

基于机器学习的智慧 BIM 运维管理系统 及 BIM + MR 的检修应用程序

——以医院建筑为例

李秉展 罗紫萍 龙丹冰

(西南交通大学土木学院,成都 610000)

【摘要】本研究以设备复杂的医院为载体,探索研究 BIM 技术在智能化运维检修中的应用。通过构建基于 BIM 和大数据的智慧运维管理平台,引入故障树分析(FTA)与贝叶斯概率模型的机器学习方法,以预测故障设备和故障概率,并能第一时间发出报警信号,提供快速回应的决策依据。在移动端中引入混合现实(MR)技术,对故障设备快速定位,提供基于故障概率的检修排序。

【关键词】 BIM; MR; 故障树; 贝叶斯; 运维管理系统

【中图分类号】 TU17 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1674-7461(2017)06-0022-06

【DOI】 10.16670/j.cnki.cn11-5823/tu.2017.06.04

1 工程概况

1.1 项目简介

随着经济与科技的发展,建筑日渐演化为涉及多系统多设备高度集成的综合体,传统的管理方式由人安排而经验主导,已无法高效处理庞大繁杂的综合体系,现代建筑需要智慧的“头脑”。国家住建部《2016-2020 建筑业信息化发展纲要》中指出“十三五”时期,应全面提高建筑业信息化水平,着力增强建筑信息化、大数据、智能化、移动通讯、云计算、物联网等信息技术集成应用能力,推进建筑业数字化、网络化、智能化取得突破性进展。智慧建筑必将朝向多专业信息科技整合,达到数字化、可视化、智慧化的运维管理效果,以解决如传统设备检修费时与高成本等问题。

医院是所有建筑类型中最复杂的典型,平时除了提供医疗服务外,更是城市防灾后勤支持的重要

公共场所,即使在极端条件下也不容有失。医院各项医疗设施、建筑设备与维生管线繁多复杂,且其服务对象有行动上的限制,诸多特殊性使其运营维护的重要性更高、敏感度更高,医院的运维管理必须预防重于治疗,并注重减短维修时间。本研究以医院为项目载体,开发医院智能运营维护管理平台,以及手机混合现实应用程序(Mixed Reality, MR),聚焦故障实时报警与快速检修,在医疗建筑全生命周期应用之外,进一步探索“BIM+”技术,提高医疗建筑的运维防灾管理能力。

1.2 项目特点与难点

1.2.1 项目特点

本研究着眼于医院的运维管理,为构建智慧 BIM 运维管理平台,项目工作具有以下特点:

(1)作为平台数据库的本体,竣工交付的 BIM 模型与建筑现场相符,构部件信息完备并附以编码以满足构部件识别需求;

【基金项目】 中央高校基本科研业务费重大项目前期培育专题研究项目资助“城市综合管廊 BIM 设施设备运维管理系统研究”(项目编号:2682016ZDPY01)

【作者简介】 李秉展(1979-),男,副教授,博士,硕士生导师,主要研究方向:知识管理、机械学习、建筑信息模型;罗紫萍(1979-),女,副教授,博士,主要研究方向:建筑信息模型、运维管理、人工智能;龙丹冰(1983-),女,讲师,博士,主要研究方向:建筑信息模型、结构鲁棒性分析。

(2) BIM 模型静态数据已不足以记录建筑使用过程中构件的变化情况, BIM + 设施管理 (facility management, FM) + 智能大厦管理系统 (intelligent building management system, IBMs) 利用传感器及人工填报的方式采集动态数据, 并在平台数据库有机管理;

(3) 将 BIM 结合 FTA 和贝叶斯网络 (bayesian-networks, BN)^[1], 建立具有学习能力的自动故障分析算法。随着检修数据不断增加, BIM + 人工智能 (Artificial Intelligence, AI) 使医院建筑越来越“聪明”, 运维管理知识也能够持续累积, 不会因为人员变动而消失;

(4) BIM + 混合现实 (MixedReality, MR) 快速定位设备, 使移动可视装置成为维修人员的随身教练^[2]。

1.2.2 项目难点

“智慧”是本研究的核心, 实现智能化的决策将仰赖数据的快速回传与智能分析, 故本项目重点和难点在于“数据处理”。具体如下:

(1) 在有限的预算经费下, 考虑经济合理性, 确定关键维护节点, 以节省数据采集、管理、分析的开支;

(2) 梳理数据架构, 整理归类每一笔采集到的数据;

(3) 采用专家访谈的方式, 建立动态系统关联与故障树架构, 结合客观数据分析, 获取实施人工智能所需“经验知识”;

(4) 以多种手段实现数据可视化。

2 BIM 组织与应用环境

2.1 BIM 应用目标

本研究构建基于 BIM 的智慧运维管理平台, BIM 提供基础数据与可视化管理, 提供所有静态、动态及分析结果数据达到可视与直观呈现; FM + IBMs 获取建筑动态数据回传 BIM, 当回传数据经分析超过警戒值, 系统实时响应自动报警; AI 智能追踪设备空间关系, 计算分析设备各构部件故障概率, 迅速完成设备全系统排查, 准确确定故障, 提供快速响应的决策依据; 根据决策, 可于平台快速派发工单至移动端; 基于 BIM 生成的重要设备模型, 通过 MR 于移动端调阅详实模型与资料, 并赋予人工智能计算的故障概率, 以不同颜色等级给予正确维修的技术支持; 所有有效数据回馈数据库, 使知识得到有效积累。全平台实现运维应急响应的“快、准、稳”。

2.2 实施方案

通过历史数据分析、访谈、理论及方法研究确定关键维护节点、整理数据架构, 开发基于 BIM + FM + IBMs 的智慧运维管理平台。同时在医院的十年运维数据的分析基础上, 实现 BIM + AI 的关键技术突破。视觉呈现上不仅充分利用 BIM 的三维可视化优势, 更结合 MR 提供更为便携、直观的信息呈现。具体实施方案如图 1 所示。

2.4 软硬件环境

本项目的开发环境及软件使用情况如图 2 所示。

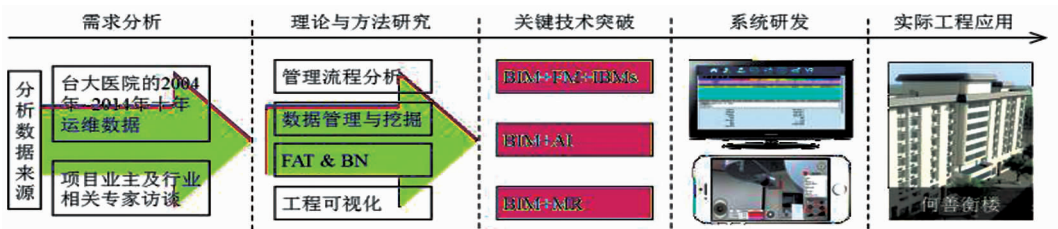


图 1 项目实施方案

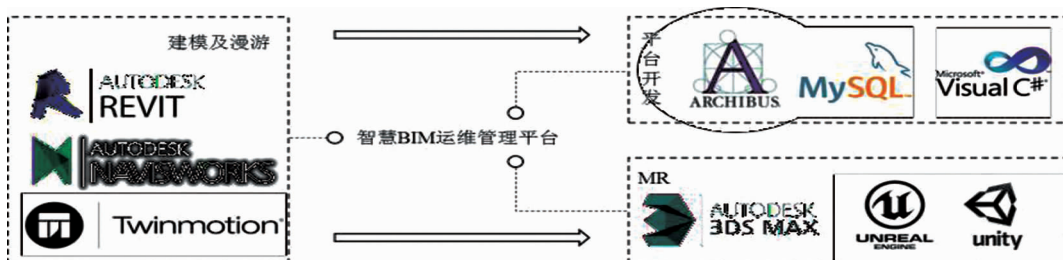


图 2 开发环境与软件使用

3 BIM 应用

3.1 BIM 建模

医院建筑共 10 层,分为地下 1 层、地上 9 层,总建筑面积约 22 900m²,主要用于病患住院检查、疗养与部分专家会诊、治疗。设计要求交付全专业模型(图 3),应完成建筑、结构、管线碰撞检查、调整;BIM 模型用于指导施工,并根据现场做出相应变更;为满足运维需求,竣工交付模型与验收现场建筑结构及设备布置一致,如图 4 所示。



图 3 医院 BIM 模型

从设计到施工到竣工验收,一系列工程中的重要信息将在 BIM 中记录,如图 5 所示,为运维阶段提供完整可靠的数据。图 5 为某加热设备的属性录入示意,信息包含电力负荷、设备型号、制造商、产

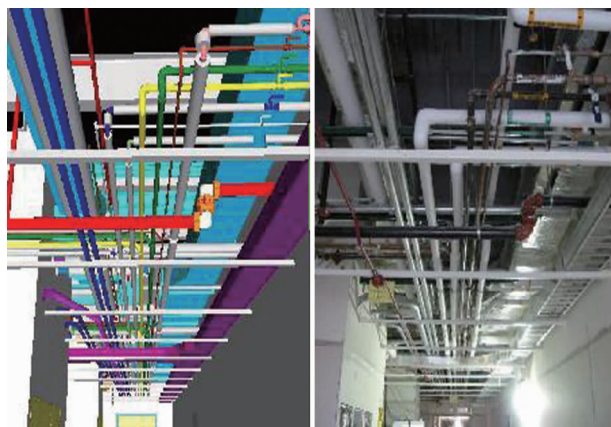


图 4 竣工交付模型与验收现场保持一致

品说明等一系列运维必需数据,另设维修历史记录栏位以记录历次维修数据。

3.2 BIM 应用情况

3.2.1 BIM + FM + IBMs

本项目经由分析医院数万笔维护、检修数据,并结合医疗特性(访谈资料)及 FM 理论^[3],提出建筑内构部件及设备系统分类,确定数据采集方式(其中,主动模式主要由 IBMs 获取数据,只需少量布设传感器),建立数据库架构以管理采集到的动态数据;将每笔维护数据依照分类归纳,构成平台中 AI 所需的样本数据本体;AI 分析结果以 BIM 可视化方式呈现与反馈。最终构成如图 6 所示系统回馈环路。

本项目根据业主需求,在智慧 BIM 运维管理平

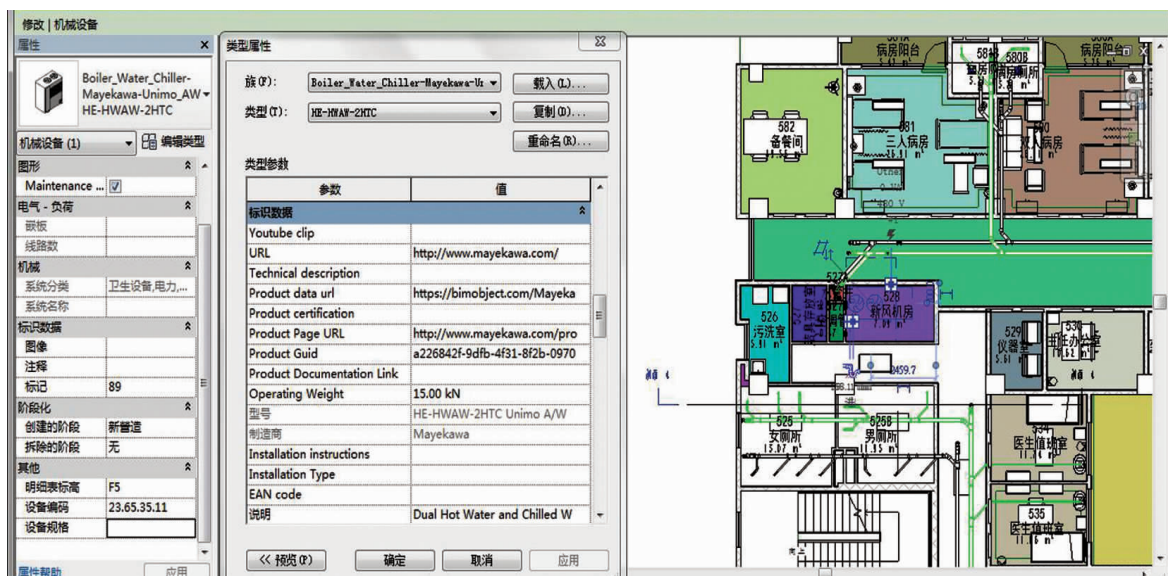


图 5 在模型中录入设备信息数据

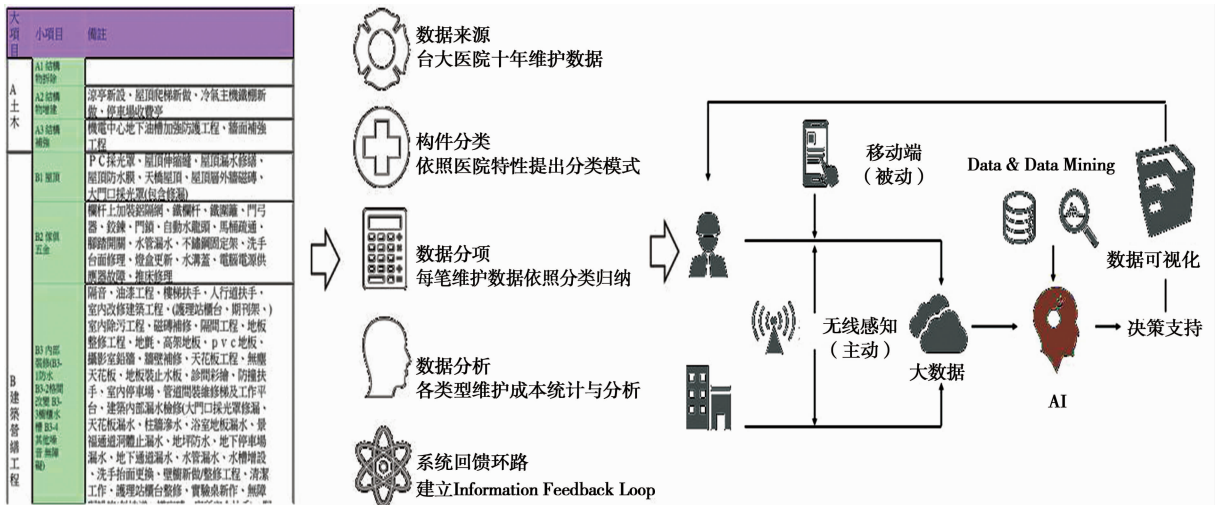


图 6 建立系统回馈环路

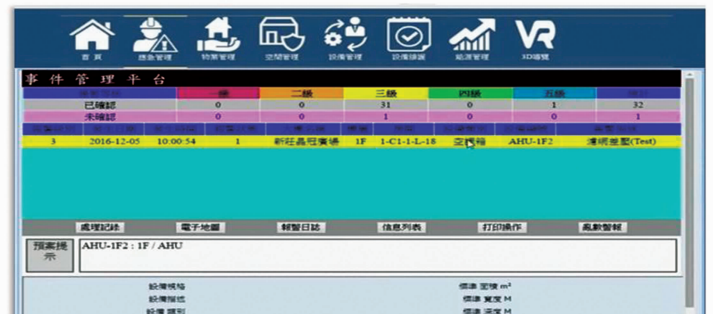
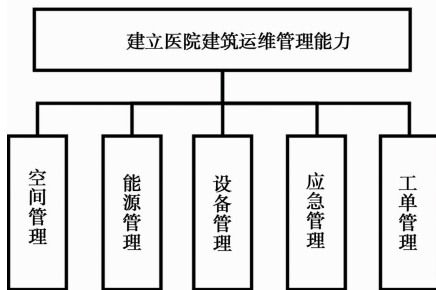


图 7 智慧医院 BIM 运维管理平台功能及界面

| 大项目 | 小项目 | 备注 |
|----------|----------|--|
| A 土木 | A1 結構物拆除 | |
| | A2 結構物新建 | 深亭新設、屋頂爬梯新做、冷氣主機機棚新做、停車場收費亭 |
| | A3 結構物維修 | 機電中心地下室油槽加強防護工程、牆面補強工程 |
| B 建築管線工程 | B1 屋頂 | P/C 採光罩、屋頂伸縮縫、屋頂漏水修補、屋頂防水膜、天橋屋頂、屋頂外牆磁磚、大門口採光罩(包含修補) |
| | B2 屋頂五金 | 欄杆上加強架鋼網、鐵欄杆、鐵護欄、門弓器、絞鍊、門鎖、自動水龍頭、馬桶疏通、腳踏開關、水管漏水、不銹鋼固定架、洗手台面修理、燈盒更新、水溝蓋、電腦電源供應器故障、推床修理 |
| | B3 內部設備 | 隔音、油漆工程、樓梯扶手、人行道扶手、室內改修建築工程(護理站櫃台、期刊架、)室內除污工程、磁磚補修、隔間工程、地板整修工程、地盤、高架地板、PVC 地板、攝影室磁磚、牆壁補修、天花板工程、無塵天花板、地板止水板、診間彩繪、防護扶手、室內停車場、管間裝修維修及工作平台、建築內部漏水檢核(大門口採光罩修補、天花板漏水、柱牆滲水、浴室地板漏水、景福通通洞體止滲水、地坪防水、地下停車場漏水、地下通風漏水、水管漏水、水櫃增設、洗手拍面更換、雙關新做整修工程、清潔工作、護理站櫃台整修、實驗桌新作、無障 |
| | B3-2 隔間 | |
| | B3-3 水櫃 | |

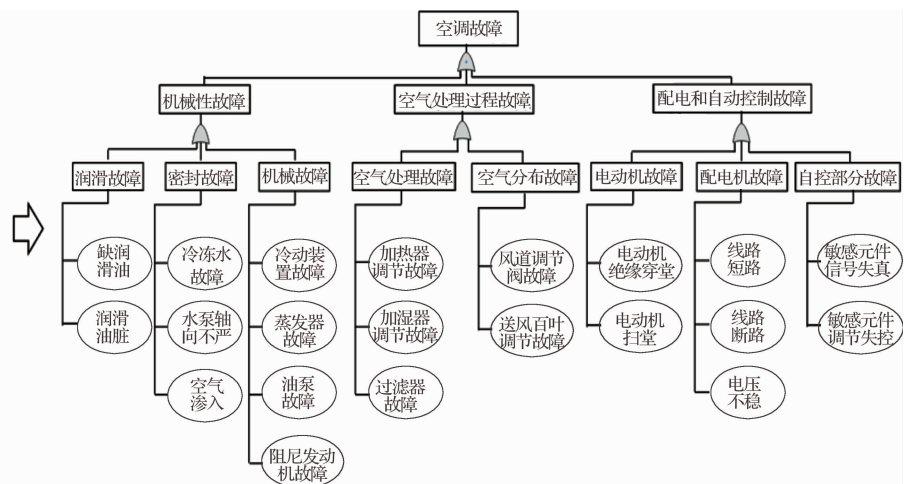


图 8 建立系统中各分类的故障树

台中将 BIM 结合 FM 和 IBMs,做好医院建筑的空间管理、资产管理、设施设备维护管理、能源管理等日常管理工作,并在异常事件报警时,快速响应所在位置、设备种类、数据变化等信息,做好应急管理。平台功能及平台界面如图 7 所示。

3.2.2 BIM + AI

对上述分类归纳整理的运维数据进一步分析故障原因及结构重要度(部分系统参考专家访谈资料),建立系统中各分类的故障树。图 8 以空调系统为例,建立空调故障的 FTA。

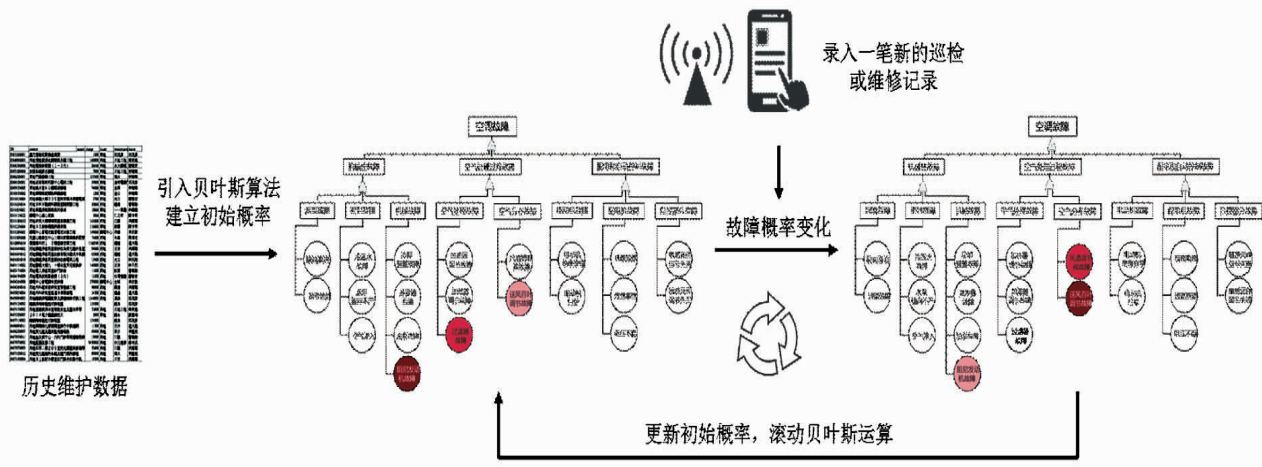


图 9 贝叶斯网络

根据十年的医院维护数据,计算故障树中各基本事件发生概率作为比较可靠的初始概率。同样以空调系统为例,如图 9 所示,当医院建筑某系统发生一笔新的维护记录时,被维护设备故障概率发生变化;结合初始概率,可计算系统中其他基本事件发生概率;再结合故障树,即可对各基本事件依据发生概率大小进行排序,迅速排查系统中最薄弱环节。同时,新的计算概率取代最初的初始概率,成为下一次滚动运算的初始概率。随着检修数据不断增加,计算概率将越来越精准。

本项目在管理平台中,用不同透明度亮显不同故障概率的构部件,如图 10 以可视化方式呈现分析结果。分析结果不仅可以在异常报警时协助加快排查故障,亦可为日常巡检维护计划提供决策依据。

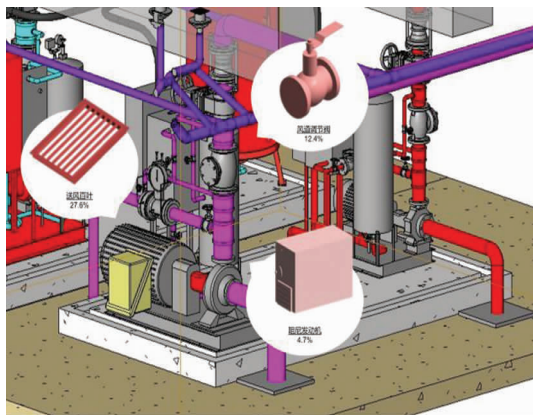


图 10 以可视化方式呈现分析结果

3.2.3 BIM + MR

将 BIM 结合 MR(混合现实)技术,用不同颜色



图 11 可运算故障概率的 BIM + MR 互动式应用程序

呈现以上故障概率的运算结果,帮助工程师快速定位维修位置。同时,如图 11 所示,点选设备,可查阅其属性资料及维修手册,即使是新手,也能随时有位资深教练在身旁,指导正确的步骤和方向。当所有人都能有序执行工作,失误就能大幅减少,效率大幅提升,使用者满意度也大增。

4 总结

4.1 创新点

(1) 提出 BIM 技术整合故障树分析与贝叶斯概率模型,运用于智能化运营管理数据分析,并利用可视化技术更加直观地将数据反映到运维平台中;

(2) 研发可运算故障概率的“BIM + MR”互动式应用程序,提高设备巡检、维修效率。

4.2 未来展望

除了本项目所应用的三个“BIM +”,未来可致力于将医院 BIM 与 CIIM 整合,推进智慧韧性城市的实现。

在此驱动下,本研究业已开展以下“BIM +”技术的拓展:

(1) BIM + 3D GIS: 3D GIS 管理医院周边环境信息,提供分析医院与城市环境关系,让医院建筑 BIM 成为城市 CIIM 中的重要防灾后勤支援;

(2) BIM + Medical: 实现城市防灾的医疗资源调配与智能运算体系,解决紧急医疗的资源分配问题;

(3) BIM + Fire(or BIM + EM emergency management): 将医院和附近消防单位整合在 CIIM 中,提高医院应变防火能力。

参考文献

- [1] Leu, S. S., & Chang, C. M. (2013) Bayesian-network – based safety risk assessment for steel construction projects. *Accident Analysis & Prevention*, Volume 54.
- [2] 罗紫萍,李秉展. 智能型装置应用程序于人才培育与管理的应用与评估[J]. *现代管理*, 2014, 4(4): 54-62.
- [3] Tzu-Ping Lo, Sy – Jye Guo, and Chin – Te Chen (2011) “Application of the exponential grey model on the maintenance cost prediction for a large scale hospital[J].” *International Journal of Strategic Property Management*, Volume 15(4): 379 – 392(SCI).

Intelligent BIM Maintenance System and BIM + MR Troubleshooting Application based on Mechanized Learning ——Through a Case Study of Hospital Building

Li Bingzhan, Luo Ziping, Long Danbing

(College of Civil Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610000, China)

Abstract: This study focus on the application of BIM in intelligent operation and maintenance and uses a hospital as case study. An intelligent building operation and maintenance system is developed based on the BIM and big data. By using the mechanized learning method like fault tree analysis and bayesian probability, the system is able to predict the broken equipment and the fault rate of each element, and meanwhile, to send alerts at the first time for the evidence of quick decisions. In the apps on the mobile ends, the mixed reality technology is introduced for a quickly locating of the fault equipments, which provides troubleshooting ordering based on probability of failure.

Key Words: BIM; MR; Fault Tree Analysis; Bayesian Probability; Operation and Maintenance System