

# IPD 模式下建设工程项目激励池分配研究

刘 华, 李冠杰, 辛晓卫

(西安建筑科技大学 管理学院, 陕西 西安 710055)

**摘要:** 为解决 IPD 模式现有利润分配方式易导致盈余目标成本分配不公平的现象, 针对 IPD 模式激励池分配问题, 在分析了激励池分配与利润分配区别的基础上总结了激励池分配基本原则; 利用全因素法设计了考虑企业特质、实际贡献、努力程度、风险及动态因素的参与者权重综合评价指标体系, 并创造性利用评价指标体系改进多权重 Shapley 法, 构建出综合考虑参与者边际贡献与实际付出的激励池分配模型, 有效解决了经典 Shapley 值法仅考虑参与者边际贡献而导致搭便车的弊端; 最后通过实例验证了模型的有效性, 使 IPD 模式利润分配兼具公平性与柔性。

**关键词:** IPD 模式; 利润分配; 激励池; 多权重 Shapley 值法; 全因素法

中图分类号: TU722

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2018)06-0913-06

## Research on incentive pool allocation in construction project under IPD mode

LIU Hua, LI Guanjie, XIN Xiaowei

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

**Abstract:** In order to solve the problem that the existing profit distribution mode could easily lead to unfair distribution of earnings target cost, the essential difference between incentive pool distribution and profit distribution is analyzed and a comprehensive evaluation index system is designed considering the characteristics of enterprise, the actual contribution, the degree of effort, the risk and the dynamic factors by full-factor method, and based on that, multi-weight Shapley value method is improved to construct a mode of incentive pool allocation considering the marginal contribution and actual contribution of the participants. Finally, an example is given to demonstrate the effectiveness of the model, which makes the profit distribution of IPD model fair and flexible.

**Key words:** IPD model; profit distribution; incentive pool; multi-weight shapley value; total factor method

随着 BIM 技术的推广及使用, 传统交付模式制约建筑业生产率的情况愈发严重. IPD 模式作为最大化 BIM 价值的交付模式, 在降低成本、消除风险及变更, 促进 BIM 技术的深度应用上效果显著, 受到国内外广泛关注<sup>[1]</sup>. IPD 模式各参与方的创新投入、实际贡献、努力程度等均随项目实际情况变化, 单一的利润分配方案易导致盈余目标成本分配不公平的现象, 影响参与方合作关系, 甚至合作破裂. 因此, 制定科学合理的利润分配制度, 以提高参与方合作稳定性及积极性, 是完善 IPD 模式亟待解决的问题.

针对该问题的研究虽已取得一定成果, 但仍处于初级阶段. 美国建筑师协会在 IPD 模式白皮书中提出利用盈余目标成本构建激励池以解决该问题, 但未提出具体方法. 张连营<sup>[2]</sup>认为激励池的建立与分配是 IPD 模式有效实施的重要条件. 通

过现有文献研究发现, 激励池研究主要仍集中于设置及其作用. 如: Ashcraft<sup>[3]</sup>通过分析收益、业主费用及目标成本的动态关系, 探索了激励池的资金来源. Thomsen<sup>[4]</sup>从激励和应对成本超支风险两方面分析了激励池的作用. Hosseinian<sup>[5]</sup>分析了含有激励补偿机制的合同特点及其实施中存在的问题. 而对于激励池分配的现有研究非常少, 且未能从激励池设置目的出发构建模型. 如: Love<sup>[6]</sup>通过分析 IPD 模式风险与利润的分配特点, 提出激励性利润分配机制. 张思录<sup>[7]</sup>利用不均 Nash 协商模型从风险决策角度寻求激励池最优分配比例. 王茹<sup>[8]</sup>从风险感知的角度利用社会网络分析法对参与方所承担的风险进行定量分析, 确定激励池分配比例. 但事实上, 若仍参照确定利润分配的方式以确定比例分配超额利润, 无论确定的比例合理与否, 参与方在实施过程中都将根据不同的外部环境和

利润分配方式采取不同的投入策略,以谋取更大利润,从而导致分配结果的不公平。

基于此,针对 IPD 模式现有的利润分配方式易导致盈余目标成本分配不公平的现象,研究如何构建激励池分配模型分配盈余目标成本,以解决搭便车行为,使分配结果更具公平性。首先采用改进多权重 Shapley 值法,构建了考虑参与者边际贡献的基本分配模型,再利用全因素法构建指标体系确定参与者对盈余目标成本的实际贡献以改进分配模型,并通过实例验证了该分配模型与经典 Shapley 值法相比更具公平性与柔性。

## 1 方法改进及模型构建

多权重 Shapley 值法是在经典 Shapley 值法的基础上引入有效合作联盟的权重向量,使参与者的利润分配比例可调整,解决了传统 Shapley 值只能平均分配边际效益的弊端,但通过层次分析法确定权重很难应对复杂多变的实际情况。在此基础上,先利用全因素法分析 IPD 模式盈得激励池资金的影响因素,构建参与方权重综合评价指标体系,

并以此改进多权重 Shapley 值法,使分配模型综合考虑参与者边际贡献及实际贡献,从而避免产生搭便车行为,使分配结果兼具公平性与柔性。

### 1.1 问题描述及模型假设

IPD 模式的激励补偿制度涉及三部分资金关系。第一部分为项目成本,包括直接工程费、措施费及规费。第二部分为风险部分,包括项目的管理费及正常利润。第三部分为增益部分,指项目成本的实际值与前期所确定目标成本相比的盈余部分,即盈余目标成本<sup>[9]</sup>。若目标成本未达成,项目无盈余目标成本,非业主参与方以风险部分为界承担项目损失,超过风险部分的损失由业主承担;若目标成本达成,非业主参与方获得相应管理费及正常利润,共同分配盈余目标成本。激励池制度是将项目盈余目标成本注入初期建立的资金池,以应对风险、激励参与方以及再分配利润的机制<sup>[9]</sup>,是激励补偿制度的重要组成。由于激励池资金主要源于项目盈余目标成本,与预期利润分配所分配对象具有本质区别,因此两者在分配目的、作用等方面也有明显区别(详见表 1)。

表 1 IPD 激励池分配与预期利润分配区别

Tab. 1 Difference between IPD incentive pool allocation and expected profit distribution

	激励池分配	预期利润分配
资金来源	项目盈余目标成本,具有不可预测性	项目预期利润,具有可预见性
分配目的	提高团队稳定性及项目整体效益	明确责权利,成立 SPE
分配作用	激励 SPE 成员、对利润再分配、应对项目风险	分配项目预期收益
分配依据	盈利贡献	组建 SPE 前谈判确定的分配比例

此外,由于盈余目标成本与项目实施具体情况强相关,具有明显的不确定性和不可预测性,而维持多方合作关系的正式契约不完全性突出。若仍用预期利润分配的刚性分配方法,容易导致项目实施过程中 SPE 成员的道德风险,使分配结果丧失公平性。公正启发理论认为,过程公平会使人们对结果公平的判断产生重要影响<sup>[10]</sup>。忽视 SPE 成员对盈余目标成本贡献的差别性,将导致分配过程的不公平,从而导致 SPE 成员对分配结果的公平性判断,引发合作矛盾。

因此,首先考虑参与者加入单一目标实体(Single Purpose Entity, SPE)时对项目盈利的边际贡献贡献,利用 Shapley 值法建立基本模型;再根据参与方对项目实施过程的盈利贡献,利用全因素法构建指标体系对模型进行改进,构建多权重 Shapley 值法激励池分配模型,使 IPD 模式激励

池分配兼具公平性与柔性。为满足多权重 Shapley 值法研究条件,对 IPD 模式做出如下假设:

假设 1: SPE 成员均满足经济人假设,且在项目实施过程中始终坚持合作。

假设 2: SPE 各成员对项目盈利的边际贡献可知。

假设 3: IPD 模式激励池分配符合虚拟公理。即 SPE 成员对项目获得盈余目标成本没有实际付出的只能获得预期利润,不能获得激励池分配的超额利润。

### 1.2 模型参与者权重综合评价

#### 1.2.1 激励池分配模型构建基本原则

首先,激励池分配从本质上讲依然是对项目利润的分配,仍需遵从 IPD 模式利润分配的一般性原则;其次,根据激励池的成因及其分配作用,其分配原则又具有特殊性。通过总结学者们提出

的分配方案及国外 IPD 项目实践经验, IPD 项目激励池分配需遵循以下基本原则:

(1)风险与收益相关原则. 参与者潜在盈利和损失应与所承担的真实风险相关联.

(2)收益与贡献一致性原则. 实际贡献与每个参与者的对项目的贡献均与所获得利润成正相关.

(3)个体与整体盈利一致性原则. SPE 的各参与方是否盈利应与项目整体是否盈利保持一致, 利润分配结果只能出现共同盈利或共同亏损, 不能出现一方盈利而另一方亏损.

(4)参与方承担有限责任原则. SPE 成员潜在损失应以各参与者的正常利润、公司间接费用和收益份额的为上限, 超过部分风险由业主承担.

(5)100%共享原则. SPE 成员对 IPD 项目的超额利润具有 100% 的分享权利.<sup>[9][11]</sup>

以上原则将参与者利益与项目项目利益联系起来, 鼓励参与者行为向有利于项目整体盈利的方向发展, 本文将基于以上原则选取指标.

### 1.2.2 影响激励池分配因素分析

四分卫基准绩效评价模型(Project Quarter-back Rating, PQR)由 Awad S. Hanna(2016)<sup>[11]</sup>构建, 是目前认可度较高的 IPD 项目绩效定量评价方法. 本文基于对激励池分配特点分析, 利用全因素法, 从企业特质、企业实际贡献、企业努力程度、企业承担风险及动态因素五个方面出发<sup>[12]</sup>, 结合四分卫评价模型设计具体指标, 综合评价参与者对项目盈余目标成本的贡献.

(1)企业特质. 企业特质与决策者贪婪程度有关, 而本文基于经济人假设拟建立客观的分配模型, 故不考虑企业特质的影响.

(2)企业实际贡献. 企业实际贡献主要体现在 SPE 成员所承担部分工程对项目盈利的作用. 借鉴工程项目管理的四大控制目标, 从质量、进度、安全、利润四个方面衡量 SPE 成员对所负责部分项目的完成情况, 体现了“按劳分配”的分配原则<sup>[13]</sup>.

(3)企业努力程度. 项目团队的有效合作和积极地创新行为是 IPD 模式创造超额利润的源泉<sup>[12]</sup>. 只注重结果而不考虑企业努力程度的分配制度, 难以激励 SPE 成员积极参与项目管理及技术创新. 因此, 本文从项目管理及创新性活动对企业努力程度进行评价.

(4)企业承担风险. IPD 模式“风险共担, 利润共享”的原则, 决定了利润分配方式需与成员所承

担风险相匹配. 本文从风险控制角度设置认知程度、控制成本、减少损失三个二级指标, 评价参与方所承担风险因素对超额利润贡献.

(5)动态因素. 建设工程投资大且周期长, 分配超额利润时理应考虑参与方对项目的投资收益及特有资源投入的溢出效应<sup>[12]</sup>.

### 1.2.3 指标体系及指标权重的确定

基于影响激励池分配因素的分析, 利用德尔菲法确定指标体系及指标权重. 首先, 根据企业实际贡献、企业努力程度、企业承担风险及动态因素四个一级指标细化出 32 个二级指标, 向 5 名学者发出指标筛选意见征询函; 经过 3 轮后指标趋于一致, 再发出指标权重意见征询函. 两阶段咨询均需受访者对自己的判断及熟悉程度进行评价, 并通过层次分析法对专家做出判断的依据及对 IPD 模式的熟悉程度赋权: 相关文献/案例的了解(1)、类似工程经验(0.75)、理论分析(0.5)、个人直觉(0.25); 很熟悉(1)、熟悉(0.75)、一般(0.5)、不熟悉(0.25). 计算出本次咨询的可信度为 0.81; 熟悉系数为 0.75; 总体权威程度为 0.78, 结果较为可信. 最终确定的指标体系及指标权重(如图 1).

利用该指标体系评价 IPD 项目实施过程中 SPE 成员对激励池资金的贡献, 将 SPE 成员在图 1 评价体系中得分  $L_{ij}$  归一化处理记为  $l_{ij}$ , 则 SPE 成员盈利贡献评价  $B$  表达式如(1)所示:

$$B = \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^n \xi_i \xi_{ij} l_{ij} \quad (1)$$

其中,  $\xi_i$  为一级指标权重,  $\xi_{ij}$  为二级指标权重.

### 1.3 构建多权重 Shapley 值激励池分配模型

第一步, 构建经典 Shapley 模型. Shapley 模型是由 Shapley LS 提出的解决非对抗性合作联盟分配问题的一种数学方法. 若 SPE 有  $n$  个成员企业, 则可构建  $N$  人参与的合作联盟  $N = \{1, 2, 3, \dots, n\}$ . 相关定义如下:

定义 1: 对有限集合  $N = \{1, 2, 3, \dots, n\}$  中的任意子集  $S$ , 均存在一个实值函数  $V(S)$  满足  $V(\varphi) = 0$ , 则称  $[N, V]$  为有  $n$  个参与方的合作对策.  $|S|$  表示联盟  $S$  的参与方个数;  $V$  为该对策的特征函数;  $V(S)$  为合作联盟  $S$  的收益.

定义 2: 任意  $S_1, S_2 \subseteq N$  且  $S_1 \cap S_2 = \Phi$ , 满足  $V(S_1 \cup S_2) \geq V(S_1) + V(S_2)$ , 则称该对策满足超可加性.

定义 3: 联盟成员激励池分配值为 Shapley 值,

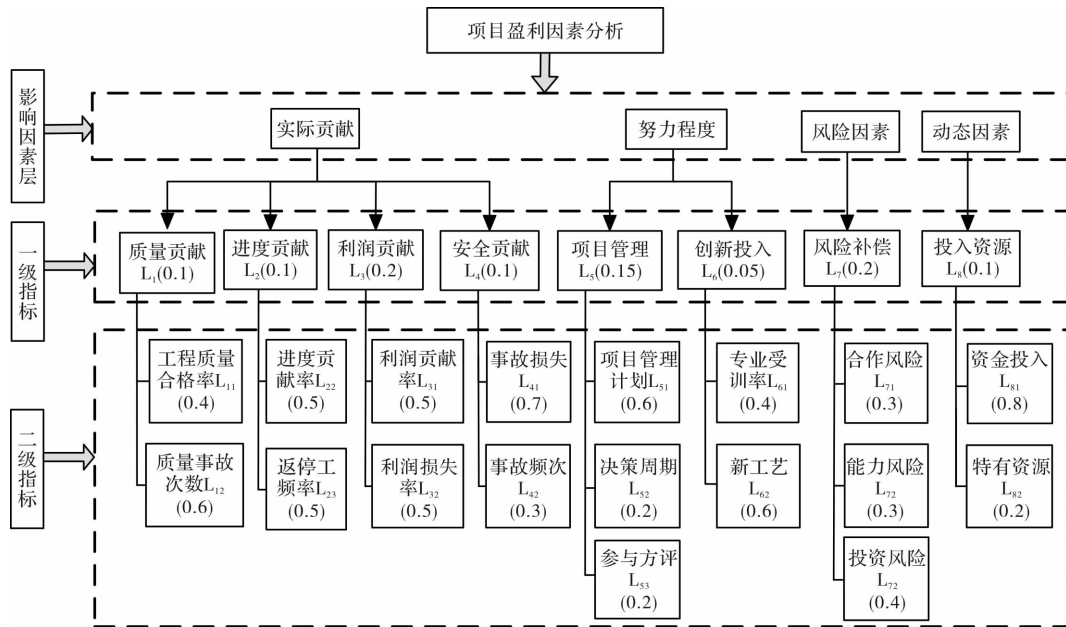


图1 参与者权重综合评价指标体系

Fig. 1 The weight comprehensive evaluation index system of participant

记作  $\varphi_i(V)$ 。表达式如式(2)所示。

$$\varphi_i(V) = \sum_{S \in S_i} \frac{|S|-1!(n-|S|)!}{n!} [V(S) - V(S \setminus i)], \quad i=1, 2, 3, \dots, n \quad (2)$$

其中,  $S$  表示集合  $N$  中所有包含  $i$  的子集, 则  $V(S) - V(S \setminus i)$  反映了成员  $i$  对联盟  $S$  的边际贡献,  $\frac{|S|-1!(n-|S|)!}{n!}$  表示对应联盟  $S$  出现的概率,  $\varphi_i(V)$  则为成员  $i$  经典 Shapley 法下激励池分配所得。

第二步, 经典 Shapley 模型等价分解。

定义4: 若两个  $n$  个参与方的合作对策  $(N, V)$  和  $(N, V')$  对  $\forall i \in N$ , 使得  $\varphi_i(V) = \varphi_i(V')$ , 则称对策  $(N, V)$  和  $(N, V')$  互为等价对策。

定义5: 若一个合作对策中的非空联盟  $S$  的每个成员都有正的边际贡献, 则称该联盟为实质联盟, 即  $\forall i \in S, V(S) > V(S \setminus i)$ 。

根据 Shapley 值的对称性和可加性, 可将满足超可加性的对策  $D = [N, V]$  分解为一组等价的简单对策  $D' = [N, V']$ 。简单对策摒弃了联盟中没有边际贡献的其他成员, 有利于准确地界定各成员在联盟中的地位和作用<sup>[13]</sup>。分解后的简单博弈  $D'$  中第  $i$  个成员分配值  $\varphi_i(V')$  的表达式如式(3)所示。

$$\varphi_i(V') = \gamma_i + \sum_{j \in S_j} \frac{\mu_j}{S_j}, \quad i \in N, j \in \{1, 2, \dots, n\} \quad (3)$$

其中:  $\gamma_i$  是单元素联盟  $\{i\}$  的常系数;  $\mu_j$  是非单联盟  $\{S_j\}$  的常系数;  $\omega_{ij}$  为  $S_j$  中成员  $i$  权重。由  $\gamma_i$  和

$\mu_j$  构成的方程组(3)的系数矩阵为行满秩矩阵, 故必有解  $\gamma_i^*$  和  $\mu_j^*$ , 若  $\mu_j^* \leq 0$ , 可通过调节相应的  $\gamma_i^*$  使得  $\mu_j^* > 0$ , 调节系数后的  $D'$  即为分解后的简单对策。证明见参考文献<sup>[12]</sup>。

第三步, 引入权重向量求解多权重 Shapley 值。将等价第二步中等价分解的简单对策中对应的 SPE 成员的盈利贡献考核得分  $B_i$  代入式(4)中, 求出简单对策中 SPE 成员的相对权重  $\omega_i$ ,  $\omega_i$  表达式如式(4)所示。

$$\omega_{ij} = \frac{B_i}{\sum_{i \in S_j} B_i} \quad (4)$$

其中,  $\xi_i$  为一级指标权重,  $\xi_{ij}$  为二级指标权重, 则可得分解后的简单博弈  $D'$  的权重向量  $W_i = (\omega_{1j}, \omega_{2j}, \dots, \omega_{nj})$  (当  $i \in S_j, \omega_{ij} \geq 0$ , 否则  $\omega_{ij} = 0$ ;  $\sum_{i=1}^n \omega_{ij} = 1$ ), 可以得到改进多权重 Shapley 值表达式如公式(5)所示。

$$\varphi_i^w V = \gamma_i + \sum_{j \in C_j} \omega_{ij} \mu_j \quad (5)$$

修正多权重 Shapley 值模型将原对策分解为一组等价的简单对策, 利用各参与方实际贡献、努力程度、承担风险等方面的差异确定权重, 改进了经典 Shapley 值法难以体现边际贡献外其他因素的弊端, 更符合公平原则。

## 2 实证分析

### 2.1 案例概述

本文采用 AIA 案例集(Integrated Project De-

livery: Case Studies)中加利福尼亚医疗办公楼项目以验证多权重 Shapley 值激励池分配模型. 该项目总建筑面积 6 503 m<sup>2</sup>, 业主为 Sutter 地区医疗基金会, 建筑师为 HGA 公司, 承包商为 Boldt 公司, 三方签署 IFOA 合同创建风险共同体, 并提前引入咨询方, 设立激励池, 对参与方采取的积极行为进行奖励, 对项目失败风险责任限于费用金额和正常利润<sup>[14]</sup>. 项目设计概算 2 225 万美元, 经各参与方反复验证后以 1 957.3 万美元为最高保证价格(GMP)达成协议. 共提前发现了超过 400 个系统冲突, 实现了零设计变更, 赢得了 97 万美元超额利润, 占实际成本 5%.

2.2 参与者贡献指标权重的确定

IPD 项目实施前由项目各参与方结合项目实际情况对利润分配模型指标及权重进行调整并确认. 在项目实施过程中由业主或第三方根据具体考核

指标对非业主参与方进行评价, 将 SPE 成员盈利贡献评价价值经过归一化处理后, 代入公式(1)(4), 可求出 SPE 成员的权重向量  $\omega = (0.3, 0.2, 0.5)$ .

2.3 模型分配值计算

第一步, 构建经典 Shapley 模型. 该 IPD 项目可参与激励池分配的非业主参与方有: 咨询方(1)、建筑师(2)、施工总承包商(3)三个, 可构建合作博弈模型  $N = \{1, 2, 3\}$ . 假定在合同签订前, 项目的未来实际收益和实际成本均为不确定的随机变量, 各参与方以行业平均利润率和行业一般成本为参考确定项目的最高保证价格(GMP). BIM 技术是 IPD 模式实施的技术平台, 因而 SPE 的核心参与方一般为设计单位, 将有设计单位参与的 SPE 组合的预期收益代入公式(1). 计算出的传统 Shapley 模型分配结果见表 2:

表 2 经典 Shapley 值计算表  
Tab. 2 Table of classical Shapley values

S	{2}	{1、2}	{2、3}	{1、2、3}
V(S)	36	72	97	97
V(S \ {1})	0	0	0	0
$\frac{( S -1)!(n- S )!}{n!}[V(S)-V(S \setminus \{1\})]$	12	12	16.2	32.3

计算得  $\varphi_2(V) = 72.5$  万元, 同理计算出咨询方、施工总承包商的 Shapley 值分别为 6 万元和 18.5 万元. 下面运用改进的多权重 Shapley 模型求解.

第二步, 经典 Shapley 模型等价分解. 对策 S 中有非单联盟 2 个,  $C_1 = \{1, 2\}$  和  $C_2 = \{2, 3\}$ , 将对应数值带入 Shapley 等价分解公式(2)中, 可建立如下方程组:

$$\begin{cases} \gamma_1 + \frac{\mu_1}{2} = 6 \\ \gamma_2 + \frac{\mu_1}{2} + \frac{\mu_2}{2} = 72.5 \\ \gamma_3 + \frac{\mu_2}{2} = 18.5 \end{cases}$$

因为原对策中  $V(\{1\}) = 0, V(\{3\}) = 0$ , 故可令  $\gamma_1 = 0, \gamma_3 = 0$ , 求解方程组得:

$$\gamma_2 = 48, \mu_1 = 12, \mu_2 = 37.$$

则原对策 G 可分解为三个满足超可加性的简单对策  $G'_1 = (\{2\}, V'_1), G'_2 = (\{1, 2\}, V'_2), G'_3$

$= (\{2, 3\}, V'_3)$ , 其中,  $V'_1 = 12 V_{\{2\}}, V'_2 = 48 V_{\{1,2\}}, V'_3 = 37 V_{\{2,3\}}$ . 由于  $V_{\{2\}}, V_{\{1,2\}}, V_{\{2,3\}}$  是一致性对策, 将以上三个简单对策叠加, 得到各简单对策  $G'_i$  中各联盟所对应的损益值为:  $V'_{\{2\}} = 48, V'_{\{1,2\}} = 48 + 12 = 60, V'_{\{2,3\}} = 48 + 37 = 85, V'_{\{1,2,3\}} = 48 + 37 + 12 = 97$ . 经检验  $V'_{\{1,2,3\}} = V_{\{1,2,3\}}$ . 因此, 对策 G 与  $G'$  是 Shapley 等价对策.

第三步, 引入权重向量求解多权重 Shapley 值. 可采用参与方互评、专家评价等方法利用图 2 评价指标体系对 SPE 成员进行评价, 得到评价矩阵, 计算参与者权重. 此处方便计算, 假设 SPE 各参与者权重即盈利贡献向量  $\omega = (0.3, 0.2, 0.5)$ . 可得各参与方在简单对策  $G'_1, G'_2$  和  $G'_3$  中的权重向量分别为 (1)、(0.6, 0.4) 和 (0.29, 0.71), 代入公式(5), 得出咨询方、设计单位、施工总包商的多权重 Shapley 值分别为:  $\varphi_1^w(V) = 8.5, \varphi_2^w(V) = 66.3, \varphi_3^w(V) = 22.2$ . 计算多权重 Shapley 值结果见表 3:

表 3 多权重 Shapley 值与经典 Shapley 值结果比较表

Tab. 2 Comparison of multiple weighted Shapley values with classical Shapley results

成员	咨询方	设计方	施工总承包方	合计
盈利贡献	0.3	0.2	0.5	1
经典 Shapley 值	6	72.5	18.5	97
改进多权重 Shapley 值	8.5	66.3	22.2	97

## 2.4 结果分析

从模型计算结果看:当激励池规模  $V=97$ , 咨询方、设计方和施工总包方的盈利贡献向量  $\omega=(0.3, 0.2, 0.5)$  时, 改进多权重 Shapley 值模型分配向量  $\varphi^w=(8.5, 66.3, 22.2)$  与经典 Shapley 值分配向量  $\varphi=(6, 72.5, 18.5)$ . 多权重 Shapley 值在对 SPE 的边际贡献基础上, 提高了盈利贡献大于平均值的咨询方及施工总包方分配额, 减少了贡献相对较小的设计方分配额, 差向量为  $(0.25, -6.2, 3.7)$ .

因为, 经典 Shapley 值法仅考虑参与者的加入给项目总体带来的价值溢出, 不考虑项目实施过程可分配利润的产生原因. 例如, 设计单位作为核心企业不论实际付出如何都将获得 72.5 万美元, 这意味着如果设计方降低投入即可获得更多大利润, 这将引起那些希望通过提升项目整体盈利以获得更大利润的成员对分配公平性的判断, 从而影响合作关系, 甚至项目失败. 而多权重 Shapley 值模型在经典 Shapley 值模型的基础上, 通过项目盈利因素分析构建了指标体系确定实施过程中参与方的实际贡献, 以达到利润再分配的效果. 这种分配方式有以下优势: 第一, 引入了全过程多角度的贡献指标体系, 对参与方的实际贡献进行考核, 能充分调动 SPE 成员积极性, 发挥自己的专业特长, 能充分发挥 IPD 模式的特点. 第二, 基于参与方对 SPE 的边际贡献, 并从过程控制的角度改进模型, 使激励池分配方式“刚柔并济”, 避免了由多方协议的不完全性所引发的道德风险, 使分配结果更具公平性, 能有效提高了 SPE 合作的稳定性.

## 3 结语

利润分配的公平性对 IPD 模式运行的效率及稳定性具有重要影响. 本文从兼顾公平与柔性的视角, 在分析了激励池分配与预期利润分配区别的基础上总结了激励池分配基本原则, 利用全因素法从企业特质、实际贡献、努力程度、承担风险及动态因素对影响激励池分配的因素进行了系统分析, 并引入改进多权重 Shapley 值法, 构建了综合考虑参与者边际贡献与实际付出的激励池分配模型, 使 IPD 模式激励池分配兼具公平性与柔性. 最后, 通过案例分析, 验证了该模型有效预防搭便车行为、提高 SPE 成员积极性及合作稳定

性的作用, 为 IPD 模式激励池分配问题的理论研究和实践提供参考.

## 参考文献 References

- [1] 马智亮, 马健坤. 消除建筑工程设计变更的定量激励机制[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2016, 44(8): 1280-1285.  
MA Zhiliang, MA Jiankun. Quantitative incentive mechanism to eliminate change orders in construction project[J]. Journal of Tongji University (Natural Science), 2016, 44(8): 1280-1285.
- [2] 张连营, 杨丽, 高原. IPD 模式在中国成功实施的关键影响因素分析[J]. 项目管理技术, 2013, 11(6): 23-27.  
ZHANG Lianying, YANG Li, GAO Yuan. Analysis of key factors influencing the successful implementation of IPD model in China[J]. Project Management Technology, 2013, 11(6): 23-27.
- [3] ASHCRAFT H W J. Negotiating an integrated project delivery Agreement[J]. Constr. Law, 2011, 31: 17-35.
- [4] THOMSEN C, DARRINGTON J, DUNNE D, et al. White paper of the construction management association of America[M]. Mclean. VA: CMAA, 2010: 7-24.
- [5] HOSSEINIAN S, CARMICHAEL D. Optimal incentive contract with risk neutral contractor[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2012, 139(8): 899-909.
- [6] LOVE P E D, DAVIS P R, CHEVIS R, et al. Risk/Reward compensation model for civil engineering infrastructure alliance projects[J]. Journal of Construction Engineering & Management, 2010, 137(2): 127-136.
- [7] 张思录. 综合项目交付模式的激励池分配决策[D]. 天津: 天津大学, 2014.  
ZHANG Silu. Distribution model of incentive pool among integrated project delivery[D]. Tianjin: Tianjin University, 2014.
- [8] 王茹, 王柳舒. BIM 技术下 IPD 项目团队激励池分配研究[J]. 科技管理研究, 2017, (13): 196-204.  
WANG Ru, WANG Liushu. BIM-based distribution model of incentive pool among integrated project delivery [J]. Science and Technology Management Research, 2017(13): 196-204.
- [9] The American institute of architects. integrated project delivery: a guide[M]. USA: The American Institute of Architects, 2007.

- ZHOU Chen, FENG Yudong, XIAO Kuangxin, et al. Research on water requirement in northeast area based on multiple linear regression Model[J]. Mathematics IN Practice And Theory. 2014,44(1):118-123.
- [8] 张文彤,董伟. SPSS 统计分析高级教程[M]. 北京:高等教育出版社,2013.
- ZHANG Wentong, DONG Wei. Advanced textbook for SPSS statistical analysis[M]. Beijing. Higher Education Press,2013.
- [9] 骆方,刘红云,黄崑. SPSS 数据统计与分析[M]. 北京:清华大学出版社,2011.
- LUO Fang, LIU Hongyun, HANG Kun. SPSS Statistical Analysis [M]. Beijing: Tsinghua University Press. 2011.
- [10] 江亿. DeST 用户使用手册[K]. 北京:清华大学建筑技术科学系,2013.
- JING Yi. DeST User Manual[K]. Beijing: Department of Building Technology and Science, School of Architecture, Tsinghua University, 2013.
- [11] TARDIOLI G, KERRIGAN R, OATES M, et al. Data driven approaches for prediction of building energy consumption at urban level [J]. Engery Procedia, 2015, 78:3378-3383.
- [12] MATHEW P. A. , DUNN L. N. , SOHN M. D. , et al. Big-data for building energy performance: lessons from assembling a very large national database of building energy use [J]. Appl Energy, 2015, 140: 85-93.
- [13] WEI L, TIAN W, SILVA E. A. , et al. Comparative study on machine learning for urban building energy analysis[J]. Procedia Engineering, 2015,121:285-292.
- [14] 杨松. 建筑环境中基于既有数据和能耗模型的敏感性分析[D]. 天津:天津大学,2017.
- YANG Song. Sensitivity analysis in building environment based on existing data and energy model [D]. Tianjin: Tianjin University. 2017.

(编辑 吴海西)

(上接第 918 页)

- [10] 孙敬水,程芳芳. 起点公平、过程公平、结果公平与分配公平满意度[J]. 经济理论与经济管理, 2016, 36(10):25-41.
- SUN Jingshui, CHENG Fangfang. Staring point fairness, procedural fairness, outcome fairness and distributive fairness satisfaction [J]. Economic Theory and Business Management, 2016, 36(10):25-41.
- [11] HANNA A S. Benchmark performance metrics for integrated project delivery[J]. Journal of Construction Engineering & Management, 2016, 142(9):46-60
- [12] 靳慧斌,刘明广. 一种全因素的动态联盟利润分配机制设计[J]. 统计与决策, 2007(20):179-181.
- JIN Huibin, LIU Mingguang. Design of a full-factor dynamic alliance profit distribution mechanism [J]. Statistics and decision-making, 2007(20):179-181.
- [13] 谭涛,熊志坚. 工程项目绩效评价指标体系比较研究[J]. 科技管理研究, 2014(23):81-90.
- TAN Tao, XIONG Zhijian. Comparativestudy on the e-valuation index system of project performance [J]. Science and Technology Management Research. 2014 (23):81-90.
- [14] 刁丽琳,朱桂龙,许治. 基于多权重 Shapley 值的联盟利益分配机制[J]. 工业工程与管理, 2011, 16(4):79-84.
- DIAO Lilin, ZHU Guilong, XU zhi. The profit allocation of alliance based on the multi-weighted shapley value[J]. Industrial Engineering and Management, 2011, 16(4):79-84.
- [15] AIA. IPD case studies[EB/OL]. [2013-10-20]http://www.aia.org/about/initiatives/AIAB08-7494,2013.

(编辑 吴海西)