

# 一种多 Agent 系统的社会规范\*

马光伟, 石纯一

(清华大学 计算机科学与技术系, 北京 100084)

E-mail: maguangwei@263.net

http://www.tsinghua.edu.cn

**摘要:** 指出有关 Agent 社会规范研究中存在的问题, 通过借鉴 Coleman 的社会学理论, 提出一种基于权利分配的 Agent 社会规范的概念. 通过放宽平均权利分配的假设, 给出了多 Agent 系统中社会规范的形式定义, 将规范的设计归结为约束满足问题. 讨论了社会规范的合理性, 并给出规范建立和废除的条件. 最后, 针对利益局势讨论了社会规范的合理性, 并给出了一个价值均衡算法以改进规范的合理性, 从而有助于推进基于市场的多 Agent 系统的研究.

**关键词:** Agent; 社会规范; 竞争均衡; 对策论

**中图法分类号:** TP18 **文献标识码:** A

社会规范蕴涵了所涉及的行动——焦点行动、被约束的个体——目标行动者、制定规范并从中获益的个体——规范持有者, 以及违反规范时的惩罚措施.

禁止个体从事焦点行动的属于禁止性规范, 而规定个体必须从事焦点行动的属于指令性规范. 目标行动者集合和规范持有者集合可能会有不同程度的交叉, 当两者相等时, 属于共同性规范; 当两者互斥时, 属于分离性规范. 在社会规范研究中感兴趣的是共同禁止性规范和分离禁止性规范.

Shoham 和 Tennenholtz 等人<sup>[1~4]</sup>在对策论框架下定义的社会规范指的是对 Agent 可用策略的约束, 以使对策达到更高的价值. 目前, 对社会规范的研究所存在的问题是: 没能解释 Agent 为何要遵守规范; 在什么情况下 Agent 会违背规范; 如果 Agent 违背规范, 相应的后果是什么; 如何予以惩罚. 而且也没有说明规范的动态特性, 一条规范的制定和废除的条件是什么. 假定系统中的 Agent 都是一样的, 都采用同样的回报矩阵.

本文介绍了 Coleman 的社会学理论<sup>[5]</sup>, 给出了一种 Agent 社会规范的定义, 讨论了这种社会规范的合理性、动态演化和计算等问题, 较好地解决了上面提到的问题.

## 1 Coleman 的社会理论

### 1.1 行动系统和竞争均衡

Coleman 理论中的社会系统基于微观经济学的市场模型, 已知系统有  $m$  种物品,  $n$  个 Agent, Agent 与这些物品之间存在着控制和利益的关系:

$$\text{Agent } i \text{ 控制物品 } j \text{ 的数量 } c_{ij} \geq 0; \sum_{i=1}^n c_{ij} = 1; i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m.$$

$$\text{Agent } i \text{ 离于物品 } j \text{ 的利益 } x_{ij} \geq 0; \sum_{j=1}^m x_{ij} = 1; i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m.$$

Agent  $i$  的效用由控制物品数量的函数  $u_i = u_i(c_{i1}, \dots, c_{im})$  描述, 满足微观经济学的标准假设  $\frac{\partial u_i}{\partial x_{ij}} > 0, \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_{ij}^2} < 0$

\* 收稿日期: 1999-07-13; 修改日期: 1999-09-18

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(69773026, 69733020)

作者简介: 马光伟(1969—), 男, 天津人, 博士, 主要研究领域为分布式人工智能, 多 Agent 系统; 石纯一(1935—), 男, 河北人, 教授, 博士生导师, 主要研究领域为人工智能应用基础.

$j=1, \dots, m$ .

如果每一类 Agent 的数量很大,就会存在竞争市场,竞争均衡就是每个 Agent 都以自身拥有的资源为前提,以统一的价格交易,以最大限度地实现自身效益。Coleman 采用一个特定的效用函数计算竞争均衡  $u_i = \prod_{j=1}^m c_{ij}^{x_{ij}}$ ,研究了效用函数在经济和心理方面的性质,论证了其合理性。

在竞争均衡中,每种物品只有一种价格,即是此种物品在所有交易中的交换率  $v_j$ 。

Agent  $i$  的实力是它拥有的资源的总价值  $r_i = \sum_{j=1}^m c_{ij} v_j$ 。

Agent  $i$  行动的准则是以  $r_i$  为前提,使得  $u_i(c_{i1}, \dots, c_{im})$  达到最大。

令  $v = (v_1, v_2, \dots, v_m)^T$  是价格向量,  $X = (x_{ij})_{n \times n}$  是利益矩阵,  $C = (c_{ij})_{n \times n}$  是控制矩阵,  $D_i$  是由  $r_i$  组成的  $n \times n$  对角矩阵,  $D_v$  是由  $v_j$  组成的  $m \times m$  对角矩阵,为达到竞争均衡,物品价格和各个 Agent 的实力应满足:

$$v = Xr = XCv, \quad (1)$$

$$r = Cv = CXr. \quad (2)$$

在竞争均衡时的控制矩阵是

$$C^* = D_v X^T D_i^{-1}. \quad (3)$$

## 1.2 具有外在影响的行动

一个 Agent 对某个行动的控制权可能分布在几个 Agent 手中,社会规范研究所关心的是有外在影响的焦点行动,针对某个焦点行动,Agent 面临以下几种情况:

情况(a). Agent 寓于焦点行动肯定性后果中的利益在系统中起支配作用;

情况(b). 其他 Agent 寓于焦点行动否定性结果中的利益在系统中起支配作用。

在这两种情况下,从  $X$  可派生出两个新的利益矩阵  $X_a$  (焦点行动未被禁止)和  $X_b$  (焦点行动已被禁止),具体做法是将有关的利益置零并重新标准化。通过解方程式(1)和式(2),根据  $X_a$  和  $C$  可计算  $v_a$  和  $r_a$ ;根据  $X_b$  和  $C$  可计算  $v_b$  和  $r_b$ 。计算结果表明了焦点行动未被禁止和已被禁止这两种不同情况下行动的价值以及 Agent 的实力,Agent  $k$  采取焦点行动  $j$  的条件是  $v_j^a(k) > v_j^b(k)$ 。

Coleman 把社会规范看做是对一类有外在影响行动的禁止,其本质是把原来由个体完全掌握的行动控制权交由集体平均支配。由于价格和权利分配的关联,必须在不同的权利分配下讨论规范的合理性。

## 2 规范的定义与计算

首先必须指出本文的研究目的与 Coleman 的社会理论有所不同,后者的目的只是为人类社会中的规范现象提供令人满意的解释,而本文旨在为设计 MAS 的规范机制提供理论基础。规范机制可分为建立和执行两个阶段,而权利分配则处于核心地位。这一方面是因为权利分配影响焦点活动的价格,从而影响规范的合理性,对规范建立起到关键作用;另一方面是因为权利分配也是建立保障规范执行的权威结构的基础。

Coleman 只考虑了两种极端的权利分配——权利由个人掌握和由集体平均分配。反对权利平均分配的理由是:(1) 平均分配不能保证规范的合理性,特别是严格合理性;(2) MAS 中的系统结构障碍使得平均分配在事实上不可能存在,并且规范的设置就是为了避开这些系统结构障碍而保证社会效益的实现;(3) 为了保障规范的实施,必须建立有效的权威结构,社会中权威结构的存在从事实上证明了权利非均匀分配的有效性;(4) 所谓“法律面前人人平等”指的是法律的内容不应因人而异,并非指每个人对法律的实行都有同样的控制权。

反对权利平均分配还有一个更为深刻的理由是,行动权利的本质——共识特征,即一个个体对某个行动拥有权利是因为集体中其他个体认可这个权利,而非他天生拥有此权利,也就是说,行动的权利是集体赋予的。这样,在规范制定时,支持制定规范的 Agent 必然会对行动权利进行重新分配,也就是对新的权利分配达成共识,其分配的准则不会是简单的平均,而是尽可能对这些 Agent 有利,即权利的非均匀分配。

Coleman 没有考虑权利分配的计算、调整费用与规范效率的折衷等问题。本文给出了社会规范的形式定义,并认为可以采取任何权利分配,把权利分配的计算归结为约束满足问题。同时,讨论了对称利益形势下规范的合

理性和价值均衡算法.

### 2.1 焦点行动的价值

定义 1. MAS 的形势是元组  $S = \langle C, X \rangle$ , 其中  $C = [C^0, C^1, C^2, \dots, C^p]$  为控制矩阵,  $C^0$  为系统中可分割物品的控制矩阵,  $C^j (n \times n$  方阵) 为第  $j$  类焦点行动的权利分割矩阵 ( $j = 1, \dots, p$ ),  $X = [X^{0T}, X^{1T}, X^{2T}, \dots, X^{pT}]^T$  为利益矩阵,  $X^0$  为系统中可分割物品的利益矩阵,  $X^j (n \times n$  方阵) 为第  $j$  类焦点行动的利益矩阵 ( $j = 1, \dots, p$ ).

令  $J$  表示第  $j$  类焦点行动的集合, 其中每个行动对一部分 Agent 有积极影响, 对其他 Agent 有消极影响.

$J$  中所有行动的外部影响与对行动拥有控制权的 Agent 的利益相符合, 同情况 (a).

$J$  中所有行动的外部影响与对行动拥有控制权的 Agent 的利益相对立, 同情况 (b).

$A_k$  表示利益与行动  $k$  相同的 Agent 集合 (针对  $J$ ).

$B_k$  表示利益与行动  $k$  对立的 Agent 集合 (针对  $J$ ).

$r_a(S, i)$  表示 Agent  $i$  在情况 (a) 时拥有的实力 (针对  $J$ ).

$r_b(S, i)$  表示 Agent  $i$  在情况 (b) 时拥有的实力 (针对  $J$ ).

$v_a^i(S, k) = \sum_{i \in A_k} x_a^i(k, i) r_a(S, i)$  表示在情况 (a) 下行动  $k$  所具有的价值.

$v_b^i(S, k) = \sum_{i \in B_k} x_b^i(k, i) r_b(S, i)$  表示在情况 (b) 下行动  $k$  所具有的价值.

$V_a^i(S) = \sum_{k \in J} \sum_{i \in A_k} x_a^i(k, i) r_a(S, i)$  表示  $J$  中行动的积极后果的价值合计.

$V_b^i(S) = \sum_{k \in J} \sum_{i \in B_k} x_b^i(k, i) r_b(S, i)$  表示  $J$  中行动的消极后果的价值合计.

### 2.2 社会规范的定义

定义 2. 针对第  $j$  类焦点活动的社会规范  $L = \langle J, A, B, penalty \rangle$ , 其中  $J$  是第  $j$  类被禁止的焦点行动集合,  $A$  是目标行动者集合,  $B$  是规范持有者集合, 惩罚函数  $penalty: \{S\} \times A \rightarrow R$  表示当  $A$  中 Agent 执行焦点行动时, 它要向  $B$  中 Agent 支付的费用.

关于 MAS 中的理性有假设: (1) 每个 Agent 都是自利性的, Agent 行动的准则只是使自身效益最大化; (2) 不存在集体利益, 社会理性 (或社会最优状态) 的含义是任何机制都要保护更大的利益. 这样就可以认为  $penalty(S, k) = v_b^i(S, k)$ .

对于社会规范  $L, N$  是 Agent 全集, 如果  $A = B = N$ , 称  $L$  为共同禁止性规范; 如果  $A \cap B = \emptyset$  且  $A \cup B = N$ , 称  $L$  为分离禁止性规范.

在分离禁止性规范下, 系统中的 Agent 实际上组成了两个联盟, 在每个联盟内部, Agent 之间会调配实力, 此时, 社会规范的合理性与每个联盟离于焦点活动的价值总和相关; 而在共同禁止性规范下, 社会规范的合理性只与目标行动者自身离于焦点活动的价值和所有其他 Agent 离于焦点活动的价值总和相关.

定义 3. 一条针对第  $j$  类行动的社会规范  $L$  是严格合理的, 这是指在当前形势  $S$  下对  $J$  的每个行动而言它都保护了规范持有者的利益,  $\forall k \in J$ , 有  $v_a^i(S, k) < v_b^i(S, k)$ ;  $L$  是总体合理的是指在当前形势  $S$  下对  $A$  和  $B$  总体而言它都保护了规范持有者的利益,  $V_a^i(S) < V_b^i(S)$ .

由于系统形势  $S$  的不断变化, 即使系统中存在社会规范也不能保证 Agent 不执行被禁止的行动, Agent 的行动最终取决于在 (a) 和 (b) 两种情况下自身收益的计算, 即  $v_a^i(S, k) > v_b^i(S, k)$  是否成立. 规范的作用是通过决定费用的支付方向和分配方式来约束 Agent 的行为决策. 这样: (1) 当在系统中没有社会规范时, Agent 有进行焦点行动的全部控制权, 其他 Agent 欲阻止, 需向其支付费用  $v_a^i(S, k)$ , 但这种阻止只有当  $v_a^i(S, k) < v_b^i(S, k)$  时才会发生. (2) 当系统中存在社会规范时, Agent 进行焦点行动的控制权分布于规范持有者手中, Agent 欲进行行动, 需向规范持有者支付惩罚费用  $v_b^i(S, k)$ , 但如果  $v_a^i(S, k) < v_b^i(S, k)$ , 则 Agent 将放弃行动.

显然, 在严格合理的社会规范约束下, 理性 Agent 会自动遵守社会规范; 在总体合理的社会规范约束下, 大多数理性 Agent 会自动遵守社会规范, 但也会有少数实力较强的 Agent 无视社会规范, 这取决于系统当前的形势. 随着系统形势的演变, 可能出现需要制定一条规范的需求, 也可能出现需要废除一条规范的需求.

### 2.3 权利分配、规范的制定和废除

在制定一条社会规范时,需要剥夺进行焦点行动 Agent 对于行动的全部或部分控制权,并将控制权合理地分配给规范持有者,需要保证在新的形势下规范的合理性;在废除一条社会规范时,需要将行动的控制权全部或部分地归还 Agent,需要保证在新的形势下规范是不必要的。同时也要考虑进行权利再分配的费用问题。

令  $\text{Cost}(S, S')$  为从形势  $S$  调整到形势  $S'$  的费用。 $S_k = \text{change}(S, j, H)$  表示将形势  $S$  中关于  $j$  类行动的权利分配替换为  $H$  后得到的形势。 $E(S, j)$  表示规范的效率。

本文给出的社会规范机制关键在于计算焦点行动的权利分配。当系统出现制定规范的需求时,不能仅仅满足于制定一条规范,这相当于只规定了费用的支付方向,更应当给出权利分配,作为规范持有者在实行规范时所需承担的义务和对支付费用的分配比例。进行权利重新划分的另一个作用是,可以进一步拉开目标行动者和规范持有者之间的实力差异,保证规范被切实遵守。为尽量减少系统形势的动荡,需要在调节费用和规范效率之间进行折衷。Coleman 理论中对于权利的再分配主要是一种简单的剥夺后再平均分配,这是适应人类社会的原则,但却没有考虑调节费用和规范效率的问题。对于由人工 Agent 组成的 MAS,可以采用更为灵活的权利分配。

**定义 4.** 在形势  $S$  下称一条针对  $J$  类行动的社会规范  $L$  是可行的,这是指能够找到一个对  $J$  的权利分配  $H$ , 使  $L$  在  $S_k = \text{change}(S, j, H)$  下是合理的,且  $\text{Cost}(S, S_k) < \theta$  和  $E(S_k, j) > \epsilon$ 。 $\theta$  是进行规范制定的费用预算,  $\epsilon$  是预期的规范所要达到的最低效率。

规范的制定或废除都需要识别系统形势,制定规范还要确定权利划分。确定权利划分所涉及的准则可以有很多,合理的要求是可行性和稳定性。规范及其权利划分的作用是:(1) 在一段时期内确保相关 Agent 不会采取焦点行动;(2) 支付/收纳费用时的分配依据;(3) 作为集体决策时的权重和建立实施规范的权威结构的依据。

制定或废除规范的关键步骤是对权利分配的强制性调整,使系统处于一种理性形势之中,随着系统的演化,权利分配必定会发生变化,但期望规范具有一定的稳定性。

**定义 5.** 称社会规范  $L$  在形势  $S$  下是(严格/总体)稳定的是指, $L$  对  $S$  和  $S^*$  都是(严格/总体)合理的, $S^*$  是  $S$  所对应的竞争均衡形势。

在形势  $S$  下制定规范的条件是:

- (1)  $V_i^j(S) < V_i^j(S)$ ;
- (2) 求  $H, S_k = \text{change}(S, j, H)$ , 使  $V_i^j(S_k) < V_i^j(S_k)$  AND  $E(S_k, j) > \epsilon$  AND  $\text{Cost}(S, S_k) < \theta$ 。

令  $S_k = \text{change}(S, j, H)$ , 确定最优权利分配是约束满足问题。在  $E(S_k, j) > \epsilon$  AND  $\text{Cost}(S, S_k) < \theta$  条件下求  $H$ , 使  $E(S_k, j)$  取最大。

在形势  $S$  下废除社会规范的条件( $S^*$  是  $S$  所对应的竞争均衡形势,  $I$  为单位矩阵)是:

- (1)  $(V_i^j(S) > V_i^j(S))$  AND  $(V_i^j(S^*) > V_i^j(S^*))$ ;
- (2)  $S_I = \text{change}(S, j, I)$  AND  $(V_i^j(S_I) > V_i^j(S_I))$ 。

### 2.4 对称利益形势下的共同禁止规范

在一般形势下,权利分配会直接影响焦点活动的价值,从而影响规范的合理性,这使求解权利分配和制定规范的问题变得复杂化。但当各个 Agent 对某种行为所带来的利益具有共识的情形(对称利益形势)下,权利分配不会改变规范的总体合理性。

**定义 6.**  $S = \langle C, X \rangle$  是关于第  $j$  类焦点活动的对称利益形势是指,对任何  $i \neq k, x^j(i, i) = x^j(k, k)$ , 且

$$\sum_{p \neq i} x^j(p, i) = \sum_{p \neq k} x^j(p, k).$$

**定理 1.** 如果  $S$  是关于第  $j$  类焦点活动的对称利益形势, 则  $V_i^j(S)$  和  $V_k^j(S)$  都为常数。

证明: 以下暂时略去参数  $S$ , 不失一般性, 令  $C = [C^0, C^j], X = [X^{0T}, X^{jT}]^T, v = [v^0, v^j]$ , 代入公式(1)得

$$[v^0, v^j] = [X^{0T}, X^{jT}]^T [C^0, C^j] [v^0, v^j].$$

有

$$\begin{aligned} v^j &= X^j (C^0 v^0 + C^j v^j), \\ v_a^j &= X_a^j (C^0 v_a^0 + C^j v_a^j), \\ v_b^j &= X_b^j (C^0 v_b^0 + C^j v_b^j). \end{aligned}$$

这里,  $X_i^j$  为对角线元素相等(设为  $z_1$ )的对角阵,  $X_b$  对角线元素均为 0, 且各列元素总和相等(设为  $z_2$ ), 分别以  $e_1 = (1, 1, \dots, 1)$  左乘上面两式的左右两边, 得到

$$V_i^j(S) = z_1 V_i^j(S) + z_1 V_i^j(S),$$

$$V_b^j(S) = z_2 V_b^j(S) + z_2 V_b^j(S).$$

由标准化条件  $V_i^j(S) + V_b^j(S) = 1$  和  $V_i^j(S) + V_b^j(S) = 1$  得到

$$V_i^j(S) = z_1, V_b^j(S) = z_2.$$

**推论 1.** 如果  $S$  是关于第  $j$  类焦点活动的对称利益形势, 则权利分配将不影响关于第  $j$  类焦点活动共同禁止规范的总体合理性。

规范的总体合理性不一定保证严格合理性, 即不能保证所有 Agent 都遵守规范, 即使在权利的平均分配下也是如此。已知  $S = \langle C, X \rangle$  为当前的形势,  $\theta$  为阈值,  $\delta$  为权力调整的步长, 价值均衡算法用来在 Agent 之间调配权利, 结果是使情况(a)和情况(b)的总价值差异(各种权利分配下都保持不变)在各个 Agent 中尽可能地均衡分配(如果允许调整所有物品的控制权, 则可以达到绝对均衡), 从而有可能达到严格合理性。

**价值均衡算法:**

- (1) 计算向量  $v_i^j(S)$  和  $v_b^j(S)$ ;
- (2) 求  $p$  使得  $dv_p = v_i^j(S, p) - v_b^j(S, p) = \min_k \{v_i^j(S, k) - v_b^j(S, k)\}$ ; 求  $q \neq p$ , 使得  $dv_q = v_i^j(S, q) - v_b^j(S, q) = \max_k \{v_i^j(S, k) - v_b^j(S, k)\}$  且  $C^j(q, q) \geq \delta$ ; 若没有这样的  $q$ , 则算法终止;
- (3) 如果  $dv_q - dv_p < \theta$ , 则算法终止;
- (4)  $C^j(q, q) = C^j(q, q) - \delta$ ;  $C^j(p, q) = C^j(p, q) + \delta$ ;
- (5) 跳转到步骤(1)。

### 3 实例

此处的例子是文献[5]中例子的扩充。设有 Tom, John, Steve 这 3 个 Agent, 对 3 种可分割物品(足球票、棒球票、篮球票)进行交易, 打电话( $T$ )是一种有外在影响的行动。表 1 显示了系统中的控制和利益形势, 此时, 还未制定禁止打电话的规范。由  $X$  可导出  $X_a$  和  $X_b$ (见表 2), 于是可计算出在(a), (b)两种情况下每个 Agent 打电话事件的价值和实力(见表 3)。最初, John 和 Steve 将不会打电话, 而 Tom 会打电话(见表 3 第 1 行), 而  $V_i^j(S) < V_b^j(S)$ , 说明需要制定规范, 并重新分配打电话事件的控制权。在平均分配控制权时可以看出, 此时规范只有总体合理性, Tom 在向 John 和 Steve 支付惩罚后仍会打电话(见表 3 第 2 行); 在另一种权利分配下, 规范达到了严

Table 1 Control and interests in the MAS (unnormalized)

表 1 MAS 中的控制与收益(未规范化)

	CONTROL <sup>①</sup> (C)			INTERESTS ( $X^T$ ) <sup>②</sup>								
	Cards <sup>③</sup> ( $C^0$ )			Calls by <sup>④</sup> ( $C^1$ )			Cards ( $X^{0T}$ )			Calls by ( $X^{1T}$ )		
	Foot-ball	Base-ball	Basket ball	Tom	John	Steve	Foot-ball	Base-ball	Basket-ball	Tom	John	Steve
Tom	1	0	0	1	0	0	0.6	0.3	0.1	0.15	0.1	0.1
John	0	1	0	0	1	0	0.3	0.4	0.3	0.1	0.15	0.1
Steve	0	0	1	0	0	1	0.3	0.2	0.5	0.1	0.1	0.15

①控制, ②收益, ③球票, ④打电话。

Table 2 Interests under two regimes (unnormalized)

表 2 两种形势下的收益(未规范化)

	Regime <sup>①</sup> a ( $X_a^T$ )						Regime <sup>①</sup> b ( $X_b^T$ )					
	Cards <sup>②</sup> ( $X_a^{0T}$ )			Calls by <sup>③</sup> ( $X_a^{1T}$ )			Cards ( $X_b^{0T}$ )			Calls by ( $X_b^{1T}$ )		
	Foot-ball	Base-ball	Basket-ball	Tom	John	Steve	Foot-ball	Base-ball	Basket-ball	Tom	John	Steve
Tom	0.6	0.3	0.1	0.15	0	0	0.6	0.3	0.1	0	0.1	0.1
John	0.3	0.4	0.3	0	0.15	0	0.3	0.4	0.3	0.1	0	0.1
Steve	0.3	0.2	0.5	0	0	0.15	0.3	0.2	0.5	0.1	0.1	0

①形势, ②球票, ③打电话。

符合理性(见表 3 第 3 行),通过价值均衡算法( $\theta=0.0001, \delta=0.005$ )得到了更为均衡的权利分配和系统形势(见表 3 第 4 行);而且此时的规范也是严格稳定的(见表 3 第 5 行)。

Table 3 Value of calls and power with various rights allocation (unnormalized)

表 3 不同控制权分配下打电话的价值和实力(未规范化)

CONTROL <sup>①</sup> (C)						VALUE OF CALLS <sup>②</sup>			POWER <sup>③</sup>		
Cards <sup>④</sup> (C <sup>0</sup> )		Calls by <sup>⑤</sup> (C <sup>1</sup> )				Regime <sup>⑥</sup>	Regime	Diff. <sup>⑦</sup>	Regime	Regime	
						a	b		a	b	
1	0	0	1	0	0	Tom	0.0559	0.0590	0.0059	0.4288	0.4000
0	1	0	0	1	0	John	0.0396	0.0576	-0.0180	0.3035	0.3091
0	0	1	0	0	1	Steve	0.0349	0.0591	-0.0242	0.2679	0.2909
						Total <sup>⑧</sup>	0.1304	0.1657	-0.0362	1	1
1	0	0	1	1	1	Tom	0.0537	0.0494	0.0043	0.4118	0.4074
0	1	0	1	1	1	John	0.0400	0.0577	-0.0177	0.3065	0.3074
0	0	1	1	1	1	Steve	0.0367	0.0596	-0.0228	0.2817	0.2852
						Total	0.1304	0.1657	-0.0362	1	1
1	0	0	1	0	0	Tom	0.0505	0.0526	-0.0021	0.3871	0.3684
0	1	0	1	1	0	John	0.0437	0.0554	-0.0118	0.3347	0.3349
0	0	1	0	1	1	Steve	0.0363	0.0586	-0.0223	0.2782	0.2967
						Total	0.1304	0.1657	0.0362	1	1
1	0	0	0	0	0	Tom	0.0460	0.0556	-0.0095	0.3529	0.3333
0	1	0	0.465	1	0	John	0.0424	0.0557	-0.0134	0.3249	0.3312
0	0	1	0.535	1	1	Steve	0.0420	0.0554	-0.0134	0.3222	0.3355
						Total	0.1304	0.1657	-0.0362	1	1
0.4444	0.2877	0.0903	0.3750	0.2435	0.2414	Tom	0.0372	0.0595	-0.0223	0.2849	0.2865
0.2699	0.4658	0.3291	0.3036	0.4436	0.2932	John	0.0453	0.0544	-0.0091	0.3472	0.3468
0.2857	0.2465	0.5806	0.3214	0.3130	0.4654	Steve	0.0480	0.0528	-0.0048	0.3679	0.3667
						Total	0.1304	0.1657	-0.0362	1	1

①控制,②打电话的价值,③实力,④球票,⑤打电话,⑥形势,⑦差值,⑧总和。

#### 4 结 语

本文给出了一种社会规范的定义,讨论了合理性、可行性问题,分析了规范的动态演化和计算。文章阐述的 MAS 是基于市场的组织结构,允许 Agent 对各种物品,包括焦点活动的控制权进行买卖,而只在社会规范的制定和废除时进行强行调整。本文和 Coleman 的社会理论相比,具有以下优点:

- (1) 给出了社会规范、规范合理性、稳定性的便于计算机实现的形式定义。
- (2) 取消了不切实际的平均权利分配假设,采用任意权利分配,并考虑到权利调整费用与规范效率的折衷,将权利分配计算归结为约束满足问题。
- (3) 讨论了对称利益形势下共同禁止规范的合理性,并给出了价值均衡算法。

本文与文献[1~4]相比,较好地解决了本文开始部分中提到的问题。

致谢 本文得到上海铁道大学施鸿宝教授的帮助,在此深表谢意。

#### References:

- [1] Shoham, Y., Tennenholtz, M. On the synthesis of useful social laws for artificial agent societies. In: Proceedings of the 10th National Conference on Artificial Intelligence (AAAI'92). Menlo Park, CA: AAAI Press, 1992. 276~281.
- [2] Tennenholtz, M. On stable social laws and qualitative equilibria. Artificial Intelligence, 1998,102(1):1~20.
- [3] Shoham, Y., Tennenholtz, M. On the emergence of social conventions: modeling, analysis, and simulations. Artificial Intelligence, 1997,54(1~2):139~166.

- [4] Fitoussi, D., Tennenholtz, M. Minimal social laws. In: Proceedings of the 15th National Conference on Artificial Intelligence (AAAI'98). Menlo Park, CA: AAAI Press, 1998. 26~31.
- [5] Coleman, J. S. Foundations of Social Theory. Cambridge, MA: The Belknap Press of Harvard University Press, 1990.

## A Social Norm for Multi-Agent System

MA Guang-wei, SHI Chun-yi

(Department of Computer Science and Technology, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

E-mail: maguangwei@263.net

http://www.tsinghua.edu.cn

Received July 13, 1999; accepted September 8, 1999

**Abstract:** Some problems plaguing the current researches on social norms for agent are pointed out in this paper. By importing Coleman's foundations of social theory, a social norm conception based on rights allocation is proposed. The assumption of average rights allocation in Coleman's theory is relaxed, a formal definition for social norms in multi-agent system is given, and the design of a norm as a constraint satisfaction problem is derived. Then, the rationality of social norms is investigated in this paper, and the conditions for social norm's constitution and abolition are given. Finally, the rationality property of social norms under symmetrical interest situation is investigated and a value equalization algorithm that can improve the rationality property of a norm is given. The work may contribute to the researches on market-oriented multi agent system.

**Key words:** agent; social norm; competitive equilibrium; game theory