身还未使用的信息化技术以提高自身智慧化程度。

3 监理行业智慧化应用统计与分析

3.1 具体智能应用举例

BIM 因其关联性、智能性、协同性和预测性^[5]已经被广泛应用于建筑监理行业,如信息集成、传感器和建筑设备管理^[4];加贴质量验收标签和关联监理文件^[6]。BIM 还可以和其他信息化技术结合或者作为其他信息化技术得以实现的基础,如 BIM 结合互联网、三维扫描、数字化建筑模型、虚拟现实和增强现实的管理模型,用于对施工质量控制等重要信息进行管理^[7];基于 BIM 的自动监测技术^[8];基于 BIM 的信息化协同平台,可进行质量监理、安全监理、进度监理和投资监理^[5];基于 BIM 的项目管理与质量监督模型框架^[9],作者 Jun Gang 等还详细叙述了 BIM 技术在宜宾东站施工过程的成功应用,如使用 REVIT 对设计图纸进行碰撞检查,有助于提前发现碰撞问题,减少不必要的返工。

智能监控与质量监测也是目前在监理行业非常流行的技术,如在非接触的情况下使用调频连续波雷达进行监测^[10];使用三维激光扫描技术评估构件尺寸和表面质量^[11];综合运用 GNSS (Global Navigation Satellite System) 定位技术、传感器技术、云计算技术和自动控制技术的数字动态实时质量控制的总体架构^[12]。

物联网目前在监理行业也有广泛应用,如利用智能手机传感器测量劳动强度,以保证建筑工人的安全^[13];利用实时定位传感器构建实时数据可视化平台的方法^[14]。

人工智能、机器学习与深度学习在监理行业具有巨大的应用前景,目前很多学者对其作了展望,如利用深度学习中的 LSTM 模型根据质量监督检验报告等文本信息对工程风险进行预测^[15];采用深度学习框架和带有评价指标的视觉导航策略有效地检查和监督建筑工人在不同施工现场条件下的安全帽佩戴情况^[16]。

3.2 信息化技术归类总结

如前文所述,本文将可用于监理行业的各种智能应用所包含的所有信息化技术归类总结为 15 类(其中⑤的管理与决策针对的是施工人员、财务、设备、材料、进度与工程信息等内容),分别是:

- | | |
|-------------|------------------|
| ① BIM 与 GIS | ② 智能监控与质量监测 |
| ③ 物联网 | ④ 人工智能、机器学习与深度学习 |
| ⑤ 智能管理与决策 | ⑥ 虚拟现实、增强现实与数字孪生 |
| ⑦ 全球移动通信 | ⑧ 云计算 |
| ⑨ 大数据 | ⑩ 数据集成 |
| ⑪ 自动控制 | ⑫ 区块链 |
| ⑬ 智能机器人 | ⑭ 知识图谱与智能搜索引擎 |
| ⑮ 数据可视化 | |

15 类信息化技术在所筛选的文献中各自被提及的次数如图 2 所示。如图可见 BIM 与 GIS 是被提及次数最多的技术,34 次被提及中针对 BIM 的研究占据了绝大部分。目前 BIM

在整个建筑领域的应用较为成熟，并且还在不断深化，特别是在监理行业，剩下 14 种信息化技术几乎都是基于 BIM 而实现的，BIM 是其它信息化技术的基础与媒介，各种“BIM+”技术将会是未来智慧监理发展的重要组成部分。

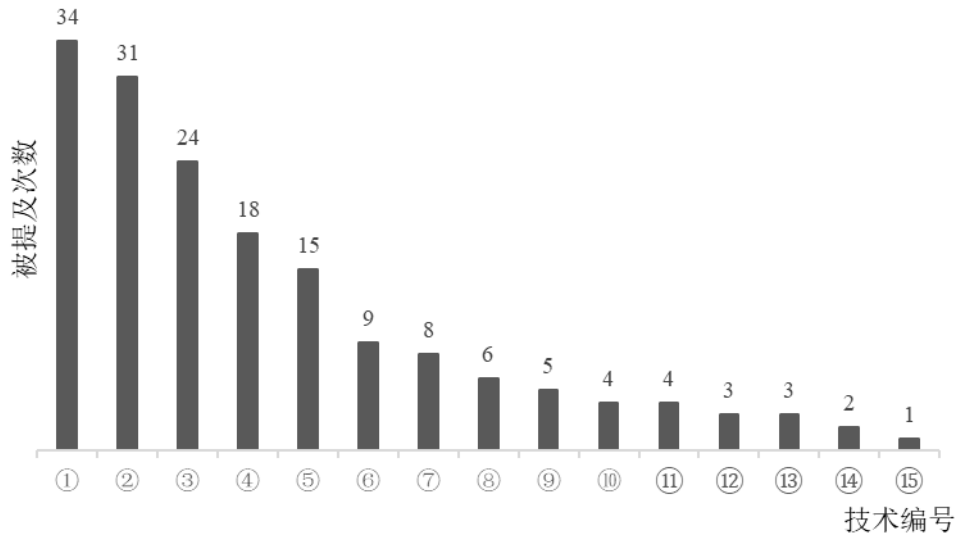


图 2 15 类信息化技术在所筛选的文献中被提及的次数

4 智慧监理信息化使能技术分类表

根据所筛选文献中对各种智能应用的服务对象和应用领域的描述，将归类总结出的 15 类信息化技术分别归纳进监理工作内容“三控制、三管理、一协调”中的一个或多个环节中，如表 1 所示：

表 1 智慧监理信息化使能技术分类表

监理工作内容	可使用的信息化技术
质量控制	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮
进度控制	① ④ ⑤ ⑥ ⑧ ⑩ ⑪ ⑫ ⑭ ⑮
造价控制	① ④ ⑤ ⑥ ⑫ ⑭
合同管理	④ ⑤ ⑫ ⑭
信息管理	① ④ ⑤ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑫ ⑭
安全管理	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑨ ⑩ ⑫ ⑭ ⑮
施工组织协调	① ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑫ ⑭ ⑮

从表中的分类结果可以发现，在监理工作内容某些环节中信息化技术的集中使用规律与未来智慧监理的发展方向。

(1) ④人工智能、机器学习与深度学习, ⑤智能管理与决策, ⑫区块链和⑭知识图谱与智能搜索引擎可以用于监理工作的所有环节之中。⑫与⑭的全面适用性说明信息的可回溯、安全与方便查询在监理工作的各个环节都是非常有必要的。④与⑤的全面适用性结合文献中的描述则传递了更加重要的信息: 目前文献对④的描述以应用实例和技术升级为主, 反映了大量监理企业已经开始逐步在监理工作的所有环节中使用智能管理与决策模式替代传统模式并取得不错成效, 监理行业在不远的未来全面应用智能管理与决策模式工作是大势所趋; 而目前文献对⑤的描述仅仅停留在理论分析和较为简单的应用探索层面, 不过从学者们对⑤的展望来看, 智能管理与决策模式并不是智慧监理的最终形态, 人工智能技术很有可能将在未来全面接管监理工作的所有环节。

(2) 质量控制环节可以使用所有信息化技术说明其是目前智慧监理进程中被研究最透彻的一个环节, 结合文献可以发现质量控制环节包含非常多的子环节, 工作难度大, 不过这也为大量信息化技术提供了应用空间。目前比较成熟的应用是人工检测发现质量问题, 然后利用 BIM 加贴质量验收标签进行申报处理。利用多种智能传感器和计算机视觉等监控技术进行质量信息采集, 然后利用人工智能技术进行质量检测是正在研究探索的新模式。

(3) ①BIM 与 GIS, ⑥虚拟现实、增强现实与数字孪生, ⑦全球移动通信, ⑧云计算, ⑩数据集成与⑮数据可视化 6 类技术目前可用于监理工作的 4-6 个环节之中, 它们的应用广度虽然不像④⑤⑫⑭一样可用于全部 7 个环节之中, 但它们都具有很深的应用深度。比如 BIM 是其它信息化技术的基础与媒介; 虚拟现实、增强现实与数字孪生技术可以支持更智能的人力资源管理、机械和资源配置、材料监督、现场访问、质量控制和安全管理; 5G 已经是可见的未来, 各种信息化技术都将在 5G 时代拥有更高的灵活性。

5 总结

本文归纳整理了一个智慧监理信息化使能技术分类表, 将总结出的 15 种信息化技术分别归纳进监理工作内容“三控制、三管理、一协调”中的一个或多个环节中, 可指导各监理企业分别从监理工作的每个环节对自身所使用的信息化技术进行查漏补缺, 以提高自身智慧化程度。在此基础上, 各监理企业和研究学者还应该从 4 个方面继续提升监理行业的智慧化程度:

- (1) 不断升级各类信息化技术, 提高它们的应用成熟度;
- (2) 探索在各工作环节使用的所有信息化技术之间的配合途径;
- (3) 尝试将已经在某些环节中应用的信息化技术扩展到剩下所有环节中;
- (4) 继续探究其他信息化技术在监理工作中应用的途径, 并且将其归纳进智慧监理信息化使能技术分类表中, 不断扩充表中内容与时俱进。

参考文献

- [1] 王婷婷. 浅谈监理行业发展现状及监理工作的理解[C]//2019 年 12 月建筑科技与管理学术交流会论文

集.2019.

- [2] 李守清. 工程监理行业的发展与对策[J].中国冶金教育, 2020, No.201(06):109-110+115.
- [3] 盖晖晖. 国内外工程监理特点对比及加强我国监理对策[J]. 交通世界, 2014, 000(009):108-109.
- [4] 胡振中, 彭阳, 田佩龙. 基于 BIM 的运维管理研究与应用综述[J].图学学报, 2015, 036(005):P.802-810.
- [5] 沈翔. 智慧监理——基于 BIM 技术的信息化监理方法探讨[J]. 中国工程咨询, 2016(7):18-20.
- [6] 唐强达. 工程监理 BIM 技术应用方法和实践[J]. 建设监理, 2016(5):14-16.
- [7] Yu Z, Peng H, Zeng X et al. Smarter construction site management using the latest information technology[J]. Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Civil Engineering 172(2),2019: 89–95.
- [8] Wei Zhao , Yongbin Wei , Bangan Liu et al. Design and Application of Automatic Monitoring and BIM Technology to the Construction of Shield-Bored Underneath Building[J]. Information Technology In Geo-Engineering,2020: 493-501.
- [9] Jun Gang, Chun Feng, and Wei Shu . A Framework for BIM-based Quality Supervision Model in Project Management[C]// Proceedings Of The Thirteenth International Conference On Management Science And Engineering Management, Vol 2,2020: 234-242.
- [10] Alexander Charles Amies , Christopher G. Pretty , Geoffrey W. Rodgers et al. Experimental Validation of a Radar-Based Structural Health Monitoring System[J]. IEEE / ASME Transactions on Mechatronics, 2019, 24(5):2064-2072.
- [11] Kim M K , Cheng J , Sohn H , et al. A framework for dimensional and surface quality assessment of precast concrete elements using BIM and 3D laser scanning[J]. Automation in Construction, 2015, 49:225-238.
- [12] Research and application of real-time control system for construction quality of digital dynamic compaction[C]// IEEE Information Technology and Mechatronics Engineering Conference. Tianjin Research Institute of Water Transport Engineering, Tianjin, China;Shandong SWINFO Co. Ltd. Tai'an, China;Shandong Bohai Bay Port Group Co. Ltd. Jinan, China;Tianjin Research Institute of Water Transport Engineering, Tianjin, China;Tianjin Researc, 2018.
- [13] Yang Z , Yuan Y , Zhang M , et al. Assessment of Construction Workers' Labor Intensity Based on Wearable Smartphone System[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2019, 145(7):04019039.1-04019039.9.
- [14] Cheng T , Teizer J . Real-time resource location data collection and visualization technology for construction safety and activity monitoring applications[J]. Automation in Construction, 2013, 34(sep.):3-15.
- [15] Chunyong She , Ke Zhang , Jingchun Feng et al. A Framework on Quality Risk Early Warning for Hydraulic Engineering Construction Based on LSTM[J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2020, 568(1):012025 (7pp).
- [16] Lee M , Chien T W . Intelligent Robot for Worker Safety Surveillance: Deep Learning Perception and Visual Navigation[C]// 2020 International Conference on Advanced Robotics and Intelligent Systems (ARIS). 2020.