

# 多主体信息交互下VE成本控制决策模型研究

姜博文

上海工程技术大学管理学院, 上海

收稿日期: 2023年8月23日; 录用日期: 2023年10月16日; 发布日期: 2023年10月24日

## 摘要

从多主体的组织架构和价值工程的基本原理以及作用出发, 分析了多主体的组织层级和价值工程在项目成本控制中的适用性, 利用价值工程以及多主体组织层级之间的信息交互分别对该工程项目的成本控制分析和组织决策成本分析, 构建组织信息循环控制模型; 然后运用社会网络分析法探究多主体的层级组织信息流动, 再结合系统循环图中对控制杆的信息设置, 利用贝叶斯决策网络在有限不完备的决策信息影响下的推理从而预测并探究项目成本降低的具体程度。在RS大厦项目中进行了实证应用, 研究表明价值工程和多主体交互的合理结合可以对项目的成本进行有效地分析预测, 提高项目的整体经济效益。

## 关键词

成本控制, 价值工程, Multi-Agent System, 贝叶斯网络, 社会网络分析, 系统循环

# Research on VE Cost Control Decision-Making Model under Multi-Agent Information Interaction

Bowen Jiang

School of Management, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai

Received: Aug. 23<sup>rd</sup>, 2023; accepted: Oct. 16<sup>th</sup>, 2023; published: Oct. 24<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

Starting from the basic principles and functions of multi-subject organizational structure and val-

ue engineering, the applicability of multi-subject organizational levels and value engineering in project cost control is analyzed, and the information interaction between value engineering and multi-subject organizational levels is used to address the cost control analysis and organizational decision-making cost analysis of the engineering project to construct the organizational information cycle control model; then the social network analysis method is used to explore the multi-subject hierarchical organizational information flow, and then combine the information setting of the control lever in the system cycle diagram; Bayesian decision networks are used to infer, under the influence of limited and incomplete decision information, thus predicting and investigating the specific extent to which project costs can be reduced. The empirical application in the RS building project shows that the reasonable combination of value engineering and multi-subject interaction can effectively analyze and predict the cost of the project and improve the overall economic benefits of the project.

## Keywords

Cost Control, Value Engineering, Multi-Agent System, Bayesian Network, Social Network Analysis, System Cycling

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

中小型企业在本成本控制方面欠缺客观、科学、公正的决策依据导致在房地产开发项目建设过程中无法进行有效的成本预测与管控。企业不仅要关注规定的时期内完成有质量保证的项目，而且还要考虑成本的控制，因为成本是限制企业经济效益的关键。面对成本控制的相关问题需要采取科学的管理方法和手段进行解决，加强成本控制措施的实际落实，降低资源消耗量，来换取更多的效益。本文将房地产企业的项目成本控制优化分成两个部分，一个是在工程成本控制，需要利用价值工程进行对象的判断与分析，另外一个就是控制决策信息成本的传递路径考虑，在面对企业多层次组织架构中的决策信息传递，利用多主体建构组织系统，结合社会网络分析明确各个主体在组织中的信息传递交流中的层级定位，再经系统循环图的信息分析，用价值工程找到影响成本的信息要素后，关注信息要素流动在组织层级中引起的系统回路的变化，找寻决策信息在组织层级之间传递中对于最终成本控制效率的影响。再通过贝叶斯决策网络工具的使用，对于成本控制与预测的进行定量测度，最终达到成本优化控制的目的。

## 2. 国内外研究现状

### 2.1. 价值工程

价值工程法是在美国 40 年代，由劳伦斯 D 迈尔斯创始发明的。系统研究产品的功能、成本和价值三者具有怎样的关联。Marzouk [1]在建筑的生命周期控制当中应用价值工程使建筑物的价值得到更切合实际的体现。Rachwan 等人[2]提出使用价值工程的理论和方法可以有效地节约成本，提高质量。胡亚棱 [3]通过对价值工程理论的技术路线图的研究，为相关技术方法提供更为实用宽广的思路。钟宇凡[4]研究了建筑企业的工程利润为什么会逐渐下降，分析了在激烈的竞争和当前的市场机制下，将价值理论应用于工程项目的施工阶段将有效降低成本。

## 2.2. MAS 及 MAS 组织系统架构

MAS (Multi Agent System)通过抽象 Agent 的引入, 模拟多主体之间的交互行为, 而 Agent 之间的协同, 对于知识的学习, 信息的获取, 决策的判断, 策略的选择, 共同构成了一个更好的解决问题的系统。Minsky [5]认为 Agent 是可以学习技能并有抽象社会关系的交互个体, 在情境学习下, 可以解决一些问题。Charles M. Macal 及 Michael J. North [6]指出其是具有独立目标和行为并且对其行为有掌握能力的离散实体。周荔楠[7]在分析相关的结论后, 结合 Agent 的五个特征, 自治性、适应性、能动性、反应性和学习性认为在解决复杂系统问题由多 Agent 联合所形成的 MAS 能全面的反映出微观主体之间的联合协作, 通过与环境交互, 在一定的资源禀赋的条件下, 解决复杂问题。MAS 是据智能信息化的发展所构建的一种系统, 它也具有一定的组织架构。MAS 的组织架构中比较关键的是各个主体间的协调, 李晓瑜[8]将整个协调过程分成五个大类, 分别是目标协调、资源配置协调、过程协调、结果协调和能力协调, 并认为分布式的结构应该再加上中心协调更有利于整体组织架构的工作效率。MAS 组织系统不仅需要系统内部各个主体间的协调配合更需要相互的协同, 赵龙文[9]通过对管理服务机构和中介服务机构以及任务分配的引入增加了成员之间合作的中间环节, 为成员之间更为有效的协作提供较为全面、系统和宏观的多主体问题求解的高层观念和相关信息。高波[10]则从资源依赖关系入手建立主体组织的清晰定义; 建立基于角色扮演的主体结构模型并且将主体结构模型应用于分布式决策环境的建模和决策平台研究, 确立了分布式决策环境中多主体交互的研究框架。

## 2.3. 贝叶斯决策网络

贝叶斯网络是以概率理论为数学基础, 用节点表示变量, 用有向边表示变量间的依赖关系的有向无环图, 具有直观具象的表达和清晰的逻辑推理。在贝叶斯网中的概率节点上引入决策节点和效用节点, 就形成了贝叶斯决策网络。Zhu 和 Deshmukh [11]在生命周期的工程的设计和制造环节应用贝叶斯决策网络进行相关的决策。国内学者在深入研究贝叶斯决策网络后, 认为在决策主体的选择上可以和一些分布式人工智能相结合。任倩[12]根据 Agent 与决策主体有相同的特点, 建构出关于多主体的决策框架体系, 其所应用的决策工具就是贝叶斯决策网络。

## 2.4. 社会网络分析

在大型复杂工程项目组织的研究中, 因为这类项目往往在政治、经济、社会的高度敏感性, 内部结构构成复杂, 显隐性不一致, 传统的组织结构工具进行分析时会忽视非正式团体的存在, 而社会网络分析则通过将抽象的、隐形的、非量化的, 通过关系网络的设定转化为可视化的、具有操作性、可量化分析的网络结构, 将微观主体的交互与宏观整体的呈现有机的结合起来, 找寻内在的关联规律, 从而更精准的研究工程项目的组织管理、组织学习、信息传递以及知识共享[13]。杨琳分析项目组织的网络结构, 通过社会网络分析构建网络模型, 借助 UCINET 量化分析, 找到有效的工程项目组织关系路径优化[14]。而潘华则是在研究程序步骤、模型构建以及指标选取都给出了一定的标准, 然后通过社会网络分析找到在复杂项目实施过程中各种人员或者组织之间连接而成的不同关系结构[15]。冯冬梅是在复杂工程项目内部的知识共享引起的互惠性团体构建, 通过知识共享关系网络构建以及一些量化指标探讨出团体构建的核心部门之间的关联状态[16]。

## 3. 成本控制系统模式

### 3.1. 成本控制是系统工程

成本控制是一项系统工程, 它是贯穿于整个项目的建设过程中的, 具有生命周期以及系统化的有机

过程。生命周期是指在实现成本控制的目标时，它是对应不同的阶段，并且在不同的阶段中还需采用不同的方法，系统化则是指成本控制的过程所涉及到的各个层级，要素之间都存在着重要的关联，需要采取系统论的思想以及系统分析的方法去解决各个阶段面临的不同问题，并抓住关键环节，才可以有效的实现成本控制的目标。

### 3.2. 价值工程与系统分析

价值工程是一种将技术与经济有机、系统的相结合的管理技术，在价值工程的应用中，必须按照系统的观念思维方式，将生产要素，生产力的控制等结合在一起构成一个整体的，有机的系统，去分析与解决问题，才能取得较为理想的效果。

系统分析是以客观事物所具有的系统特征为基础，从事物的整体角度出发，注重分析整体与部分、部分与部分、整体的架构层次、内部稳态与外部各层次的联系，以及整体内部稳态系统与外部开放环境等方面的相互作用。这样，就可以利用现代科学方法和决策分析方法来获得总体优化目标。

### 3.3. 成本控制模式的建立与仿真

进行成本控制系统的构建时，为了更好的实现成本控制的目标，必须对构建的整个系统进行更细致的划分。我们可以依据成本控制过程中所涉及到的相关部门以及各部门之间的信息或是组织关联来考虑系统层级的划分。运用价值工程分析工具以及 MAS 组织系统架构，找到层级与层级之间的连接点，探究层级主体之间的协作关联性，明晰相关的信息要素流动与反馈，建立 BDN 网络将优化与反馈量化处理。

## 4. 成本控制 MAS-VE 耦合模型建立

### 4.1. 基于 VE 的项目信息流分析

价值工程是对对象的功能与成本比值的分析，从而使对象价值可以有较大范围的提升。通过对价值工程原理的理解，我们可以得到价值、功能和成本之间应该具有如下的关系：

$$V = \frac{F}{C} \quad (1)$$

$F$  为功能， $V$  为价值， $C$  为成本，价值工程在对象的选择上面各个需求方的信息流动，关于功能指数的打分，基于业主需求角度分析从使用(功能配置)和空间(视觉感受和体验)来提高社区的整体层次感受。功能配置来说就是从建筑的智能化到住宅与消费的一体化，全方位的免费无线网络接入到智能化家居服务作为一个整体。环境(视觉感受和体验)是影响楼盘品质的重要因素，因此要注重在园林景观方面的资金投入，打造品质化生态宜居花园式场景。在施工方角度，作为国资企业角度，建筑智能化，以及与市政工程融为一体的生态宜居相关的分部分项工程施工当中也需要密切的关注在园林绿化。再从消费者视角，住宅本身也渐渐成为消费者地位的身份体现，其本身配套的基础设施，例如教育，文化娱乐，体育休闲，商业服务等也成为消费者关注的重点，在三方的需求信息流动交互下，构成项目整体的功能需求。

### 4.2. 基于多主体交互的组织决策成本分析

#### 4.2.1. 组织系统层级分组

当我们将整个企业进行 MAS 组织系统的构建时，具体划分为战略层、管理层、执行层和作业层。参考姜慧[17]对于 Agent 的分类，分成信息 Agent、管理 Agent、协作 Agent 和决策 Agent，见图 1。每个层级中都需要上述几类 Agent 进行组织交流，从而更好的完成整体系统的目标。



Figure 1. Organizational system hierarchy diagram  
图 1. 组织系统层级图

#### 4.2.2. 组织信息循环控制四层模型

信息 Agent 是接受与发送各个层级之间的信息反馈，并与该层级的其他 Agent 进行协商与交流，协作 Agent，是协助参与决策管理中处理与其相关的监督，控制等相关工作[18]。而管理 Agent 则是每个 Agent 层级的核心领袖，需要站在全局的角度把握问题并协调该层级与其他层级的交往与合作，决策 Agent 则是根据上一层级的工作安排，做出本层级的方案部署，并与下层级的信息 Agent 进行一定的反馈协商，做好整体的统筹。而一个组织在对抗或是面对动态复杂的环境时，其内部的指挥控制及信息的传递对于组织的整体适应性和快速反馈起着非常重要的作用。在军事指挥作战中，C2 组织是指一种具有高度机动

性和灵活性的指挥和控制组织形式，主要用于提高作战效率和灵活性，后逐渐被引入到其他领域中。在 C2 组织中，指挥官通过先进的信息技术设备管理、监控和调度各种资源，包括人员、物资、信息等，以快速响应不同情况下的需求[19]。C2 组织通常采取分散化的指挥结构，将决策权下放给基层单位，同时保持高度的联动性和信息共享，以便及时做出正确的决策并协调各方面资源的利用。信息传递在组织进行相关活动时，扮演着重要的作用，参考 C2 组织，做出如下组织结构模型，第一个表示组织的指挥构型即指挥控制流，第二个表示组织的信息沟通流，两者共同形成整个组织循环控制模型。

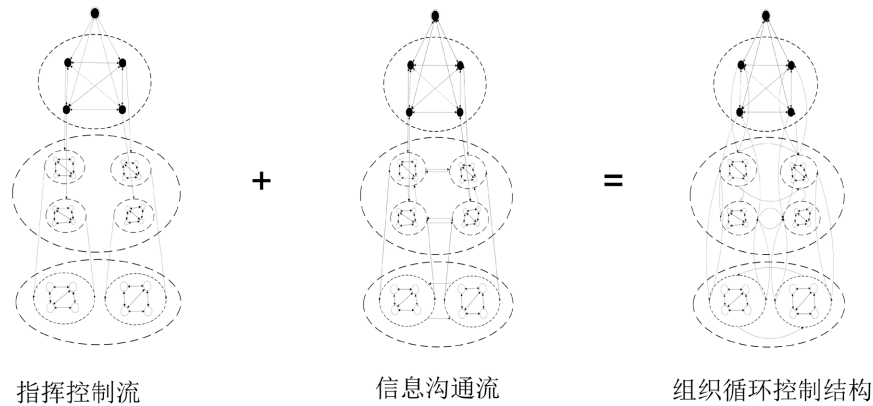


Figure 2. Four-layer model of organizational cycle control  
图 2. 组织循环控制四层模型

### 4.2.3. 组织系统内多主体交互

战略层对应的是公司的组织架构层面的部门，负责协调整体宏观上的项目管理，管理层对应的是工程技术部门的负责人，执行层则对应的是落实施工组织设计的相关部门，而操作层对应的就是施工团队以及机械设备的操作团队等。各个层级团队内部仍然是有负责不同职能的 Agent 的协商与组织交流[20]。在组织循环控制模型中各个层级之间以及层级内部的 Agent 之间的交流有不同的方式，参照图 2 模型，当只有指挥控制流时，记为 1，指挥流和信息流都有记为 2，横向协作流记为 3，工作集内部之间交流记为 4，组织信息流记为 5，在这种情况下构建组织描述矩阵，见图 3，并代入 UCINET 6.0 软件对定性模型定量分析。

Agent1	Agent2	Agent3	Agent4	Agent5	Agent6	Agent7	Agent8	Agent9	Agent10	Agent11	Agent12	Agent13	Agent14	Agent15	Agent16	Agent17	Agent18	Agent19	Agent20	Agent21	Agent22	Agent23	Agent24	Agent25	Agent26	Agent27	Agent28	Agent29
Agent1	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agent2	2	2	2	2	1	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agent3	2	2	2	2	0	0	0	0	0	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agent4	2	2	1	2	2	2	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agent5	0	5	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5
Agent6	0	5	0	0	0	4	4	4	4	1	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5
Agent7	0	5	0	0	0	4	0	4	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5
Agent8	0	5	0	0	0	4	0	4	3	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5
Agent9	0	5	0	0	1	4	4	3	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5
Agent10	0	0	5	0	0	3	3	0	3	4	4	4	1	1	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Agent11	0	0	5	0	0	3	3	0	0	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Agent12	0	0	5	0	0	3	3	0	0	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Agent13	0	0	5	0	0	3	3	0	0	1	4	4	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Agent14	0	0	0	5	0	3	0	3	0	0	0	0	4	4	1	3	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Agent15	0	0	0	5	0	3	0	3	0	0	0	0	4	0	4	3	3	3	3	0	0	0	0	5	5	5	5	5
Agent16	0	0	0	5	0	3	0	3	0	0	0	0	4	0	4	3	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5
Agent17	0	0	0	5	0	3	0	3	0	0	0	0	1	4	4	3	3	3	4	0	0	0	0	5	5	5	5	5
Agent18	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	3	3	3	4	4	1	0	0	0	0	0	0	0	5
Agent19	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5	5	5	5	0	3	0	0	4	4	0	4	0	0	0	0	0	0	5
Agent20	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5	0	3	0	0	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	5
Agent21	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5	0	3	0	0	1	4	4	0	0	0	0	0	0	0	5
Agent22	0	0	0	0	0	5	5	5	5	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	4	0	3
Agent23	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	4	1	4	4	0	3	0	0
Agent24	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	4	4	4	0	3	3	0	0
Agent25	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	0	0	0	4	4	4	3	3	0	0
Agent26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	3	3	3	4	0
Agent27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	3	3	3	3	4	0	1	4
Agent28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	3	4	1	1	4
Agent29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	3	4	1	1	4

Figure 3. Organizational structure matrix description  
图 3. 组织结构矩阵描述

采取迭代相关收敛法 CONCOR，判断各层级、层级内部独立 Agent 主体间的信息流，指挥控制流等，来找出相关的关联关系，从而在 MAS 组织系统中更精准的评判层级指挥控制信息网络的具体层级设置。

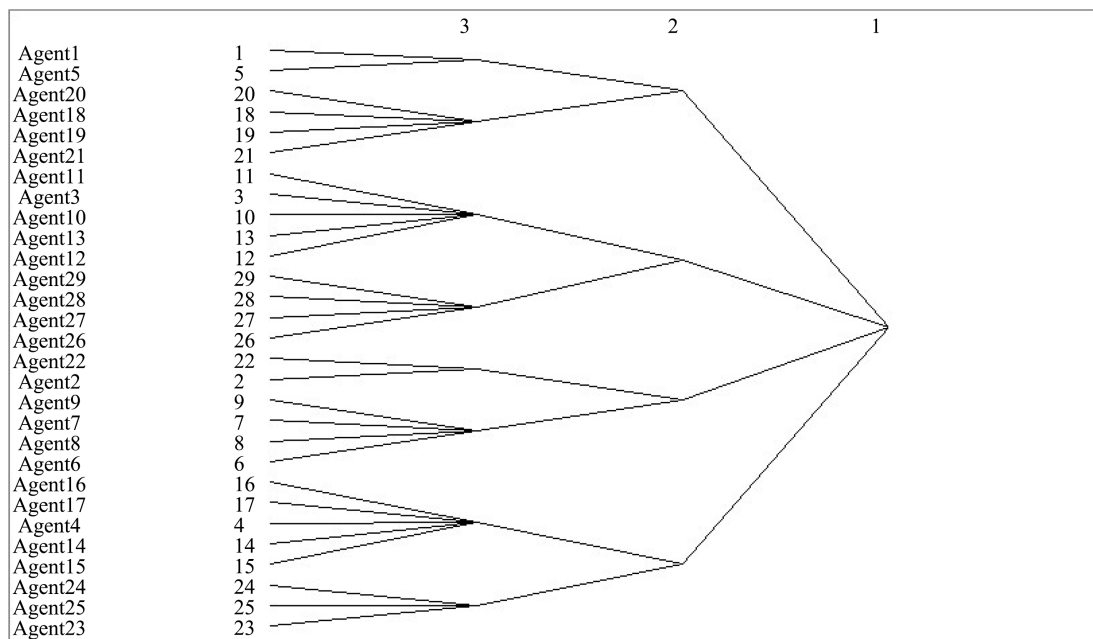


Figure 4. Hierarchical clustering

图 4. 层级聚类

在 MAS 成本组织系统构建时，参照 C2 组织的指挥控制信息结构，利用 4 种交互方式，指挥流、信息流、横向协作流和工作集内部之间沟通，对于组织进行矩阵描述，带入 UCINET 6.0 软件进行层级聚类，见图 4 所示，关联矩阵分析，更准确描述层级网络的设置，从而为利用不完备信息的层级传递来推断最终成本控制的落实程度奠定基础。

### 4.3. 基于系统循环图的 MAS-VE 耦合

#### 4.3.1. 系统循环图相关的理念与工具

真实系统都是由大量相互关联的要素组成的，并且在时间这一条件下展现出复杂的组织行为。我们可以使用系统循环图去寻找这些要素之间的信息关联。在系统循环图中，展示了我们所构建的系统中各个元素连接之间具有什么样的因果关系，而每一种因果关系都可以解释为 S 型和 O 型[21]，并直接反映到系统循环图上。S 型是指相互连接的要素朝同一方向运动，即不断增强；O 型是指它们朝相反方向运动，即减弱，控制杆：为了达到你关注的目标结果自己设定的并且将会影响整个系统循环图的信息，具体到实践中会有客观和主观的差异，也就形成了反馈调节评价的标准[22]。

#### 4.3.2. 系统循环图的具体运用

企业会有各个分部分项工程的成本预算，通过价值工程的项目功能与成本分析得到优化对象，接着在组织层面进行对应的信息要素分析循环。在具体的过程中一定会有成本的偏差，那么这种偏差就会与实际的成本整体形成一个反馈，反馈于战略层，为了降低这种偏差，战略层会下达相关的任务目标作用于管理层，管理层会根据这个目标，进行控制杆设置，在管理层将其信息传递给执行层时，执行层进行具体而详细的任务分配，进而到达操作层，那么操作层的执行就会产生实际的成果，由此展现系统循环图在整个成本控制系统的应用。

在各种的因果反馈循环中又分为 S 型与 O 型，这样就便于我们进行 MAS 系统架构，探究多主体行为间的信息交互，价值工程则是将这种要素系统循环结果化，效用化，让我们将优化目标更精准的定位。

### 4.3.3. 利用 BDN 定量的决策仿真

BDN 的建模过程主要有三个步骤,分别是节点选取与确定、网络结构确定以及确定各节点的条件概率分布的确定。在 BDN 网络中有三种类型的节点,原因节点、中间节点和目标节点[23],其中原因节点是已知的前提条件,目标节点是需要通过对于不完备信息的整体网络的因果关联的联结推断求解的目标,而中间节点是一种中介作用,是由原因节点递推到目标节点的中间途径。建立贝叶斯网结构的方法主要分为两类:一是通过智能算法学习,经过大规模数据样本的反复多次的训练情况下建立网络结构,二是根据专家已有知识经验,经专家会议讨论,在节点因果关系,概率的确立的情况下建立网络结构[24]。

## 5. 案例分析

### 5.1. 项目概况

本项目为公园首府的标志性建筑工程 RS 大厦,结构设计为框架结构,地下 1 层,地上 13 层,建筑高度为 57.900 米,总建筑面积为 19509.54 平方米,建筑基底面积 3741.4 米。本工程设计使用年限为 50 年,建筑结构类型为 3 类,抗震设防烈度为 7 度。一至三层为商业,四至十三层为公寓。

#### 研究对象功能指数、成本指数及价值系数的确定

对工程进行过详尽的功能分析后,组织了高级管理人员,行业经验丰富的工程技术人员和相关操作人员等综合了整体、各个方面的功能分析意见,对各个分部分项工程对于整个工程的重要性的影响程度的重要性进行了打分,采用 0~1 评分的方法对各工程的功能和各部件的重要性进行分析判断,以各个部分的功能的总的得分占总分的比例来确定。各分部分项工程成本除以施工项目总成本,即为各分部分项工程的成本系数,再依据价值工程的公式,得出价值系数。见表 1 所示。

Table 1. Value coefficient table

表 1. 价值系数表

序号	项目	功能得分	功能系数	目前成本 (万元)	成本系数	价值系数	是否为优化 分析对象
1	结构及安装	10	0.18	1034.31	0.46	0.38	是
2	园林景观	9	0.16	224.85	0.10	1.60	是
3	弱电	8	0.15	134.91	0.06	2.5	是
4	市政工程	7	0.13	64.31	0.03	4.33	是
5	给排水	6	0.11	84.99	0.04	2.75	是
6	电梯	5	0.09	49.69	0.02	4.50	是
7	外立面装饰	4	0.07	359.76	0.16	0.44	是
8	内部装饰	3	0.05	112.43	0.05	1.00	否
9	消防	2	0.04	157.40	0.07	0.57	是
10	空调通风系统	1	0.02	24.51	0.01	2	是
11	合计	55	1.00	2247.16	1.00		

### 5.2. 多主体组织系统层级的定性成本控制

构建 MAS 成本控制组织系统,由图 2 的多主体系统循环控制结构和结构图知晓该成本控制系统层级的划分并且寻找各层级之间具有的关联。从各层级的使命角色定位、层级内部的独立 Agent 的任务角色定位出发,以已有的信息协作交流方式为链接,构建相关的成本控制层级信息网络,由图 4 的层级分类聚合,形成战略层、管理层、执行层和操作层。



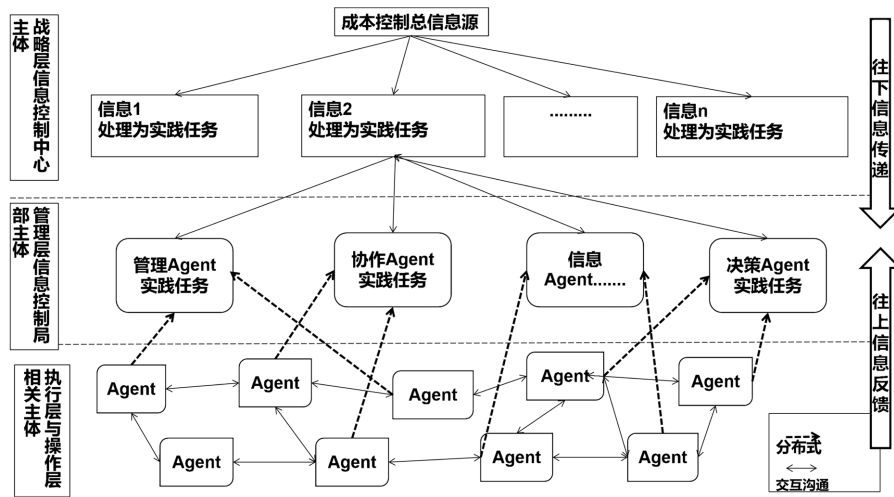


Figure 5. Hierarchical information control network  
图 5. 层级信息控制网络

面对成本控制存在的问题，整体形成成本控制流程图，见图 5 及图 6。

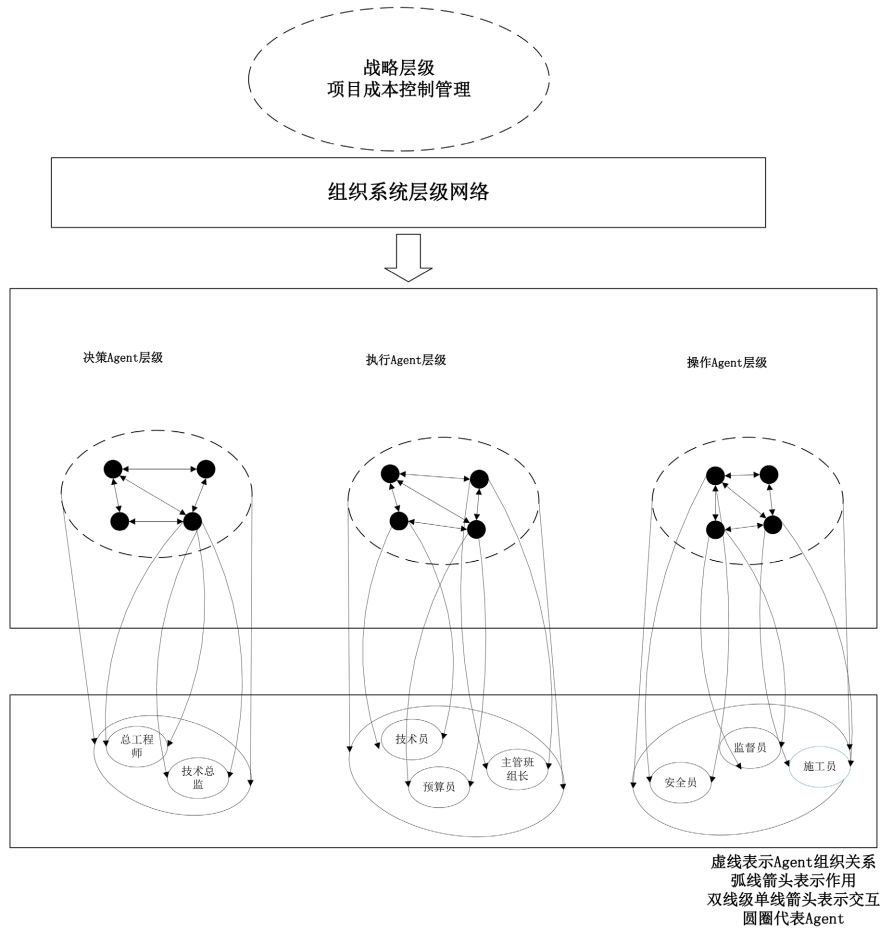


Figure 6. Enterprise overall cost control process information graph  
图 6. 企业整体成本控制流程信息图

战略层察觉其与预算的差距导致其与管理层存在 S 连接，经高层经理人牵头，下达相关的信息指令给管理层，由项目总负责人和相关的技术分析人员展开深层次的探讨，过程中与执行层形成 S 连接，寻找相关的措施能够将整个项目的成本控制最优化，再将信息传递给操作层，又与操作层形成 S 连接，经过相关的讨论，找准方向，开始实施相对应的一些解决问题的措施，在这个过程中作业层与实际的结果形成 O 连接，而这个信息传递结果经过系统循环的途径与管理层形成 O 连接，这样整个的 MAS 成本控制组织系统形成闭环循环反馈，而又与外界的成本控制的环境发生信息关联，系统与外界交流完成，我们将从战略层、管理层、执行层和操作层这四个层级上提出面对成本控制的操作“控制杆”。

- 1) 战略层作为整个公司的最高战略决策层，必须始终坚持其发展的新理念、新格局和新趋势。
- 2) 管理层作为公司发展的中坚力量，要运用相关的科学理论进行成本控制方面的技术经济分析，此外还需要传达给作业一线的相关操作人员，做好及时的沟通。
- 3) 执行层，做好施工组织设计，将 RS 大厦工程依次分解成为各个分部分项工程，明确每一个阶段的机械、人工、材料等其他费用，防止出现浪费资源的现象。根据施工进度和实际情况编制施工组织方案。
- 4) 作业层，严格监察各个工序的人工日消耗量，有目的的采取管控措施，防止出现窝工的现象，加强周转材料的管理。

### 5.3. BDN 决策网络定量成本控制预测

参考濮永仙[25]的贝叶斯概率权重设计，针对结构工程中模板工程、混凝土工程和钢筋工程之间的施工环节以及前后之间的信息关联，进行对应的节点化设置，探讨其在控制杆的信息设置中与最终成本控制完成程度的联系。钢筋工程选取三个要素信息变量，钢筋的种类、连接方式和施工方法，混凝土工程选取四个要素信息变量，种类、浇筑方式、浇筑顺序以及施工技术交底，模板工程选取三个要素信息变量，模板支架体系、模板拼组和种类。每一个要素信息变量在层级之间的传递效率分为高(H)和低(L)，在利用 Netica 软件进行仿真操作，其中节点概率的选取参考专家建议以及对应的概率标杆。仿真结果见图 7 如下。

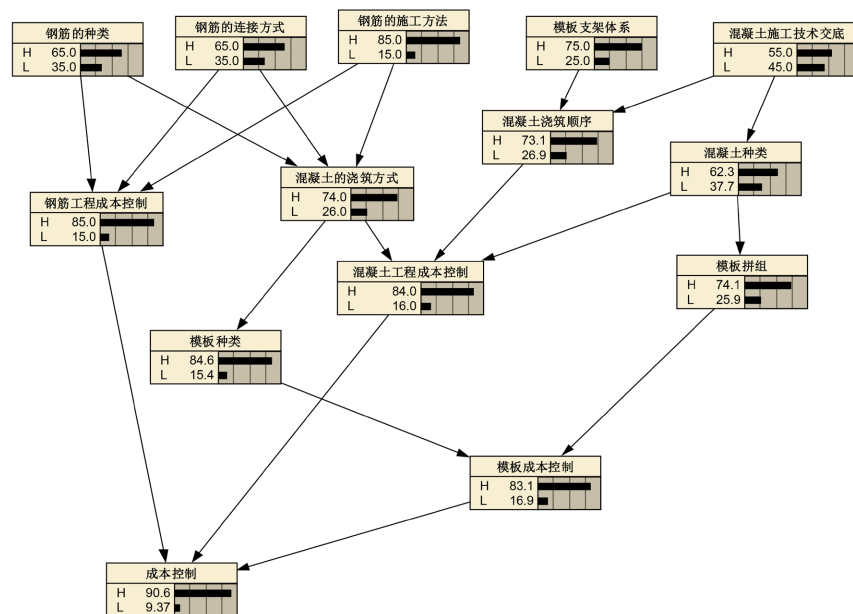


Figure 7. Bayesian decision network simulation results

图 7. 贝叶斯决策网络仿真运行结果图

对于钢筋、混凝土、模板工程的综合信息要素的全部高效率传递的考量,那么最终成本控制完成程度为 90.6%。在这其中可以针对不同的概率选择,也就是考虑该要素信息传递的概率对于成本的控制预测还是有不同的影响的,即该预测也是动态的,可以比较的。

## 6. 结语

在 VE 分析范式仅考虑项目成本而忽视企业中在进行相关决策的沟通交流中,也存在组织决策信息成本的情况,本文通过引入多主体交互的组织架构,结合社会网络分方法,找到层级之间的决策信息流,再由系统循环图将 VE 中的信息流融入多主体组织结构,将影响项目成本的要素信息嵌入组织决策的系统循环流动当中去,反映组织内部各个主体层级的交流与反馈,并通过 BDN 决策网络中不完备信息的推断将选择的方式呈现出来,达到最终的决策定量化的测度效果,有利于企业在实践进行之前根据仿真的结果知晓具体的成本控制决策落实程度,从而优化相关成本控制措施。

不足之处在于,一是缺乏对于各个独立主体之间的决策效用函数以及行为交互的信息函数构建,不能定量的解决个体交互对于整个组织成本有什么具体的影响,二是概率的统计与确定,没有根据施工企业的项目经历,建立相关的数据库,对于条件概率的确立上,存在主观性,不能利用贝叶斯网络的算法进行更精准的学习以及网络结构的确定,三是系统循环图,对于因果关联的因果回路图不能展现出来,没有利用解释结构进行模型构建。但是整体来说通过多主体的组织系统架构,将 VE 分析的要素信息流作用于组织的循环反馈当中,提高了组织决策的高效率以及对于信息流动导致的动态变化规律有了一定的掌握。

## 参考文献

- [1] Marzouk, M.M. (2012) ELECTRE III Model for Value Engineering Application. *Automation in Construction*, **20**, 596-600. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.11.026>
- [2] Rachwan, R., Abotaleb, I. and Elgazouli, M. (2016) The Influence of Value Engineering and Sustainability Considerations on the Project Value. *Procedia Environmental Sciences*, **34**, 431-438. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.04.038>
- [3] 胡亚棱. 价值工程在施工项目成本控制中的应用探讨[J]. 河南建材, 2014(6): 43-44, 47.
- [4] 钟宇凡. 基于价值工程的施工过程中的成本控制[J]. 建筑知识, 2016(5): 51-53.
- [5] Minsky, M. (1986) Society of Mind: A Response to Four Reviews. *Artificial Intelligence*, **48**, 371-396. [https://doi.org/10.1016/0004-3702\(91\)90036-J](https://doi.org/10.1016/0004-3702(91)90036-J)
- [6] Macal, C.M. and North, M.J. (2007) Agent-Based Modeling and Simulation: Desktop ABMS. 2007 *Winter Simulation Conference*, Washington DC, 9-12 December 2007, 95-106. <https://doi.org/10.1109/WSC.2007.4419592>
- [7] 周荔楠. 基于 MAS 的工程项目管理模式选择仿真研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安理工大学, 2018.
- [8] 李晓瑜. MAS 的组织结构与协调[J]. 现代电子技术, 2009, 32(18): 92-94.
- [9] 赵龙文, 侯义斌. 多 Agent 系统的组织结构与协同[J]. 计算机工程与应用, 2000, 36(10): 59-61.
- [10] 高波, 费奇, 陈学广. 面向分布式决策环境的主体结构模型[J]. 科技进步与对策, 2008, 25(10): 135-139.
- [11] Zhu, J.Y. and Deshmukh, A. (2013) Application of Bayesian Decision Networks to Life Cycle Engineering in Green Design and Manufacturing. *Engineering Application of Artificial Intelligence*, **16**, 91-103. [https://doi.org/10.1016/S0952-1976\(03\)00057-5](https://doi.org/10.1016/S0952-1976(03)00057-5)
- [12] 任倩. 基于 DSM 和 BDN 的铁路突发事件应急决策方法研究[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 兰州交通大学, 2020.
- [13] 乐云, 崇丹, 曹冬平. 基于社会网络分析方法的建设项目组织研究[J]. 建筑经济, 2010(8): 34-38.
- [14] 杨琳. 基于社会网络分析法的复杂工程项目组织网络模型构建[J]. 武汉大学学报(工学版), 2012, 45(3): 345-349.
- [15] 潘华, 李永奎. 基于社会网络分析视角的大型复杂工程项目组织研究[J]. 科技管理研究, 2013(20): 214-217.
- [16] 冯东梅, 武长静, 张瑞雪. 基于 SNA 的大型复杂工程项目组织互惠型知识共享关系研究[J]. 科技管理研究, 2019, 39(20): 169-175.

- 
- [17] 姜慧, 于本海. 基于多智能体技术的智能决策支持系统研究[J]. 科技管理研究, 2010, 30(15): 220-223.
- [18] 王剑, 罗东. 基于 BDN 的突发事件多主体应急决策模型研究[J]. 中国管理科学, 2015(23): 316-321.
- [19] 杨春辉, 陈洪辉, 罗雪山. 基于信息流的 C2 组织结构仿真评价研究[J]. 系统工程与电子技术, 2007, 29(4): 574-578.
- [20] 陈培珠, 陈国华, 周利兴, 等. 化工园区多 Agent 协同应急智能决策体系[J]. 化工进展, 2021, 40(8): 4656-4665.
- [21] 邱昭良. 如何系统思考[M]. 北京: 机械工业出版社, 2018: 319.
- [22] 丹尼斯·舍伍德. 系统思考[M]. 北京: 机械工业出版社, 2016: 210.
- [23] 秦亮亮. 基于贝叶斯网络的城市电网工程成本动态控制方法研究[D]: [硕士学位论文]. 淮南: 安徽理工大学, 2020.
- [24] 刘昆珏. 基于贝叶斯网络的施工项目成本动态预测方法研究[D]: [硕士学位论文]. 昆明: 昆明理工大学, 2015.
- [25] 濮永仙. 贝叶斯决策网在智能决策系统中的应用研究[J]. 计算机与数字工程, 2011, 39(8): 53-56, 90.