

DOI 编码: 10.3969/j.issn.1672-884x.2018.09.015

# 中立、竞争与合作多代理人行为 关系模型的比较与扩展

张光军 陈旭彬 刘人境  
(西安交通大学管理学院)

**摘要:** 构建中立、竞争与合作 3 种同质双代理人模型,分析最优解与参数之间的变化关系,并对比得各模型的适用情况。在此基础上提出统一双代理人模型,并将其扩展到多代理人和多目标情形。研究表明:代理人最优努力程度、委托人最大收益与代理人产出系数、代理人间关系程度呈正相关关系,与单位努力成本、市场波动影响呈负相关关系;同时竞争和合作关系总优于中立关系,竞争和合作关系的委托人最大收益大小关系根据激励效用而变化;双代理模型的结论在多代理人情况下仍然适用。

**关键词:** 委托代理理论; 多代理人; 代理人关系; 契约设计; 统一模型

**中图分类号:** C93 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-884X(2018)09-1402-09

## Analysis and Motivation of Multi-Agent Behavior Relationship Based on Principle-Agent Models of Neutrality, Competition and Cooperation

ZHANG Guangjun CHEN Xubin LIU Renjing  
(Xi'an Jiaotong University, Xi'an, China)

**Abstract:** This paper constructs three kinds of principal-agent models: neutrality, competition and cooperation. It analyzes the relationship between the optimal solution of each model and the model parameters, as well as compares and analyzes the applicable conditions of each model. On this basis, this paper proposes a unified double-agent model and promotes it to the circumstance of multi-agent and multi-target. The study results are as follows. In the double-agent model, agents' optimal effort level and principals' maximal revenue are positively correlated with agents' output coefficient and the degree of interaction relationships between the agents, as well as negatively correlated with agents cost of unit effort and market fluctuations. Both the competitive and cooperative relations of the double agents are superior to the independent relationship of double agents. Whether the competitive relation between the double agents is superior to the cooperative relations of double agents or not depends on the size of the incentive effect. In addition, the conclusion of double-agent model can also be applied to the circumstances of single-task & multi-agent and multi-task & multi-agent.

**Key words:** principal-agent theory; multi-agents; agents' relationship; contract design; unified model

### 1 研究背景

委托代理关系在现实社会中随处可见。企业所有者与企业管理者、企业与企业员工、病人与医生、当事人与律师,都存在着各种复杂的委托代理关系。尤其是随着企业间的竞争越发激

烈,企业逐渐走向分工化,将自身薄弱的劣势项目以外包的形式剥离出去,进一步丰富了委托代理关系。如何合理设计合同契约,以分配委托代理双方的工作、风险和利益,将会极大影响项目的多个维度目标(如成本、工期和质量)的实现效果。由此,研究委托代理模型,以对外包

收稿日期: 2018-01-24

基金项目: 国家社会科学基金资助项目(15XGL001,15BGL082)

项目设计、风险分担和利益分配进行管理控制,将对项目的成功与否起到至关重要的作用。

20世纪30年代,美国经济学家伯利等<sup>[1]</sup>在分析企业所有者兼具经营者时提出了委托代理模型。早期的委托代理模型主要是关注单委托人单代理人模型<sup>[2]</sup>,后续研究逐渐衍生出多委托人以及多代理人等委托代理模型。其中,围绕多代理人的委托代理模型研究主要有4个分支:①将多代理人理论与多委托人理论相结合,形成多委托人多代理人委托代理模型。比如,ROELS等<sup>[3]</sup>分析比较了固定报酬、基于成本以及基于结果的合同契约优劣性,并将分析情形拓展为多委托人多代理人情形;ATTAR等<sup>[4]</sup>分析了双委托人双代理人情形下委托人代理人间信息传递的直接和间接两种机制。②考虑多代理人模型的多目标情形,OZCAN-DENIZ等<sup>[5]</sup>使用生命周期评估和遗传算法来求解当工程中存在时间、成本及环境影响时的最佳施工操作;MUNGLE等<sup>[6]</sup>则是应用基于模糊聚类的基因算法来求解时间、成本及质量多目标并存的委托代理问题;THIELE<sup>[7]</sup>分析多任务委托代理中的多元化相对价值绩效测量,证明了多元化相对价值指标有利于代理人的工作分配并能提高组织效率;陈勇强等<sup>[8]</sup>分析了当项目中存在工期、成本和质量3个目标时各目标最优努力程度和最优分配系数的影响因素。③将心理学、行为学等领域中的相关理论研究成果或新场景与多代理人委托代理模型相结合。比如,SINGER等<sup>[9]</sup>及韩姣杰等<sup>[10]</sup>分析了多代理人委托代理模型互惠偏好行为对项目的影响,证明互惠偏好行为可以提高利润分配的激励效果;PEPPER等<sup>[11]</sup>在高管薪酬研究中,结合委托代理理论和行为经济学理论,形成了行为代理理论;GONG等<sup>[12]</sup>从供应链生产协调角度考虑委托代理模型;聂磊等<sup>[13]</sup>提出了基于道德风险的联盟成员混合激励方案;李云飞等<sup>[14]</sup>则是建立了基于委托代理关系的风险投资家的激励契约模型。④研究多代理人间的相互合作竞争关系对项目产出和契约设计的影响。企业实践中,经常出现两个甚至多个代理人共同完成一个项目的情况,而且代理人之间会形成复杂的作用关系。代理人间的不同关系会改变代理人对项目产出的影响,进而影响项目的契约设计和委托人最大收益;且相对于单代理人情况,多代理人更加符合现代企业管理的要求。目前,已有部分学者对多代理人之间的博弈关系进行了研究。ITON<sup>[15]</sup>通过将代理人的努力程度分

为对自身任务的努力及对他人任务的合作努力来研究合作关系下的多代理人问题,发现委托人倾向于更清晰的划分任务和更高的合作程度;田厚平等<sup>[16]</sup>研究了竞争关系下的同质双代理人问题,提出代理人竞争程度越高时,代理人的努力程度越大且委托人获得的最优收益越大;范波等<sup>[17]</sup>研究了合作关系下的同质双代理人问题,发现合作效应越大时,合作双方研发投入水平越大且研发合作实现的总收益越大;钟国栋等<sup>[18]</sup>研究了信息对称和信息不对称两种条件下,同一个项目内存在着中立、竞争与合作关系代理人的情形,弥补了未统一考虑多代理人间多种相互关系并存的研究空白。

本研究主要关注多代理人间的相互合作竞争关系对项目产出和契约设计的影响。然而,在现有的多代理人间相互关系的研究中,以往大多以同质双代理人替代一般的多代理人情形,或是研究单纯一种多代理人关系,比如合作、竞争或中立关系等,较少关注同时存在多种关系多代理人的情况。尽管钟国栋等<sup>[18]</sup>已经考虑了合作、竞争和中立3种关系并存时的情形,但是,目前多代理人关系研究中仍然遗留着以下问题:①3种关系代理模型的优先顺序不明确,缺乏对它们孰优孰劣的比较;②缺乏统一模型将这3种关系委托代理模型综合起来研究;③研究结论适用性不足,只关注了双代理人特殊情形,而没有考虑到存在3个及以上代理人且多种关系并存等情形中,结论是否仍适用。基于此,本研究的主要贡献在于:①比较3种委托代理模型的适用情形;②提出统一双代理人模型和多代理人模型。

## 2 问题描述与模型假设

### 2.1 问题描述

企业的外包加工生产是委托代理模型常用的典型场景。在市场环境下,考虑一个委托人L,无差异的双代理人 $F_1$ 、 $F_2$ 的情形。委托人L委托代理人 $F_1$ 、 $F_2$ 共同负责某个部件的研发生产工作,可划分为研发工作和生产工作两部分,代理人 $F_1$ 、 $F_2$ 均可以独立完成。此时,委托人L具有以下选择,构建出不同代理人关系的委托代理模型,包括:①中立关系的双代理人模型。将部件同时委托给代理人 $F_1$ 、 $F_2$ 进行研发生产,代理人间无相互影响,即代理人间存在中立关系,代理人 $F_1$ 的努力不会影响代理人 $F_2$ 的产出。②竞争关系的双代理人模型。将部件同时委托给代理人 $F_1$ 、 $F_2$ 进行研发生产,代理

人间存在竞争关系,即委托人 L 的采购数量根据代理人  $F_1$ 、 $F_2$  的研发生产速度和产品质量而定。由此,如果代理人  $F_1$  的努力程度增大,生产速度和产品质量提高,委托人 L 在代理人  $F_2$  处的采购数量就会减少。③合作关系的双代理人模型。将部件的研发工作和生产工作分别委托给代理人  $F_1$ 、 $F_2$ ,两者间具有一定的协同合作效用。假设代理人  $F_1$  负责研发,代理人  $F_2$  负责生产,如果代理人的研发力度提高,代理人  $F_2$  的生产产出也会提高;而当代理人  $F_2$  的生产努力提高时,代理人  $F_1$  的研发产出也会相应提高。

由此可见,委托人委托代理人共同完成一个项目,代理人之间可能会相互影响,其中的作用关系可能是竞争、合作和中立三者之一。在契约设计的过程中,委托人通过改变产出的分配比例促进代理人工作,以获得自身最大收益;而代理人也可以根据契约及其他因素,合理控制自身的努力程度,同样获得自身最大收益,即委托人和代理人均为独立的利益主体,目的均为追求自身效用的最大化。

在上述情形下,委托人如何设计契约以匹配代理人的相互关系,进而更好地激励代理人工作,使得委托人利益最大化,这是本研究建模的核心思想。

### 2.2 模型假设

尽管随着社会发展,委托关系的形式和应用情境也变得更加复杂,但大部分单委托人多代理人委托代理关系可以归纳为 4 个基本要素:委托人、代理人、委托人与代理人之间的关系(即委托人代理人间关于项目产出的分配约定),以及代理人间的合作竞争关系。如发包企业与承包企业间的委托代理关系,发包企业为委托人,承包企业为代理人,承包合同约定了委托人与代理人的关系(固定薪酬或按项目产出分成),以及承包企业间的相互合作竞争关系。本研究重点在于多代理人间的相互关系对项目产出及契约设计的影响。为了简化,在模型中只考虑了上述 4 个基本要素,并根据前人的相关研究<sup>[18]</sup>,将多代理人间的相互关系分为:竞争、中立和合作关系,满足大部分委托代理情境。

由此,根据多代理人委托代理理论<sup>[16~19]</sup>,可以提出以下假设:

**假设 1** 遵循一般的委托代理分析框架,假设委托人为风险中立,而代理人均为风险厌恶,且具有不变绝对风险规避特征的效用函

数<sup>[19]</sup>,即  $u = -e^{-\rho w}$ , $\rho$  表示绝对风险规避系数,即 Arrow-Pratt 绝对风险规避度,为实际的货币收入。

**假设 2** 委托人和代理人之间存在着非对称信息,即委托人无法直接观察到代理人的努力程度,只能观察到项目产出,并根据项目产出提供线性合同, $w_{F_i} = \alpha + \beta\pi_i$ ,其中, $w_{F_i}$  为代理人  $F_i$  获得的工资, $\alpha$  表示代理人的固定工资, $\beta$  表示代理人  $F_i$  可以从项目产出中获得的分配比例, $\pi_i$  为代理人  $F_i$  的项目产出。

**假设 3** 代理人是同质的,即代理人的产出系数  $k$ 、单位努力成本  $c$ 、绝对风险规避度  $\rho$  以及保留期望效用  $\bar{w}$  都是相同的,代理人  $F_i$  在努力程度为  $a_i$  的情况下的产出为  $\pi_i = ka_i + D_i + \delta\theta_i$ ,其中, $ka_i$  表示代理人  $F_i$  的自身努力产出, $D_i$  表示其余代理人对代理人  $F_i$  产出的影响,其表达式取决于代理人间的关系, $\delta$  表示市场随机因素对项目产出的影响程度, $\theta_i$  表示市场随机因素,满足  $N(0, \sigma^2)$  的正态分布;代理人  $F_i$  的努力成本为  $C_i = ca_i^2/2$ 。代理人具有保留收入效用水平  $\bar{w}$ ,当代理人获得的期望效用低于该水平时,代理人拒绝委托。

### 2.3 参数说明

本研究所涉及的主要参数见表 1。

表 1 参数说明

参数	含义
$\alpha$	代理人的固定工资
$\beta$	提成比例( $\beta$ 越大,代理人风险分担越大)
$\pi_i$	代理人 $F_i$ 的产出(或业绩)
$a_i$	代理人 $F_i$ 的努力程度
$D_i$	其余代理人对代理人 $F_i$ 产出的影响
$k$	代理人的产出系数
$c$	代理人的单位努力成本系数
$\rho$	代理人的绝对风险规避度
$w_L$	委托人 L 的随机收入
$w_{F_i}$	代理人 $F_i$ 的随机收入
$f_L$	委托人 L 的期望效用(或确定性等价收入)
$f_{F_i}$	代理人 $F_i$ 的期望效用(或确定性等价收入)
$\theta_i$	市场随机因素,服从 $N(0, \sigma^2)$ 的正态分布
$\delta$	市场随机因素对项目产出的影响程度
$\bar{w}$	代理人的保留收入效用水平(如果工资效用低于该值,代理人将另寻工作)

### 2.4 基本模型建立

根据上述假设,构建代理人和委托人的最终效用函数。具体如下:对于代理人  $F_i$  而言,获得的随机收益为

$$E(w_{F_i}) = E(\alpha + \beta(ka_i + D_i) - \frac{1}{2}ca_i^2) \quad (1)$$

根据确定性等价收入原理<sup>[19]</sup>,对于绝对风

险规避度为  $\rho$  的代理人  $F_i$ , 所获得的效用函数期望值为

$$f_{F_i} = \alpha + \beta(ka_i + D_i) - \frac{1}{2}ca_i^2 - \frac{1}{2}\rho\beta^2\delta^2\sigma^2. \quad (2)$$

对于委托人 L 而言, 获得的随机收益为

$$E(w_L) = E(-2\alpha + (1-\beta)(k(a_1 + a_2) + D_1 + D_2)). \quad (3)$$

因为委托人为风险中性, 所以效用等于收益, 即

$$f_L = -2\alpha + (1-\beta)(k(a_1 + a_2) + D_1 + D_2). \quad (4)$$

委托人和代理人都追求自身的效用最大化, 且代理人的效用不得低于其保留效用, 可得如下模型:

$$\max f_L = -2\alpha + (1-\beta)(k(a_1 + a_2) + D_1 + D_2), \quad (5)$$

$$\text{s. t. } a_i \in \max f_{F_i} =$$

$$\alpha + \beta(ka_i + D_i) - \frac{1}{2}ca_i^2 - \frac{1}{2}\rho\beta^2\delta^2\sigma^2; \quad (5a)$$

$$f_{F_i} \geq \bar{w}, i \in \{1, 2\}. \quad (5b)$$

其中, 式(5)表示委托人的利益最大化; 式(5a)表示代理人的激励相容约束, 即代理人  $F_i$  可以根据产出分配比例选择自身的努力程度, 从而使自身利益最大化; 式(5b)表示代理人的参与约束, 即代理人的效用不能低于其保留效用, 否则代理人拒绝参与。

### 3 3种关系的双代理人委托代理模型建立

双代理人间的关系按照其相互作用, 可以划分为3种: ①中立关系, 相互之间没有影响; ②竞争关系, 代理人  $F_i$  的努力会对代理人  $F_j$  的产出造成负面影响; ③合作关系, 代理人  $F_i$  的努力会对代理人  $F_j$  的产出带来正面影响。按照这3种关系, 可以构造出下列模型: 双代理人中立关系模型、双代理人竞争关系模型和双代理人合作关系模型。

#### 3.1 双代理人中立关系模型

当代理人间为中立关系时, 即代理人的产出与其余代理人的努力程度无关, 因此  $D_i = 0$ , 可得如下模型:

$$\max f_L = -2\alpha + (1-\beta)k(a_1 + a_2), \quad (6)$$

$$\text{s. t. } a_i \in \max f_{F_i} = \alpha + \beta(ka_i) - \frac{1}{2}ca_i^2 - \frac{1}{2}\rho\beta^2\delta^2\sigma^2; \quad (6a)$$

$$f_{F_i} \geq \bar{w}, i, j \in \{1, 2\} \text{ 且 } i \neq j. \quad (6b)$$

#### 3.2 双代理人竞争关系模型

当代理人之间存在着竞争关系时, 即其余代理人的努力会造成代理人  $F_i$  的产出减少, 根据文献[16], 可以假设  $D_i = b(a_i - a_j)$ , 其中  $b$  为代理人间的竞争强度系数, 表示代理人  $F_i$  和  $F_j$  间单位努力程度差异而导致代理人  $F_i$  产出的

变动程度。由此可得如下模型:

$$\max f_L = -2\alpha + (1-\beta)k(a_1 + a_2), \quad (7)$$

$$\text{s. t. } a_i \in \max f_{F_i} = \alpha + \beta(ka_i + b(a_i - a_j)) - \frac{1}{2}ca_i^2 - \frac{1}{2}\rho\beta^2\delta^2\sigma^2; \quad (7a)$$

$$f_{F_i} \geq \bar{w}, i, j \in \{1, 2\} \text{ 且 } i \neq j. \quad (7b)$$

#### 3.3 双代理人合作关系模型

当代理人之间存在着合作关系时, 即其余代理人的努力会增加代理人  $F_i$  的产出, 根据文献[18], 假设  $D_i = d(a_i + a_j)$ , 其中  $d$  为代理人间的合作强度系数, 表示代理人间的单位共同努力造成代理人产出的变动程度。由此可得如下模型:

$$\max f_L = -2\alpha + (1-\beta)(k(a_1 + a_2) + 2d(a_1 + a_2)), \quad (8)$$

$$\text{s. t. } a_i \in \max f_{F_i} = \alpha + \beta(ka_i + d(a_i + a_j)) - \frac{1}{2}ca_i^2 - \frac{1}{2}\rho\beta^2\delta^2\sigma^2; \quad (8a)$$

$$f_{F_i} \geq \bar{w}, i, j \in \{1, 2\} \text{ 且 } i \neq j. \quad (8b)$$

### 4 模型求解

接下来, 对上述3种模型求最优解, 计算委托代理双方都达到利益最大化时的代理人最优努力程度、契约最优分配比例和委托人最大收益。

以双代理人中立关系模型求解为例, 首先由代理人效用最大化, 可将式(6a)等价替换为  $a_i = \beta k/c$ , 得到化简后的模型为

$$\max f_L = -2\alpha + (1-\beta)k(a_1 + a_2), \quad (9)$$

$$\text{s. t. } a_i = \beta k/c; \quad (9a)$$

$$\alpha + \beta(ka_i) - \frac{1}{2}ca_i^2 - \frac{1}{2}\rho\beta^2\delta^2\sigma^2 \geq \bar{w},$$

$$i, j \in \{1, 2\} \text{ 且 } i \neq j. \quad (9b)$$

在 Kuhn-Tucker 最优性条件下, 式(9b)中等号成立, 将约束条件代入目标函数中, 可得

$$\max f_L = 2k \cdot \frac{\beta k}{c} - c \cdot \left(\frac{\beta k}{c}\right)^2 - \rho\beta^2\delta^2\sigma^2 - 2\bar{w}. \quad (10)$$

对式(10)求导得  $df_L/d\beta = 2k^2/c - (2k^2/c + 2\rho\delta^2\sigma^2)\beta$ ;  $d^2 f_L/d\beta^2 = -2k^2/c - 2\rho\delta^2\sigma^2 < 0$ 。由此, 当  $df_L/d\beta = 0$  时, 得到使  $f_L$  取最大值的变量  $\beta$  的值为

$$\beta = \frac{k^2}{k^2 + \rho\delta^2\sigma^2}. \quad (11)$$

将式(11)分别代入式(9a)和式(10), 得到代理人的最优努力程度为  $a_i = k^3/(ck^2 + c^2\rho\delta^2\sigma^2)$ ; 委托人的最大收益为  $f_L = k^4/(ck^2 + c^2\rho\delta^2\sigma^2) - 2\bar{w}$ 。

同理, 可以计算出其余两种关系模型的代理人最优努力程度  $a_i$ , 契约最优分配比例  $\beta$  以

及委托人最大收益  $f_L$ , 计算结果见表 2。

表 2 3 种关系的双代理人模型的求解结果

关系	$a_i$	$\beta$	$f_L$
中立	$\frac{k^3}{ck^2+c^2\rho\delta^2\sigma^2}$	$\frac{k^2}{k^2+c\rho\delta^2\sigma^2}$	$\frac{k^4}{ck^2+c^2\rho\delta^2\sigma^2}-2\bar{w}$
竞争	$\frac{k(k+b)^2}{c(k+b)^2+c^2\rho\delta^2\sigma^2}$	$\frac{k(k+b)}{(k+b)^2+c\rho\delta^2\sigma^2}$	$\frac{k^2(k+b)^2}{c(k+b)^2+c^2\rho\delta^2\sigma^2}-2\bar{w}$
合作	$\frac{(k+2d)(k+d)^2}{c(k+d)^2+c^2\rho\delta^2\sigma^2}$	$\frac{(k+2d)(k+d)}{(k+d)^2+c\rho\delta^2\sigma^2}$	$\frac{(k+2d)^2(k+d)^2}{c(k+d)^2+c^2\rho\delta^2\sigma^2}-2\bar{w}$

## 5 模型分析

### 5.1 单一模型分析

以代理人最优努力程度  $a_i$ 、契约最优分配比例  $\beta$ 、委托人最大收益  $f_L$  作为因变量, 在 3 种

表 3 竞争关系下的因素求导结果

因素	$a_i$	$\beta$	$f_L$
$k$	$\frac{c(k+b)^4+(3k+b)(k+b)c^2\rho\delta^2\sigma^2}{[c(k+b)^2+c^2\rho\delta^2\sigma^2]^2}$	$\frac{b(k+b)^2+(2k+b)c\rho\delta^2\sigma^2}{[(k+b)^2+c\rho\delta^2\sigma^2]^2}$	$\frac{2ck(k+b)^4+2k(k+b)(2k+b)c^2\rho\delta^2\sigma^2}{[c(k+b)^2+c^2\rho\delta^2\sigma^2]^2}$
$b$ 或 $d$	$\frac{2k(k+b)c^2\rho\delta^2\sigma^2}{[c(k+b)^2+c^2\rho\delta^2\sigma^2]^2}$	$\frac{k[c\rho\delta^2\sigma^2-(k+b)^2]}{[(k+b)^2+c\rho\delta^2\sigma^2]^2}$	$\frac{2k^2(k+b)c^2\rho\delta^2\sigma^2}{[c(k+b)^2+c^2\rho\delta^2\sigma^2]^2}$
$c$	$-\frac{k(k+b)^2[(k+b)^2+2c\rho\delta^2\sigma^2]}{[c(k+b)^2+c^2\rho\delta^2\sigma^2]^2}$	$-\frac{k(k+b)\rho\delta^2\sigma^2}{[(k+b)^2+c\rho\delta^2\sigma^2]^2}$	$-\frac{k^2(k+b)^2[(k+b)^2+2c\rho\delta^2\sigma^2]}{[c(k+b)^2+c^2\rho\delta^2\sigma^2]^2}$
$\rho$	$-\frac{k(k+b)^2c^2\rho\delta^2\sigma^2}{[c(k+b)^2+c^2\rho\delta^2\sigma^2]^2}$	$-\frac{k(k+b)c\delta^2\sigma^2}{[(k+b)^2+c\rho\delta^2\sigma^2]^2}$	$-\frac{k^2(k+b)^2c^2\delta^2\sigma^2}{[c(k+b)^2+c^2\rho\delta^2\sigma^2]^2}$
$\delta$	$-\frac{2k(k+b)^2c^2\rho\delta\sigma^2}{[c(k+b)^2+c^2\rho\delta^2\sigma^2]^2}$	$-\frac{2k(k+b)c\rho\delta\sigma^2}{[(k+b)^2+c\rho\delta^2\sigma^2]^2}$	$-\frac{2k^2(k+b)^2c^2\rho\delta\sigma^2}{[c(k+b)^2+c^2\rho\delta^2\sigma^2]^2}$
$\sigma^2$	$-\frac{k(k+b)^2c^2\rho\delta^2}{[c(k+b)^2+c^2\rho\delta^2\sigma^2]^2}$	$-\frac{k(k+b)c\rho\delta^2}{[(k+b)^2+c\rho\delta^2\sigma^2]^2}$	$-\frac{k^2(k+b)^2c^2\rho\delta^2}{[c(k+b)^2+c^2\rho\delta^2\sigma^2]^2}$

表 4 因素间变化趋势

关系	因素	$k \uparrow$	$b$ 或 $d \uparrow$	$c \uparrow$	$\rho \uparrow$	$\delta \uparrow$	$\sigma^2 \uparrow$
中立	$a_i$	$\uparrow$		$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$
	$\beta$	$\uparrow$		$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$
	$f_L$	$\uparrow$		$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$
竞争	$a_i$	$\uparrow$	$\uparrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$
	$\beta$	$\uparrow$	分类	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$
	$f_L$	$\uparrow$	$\uparrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$
合作	$a_i$	$\uparrow$	$\uparrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$
	$\beta$	分类	$\uparrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$
	$f_L$	$\uparrow$	$\uparrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$

从表 4 可以看出, 一些特殊情况需要分类讨论: ①若代理人间是竞争关系, 则  $b$  的变化对  $\beta$  的影响会根据  $x$  的不同有所差异:  $x \leq 0$  的情况下,  $\beta$  随着  $b$  的增加而减小;  $x > 0$  的情况下, 当  $b \in (0, x)$  时,  $\beta$  随着  $b$  的增加而增加, 当  $b \in (x, +\infty)$  时,  $\beta$  随着  $b$  的增加而减小, 其中,  $x = \sqrt{c\rho\delta^2\sigma^2} - k$ 。②若代理人间是合作关系, 则  $k$  的变化对  $\beta$  的影响也会根据  $y$  的不同有所差异:  $y \leq 0$  的情况下,  $\beta$  随着  $k$  的增加而减小;  $y > 0$  的情况下, 当  $k \in (0, y)$  时,  $\beta$  随着  $k$  的增加

关系模型情况下, 分别对代理人产出系数  $k$ 、竞争或合作关系强度  $b$  或  $d$ 、代理人单位努力成本  $c$ 、代理人风险规避度  $\rho$ 、随机变动系数  $\delta$ 、市场随机变动  $\sigma^2$  求导, 以竞争关系为例, 求导计算结果见表 3。

由表 3 的求导结果可以进一步得出, 在中立、竞争和合作关系下, 随着产出系数  $k$ 、竞争或合作关系强度  $b$  或  $d$ 、代理人单位努力成本  $c$ 、代理人风险规避度  $\rho$ 、随机变动系数  $\delta$ 、市场随机变动  $\sigma^2$  等因素的变化。代理人最优努力程度  $a_i$ 、最优分配比例  $\beta$ 、委托人最大收益  $f_L$  的变化趋势见表 4。

而增加, 当  $k \in (y, +\infty)$  时,  $\beta$  随着  $k$  的增加而减小, 其中,  $y = c\rho\delta^2\sigma^2/d + ((d^2 + c\rho\delta^2\sigma^2/d^2) \cdot c\rho\delta^2\sigma^2)^{1/2} - d$ , 下同。

根据上述分析得出以下结论:

**结论 1** 当代理人的单位努力成本越大、或者代理人越风险规避、或者环境变动风险成本越大时, 最优的努力程度、最优的分配比例以及委托人的最大收入越小。

在中立、竞争和合作 3 种关系模型下, 随着  $c$ 、 $\rho$ 、 $\delta$ 、 $\sigma^2$  的增加,  $a_i$ 、 $\beta$ 、 $f_L$  均为减小趋势。即说明了当单位努力成本、代理人的风险规避度、市场波动对项目产出的影响系数和市场的波动性增大时, 代理人的最优努力水平、项目合同的最优分配系数和委托人的最大收益都会减少, 可以将其归纳为代理人的努力成本因素以及环境变动带来的风险成本因素。当这两种成本因素都在变大时, 项目的成本会增大, 进而对整体项目以及委托代理双方均带来负面影响。

**结论 2** 代理人的综合生产能力或者相互作用关系强度越大时, 最优情况下的代理人努

力程度和委托人的最大收益越大。

在中立、竞争和合作 3 种关系模型下,代理人产出系数  $k$  或代理人间相互关系强度  $b$  或  $d$  增加时,代理人最大努力程度  $a_i$  和委托人最大收益  $f_L$  均为增加趋势。从现实意义考虑,一个是代理人自身的能力因素,另一个是其余代理人  $F_i$  对代理人的激励因素。生产能力越强,代理人要达到相同产出,则付出的努力及努力成本就越小,代理人会通过提高自身的努力程度获得更大的产出和收益,进而达到最优;而关系强度越大,代理人被激励程度越大,这也会提高代理人的努力程度,同样使项目产出增大。

**结论 3** 在一定情况下,竞争强度以及合作关系下的产出能力与最优分配比例  $\beta$  不是单调递增递减关系。

具体来说,由表 3 和表 4 可知:①竞争模型下,若  $c\rho\delta^2\sigma^2 > k^2$ ,则当  $b \in (0, \sqrt{c\rho\delta^2\sigma^2} - k)$  时,竞争强度带来的激励程度不够强,分配比例  $\beta$  的边际激励效用随竞争强度增加而增加,因而当竞争程度增大时,代理人分担的风险可适当增加;当  $b \in (\sqrt{c\rho\delta^2\sigma^2} - k, +\infty)$  时,竞争强度带来的激励程度足够强,分配比例  $\beta$  的边际激励效用随竞争强度增加而减少,因而当竞争程度增大时,代理人分担的风险可适当减少。②合作模型下,若  $y > 0$ ,则当  $k \in (0, y)$  时,生产能力不够强,分配比例  $\beta$  的边际激励效用随生产能力增加而增加,因而当生产能力增强时,代理人分担的风险可适当增加;当  $k \in (y, +\infty)$  时,生产能力足够强,分配比例  $\beta$  的边际激励效用随生产能力增加而减少,因而当生产能力增强时,代理人分担的风险可适当减少。

### 5.2 模型比较分析

上述分析了单一关系模型中参数变化对最优解的影响,接下来通过作差比较哪种关系的多代理模型下委托人的最大收益最大。

分别对 3 种模型的委托人最大收益  $f_L$  进行变换:①中立关系情形下,

$$f_L = \frac{k^2}{c + c^2\rho\delta^2\sigma^2/k^2} - 2\bar{w}; \quad (12)$$

②竞争关系情形下,

$$f_L = \frac{k^2}{c + c^2\rho\delta^2\sigma^2/(k+b)^2} - 2\bar{w}; \quad (13)$$

③合作关系情形下,

$$f_L = \frac{(k+2d)^2}{c + c^2\rho\delta^2\sigma^2/(k+d)^2} - 2\bar{w}. \quad (14)$$

因为  $b, d$  均大于 0,显然,竞争和合作关系在相同条件下,均优于中立关系。对比竞争关

系和合作关系,利用作差法,将式(13)减去式(14),令  $z = c\rho\delta^2\sigma^2(k+2d)^2(k+d)^2/(k^2((k+d)^2 + c\rho\delta^2\sigma^2) - (k+2d)^2(k+d)^2)$ ,解得:当  $(k+b)^2 > z$  时,选择竞争关系;当  $(k+b)^2 < z$  时,选择合作关系;当  $(k+b)^2 = z$  时,两种关系的委托人最大收益相等。

**结论 4** 一般情况下,竞争关系和合作关系要优于中立关系,而当  $(k+b)^2 > z$  时,竞争关系优于合作关系;当  $(k+b)^2 < z$  时,合作关系优于竞争关系。

可以发现,  $(k+b)^2$  和  $z$  分别是对  $b$  和对  $d$  的单调递增函数,因此,当竞争强度或者合作强度越大时,竞争关系或合作关系带来的激励作用就越大,项目产出也就越大。当  $(k+b)^2 > z$  时,竞争强度带来的激励效用大于合作关系带来的激励效用,这时应该选择竞争关系模型;当  $(k+b)^2 < z$  时,合作关系带来的激励效用大于竞争关系的激励效用;当  $(k+b)^2 = z$  时,两者带来的激励效用相等。

## 6 模型扩展

上述模型均只考虑了一种关系下的双代理人模型,但现实生活中,大部分情况下存在着两位以上的代理人且代理人间不只存在着一种相互作用关系。为了使委托代理模型与现实生活更为接近,通过分析 3 种关系的双代理人模型的共同点,提出了统一双代理人模型,同时将其扩展到单目标多代理人和多目标多代理人的情况,并验证结论是否与双代理人时一致。

### 6.1 双代理人统一模型

利用 3 种关系模型的共同点,构建一个统一双代理人模型,具体过程如下。

3 种关系假设的代理人产出分别是:①中立关系情形下,

$$\pi_i = ka_i + \delta\theta_i; \quad (15)$$

②竞争关系情形下,

$$\pi_i = (k+b)a_i - ba_j + \delta\theta_i; \quad (16)$$

③合作关系情形下,

$$\pi_i = (k+d)a_i + da_j + \delta\theta_i. \quad (17)$$

不妨设  $K = k + |B|$ ,  $B < 0$  表示竞争关系,  $B = 0$  表示中立关系,  $B > 0$  表示合作关系。

同上述模型,代理人  $F_i$  产出为  $\pi_i = Ka_i + Ba_j + \delta\theta_i$ 。构造统一模型如下:

$$\max f_L = -2\alpha + (1-\beta)(K+B)(a_1 + a_2), \quad (18)$$

$$\text{s. t. } a_i \in \max f_{F_i} =$$

$$\alpha + \beta(ka_i + Ba_j) - \frac{1}{2}ca_i^2 - \frac{1}{2}\rho\beta^2\delta^2\sigma^2; \quad (18a)$$

$$f_{F_i} \geq \bar{w}, i \in \{1, 2\}. \quad (18b)$$

解得：

$$a_i = \frac{K+B}{c+c^2\rho\delta^2\sigma^2/K^2}; \quad (19a)$$

$$\beta = \frac{K(K+B)}{K^2+c\rho\delta^2\sigma^2}; \quad (19b)$$

$$f_L = \frac{K(K+B)^2}{cK^2+c^2\rho\delta^2\sigma^2} - 2\bar{w}. \quad (19c)$$

### 6.2 单目标多代理人模型

借鉴双代理人统一模型,可推广到多代理人的情形。为使单目标多代理人模型更加贴合生活,本研究提出补充假设:

**假设 4** 存在  $n$  位代理人,代理人的产出能力、单位努力成本以及绝对风险规避度有所差异,即代理人非同质。不同的代理人间关系可能不同,用  $b_{ij}$  表示代理人  $F_i$  和代理人  $F_j$  间的关系, $b_{ij} < 0$  表示竞争关系, $b_{ij} > 0$  表示合作关系, $b_{ij} = 0$  表示中立关系,且  $b_{ij} = b_{ji}$ 。

由此,代理人的产出为

$$\pi_i = K_i a_i + \sum_{j=1, j \neq i}^n b_{ij} a_j + \delta \theta_i, \quad (20)$$

式中,  $K_i a_i$  为代理人  $F_i$  自身努力的产出,

$\sum_{j=1, j \neq i}^n b_{ij} a_j$  为其余代理人对  $F_i$  的影响产出,  $K_i =$

$$k_i + \sum_{j=1, j \neq i}^n |b_{ij}| = k_i + \bar{B}_i.$$

$$\text{令 } B_i = [b_{i1} b_{i2} \dots b_{i,i-1} b_{i,i+1} \dots b_{i,n-1} b_{in}], A_i =$$

$$[a_1 a_2 \dots a_{i-1} a_{i+1} \dots a_{n-1} a_n], B_i^* = \sum_{j=1, j \neq i}^n b_{ij}, \bar{B}_i =$$

$$\sum_{j=1, j \neq i}^n |b_{ij}|. \text{ 由此可知,代理人 } F_i \text{ 的产出为 } \pi_i =$$

$$K_i a_i + B_i A_i + \delta \theta_i.$$

综上所述,得到单目标多代理人模型如下:

$$\begin{aligned} \max f_L = & \sum_{i=1}^n (-\alpha_i + (1-\beta_i)K_i a_i + \\ & \sum_{j=1, j \neq i}^n (1-\beta_j)b_{ij} a_j), \end{aligned} \quad (21)$$

$$\begin{aligned} \text{s. t. } \alpha_i \in \max f_{F_i} = & \alpha_i + \beta_i (K_i a_i + B_i A_i) - \\ & \frac{1}{2} c_i \alpha_i^2 - \frac{1}{2} \rho_i \beta_i^2 \delta^2 \sigma^2; \end{aligned} \quad (21a)$$

$$f_{F_i} \geq \bar{w}_i, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (21b)$$

解得:

$$\alpha_i = \frac{K_i^2 (K_i + B_i^*)}{c_i K_i^2 + c^2 \rho_i \delta^2 \sigma^2}; \quad (22a)$$

$$\beta_i = \frac{K_i (K_i + B_i^*)}{K_i^2 + c_i \rho_i \delta^2 \sigma^2}; \quad (22b)$$

$$f_L = \sum_{i=1}^n \left( \frac{K_i^2 (K_i + B_i^*)^2}{2c_i (K_i^2 + c_i \rho_i \delta^2 \sigma^2)} - \bar{w}_i \right). \quad (22c)$$

### 6.3 多目标多代理人

现实生活中,部分委托代理活动还会要求多个目标同时实现。如在零件外包生产过程中,委托方会对完成时间、质量和成本均有一定要求。基于此,本研究将上述单目标多代理人

的内涵扩展到多任务目标多代理人的情形,即存在  $n$  位代理人,每位代理人要完成  $m$  个目标(如工期、质量、成本等),设第  $i$  个代理人  $F_i$  在第  $y$  个目标上付出的努力为  $a_{m(i-1)+y}$ ,同一代理人不同的努力方向以及不同的代理人之间可能会存在着竞争、合作或中立关系。当  $m=1, y=1$  时,即为单目标多代理人模型。可认为代理人  $i$  被分解为同质的  $m$  个代理人  $i_1, i_2, \dots, i_{m-1}, i_m$ ,分别对应着代理人  $F_i$  的  $m$  个目标。该模型中有  $m \cdot n$  个代理人,分别对应着一个目标,也就是一个存在着  $m \cdot n$  个代理人的单目标多代理人模型,因此,得到的最优解与单目标多代理人模型相似,此处不再赘述。

### 6.4 扩展模型结论

由于双代理人统一模型是对 3 种关系下的双代理人模型进行归纳,所以参照 3 种关系下的双代理人模型的求解过程,可以得到双代理人统一模型参数变化对最优解的影响情况;同时,对单目标多代理人进行分析,可以利用求导得出不同模型下,代理人最优努力程度、契约最优分配比例、委托人最大收益随代理人产出因子、竞争或合作强度、代理人努力成本系数及代理人风险规避度的变化趋势,结果见表 5。

表 5 统一模型和多代理人模型中各因素的变化趋势

模型	因素	$k$ 或 $k_i \uparrow$	$ B $ 或 $ b_{ij}  \uparrow$	$c$ 或 $c_i \uparrow$	$\rho$ 或 $\rho_i \uparrow$	$\delta \uparrow$	$\sigma^2 \uparrow$
统一模型	$a_i$	$\uparrow$	$\uparrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$
	$\beta_i$	分类	分类	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$
	$f_L$	$\uparrow$		$\downarrow$		$\downarrow$	$\downarrow$
单目标多代理人	$a_i$	$\uparrow$	$\uparrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$
	$\beta_i$	分类	分类	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$
	$f_L$	$\uparrow$	$\uparrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$	$\downarrow$

在单目标多代理人模型中,研究  $|b_{ij}|$  增大和  $k_i$  增大分别对  $\beta_i$  的影响时,需要分类讨论。

(1)  $|b_{ij}|$  增大对  $\beta_i$  的影响 若  $b_{ij}$  为正,则  $\beta_i$  随着  $|b_{ij}|$  的增加而增加;若  $b_{ij}$  为负,则当  $c_i \rho_i \delta^2 \sigma^2 \leq (K_i + \bar{B}_i - |b_{ij}|^2)$  时,  $\beta_i$  随着  $|b_{ij}|$  的减少而增加;当  $c_i \rho_i \delta^2 \sigma^2 > (K_i + \bar{B}_i - |b_{ij}|^2)$  时,若  $|b_{ij}| \in (0, \sqrt{c_i \rho_i \delta^2 \sigma^2} - (K_i + \bar{B}_i - |b_{ij}|))$ ,则  $\beta_i$  随着  $|b_{ij}|$  的增加而增加,若  $|b_{ij}| \in (\sqrt{c_i \rho_i \delta^2 \sigma^2} - (K_i + \bar{B}_i - |b_{ij}|), +\infty)$ ,则  $\beta_i$  随着  $|b_{ij}|$  的增加而减少。

分析  $|b_{ij}|$  对  $\beta_i$  的影响时,因为  $\bar{B}_i = (\sum_{j=1, j \neq i}^n |b_{ij}| - |b_{ij}|) + |b_{ij}|, B_i^* = (\sum_{j=1, j \neq i}^n b_{ij} - |b_{ij}|) + |b_{ij}|, b_{ij} > 0, B_i^* = (\sum_{j=1, j \neq i}^n b_{ij} + |b_{ij}|) - |b_{ij}|, |b_{ij}| < 0$ ,即可以将代理人  $F_i$

与其余代理人间的相互作用关系,划分为与代理人  $F_i$  的相互作用关系,以及与除  $F_i$  和  $F_j$  外其余代理人的相互作用关系。由此可知,当代理人  $F_i$  与除  $F_i$  和  $F_j$  外其余代理人的相互作用关系一定时,该关系强度只是作为一个常数参数出现,并不会过大影响  $\beta_i$  对  $|b_{ij}|$  的求导结果。对  $|b_{ij}|$  增大对  $\beta_i$  的影响分析与双代理人的分析结果类似。

(2)  $k_i$  增大对  $\beta_i$  的影响 因为  $K_i = k_i + \bar{B}_i$ , 所以分析  $k_i$  增大对  $\beta_i$  的影响,只需分析  $K_i$  增大对  $\beta_i$  的影响。计算  $\beta_i$  对  $K_i$  的导数,可得

$$\frac{\partial \beta_i}{\partial K_i} = \frac{-B_i^* K_i^2 + c_i \rho_i \delta^2 \sigma^2 (2K_i + B_i^*)}{(K_i^2 + c_i \rho_i \delta^2 \sigma^2)^2} \quad (23)$$

若  $B_i^* \leq 0$ , 则  $\beta_i$  随着  $k_i$  的增加而增加;若  $B_i^* > 0$ , 则当  $y \leq 0$  时,  $\beta_i$  随着  $k_i$  的增加而减小;当  $y > 0$  时,若  $k_i \in (0, y)$ , 则  $\beta_i$  随着  $k_i$  的增加而增加;若  $k_i \in (y, +\infty)$ ,  $\beta_i$  随着  $k_i$  的增加而减小。其中,  $y = c_i \rho_i \delta^2 \sigma^2 / B_i^* + ((B_i^*)^2 + c_i \rho_i \delta^2 \sigma^2 / B_i^*) c_i \rho_i \delta^2 \sigma^2)^{1/2} - \bar{B}_i$ 。

分析代理人  $F_i$  的产出系数  $k_i$  时,可以把其余代理人的努力归纳为外界努力(若存在多目标的情形,则将代理人  $F_i$  对其余目标的努力也视为外界努力)。这样,对于代理人  $F_i$  的努力情况,可以分为两种:一种是代理人  $F_i$  的自身努力,另一种是其余代理人的外界努力。两者之间存在相互作用关系  $B_i^*$ ,  $B_i^* > 0$  是合作关系,  $B_i^* = 0$  是中立关系,  $B_i^* < 0$  是竞争关系。分析得到的结论也与双代理人的模型相似。

根据表 5 可知,其余参数对代理人最优努力程度、最优分配系数和委托人最大收益影响,与双代理人模型的结论相似,因此可以得到以下结论:

**结论 5** 3 种关系的双代理人模型的结论在多代理人时仍具有一定的普适性。

当分析代理人  $F_i$  的属性发生变化(代理人的产出系数、单位努力成本系数和绝对风险规避度)以及市场波动时,可以将其余代理人视为一个整体  $F'_i$ , 其与代理人  $F_i$  的相互关系强度为  $B_i^*$ , 即其余代理人与代理人  $F_i$  的关系强度  $b_{ij}$  之和,则此时的分析过程及结果与双代理人相似。而当分析代理人  $F_i$  和  $F_j$  之间的关系强度  $b_{ij}$  时,可以将除  $F_i$  和  $F_j$  外的其余代理人视为一个整体  $F'_{ij}$ , 其与代理人  $F_i$  的相互关系强度为  $\sum_{k=1, j \neq k, k \neq i}^n b_{ij}$ , 在求导过程中只发挥一常数作用,因此,多代理人模型与双代理人中  $b_{ij}$  对  $\beta_i$  的影响具有一定相似性。

根据单目标多代理人模型的最终解式

(22a)和式(22b),可以得到以下结论:

**结论 6** 代理人的最优努力程度和最优分配比例并不会受到其余代理人的相关属性变动(代理人的产出系数、单位努力成本系数和绝对风险规避度)的影响。

由式(22a)和式(22b)得,代理人的最优努力程度和最优分配比例分别为  $a_i = K_i^2 / (K_i^2 + B_i^*) / (c_i \rho_i \delta^2 \sigma^2)$ ,  $\beta_i = K_i / (K_i + B_i^*) / (K_i^2 + c_i \rho_i \delta^2 \sigma^2)$ , 最终解中不包含  $K_j, c_j, \rho_j (j \neq i)$ , 因此可以证得,其余代理人的产出系数、单位努力成本和绝对风险规避度等属性变动不会改变最优努力程度和最优分配比例。

从现实角度出发,当代理人  $F_i$  与委托人之间约定的产出分配比例  $\beta_i$  以及代理人  $F_i$  的努力程度  $a_i$  均达到最优水平时,  $\beta_i$  对委托人的边际效用为 0,  $a_i$  对代理人的边际效用为 0, 且此时其余代理人的产出系数、单位努力成本和绝对风险规避度变动不会影响  $\beta_i$  对委托人的边际效用以及  $a_i$  对代理人的边际效用,因此不会影响代理人的最优努力程度和最优分配比例。

## 7 讨论

本研究在前人研究基础上,探讨非对称信息下中立、竞争和合作 3 种代理人关系,分析最优解与模型参数之间的变化关系以及 3 种关系的适用情形等,通过对 3 种模型进行归纳,得到了双代理人统一模型,并以此为基础,推广得到单目标和多目标的多代理人模型,同样得到模型参数如何影响最优解的类似结论,证明了该影响具有一定的普适性。研究表明,委托人的最大收益与代理人的综合生产能力和相互作用关系强度呈正相关关系,与代理人的努力成本系数、风险规避度和环境变动成本呈负相关关系;竞争和合作要优于中立关系,而当竞争关系的激励效用大于合作关系时,竞争优于合作,反之合作优于竞争;代理人最优努力程度和最优分配比例不会受到其余代理人的产出系数、单位努力成本以及绝对风险规避度的影响。

由此可得管理启示如下:①代理人选择。选择较高风险偏好、高综合技术水平以及低单位努力成本的代理人。过于风险规避者会为了降低自身风险,减少自身努力程度,进而不利于项目的产出,而高综合技术水平低单位努力成本的代理人最优努力较高,项目产出也会有所提高。同时,委托人可以对代理人进行培训,实现双赢。②相互关系设计。在契约设计前,应当先对潜在代理人和任务进行评估,以确定代

理人相关属性以及相互关系特性(如代理人间是否具有过往合作经历等),可根据结论 4 选择设计代理人相互关系;在契约设计中,可以通过设置奖惩制度来增强代理人间的相互关系。

本研究在构建模型时,假设代理人的一些属性是可以被量化得知的,但在实际情况中,这些属性的精确量化仍存在困难。目前,并未有专门用于评价委托人和代理人的属性量化方法,但可以参照供应商评价方法,如采用 DEA、EAHP、GRAP 以及 VIKOR 等方法对代理人属性进行量化<sup>[20~22]</sup>,但都存在着主观性强、精度低等问题。由此,如何对代理人相关属性进行量化,这正是本研究模型在实际应用中的关键所在。

随着外包设计的发展,代理人的数量和关系也会变得更加复杂。代理人可能存在着互惠偏好、公平偏好和有限理性等属性,均会影响模型构建及最终结论。基于此,后续研究将进一步修改假设,补充代理人的互惠偏好、公平偏好等属性,建立新的委托代理模型,使其更加符合实际情形。

#### 参 考 文 献

[1] 伯利 A A, 米恩斯 G C. 现代公司与私有财产[M]. 甘华鸣, 罗锐韧, 蔡如海, 译. 北京: 商务印书馆, 2005.

[2] HOLMSTROM B, MILGROM P. Aggregation and Linearity in the Provision of Intertemporal Incentives [J]. *Econometrica*, 1987, 55(2):303-328.

[3] ROELS G, KARMARKAR U S, CARR S. Contracting for Collaborative Services[J]. *Management Science*, 2010, 56(5): 849-863.

[4] ATTAR A, CAMPIONI E, PIASER G, et al. On Multiple-Principal Multiple-Agent Models of Moral Hazard [J]. *Games and Economic Behavior*, 2010, 68(1):376-380.

[5] OZCAN-DENIZ G, ZHU Y, CERON V. Time, Cost, and Environmental Impact Analysis on Construction Operation Optimization Using Genetic Algorithms[J]. *Journal of Management in Engineering*, 2011, 28(3): 265-272.

[6] MUNGLE S, BENYOUCEF L, SON Y J, et al. A Fuzzy Clustering-Based Genetic Algorithm Approach for Time-Cost-Quality Trade-off Problems: A Case Study of Highway Construction Project[J]. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 2013, 26(8): 1 953-1 966.

[7] THIELE V. Task-Specific Abilities in Multi-Task Principal-Agent Relationships[J]. *Labour Econom-*

ics, 2010, 17(4): 690-698.

[8] 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.

[9] SINGER M, DONOSO P, RODRÍGUEZ-SICKERT C. A Static Model of Cooperation for Group-Based Incentive Plans [J]. *International Journal of Production Economics*, 2008, 115(2):492-501.

[10] 韩姣杰, 周国华, 李延来, 等. 基于互惠偏好的多主体参与项目团队合作行为[J]. *系统管理学报*, 2012, 21(1):111-119.

[11] PEPPER A, GORE J. Behavioral Agency Theory: New Foundations for Theorizing about Executive Compensation[J]. *Journal of Management*, 2015, 41(4): 1 045-1 068.

[12] GONG D, TANG M, LIU S, et al. Reconsidering Production Coordination: A Principal-Agent Theory-Based Analysis[J]. *Advances in Production Engineering and Management*, 2017, 12(1): 51-61.

[13] 聂磊, 张金隆, 种晓丽, 等. 基于道德风险防范的虚拟联盟成员二元激励模型研究[J]. *管理学报*, 2011, 8(5):739-744.

[14] 李云飞, 周宗放. 基于委托-代理关系的风险投资家激励契约模型[J]. *管理学报*, 2011, 8(6):872-878.

[15] ITOH H. Incentives to Help in Multi-Agent Situations[J]. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1991: 59(3):611-636.

[16] 田厚平, 刘长贤, 郭亚军. 代理人间具有竞争关系的薪酬激励机制设计[J]. *管理工程学报*, 2007, 21(4): 153-156.

[17] 范波, 孟卫东, 代建生. 具有协同效应的合作研发利益分配模型[J]. *系统工程学报*, 2015, 30(1):34-43.

[18] 钟国栋, 万昆. 多关系条件下多代理人行为分析与激励机制设计[J]. *技术经济*, 2013, 32(6):92-97.

[19] 田厚平, 刘长贤, 吴萍. 非对称信息下参与人不同风险偏好组合的委托代理问题[J]. *管理工程学报*, 2007, 21(3):24-28.

[20] 王美强, 李勇军. 具有双重角色和非期望要素的供应商评价两阶段 DEA 模型[J]. *中国管理科学*, 2016, 24(12):91-97.

[21] 邹平, 袁亦男. 基于 EAHP 和 GRAP 的供应商选择[J]. *系统工程理论与实践*, 2009, 29(3):69-75.

[22] 耿秀丽, 叶春明. 基于直觉模糊 VIKOR 的服务供应商评价方法[J]. *工业工程与管理*, 2014, 19(3):18-25.

(编辑 桂林)

通讯作者: 刘入境(1966~), 男, 新疆乌鲁木齐人。西安交通大学(西安市 710049)管理学院教授、博士研究生导师。研究方向为企业战略、供应链管理。E-mail: renjingl@163.com