

文章编号:1005-2542(2016)02-0272-10

## 基于改进 CBR 的重大基础设施工程 高层管理团队构建方法及验证

白 居<sup>1a,1b,3</sup>, 李永奎<sup>1a,1b</sup>, 卢昱杰<sup>2</sup>, 乐 云<sup>1a,1b</sup>

(同济大学 1a. 经济与管理学院; 1b. 复杂工程管理研究院, 上海 200092; 2. 新加坡国立大学 设计与环境学院, 新加坡 119077; 3. 伯明翰大学 土木工程学院, 伯明翰 B15 2TT)

**【摘要】**针对中国重大基础设施工程高层管理团队组建问题,应用案例推理方法(CBR),提出了一套基于改进 CBR 的重大基础设施工程高层管理团队组建新方法,并将其构建为一个包含 42 个案例,可供实际应用的系统。在现有 CBR 指标相似度计分方法的基础上,新增一个多序列比对算法以实现多值指标间的相似度计算。以 2010 年上海世博会工程为例,对 CBR 系统的有效性进行验证分析。结果表明,案例推理技术可以有效辅助新工程的高层管理团队组建决策,有利于中国重大基础设施工程建设管理经验在新项目中的综合再利用。

**关键词:**重大基础设施工程; 案例推理; 高层管理团队

**中图分类号:**C 936 **文献标志码:**A

## An Approach to Forming Top Management Team of Mega Infrastructure Projects based on Improved Case-Based Reasoning

BAI Ju<sup>1a,1b,3</sup>, LI Yongkui<sup>1a,1b</sup>, LU Yujie<sup>2</sup>, LE Yun<sup>1a,1b</sup>

(1a. School of Economics and Management; 1b. Research Institute of Complex Engineering & Management, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. School of Design & Environment, National University of Singapore, Singapore 119077; 3. School of Civil Engineering, University of Birmingham, Birmingham B15 2TT)

**【Abstract】**This paper is concerned with China's mega infrastructure engineering management and aims to propose a new approach to forming the top management team by using improved case-based reasoning (CBR) technology, and building an applicable system with 42 cases. Based on the existing similarity scoring method for CBR index, a new multiple alignment algorithm is proposed for similarity calculation of multi-valued index. Taking the 2010 Shanghai World Expo project as an example, the effectiveness of the CBR system is analyzed and verified. The results show that CBR technology can be used to effectively support the organization decisions for forming a new top management team, which is conducive to comprehensive re-use of China's mega infrastructure project management experience in new projects.

**Key words:** mega infrastructure project; case-based reasoning; top management team

收稿日期:2014-09-02 修订日期:2014-11-21

基金项目:国家自然科学基金重大项目(71390523);国家自然科学基金面上项目(71471136);中央高校基本科研业务费专项基金资助项目(1200219199)

作者简介:白 居(1988-),男,博士生。研究方向为复杂工程管理。E-mail: 9ba19@tongji.edu.cn

重大基础设施工程(以下简称重大工程)作为一种社会性的大规模活动,集聚了一个国家或地区的巨量资源,其建设与运营将深刻影响项目辐射区域的社会进程,往往被赋予助推经济发展,提升国家核心竞争力,实现社会跨越式发展的重托<sup>[1]</sup>。与一般工程(常规投资规模项目)相比,重大工程面临复杂

的管理情境。寻找驾驭复杂巨系统的管理方法一直是工程管理和系统工程领域研究的热点,而这些方法最终将落实到人以及由人构成的组织来实施。正如 Flyvbjerg 所言,在委任重大工程的管理人选时,我们不能将一架波音飞机交给一位汽车司机来驾驶<sup>[2]</sup>。

我国重大工程的组织既显著不同于国内的一般工程,也有别于国外的重大工程。其处于“政府-市场”共同作用的制度环境之下,通常采用行政任命的方式,针对具体项目组建一个由专职人员和借调人员构成的组织,如指挥部、项目公司、项目经理部或管理委员会,来实施项目的管理工作。该组织领导层通常由 3~10 人构成,采用集体领导的机制,其领导人通常被冠以指挥长、总负责人、总经理以及常务副总指挥、副主任等称谓,被赋予管理权力的同时肩负重要责任。他们的个人行为和组织行为将显著影响工程的效能。

对于这一群体的研究,现代组织理论<sup>[3]</sup>将其称为高层管理团队(Top Management Team, TMT),特指组织中主要承担战略决策职责的高层管理者所组成的团队,是决定组织发展和影响组织绩效的核心群体。是组织发展到一定阶段,为了适应复杂多变的环境而出现的一种新型核心决策群体(Core Decision Group, CDG)组织形态。因此,本文采用这一称谓并借鉴其理论来表述和研究承担重大工程具体实施任务的领导集体。

近几十年来,我国在重大工程建设领域取得了巨大成就,但在总结管理经验,提炼系统规则,制定科学制度上却存在显著不足。面对一个新的重大工程项目,如何科学地组建其高层管理团队依然缺乏系统方法。大量的实际情况是,大部分专家对提取重大工程管理人选的规则集感到十分困难,但是却乐于讲述他们解决问题时的真实故事,即他们所记住的案例。因此,大多数重大工程在筹备期都会广泛考察其他类似项目,甚至直接调用在以往重大工程中表现优异的管理人才。但基于既往经验与考察借鉴的方法带有极强的主观性与不稳定性,缺乏严谨的科学理论支持。

基于案例的推理(Case-based Reasoning, CBR)为解决以上问题提供了方法论。CBR 遵循人脑追溯记忆的经验推理思路,是从人工智能领域中发展起来的域内类比推理方法<sup>[4]</sup>。通过对案例的结构化知识表达构建案例库,设定相似度计算方法以及备选方案修正策略来输出新问题的解决方案,并可增量学习,非常适用于没有强理论模型和领域知

识不完全而依靠丰富经验的决策环境<sup>[5]</sup>。

因此,本文将案例推理引入重大工程组织研究领域,通过对 CBR 方法进行适用性改进,以辅助重大基础设施工程的高层管理团队组建,为构建合理有效的组织结构与人员搭配提供参考策略。研究的核心内容包含重大工程案例库入库标准与结构化指标的选取,指标权重的计算方法与案例相似度计算方法,参考案例的 TMT 方案输出, TMT 方案的新情境修正与保留再入库以及 CBR 系统的有效性验证等五方面。

## 1 文献综述

### 1.1 TMT 相关研究进展

Hambrick 等<sup>[6]</sup>提出的“高阶理论”被视为 TMT 领域的开篇之作,其研究认为高层管理团队可从团队构成、团队进程和团队结构 3 个角度来描述和测量其对组织绩效的影响。其中:团队构成主要指成员的传记性特征(如年龄、教育、资历等)以及职权结构;团队进程则指成员之间的协调、沟通、冲突处理、领导和激励等行为<sup>[7]</sup>。

Keck<sup>[8]</sup>在以上三角度的基础上,进一步强调组织情境因素对 TMT 的影响,后续学者分别从不确定性<sup>[9]</sup>、环境动荡<sup>[10]</sup>、快速变革<sup>[11]</sup>等方面扩充了该方面的内容。反映到重大工程上则是工程所处制度、经济、文化等情境对高层管理团队实现工程绩效的干扰效应。因此,对工程的情境区分将作为本文案例相似度指标选取的一个重要维度。Carpenter 等<sup>[12]</sup>关于 TMT 与外部情境的关系研究中认为,异质性的 TMT 适于动荡环境的组织再定位,而同质性 TMT 在稳定环境下更利于组织发展。该结论对重大工程在不同情境下的团队人员搭配具有一定指导意义。

在组织情境的基础上,Handelberg 等<sup>[13]</sup>又提出团队成员与任务的适配程度也会对组织绩效产生影响。因此,重大工程的任务类型与交付物构成多样性等指标也将纳入到案例结构化指标体系中,以反映其对重大工程间差异区分的贡献。

### 1.2 CBR 相关研究进展

基于案例推理的方法起源于 Schank 等<sup>[14]</sup>。并由 Aamodt 等<sup>[15]</sup>定义了标准推理过程,包含案例检索、案例重用、案例修正和案例学习四部分,称为 4R(Retrieve, Reuse, Revise, Retain)循环。其中,大量学者致力于案例检索的智能算法研究,其主要方法有最近邻策略、归纳推理策略和知识引导策略,以及这 3 种方法的结合<sup>[16]</sup>。基于最近邻策略的相似

度量应用广泛,包括经典的闵可夫斯基距离算法及其特殊化欧几里得和哈明距离<sup>[17]</sup>。由于相似度指标体系中包含连续型数值变量、离散型数值变量以及非连续文本变量等多种数据格式,Hong等<sup>[18]</sup>提出了一种属性相似度计分方法以满足多种数据类型的相似度计算。在此基础上,本文提出一种序列比对计分算法,以实现具有多值序列特征的指标相似度计算。

关于案例检索中特征权值的计算方法主要有AHP方法及其改进<sup>[19]</sup>、G1算法<sup>[20]</sup>、ID3算法<sup>[16]</sup>以及遗传算法<sup>[18]</sup>等。由于重大工程的复杂性,用于描述其差异性的结构化指标数量达到20个以上。而AHP算法虽然成熟,且使用广泛,但在多指标(大于9个)时存在计算量大,判断矩阵无法满足一致性要求的问题<sup>[21]</sup>。因此,本文使用G1算法进行权重计算,通过对多位重大工程高层管理团队问卷调

研得到综合权重。

关于CBR的应用研究,一个共同的特点是其在应用领域均要求具有丰富的经验知识,对实际问题的解决缺乏系统的规则或理论模型。国内外CBR应用广泛,如波音飞机引擎故障诊断系统CASSIOPEE<sup>[22]</sup>;基于CBR的危机预警系统<sup>[23]</sup>和公共安全管理系统<sup>[24]</sup>;基于CBR的建筑安全诊断系统<sup>[25]</sup>和建筑造价预算系统<sup>[18]</sup>,以及大型水利水电应急决策系统<sup>[26]</sup>。

## 2 基于改进CBR的重大工程TMT模型

### 2.1 研究框架

基于经典的案例推理4R流程,关于改进CBR的重大基础设施工程高层管理团队组建策略系统流程如图1所示。在该模型计算流程中,主要包含4个基本步骤和7个核心算法。



图1 基于改进CBR的重大工程TMT模型流程图

### 2.2 案例数据来源及选取标准

本文的CBR系统案例库数据来源于中国重大工程研究中心(Mega Project Case Study Center, MPCSC)数据库,该研究机构重点收集和整理中国重大基础设施工程项目的相关信息。在其基础上,通过官方网站及相关文献档案进行了相关信息补充和系统整理。

对案例的选取标准设定:

(1) 选择项目建设期集中在2000~2014年的工程项目。该标准的设立是为了保证年代的相对接近性,以避免过于久远的工程项目由于所处社会经济体制的显著不同而失去可比性。

(2) 选择总投资额60亿人民币及以上的工程项目。该标准源于工程建设领域通常将10亿美元作为大型工程项目的入选门槛<sup>[27]</sup>,将其换算为人民币后得到该入库标准。

(3) 该工程以及工程参建人员或单位获得省部级、国家级或国际奖章。该标准的设立是为了保证备选案例在工程质量、建设水平、科技创新和技术应

用等领域获得行业认可。

(4) 该工程建设过程中未出现较大安全事故、重大安全事故和特别重大安全事故。该标准依据国务院2007年颁布的《生产安全事故报告和调查处理条例》<sup>[28]</sup>中的等级划分条例确定。

(5) 该工程建设过程中未出现恶劣的群体性事件。该标准的设立是为了反映工程管理人员对多方利益相关者利益诉求冲突的治理水平,对于出现恶劣群体性事件的工程项目将不纳入CBR案例库中。对群体性事件的具体界定详见文献<sup>[29]</sup>。

(6) 工程信息完整且高层管理团队信息完整。

基于以上6个选取标准,共筛选出42个中国重大基础设施工程项目,纳入到本文的CBR案例库中。

### 2.3 案例相似性指标体系构建

案例相似性指标体系是CBR系统的核心内容之一。设立科学合理的结构化指标体系以实现案例特征的抽取、描述和存储,并为后续的相似性计算提供基础。

对于重大基础设施工程,简单地按照工程类型进行相似性划分并不科学。以东海大桥、杭州湾跨海大桥和洋山深水港一期工程为例,前两者在工程类型上同属于大跨度桥梁工程类,而后者属于港口工程类。但在比较其项目的 TMT 结构和人员构成类型后发现,东海大桥和洋山深水港一期工程的指挥部结构均为“一正二副”,人员构成的行政级别、年龄分布、学历水平、工作履历也更为接近,而杭州湾跨海大桥却存在显著不同。其原因是,工程类型侧重体现工程在建造技术和交付物类型上的相似性,而对于重大工程这一复杂的巨系统,其管理工作还受到项目资金来源方式、项目主导者类型、项目所处文化以及制度环境等多方面因素的影响。

从重大工程的复杂性分类视角出发,Vidal 等<sup>[19]</sup>对 70 个分类指标进行 AHP 分析,凝练出项目规模、项目构成多样性、项目协调主体、项目文化与环境多样性 4 个一级高频分类指标和 16 个二级指标。张宪<sup>[30]</sup>提出包含工程技术、项目利益主体、工程任务、工程信息、项目目标和项目环境等 6 个维度的分类体系。任宏<sup>[1]</sup>在强调中国情境的背景下,提出巨项目的主导者类型,并将其划分为国家主导、地方政府主导、战略互惠、政府与非政府机构协调主导以及全球化多元主导 5 种类型。本文在以上文献基础上,通过对 7 位工程管理专家进行聚合访谈,整理出重大工程相似性指标体系。该指标体系包含 9 个一级指标和 25 个二级指标,如表 1 所示。其中是否纳入国家 5 年重点建设项目规划、是否为国家发改委发布的国家重点建设项目、项目主导者类型以及项目所在省级行政区社会发展水平等指标均是专门针对我国重大工程的具体情境而设置的。

## 2.4 指标权重计算方法

由于重大工程的复杂性,用于描述其差异性的结构化指标数量达到 25 个。而 AHP 算法在多指标(大于 9 个)权重计算时存在计算量大,判断矩阵无法满足一致性要求的问题<sup>[21]</sup>。因此,本文使用 G1 算法<sup>[20]</sup>进行权重计算,通过对 10 位重大工程高管团队成员问卷调研得到综合权重。

设问题有  $m$  个评价指标  $A_{i1}, A_{i2}, \dots, A_{im}$ , 问卷对象  $i$  (共  $N$  个) 根据问卷指标对其管理工作的重要性程度进行排序(用“ $>$ ”表示优于),得

$$A_{i1} > A_{i2} > \dots > A_{im}, \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (1)$$

并给出各前后指标间的重要性程度比

$$\frac{AW_{k-1}}{AW_k} = R_k, \quad k = 2, 3, \dots, m \quad (2)$$

式中:  $AW_k$  为指标  $A_k$  的权重值

$$R_k = \forall [1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8]$$

分别表示前指标与后指标同等重要、稍微重要、明显重要、强烈重要和极端重要 5 个等级。

按重要性排序倒序计算指标权重值,有:

$$AW_{im} = \frac{1}{1 + \sum_{k=2}^m \prod_{j=k}^m R_j} \quad (3)$$

$$AW_{k-1} = R_k AW_{k-1}, \quad k = m, m-1, \dots, 2 \quad (4)$$

对  $N$  份重大工程高层管理团队成员的问卷进行综合求平均,得到平均权重

$$A\bar{W}_m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N AW_{im}, \quad A\bar{W}_{k-1} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N AW_{i,k-1} \quad (5)$$

式中:  $N$  为问卷总数;  $A\bar{W}$  为  $A$  指标的平均权重。

由此,可以得到重大工程相似性指标体系的各指标综合权重,用以进行案例相似度的计算。

## 2.5 指标相似度计分与案例相似度计算方法

由于案例各个指标数据格式的差异,在指标体系中包含连续型数值变量、离散型数值变量以及非连续文本变量等多种格式,并存在单选、多选等差别。Hong 等<sup>[18]</sup>提出了一种属性相似度计分方法以满足多种数据类型的相似度计算。在此基础上,本文提出一种序列比对计分算法,以实现具有多值序列特征的指标相似度计算。将表 1 中的 25 个相似度指标分为 4 种计分类型,包括离散变量二级计分制、离散变量三级计分制、连续变量插值计分制以及多值序列比对计分制。其计算方法为:

离散变量二级计分制。

$$AS = \begin{cases} 100, & AV_{\text{test-case}} - AV_{\text{retrieved-case}} = 0 \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (6)$$

式中:  $AV_{\text{test-case}}$  为目标案例的  $A$  指标值;  $AV_{\text{retrieved-case}}$  为案例库中备选案例的  $A$  指标值;  $AS$  为指标  $A$  的相似性得分。即如果目标案例与案例库中的备选案例在该指标上取值相同,则记 100, 否则为 0。

离散变量三级计分制。

$$AS = \begin{cases} 100, & AV_{\text{test-case}} - AV_{\text{retrieved-case}} = 0 \\ 50, & |AV_{\text{test-case}} - AV_{\text{retrieved-case}}| = 1 \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (7)$$

即如果目标案例与案例库中的备选案例在该指标上取值相同,则记 100, 相差 1 个等级记 50, 否则为 0。

连续变量插值计分制。

$$D_{AV} = |AV_{\text{test-case}} - AV_{\text{retrieved-case}}| \quad (8)$$

式中,  $D_{AV}$  为目标案例指标值与案例库备选案例指标值差的绝对值,即距离。

表 1 案例相似性指标体系

序号	一级指标	二级指标	指标填选及单位	类型	指标相似度计分制
1	国家定位与公众影响	是否纳入国家 5 年重点建设项目规划	是/否	单选	离散变量二级计分
		是否为国家发改委发布的国家重点建设项目	是/否	单选	离散变量二级计分
		项目的公众影响力范围	全球/亚洲/全国/区域/省内	单选	离散变量三级计分
2	项目构成类型	项目所含主要工程类型	民用建筑工程/道路工程/桥涵工程/水工工程等 <sup>a</sup>	按投资额降序多选	多值序列比对计分
		项目交付物构成多样性	极多样/多样/一般/较少/单一	单选	离散变量三级计分
3	项目工期相关	项目工期	d	填写	连续变量插值计分
		对项目工期推延的可接受程度	不可接受/有条件接受	单选	离散变量二级计分
4	项目资金相关	总投资额	亿元(人民币)	填写	连续变量插值计分
		项目日均投资强度	万元(人民币)/d	填写	连续变量插值计分
		资金主要来源方式	财政专项拨款/土地储备金/城市基建投融资平台/企业自筹资金/社会化资本投资/银行贷款	按投资额降序多选	多值序列比对计分
5	地域与主导者	项目所在地	省、直辖市、自治区	填写	离散变量三级计分
		项目主导者类型	地方政府主导/国家部委主导/大型国企主导/复合型	单选	离散变量二级计分
		项目主导者	地方政府名称、国家部委名称、企业名称	填写	离散变量三级计分
6	协调主体	项目涉及行政区域数量	个(省、直辖市、自治区)	填写	连续变量插值计分
		需要协调的主要行政部门级别	国家级/省部级/厅局级/县处级	单选	离散变量二级计分
		投资主体数量	>100/50-100/20-50/10-20/<10	单选	离散变量三级计分
		利益相关方数量	>100/50-100/20-50/10-20/<10	单选	离散变量三级计分
7	工程技术难度与创新	项目参建单位数量	>100/50-100/20-50/10-20/<10	单选	离散变量三级计分
		科研经费投入占总投资额比例	百分数	填写	连续变量插值计分
		是否突破同类型工程世界纪录	是/否	单选	离散变量二级计分
		是否获得国家级及以上科技进步或科技创新奖	是/否	单选	离散变量二级计分
8	项目文化环境多元性	项目所在地是否是少数民族聚集区	是/否	单选	离散变量二级计分
		项目是否涉及外国政府、外资企业和外籍公民	是/否	单选	离散变量二级计分
9	项目制度环境稳定性	项目建设期是否受到国家重大政策调整的影响	是/否	单选	离散变量二级计分
		项目所在省级行政区社会发展水平	一类/二类/三类/四类 <sup>b</sup>	单选	离散变量二级计分

注：<sup>a</sup>依据《建设工程分类标准 GB/T 50841-2013》附录 A\B\C 中二级指标；<sup>b</sup>依据中国人民大学中国发展指数(RCDI)

$$AS = \left(1 - \frac{D_{AV} - \min(D_{AV})}{\max(D_{AV}) - \min(D_{AV})}\right) \times 100 \quad (9)$$

多值序列比对计分制。该算法主要针对存在多个选项值,选项数不一致且选项间需要进行排序比较的特殊指标而设计,如表 1 中的“项目所含主要工程类型”和“资金主要来源方式”等。借鉴生物学 DNA 序列比对的思路<sup>[31]</sup>,根据本文多值序列指标按重要性程度降序排列的特点,设计了一个快速简便的多值序列比对算法以实现相似度的计算。以下用一个算例示意,并给出其普遍方程。

假设目标案例的 A 指标值  $AV_{test-case}$  序列为[A, B, C, D],而案例库中备选案例的 A 指标值  $AV_{retrieved-case}$  序列为[A, C, B],对其进行相似度计算,如图 2 所示。

		$AV_{test-case}$			
$AV_{retrieved-case}$		A	B	C	D
	A	7	3	2	1
	C	3	6	3	2
	B	2	3	5	3
		1	2	3	4

图 2 多值序列比对算法算例示意

从两者所包含的元素和降序排序发现,存在:两者均包含 A 值,且排序相同;均包含 B 值,但序位差为 1;均包含 C 值,但序位差为 1。将每一个比对位根据重要程度赋值,可知,当两者完全相同时,得分最高且为矩阵对角线之和,其他情况均低于此得分。

比对位的赋值见图2,可得该情况下的指标多值序列比对相似度得分为

$$AS = \frac{7+3+3}{7+6+5+4} \times 100 = 59.091$$

对于矩阵中的比对位赋值,由于文中“项目所含主要工程类型”和“资金主要来源方式”按照降序排列,即越靠前,重要性程度越高;越靠近对角线,序位差越小。因此,设计如图3所示计分卡。

$ASW_{ij}$					
	$2n-1$	$n-1$	$\cdots$	2	1
	$n-1$	$2n-2$	$n-1$	$\cdots$	2
	$\vdots$	$n-1$	$\ddots$	$\ddots$	$\vdots$
	2	$\vdots$	$\ddots$	$n-1$	$n-1$
	1	2	$\cdots$	$n-1$	$n$

图3 比对位计分卡

其赋值方程为

$$ASW_{ij} = \begin{cases} 1, & |i-j| = n-1 \\ 2, & |i-j| = n-2 \\ \vdots & \\ n-1, & |i-j| = n-n+1 \\ n, & i=j=n \\ n+1, & i=j=n-1 \\ \vdots & \\ 2n-1, & i=j=1 \end{cases} \quad (10)$$

式中: $i=1,2,\cdots,n$ ;  $j=1,2,\cdots,n$ ;  $ASW_{ij}$  为计分卡矩阵第  $i$  行  $j$  列值;  $n$  为目标案例多值指标的最大序列数;  $m$  为案例库备选案例多值指标的最大序列数。

由此,可得到普遍方程:

$$AS = \frac{\sum_{i=1}^{\min(m,n)} ASW_{\text{test=retrieve}}}{\sum_{j=1}^n ASW_{i=j,j}} \times 100 \quad (11)$$

在得到各个指标的相似度计分后,则案例的相似度为

$$CS = \sum_{i=1}^m AS_i \cdot \overline{AW}_i \quad (12)$$

式中,  $CS$  即为目标案例与案例库中备选案例的相似度。

### 3 模型输出

在完成目标案例与库中备选案例的相似度计算后, CBR 系统将输出与目标案例最接近的若干案例供其参考决策。其输出的主要内容包括: ① 相似案例数量及名称; ② 相似案例高层管理团队的组织结构; ③ 相似案例高层管理团队的成员人口统计学特征、职业能力特征和个人履历; ④ 相似案例高层管理团队的差异性特征。

#### 3.1 输出案例数量

按照案例相似度  $CS$  值进行降序排序, 选取满足条件 1、2 的前  $i$  个案例作为备选案例, 即

$$CS > 60 \quad (13)$$

$$CS_i - CS_{i+1} < \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (CS_i - CS_{i+1}) \quad (14)$$

式中,  $i=1,2,\cdots,m$ ,  $m$  为案例总数。即选取满足案例相似度大于 60, 且降序排列前后相似度差小于平均相似度差的前  $i$  个案例作为备选案例。

#### 3.2 TMT 组织结构

我国重大基础设施工程的高层管理团队通常有工程建设指挥部、业主项目经理部、项目公司、管理委员会等模式。其内部的职能结构存在直线式、职能式等多种形式。因此, CBR 系统将按照备选案例的组织结构信息输出如图4所示的组织结构。

#### 3.3 人口统计学特征、职业能力特征和个人履历

对于重大工程 TMT 成员的人口统计学特征、职业能力特征和个人履历, CBR 系统将调用案例库中的存储信息, 并以 Excel 表格形式输出, 作为新建项目的人选参考。其中, 人口统计学特征包含: 性

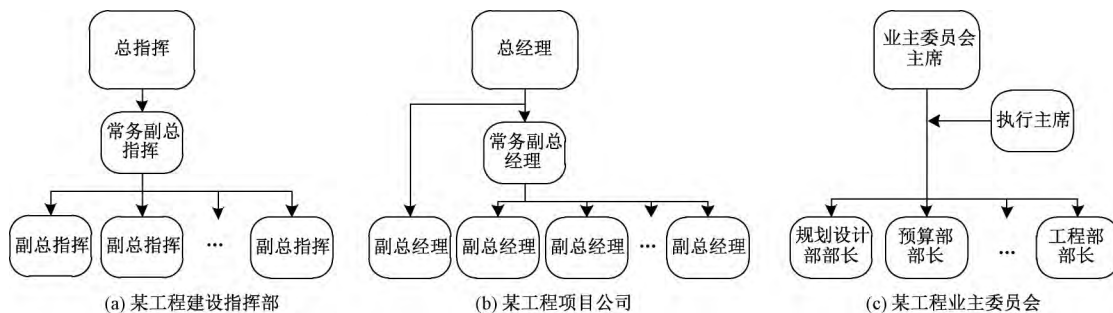


图4 几类典型重大工程 TMT 组织结构

别、时任年龄、籍贯、民族、受教育水平、参与该项目前时任岗位和行政级别等 7 项信息。职业能力特征包含:本科及以上学历专业、是否担任过政府领导职务、是否担任过企业领导职务、从事管理工作年限、从事工程管理事务年限、作为主要负责人完成的工程项目数量、职业能力证书或职称和所获得荣誉及奖励等 8 项信息。

### 3.4 TMT 内部差异性特征

对成员的人口统计学特征、职业能力特征等内容的输出侧重于 TMT 的个体层面,因此,引入 TMT 的内部差异性指标来描述其团队的人员构成与搭配特性。其指标包括:TMT 岗位差异性、行政级别差异性、学历水平差异性、学位专业差异性、年龄差异性、管理经验年限差异性、工程经验年限差异性。

岗位差异性用于描述高层管理团队内部的岗位设置间的差异程度。如 1 名总指挥,1 名常务副总指挥和 6 名副总指挥。则其整体差异性采用布劳指数<sup>[32]</sup>来描述,其公式为:

$$p_i = GW_i / \left( \sum_{i=1}^n GW_i \right) \quad (15)$$

$$BI_{gw} = 1 - \sum (p_i)^2 \quad (16)$$

式中:  $BI_{gw}$  为岗位差异性布劳指数;  $GW_i$  为岗位  $i$  的人数;  $p_i$  为岗位  $i$  在总岗位人数中的占比;  $i = 1, 2, \dots, n, n$  为岗位数。

行政级别差异性包含省部级正职、省部级副职、厅局级正式等 8 个行政级别;学历水平差异性包含博士、硕士、本科和专科 4 个级别;学科专业差异性包含土木工程、工程管理、城市规划、经济学、管理科学与工程等若干学科专业,均采用布劳指数描述,分别记为  $BI_{xz}$ 、 $BI_{xl}$  和  $BI_{zy}$ 。

年龄差异性用于描述 TMT 内部的年龄整体差异程度,由于其为一组区间连续变量,故采用统计学中的变异系数<sup>[34]</sup>进行描述。其公式为

$$C.V_{nl} = \frac{SD_{nl}}{MN_{nl}} \times 100\% \quad (17)$$

式中:  $C.V_{nl}$  为该 TMT 团队年龄集的变异系数;  $SD_{nl}$  为该年龄集的标准偏差;  $MN_{nl}$  为该年龄集的平均值。同理,管理经验年限和工程经验年限差异性由于其同为一组区间连续变量,也采用变异系数描述,记为  $C.V_{gl}$  和  $C.V_{gc}$ 。

## 4 模型有效性验证

为了验证基于改进 CBR 的重大工程高层管理团队组建策略的有效性,在案例库中逐一抽取案例

作为目标案例,并将剩余案例作为备选案例与其进行相似度比较。根据 CBR 系统的输出参考方案与目标案例实际所采用的 TMT 方案在组织结构、人口统计学特征、职业能力特征以及 TMT 内部差异性特征之间的相似程度来验证该模型的有效性。

下文选取其中一个案例——2010 年上海世博会来说明这一验证过程。

### 4.1 2010 年上海世博会相似案例比选

2010 年上海世博会是由中国举办的首届世界博览会。其工程建设规模庞大、施工周期紧张、社会影响大,对整个世博项目群的工程管理提出了极高的要求,亟需一个强有力的管理团队来把控和推进整个工程项目的建设进程<sup>[33]</sup>。

按照表 1 中案例相似性指标体系的要求,将上海世博会的各项工程指标输入 CBR 系统。通过 CBR 系统计算其案例相似度排序,如图 5 所示。由图可见,排名前 5 的相似工程依次为:北京奥运会“2008”工程、上海长江隧桥、上海虹桥综合交通枢纽、上海洋山深水港一期港区工程以及东海大桥工程。北京奥运会与上海世博会工程因具有较高的相似性而受到普遍的认可<sup>[34]</sup>,其同为国际型的重大会展赛事类项目,均属于多单体的城市项目群工程,均涉及大量场馆建设和市政基础设施建设工程,在公众影响力、国家重视程度上也有着极多的类似性。因此,其工程建设的高层管理团队构成也具有较强的可借鉴性。而后续的 4 个近似项目在工程类型上与世博会虽然差异较大,但其较高的近似度排序说明,中国重大基础设施工程建设的管理模式可能具有较强的区域化特征。以下通过其 TMT 的多个特征对此加以比较和说明。

### 4.2 输出案例 TMT 与目标案例 TMT 的比较

根据式(13)、(14)确定输出案例数量为 4,即前 4 个案例作为 2010 年上海世博会高层管理团队组建的重点参考对象。首先比较其 TMT 的组织模式和组织结构,如图 6 所示。由图可见,CBR 系统所挑选出的 4 个参考案例和目标案例的实际情况一样,均采用工程建设指挥部模式来构建该重大工程的高层管理团队。其 TMT 的组织结构也具有极高的相似性,主要以“一正三副”或“一正四副”为主。除上海虹桥交通枢纽工程外,其他工程均设置有常务副总指挥这一岗位。在高层管理团队总负责人这一人选的时任行政职务上,CBR 系统推荐的参考案例与目标案例完全一致,均为各直辖市副市长。且在其政府工作职能分工上,均分管城乡建设、交通、规划和市政等领域。除行政级别外,上海长江隧桥

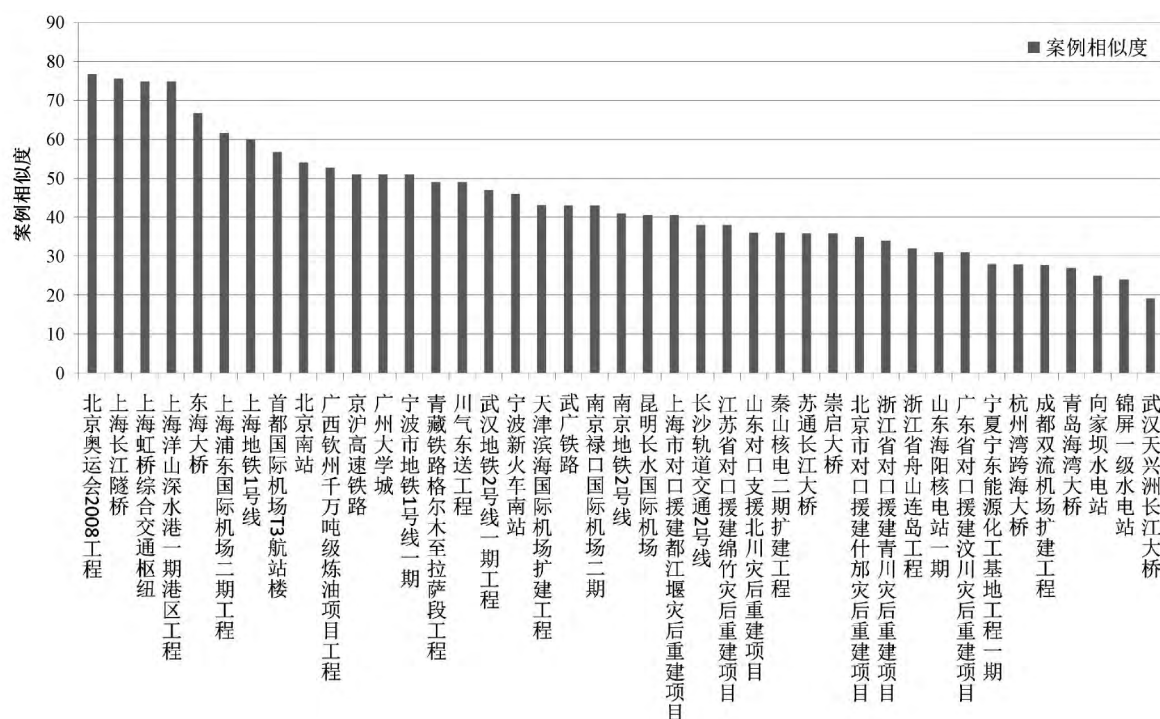


图5 2010年上海世博会案例相似度排序

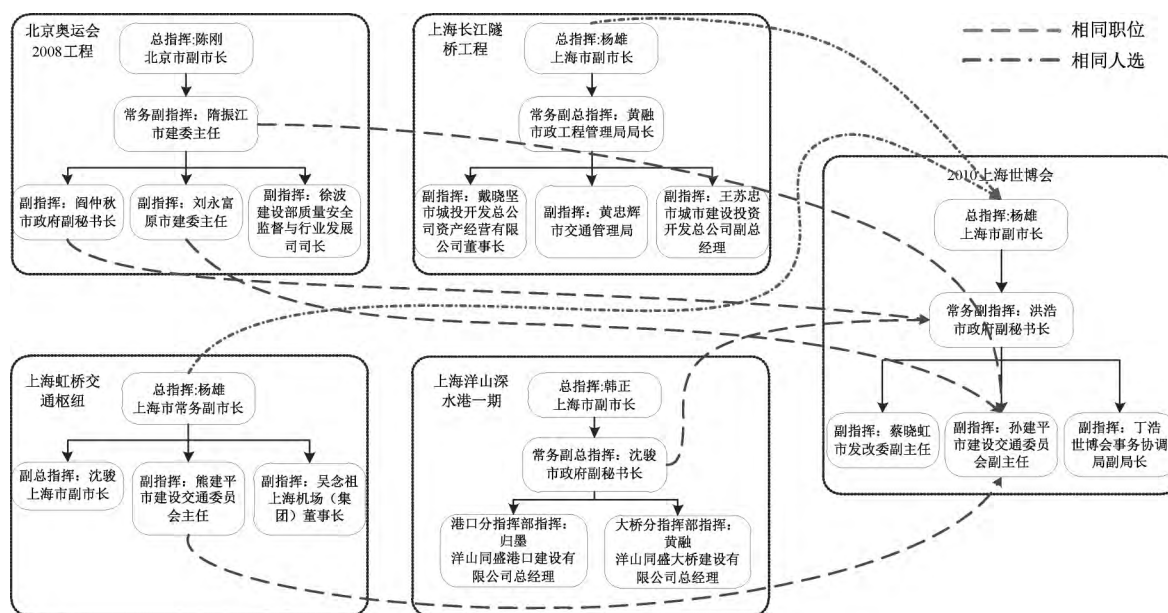


图6 目标案例与输出案例的TMT组织结构比较

和上海虹桥交通枢纽工程的总指挥与目标案例的实际情况同为一人。而如果将上海虹桥交通枢纽工程作为目标案例,则上海洋山深水港一期工程中也可以推荐出一个相同人选。这说明,对于同一地区的重大工程,CBR系统有推荐出潜在参考人选的潜力,但这还需要新建一个当地的工程管理人数据库来加以辅助。

除总负责人的时任行政职务完全一致外,在

常务副总指挥这一职务上,洋山深水港一期工程与目标案例的设置一致,均为市政府副秘书长。而从CBR系统输出的履历信息发现,其均为协助上一级副市长分管建设领域工作的副秘书长。而在副指挥这一职务上,CBR系统则多次输出了市建设管理委员会或交通管理委员会相关领导这一类型作为潜在人选,如北京奥运会和上海虹桥交通枢纽工程。

表 2 从目标案例与 CBR 输出参考案例之间的 TMT 差异性出发,对 5 个工程的 7 个团队内部差异性指标进行了计算和比较。可见,重大工程的高层管理团队在岗位差异性、行政级别差异性以及学位专业差异性指标上数值均接近或超过 0.5,这说明,该团队在以上三方面具有较强的异质性。而在年龄差异性和管理经验差异性上则均在 0.2 以下,说明其团队在年龄和管理经验上具有较高的同质性。尤

其在年龄差异性上,重大工程的高层管理团队并未出现“新老搭配”现象,而是普遍集中在 45~55 岁,并普遍具有 15 年及以上的管理经验。而从 CBR 输出的 4 个 TMT 方案与目标案例 TMT 方案之间的团队内部差异性指标值来看,其数值均较为接近,这说明,CBR 系统的推荐案例与目标案例在 TMT 人员构成与搭配上具有相似性,对于新的重大工程高层管理团队组建具有经验借鉴意义。

表 2 案例间 TMT 差异性比较

TMT 差异性 指标	岗位差异性 $BI_{gw}$	行政级别差异性 $BI_{xz}$	年龄差异性 $C.V_{nl}$	管理经验差异性 $C.V_{gl}$	工程经验差异性 $C.V_{gc}$	学历水平差异性 $BI_{xz}$	学位专业差异性 $BI_{xz}$
上海世博会	0.722	0.500	0.063	0.141	0.548	0.444	0.611
北京奥运会	0.691	0.593	0.149	0.160	0.373	0.494	0.494
上海长江隧桥	0.560	0.720	0.069	0.272	0.426	0.640	0.640
虹桥综合枢纽	0.640	0.480	0.079	0.177	0.324	0.560	0.640
洋山深水港	0.444	0.667	0.080	0.102	0.593	0.444	0.667

## 5 结 语

选贤任能是一个项目得以成功的重要保障。针对中国重大基础设施工程的管理团队组建问题,本文将案例推理方法引入其中,应用现代组织理论中高层管理团队的“高阶理论”研究思路,提出了一套基于改进 CBR 的重大基础设施工程高层管理团队组建新方法,并将其构建为一个可供实际应用的系统。

研究的主要内容包括:① 设立重大工程案例库入库标准,并结合中国重大工程研究中心数据库构建 CBR 案例库;② 通过文献综述和 7 位工程管理专家的聚合访谈构建重大工程结构化指标体系,包含 9 个一级指标和 25 个二级指标;③ 采用问卷调研方法并应用 G1 算法获得指标体系的权重系数;④ 采用相似度计分方法完成案例的相似度计算,针对多值序列指标,新设计了基于计分卡矩阵的多值序列比对计分算法,用以解决存在多个选项值,选项数不一致且存在顺序性的指标相似度计算;⑤ 按照 TMT 的主要内容分别输出了组织结构、人口统计学特征、职业能力特征和个人履历,并通过 7 个差异性指标计算了 TMT 的团队差异性特征;⑥ 对 CBR 系统的有效性进行验证,并以 2010 年上海世博会工程作为目标案例进行了详细分析说明。

从 CBR 系统给出的案例相似度排序以及 TMT 相关指标输出来看,案例推理技术在重大工程管理团队组建策略辅助上具有可行性。有利于中国重大工程建设管理经验在新项目中的综合再利用。对于克服以人选人的治理弊端,促进高层管理团队人员选任的制度化、科学化有一定意义。

研究存在的不足之处在于,案例库数量有待进一步扩充丰富,以涵盖多领域多类型的重大工程及其 TMT 信息。另外,还可在现有案例库基础上,构建一个具有选任和人事调用可能性的区域工程管理高级人才数据库,尝试实现高层管理人选从指标化向名单化转变。

### 参考文献:

- [1] 任宏. 巨项目管理 [M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [2] Flyvbjerg B. From nobel prize to project management: Getting risks right [J]. Project Management Journal, 2006, 37(3):5-15.
- [3] Nielsen S. Top management team diversity: A review of theories and methodologies [J]. International Journal of Management Reviews, 2010, 12(3): 301-316.
- [4] Watson I. Case-based reasoning is a methodology not a technology[J]. Knowledge-Based Systems, 1999, 12(5): 303-308.
- [5] 路云, 吴应宇, 达庆利. 基于案例推理技术的企业可持续竞争能力的模型建立与应用[J]. 管理工程学报, 2005, 19(3): 1-5.
- [6] Hambrick D C, Mason P A. Upper echelons: The organization as a reflection of its top managers[J]. Academy of Management Review, 1984, 9(2): 193-206.
- [7] 徐细雄, 万迪昉, 涂未宇. TMT 构成对组织产出影响的国外研究进展及对我国国企改革中高管团队构建的启示[J]. 管理工程学报, 2008, 21(4): 39-45.
- [8] Keck S L. Top management team structure: Differential effects by environmental context [J].

- Organization Science, 1997, 8(2): 143-156.
- [9] Cannella A A, Park J H, Lee H U. Top management team functional background diversity and firm performance: Examining the roles of team member colocation and environmental uncertainty [J]. Academy of Management Journal, 2008, 51(4): 768-784.
- [10] Carpenter M A, Westphal J D. The strategic context of external network ties: Examining the impact of director appointments on board involvement in strategic decision making [J]. Academy of Management Journal, 2001, 44(4): 639-660.
- [11] Simsek Z, Veiga J F, Lubatkin M H, *et al.* Modeling the multilevel determinants of top management team behavioral integration [J]. Academy of Management Journal, 2005, 48(1): 69-84.
- [12] Carpenter M A, Fredrickson J W. Top management teams, global strategic posture, and the moderating role of uncertainty [J]. Academy of Management Journal, 2001, 44(3): 533-545.
- [13] Handelberg J, Vyakarnam S. Entrepreneurial top management team demography, team process and organizational performance: Five models on the impacts of management team on organizational performance [C]// Babson College/Kauffman Foundation Entrepreneurship Research Conference. Babson Park: Babson College, 1999: 11-15.
- [14] Riesbeck C K, Schank R C. Inside case-based reasoning[M]. Psychology Press, 2013.
- [15] De Mantaras R L, McSherry D, Bridge D, *et al.* Retrieval, reuse, revision and retention in case-based reasoning[J]. The Knowledge Engineering Review, 2005, 20(3): 215-240.
- [16] 李锋刚. 基于优化案例推理的智能决策技术研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2007.
- [17] Liao T W, Zhang Z, Mount C R. Similarity measures for retrieval in case-based reasoning systems [J]. Applied Artificial Intelligence, 1998, 12(4): 267-288.
- [18] Kim B, Hong T. Revised case-based reasoning model development based on multiple regression analysis for railroad bridge construction[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2011, 138(1): 154-162.
- [19] Vidal L A, Marle F, Bocquet J C. Measuring project complexity using the analytic hierarchy process[J]. International Journal of Project Management, 2011, 29(6): 718-727.
- [20] 郭亚军. 综合评价理论与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [21] 王中兴, 李桥兴, 牟琼. 指标增减时一种简便权重修正法[J]. 广西大学学报(自然科学版), 2005, 29(4): 306-309.
- [22] Cheetham W, Watson I. Fielded applications of case-based reasoning [J]. The Knowledge Engineering Review, 2005, 20(3): 321-323.
- [23] 柳炳祥, 盛昭翰. 基于案例推理的企业危机预警系统设计[J]. 中国软科学, 2003(3): 67-70.
- [24] 米加宁. 案例推理技术与公共安全管理[N]. 中国社会科学报, 2014-06-20(B03).
- [25] 常春光, 陈冬文, 王立杰, 等. 基于 CBR 的建筑生产安全诊断系统研究[J]. 科技进步与对策, 2009, 26(21): 166-170.
- [26] 徐玖平, 姜曼丽, 卢毅. 大型水利水电建设项目非常规突发事件应急管理统筹模式[J]. 系统管理学报, 2013, 22(5): 695-707.
- [27] Shokri S, Ahn S, Czerniawski T, *et al.* Current state of interface management in mega-construction projects [C]//Construction Research Congress. Reston: American Society of Civil Engineers, 2014: 2266-2275.
- [28] 国务院. 生产安全事故报告和调查处理条例[R]. 2007.
- [29] 于建嵘. 当前我国群体性事件的主要类型及其基本特征[J]. 中国政法大学学报, 2009(6): 118-124.
- [30] 张宪. 复杂性视角下基于 Agent 的建设工程项目集成管理模型研究[D]. 天津: 天津大学, 2011.
- [31] 唐玉荣, 汪懋华. 基于动态规划的快速序列比对算法[J]. 生物数学学报, 2006, 20(2): 207-212.
- [32] Pitcher P, Smith A D. Top management team heterogeneity: Personality, power, and proxies[J]. Organization Science, 2001, 12(1): 1-18.
- [33] Hu Y, Chan A P C, Le Y, *et al.* Improving megasite management performance through incentives: Lessons learned from the Shanghai expo construction [J]. Journal of Management in Engineering, 2011, 28(3): 330-337.
- [34] 张世贤, 马莉. 奥运经济与世博经济之比较研究[J]. 社会科学, 2004(5): 19-24.