

基于CBR的建筑生产安全诊断系统研究

常春光¹,陈冬文¹,王立杰²,高 波¹

(1.沈阳建筑大学 管理学院,辽宁 沈阳 110168;

2.中国联合网络通信有限公司辽宁省分公司 产品创新支撑中心,辽宁 沈阳 110003)

摘 要:为提高建筑生产安全诊断工作效率与系统化程度,给出了基于CBR的建筑生产安全诊断系统流程。在系统分析建筑生产安全隐患影响因素的前提下,设计了面向建筑生产安全诊断的案例表达技术,并研究了面向建筑生产安全诊断的案例匹配技术、案例调整技术与案例维护技术。实验结果表明,随着案例库规模的增加,平均案例匹配率有所提升、平均案例调整率有所降低。CBR适于解决诸如建筑生产安全诊断等非结构化问题。

关键词:案例推理;案例表达;建筑生产;安全诊断

中图分类号:TU714

文献标识码:A

文章编号:1001-7348(2009)21-0166-05

0 引言

随着我国市场经济的快速发展,人们对商品房的需求与购买力日益增强,政府对基础设施投资改造力度逐渐加大,我国建筑行业面临前所未有的发展机遇。建筑业成为国民经济的支柱产业,在GDP中所占的比重明显增长,其增长已经成为带动国民经济快速发展的重要推动力。然而,中国建筑业也面临着严峻的挑战。最为突出的问题是建筑安全生产问题,建筑安全生产工作面临着许多新问题、新情况,并具有新的时代特点:建筑业从业人员巨增、农民工占比例为80%左右,从业人员文化水平低、职业技术与安全培训滞后、管理与投入不足、安全意识淡薄、事故隐患重重等。同时,面向高、大、新、特、奇、难的建筑物构造潮流,新材料、新工艺、新设备、新技术的不断涌现,这使得具有生产劳动密集型特点的建筑业成为高危行业。由此导致安全生产事故频发、死伤众多(仅次于交通、煤矿行业),严重影响了经济发展与社会稳定。

国内外学者关于建筑安全生产的研究已经展开,文献[1]提出了建设工程安全计划的概念,并与施工组织设计进行了对比分析;文献[2]从建设工程事故发生的4M要素(人员、物资、作业环境、管理)对提出施工安全途径。文献[3]从改善施工安全环境文化以及制度文化、安全责任制、安全管理信息系统等方面提出对策。文献[4]提出建筑施工安全管理的长效机制。文献[5]从建筑施工安全管理体

制、建筑施工企业制度、企业文化等方面,研究了建筑施工安全管理创新。文献[6]提出了基于PDCA循环的建筑施工安全管理方法。文献[7]研究了基于企业安全文化层面的建筑施工。

上述研究为建筑生产安全管理提供了重要技术支持,但对于建筑生产安全管理这样一个大的系统工程缺乏系统、综合的考虑。建筑生产安全管理本身是一项复杂的系统工程,各种安全隐患的及时诊断是预防建筑生产安全事故发生的重要手段。实践中,相当数量的施工单位在安全管理方面缺乏一个系统性的全方位的安全隐患排查方法与手段。

1977年Schank^[8]提出案例推理(Case-based reasoning, CBR)的思想,1983年,Janet L.Kolodner教授^[9]开发了第一个CBR系统。CBR克服了规则推理(Rule-Based Reasoning, RBR)系统的知识获取瓶颈、维护困难等弱点。CBR这一技术的产生,被迅速运用到管理领域中^[10-11],但对于CBR在建筑生产安全诊断的应用研究却很少。

1 CBR系统的实现流程

针对建筑生产安全诊断问题结构复杂、因素众多、领域纷杂、主观性与不确定强等特点,同时考虑到实际建筑生产安全诊断工作的及时性与可操作性的要求,本文运用CBR推理速度快、获取知识与知识维护容易、适用于解决非结构化问题的特点,以解决建筑生产安全诊断问题。针

收稿日期:2009-08-05

基金项目:国家科技支撑计划重点项目资助课题(2006BAJ06B08-03);中国住房和城乡建设部科技项目(2008-k9-9);辽宁省社会科学规划基金(L07DJY100);辽宁省高等学校优秀人才支持计划(2008RC42)

作者简介:常春光(1973-),男,辽宁辽阳人,沈阳建筑大学副教授,博士后,研究生导师,研究方向为城镇建模与优化。

对建筑生产安全诊断问题,CBR系统的实现流程如图1所示。

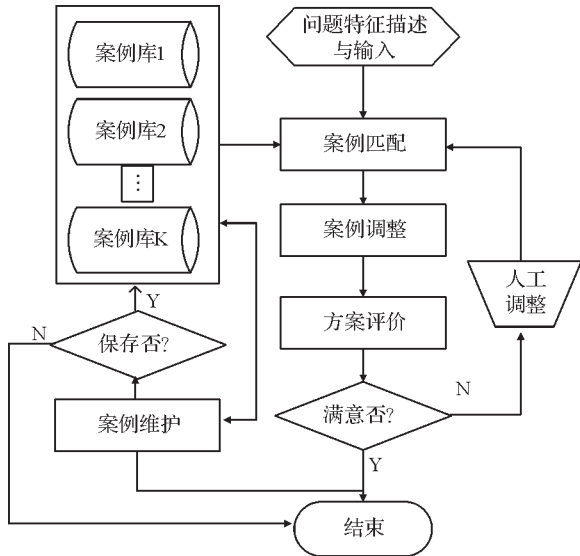


图1 CBR系统的实现流程

2 CBR的关键技术

2.1 案例表达 (Case Representation)

建筑生产安全诊断案例的表达方式是案例匹配、案例调整、案例维护的实现基础,并影响后三者的实现方式与效率。案例表达通常包括案例状态与案例解两部分组成,考虑到建筑生产的安全性诊断通常包括施工人员的状态、劳动对象状态、劳动方法状态、劳动手段安全操作状态、劳动环境安全准备状态等方面,同时各个方面又可细分为更细的状态,对其的表达采用框架系统表示法。案例状态与解具体表达见表1和表2。

表2 基于框架的建筑生产安全诊断部分案例解表达

案例号	施工人员 P	劳动对象 O	劳动方法 M	劳动手段 T	劳动环境 E
1	P11→6, P14,P21→9	O11→1	M2	T24→T	E3
2	P41, ↑ P72	O22	M61→T	T16→T,T34→T	E4
3	P11→6, P11→T	O21→1	M5	T14→T,T14→T	↑ E2
4	P11→6, P22, ↑ P71	O11→1	↑ M1	T13→T	↑ E1
5	P11→6, ↑ P74, ↑ P75	↑ O12,O33→T	↑ M3	T23→T	↑ E4
6	↑ P77, P78	O13→T	M2	T13→T	↑ E3
.....
n	P11→6, ↑ P79	O33→T	M41→T	T33→T	E2

注:表中 , ↑ , → 分别表示“一般改进”,“重点改进”与“改进为”。

表3 不同案例库规模下的系统运行结果

案例规模	随机选取方式下					案例维护方式下				
	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50
案例匹配率	42%	51%	62%	70%	78%	45%	52%	65%	77%	86%
平均案例调整率	19%	17%	16%	14%	12%	18%	15%	13%	11%	9%

2.2 案例匹配 (Case Retrieval)

为提高匹配速度与准确性,采用先聚类后匹配的实现方式。首先将典型的建筑工程类型划分为高层民用住宅建筑工程(I类)、多层民用住宅建筑工程(II类)、工业厂房建筑工程(III类)、道路与桥梁工程(IV类)与其它类建筑工程(V类)几大类。若一案例不能归到前4类中,先被归为V类。在此后的学习过程中,当V类中的案例规模增加到一定阈值后,采用聚类技术对V类的案例具体细分为与前4类并行的新类别。其次,依据最近相邻原则,计算案例相似度匹配与当前问题最相似的案例。

2.3 案例调整 (Case Adaptation)

当系统匹配不到与当前建筑生产安全诊断问题完全匹配的案例时,相似案例必须经过适当的调整以适应当前问题。本文采用案例评价值导向的基于改写规则集的案例调整方式,以提高案例调整的效果。

2.4 案例维护 (Case Maintenance)

案例维护主要是为了实现案例的典型性、时效性、一致性与非冗余性。本文采用事前维护与事后维护相结合的方式。事前维护主要是采用冗余性消除技术,防止相近而缺乏代表性的案例存入案例库中;事后维护是建立在匹配频率、一致性、评价值、调整成功率等指标基础上,采用案例的一致性检验与同一化技术处理等来实现。

3 运行结果与分析

收集整理出200个实践中的案例,其中100个作为学习案例,另外100个作为测试案例。首先,按随机原则分别从100个学习案例中选取10、20、30、40与50个案例存入案例库中,进行系统运行效果验证;其次,运用上文的案例维护

表1 基于框架的建筑生产安全诊断部分案例状态表达

案例号	1	2	3	4	5	6	……	n
施工人员状态 P	-	-	-	-	-	-	……	-
生产技能 P1	-	-	-	-	-	-	……	-
技能培训时间 P11	3月	6月	3月	2月	3月	5月	……	4月
上岗级别 P12	3	3	3	3	3	3	……	3
本岗从业时间 P13	1年	2年	1年	2年	3年	4年	……	2年
机械设备和电器使用知识 P14	B	A	A	A	A	A	……	A
安全操作规程 P15	A	A	A	A	A	A	……	A
特殊工种是否持证上岗 P16	T	T	F	T	T	T	……	T
危险作业是否持证上岗 P17	T	T	T	T	T	T	……	T
文化修养 P2	-	-	-	-	-	-	……	-
受教育程度 P21	6年	9年	9年	6年	6年	9年	……	6年
思想修养 P22	A	A	A	B	A	A	……	A
接收与领会能力 P23	A	A	A	A	A	A	……	A
生理体能 P3	-	-	-	-	-	-	……	-
健康状况 P31	A	A	A	A	A	A	……	A
体能状况 P32	A	A	A	A	A	A	……	A
心理行为 P4	-	-	-	-	-	-	……	-
心理健康状况 P41	A	B	A	A	A	A	……	A
有无恐高症 P42	F	F	F	F	F	F	……	F
法制教育 P5	A	A	A	A	A	A	……	A
安全意识 P6	A	A	A	A	A	A	……	A
安全教育 P7	-	-	-	-	-	-	……	-
施工安全基本知识及制度 P71	A	A	A	C	A	A	……	A
相关工种的安全技术操作规程 P72	A	C	A	A	A	A	……	A
防高空坠落与高处作业安全知识 P73	A	A	A	A	A	A	……	A
防火、毒、爆、洪、雷、电、尘知识 P74	A	A	A	A	C	A	……	A
防坍塌、机械伤害、物体打击知识 P75	A	A	A	A	C	A	……	A
紧急安全救护知识 P76	A	A	A	A	A	A	……	A
防护用具、用品使用基本知识 P77	A	A	A	A	A	C	……	A
安全防护装置(设施)使用知识 P78	A	A	A	A	A	B	……	A
班组作业不安全因素及防范对策 P79	A	A	A	A	A	A	……	C
安全技术交底 P8	-	-	-	-	-	-	……	-
施工中的特殊问题安全技术措施 P81	A	A	A	A	A	A	……	A
施工中的危险部位安全技术措施 P82	A	A	A	A	A	A	……	A
劳动对象状态 O	-	-	-	-	-	-	……	-
原料与半成品 O1	-	-	-	-	-	-	……	-
质量等级 O11	3	1	1	3	1	1	……	1
性能 O12	A	A	A	A	C	A	……	A
验收程序完善否 O13	T	T	T	T	T	F	……	T
待安装设备 O2	-	-	-	-	-	-	……	-
质量等级 O21	1	1	3	1	1	1	……	1
性能 O22	A	B	A	A	A	A	……	A
验收程序完善否 O23	T	T	T	T	T	T	……	T
施工用电 O3	-	-	-	-	-	-	……	-
变压器工作是否正常 O31	T	T	T	T	T	T	……	T
是否使用五芯线电缆和标准电箱 O32	T	T	T	T	T	T	……	T
物料提升机的电缆是否绝缘 O33	T	T	T	T	F	T	……	F
劳动方法状态 M	-	-	-	-	-	-	……	-
施工工艺与方法 M1	A	A	A	C	A	A	……	A

案例号	1	2	3	4	5	6	……	n
施工安全区段的划分 M2	B	A	A	A	A	B	……	A
施工中机械设备布局 M3	A	A	A	A	C	A	……	A
施工临时设施布置 M4	-	-	-	-	-	-	……	-
安全护网、护栏架设 M41	T	T	T	T	T	T	……	T
安全警示标志树立 M42	T	T	T	T	T	T	……	F
施工安全模具选用与设计 M5	A	A	B	A	A	A	……	A
脚手架选用与设计 M6	-	-	-	-	-	-	……	-
小横杆的设置位置恰当否 M61	F	T	T	T	T	T	……	T
施工层脚手板下方是否有平网防护 M62	T	T	T	T	T	T	……	T
钢管脚手架立杆的基础垫板是否牢靠 M63	T	T	T	T	T	T	……	T
新技术、工艺、材料专项技术方案 M7	A	A	A	A	A	A	……	A
质量管理方案 M8	A	A	A	A	A	A	……	A
劳动手段状态 T	-	-	-	-	-	-	……	-
起重设备、人货两用电梯安全操作 T1	-	-	-	-	-	-	……	-
三级审批制度 T11	T	T	T	T	T	T	……	T
管理人员指挥作业 T12	T	T	T	T	T	T	……	T
机械设备运行状态记录 T13	T	T	T	F	T	F	……	T
机械设备状态交接程序 T14	T	T	F	T	T	T	……	T
塔吊力矩限制器是否灵敏可靠 T15	T	T	T	T	T	T	……	T
塔吊有无卷筒保险 T16	T	F	T	T	T	T	……	T
塔吊上人爬梯是否设护圈 T17	T	T	F	T	T	T	……	T
各项加工机械、专项技术设备安全操作 T2	-	-	-	-	-	-	……	-
三级审批制度 T21	T	T	T	T	T	T	……	T
管理人员指挥作业 T22	T	T	T	T	T	T	……	T
机械设备运行状态记录 T23	T	T	T	T	F	T	……	T
机械设备状态交接程序 T24	F	T	T	T	T	T	……	T
检查测量仪器设备安全操作 T3	-	-	-	-	-	-	……	-
三级审批制度 T31	T	T	T	T	T	T	……	T
管理人员指挥作业 T32	T	T	T	T	T	T	……	T
机械设备运行状态记录 T33	T	T	T	T	T	T	……	F
机械设备状态交接程序 T34	T	F	T	T	T	T	……	T
劳动环境状态 E	-	-	-	-	-	-	……	-
地质水文状况 E1	A	A	A	C	A	A	……	A
气象变化 E2	A	A	C	A	A	A	……	B
其它不可抗拒因素 E3	B	A	A	A	A	C	……	A
现场的通风、照明、卫生等 E4	A	B	A	A	C	A	……	A

注:表中A、B、C、T、F分别代表“好”、“中”、“差”、“真”、“假”。

技术,将100个学习案例,不断输入系统,进行学习,不断将存入典型案例于案例库中,使得案例库的规模分别达到10、20、30、40与50。部分案例的状态与解表达分别见表1与表2。最后,在不同案例规模条件下,将100个测试案例输入系统,分别输入两种方式下形成的案例库中,进行测试得到运行结果,如表3所示。结果表明,在通过随机选取与案例维护两种确定案例库规模方式下,随着案例库规模的增加,都出现了案例匹配率提高、平均案例调整率下降的趋势。而且,在案例维护方式下,两个指标的效果更好些。说明随着案例推理机制的不断运行,案例库中的案例逐渐增加,但案例库中的案例由于采用上文提到的案例维护技术,使得案例的典型代表性增加,匹配到的适合案例的机会增大,案例的调整率随之降低。随着案例库中存储的案例不断丰富,通过案例维护存入的案例日趋完善,其案例典型性随之提升。同时,验证了案例推理系统性能“越用越好”的优点。

4 结论

建筑行业是国民经济的支柱产业,建设工程的安全生产关系到人民群众的生命和财产安全,关系到社会稳定和国民经济持续健康发展。现实操作中急需一套系统化的安全生产诊断体系与方法。CBR作为一种新型推理技术,通过匹配并调整过去成功解决问题的案例来解决当前问题,随着系统的不断使用,系统将形成自学习机制,“越用越好用”。它克服了RBR的知识获取瓶颈与维护困难等缺点,并在医疗诊断、设计、规划、动态调度等领域得到广泛的应用,越来越得到工程实践的青睐。本文提出了基于CBR的建筑企业生产安全诊断系统的解决方案,给出了系统关键技术环节与流程,并介绍了面向建筑企业生产安全诊断的案例表达、案例匹配、案例调整与案例维护环节的实现方

法。系统的运行效果验证了CBR的有效性,将CBR运用到建筑生产安全诊断中,可为建筑企业生产安全诊断工作提供信息平台,有助于提高建筑安全生产科学化、信息化管理水平。

参考文献:

- [1] 兰定筠,谢伟.对建设工程施工安全计划的几点思考[J].建筑安全,2007(4):38-39.
- [2] 蒋飞.建设工程施工安全管理[J].山西建筑,2009,35(2):213-214.
- [3] 谢苏丽.建筑施工安全的新对策[J].中华建设,2007(7):61.
- [4] 于月芹.建筑施工安全管理长效机制的探讨[J].建筑安全,2009(4):36-38.
- [5] 罗晓生.建筑施工安全管理创新探索[J].工程与建设,2009,23(1):118-120.
- [6] 黄世国,徐丽.基于PDCA循环的建筑施工安全管理研究[J].山西建筑,2007(2):219-220.
- [7] 阮可.基于企业安全文化层面的建筑施工研究[J].建筑经济,2008(5):23-26.
- [8] ROGER C S, DAVID B L. Creativity and learning in a case-based explainer [J]. Artificial Intelligence, 1989, 40 (1-3): 353-385.
- [9] KOLODNER J L. Improving human decision making through case-based reasoning techniques [J]. AI Magazine, 1991, 12 (3): 52-59.
- [10] 常春光,汪定伟,胡琨元,等.基于两级CBR的钢铁企业动态调度系统研究[J].控制与决策,2004,19(10):1109-1112,1116.
- [11] 常春光,汪定伟,胡琨元,陶志.基于粗糙集的案例属性约简技术[J].控制理论与应用,2006,23(6):867-872.

(责任编辑:陈晓峰)

Security Diagnosing System for Construction Producing by CBR

Chang Chunguang¹, Chen Dongwen¹, Wang Lijie², Gao Bo²

(1.School of Management, Shenyang Jianzhu University, Shenyang 110168, China; 2.Product Innovation Support Center, China United Network Communications Corporation Limited Liaoning Branch, 110003, China)

Abstract: To improve efficiency and systematization degree of security diagnosing for construction producing (SDCP), the flow of SDCP system by CBR is given. By analyzing the security influence factors for construction production systemically, the case presentation technology for SDCP is designed, and the case retrieval, case adaptation and case maintenance technologies are studied. The experiment result shows that average case retrieval ratio increases and average case adaptation ratio decreases with the increasing of case base scale. CBR is fit for solving unstructured problems such as SDCP.

Key Words: Case-Based Reasoning; Case Representing; Construction Producing; Security Diagnosing