

# 不对称信息下基于委托代理模型的 BIM 推广研究

高旭阔, 刘雨轩, 严梦婷

(西安建筑科技大学 管理学院, 陕西 西安 710055)

**摘要:** BIM 技术的应用对传统建筑业带来了全新的机遇与挑战, 高速且有效的建筑信息传递能力给原有利益主体间存在的不对称信息带来了巨大的冲击, 一定程度上压缩了承包商通过信息优势获取利润的空间, 业主与承包商原有的利益均衡将被打破, 同时新的利益均衡状态需要制定全新的激励机制相配合. 结合建设工程项目应用 BIM 技术后的实际状况, 论文引入信息不对称变量  $i$  用以探究引入 BIM 技术后业主与承包方的利益均衡状态, 同时增加负激励函数对传统委托代理模型进行修正用以构建更加合理的激励机制. 通过模型求解表明: 承包商的努力程度与其技术水平和信息不对称程度呈正相关, 与不良行为发生的可能性呈负相关; BIM 技术的应用会使承包商采取不良行为. 消除不良行为, 增加承包商对 BIM 技术接受度的途径是根据承包商面临的风险强度和不对称程度设置强度相当的负激励机制.

**关键词:** BIM; 委托代理模型; 信息不对称; 博弈; 负激励机制

中图分类号: TU17

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2020)04-0610-07

## BIM promotion based on principal-agent model under asymmetric information

GAO Xukuo, LIU Yuxuan, YAN Mengting

(School of Management, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China)

**Abstract:** BIM technology has brought new opportunities and challenges to the traditional construction industry. The high-speed and effective construction information transmission capability has brought a huge impact on the asymmetric information existing between the original stakeholders, and has compressed contractors to a certain extent. The space for obtaining profit through information advantages will break the original balance of interests between the owner and the contractor, and the new balance of interests requires the development of a new incentive mechanism to cooperate. By analyzing the actual situation, the paper introduces the information asymmetry variable  $i$  to explore the balance of interests between the owner and the contractor after the introduction of BIM technology, and at the same time adds a negative incentive function to modify the traditional principal-agent model for construction A more reasonable incentive mechanism. The model solution shows that the contractor's effort is positively related to its technical level and information asymmetry, and negatively related to the possibility of bad behavior; The application of BIM technology will cause contractors to take bad behavior. The way to eliminate bad behaviors and increase contractors' acceptance of BIM technology is to set up a negative incentive mechanism with a similar strength according to the risk intensity and information asymmetry faced by contractors.

**Key words:** BIM; principal-agent model; information asymmetry; game; negative incentive mechanism

建筑业作为中国国民经济支柱产业, 伴随国家经济的稳健发展, 正处于较快的发展进程之中. 中国每年新增建筑面积近 20 亿  $m^2$ , 巨大的需求形成了机遇与竞争并存的行业环境<sup>[1]</sup>. 为提升建筑业信息化水平, 促进行业转型, 我国于 2003 年引入 BIM 技术并颁布了许多相关政策促进其有效实施. BIM (Building Information Modeling) 一般指建筑信息模型. 它的核心是利用数字化技术将建筑的全生命周期整合于一个三维模型信息库中. 该技术的应用能够显著减少图纸错误并提高人工效

率<sup>[2-3]</sup>, 同时还能为企业之间的信息共享提供一个能够通过增强管理互操作性和有效性来增加项目价值的平台<sup>[4]</sup>.

目前, BIM 技术对提高建筑行业整体水平的作用已经被业内认可, 但其在建筑行业的推广却并不乐观, 与国际建筑业信息化率 0.3% 的平均水平相比, 我国建筑业信息化率仅约为 0.03%<sup>[5]</sup>, 信息化水平相差甚远. 针对这一现状, 许多学者都进行了研究. 多项研究结果表明: 软件成本高、兼容性差, 项目各参与方协作意愿不明显、

收稿日期: 2020-01-19

修改稿日期: 2020-07-08

第一作者: 高旭阔(1973—), 男, 教授, 博士, 主要从事工程经济管理. E-mail: gaouxukuo@xauat.edu.cn

通讯作者: 刘雨轩(1993—), 男, 硕士, 主要从事工程经济管理. E-mail: 412719787@qq.com

人才匮乏等都是BIM推广的障碍<sup>[6-10]</sup>。事实上,BIM技术的推广程度受多方因素的影响,BIM推广使用时最主要的利益相关者是承包商、业主以及政府。其中,政府的主要作用是提供相关政策环境,而业主与承包商之间则形成了一种委托代理(PA)关系。即在项目建设过程中,业主委托承包商运用BIM技术进行建模,作为代理人的承包商则接受业主的委托运用BIM技术进行信息整合及模型构建。虽然从表面上看,业主在推广BIM方面发挥着主要驱动作用,但在实际操作中业主却相当依赖承包商在BIM实施方面所拥有的专业知识和资源。因此,在业主-承包商的委托代理关系中,其核心问题是委托人如何设计最优契约与激励机制来鼓励代理人努力工作,以实现引入BIM技术项目的整体绩效优化。

围绕业主对承包商的激励问题,学者们主要在激励机制作用方面展开了研究,Rose和Manley<sup>[11]</sup>提出在合同中制定激励条款能够激发项目主要参与者的工作热情,Davis<sup>[12]</sup>等人发现激励共享的激励条款能够协调各项目参与方的积极性,合理分配利益,Arrighetti<sup>[13]</sup>等人表示,通过合作与沟通建立出的规范制度能够提升公司的服从性,但是激励与惩罚依然是制度规范的核心。国内研究方面,Chang<sup>[14]</sup>论证了建筑工程中激励强度对工程绩效的影响,陈勇强等人<sup>[15]</sup>建立了一个多任务的激励模型来帮助承包商进行资源配置,并根据项目环境以及承包商工作能力不同设置了不同的激励强度。

然而,上述研究所描述的激励机制均是正向的,即业主会根据承包商完成业绩的比例给予奖励。但在项目建设的过程中,业主往往会在合同中就安全文明、工程质量、工程进度等各个方面对承包商设定完整的处罚条例,采用“负激励机制”管控项目的逐步实施。

此外,由于业主与承包商都是符合“经济人”假设的个体,其所有行为的目的都是为追求自身利益最大化,因此承包商可能出现因追求自身经济效益而损害业主利益的“败德行为”<sup>[16]</sup>,即委托代理模型中的“道德风险”,这里指承包商可能利用自身的信息优势采取虚报建材价格、偷工减料、瞒报问题等方式来获取利润。而BIM技术的应用将打破原有的信息壁垒,通过建模,业主能够直观的看到可能产生问题的地方并加以警惕。因此,BIM技术的应用能够降低与承包商之间的信息不对等程度,影响原有的利益分配。

对于承包商而言,使用BIM软件后承包商能够获得一定的建模费用,且通过BIM软件的碰撞检测可以提前发现施工过程中存在的某些问题,避免物料损耗并节约工时。对于业主而言,BIM模型的建立能够更加清晰的表现项目整体建设过程,充分发挥业主的资金效益。

基于以上分析,针对BIM技术推广中存在的现实状况,本研究对传统委托代理模型进行了两方面的修正:(1)采用了“负激励机制”,使修改后的委托代理模型更加贴合建设项目的实际情况;(2)引入“信息不对称”这一新变量,用以衡量不对称的信息对项目各方效益的影响。修正后的委托代理模型将解析出BIM技术推广对承包商和业主产生的利益影响;以及在何种情况下,建筑行业能够普遍接受BIM技术的推广,为我国BIM技术的推广给出合理建议。

## 1 问题描述与模型假定

承包商与项目所有者双方都遵循“经济人”假设,模型中委托人为业主,代理人为承包商。业主以及承包商都是理性的,并以追求自身利益最大化为目标。建立委托代理模型所作的基本假设如下。

假设1 工程项目建设中承包商的实际努力程度与业主观察到的努力程度存在差异,信息不对称的程度对这种差异有直接影响。

具体表示为

$$h = ih', h, h' \in (0, 1)$$

其中: $h$ 指项目承包商的努力程度, $h'$ 指业主观察到的承包商努力程度,两个变量之间存在线性关系。在建设项目中,项目业主不能完全监控承包商的活动,即使承包商使用劣质材料或偷工减料,业主可能永远不知道,故 $h' > h$ 。其中变量 $i$ 是指信息的对称程度。若 $i = 1$ ,则说明项目所有者与承包商之间的信息是完全对称的,此时项目所有者可以准确地知道承包商做了什么。若 $i = 0$ ,则说明即使承包商没有为项目做出任何事情业主也会认为承包商做的很好。但这两种情况在现实中不可能存在,故 $i \in (0, 1)$ 。在引入BIM技术的项目中, $i$ 的大小是由BIM在项目中的运用深度所决定的, $i$ 越大意味着BIM在项目中的运用程度越深,业主所掌握的有关承包商的信息就越全面,承包商出现设计变更或材料设备供应不及时致使工期延误的可能性越小。

假设2 工程业绩将由承包商的综合技术水平

以及外部环境所决定.

$V$ 、 $V'$  分别为承包商的项目绩效以及业主观察到的项目绩效, 即

$$V = kh + \varepsilon, V' = kh' + \varepsilon$$

其中,  $k$  为承包商的综合技术水平, 包括人员素质、管理水平等,  $\varepsilon$  为外部环境的不确定因素, 且服从正态分布  $\varepsilon \sim (0, \delta^2)$ .  $\delta^2$  越大说明外部环境的不确定性越强. 当承包商在工程中的努力程度  $h$  接近零时, 该工程的总绩效也会变成零.

假设 3 在整个项目中承包商所获得的利益, 即

$$S(V) = S_1(V) + S_2(V)$$

其中,  $S_1(V)$  为信息不对称状况下承包商能够获得的潜藏利益, 潜藏利益包括材料购买时的市价与合同标明的材料价格之间的差价等, 这部分利益不涉及道德风险问题. 在本研究中, 我们假设这种收益等于业主观察到的绩效减去实际绩效, 即

$$S_1(V) = V' - V = k(h' - h).$$

$S_2(V)$  为委托人支付给代理人的报酬, 即

$$S_2(V) = a - f$$

其中:  $a$  为合同签订时的固定报酬,  $f$  为负激励函数, 即承包商违规后业主对其的惩罚力度, 这与实际情况下的奖惩机制一致.  $f$  为一阶线性函数, 即

$$f = f_1 + f_2 + \dots + f_n$$

其中,  $f_1 \sim f_n$  分别为业主在合同中设定的各类罚款制度. 如: 项目部门随意更改设计图纸内容的罚款, 隐蔽施工没有经理检查就进行下道工序的施工、使用材料不合格等罚款等. 这些罚款往往针对的是承包商的败德行为, 当承包商没有触及处罚条例时  $f_i = 0$ . 此外, 本研究将支付报酬的函数设定为线性函数有助于与其他学者的分析结论做比较.

假设 4 承包商成本的函数为

$$C(h) = \frac{1}{2}bh^2.$$

其中,  $b$  代表项目的成本系数, 且  $b > 0$ , 在成本函数  $C(h)$  中承包商的 effort 程度不变时, 项目的成本系数越高意味项目的负效用越大. 同理, 当成本系数固定不变时, 承包商越努力工作, 其产生的成本越高、负效用越大, 且负效用会随着承包商努力程度的提升而提升. 这说明项目难度越大, 承包商付出的成本就越高.  $C(h)$  满足边际成本递增的经济学假定, 即

$$C'' = \frac{\partial^2 C}{\partial h^2} > 0$$

通过 BIM 建模能够提前预测施工过程中可能存在的问题, 进而避免不必要的返工, 节省人力物力与财力. 因此, BIM 在工程项目中的使用会影响工程成本, 但是一些固定成本如税费等并不会因为 BIM 的引入而产生变化, 故本研究只考虑可变成本. 此外, 承包商为了掌握 BIM 技术而付出的成本, 如购买软件、人员培训和后期投入等会使承包商在签订合同前对整个项目所能获得的预期收益进行综合评判, 而不会在合同履行阶段对项目产生影响, 笔者将其排除.

假设 5 遵循传统框架, 本研究假定委托人风险中性, 代理人风险规避. 且根据 Arrow-Pratt 的理论, 承包商的风险可以表示为

$$CR = \frac{1}{2}\rho\text{var}(s) = \frac{1}{2}\rho p^2\sigma^2$$

其中,  $\rho$  为绝对风险规避度量,  $\delta^2$  为外部环境不确定性.  $\rho, \delta^2$  越大风险成本越大.

假设 6 假设承包商有败德行为的概率为  $p$ , 给业主带来的损失为  $pkh'$ .

为了在合同约定工期内完成项目, 承包商可能会采取省略隐蔽工程质量检查或者为了赶进度直接进入下一阶段的施工等行为; 为了获得更高的利润, 承包商也许会偷工减料或者使用劣质材料来追求利益最大化.

总的来说, BIM 能将建设项目在整个生命周期过程中产生的信息都储存在相应的数据库中, 并对不同阶段产生的相关信息加以整合, 因此, BIM 的使用往往会揭示公司的专有信息, 降低承包商与业主间信息不对称的程度, 破坏企业间原有的效益均衡, 使双方产生新的利益冲突<sup>[17-18]</sup>, 在这个过程中, 承包商产生败德行为的可能性为  $p$ .

## 2 模型的建立与推导

根据委托人风险中性的假设, 委托人的收入为

$$S_p = (kh' + \varepsilon) - k(h' - h) + f - pkh' \quad (1)$$

承包商的 effort 水平只影响项目绩效, 不影响绩效的方差, 故委托人的期望效用函数为

$$E_p = kh + f - pkh' \quad (2)$$

根据代理人的风险假设, 代理人的确定性等价收入为

$$S_a = k(h' - h) + a - f - \frac{1}{2}bh^2 - \frac{1}{2}\rho p^2\sigma^2 \quad (3)$$

由于信息对称度  $i$  与负激励函数  $f$  是本模型的新变量, 因此要先对其进行测试以确保新模型能

够如实描述事实情况. 对于承包商而言, 信息对称程度的边际效用  $\frac{dU_a}{di} = -\frac{kh}{i^2} < 0$ , 说明承包商的效用与信息的对称程度呈负相关, 即 BIM 在工程项目中的应用程度越深, 承包商能够隐藏的信息就越少, 其能够获得的潜在利益就越低; 负激励函数的边际效用  $dU_a/df < 0$ , 表明惩罚金额越高, 承包商可能获得的收益就越小. 业主的信息不对称的边际效用为

$$\frac{dU_p}{di} = \frac{pkh}{i^2} > 0, \frac{d^2U}{di^2} = -\frac{pkh}{2i^3} < 0$$

表明信息不对称程度的降低将进一步降低业主的项目成本, 变相提高项目所有者获得的利益, 且这种影响遵循经济学中边际效用递减的规律, 即当项目双方信息不对称程度越来越低的时候, 提高项目所有者的效益将越来越困难; 负激励函数的边际效用  $dU_p/df > 0$ , 即高额惩罚能够在某种程度上增加业主的效益. 计算表明, 新模型可以准确地解释信息不对称对利益相关者的影响, 符合实际情况. 同时, 计算结果也符合传统的委托代理模型观点及信息不对称理论, 故上述方程可用来建模.

在委托代理关系中, 委托人面临着两个来源于代理人的约束: (1) 参与约束(IR), 指代理人(承包商)在签订合同之后能够确定获得的收入不得低于不签订的收入. (2) 激励相容约束(IC), 指无论业主设定的激励条件如何, 承包商总选择使自己利益最大化的工作方式(努力水平).

委托代理模型的理性约束(IR)为

$$k(h' - h) + a - f - \frac{1}{2}bh^2 - \frac{1}{2}\rho p^2\sigma^2 \geq 0 \quad (4)$$

由式(3)可得承包商的目标函数为

$$\text{Max } u = k(h' - h) + a - f - \frac{1}{2}bh^2 - \frac{1}{2}\rho p^2\sigma^2 \quad (5)$$

根据最优化的一阶条件, 激励相容约束(IC)可表示为

$$(IC)_h = \frac{k - ki}{bi} \quad (6)$$

故修正后的委托代理模型如下.

$$\begin{cases} \text{Max } E(v) = kh + f - pkh' \\ s. t. (IR) k(h' - h) + a - f - \frac{1}{2}bh^2 - \frac{1}{2}\rho p^2\sigma^2 \geq 0 \\ h \in \text{argmax}; k(h' - h) + a - f - \frac{1}{2}bh^2 - \frac{1}{2}\rho p^2\sigma^2 \end{cases} \quad (7)$$

在上式的约束中, IR 表明在合同签订后, 承

包商要受到负激励机制的约束. 承包商采取败德行为的前提是要保证在采取不良措施后自己的单位总收益要大于零.  $\text{Max } E(v)$  为业主的目标函数. 在信息不对称的情况下, IR 与 IC 是同时起作用的. 故无论业主如何惩罚, 承包商都会选择能够使得自己的收益最大化的行动, 委托人的最优化问题表述为

$$\begin{cases} \text{Max } E(v) = kh + f - pkh' \\ s. t. (IR) k(h' - h) + a - f - \frac{1}{2}bh^2 - \frac{1}{2}\rho p^2\sigma^2 = 0 \\ h = \frac{k - ki}{bi} \end{cases} \quad (8)$$

根据上式可求得一阶最优条件为

$$h^* = \frac{k - ki}{bi} \quad (9)$$

$$p^* = -\frac{kh}{i\rho\sigma^2} \quad (10)$$

$$f^* = \frac{k(k - ki)}{bi^2} + a - \frac{(k - ki)^2}{2bi^2} - \frac{1}{2}\rho p^2\sigma^2 \quad (11)$$

命题1 承包商的最优努力水平与综合技术水平正相关, 与信息对称程度呈负相关.

证明 由  $h^* = \frac{k - ki}{bi}$

可得  $\frac{\partial h}{\partial k} = \frac{1 - i}{bi} > 0$ ,  $\frac{\partial h}{\partial i} = -\frac{k}{bi^2} < 0$

当承包商运用新技术或新管理方式使自己的综合技术水平获得提升时, 承包商的努力就更易于转化为项目的实际效益. 此外, 就信息传递状况而言, 双方的信息不对称程度越低, 承包商能够获得的潜藏利益就越小, 当承包商获得的利益不能达到理想目标时, 承包商将会倾向于产生败德行为或者拒绝签订合同. 承包商在使用 BIM 时能够提升项目绩效, 但随着 BIM 运用程度的逐步增加, 大量的信息传递会减少承包商可能的利润空间. BIM 为整个行业都提供了一个信息平台, 但是为了最大限度的降低技术成本, 总有一部分企业会采取“搭便车”这一行为来扩大自身的竞争力<sup>[19]</sup>. 为了保护自身信息不被其他企业获取, 保持自己的技术优势, 很多企业会对 BIM 产生排斥心理, “搭便车”以及过度保护自身信息都是一种代价高昂的行为, 这会导致行业转型举步维艰.

命题2 承包商自身的工作努力程度及综合技术水平与败德行为发生的可能性和工作失误的可能性呈负相关.

证明 由  $p^* = -\frac{kh}{i\rho\sigma^2}$  可得

$$\frac{\partial p}{\partial k} = -\frac{h}{i\rho\sigma^2} < 0, \frac{\partial p}{\partial h} = -\frac{k}{i\rho\sigma^2} < 0$$

随着承包商综合技术水平的提升,承包商在工作中失误并对整个项目造成损失的可能性会逐渐降低。BIM 技术的使用能够提高生产率、效率、质量和可持续性。Azhar<sup>[20]</sup>根据两份调查问卷得出结论,BIM 能够显著减少施工错误,并最大限度地降低返工现象的出现。使用 BIM 来提高项目绩效的主要因素可概括为:合作环境(E)、信息共享(P)、组织协同(O)、工作协调(W)、和数据整合(R)(Sebastian, 2011)<sup>[21]</sup>。

命题3 私人信息的揭露会刺激承包商铤而走险,采取不良行为。

证明 由  $p^* = -\frac{kh}{i\rho\sigma^2}$ , 可得

$$\frac{\partial p}{\partial i} = \frac{kh}{i^2\rho\sigma^2} > 0$$

BIM 的推广往往伴随着承包商信息的披露,这会导致承包商的既有利益受损。一方面,有利于承包商的不对称信息会因使用 BIM 信息平台而被揭露;另一方面,就目前国内市场而言,承包商建立 BIM-5D 模型后能获得的报酬相当有限,但为了提升企业竞争力,承包商会投入大量的时间、金钱、人力、物力在 BIM 技术上。无论是哪种情况,承包商都有可能为了在保障自身利益而采取败德行为。

命题4 负激励强度是承包商所面临风险的递减函数。

证明 由  $CR = \frac{1}{2}\rho p^2\sigma^2$  及  $f^*$  可知,负激励机制强度的设定与承包商所面临的风险强弱有关。

$$\frac{\partial f}{\partial \rho} = \frac{1}{2}p^2\sigma^2 < 0, \frac{\partial f}{\partial \sigma^2} = -\rho p^2\sigma < 0$$

表明负激励机制强度的设定与绝对风险规避度量、外部环境不确定性有关,即当承包商面临高风险项目时,业主的罚款力度应适当降低,以避免承包商拒签合同,这是一种“得失权衡”问题。该命题说明,过高的罚款会提升整个项目的难度,可能导致承包商拒绝签订合同。

命题5 负激励强度是信息不对称程度的递增函数。

证明 由(11)式可得

$$\frac{\partial f}{\partial i} = -\frac{k}{bi^3} < 0$$

当业主与承包商之间的信息不对称程度在 BIM 平台的作用下越来越低时,业主对于承包商的惩罚力度也会适当降低。反映在现实中就是,BIM 的推广能使双方沟通更为顺利,通过使用 BIM 业主能够最大限度的掌握承包商的动态,并减少承包商通过败德行为获取利益的可能性。在这种情况下,业主可以适当的降低部分罚款制度的金额。

命题6

$$\text{由 } (IR)k(h' - h) + a - f - \frac{1}{2}bh^2 - \frac{1}{2}\rho p^2\sigma = 0$$

可得

$$f = \frac{k(k - ki)}{bi^2} + a - \frac{(k - ki)^2}{2bi^2} - \frac{1}{2}\rho p^2\sigma^2$$

$$\text{即 } f > \frac{k(k - ki)}{bi^2} + a - \frac{(k - ki)^2}{2bi^2} - \frac{1}{2}\rho p^2\sigma^2 \text{ 时,}$$

$$k(h' - h) + a - \frac{1}{2}bh^2 - \frac{1}{2}\rho f^2\sigma^2 < 0$$

即当惩罚力度不低于该值时,理性的承包商会放弃违规行为。

综合上述命题及修改后的委托代理模型可以建立如下的效用矩阵(表1),参与者将根据此矩阵选择他们的策略。

表1 业主与承包商博弈矩阵

Tab. 1 Game matrices between owner and contractor

		承包商	
		签合同	不签合同
项目业主	使用 BIM	$(kh + f - \frac{pkh}{i_1}, k(\frac{h}{i_1} - h) + a - f - \frac{1}{2}bh^2 - \frac{1}{2}\rho p^2\sigma^2)$	(0, 0)
	不使用 BIM	$(kh + f - \frac{pkh}{i_0}, k(\frac{h}{i_0} - h) + a - f - \frac{1}{2}bh^2 - \frac{1}{2}\rho p^2\sigma^2)$	(0, 0)

在该效用矩阵中,  $i_1$  表示建筑项目中采用 BIM 技术时的信息不对称程度,  $i_0$  表示没有使用 BIM 技术时的信息不对称程度. 上述效用矩阵的纳什均衡为下式, 当业主选择使用 BIM 技术与承包商签订合同时, 双方利益达到最大, 即满足下式.

$$(kh + f - \frac{pkh}{i_1}, k(\frac{h}{i_1} - h) + a - f - \frac{1}{2}bh^2 - \frac{1}{2}\rho p^2\sigma^2)$$

### 3 结论

本研究基于委托代理模型并结合了运用 BIM 技术的工程项目特点, 建立了有关承包商以及业主的激励机制. 通过对委托代理模型方程及效用矩阵的分析, 可以得出几个结论:

(1) BIM 技术的深入对于业主利大于弊

BIM 技术的使用能够提高承包商的工作效果, 充分发挥业主的资金效益, 提升工作的准确性和速度, 降低不必要的资金损耗.

(2) BIM 技术的深入对承包商有利有弊.

一方面, BIM 技术的应用将会有效提升承包商的综合技术水平、显著减少施工错误, 获得收益. 但从另一方面来看, 随着 BIM 运用深度的不断增加, 大量的信息传递会减少承包商获得潜藏效益的可能性.

(3) 在应用 BIM 技术的前提下, “负激励机制”设定的强度受到项目风险、信息不对称程度以及处罚力度的影响.

过高的罚款、项目风险以及信息优势流失会使得项目难度提高、利润空间萎缩, 这可能会导致承包商拒绝使用 BIM 技术或拒绝签订项目合同.

(4) 现阶段固有的利益分配将有可能阻碍 BIM 技术的应用推广.

虽然在该系统中, 当业主选择使用 BIM 技术与承包商签订合同时, 双方利益达到最大. 但对于承包商而言, 若使用 BIM 技术无法带来与现阶段相比更多的经济效益, 那么 BIM 技术将很难在行业内获得发展.

针对由本研究通过委托代理模型及相关命题的运算推导得到的三项结论, 提出以下合理建议:

(1) 当承包商能够获得的潜藏收益被压缩时, 为了减少其对 BIM 技术的排斥, 业主在签订合同时应采用恰当的承包方式并给予承包商足够的利润空间.

与其他经济管理事务相比, 建设项目具有一

次性、长期性、投资大等特点, 且参与者之间良好的信息传递是双方沟通合作的基础. 根据博弈模型的纳什均衡结果来看, 采用 BIM 技术将会提升整个建筑系统的最大收益, 然而, 通过对结论的分析可以得出: 这些增加的收益主要体现为业主的收益. 而项目参与者关注的始终是自身利益, 所以信息不对称造成的潜在利益始终是利益冲突的核心. 这种利益冲突不仅会影响 BIM 在单一项目中的应用, 还会对 BIM 在整个行业的推动产生重大影响. 因此, 业主方合理的分配这些收益将使业主成为推广 BIM 技术的关键角色.

具体来讲, 由于 BIM 的运用将减少承包商能够获得的潜在效益, 鉴于承包商的团体行为将对 BIM 在整个行业中的推广产生重大影响, 因此, 这种利益的损失有可能导致承包商拒签合同. 若 BIM 在工程项目中的运用不会给承包商带来过多的负效应, 承包商就能在不考虑损失的状态下与业主签订合同. 因此 BIM 合同的设计对新技术的推广有着举足轻重的作用, 设计得当的合同将使业主和承包商就能在利益博弈中实现均衡. 这种均衡状态能正是业主与承包商接受并推广 BIM 的良好开端.

(2) 业主在要求承包商应用 BIM 技术的前提下, 通过使用有效的负激励机制, 提升利益相关者之间的合作程度, 最终达到新的利益均衡状态.

业主与承包商之间最优激励机制的设定一方面受承包商综合技术水平及绝对风险规避度以及承包商所面临的外部环境等因素的影响; 另一方面受 BIM 在工程项目中运用深度的影响, 对称的信息能使业主最大程度的掌握承包商的动态, 这将使得业主可以主动降低对承包商的惩罚力度, 但不应低于承包商有可能采取“背德行为”的风险水平, 这将有效促进利益双方的合作关系.

选择合适的负激励强度是项目成功的重要保证, 需要注意的是工程项目的不同阶段所面临的任務是不同的, 具有动态变化的特性. 这就意味着 BIM 的推广在项目的不同阶段中造成的影响是不同的, 因此未来的研究可以在项目的不同阶段对信息不对称造成的影响加以研究分析, 进一步深化委托代理模型. 同时, 本文在建模时为了模型的简洁在负激励机制上做出了一定的妥协, 因此构造更为详细的激励机制函数是未来研究需要解决的另一个问题.

### 参考文献 References

[1] 刘学成, 我国房地产业中长期发展趋势分析[J]. 经管

- 研究,2011(11):70-73.
- LIU xuecheng,. Analysis on the medium and long-term development trend of my country's real estate industry[J]. Jing Guan Yan Jiu, 2011(11):70-73.
- [2] BARLISH K, SULLIVAN K. How to measure the benefits of BIM: A case study approach[J]. Automation in Construction, 2011, 24:149-159.
- [3] WON J, CHENG J C, LEE G. Quantification of construction waste prevented by BIM-based design validation: Case studies in South Korea[J]. Waste Manag, 2016, 49:170-180.
- [4] EASTMAN C, TEICHOLZ P, SACKS R, et al, BIM handbook: A guide to building information modeling for owners [M]. New Jersey: Wily 2011.
- [5] 高敏,郝生跃. 我国建筑业 BIM 应用影响因素研究——基于因子分析法[J]. 工程管理学报,2019,33(4):38-42.
- GAO min, HAO shengyue. A Study of Influencing Factors for BIM Application in Chinese Construction Industry Based on Factor Analysis[J]. Journal of Engineering Management, 2019,33(4):42-46.
- [6] BRYDE D, BROQUETAS M, VOLM I M. The project benefit of building information modelling (BIM) [J]. International Journal of Project Management, 2014, 31: 971-980.
- [7] HERVA M, HAAPASALO H, HALTTUL H A. Barriers to achieving the benefits of BIM[J]. International Journal of 3-D Information Modeling, 2015, 4(4):16-33.
- [8] OLAWUMI TIMOTHY O, CHAN, DANIEL W M, WONG, et al. Barriers to the integration of BIM and sustainability practices in construction projects: A Delphi survey of international experts[J]. Journal of Building Engineering, 2018,20: 60-71.
- [9] FOUNTAIN J, LANGAR S. Building Information Modeling (BIM) outsourcing among general contractors [J]. Automation in Construction, 2018,95: 107-117.
- [10] SCHIEG M. Strategies for avoiding asymmetric information in construction project management [J]. Journal of Business Economics and Management, 2008,9:47-51.
- [11] ROSE T M, MANLEY K. Client recommendations for financial incentives on construction projects [J]. Engineering, Construction and Architectural Management. 2010,17:252-267.
- [12] LOVE P E, DAVIS P R, CHEVIS R. Risk/reward compensation model for civil engineering infrastructure alliance projects[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2011,137:127-136.
- [13] ARRIGHETTI A, BACHMANN R, DEAKIN S. Contract in construction contracts and its critique[J]. Journal of Construction and Management, 2011,137:127-136.
- [14] CHANG. Principal-agent model of risk allocation in construction contracts and its critique[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2014, 1: 13-32.
- [15] 陈勇强,傅永程,华冬冬. 基于多任务委托代理的业主与承包商激励模型[J],管理科学学报,2016,19(4):45-55.
- CHEN yongqiang. FU yongcheng. HUA dongdong. A multi-task incentive model between the owner and contractor[J]. Journal of Management Sciences in China. 2016,19(4):45-55.
- [16] SON H, LEE S, KIM C. What drives the adoption of building information modeling in design organizations? An empirical investigation of the antecedents affecting architects' behavioral intentions[J]. Automation in Construction, 2015,49:92-99.
- [17] 赵彬,刘星. 基于 BIM 的房地产供应链管理研究[J]. 项目管理技术,2016(14):40-44.
- ZHAO bin, LIU xing, Research on real estate supply chain management based on BIM[J]. Project Management Technology. 2016(14):40-44.
- [18] 高颖,张水波,冯卓. 不完全合约下 PPP 项目的运营期延长决策机制[J]. 管理科学学报,2014(18):48-57.
- GAO Yin, ZHANG Shuibao, FENG Zhuo. Decision-making mechanism for extending the operation period of PPP projects under incomplete contracts[J]. Journal of Management Sciences In China. 2014(18):48-57.
- [19] DUFFY J, OCHS J. Cooperative behavior and the frequency of social interaction [J]. Games and Economic Behavior, 2009,66:785-812.
- [20] AZHAR, S. Building information modeling (BIM): trend, benefits, risks and challenges for the AEC industry [J]. Leader-Ship and Management in Engineering, 2011, 11:241-252.
- [21] SEBASTIAN R. Changing roles on the clients, architects and contractor through BIM[J]. Engineering, Construction and Architectural Management, 2011, 18:176-187.

(编辑 沈波)