第 32 卷第 5 期
2017 年 10 月
系 统 工 程 学 报
JOURNAL OF SYSTEMS ENGINEERING
Vol.32 No.5
Oct. 2017

# 不完全信息情景下三方相互威慑讨价还价模型

肖　燕, 李登峰*
(福州大学经济与管理学院, 福建 福州 350108)

**摘要:** 考虑现实中存在信息不完全情景, 采用合作博弈理论思想, 在 Rubinstein 无限期讨价还价的基础上, 通过重新定义折损因子, 将不完全信息引入三方相互威慑讨价还价博弈模型中, 并具体给出了不完全信息情景下各局中人 Nash 均衡分配份额的计算公式. 应用一个数值算例说明了所建立模型与方法的可行性及有效性. 研究方法可为解决不完全信息情景下多方相互威慑问题提供一种新的途径.

**关键词:** 威慑; 讨价还价; 不完全信息; 博弈论
**中图分类号:** TP273　　**文献标识码:** A　　**文章编号:** 1000−5781(2017)05−0604−09

doi: 10.13383/j.cnki.jse.2017.05.004

# Bargaining model of mutual deterrence among three players with incomplete information situations

**Xiao Yan, Li Dengfeng***
(School of Economics and Management, Fuzhou University, Fuzhou 350108, China)

**Abstract:**Considering the situations of incomplete information in reality, using the idea of cooperative game theory, based on the Rubinstein indefinite bargaining, this paper introduces incomplete information into the tripartite mutual deterrence bargaining model by redefining the discount factor. Particularly, this paper gives the formula to calculate the Nash equilibrium distribution of every player under incomplete information situations. A numerical example is used to illustrate the feasibility and effectiveness of the model and method proposed in this paper. The developed methods provide a new way to solve multiparty mutual deterrence problems under incomplete information situations.

**Key words:** deterrence, bargaining, incomplete information, game theory

## 1　引　言

威慑是一种采取有效的方式影响对方的决策, 并期望借此影响对方对自身行为预期判断的行为模式. 而相互威慑是一种在现实国际政治中广泛存在的双边威慑的情景, 比如冷战时期美苏之间的核威慑和持续至今的印巴之间的核威慑. 随着国际形势的日趋复杂, 三方威慑问题也逐渐增多, 例如, 中台美在台湾问题上的博弈, 中菲美在黄岩岛问题上的博弈等等. 因此, 三方威慑问题的研究对解决这些国际上冲突的问题具有重要的意义.

收稿日期: 2016−07−14; 修订日期: 2017−03−27.
基金项目: 国家自然科学基金重点项目资助(71231003).
*通信作者

国外相关研究方面, 上世纪 60 年代中期, Schelling[1]将相互威慑问题看作一个讨价还价问题, 并把相互威慑的能力定义为一种能够对对方(或敌方)造成伤害的能力, 此时的双方讨价还价模型相对较为简单. 从合作博弈的角度出发, Nash[2]在 1950 年提出了著名的Nash 讨价还价解. 而从非合作博弈的角度, Rubinstein[3]提出了双方有限期和无限期的讨价还价模型. 而在三方相互威慑讨价还价问题中, 每个局中人都需要考虑另外两个局中人威慑能力的影响. Kalandrakis[4] 讨论了多数同意规则的三方讨价还价模型并提出了马尔可夫精炼 Nash 均衡. Calvó-Armengol[5] 建立了局中人地位非对称的三方讨价还价模型. 近几年, Fontenay 等[6]提出了一种网络代理之间的非合作双边讨价还价代模型的分析,证明存在一个平衡使得代理之间由于外部性产生的盈余并生成一个同盟讨价还价分配. Bayati[7]等认为存在一个单边分配或者效用可转移的交换网络和动态讨价还价模型的一个市场,并建立了一个泛化的网络成对纳什讨价还价解的平衡结果. Aghadadashli 等[8]研究了可替代和互补的工会和公司之间的讨价还价. Collard-Wexler 等[9]在非合作讨价还价的基础上, 将 Rubinstein 交替出价讨价还价模型扩展到有多个上游和下游的企业中, 提出了一种在所有其他谈判条件达成的基础上每一对企业最大化他们的双边纳什乘积条件的模型, 并证明存在一个完美贝叶斯均衡, 并且结果是唯一的. An 等[10]分析了当代理人遵循交替出价讨价还价协议时在一对多和多对一的谈判战略行为, 并探讨了不确定性保留价格和期限如何影响均衡策略. Abreu 等[11]发现当具有完全信息的局中人延时做出他最初需求的决定时仍然可以达到精炼纳什均衡, 并且预测结果取决于具有完全信息的局中人的耐心程度类型的先验概率。

国内相关研究方面, 向钢华等[12]则对不完全信息双方相互威慑讨价还价模型进行了分析, 但此模型只适用于两个局中人, 并没有涉及三方局中人之间相互威慑讨价还价问题. 龚智强等[13]研究了完全信息条件下三方相互威慑讨价还价模型, 但是没有将不完全信息引入到模型之中, 所以模型不具有一般性. 周继祥等[14]研究了一个强势的供应商和一个弱势的批发商在最优生产量和最优订货量方面的讨价还价问题, 建立了完全信息和不对称信息下批发商与供应商的讨价还价模型.

根据 Rubinstein 模型, 在完全信息下理性行为人(或主体)之间可以实现达成可接受的协议, 因此相互威胁和报复也就没有意义, 冲突不会出现. 不同于上述已有的模型, 本文主要从合作博弈的角度出发, 在 Rubinstein 经典讨价还价模型的基础上, 建立了三方相互威慑模型. 并将不完全信息引入到三方相互威慑讨价还价模型中, 探讨了单边和双边不完全信息条件下三个局中人威慑的可信性和冲突的可能性, 使所建立的模型更具有一般性. 最后, 将本文更具一般性的模型与原有完全信息下的三方相互威慑讨价还价模型进行比较, 发现当某一博弈方具有单边不完全信息时, 可以达成一致的分配方案, 因此冲突不会出现. 而且无论在何种结盟关系下, 具有不完全信息的博弈方的利益份额高于完全信息时的利益份额, 具有单边不完全信息优势. 当三方相互威慑讨价还价模型中有两方具有不完全信息时, 在某些条件下每个局中人都无法提出三方都可接受的方案, 此时冲突可能出现.

## 2　完全信息的三方相互威慑讨价还价模型

### 2.1　无限期 Rubinstein 讨价还价模型

设两个局中人通过轮流出价方式分配一个单位的利益.

第 1 阶段, 局中人 1 提出分配方案 $(v_1, 1 - v_1)$. 如果局中人 2 接受局中人 1 的提议, 则产生分配方案为$(v_1, 1 - v_1)$; 如果局中人 2 拒绝局中人 1 的提议, 进入下一阶段.

第 2 阶段, 局中人 2 提出分配方案$(v_2, 1 - v_2)$. 如果局中人 1 接受局中人 2 的提议, 则产生分配方案为 $(\delta_1 v_2, \delta_2(1 - v_2))$, 其中 $\delta_i \in [0, 1](i = 1, 2)$为局中人 $i$ 的折损因子. 如果仍未达到 Nash 均衡, 继续进行如上讨价还价.

在轮流出价的讨价还价模型中, 当局中人事先不能确定期限时, 就可按无限期的讨价还价问题处理. 无

限期 Rubinstein 讨价还价模型给出的 Nash 均衡必然为对方所接受.

在第 1, 3, 5, …阶段, 局中人 1 选择其占有利益的份额; 在第 2, 4, 6, …阶段, 局中人 2 选择其占有的份额. 由于博弈是无限期的, 因而在第 1 阶段开始的子博弈与第 3 阶段开始的子博弈没有区别. Rubinstein[3]在 1982 年提出如下关于无限期讨价还价模型的结论.

**定理 1**[3] 在无限期轮流出价讨价还价博弈中, 唯一的子博弈精炼 Nash 均衡是局中人 1 在第 1, 3, 5, …阶段出价 $v_1^* = \dfrac{1-\delta_2}{1-\delta_1\delta_2}$, 局中人 2 在第 2, 4, 6, …阶段出价 $v_2^* = \dfrac{\delta_1(1-\delta_2)}{1-\delta_1\delta_2}$, 其中 $v_1^*$ 是局中人 1 获得的 Nash 均衡利益份额, $v_2^*$ 是局中人 2 获得的 Nash 均衡利益份额.

### 2.2 无限期完全信息的三方相互威慑讨价还价模型

假定 3 个局中人都是理性局中人. 局中人 1 先出价, 局中人 2 随后出价, 然后局中人 3出价, 再轮到局中人 1 出价, 如此轮流出价, 直至达到 Nash 均衡解.

各个局中人之间的威慑关系如图 1 所示, 其中 $\delta_{ij}$ 表示如果达不成协议时局中人 $i(i=1,2,3)$ 对局中人 $j(j=1,2,3)$的折损因子. $\delta_{ij}$ 越小, 则说明局中人 $i$ 对局中人 $j$ 实施威慑时对局中人 $j$ 造成的损失越大, 反之亦然.

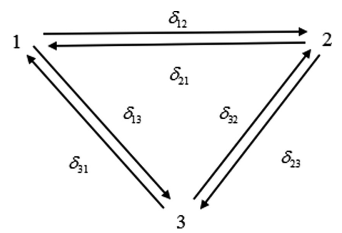


**图 1 三方相互威慑关系**

Fig. 1 The relationship among three parties' mutual deterrence

### 2.3 威慑的折损因子

在讨价还价过程中, 各个局中人为了得到更高的利益往往自发地选择暂时的"同盟", 然后同盟者针对得到的份额再进行讨价还价分配. 用$\delta_{i,jk}$ 表示 $i$ 对 $jk$ 同盟(即局中人 $j$ 与 $k$ 组成的同盟)的折损因子, $\delta_{ij,k}$ 表示 $ij$ 同盟对 $k$ 的折损因子, 其他类似解释. 威慑能力是对其他局中人造成伤害的能力, 而受摄能力是抵抗其他局中人威慑的能力. 折损因子是指因为对方的威慑对己方分配造成损失的系数, 威慑能力越大对其他局中人造成伤害的能力越强, 即其他局中人的折损因子越小; 受摄能力越大, 抵抗其他局中人威慑的能力就越强, 即己方的折损因子越大. 折损因子的大小可以表示两个局中人相互威慑能力的相对大小, 而每个局中人都有其对他人的威慑能力和自身的受摄能力, 这由局中人自身的属性决定. 假定局中人 1, 2, 3 的威慑能力分别用 $x_1, x_2, x_3$ 表示, 受摄能力分别用 $x_1', x_2', x_3'$ 表示. 在实际问题中, 一个局中人对另一局中人的威慑程度不一定能完全达到 100 %, 威慑程度受环境、心理等诸多因素的影响, 这样可以用一个威慑程度系数 $\sigma_{ij}(0\leqslant\sigma_{ij}\leqslant1)$代表局中人 $i$ 对局中人 $j$ 的威慑程度. 类似地, 用 $\sigma_{i,jk}$ 表示局中人 $i$ 对同盟 $jk$ 的威慑程度, 用 $\sigma_{jk,i}$ 表示同盟 $jk$ 对局中人 $i$ 的威慑程度. 显然, 折损因子是介于 0 到 1 之间的数.

**定义 1** 在双方相互威慑讨价还价模型中, 局中人折损因子可表示为

$$\text{折损因子} = \frac{\text{已方受摄能力}}{\text{已方受摄能力} + \text{对方威摄能力} \times \text{威摄程度系数}}. \tag{1}$$

于是, 通过定义 1 的量化计算, 可将冲突中的威慑转化为对对方的伤害能力, 进而利用博弈论建立相应的讨价还价模型. 这样, 局中人 $i$ 对局中人 $j$ 的折损因子为

$$\delta_{ij} = \frac{x_j'}{x_j' + \sigma_{ij}x_i},\ \ i=1,2,3;\ j=1,2,3\ \text{且}\ i\neq j. \tag{2}$$

进一步, 可得局中人 $i$ 对局中人 $jk$ 同盟的折损因子 $\delta_{i,jk}$, 局中人 $jk$ 同盟对局中人 $i$ 的折损因子 $\delta_{jk,i}$ 分别为

$$\delta_{i,jk}=\frac{x'_j+x'_k}{x'_j+x'_k+\sigma_{i,jk}x_i}, \tag{3}$$

$$\delta_{jk,i}=\frac{x'_i}{x'_i+\sigma_{jk,i}(x_j+x_k)}. \tag{4}$$

显然, $\delta_{i,jk}$ 和 $\delta_{jk,i}$ 是区间$[0,1]$上的数值, 且 $\delta_{i,jk}=\delta_{i,kj}$ 和 $\delta_{jk,i}=\delta_{kj,i}$. 同盟的折损因子小于同盟中单个局中人之间的折损因子, 并且折损因子会受到威慑程度系数的影响.

**定理 2**[14]　在上述完全信息的无限期轮流出价三方讨价还价模型中, 如果局中人 2 和 局中人 3 同盟, 则产生的 Nash 均衡分配份额为

$$v^*_{11}=\frac{1-\delta_{1,23}}{1-\delta_{1,23}\delta_{23,1}}, \tag{5}$$

$$v^*_{12}=\frac{(1-\delta_{23})(\delta_{1,23}-\delta_{1,23}\delta_{23,1})}{(1-\delta_{23}\delta_{32})(1-\delta_{1,23}\delta_{23,1})}, \tag{6}$$

$$v^*_{13}=\frac{(\delta_{23}-\delta_{23}\delta_{32})(\delta_{1,23}-\delta_{1,23}\delta_{23,1})}{(1-\delta_{23}\delta_{32})(1-\delta_{1,23}\delta_{23,1})}. \tag{7}$$

**推论 1**　在上述三方讨价还价模型中, 如果局中人 1 和局中人 3 同盟, 则产生的 Nash 均衡分配为

$$v^*_{21}=\frac{(1-\delta_{13,2})(1-\delta_{13})}{(1-\delta_{2,13}\delta_{13,2})(1-\delta_{13}\delta_{31})}, \tag{8}$$

$$v^*_{22}=\frac{\delta_{13,2}-\delta_{13,2}\delta_{2,13}}{1-\delta_{2,13}\delta_{13,2}}, \tag{9}$$

$$v^*_{23}=\frac{(1-\delta_{13,2})(\delta_{13}-\delta_{13}\delta_{31})}{(1-\delta_{2,13}\delta_{13,2})(1-\delta_{13}\delta_{31})}. \tag{10}$$

**推论 2**　在上述三方讨价还价模型中, 如果局中人 1 和局中人 2 同盟, 则产生的 Nash 均衡分配为

$$v^*_{31}=\frac{(1-\delta_{12,3})(1-\delta_{12})}{(1-\delta_{12,3}\delta_{3,12})(1-\delta_{12}\delta_{21})}, \tag{11}$$

$$v^*_{32}=\frac{(\delta_{12}-\delta_{12}\delta_{21})(1-\delta_{12,3})}{(1-\delta_{12,3}\delta_{3,12})(1-\delta_{12}\delta_{21})}, \tag{12}$$

$$v^*_{33}=\frac{\delta_{12,3}-\delta_{12,3}\delta_{3,12}}{1-\delta_{3,12}\delta_{12,3}}. \tag{13}$$

## 3　单边不完全信息的三方相互威慑讨价还价方法

如果局中人 2 和局中人 3 同盟(用{2,3}同盟表示), 则可以看作是局中人 1 和 {2,3}同盟(或{3,2}同盟)的双方讨价还价博弈. 设局中人 1 提出一个方案$(x,1-x)$, 博弈方{2,3}同盟可以选择接受和拒绝. 如果接受, 则博弈结束, 双方得益分别为 $x$ 和 $1-x$; 如果博弈方{2,3}同盟拒绝, 则局中人 1 将实施报复, 双方得益分别为 $\delta_{1,23}x$ 和 $\delta_{23,1}(1-x)$. 此后, 由博弈方{2,3}同盟提出新方案$(y,1-y)$. 如果局中人 1 接受, 则博弈结束; 如果被拒绝, 则博弈方{2,3}同盟将实施报复, 并由局中人 1 在下一阶段提出新的分配方案. 以此类推, 直到达成 Nash 均衡.

假设局中人 1 具有单边不完全信息, 其对局中人 2 和局中人 3 的折损因子 $\delta_{12}$, $\delta_{13}$ 是私有信息, 而局中人 2 和局中人 3 对局中人 1 的折损因子以及局中人 2 和局中人 3 之间的折损因子 $\delta_{21}$, $\delta_{31}$, $\delta_{23}$, $\delta_{32}$ 是公共知识. 根据海萨尼转换的思路, 设局中人 1 有高讨价还价能力类型 H(先验概率为 $p$)和低讨价还价能力类型 L

(先验概率为 $1-p$) 两种类型, 且其他博弈方能够从遭受报复的受损程度知道局中人 1 的真实类型. H 类型局中人 1 具有很强的伤害能力, 其对局中人 2 的折损因子为 $\delta_{12}^{\mathrm{L}}$, 对局中人 3 的折损因子为 $\delta_{13}^{\mathrm{L}}$; L 类型的局中人 1 具有较弱的伤害能力, 其对局中人 2 的折损因子为 $\delta_{12}^{\mathrm{H}}$, 对局中人 3 的折损因子为 $\delta_{13}^{\mathrm{H}}$. 因为 H 型局中人 1 的威慑能力大于 L 型局中人 1 的威慑能力, 所以 $\delta_{12}^{\mathrm{L}} \leqslant \delta_{12} \leqslant \delta_{12}^{\mathrm{H}}, \delta_{13}^{\mathrm{L}} \leqslant \delta_{13} \leqslant \delta_{13}^{\mathrm{H}}$. $\delta_{12}, \delta_{13}$ 分别代表完全信息的局中人 1 对局中人 2 和局中人 3 的折损因子, 其威慑程度系数 $\sigma_{ij}(i=1,2,3; j=1,2,3$ 且 $i \neq j)$ 不变.

设局中人 1 提出的方案有$(\alpha_1, 1-\alpha_1)$和$(\beta_1, 1-\beta_1)$两种, 分别表示 L 类型和 H 类型局中人 1 与$\{2,3\}$同盟进行 Rubinstein 完全信息讨价还价的唯一完美 Nash 均衡解. 可知, L 类型局中人 1 对$\{2,3\}$同盟的折损因子为 $\delta_{1,23}^{\mathrm{H}}$, H 类型局中人 1 对$\{2,3\}$ 同盟的折损因子为 $\delta_{1,23}^{\mathrm{L}}(\delta_{1,23}^{\mathrm{L}} \leqslant \delta_{1,23} \leqslant \delta_{1,23}^{\mathrm{H}})$, $\{2,3\}$同盟对局中人 1 的折损因子 $\delta_{23,1}$ 不变. 根据 Rubinstein 无限期讨价还价模型[3], 利用定理 1, 可计算得 $\alpha_1 = 1-\delta_{1,23}^{\mathrm{H}})/(1-\delta_{23,1}\delta_{1,23}^{\mathrm{H}})$, $\beta_1 = (1-\delta_{1,23}^{\mathrm{L}})/(1-\delta_{23,1}\delta_{1,23}^{\mathrm{H}})$. 显然, $(\beta_1, 1-\beta_1)$ 是局中人 1 偏爱的方案. 于是, 当局中人 1 提出分配方案$(\beta_1, 1-\beta_1)$时, $\{2,3\}$同盟选择接受的得益为 $1-\beta_1$, 选择拒绝的期望得益为 $\delta_{1,23}^{\mathrm{L}}(1-\beta_1)p + \delta_{1,23}^{\mathrm{H}}(1-\alpha_1)(1-p)$. 因 $p\left(\delta_{1,23}^{\mathrm{L}}(1-\beta_1) - \delta_{1,23}^{\mathrm{H}}(1-\alpha_1)\right) < 1-\beta_1-\delta_{1,23}^{\mathrm{H}}(1-\alpha_1)$, 可知 $\delta_{1,23}^{\mathrm{L}}(1-\beta_1)p + \delta_{1,23}^{\mathrm{H}}(1-\alpha_1)(1-p) < 1-\beta_1$, 即$\{2,3\}$同盟选择接受方案$(\beta_1, 1-\beta_1)$时的得益大于选择拒绝时的期望得益, 所以$\{2,3\}$同盟将接受局中人 1 提出的分配方案$(\beta_1, 1-\beta_1)$. 在这种情况下, 局中人 1 与$\{2,3\}$同盟的博弈可以达到 Nash 均衡, 因此冲突不会发生. 此时, 根据式(5)～式(7) 可计算得到, 局中人 1, 局中人 2 和局中人 3 最后获得的 Nash 均衡分配份额分别为

$$v_{11}' = \beta_1 = \frac{1-\delta_{1,23}^{\mathrm{L}}}{1-\delta_{23,1}\delta_{1,23}^{\mathrm{L}}}, \tag{14}$$

$$v_{12}' = \frac{(1-\delta_{23})(\delta_{1,23}^{\mathrm{L}} - \delta_{1,23}^{\mathrm{L}}\delta_{23,1})}{(1-\delta_{23}\delta_{32})(\delta_{1,23}^{\mathrm{L}}\delta_{23,1})}, \tag{15}$$

$$v_{13}' = \frac{(\delta_{23}-\delta_{23}\delta_{32})(\delta_{1,23}^{\mathrm{L}} - \delta_{1,23}^{\mathrm{L}}\delta_{23,1})}{(1-\delta_{23}\delta_{32})(1-\delta_{1,23}^{\mathrm{L}}\delta_{23,1})}. \tag{16}$$

因为 $\delta_{1,23}^{\mathrm{L}} \leqslant \delta_{1,23} \leqslant \delta_{1,23}^{\mathrm{H}}$, 可得局中人 1, 局中人 2 和局中人 3 的 Nash 均衡分配份额 $v_{11}' \geqslant v_{11}^*$, $v_{12}' \leqslant v_{12}^*, v_{13}' \leqslant v_{13}^*$ (当且仅当局中人 1, 2, 3 都具有完全信息时等号成立). 所以, 当局中人 2和局中人 3 选择同盟时, 如果此时局中人 1 具有单边不完全信息, 那么相对于完全信息时, 局中人 1 所获得的 Nash 均衡分配份额会有所增加, 而局中人 2 和局中人 3 所获得的 Nash 均衡分配份额都会有所减少. 这样, 局中人 1 因为具有不完全信息所获得收益的增加, 因此具有单边不完全信息优势. 此情况下存在唯一的三方讨价还价 Nash 均衡解. 因此, 谈判成功, 冲突不会发生.

类似分析, 当局中人 1 具有单边不完全信息, 即具有高讨价还价类型 H 和低讨价还价类型 L, 如果局中人 1 和局中人 3 选择同盟, 则$\{1,3\}$同盟与局中人 2 的博弈可以达到 Nash 均衡, 因此冲突不会发生. 根据式(8)～式(10)可得, 局中人 1, 局中人 2, 局中人 3 最后可获得的 Nash 均衡分配份额分别为

$$v_{21}^* = \frac{(1-\delta_{13,2}^{\mathrm{L}})(1-\delta_{13}^{\mathrm{L}})}{(1-\delta_{2,13}\delta_{13,2}^{\mathrm{L}})(1-\delta_{13}^{\mathrm{L}}\delta_{31})}, \tag{17}$$

$$v_{22}^* = \frac{\delta_{13,2}^{\mathrm{L}} - \delta_{13,2}^{\mathrm{L}}\delta_{2,13}}{1-\delta_{2,13}\delta_{13,2}^{\mathrm{L}}}, \tag{18}$$

$$v_{23}' = \frac{(1-\delta_{13,2}^{\mathrm{L}})(\delta_{13}^{\mathrm{L}} - \delta_{13}^{\mathrm{L}}\delta_{31})}{(1-\delta_{2,13}\delta_{13,2}^{\mathrm{L}})(1-\delta_{13}^{\mathrm{L}}\delta_{31})}. \tag{19}$$

当局中人 1 具有单边不完全信息, 局中人 1, 局中人 2 选择同盟时, 则利用 Harsanyi 转换, 根据式(11)～式(13) 可得, 局中人 1, 局中人 2, 局中人 3 最后可获得的 Nash 均衡分配份额分别为

$$v_{31}' = \frac{(1-\delta_{12,3}^{\mathrm{L}})(1-\delta_{12}^{\mathrm{L}})}{(1-\delta_{12,3}^{\mathrm{L}}\delta_{3,12})(1-\delta_{12}^{\mathrm{L}}\delta_{21})}, \tag{20}$$

$$v'_{32} = \frac{(\delta_{12}^{\mathrm{L}} - \delta_{12}^{\mathrm{L}}\delta_{21})(1-\delta_{12,3}^{\mathrm{L}})}{(1-\delta_{12,3}^{\mathrm{L}}\delta_{3,12})(1-\delta_{12}^{\mathrm{L}}\delta_{21})}, \tag{21}$$

$$v'_{33} = \frac{\delta_{12,3}^{\mathrm{L}} - \delta_{12,3}^{\mathrm{L}}\delta_{3,12}}{1-\delta_{3,12}\delta_{12,3}^{\mathrm{L}}}. \tag{22}$$

在完全信息时, 局中人倾向的合作对象和各个局中人之间的折损因子有关, 局中人会随着另外某个局中人威慑能力的相对增强而倾向于和该局中人合作, 即弱者会倾向于更强者同盟[13]. 在本文中, 局中人 1 具有单边不完全信息时, 从式(14)∼式(22) 的结果中可知, 局中人之间倾向的合作对象只与折损因子 $\delta_{12}^{\mathrm{L}}, \delta_{32}, \delta_{21}, \delta_{13}^{\mathrm{L}}, \delta_{31}, \delta_{23}$ 有关, 而与 $\delta_{12}^{\mathrm{H}}, \delta_{13}^{\mathrm{H}}$ 无关. 并且, 相对于完全信息时, 局中人 1 在任何形式的结盟情况下, 其 Nash 均衡份额都有所增加, 而局中人 2 和局中人 3 的 Nash 均衡份额都有所减少, 所以局中人 1 具有不完全信息优势. 因此, 在单边不完全信息的三方相互威慑讨价还价模型中, 由于信息不对称, 单边不完全信息方会掠夺完全信息方部分利益, 具有信息优势.

同理分析, 当局中人 2 或局中人 3 具有单边不完全信息时, 由于局中人的地位具有对称性, 也可以用以上方法进行类似分析, 这里不再赘述.

## 4　双边不完全信息的三方相互威慑讨价还价方法

假设局中人 1 和局中人 2 双方具有不完全信息时, 局中人 1 有高讨价还价能力 1H 类型和低讨价还价能力 1L 类型, 其先验概率分别为 $p$ 和 $1-p$, 其对局中人 2 和局中人 3 的折损因子是私有信息, 1H 类型的局中人 1 对局中人 2 和局中人 3 的折损因子分别为 $\delta_{12}^{\mathrm{L}}$ 和 $\delta_{13}^{\mathrm{L}}$ ($\delta_{12}^{\mathrm{L}} \leqslant \delta_{12}, \delta_{13}^{\mathrm{L}} \leqslant \delta_{13}$), 1L类型的局中人 1 对局中人 2 和局中人 3 的折损因子分别为 $\delta_{12}^{\mathrm{H}}$ 和 $\delta_{13}^{\mathrm{H}}$ ($\delta_{12}^{\mathrm{H}} \geqslant \delta_{12}, \delta_{13}^{\mathrm{H}} \geqslant \delta_{13}$). 局中人 2 有高讨价还价能力 2H 类型和低讨价还价 2L 类型, 其先验概率分别为 $q$ 和 $1-q$, 其对局中人 1 和局中人 3 的折损因子是私有信息, 2H 类型的局中人 2 对局中人 1 和局中人 3 的折损因子分别为 $\delta_{21}^{\mathrm{L}}$ 和$\delta_{23}^{\mathrm{L}}$ ($\delta_{21}^{\mathrm{L}} \leqslant \delta_{21}, \delta_{23}^{\mathrm{L}} \leqslant \delta_{23}$), 2L 类型的局中人 2 对局中人 1 和局中人 3 的折损因子分别为 $\delta_{21}^{\mathrm{H}}$ 和 $\delta_{23}^{\mathrm{H}}$ ($\delta_{21}^{\mathrm{H}} \geqslant \delta_{21}, \delta_{23}^{\mathrm{H}} \geqslant \delta_{23}$). 而局中人 3 具有完全信息, 其对局中人 1 和局中人 2 的折损因子是公共知识, 分别为 $\delta_{31}$ 和 $\delta_{32}$.

假设局中人 2 和局中人 3 同盟, 则可以看作局中人 1 和{2,3}同盟进行相互讨价还价博弈. 局中人 1 提出的方案有$(\alpha, 1-\alpha)$, $(\beta, 1-\beta)$, $(\eta, 1-\eta)$, $(\zeta, 1-\zeta)$四种, 其中: $\alpha = (1-\delta_{23,1}^{\mathrm{L}})/(1-\delta_{1,23}^{\mathrm{L}}\delta_{23,1}^{\mathrm{L}})$, $\beta = (1-\delta_{23,1}^{\mathrm{L}})/\ (1-\delta_{1,23}^{\mathrm{H}}\delta_{23,1}^{\mathrm{L}})$, $\eta = (1-\delta_{23,1}^{\mathrm{H}})/(1-\delta_{1,23}^{\mathrm{L}}\delta_{23,1}^{\mathrm{H}})$, $\zeta = (1-\delta_{23,1}^{\mathrm{H}})/(1-\delta_{1,23}^{\mathrm{H}}\delta_{23,1}^{\mathrm{H}})$. 设局中人 1 提出上述四种方案中的每一种方案后, 为 1H 类型的后验概率相应地分别为 $p_1^{\mathrm{B}}, p_2^{\mathrm{B}}, p_3^{\mathrm{B}}, p_4^{\mathrm{B}}$.

### 4.1　局中人 2 为 2H 类型的策略分析

1) 如果局中人 1 提出方案$(\beta, 1-\beta)$, 2H 类型的局中人的{2,3}同盟接受时的得益为$(1-\beta)$, 拒绝时的期望得益为$\delta_{23}^{\mathrm{L}}(1-\alpha)p_2^{\mathrm{B}} + \delta_{23}^{\mathrm{H}}(1-\eta)(1-p_2^{\mathrm{B}})$.

令 $\delta_{23}^{\mathrm{L}}(1-\alpha)p_{2H} + \delta_{23}^{\mathrm{H}}(1-\eta)(1-p_{2H}) = (1-\beta)$, 则可得

$$p_{2\mathrm{H}} = \left(\delta_{23}^{\mathrm{H}}(1-\eta) - (1-\beta)\right) / \left(\delta_{23}^{\mathrm{H}}(1-\eta) - \delta_{23}^{\mathrm{L}}(1-\alpha)\right). \tag{23}$$

于是, 当 $p_2^{\mathrm{B}} \geqslant p_{2\mathrm{H}}$ 时, 2H 类型的局中人的{2,3}同盟将接受方案$(\beta, 1-\beta)$, 否则拒绝.

2) 如果局中人 1 提出方案$(\alpha, 1-\alpha)$, 2H 类型的局中人{2,3}同盟接受时的得益为$(1-\alpha)$, 拒绝时的期望得益为 $\delta_{23}^{\mathrm{L}}(1-\alpha)p_1^{\mathrm{B}} + \delta_{23}^{\mathrm{H}}(1-\eta)(1-p_1^{\mathrm{B}})$. 因 $p_1^{\mathrm{B}}\left(\delta_{23}^{\mathrm{L}}(1-\alpha) - \delta_{23}^{\mathrm{H}}(1-\eta)\right) < (1-\alpha) - \delta_{23}^{\mathrm{H}}(1-\eta)$, 可知, $\delta_{23}^{\mathrm{L}}(1-\alpha)p_1^{\mathrm{B}} + \delta_{23}^{\mathrm{H}}(1-\eta)(1-p_1^{\mathrm{B}}) < (1-\alpha)$. 此时, 2H 类型局中人 2 拒绝时的期望得益小于接受时的期望得益, 因此它将接受方案$(\alpha, 1-\alpha)$.

3) 如果局中人 1 提出方案$(\eta, 1-\eta)$, 这是{2,3}同盟偏爱的方案, 它们将接受此方案.

4) 如果局中人 1 提出方案$(\zeta, 1-\zeta)$, 2H 类型{2,3}同盟接受时的期望得益为$(1-\zeta)$, 拒绝时的期望得益为 $\delta_{23}^{\mathrm{L}}(1-\alpha)p_4^{\mathrm{B}} + \delta_{23}^{\mathrm{H}}(1-\eta)(1-p_4^{\mathrm{B}})$.

令 $\delta_{23}^{\mathrm{L}}(1-\alpha)p_{4\mathrm{H}}+\delta_{23}^{\mathrm{H}}(1-\eta)(1-p_{4\mathrm{H}})=(1-\zeta)$, 则可得

$$p_{4\mathrm{H}}=\left(\delta_{23}^{\mathrm{H}}(1-\eta)-(1-\zeta)\right)/\left(\delta_{23}^{\mathrm{H}}(1-\eta)-\delta_{23}^{\mathrm{L}}(1-\alpha)\right). \tag{24}$$

于是, 当 $p_4^{\mathrm{B}}\geqslant p_{4\mathrm{H}}$ 时, 2H 类型$\{2,3\}$同盟接受方案$(\zeta,1-\zeta)$, 否则拒绝.

### 4.2 局中人 2 为 2L 类型的策略分析

1) 如果局中人 1 提出方案$(\beta,1-\beta)$, 2L 类型$\{2,3\}$同盟接受时的期望得益为$(1-\beta)$, 拒绝时的期望得益为 $\delta_{23}^{\mathrm{L}}(1-\beta)p_2^{\mathrm{B}}+\delta_{23}^{\mathrm{H}}(1-\zeta)(1-p_2^{\mathrm{B}})$. 因 $p_2^{\mathrm{B}}\left(\delta_{23}^{\mathrm{L}}(1-\beta)-\delta_{23}^{\mathrm{H}}(1-\zeta)\right)<(1-\beta)-\delta_{23}^{\mathrm{H}}(1-\zeta)$, 可知 $\delta_{23}^{\mathrm{L}}(1-\beta)p_2^{\mathrm{B}}+\delta_{23}^{\mathrm{H}}(1-\zeta)(1-p_2^{\mathrm{B}})<(1-\beta)$. 此时, 2L 类型$\{2,3\}$同盟拒绝时的期望得益小于接受时的期望得益, 则他们将接受方案$(\beta,1-\beta)$;

2) 如果局中人 1 提出方案$(\alpha,1-\alpha)$, 2L 类型$\{2,3\}$同盟接受时的期望得益为$(1-\alpha)$, 拒绝时的期望得益为$\delta_{23}^{\mathrm{L}}(1-\alpha)p_1^{\mathrm{B}}+\delta_{23}^{\mathrm{H}}(1-\zeta)(1-p_1^{\mathrm{B}})$. 因 $p_1^{\mathrm{B}}\left(\delta_{23}^{\mathrm{L}}(1-\beta)-\delta_{23}^{\mathrm{H}}(1-\zeta)\right)<(1-\beta)-\delta_{23}^{\mathrm{H}}(1-\zeta)$, 可知$\delta_{23}^{\mathrm{L}}(1-\alpha)p_1^{\mathrm{B}}+\delta_{23}^{\mathrm{H}}(1-\zeta)(1-p_1^{\mathrm{B}})<(1-\alpha)$. 此时, 2L 类型$\{2,3\}$同盟拒绝时的期望得益小于接受时的期望得益, 则它们将接受方案$(\alpha,1-\alpha)$;

3) 如果局中人 1 提出方案$(\eta,1-\eta)$, 这是$\{2,3\}$同盟偏爱的方案, 他们将接受;

4) 如果局中人 1 提出方案$(\zeta,1-\zeta)$, 2L 类型$\{2,3\}$同盟接受时的期望得益为$(1-\zeta)$, 拒绝时的期望得益为 $\delta_{23}^{\mathrm{L}}(1-\beta)p_4^{\mathrm{B}}+\delta_{23}^{\mathrm{H}}(1-\zeta)(1-p_4^{\mathrm{B}})$. 因 $p_4^{\mathrm{B}}\left(\delta_{23}^{\mathrm{L}}(1-\beta)-\delta_{23}^{\mathrm{H}}(1-\zeta)\right)<((1-\beta)-\delta_{23}^{\mathrm{H}}(1-\zeta))$, 可知 $\delta_{23}^{\mathrm{L}}(1-\beta)p_4^{\mathrm{B}}+\delta_{23}^{\mathrm{H}}(1-\zeta)(1-p_4^{\mathrm{B}})<(1-\zeta)$. 此时, 2L 类型$\{2,3\}$同盟拒绝时的期望得益小于接受时的期望得益, 则它们将接受方案$(\zeta,1-\zeta)$.

当局中人 1 为 1H 类型和 1L 类型时, 通过上述方法进行类似分析, 可知, 1) 对 1H 类型局中人 1, 当 $p_2^{\mathrm{B}}\geqslant p_{2\mathrm{H}}$ 时, 他提出方案$(\beta,1-\beta)$, 两种类型$\{2,3\}$同盟都接受; 当 $p_2^{\mathrm{B}}<p_{2\mathrm{H}}$ 且 $q\geqslant q_H$时, 他将提出方案$(\alpha,1-\alpha)$, 两种类型$\{2,3\}$同盟都接受; 当 $p_2^{\mathrm{B}}<p_{2\mathrm{H}}$ 且 $q<q_H$ 时, 他将提出方案$(\beta,1-\beta)$, 2L 类型$\{2,3\}$同盟接受, 而 2H 类型$\{2,3\}$同盟拒绝, 此时冲突可能出现. 2)对 1L 类型局中人 1, 当 $p_2^{\mathrm{B}}\geqslant p_{2\mathrm{H}}$ 时, 他将提出方案$(\beta,1-\beta)$, 两种类型$\{2,3\}$同盟都接受; 当 $p_2^{\mathrm{B}}<p_{2\mathrm{H}}$ 且 $q\geqslant q_H$ 时, 它将提出方案 $(\alpha,1-\alpha)$, 两种类型$\{2,3\}$同盟都接受; 当 $p_2^{\mathrm{B}}<p_{2\mathrm{H}}$ 且 $q\leqslant q_{\mathrm{L}}$ 时, 它将提出方案$(\beta,1-\beta)$, 2L 类型$\{2,3\}$同盟接受, 而 2H 类型$\{2,3\}$同盟拒绝, 此时冲突可能出现; 当$p_2^{\mathrm{B}}<p_{2\mathrm{H}}$ 且 $q_L<q<q_H$ 时, 如果局中人 1 提出方案$(\eta,1-\eta)$或$(\zeta,1-\zeta)$, 则都不会出现冲突, 但他提出方案$(\beta,1-\beta)$时, 则可能出现冲突.

同理, 当局中人 1 和局中人 2 具有双方不完全信息时, 局中人 1 和局中人 3 选择同盟或者局中人 1 和局中人 2 选择同盟时, 也可用相同方法进行分析. 类似地, 由于局中人 1, 局中人 2, 局中人 3 的地位相同, 此模型具有对称性. 当局中人 1 和局中人 3 具有双方不完全信息或者局中人 2 和局中人 3 具有双方不完全信息时, 得出的结论相同, 即, 当三方相互威慑讨价还价模型中有两方具有不完全信息时, 在某些条件下无法提出三方都可接受的方案, 此时冲突可能出现.

## 5 数值算例

零售商(买方)1 和供应商 2, 供应商 3 构成供应链, 其中零售商 1 和供应商 2, 供应商 3 之间通过讨价还价博弈分配总利润. 买方 1 与供应商 2 和供应商3进行合作的过程中, 如何制定科学的分配方案, 保证合作的剩余收益能够在三者之间进行合理分配, 将直接决定合作的稳定性和可靠性. 换句话说, 收益分配的合理性是三方进入深入合作的保障.

单买方多供应商对于供应链利润分配的多边谈判, 其中买方和供应商可能具有不同的讨价还价能力, 那么谈判程序为零售商 1, 供应商 2, 供应商 3 之间进行轮流讨价还价. 本案例主要考虑在高物流能力下的讨价还价模型, 三者之间追求长期的战略性合作, 更换合作对象的成本较高, 三方都会在签订合约时对合作剩余进行讨价还价, 争取获得更大利润, 保障长期稳定共赢的合作关系.

表 1 分别给定了完全信息下三方相互威慑模型下的零售商 1, 供应商 2 和供应商 3 的折损因子和零售商 1 具有高讨价还价能力和低讨价还价能力的单边不完全信息下的折损因子. 然后, 根据表 1 中的折损因子, 利用式(10)~式(18), 可计算出完全信息下与零售商 1 单边不完全信息下的不同合作方案下的各局中人的 Nash 均衡分配份额, 并进行比较分析, 如表 2 所示.

**表 1　折损因子**

Table 1　The discount factor

| | $\delta_{12}/\delta_{12}^{\mathrm{L}}$ | $\delta_{32}$ | $\delta_{21}$ | $\delta_{13}/\delta_{13}^{\mathrm{L}}$ | $\delta_{31}$ | $\delta_{23}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 完全信息 | 0.8 | 0.88 | 0.75 | 0.3 | 0.9 | 0.35 |
| 单边不完全信息 | 0.5 | 0.88 | 0.75 | 0.2 | 0.9 | 0.35 |

**表 2　Nash均衡分配方案对比**

Table 2　The comparison of Nash equilibrium allocation schemes

| | 局中人 2 与局中人 3 同盟 | 局中人 1 与局中人 3 同盟 | 局中人 1 与局中人 2 同盟 |
|---|---|---|---|
| 完全信息 | (0.423 3, 0.541 7, 0.035 0) | (0, 610 7, 0.363 2, 0.026 2) | (0.493 2, 0.493 2, 0.013 6) |
| 单边不完全信息 | (0.722 2, 0.260 9, 0.016 9) | (0.817 2, 0.162 4, 0.020 4) | (0.792 2, 0.019 8, 0.009 7) |

由表 2 可得, 在完全信息的三方威慑讨价还价中, 供应商 2 会选择和供应商 3 合作. 而如果零售商 1 具有单边不完全信息时, 零售商 1 会选择和供应商 3 合作, 并且从表 2 可看出, 零售商 1 的利益有所上升, 而供应商 2 和供应商 3 的利益都有所下降, 这也体现了不完全信息方的优势. 而当零售商 1 和供应商 2 都具有不完全信息时, 在某些情况下, 可以达到 Nash 均衡, 且 Nash 均衡分配份额都有所增加. 但在另外一些情况下, 无法达到 Nash 均衡解, 冲突可能会出现. 根据上述分析, 可知冲突是否出现取决于参数 $p, q$ 和 $p_1^{\mathrm{B}}$ 等参数的具体取值.

## 6　结束语

本文针对不完全信息的三方威慑问题建立了讨价还价模型, 将威慑能力、受慑能力和威慑程度等多个因素引入到折损因子中, 给出了三方讨价还价模型中折损因子表达式和折损因子对三方讨价还价模型中结盟关系选择的影响, 并在完全信息三方相互威慑讨价还价的基础上, 针对单边和双边不完全信息, 建立单边和双边不完全信息下三个局中人的 Nash 均衡分配份额模型, 使得所建模型更具一般性. 利用 Rubinstein 经典讨价还价的唯一 Nash 均衡解, 对威慑可信性和冲突可能性进行了分析. 最后, 将本文更具一般性的模型与原有完全信息下的三方相互威慑讨价还价模型进行比较, 发现当某一博弈方具有单边不完全信息时, 三方能倾向于选择自身利益最大化的结盟方式, 并达成一致的分配方案, 因此冲突不会出现. 而且无论在何种结盟关系下, 具有不完全信息的博弈方的利益份额高于完全信息时的利益份额, 具有单边不完全信息优势. 但是, 当三方相互威慑讨价还价模型中有两方具有不完全信息时, 在某些条件下每个局中人都无法提出三方都可接受的方案, 此时冲突可能出现.

**参考文献:**

[1] Schelling T C. Arms and Influence. New Haven: Yale University Press, 1966: 120–123.

[2] Nash J F. The bargaining problem. Econometrica, 1950, 18(2): 155–162.

[3] Rubinstein A. Perfect equilibrium in a bargaining model. Econometrica, 1982, 50(1): 97–109.

[4] Kalandrakis A. A three-player dynamic majoritarian bargaining game. Journal of Economic Theory, 2004, 116(2): 194–322.

[5] Calvó-Armengol A. A note on threeplayer noncooperative bargaining with restricted pairwise meetings. Economics Letters, 1999, 65(1): 47–54.

[6] Fontenay C C D, Gans J S. Bilateral bargaining with externalities. The Journal of Industrial Economics, 2014, 62(4): 756–788.

[7] Bayati M, Borgs C, Chayes J, et al. Bargaining dynamics in exchange networks. Journal of Economic Theory, 2015, 156(2): 417–454.

[8] Aghadadashli H, Wey C. Multiunion bargaining: Tariff plurality and tariff competition. Journal of Institutional & Theoretical Economics Jite, 2015, 171(4): 666–695.

[9] Collard-Wexler A, Gowrisankaran G, Lee R S. “Nash-in-Nash” bargaining: A microfoundation for applied work. European Journal of Pharmaceutics & Biopharmaceutics, 2014, 71(2): 339–345.

[10] An B, Gatti N, Lesser V. Alternating-offers bargaining in one-to-many and many-to-many settings. Annals of Mathematics and Artificial Intelligence, 2016, 77(1): 1–37.

[11] Abreu D, Pearce D, Stacchetti E. One-sided uncertainty and delay in reputational bargaining. Theoretical Economics, 2015, 10(3): 719–773.

[12] 向钢华, 王永县. 一种不完全信息相互威慑讨价还价模型. 运筹与管理, 2008, 17(6): 16–19.
Xiang G H, Wang Y X. A bargaining model of mutual deterrence with incomplete information. Operations Research & Management Science, 2008, 17(6): 16–19. (in Chinese)

[13] 龚智强, 谢　政, 戴　丽. 三方相互威慑讨价还价模型. 经济数学, 2015, 32(2): 87–92.
Gong Z Q, Xie Z, Dai L. A bargaining model of mutual deterrence between three players. Journal of Quantitative Economics, 2015, 32(2): 87–92. (in Chinese)

[14] 周继祥, 王　勇. 不对称信息下弱势批发商与供应商的讨价还价问题研究. 系统工程学报, 2016, 31(4): 481–493.
Zhou J X, Wang Y. Research on bargaining problem between a disadvantaged wholesaler and a supplier under asymmetric information. Journal of Systems Engineering, 2016, 31(4): 481–493. (in Chinese)

## 作者简介:

肖　燕(1992—), 女, 湖北鄂州人, 博士生, 研究方向: 经济管理决策与对策, Email: m160710004@fzu.edu.cn;

李登峰(1965—), 男, 广西博白人, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向: 经济管理决策与对策, Email: lidengfeng@fzu.edu.cn.