

# 基于 SVN 的 BIM 技术应用价值流及驱动路径研究

乐 云<sup>1</sup>, 郑 弦<sup>1</sup>, 李永奎<sup>1</sup>, 卢昱杰<sup>2</sup>, 白 居<sup>1</sup>

(1. 同济大学经济与管理学院, 上海 200092; 2. 新加坡国立大学设计与环境学院, 新加坡)

**摘要:** 建筑信息模型 (Building Information Modeling, 简称 BIM) 是创建并利用数字化模型对建设项目进行设计、建造和运营管理的过程, 同时也被视为一种突破性创新技术。当前我国建筑行业 BIM 采纳率低的主要原因是各方还未完全意识到 BIM 应用带来的增值效应, 亟需从全局和系统的角度分析各方在 BIM 应用中获得的价值。由于 BIM 应用的系统性和复杂性, 本文基于价值理论和利益相关者价值网络 (Stakeholder Value Network, 简称 SVN) 等相关方法, 提出了 BIM 技术应用的利益相关者识别、价值流量化、价值路径搜索和价值获取能力分析等方法。以采用 DBB 交付模式和咨询辅助模式的政府投资项目作为研究对象, 构建了包含七类利益相关者和 95 条价值流的 BIM-SVN 定量网络, 得到了驱动 BIM 应用的最关键价值路径, 通过将 SVN 模型与传统模型对比, 实现了利益相关者的价值获取能力综合评价并得到了各方的 BIM 应用策略。本研究对 SVN 方法的应用有利于各方对 BIM 价值的系统认识, 并为 BIM 驱动策略的制定和实施提供了新视角。

**关键词:** 建筑信息模型; 利益相关者价值网络; 政府投资项目; 驱动路径

**中图分类号:** F407.9

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1004-6062(2018)01-0071-008

**DOI:** 10.13587/j.cnki.jieem.2018.01.009

## 0 引言

建筑信息模型 (Building Information Modeling, 以下简称 BIM) 是“创建并利用数字化模型对建设项目进行设计、建造和运营管理的过程”<sup>[1]</sup>, 包含三个层面的含义: 集成的项目信息模型、集成的项目设计方法和集成的项目交付模式。BIM 已被视为会引起建筑行业新一轮变革的突破性理念和创新技术<sup>[2,3]</sup>。它将会从根本上解决建筑生命期信息断层问题, 真正实现建筑生命期内信息的协同管理, 提高建筑业生产效率。鉴于此, 许多国家均将 BIM 技术的应用提升到战略高度, 如美国、英国、新加坡、韩国等, 我国在“十一五”科技支撑计划和“十二五”建筑信息化发展纲要也将 BIM 纳入工作重点。

McGraw-Hill 的 2012 年报告显示: 北美建筑行业对 BIM 技术的采纳程度已达到 71%<sup>[4]</sup>。相比之下, 我国建筑行业对 BIM 的采纳显示出“低成熟度”<sup>[5]</sup>和“采纳早期”特点, 迄今未对传统建筑行业产生实质性的改变。正如加拿大 BIM 协会<sup>[6]</sup>指出, BIM 采纳率低的主要原因是建设各方还未完全意识到 BIM 技术带来的增值效应。虽然建筑业参与方肯定 BIM 能带来好处, 但是不完全清楚这些价值具体是什么, 而且由于这些价值大部分属于无形价值或长远价值而难以被量化, 这使得参与方难以清楚自身在 BIM 应用上的投入产出比, 从而陷入决策困境。

国内学者何关培<sup>[7]</sup>认为利益相关者只有充分认识到 BIM 对自身的价值, 才会选择采纳 BIM 技术。由于 BIM 的应用需要在合作的环境中进行, 因此提高 BIM 采纳率的关键是实现多方共赢。但是各利益相关者感受到的 BIM 价值是有差异的<sup>[8]</sup>, 对于业主, BIM 是控制造价和工期、提高质量、降低

风险并获得完整项目信息的方法; 对于设计单位, BIM 是协同设计、自动出图和异形设计的工具; 对于承包单位, BIM 是 4D/5D 模拟、施工现场跟踪的管理手段等, 但这些价值又是相互促进和制约的。目前国内对外对 BIM 价值的研究多采用定性或调查统计的方式来说明 BIM 能带给各方的利益<sup>[9,10]</sup>。虽然部分学者提出了定量的价值测度方法, 但也仅是从业主的角度测度可货币化的有形价值<sup>[11]</sup>, 而忽视了 BIM 应用的全局性和多属性价值关系特征。BIM 的应用是一个系统工程, 建设项目采用 BIM 将会对多方产生影响, 而且这些影响又是相互的。Grilo 和 Jardim-Goncalves<sup>[12]</sup>认为虽然 BIM 能局限在单个公司进行使用, 但在项目层面的应用才能获得更大的收益; Dehlin 和 Olofsson<sup>[13]</sup>认为应转移关注重点, 从关注单个利益相关者的成本/收益到评估整个项目的效益。Linderoth<sup>[14]</sup>认为 BIM 的应用包含了诸多的假设和前提条件, 如角色、关系和能力等, 当且仅当各方相互合作才能达到预期效益, 并且他提出将 BIM 的采纳和使用看作一个行动者网络, 通过对网络中行动者角色和关系的分析, 可以得出它们的需求以及它们愿意采用 BIM 的动机。因此, 对 BIM 技术应用的研究迫切需要从系统和全局的角度分析各方在相互合作和影响的过程中获得的价值。

BIM 的应用是一个共同创造价值的过程, 涉及到众多的利益相关者, 它们之间存在着多种组织关系和复杂的价值交换关系, 且交换关系之间存在传递性。传统的利益相关者分析一般仅考虑利益相关者与核心组织之间的直接关联, 如 Freeman 提出的利益相关者战略模型<sup>[15]</sup>, 本文称为 Hub-and-Spoke 模型 (以下简称“H&S”)。虽然 Rowley<sup>[16]</sup>提出采用社会网络分析 (Social Network Analysis, SNA) 理论

**收稿日期:** 2014-09-05 **修回日期:** 2015-05-24

**基金项目:** 国家自然科学基金资助项目 (71390523、71471136、70902045)

**作者简介:** 乐云 (1964—), 男, 湖北大悟人; 同济大学经济与管理学院教授, 博士生导师; 研究方向: 复杂工程项目组织。

建立全局性的利益相关者网络，但它的局限性是只能分析主体间具有唯一交换关系且关系类型单一（如仅经济关系或社会关系）网络的结构特征。鉴于此，本文拟采用一个多学科的方法——利益相关者价值网络（Stakeholder Value Network，以下简称 SVN）进行 BIM 应用的多关系复杂网络分析。文章选取采用 DBB 交付模式和 BIM 咨询辅助模式的政府投资项目作为研究对象，从网络的视角来建模、分析和理解 BIM 应用过程中利益相关者的价值交换和传递，通过对 BIM 应用的价值流量化得出各利益相关者价值获取能力以及推动 BIM 应用的驱动路径和策略。

## 1 SVN 的理论依据和构建方法

### 1.1 理论依据及假设

SVN 分析方法由美国麻省理工大学学者 Cameron<sup>[17]</sup>提出，Feng 将 SVN 定义为由核心组织及其利益相关者组成，包括了核心组织和利益相关者之间、利益相关者之间有形和无形价值交换的多关系网络<sup>[18]</sup>。它以利益相关者理论、社会交换理论和系统工程理论为基础，将利益相关者之间的经济关系和社会关系放在同一个网络框架下进行研究，借鉴微观经济学的概念和原理——主要是“效用”，对非经济的社会交换进行经济分析的一种方法。区别于社会交换理论和社会网络分析，SVN 方法的新贡献是可以分析利益相关者之间复杂的多次价值交换、多类型关系以及间接关系。借鉴这一理论，本文对建设项目 BIM 应用过程中形成的 SVN 网络（以下简称 BIM-SVN）作出三条核心假设：

（1）关系类型：在社会交换理论中，社会关系和经济关系是两种基本的关系类型。由于社会交换是经济交换的延伸<sup>[19]</sup>，因此 BIM-SVN 中利益相关者之间的合同关系和合作关系均可以用主观效用评价方法进行比较和分析。

（2）交换模式：在社会交换理论中，“受限制交换”（restricted exchange）和“一般交换”（general exchange）被定义为两种基本的交换模型<sup>[19]</sup>。由于 BIM 的应用需要大量的间接合作，因此 BIM-SVN 模型以“一般交换”作为价值路径搜索和分析的重点。

（3）战略分析：利益相关者的价值获取能力由交换关系强度和结构位置决定，在 BIM-SVN 中，可以通过网络中统计指标衡量利益相关者在 BIM 应用中的受益程度，并以此为基础对不同利益相关者进行战略分析。

### 1.2 BIM-SVN 的建模和分析方法

将 SVN 方法应用于研究 BIM 的应用包括四个步骤：定性模型建立、定量模型建立、搜寻和分析，如图 1 所示。

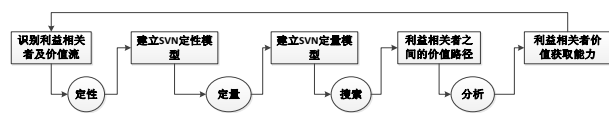


图 1 SVN 的实施步骤

#### 1.2.1 定性模型建立方法

##### （1）利益相关者界定和识别方法

从项目管理的角度，利益相关者是对项目成功或运作环境有特定权益的个人或团体<sup>[20]</sup>。部分学者将项目利益相关方分成内部及外部两个群体<sup>[21]</sup>，内部利益相关者即项目联盟中正式的成员，它们与业主有正式的合同关系或者直接参与组

织决策过程。外部利益相关者并非项目联盟的正式成员，但会对项目产生影响或被项目所影响。结合项目管理理论对利益相关者的定义和分类，本文界定 BIM 应用的利益相关者包括：①对项目的 BIM 应用有直接或间接影响的主要单位（组织）；②从 BIM 应用中受益并承担风险的主要单位（组织）。本文拟根据上述 BIM 应用的利益相关者界定原则，结合文献分析法<sup>[5,22-23]</sup>确定 BIM-SVN 中利益相关者。

#### （2）价值流确定方法

根据社会交换理论的“互惠性原则”，利益相关者之间是一种相互依赖的资源交换关系<sup>[24]</sup>，资源交换产生了价值交换。在 SVN 中，价值交换用价值流来表示，价值流的载体是资源。根据 BIM 应用过程中各主体交换的资源是否有形，可将价值流分为有形和无形两类，有形价值包括资金、产品或服务；无形的价值包括知识或信息、法规或建议、支持或机会。有形价值一般由 BIM 应用中各方合同关系产生，有形价值则一般由合作关系产生。以此为基础可以研究 BIM 应用过程中的价值创造和价值转换规律。

价值流的确定可采用 Sutherland<sup>[25]</sup>提出的利益相关者特征模板，即通过分析业主与其他利益相关者的三个特征要素——角色、目标和特定需求来得出各自需要“输入”的价值流。这三个要素有明确的逻辑关联，前一要素是后一要素的基础，这是一个价值定位的过程。以 BIM 应用中政府相关部门为例，利益相关者特征模板如图 2 所示。

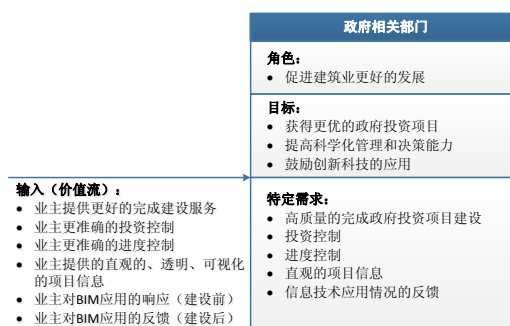


图 2 利益相关者特征模板的示意图

#### 1.2.2 定量模型建立方法

借鉴多属性效用理论，将 BIM 应用过程中各利益相关者获得的主观效用设定为对价值流的评价。由于每条价值流包含两个要素：资源和资源的提供者（即来源），故采用两个维度——“对资源的需要程度”和“来源的重要性程度”对价值流进行综合评价。每一个维度的评价均采用 5 刻度，借鉴 Feng<sup>[18]</sup>的评分方法，“对资源的需要程度”的刻度值采用指数计算方法，以增大关键资源与一般资源的评分差距，“来源的重要性程度”则直接采用线性计算方法，分别见式（1）和式（2）。对于式（1）和（2）的测算，由于对价值流的定量评价采用的是多属性效用理论，因此评价取值范围为 [0,1]。若两个维度评价的最高分采用 1，拥有 2 条价值流的价值链和拥有 7 条价值流的价值链，在每条价值流得分均为 1 的情况下，最终得分是一样的，无法反映出随着价值传递次数的增多，价值驱动的作用减少的规律，因此两个维度评价的最大值均定为 0.98。对于最小值，由于“来源的重要性程度”采用线性计算方法，采用 5 刻度划分后，最小值约为 0.11。为

了使“对资源的需要程度”评分亦在0.11和0.98范围之间,在采用指数方法进行5刻度划分后,计算出指数约为1.7,因此,式(1)中指数取1.7。为简化计算,价值流得分为两个维度评分值之积,见式(3),由式(1)和(2)的计算结果可知,两个维度的评分值均在[0,1]范围内。

$$U_i(intensity) = 0.11 \times 1.7^{intensity} \quad (1)$$

$$U_s(source) = 0.11 \times source \quad (2)$$

$$U_f = U_i(intensity) \times U_s(source) \\ = 0.0121 \times source \times 1.7^{intensity} \quad (3)$$

其中,  $intensity=0、1、2、3、4$ ,  $source=1、3、5、7、9$ 。

### 1.2.3 搜寻方法

搜寻是为了确定价值路径。价值路径是连接多个利益相关者和多条价值流的路径回路,属“一般交换”范畴。由于核心组织为业主,因此,BIM-SVN的路径搜索范围是以业主为开始和结束节点的所有价值回路,每一条路径中利益相关者和价值流均只被经过一次。根据多属性效用理论,Cameron等学者<sup>[17]</sup>证明了价值路径得分的计算可采用乘法原则,即价值路径的得分等于此价值路线上各条价值流得分的乘积,见式(4)。该原则确保价值路线长度与得分成反比,这与实际情况相符,因为在BIM的应用上,价值路径越长,业主推动相关参与单位采用BIM的难度越大。此方法使价值路径分数均在[0,1]之间,保持了效用取值范围的一致性。

$$U_c = \prod_{n=1}^x U_{f(n)}, \quad 2 \leq x \leq 6, x \in Z \quad (4)$$

其中  $U_{f(n)}$  表示价值路径中第  $n$  条价值流的得分,  $x$  代表价值路径中包含的价值流条数。

对价值路径的搜索采用设计结构矩阵(Design Structure Matrix, DSM)技术。DSM是一种复杂系统建模和分析工具,可以反映复杂系统要素之间的直接和间接依赖关系。

### 1.2.4 利益相关者价值获取能力分析

BIM应用中各利益相关者价值获取能力可采用“加权的利益相关者比例”WSO(Weighted Stakeholder Occurrence)和“利益相关者比例”SO(Stakeholder Occurrence)两项指标进行评价<sup>[26]</sup>。WSO指标是既考虑了价值路径得分也可考虑了价值路径数量的综合性指标,即可同时反映出BIM-SVN模型中各主体的交换关系强度和结构位置中心性;而SO指标仅考虑路径数量,是纯粹从结构上进行评价的指标。两项指标的计算见式(5)和式(6)。

$$WSO_k = \frac{\sum U_{ck}}{\sum U_c} \quad (5)$$

其中,  $k$  表示某一利益相关者,  $\sum U_{ck}$  表示包含利益相关者  $k$  的所有价值路径得分之和;  $\sum U_c$  表示以业主为开始和结束节点的所有价值路径得分之和。

$$SO_k = \frac{\sum N_k}{\sum N} \quad (6)$$

其中,  $\sum N_k$  表示包含利益相关者  $k$  的所有价值路径数量;  $\sum N$  表示以业主为开始和结束节点的总价值路径数量。

若将以上两项指标进行标准化,可分别得到“加权的利

益相关者比例系数”PWSO(Percentage Weighted Stakeholder Occurrence)和“利益相关者比例系数”PSO(Percentage Stakeholder Occurrence),见式(7)和(8)。

$$PWSO_k = \frac{WSO_k}{\sum (WSO_k)} \quad (7)$$

$$PSO_k = \frac{SO_k}{\sum (SO_k)} \quad (8)$$

## 2 政府投资项目的 SVN 模型构建及结果分析

### 2.1 研究范围

政府投资项目具有较大的社会影响力,且有较严格的预算、工期和质量要求。该类项目能快速响应国家战略变化,因此各国均将其列为 BIM 技术优先推广和应用的类型,如2009年,美国威斯康辛州和德克萨斯州先后要求州政府投资项目使用 BIM<sup>[7]</sup>;新加坡建筑建设局2010年制定了 BIM 推广5年规划,要求2012年起所有的公共建设项目都必须使用 BIM<sup>[27]</sup>。我国也将政府投资项目作为 BIM 应用重点,尤其在地铁和复杂公共建筑方面。基于以上背景,本研究选取政府投资项目作为典型应用。对于 BIM 的组织实施模式,目前在我国普遍采用业主驱动的咨询辅助模式,即由业主委托 BIM 咨询公司,在设计单位完成传统的二维图纸设计后, BIM 咨询公司根据二维图纸资料进行三维建模,开展一系列的设计检测、碰撞检查,并将所创建的 BIM 模型还将指导建设期和运维期活动<sup>[28]</sup>。对于项目的建设/交付模式,传统的设计—招标—采购(Design-Bid-Build, DBB)仍然在建设行业中被最广泛采用<sup>[5]</sup>,综上,文章将采用 DBB 交付模式和 BIM 咨询辅助模式的政府投资项目作为典型研究对象。

### 2.2 利益相关者和价值流确定

在政府投资建设项目中,政府相关部门不仅承担着项目投资人的职责,同时也扮演着建设项目决策者与监督者的角色,因而是非常重要的利益相关者。业主是政府投资人通过行政授权、行政指定和市场招标等形式选择确定的建设单位,它在项目实施过程中主要承担项目建设管理任务,是项目建设管理的责任主体,同时也是项目资金的使用者。它能进行发包招标,并直接与承包商、咨询方等签订合同,项目建成后交付使用单位。由于业主在 BIM 应用驱动中起着决定性作用<sup>[11]</sup>,因此定义 BIM-SVN 中核心组织为业主。此外,对于规模较大的政府投资项目,业主方除委托设计单位、施工单位和监理单位外,还会聘请第三方中介机构——造价咨询单位进行投资监管,他们定期或不定期地向业主方提供相关工程量和工程造价信息,以此作为工程变更及与承包商进行工程结算的基础。随着 BIM 在 5D 造价维中的应用得以实现, BIM 咨询单位可以根据业主方需求向造价咨询方提供基于 BIM 工具计算得出的工程量,该工程量可作为造价咨询方核对工程量和计算工程造价的依据和基础,这将大幅提高业主方对政府投资项目的造价管理能力,有利于节约投资。因此,根据 DBB 模式特征,以及前述的利益相关者确定方法,最终确定了七类利益相关者,分别是政府相关部门(代码 G)、业主(代码 O)、BIM 咨询单位(代码 BC)、设计单位(代码 D)、施工总承包商(代码 C)、专业分包单位(代码

SC)和造价咨询单位(代码CE)。对于监理单位,为了简化模型,将监理单位的职责包含在业主方内,不再单设。

这七类利益相关者的利益是不一致的,建设项目组织中利益相关者的利益取向不尽相同,他们往往会因为对项目的需求和期望不同而产生冲突和矛盾,甚至导致项目失败,主要体现在对建设项目目标的实现上,业主希望充分利用建设资金,以最少的投入获得最佳的项目建设效果;相反的,由于施工单位的经济收益利润与项目投资额成正相关关系,因此他们之间存在利益博弈关系。类似的,在BIM的应用上,七类主体的利益也是有差异的。但是无论是在项目建设方面,还是在BIM应用方面,这些利益均是相互关联和约束的,且共同目标均是更好的完成建设任务,因此,只有在

考虑多赢的情况下实现相互合作,才能保障项目整体目标的实现并最大程度的达到各方目标。为了驱动BIM的应用,充分了解各方的BIM应用需求是十分必要的步骤。

利益相关者特征模板是确定各方价值需求的最佳方式,通过文献分析法对国内外BIM相关白皮书、手册、指南以及学术论文等<sup>[5,11,29-32]</sup>中各利益相关者的角色、目标和特定需求进行定义,然后分别从各类利益相关者中选择1-2名专家进行访谈,最终确定了95条价值流。由于一个主体的输入即为其其他主体的输出,通过输入的价值流即可得到完整的政府投资项目BIM-SVN定性模型,如图3所示,其中输入各主体的价值流编码是价值流指向某主体的代码加顺序码,例如001是输入给业主(O)的第一条价值,来源为政府(G)。

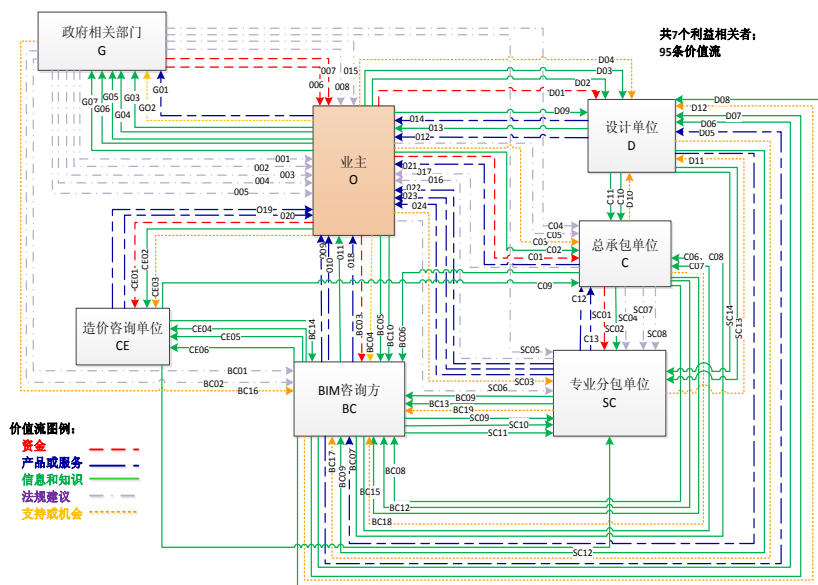


图3 BIM-SVN定性模型

### 2.3 BIM-SVN 整体网络分析

图3中是以七类利益相关者为节点,任意两个主体间的多条价值流为连接构成的多关系网络。根据图中价值流类型分布和价值流向,可以看出BIM-SVN中“知识或信息”价值流数量最多,为39条,占价值流总数的41%,由此说明了BIM是一种基于信息流的管理过程和技术。从价值流的类型上看,网络中的无形价值流数量为60条,占价值流总数的63%,远远多于有形价值流数量35条,这验证了仅对有形价值流进行测算的价值量化方法的局限性和不足。从关系类型上看,业主与其他利益相关者的“受限制交换”(直接关联)数量仅48条,其余均为其他利益相关者之间的价值流,后者是业主与其他利益相关者之间形成“一般交换”的关键,增强了各方的价值获取能力。此外,由图可知利益相关者的输入和输出均包含多类型的价值流,一般从输入到输出需均发生了价值类型的转换,这与专家调研所反馈的信息相符,BIM的应用并非仅是单一价值流的传递,一般需经历从资金到产品或服务,再到知识或信息的转换等。因此,BIM-SVN有利于增强各方对BIM价值的系统认识。

### 2.4 价值流定量评价的收集与整理

对价值流的定量评价采用了两轮德尔菲调查法。考虑到各方仅对与自身有关的价值流有足够的了解,因此针对七类

利益相关者的价值需求分别设计了相应专家问卷。根据专家所在单位类型进行针对性的发放。选取的专家集中在上海、深圳和武汉三地,均为具备至少2年深度接触BIM经验以及至少5年建筑行业从业经验的实践人员,且参与的政府投资项目在一定程度上采用了BIM技术。在二轮调研完成后,共收回101位专家的有效回复,且每一类型利益相关者不少于10位专家。较于经典德尔菲法仅对十几个或者几十个专家进行调研相比,本文调研数量上的增多更大程度上保证了价值流定量评分的代表性和有效性。此外,根据Hallowell和Gambatese<sup>[33]</sup>对建筑领域采用德尔菲方法情况的分析可得,一般是采用2-3轮,具体轮数根据专家回复的一致性而定。由于在开展了两轮德尔菲调研后,专家回复得到价值流评分已十分收敛,未超过两个选项值的平均差距0.2,一般在0.1左右,因此认为两轮德尔菲法后的结论是可接受的。以业主方输入的价值流为例,部分调研结果如表1所示。可以看出经过两轮德尔菲调查后,价值流评分的方差逐渐减少,得分逐步趋于一致,可以此为基础建立BIM-SVN定量模型。

### 2.5 最关键价值路径确定与分析

基于BIM-SVN定量模型,采用基于DSM技术以及图论中的邻接矩阵、可达矩阵算法的相关程序,可以得到任意两个利益相关者之间全部的价值路径及得分,路径数量的矩阵见



表2。可以看出,在一个由七类利益相关者和95条价值流组成的SVN模型中,以业主为起点和终点的价值路径数量为481787条,它是本文进行BIM-SVN分析的样本空间。样本空间中路径得分的最大值为0.6,见图4中路径①,路径得分大

于0.1的仅469条,不到全部路径的1%。当取路径得分的最小值为0.01时,路径数量为25255,占总路径的52.42%,说明低价值路径的数量较多。

表1 业主方输入的价值流得分统计表(部分)

编号	利益相关者	价值流	来源	第一轮		第二轮	
				均值	方差	均值	方差
O01	业主	BIM 相关法律法规、标准	政府相关部门	0.45	0.28	0.52	0.06
O02	业主	BIM 相关政策支持	政府相关部门	0.61	0.26	0.62	0.10
O03	业主	BIM 应用指南	政府相关部门	0.44	0.26	0.46	0.08
O04	业主	基于 BIM 的项目审批制度	政府相关部门	0.41	0.23	0.49	0.10
O05	业主	基于 BIM 的项目招标文件和合同示范文本	政府相关部门	0.32	0.24	0.43	0.10
O06	业主	BIM 应用的投资	政府相关部门	0.35	0.22	0.51	0.09
O07	业主	投资回报	政府相关部门	0.32	0.25	0.44	0.07
O08	业主	对 BIM 的应用的支持和监督	政府相关部门	0.27	0.26	0.35	0.10
O09	业主	BIM 相关的培训	BIM 咨询单位	0.48	0.27	0.55	0.09
O10	业主	多维信息集成的 BIM 模型	BIM 咨询单位	0.48	0.27	0.50	0.08
O11	业主	基于 4D 的施工进度信息	BIM 咨询单位	0.48	0.27	0.45	0.09

表2 利益相关者之间价值路径数量矩阵

利益相关者	政府相关部门	业主	BIM 咨询单位	设计单位	施工总承包单位	专业分包单位	造价咨询单位
政府	24353	3479	9163	23976	16094	27115	27198
业主	7	481787	1367	4086	2555	4614	3411
BIM 咨询单位	5173	735	47673	2473	2785	3569	1581
设计单位	11235	1605	3467	38789	5590	7839	10770
施工总承包单位	8890	1270	1742	5406	44480	3636	7200
专业分包单位	5054	722	1472	4150	3971	44274	5205
造价咨询单位	13020	1860	5076	12668	7145	10020	20808

通过搜索可以得到业主传递给不同利益相关者的最高分价值路径,见图4中①至⑥,这些“受限制交换”可反映出驱动各方采纳BIM的最关键措施。对于政府相关部门,路径①显示政府部门采用BIM的最大动机是业主能提供更好的建设服务(G01),而业主采用BIM需要政府相关部门提供BIM相关的政策支持(O02),因此业主需通过BIM技术提高对投资、进度、安全 and 质量等方面的管控能力,而政府应尽快出台与BIM相关的政策法规来支持BIM在建筑行业的

应用,如此才能实现价值双赢。而设计单位、BIM咨询单位和造价咨询单位均最关注“服务费”(D01、BC03、CE01),施工总承包单位最关注“BIM相关的合同条款”(D01),因此,业主可针对性的制定激励措施,这与学者Olofsson<sup>[34]</sup>、Miettinenhe和Paavola<sup>[35]</sup>等提出的BIM的效益应在利益相关者之间进行分配,以及BIM技术的采纳需要利益相关者之间合作方式和合同条款改变的观点相一致。

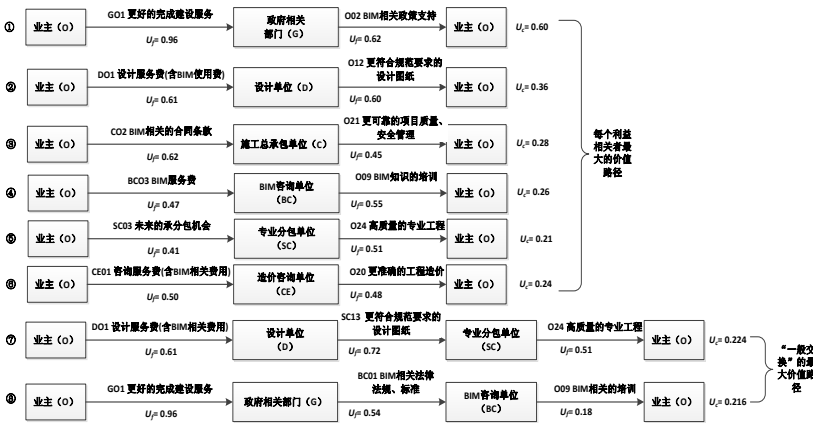


图4 业主方的价值路径中部分高分路径

此外,高分价值路径中的“一般交换”即为BIM应用的驱动路径,图4中路径⑦和⑧为最高分的“一般交换”。以路径⑦为例,“设计服务费(含BIM相关费用)”(D01)是设计单位最希望从业主方获得的价值,专业分包单位最希望从设计单位获得“更符合规范要求的图纸”(SC13),如此业主可以获得“高质量的专业工程”(O24)。该路径表明业主方应提高设计服务费来鼓励设计单位应用BIM开展协同设计,

作为政府投资项目,该措施也意味着需在项目概算中应增加BIM应用成本;此外,业主应优先鼓励BIM技术在专业分包工程中推广应用。以上措施也得到了实际案例的支撑,如上海中心和上海迪斯尼项目均在BIM应用中采取过相关措施。

2.6 与传统模型下的价值获取能力比较

传统的利益相关者分析一般仅考虑利益相关者与核心组织之间的直接关联,如H&S模型,而SVN的优势在于系统

的考虑了直接和间接交换。因此，本文通过将SVN与传统典型的H&S模型进行比较可以更全面的评价利益相关者价值获取能力。

由于SVN和H&S模型中的价值路径数量不同，故采用相对指标PWSO\_SVN、PSO\_SVN、PWSO\_H&S和PSO\_H&S进行对比。图5显示PWSO与PSO的走势大致呈现正相关，变化幅度和趋势基本相同，说明利益相关者所处的结构位置能够很大程度上反映利益相关者的价值获取能力。结合网络理论，结构位置重要的利益相关者对网络具有很强的控制优势，可以通过这种控制权获得更多利益。另外，通过PWSO\_SVN与PWSO\_H&S对比发现，在SVN模型中，除业主外，BIM咨询单位为的最大受益方，其次为总承包单位和专业分包单位。但在H&S模型中，政府为最大的受益方，其次是设计单位和总承包单位。这种变化反映了间接交换在利益相关者价值获取能力上的正向作用，总承包单位和专业分包单位能与其他各方之间紧密的间接关联获得更大的价值。实际项目中，大部分施工单位考虑到BIM的应用的大量投入，选择被动或不采用BIM。通过SVN分析可为施工单位采纳BIM提供更充足的动力。对于造价咨询单位，在SVN和H&S模型中均为获得是价值最少的单位，这也解释了为什么目前造价咨询单位几乎未采用BIM技术。因此，通过WSO指标可以量化各利益相关者在BIM应用中的受益程度，可为BIM价值在各利益相关者之间的分配提供依据。

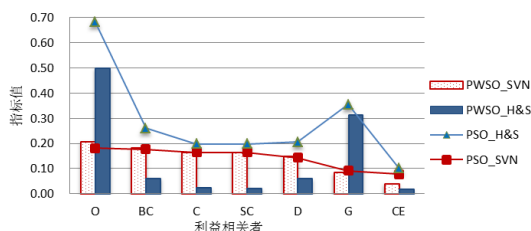


图5 SVN和H&S模型的PWSO和PSO对比图

## 2.7 利益相关者 BIM 应用策略分析

利益相关者的价值来源有三种：与业主紧密的直接交换、与其他利益相关者紧密的间接交换、所处的结构位置。由于PWSO是反映交换关系强度和结构位置的综合型相对指标，但PSO是仅反映结构位置属性的单一型相对指标。通过这两项指标得到的三个对比指标可进一步分析利益相关者价值来源，并在此基础上提出各方的BIM应用策略。

(1)(PWSO\_SVN)-(PSO\_SVN)反映SVN模型下各主体的交换关系强度对比；

(2)(PSO\_SVN)-(PSO\_H&S)反映两种模式下各主体的结构中心性对比；

(3)(PWSO\_SVN)-(PWSO\_H&S)反映两种模式下各主体的交换关系强度和结构中心性的综合对比。

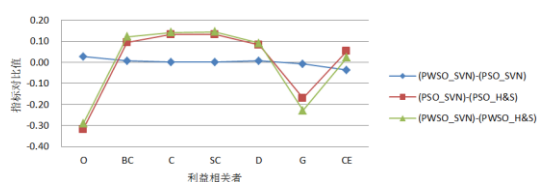


图6 三项指标的结果对比

通过图6可以得出：(1)在交换关系方面，除业主外，

BIM咨询单位和设计单位获得最多的价值，造价咨询单位获得的价值的最少，说明前两类主体的价值来源主要是交换关系强度，即经过它们的价值路径总体得分较高。(2)在结构中心性和综合属性方面，总承包商和专业分包商获得的价值最多；除业主外，政府相关部门获得价值最少，说明前两类主体的结构中心性较强，即经过它们的价值路径较多。由此可得出的各方的BIM应用策略如下。

(1) BIM咨询单位和设计单位的交换关系强度优势明显，但结构关系较少，应采用“结构策略”，即建立更多新的交换关系，使关系数量增多，增强结构中心性。具体而言，关系数量的增多主要依赖直接关系数量的增多，BIM咨询单位可以基于BIM技术为其他各方提供更多的咨询服务，实现BIM技术从3D到nD的拓展。而设计单位可以通过增加对BIM技术多方面应用增加交换关系数量。目前绝大多数项目在设计阶段对BIM技术的应用还局限于三维展示和碰撞检查，其它分析功能则用之寥寥，如建筑性能与环境分析，包括日照分析、可视度分析、光环境和热环境分析等，以及基于BIM模型的专业分析，包括结构分析、水暖电分析等，这些深层次的应用有利于提高设计单位的结构中心性。

(2) 总承包商和专业分包商是结构位置和间接关系的最大受益者，但是交换关系强度较弱，应采用“交换策略”，即业主可增加对该类主体的资源分配，使价值流路径得分增加，提高交换关系强度。具体而言，由于总承包商和专业分包商为项目具体实施方，因此在结构中心性具有先天优势，能据此获得较大的BIM应用价值。但是通过调研发现，总承包商和专业分包商自身对BIM的需求并不强烈，若业主未在合同中强制要求采用BIM技术，则鲜有承包商会主动采用。究其原因是BIM技术处于探索阶段，是否能带来理想的投入产出效益很难确定，作为项目的受托方不会轻易尝试使用该新技术，因此业主作为委托方在推动BIM采纳中具有重要位置，应当投入更多的资金方面支持和技术方面帮助，使总承包商和专业分包商有更大的动力和项目机会来尝试使用BIM技术，切身感受BIM技术所带来的效益，以此提升自身对BIM技术的需要程度，增加交换关系强度。

(3) 政府相关部门在H&S模型中表现出极强的价值交换能力，但是在SVN模型中，随着间接关系的引入，交换关系强度和结构中心性明显降低，因此，需同时采取“结构策略”和“交换策略”来系统提升价值获取能力。类似的有业主单位，在SVN模型中的价值交换能力与在H&S模型中相比显著下降，因此同样需采取综合策略。具体而言，政府相关部门作为政府投资项目的出资人和监管人，推行BIM技术有利于其加强对建设项目从规划、设计、施工、运维等全寿命周期的监控管理。为了实现该目标，政府相关部门应深刻了解BIM对建筑业变革性的作用，推动项目建设逐步从粗犷型向精细型转变，这种意识和态度的转变有利于提高其在价值获取方面的交换关系强度；此外，政府相关部门应出台各项支持性政策法规，制定公开统一的BIM软件建模标准、数据标准等并投入一定量的资金，从而与其他项目利益相关方建立更多的交换关系，提高在BIM应用驱动上的结构中心性。正如Wong等<sup>[29]</sup>通过将美国BIM应用的总务管理局与我国香港地区的政府管理部门进行对比后发现，在BIM的实施问

题上,政府部门起着至关重要的作用,它是推动 BIM 的最主要力量。

此外,业主方作为 BIM 应用的最大受益方之一,应对项目参与方提出 BIM 指导规范并纳入合同要求,这对促进 BIM 在项目中有应用有积极作用,有利于提高各参与方的 BIM 应用深度,提高业主方的结构中心性;另外,感知的高成本使 BIM 承包商对 BIM 技术应用望而却步,因此,业主有意愿增加对 BIM 技术的投入对承包商采纳 BIM 非常关键,因此业主方增强对 BIM 的了解并尽早要求在项目中使用 BIM 技术,这有利于增强其在价值获取方面的交换关系强度。

(4) 造价咨询单位在 H&S 模型和 SVN 模型中均表现出最低的价值获取能力,可以认为目前该类单位推行 BIM 的条件还未完全达到,暂时无法提出针对性的推动措施。这与调研结果相符,随着 BIM 技术在 5D(成本)功能上的拓展,造价咨询单位面临巨大的改革重压,但是由于 5D-BIM 计算出的投资额涵盖的内容不全面,金额不准确,因此迄今未对造价咨询行业产生重大影响。而且目前国内尚未有一家造价咨询单位完全采用 BIM 技术计算工程造价,但是随着国内 BIM 技术极其配套措施的日趋完善,以及其他各方增加对 BIM 技术的应用,定将促使造价咨询单位采用 BIM 技术,但就目前而言,改革策略尚不清晰。

根据以上分析,通过各利益相关者在 SVN 中“结构位置优势”和“交换关系优势”的高低可绘制 BIM 应用策略矩阵,如图 7 所示。以第四象限为例,由于施工总承包单位和专业分包单位表现为“低”结构位置优势和“高”交换关系优势,因此本文建议两类主体选择“结构策略”来增强 BIM 应用中的价值获取能力。



图7 利益相关者的策略矩阵

### 3 结论

BIM技术应用是一个系统工程,涉及到众多的利益相关者,各方之间的多次价值交换和价值传递使BIM的应用形成了一个多关系的复杂网络。现有的网络分析方法,如SNA,仅能分析多主体间有唯一交换关系且关系类型单一的网络,因此,无法适用于BIM应用的分析。此外,目前的BIM价值定量测度方法存在较大的局限性和不足。SVN方法借鉴新经济社会学和社会交换理论,将利益相关者之间的多种关系放在同一个网络框架下进行研究,可同时分析各方之间的“受限制交换”和“一般交换”,并能从全局的角度对价值进行定量评价。本文结合BIM应用的特征,提出了BIM-SVN的构建方法,以DBB交付模式和咨询辅助模式下的政府投资项目为研究对象,实现了对此类典型项目BIM应用的价值流量化,并提出了驱动BIM应用的关键价值路径,最后通过对SVN和

H&S模型的指标对比得出了各方的价值获取能力,结合利益相关者的“交换关系强度”和“结构位置”特点提出了针对性的BIM驱动策略矩阵。

SVN将利益相关者理论、网络理论和价值理论进行有效结合,目前在一些国际环保项目和能源项目的战略决策方面进行了应用,与传统方法相比显示出较大的优势。本文将这一理论和方法进一步拓展到建筑领域的BIM技术应用方面,通过建立BIM应用中利益相关者的价值网络,有利于增强各方对BIM价值的系统和定量认识,为我国BIM驱动策略的制定和实施提供了新视角。

### 参考文献

- [1] Construction M G. The business value of BIM: Getting Building Information Modeling to the bottom line [R]. Bedford: McGraw-Hill Construction, 2009.
- [2] Smyth H. Construction industry performance improvement programmes: the UK case of demonstration projects in the ‘Continuous Improvement’ programme[J]. Construction Management and Economics, 2010, 28(3): 255-270.
- [3] Autodesk. Autodesk white paper for BIM[EB/OL]. [2014-08-09]. <http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/home?site>.
- [4] Construction M G H. The business value of BIM in North America: multi-year trend analysis and user ratings (2007-2012) [R]. Bedford: McGraw-Hill Construction, 2012.
- [5] Porwal, A., K. N. Hewage. Building Information Modeling (BIM) partnering framework for public construction projects [J]. Automation in Construction, 2013, 31: 204-214.
- [6] Institute for BIM in Canada. Executive summary, BIM Survey, 2011-2012[R]. IBC, 2012.
- [7] 何关培. BIM 总论[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.
- [8] He Guan - pei. Pandect of BIM [M]. Beijing: China Building Industry Press, 2011.
- [9] Zuppa D, Issa R R A, Suermann P C. BIM’s impact on the success measures of construction projects [J]. Computing in Civil Engineering, 2009: 503-512.
- [10] Becerik-Gerber B, Rice S. The perceived value of building information modeling in the US building industry [J]. Journal of information technology in Construction, 2010, 15(2): 185-201.
- [11] 王广斌,张洋,姜阵剑等. 建设项目施工前各阶段 BIM 应用方受益情况研究[J]. 山东建筑大学学报:2009, 24(05): 438-442.
- [12] Wang Guang-bin, Zhang Yang, Jiang Zhen-jian, et al. Benefit situation to stakeholders using BIM in preconstruction stage of projects [J]. Journal of Shandong Jianzhu University, 2009, 24(05): 438-442.
- [13] Barlish K, Sullivan K. How to measure the benefits of BIM- A case study approach [J]. Automation in Construction, 2012, 24: 149-159.
- [14] Grilo A, Jardim-Goncalves R. Value proposition on interoperability of BIM and collaborative working environments [J]. Automation in Construction, 2010, 19(5): 522-530.
- [15] Dehlin S, Olofsson T. An evaluation model for ICT investments in construction projects [J]. Journal of Information Technology in Construction (ITcon), special issue, Case studies of BIM in use, 2008, 13: 343-361.
- [16] Linderoth H C J. Understanding adoption and use of BIM as the creation of actor networks [J]. Automation in construction, 2010, 19(1): 66-72.
- [17] Freeman R E. Strategic management: A stakeholder approach [M].

- Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
- [18] Rowley T J. Moving beyond dyadic ties: A network theory of stakeholder influences [J]. *Academy of management Review*, 1997, 22(4): 887-910.
- [19] Cameron B G, Crawley E F, Loureiro G, et al. Value flow mapping: Using networks to inform stakeholder analysis [J]. *Acta Astronautica*, 2008, 62(4): 324-333.
- [20] Feng W. Strategic management for large engineering projects: the stakeholder value network approach [D]. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 2013.
- [21] Zafirovski M. Social exchange theory under scrutiny: A positive critique of its economic-behaviorist formulations [J]. *Electronic Journal of Sociology*, 2005, 2: 1-40.
- [22] Turner J R. Gower handbook of project management [M]. 3rd ed. Aldershot: Gower Publishing, 2014.
- [23] Morris P, Pinto J K. The Wiley guide to project, program, and portfolio management [M]. Hoboken: Wiley, 2010.
- [24] Eastman C, Teicholz P, Sacks R, et al. BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors [M]. 2nd ed. Hoboken: Wiley, 2011.
- [25] Construction M G H. Building Information Modeling: Transforming Design and Construction to Achieve Greater Industry Productivity [R]. McGraw-Hill Construction, 2008.
- [26] Cropanzano R, Mitchell M S. Social exchange theory: An interdisciplinary review [J]. *Journal of Management*, 2005, 31(6): 874-900.
- [27] Sutherland T A. Stakeholder value network analysis for space-based earth observations [D]. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 2009.
- [28] Fu F, Feng W, Li Z, et al. A network-based modeling framework for stakeholder analysis of China's energy conservation campaign [J]. *Energy*, 2011, 36(8): 4996-5003.
- [29] Building and construction authority. BCA's Building Information Modelling Roadmap [EB/OL]. [2014-09-03]. [http://www.bca.gov.sg/newsroom/others/pr02112011\\_BIB.pdf](http://www.bca.gov.sg/newsroom/others/pr02112011_BIB.pdf).
- [30] 孙峻, 李明龙, 李小凤. 业主驱动的 BIM 实施模式研究[J]. *土木工程与管理学报*, 2013, 30(3):80-85.
- [31] Sun Jun, Li Ming-long, Li Xiao-feng. Research on the implementation modes of BIM for the owners [J]. *Journal of Civil Engineering and Management*, 2013, 30(3):80-85.
- [32] Wong A K D, Wong F K W, Nadeem A. Government roles in implementing building information modelling systems: Comparison between Hong Kong and the United States [J]. *Construction Innovation: Information, Process, Management*, 2011, 11(1): 61-76.
- [33] Computer Integrated Construction Research Program. BIM Project Execution Planning Guide – Version 2.0[M]. The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA, 2010.
- [34] Gu N, London K. Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry [J]. *Automation in construction*, 2010, 19(8): 988-999.
- [35] Succar B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders [J]. *Automation in Construction*, 2009, 18(3): 357-375.
- [36] Hallowell M, Gambatese J. Qualitative research: Application of the Delphi method to CEM research [J]. *Journal of construction engineering and management*, 2009, 136 (1): 99-107.
- [37] Olofsson T, Lee G, Eastman C. Editorial- Case studies of BIM in use [J]. *IT in Construction*, 2008, 13: 244-5.
- [38] Miettinen R, Paavola S. Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modeling [J]. *Automation in Construction*, 2014, 43: 84-91.

## Study on the value flows and driver paths of BIM technology application based on SVN

LE Yun<sup>1</sup>, ZHENG Xian<sup>1</sup>, LI Yong-kui<sup>1</sup>, LU Yu-jie<sup>2</sup>, BAI Ju<sup>1</sup>

(1. School of Economics and Management, Tongji University, Shanghai 200092, China;

2. School of Design and Environment, National University of Singapore, Singapore)

**Abstract:** Building Information Modeling (BIM) is the process of creating and using digital models for design, construction, and operations of projects, which is also considered as a disruptive technology. The primary reason for China's low adoption of BIM technology is currently the lack of recognition by participants on the added value effect. Therefore, it is vital to consider the perceived value of primary stakeholders, and understand the interrelations between them. In essence, BIM application involves a multitude of stakeholders, among whom there exists multi-type organization relationships, complex value exchange relationships as well as value propagation. Due to the systematization and complexity of BIM application, this paper intended to employ the multi-discipline method Stakeholder Value Network (SVN) to research on the value flows and driver paths of BIM technology application.

Drawing on stakeholder theory, value theory, and relevant approaches of SVN, this paper proposed three core hypotheses, and four procedures and methods in order to construct a specific mode of BIM-SVN. The main methods comprise stakeholder identification, value flow quantification, value path searching, and analysis of value acquisition ability. Based on the proposed methods, this paper investigates government investment projects which adopt Design-Bid-Build delivery method and BIM consultant mode. Moreover, this paper constructs a qualitative BIM-SVN mode containing seven categories of stakeholders and 95 value flows at the onset. Though a two-round Delphi method, 101 BIM experts from distinct participant categories were investigated in order to achieve the score of all value flows and complete the quantitative BIM-SVN mode. The key value paths to promote the adoption of BIM technology were identified. By comparing BIM-SVN mode with traditional Hub-and-Spoke mode, a more comprehensive evaluation of value acquisition ability on stakeholders was achieved. In addition, stakeholders' strategies for BIM application were proposed, including structural strategy, exchange strategy, and integrated strategy.

SVN method has been proven to be more effective and advantageous than conventional approaches when conducting researches on BIM technology application in the construction industry. Developing a multi-relation network of BIM technology application is conducive to enhancing systematical and quantitative recognition of BIM values for stakeholders, which provides a new perspective for BIM driven strategy formulation and implementation in China.

**Key words:** Building information modeling (BIM); Stakeholder value network (SVN); Government investment projects; Drive paths

中文编辑: 杜 健; 英文编辑: Charlie C. Chen