

基于 BN 的建筑施工项目隐性质量成本控制研究

邵必林, 李晓东

(西安建筑科技大学管理学院, 陕西 西安, 71055)

摘要: 目前, 我国建筑工程项目施工过程中隐性质量成本过高, 若不对其实施控制, 必然出现“效益漏斗”。运用贝叶斯网络构建了建筑施工项目隐性质量成本的控制模型, 结合获取的先验知识以及寻找到的证据, 通过模型的因果推理与诊断推理, 及时掌握施工过程中隐性质量成本的状态并发现关键影响因素, 以便采取针对性的控制措施。可提高管理者对施工过程中隐性质量成本实行全面、动态管理的针对性和实效性。

关键词: 贝叶斯网络; 建筑施工项目; 隐性质量成本

中图分类号: TU723.3

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2017)03-0317-05

Research on hidden quality cost during construction of architectural engineering project based on bayesian network

SHAO Bilin, LI Xiaodong

(School of Management, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 71055, China)

Abstract: At present, the hidden quality cost during construction of Chinese architectural engineering project is high, which means that, the “benefit funnel” would appear if not implement control. By means of Bayesian network, this article established the control model of hidden quality cost during construction of architectural engineering project. Based on combining with the priori knowledge obtained and evidence founded, through the casual reasoning and diagnosis inference, it grasped the status of hidden quality cost during construction and discovered key influence factors. At last, it adopted targeted measures to enhance managers' pertinence and effectiveness of implementing comprehensive as well as dynamic management during construction.

Key words: bayesian network; building construction project; hidden quality cost

近几年, 工程质量事故经常发生, 每年由其引发的损失超过千亿, 有 20% 的项目不符合国家所规定的强制性质量标准^[1], 由此产生的质量成本引起了建筑业内及社会的广泛关注。在全面成本管理过程中存在显性与隐性两个层面的质量成本^[2]。其中载于会计账户之中的显性质量成本相对透明, 易于统计与核算^[3], 而游离于会计账户之外的隐性质量成本由于其隐蔽性及难量化性的特征容易被忽视, 如果不加以控制必然形成“效益漏斗”, 不利于项目成本的全面管理^[4]。就学术研究而言, 我国在此领域的探究起步相对较晚^[5]。刘永新将精益思想运用到施工过程隐性质量成本的控制之中^[6]; 周继春, 邓学芬探索出了通过全面质量管理控制隐性质量成本的途径^[7]。这些研究主要偏重于定性的控制措施的建立, 对于定量的数据分析明显不足。因此, 本文旨在根据建筑施工项目隐性质量成

本影响因素多、不确定性大的特点, 结合贝叶斯网络(Bayesian Network, BN)在不确定性问题推理方面的优势, 建立建筑施工项目隐性质量成本的控制模型, 通过获取的先验知识以及观测到的证据, 实施因果推理与诊断推理, 从而实现建筑施工项目隐性质量成本的动态性、整体性控制。

1 基于 BN 的建筑施工项目隐性质量成本控制过程分析

1.1 贝叶斯网络

贝叶斯网络包括一个有向非循环图 $G = \langle N, E \rangle$ 及一组概率分布 $P^{[8]}$, 它能有效地将概率论与图论融合在一起, 并兼具二者之优势。

贝叶斯网络具有如下优点:

(1) 拥有严密的概率基础以及直观上颇具吸引力的界面, 可操作性强^[9];

收稿日期: 2016-09-21 修改稿日期: 2017-05-19

基金项目: 陕西省自然科学基金项目(2013JM9002); 西安市建设科技研究项目(SJW2015-03); 住房和城乡建设部软科学研究项目(2016-R3-014)

作者简介: 邵必林(1965—), 男, 教授, 主要从事建筑施工项目隐性成本控制。E-mail: sbilin0464@sina.com

(2)数据处理范围广, 不仅能处理样本量大、信息完整的数据, 也能够处理 BP 所不能处理的样本量小、信息不完备的数据集^[10].

因此, 就贝叶斯网络的本质属性而言, 将其用于隐性成本研究, 具有独特优势.

1.2 建筑施工项目隐性质量成本控制过程

运用贝叶斯网络对建筑施工项目隐性质量成本进行控制包括 4 个步骤, 如图 1 所示.

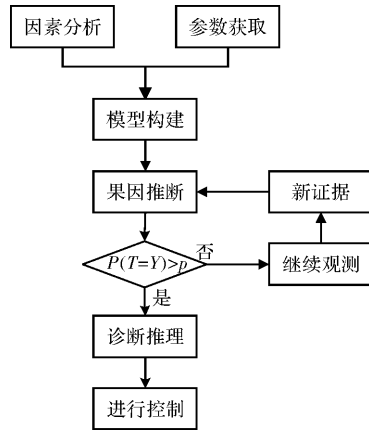


图 1 隐性质量成本控制流程

Fig. 1 Control flow of hidden quality cost

(1)影响因素的识别与分析. 首先, 通过查阅历史数据、专家经验、深入实地调查等方式, 尽可能全面的找出影响建筑施工项目隐性质量成本的因素, 然后通过专家讨论筛选出主要的影响因素.

(2)贝叶斯网络模型构建. 首先, 以第一步中所得到的主要影响因素为事件节点, 通过专家决策给出各影响因素之间的因果关系, 从而确定出贝叶斯网络的拓扑结构. 其次, 通过历史数据搜集以及专家调查得到父节点的概率和各子节点的条件概率, 从而得到该模型的值.

(3)不确定性推理. 对建筑施工项目隐性质量成本控制过程研究时, 主要运用该模型的因果推理与诊断推理, 推理出建筑施工项目隐性质量成本发生的概率, 进而确定出关键影响因素.

1)因果推理. 因果推理是一种正向推理力, 在既定的影响因素状态的情况下, 通过预测出建筑施工项目隐性质量成本发生的条件概率^[11], 从而判断出建筑施工项目隐性质量成本发生的可能性大小.

预测结果得出后, 将其与预设的安全阈值 (根据经验及工程特征取定) 比较. 若大于安全阈值, 进行诊断推理; 若小于安全阈值, 则继续观察. 当新证据出现时, 输入新证据, 重新进行因果推理.

2)诊断推理. 诊断推理是在确定建筑施工项目隐性质量成本发生的条件下, 通过该模型的逆向推理得出各影响因素发生的可能性大小, 以此确定关键影响因素^[11].

(4)实施有效控制. 针对推理得到的影响建筑施工项目隐性质量成本的关键因素, 采取针对性控制措施, 避免建筑施工项目隐性质量成本的发生或进一步扩大.

2 实证分析

由于建筑施工项目之间具有较大差异性, 针对不同项目进行隐性质量成本控制分析时, 需要建立与之相适应的 BN 模型, 并获取相对应的参数值进行分析. 本文针对西安市某一建筑施工项目进行隐性质量成本的控制分析.

2.1 影响因素识别

通过查阅文献及工程背景资料, 根据专家给出的建议, 并结合课题组在该施工现场获取的实践经验, 从人员、技术、材料设备、环境四个方面, 归纳出对建筑施工项目隐性质量成本产生影响的 18 个主要因素, 如表 1 所示.

表 1 隐性质量成本主要影响因素

Tab. 1 Main factors of hidden quality cost

序号	因素类别	主要影响因素	编号
1	人员因素	业主不负责任	R_1
2		监理人员失职	R_2
3		劳务人员缺乏培训	R_3
4		施工管理人员素质低下	R_4
5	技术因素	施工组织设计不科学	J_1
6		赶工期而忽视质量问题	J_2
7		工艺方法落后	J_3
8		质量检验不认真	J_4
9		勘察、设计文件有缺陷	J_5
10		盲目降低成本牺牲质量	J_6
11		质量标准滞后	J_7
12	材料、设备因素	建筑材料质量不达标	S_1
13		设备维护保养不到位	S_2
14		材料降级使用	S_3
15	环境因素	自然条件制约	H_1
16		不可抗力	H_2
17		作业环境影响	H_3
18		市场及政策影响	H_4

2.2 基于贝叶斯网络的控制模型构建

在对建筑施工项目隐性质量成本影响因素进

行识别与分析的过程中, 需要判断各个影响因素之间的因果关系. 由于节点数量较多、因果关系复杂, 限于篇幅原因, 本文仅举例介绍. 比如由于监理工程师的不负责任, 没有对存在缺陷的施工组织设计进行审查, 导致施工过程中采用的工艺方法落后, 进而产生质量问题, 造成隐性质量成本的发生($R_2 \rightarrow J_1 \rightarrow J_3 \rightarrow T$); 由于业主的不负责任, 一味地要求赶工期而忽视质量问题, 造成隐性质量成本的发生($R_1 \rightarrow J_2 \rightarrow T$); 由于施工管理人员素质低下, 为了追求利润, 盲目降低成本而牺牲质量, 导致工程质量达不到合格标准, 从而引起返工、返修、索赔的发生, 增加了隐性质量成本($R_4 \rightarrow J_6 \rightarrow T$)等. 根据各影响因素之间的因果关系, 借助 GeNIe2.0 软件可构建出建筑施工项目隐性质量成本贝叶斯网络拓扑结构, 如图 2 所示.

本文采取调查问卷的方式获取相关数据, 为了保证获取数据的合理性, 对设计部、工程部、

成本部、合同部、高管等领域的 50 位经验丰富的专家进行问卷调查, 然后对统计结果进行对比分析, 反复修正, 最终可确定图 2 中根节点的先验概率, 如表 2 所示. 由于各子节点的条件概率数据量过大, 在此仅列出节点 J_1 的条件概率, 如表 3 所示.

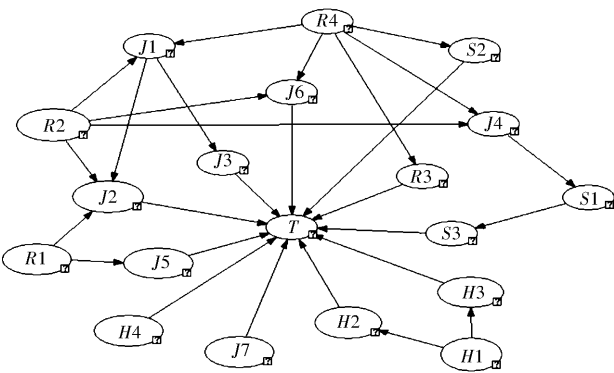


图 2 贝叶斯网络拓扑结构
Fig. 2 Topology of Bayesian network

表 2 根节点的先验概率

Tab. 2 Priori probability of the root nodes

因素	R_1		R_2		R_4		H_1		H_4		J_7	
	Y		N		Y		N		Y		N	
先验概率 / %	8.24	91.76	5.65	94.35	3.50	96.5	1.19	98.81	1.21	98.79	2.24	97.76

表 3 子节点 J_1 的条件概率

Tab. 3 Conditional probability of the node J_1

因素	父节点状态				
	R_2	Y		N	
	R_4	Y	N	Y	N
J_1 条件概率 / %	Y	52.34	32.03	39.24	0
	N	47.66	67.97	60.76	1

2.3 不确定性推理

(1) 因果推理

当该模型构建完成之后, 将所获取的参数值输入到模型中, 概率就会沿着贝叶斯网络中的层层关系向前传播, 最终可得到在给定的参数条件下建筑施工项目隐性质量成本所发生的概率, 从而预测出隐性质量成本发生的可能性大小. 本文的参数输入、因果推理过程在 GeNIe2.0 软件中实现. 经推理, 建筑施工项目隐性质量成本发生的概率为 27%, 如图 3 所示. 经比较, 建筑施工项目隐性质量成本发生的概率大于安全阈值, 应该进

行诊断推理以确定关键影响因素.

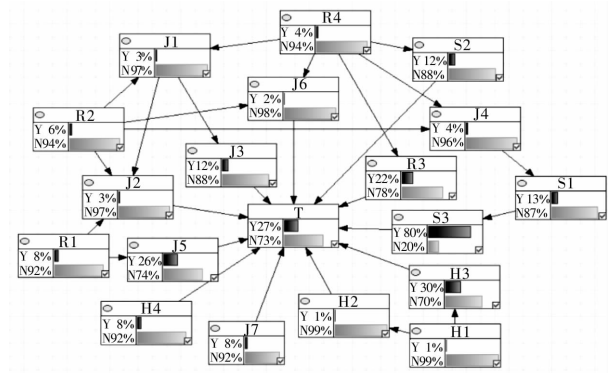


图 3 因果推理结果
Fig. 3 Results of causal Reasoning

当有证据出现时, 则将其输入到贝叶斯网络中, 再次进行因果推理. 由于节点数量过大, 本文只进行根节点的实验, 分别假设各个根节点状态为“Y”时, 推断出建筑施工项目隐性质量成本发生的概率, 如表 4 所示. 其他节点分析过程, 原理相同, 不再一一赘述.

表 4 隐性质量成本发生的概率

Tab. 4 Probability of hidden quality cost

概率类型	证据	概率/%
先验概率/%	无	27
	$P(R_1=Y)=1$	36
	$P(R_2=Y)=1$	30
后验概率/%	$P(R_4=Y)=1$	28
	$P(H_1=Y)=1$	26
	$P(H_4=Y)=1$	31
	$P(J_7=Y)=1$	29

上述结果表明,当各根节点事件发生时,建筑施工项目隐性质量成本发生的概率均出现上升,该结论符合实际情况,也从另一个层面证明了该模型的合理性与科学性.

(2)诊断推理

当观测到建筑施工项目隐性质量成本发生或预测到其发生的概率较大时,可以通过贝叶斯网络模型的逆推原理,推断出当时各个影响因素的概率值,如图 4 所示.

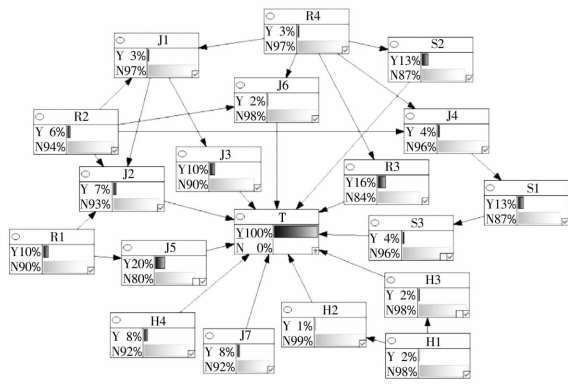


图 4 诊断推理结果

Fig. 4 Results of diagnostic reasoning

2.4 确定控制对策

从各影响因素发生的可能性大小排序(见表 5)中可以看出,当隐性质量成本发生时,事件 J_5 发生的概率最高,即事件 J_5 最有可能造成隐性质量成本的发生.因此,在已知建筑施工项目隐性质量成本发生后,应最先考虑该因素,并对其进行排查,寻找补救措施.若发现该事件处于发生状态则对其进行及时控制.在对其实施有效控制过程中,需要将新证据 $P(T=Y)=1$ 与 $P(J_5=Y)=1$ 重新输入到系统中,推算出其他相关节点的概率.根据计算结果,对影响事件进行逐一排查,寻找最高

概率事件,并根据排查结果,实施针对性控制措施.依此程序,不断进行证据输入及再推理,逐个对影响因素进行排查与控制,直到建筑施工项目隐性质量成本得到全面控制.

从表 5 可以看出,排名前十位的影响因素中,有四个属于技术因素,三个属于人员因素,两个属于材料、设备因素,一个属于环境因素.据此可以得知针对该项目,环境因素对建筑施工项目隐性质量成本的影响不大,对于建筑施工项目隐性质量成本的控制主要从技术、人员、材料设备三方面入手.

(1)技术方面:施工过程中尽量选用新型工艺与新型方法;优选设计单位,保证设计质量;加强质量检验,排除质量隐患.

(2)人员方面:业主应严格履行应尽的义务,选择合格的监理单位;施工方应优选劳务分包单位,加强劳务人员的技术培训.

(3)材料设备方面:建立施工机械维修、保养的有效机制,严格遵守施工机械的操作规程,严禁违规操作;严选、优选材料供应商,严格落实材料质量的检验程序,严禁不合格材料应用到工程当中.

表 5 影响因素发生概率值排序

Tab. 5 Sequence of probability of factors

编号	影响因素	概率/%	排序
J_5	勘察、设计文件有缺陷	20	1
R_3	劳务人员缺乏培训	16	2
S_2	设备维护保养不到位	13	3
S_1	建筑材料质量不达标	13	4
J_3	工艺方法落后	10	5
R_1	业主不负责任	10	6
H_4	市场及政策影响	8	7
J_7	质量标准滞后	8	8
J_2	赶工期而忽视质量问题	7	9
R_2	监理人员失职	6	10
J_4	质量检验不认真	4	11
S_3	材料降级使用	4	12
J_1	施工组织设计不科学	3	13
R_4	施工管理人员素质低下	3	14
H_1	自然条件制约	2	15
J_6	盲目降低成本牺牲质量	2	16
H_3	作业环境影响	2	17
H_2	不可抗力	1	18

3 结语

通过对建筑施工项目隐性质量成本的研究,本文得出以下结论:

(1)运用贝叶斯网络建立建筑施工项目隐性质量成本控制模型;具有较好的客观性与合理性;

(2)通过该模型的因果推理可以预测出建筑施工项目隐性质量成本发生的概率,便于管理者及时掌握建筑施工项目隐性质量成本所处状态;

(3)通过该模型的诊断推理可以找出影响建筑施工项目隐性质量成本的关键影响因素,有利于管理者有针对性地对建筑施工项目隐性质量成本进行控制。

参考文献 References

- [1] 刘晓伟. 浅谈建筑工程施工工序的质量控制[J]. 建材与装饰, 2014(36):61-62.
LIU Xiaowei. Quality control of building construction process [J]. Construction Materials & Decoration, 2014(36):61-62.
- [2] 韩延伟. 隐性质量成本显性化的研究[D]. 上海:同济大学, 2007.
HAN Yanwei. Study of hidden quality cost of externalization[D]. Shanghai: Tongji University, 2007.
- [3] 邵必林, 王颖, 林森. 基于贝叶斯网络的工期隐性成本影响因素研究[J]. 会计之友, 2013(4):34-37.
SHAO Bilin, WANG Yin, LIN Seng. Hidden cost factors of the duration based on Bayesian Network [J]. Friends of Accounting, 2013(4):34-37.
- [4] 胡钰, 徐小龙. 隐性质量成本研究述评[J]. 南通职业大学学报, 2010(2):35-37.
HU Yu, XU Xiaolong. Hidden cost of quality review [J]. Journal of Nantong Vocational College, 2010(2):35-37.
- [5] 邵必林, 吴洁琼, 陈卓. 基于作业成本法的建筑施工项目隐性质量成本估算模型研究[J]. 建筑经济, 2012(10):38-42.
SHAO Binlin, WU Jieqiong, CHEN Zhuo. Recessive quality cost estimation model of construction project based on activity-based costing [J]. Construction Economy, 2012(10):38-42.
- [6] 刘永新, 陈丙军. 精益建造对建筑施工项目质量隐性质量成本的控制[J]. 施工技术, 2013(4):112-115.
LIU Yongxin, CHEN Bingjun. Hidden quality cost control of construction projects based on lean construction [J]. Construction Technology, 2013(4):112-115.
- [7] 周继春, 邓学芬, 黄功勋. 对降低隐性质量成本途径的探讨[J]. 中国商贸, 2012(3):236-237.
ZHOU Jichun, DENG Xuefen, HUANG Gongxun. Discussion on ways of reducing the implicit cost of quality [J]. China Business & Trade, 2012(3):236-237.
- [8] 腾丽华, 魏俊. 基于贝叶斯网络的生态工业园环境影响因子的分析方法研究[J]. 工业技术经济, 2008(12):78-80.
TENG Lihua, WEI Jun. Analysis of environmental impact factors of eco-industrial park based on Bayesian network [J]. Industrial Technology & Economy, 2008(12):78-80.
- [9] 蒋良孝, 李超群. 贝叶斯网络分类器: 算法与应用 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2015.
JIANG Liangxiao, LI Chaoqun. Bayesian network classifier: algorithms and applications [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 2015.
- [10] 周国华, 彭波. 基于贝叶斯网络的建设项目质量管理风险因素分析——以京沪高速铁路建设项目为例[J]. 中国软科学, 2009(9):99-106.
ZHOU Guohua, PENG Bo. Analysis of Risk Factors of Construction Project Quality Management based on Bayesian Networks—A Case Study of the Beijing-Shanghai high-speed railway construction project [J]. China Soft Science, 2009(9):99-106.
- [11] 吴贤国, 丁保军. 基于贝叶斯网络的地铁施工风险管理研究[J]. 中国安全科学学报, 2014(1):85-89.
WU Xianguo, DING Baojun. Risk management of subway construction based on bayesian network [J]. China Safety Science Journal, 2014(1):85-89.

(编辑 吴海西)