

The Negotiation Support System Based on the Graph Model

Yan Su, Haiyan Xu, Jinfeng Zhu, Zhicong Chen, Yingzi Chen

College of Economics and Management, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing

Email: sy900726@yahoo.com.cn; xuhaiyan63@hotmail.com; 864237110@qq.com;

cccc1121015@126.com; chengyingzi520@163.com

Received: Mar. 9th, 2011; revised: Mar. 27th, 2011; accepted: Apr. 13th, 2011.

Abstract: A negotiation support system based on the matrix representation of the graph mode (MRGM) is studied in this paper. The graph model for conflict resolution (GMCR) is the methodology consisting of modeling, analyzing, and decision for solving the tactic conflict. The decision support system based on GMCR, called MRCR is a useful tool for negotiation. MRCR, the decision support system is first applied to diplomatic negotiations in this paper. Specifically, this paper uses GMCR method for studying the exchange rate of RMB and providing advices for the negotiation among the government of the USA, Chinese government and economists.

Keywords: Graph Model Method; Negotiation; Conflict analysis; Decision System

基于图模型的决策谈判系统

苏 燕, 徐海燕, 朱金峰, 陈志聪, 陈英姿

南京航空航天大学经济与管理学院, 南京

Email: sy900726@yahoo.com.cn; xuhaiyan63@hotmail.com; 864237110@qq.com;

cccc1121015@126.com; chengyingzi520@163.com

收稿日期: 2011年3月9日; 修回日期: 2011年3月27日; 录用日期: 2011年4月13日

摘 要: 本文研究的是基于矩阵形式的图模型决策谈判系统。冲突决策图模型法是一种集建模、分析和决策于一体的关于战略冲突的方法论。基于图模型法的决策支持系统是一个适用于解决谈判协商的实用分析工具。本文首次将图模型法和冲突分析决策系统运用到外交谈判, 以人民币是否升值为背景, 将图模型理论运用于中美双方政府及经济学家之间的谈判, 并为此提供战略决策建议。

关键词: 图模型法; 谈判; 冲突分析; 决策系统

1. 引言

谈判是我们日常生活中都会遇到的事情, 是不同的利益代表体或个人就共同关心的问题磋商, 寻求解决途径并达成协议的过程。长期以来, 谈判的主要依据是博弈论, 然而经典博弈论限制太多, 很难广泛使用。国内决策支持系统(DSS)的研究开展的比较晚, 大多数 DSS 均采用确定性的定量模型^[1]。尽管随着人工智能和专家系统的发展, 是定量分析和定性分析有机地结合, 解决问题的能力范围和范围得到了一个大的发展^[2], 但至今还没有一套成熟和完整的决策支持系统来帮助谈判协商。

在现实谈判中, 基于计算机系统的支持能更好地为谈判者提供战略咨询。建立在图模型理论基础的决策支持系统 GMCR II^[3,4]的诞生, 极大地推动了图模型理论乃至整个冲突分析理论的发展和应用。然而由于图模型中的许多理论是基于逻辑表达式, 使得它们不易拓展、算法很难开发。为了克服这些问题, 近年来图模型的矩阵形式 MRGM 被建议和发展起来^[5], 相应的决策支持系统 MRCR 也被开发并在本文中被使用作为一个谈判协商的工具。此系统是基于图模型, 集建模、分析和解释为一体的, 功能全面的冲突分析 DSS。该系统在精确性、可靠性、多功能性等方面有很大的优势。它既能提供丰富的分析功能, 又具有良

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(71071076)。

好的用户使用界面。

在国际活动中，通过谈判使不同利益主体获得利益最大化，是解决争议和合理配置利益的主要手段。本文以中美双方政府及经济学专家之间基于人民币是否升值的冲突为背景，运用冲突决策图模型法这一高效、功能齐全的谈判仿真环境系统，进行冲突分析，为谈判者提供决策建议。本文首次将图模型法和冲突分析决策系统运用到外交谈判。运用该系统对实际案例的仿真和模拟，不仅验证了冲突分析决策系统(MRCR)的有效性，更为谈判者提供了较合理的决策方案。

本文余下内容安排如下。第二章介绍图模型的相关理论知识，主要包括图模型法、状态转移、偏好信息、简单偏好、稳定性分析、决策路径分析等。第三章描述了一个谈判案例，说明图模型法在实际中如何应用。第四章对文章进行总结。

2. 图模型理论

2.1. 建模

图模型法是一种对冲突进行建模、分析和表示的方法，可以为冲突中的决策者、仲裁者或者政策制定者提供战略建议。图模型法是一种与博弈论相关的方法，但比博弈论更为简单灵活。博弈论是一种定量的分析方法，需要精确的数据，而图模型法是介于定性与定量之间的分析方法，只需要部分信息。

图模型法由 6 个部分组成，即：决策者(Decision Maker, DM)、决策者的行为(Option)、图模型(Graph Model)、偏好信息(Preference)、稳定性(Stability)和决策路径(Status Qua^[6])分析。

图模型法描绘了一种离散式的状态变化，而这些变化是由冲突中的各方决策者来控制的。图模型通过一系列的有向图来表示，每一个图形都对应着一个决策者。有向图由圆点和有向弧组成的，每个圆点表示冲突中的一个状态，有向弧表示该决策者可以在这些状态之间转移（每个决策者每次只能移动一步）。根据每一个决策者的行为选择和偏好来描述该决策者的状态转移情况，如图 1 所示：

状态转移是指在其他决策者保持选择不不变的情况

下，剩下的一个决策者可以考虑改变选择，使选择状态发生变化。以中美纺织品谈判为例，谈判中中美双方在是否减少受限品种问题上产生分歧。双方都可选择减少受限品种，或者不减少。用 DM1 代表中方，DM2 代表美方，可得出以下 4 种可行状态。

假设起始状态点为 S2，此时 DM1 选择减少受限品种，而 DM2 选择不减少受限品种，两者产生分歧。在 DM1 不改变态度的情况下，DM2 可以屈服（改变策略），从不减少受限品种向减少受限品种转变，即从 S2 转移到 S4。从状态的多次转移最终寻得一个稳定的状态，从而解决矛盾，完成谈判。将这样的转移信息数学化，即得到一个状态转移矩阵，将其图形化可得到图模型。我们用 T_i 表示第 i 个决策者的状态转移矩阵。例如，对于 DM1，其状态转移矩阵 T_1 为：

$$T_1 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

其中 0 表示状态点之间不可以转移，1 表示状态点之间可以转移。同理可得 DM2 的状态转移矩阵。根据状态转移矩阵，我们可以画出图模型。如图 2 所示：

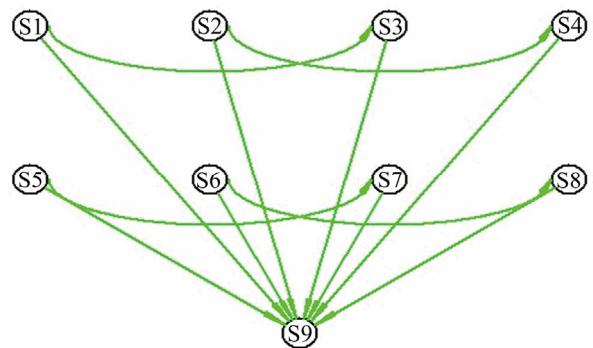


Figure 1. State transformation

图 1. 状态转移情况

Table 1. Feasible states

表 1. 可行状态

| 状态 | DM1 | DM2 |
|----|------------|------------|
| S1 | 不减少受限品种(N) | 不减少受限品种(N) |
| S2 | 减少受限品种(Y) | 不减少受限品种(N) |
| S3 | 不减少受限品种(N) | 减少受限品种(Y) |
| S4 | 减少受限品种(Y) | 减少受限品种(Y) |

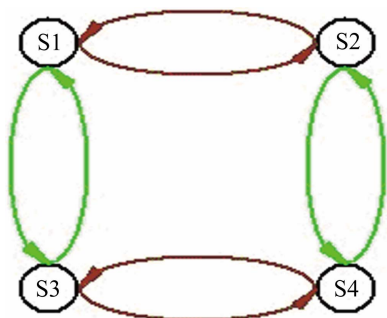


Figure 2. Graph model

图 2. 图模型

图中棕色箭头表示 DM1 的状态转移情况,绿色箭头表示 DM2 的状态转移情况。

在此需要说明的是,由于每个决策者的图模型都有相同的顶点,因此可以把所有决策者各自对应的图模型整合为一个完整的图模型。在完整的模型图中,每个决策者的名字都被标注在相应的弧线上或者用不同的颜色来代表每个决策者,如上图中包含了所有决策者的状态转移信息。

图 1 和图 2 也说明了图模型法中的另一个重要的组成部分,即决策者在状态上的偏好。偏好信息在冲突决策的建模和分析中扮演着重要角色。在图模型中,每个决策者在冲突中的预期目标和立场都是不同的,因此每个决策者在相关状态上的偏好也是不同的。简单偏好关系只有两种,分别是相对偏好关系“ $>$ ”和等价关系“ \sim ”。假设决策者 $i(i \in N)$ 的偏好由关于状态 (例如,状态 s, k) 的偏好关系 $\{>_i, \sim_i\}$ 来编码。对于每个决策者 i ,假设 $>_i$ 是不可逆的, \sim_i 是可逆的。“ $s >_i k$ ”说明决策者 i 更喜欢状态 s ;“ $s \sim_i k$ ”说明决策者 i 对状态 s 和状态 k 的偏好程度相同。在通常情况下,偏好关系“ $>$ ”有传递性。

2.2. 稳定性分析

由于在状态上的不同偏好,每个决策者都可随时根据自己可选择的行为,从现在的状态转移到另一个更符合自己偏好的状态。当达到一个稳定的状态时,决策者不会强烈地要求单方面从这个状态移走。当所有的决策者都在某个状态点达到稳定时,那么该状态对所有决策者都是稳定的,则该状态点是一个平衡点,它是决策冲突分析的一个可能的解决方案。稳定性计

算可通过冲突分析决策支持系统帮助实现。

根据不同的决策风格和背景,简单偏好有四种稳定性,分别是: Nash、GMR、SMR 和 SEQ,它们的逻辑性如下:

Nash 平衡: 此时决策者认为他选择的**状态就是最后的状态。

GMR 平衡: 此时决策者认为对手会不惜任何代价对他进行反击。当他认为自己的选择可以引起对手进行反击时,就是平衡状态。

SMR 平衡: 和 GMR 平衡相似,只是决策者认为自己也有反击的机会,并且冲突会在自己反击后结束。

SEQ 平衡: 和 GMR 平衡相似,只是此时对手会考虑自身,即对手的反击要给自己带来好处,而不是不惜任何代价的反击。

由图 3 可见, Nash 稳定性包含的范围最小,说明 Nash 的稳定性是最好的,即若一个状态点在 Nash 稳定性定义下是稳定的,则它在另外三种稳定性定义下也是稳定的。而 GMR 的稳定性是最弱的。

2.3. 决策路径分析

通过稳定性分析可以获得一个或几个均衡状态,我们需要进一步探讨这些均衡点是否能解决冲突。在选择初始状态后,经过路径演变,能否达到最终平衡点是稳定性分析后的进一步研究^[6-8]。确定决策路径同样通过 MRCR 系统的计算实现。

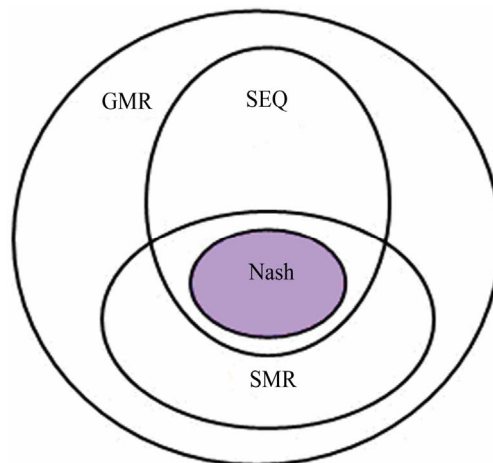


Figure 3. The relationship among the four stabilities

图 3. 四种稳定性概念之间的关系图

决策路径图是一个起始于初始状态、终结于均衡状态的有向图，以状态点为基本元素，并用连接两个状态点的有向弧表示决策者的状态转移。在图中，每一个顶点代表冲突模型的一个可行状态，每一条弧代表某个决策者在两个状态点间只需一步的转移，每条弧上标明了此决策者的名字（或用不同颜色表示）。图模型一般规定同一个决策者的连续转移是不合法的，因为如果允许同一决策者的连续移动，那么这个决策者总存在一个等效的单向移动，等价于要求图模型中每个决策者的图形都是一个可迁图形，而图模型中并没有设置如此严格的要求。

随着冲突的不断演变，不同决策者根据自己的利益和偏好做出状态转移。在每一次转移时，GMCR 算法通过检测从所有决策者上一步转移中得到的偏好列表，找出这一步可以到达的状态点。当图中不能添加状态点和有向弧时，迭代过程就结束了。这时所有决策者同时到达同一个稳定的状态，即均衡状态，使得冲突转化为可实现及为决策者所接受的结果。

与静态的、有条件限制的稳定性分析相比，决策路径分析是动态的、有前瞻性的。通过决策路径分析，可以了解决策者在各个可行状态点之间转移的过程，帮助决策者选择最短的路径，从而选择最优的决策。

3. 案例分析

这部分将以人民币升值中的中美博弈过程和结果来演示和论证图模型法的正确性和可行性。在案例分析中，我们将会用到冲突分析决策系统（简称 GMCR-DSS）软件，它可自动生成图模型，进行稳定性计算，仿真和模拟实际案例。下面是中美双方政府及经济学家关于人民币升值问题的谈判案例：

3.1. 建模

我们把决策者简要地分成三类，人民币的汇率的变动主要受这三方的影响：

第一个决策者是美国政府，对人民币升值起到至关重要的作用。人民币升值对其主要有 3 大好处：逆转中美贸易顺差、使中国持有的美债缩水、打压人民币从而维护美国国际地位。因此，美国政府不断施压要求人民币升值。第二个决策者是中国政府，承受着美方要求人民币升值的强大压力。对他来说，人民币升值是把双刃剑，但弊大于利，主要因为人民币升值会导致进口增加、出口减少、外汇储备损失。因此中国为保持本国经济稳步发展，不希望人民币升值。第三个决策者是经济学家，对人民币的汇率提出评论和建议，一定程度上影响着人民币升值问题的进展。在本案例中他们立足于世界整体经济的稳定发展，代表世界利益，不偏向于哪个国家。

由此我们总结出中美博弈过程中的 3 个决策者的行为：以 DM1 代表美国政府，简称为 AG(American Government)，它在人民币升值问题上可支持人民币升值或不升值。以 DM2 代表中国政府，简称为 CG(Chinese Government)，它在人民币升值问题上可支持人民币升值或不升值，此外它还有另外一种行为，即拖延。以 DM3 代表经济学家，简称为 EC(Economist)，它在人民币升值问题上可支持人民币升值或不升值。

根据决策者的行为可得到 16 种状态。在美国政府不要求人民币升值的情况下，双方的冲突可暂时告一段落，中国政府不会单方面做出人民币升值的决定，也不用努力拖延问题。由此可去掉如美方要求不升值，而中方要升值等明显不合逻辑的情况，得到 8 种可行状态，画出状态列表如下：

Table 2. States of the conflict for the exchange Rate of RMB
表 2. 人民币汇率博弈状态列表

| 状态点 | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S6 | S7 | S8 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| AG | | | | | | | | |
| 升值 | Y | Y | Y | Y | Y | Y | N | N |
| CG | | | | | | | | |
| 升值 | Y | Y | N | N | N | N | N | N |
| 不升值 | N | N | Y | Y | N | N | Y | Y |
| 拖延 | N | N | N | N | Y | Y | N | N |
| EC | | | | | | | | |
| 升值 | Y | N | Y | N | Y | N | Y | N |

其中 Y 表示 YES，即支持；N 表示 NO，即不支持。由以上分析可知，美国政府首先选择人民币升值，其次选择人民币不升值。中国政府首先选择表示人民币不升值，其次选择拖延，最后选择人民币升值。经济学家首先选择人民币不升值，其次选择人民币升值。

表 3 列出了各决策者的偏好信息，描述方法如上文提到的，不再赘述，例如 DM1 最倾向于状态点 S1，其次是 S2，以此类推，最后是 S8。

让 T_i 代表决策者 i 的状态转移矩阵，列出状态转移矩阵如下：

$$T1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$T2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$T3 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Table 3. Preference information
表 3. 偏好分析

| 决策者 | 确定的偏好 |
|-----|---------------------------------------|
| DM1 | S1 > S2 > S5 > S6 > S3 > S4 > S7 > S8 |
| DM2 | S8 > S7 > S4 > S3 > S6 > S5 > S2 > S1 |
| DM3 | S8 > S4 > S6 > S2 > S7 > S3 > S5 > S1 |

根据状态转移矩阵就可以画出状态图，也可借助 MRCR-DSS 软件，将前面得出的信息输入系统，自动生成状态图 4。

状态图 4 直观地反映了所有决策者的状态转移信息。

3.2. 稳定性分析

在冲突分析决策系统里输入三个决策者的相关信息后，进行稳定性分析，可得图 5 和图 6。

从截图 6 可以看出，状态点 4、6、8 是 Nash 平衡、GMR 平衡、SMR 平衡和 SEQ 平衡的，即博弈过程在这三个状态中都能达到稳定。因此，我们可以得出决策冲突分析的解决方案：第一种，美国政府强烈要求人民币升值，中国政府顶住压力不让人民币升值，经济学家也支持人民币不升值。第二种，美国政府强烈

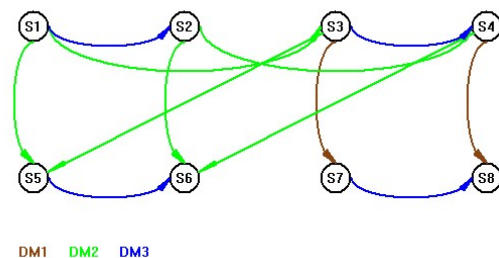


Figure 4. Graph model for the conflict of the exchange rate of RMB
图 4. 状态图

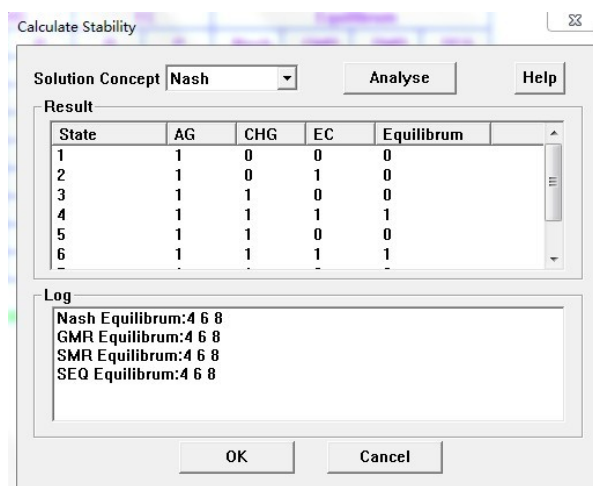


Figure 5. Calculating stabilities
图 5. 稳定性计算对话框

State Graph and Equilibrium :

| State | AG | | CHG | | EC | | Equilibrium | | | |
|-------|----|---|-----|---|----|---|-------------|-----|-----|-----|
| | R | P | R | P | R | P | Nash | GMR | SMR | SEQ |
| 1 | 0 | 8 | 3,5 | 1 | 2 | 1 | | | | |
| 2 | 0 | 7 | 4,6 | 2 | 0 | 5 | | | | |
| 3 | 7 | 4 | 5 | 5 | 4 | 3 | | | | |
| 4 | 8 | 3 | 6 | 6 | 0 | 7 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ |
| 5 | 0 | 6 | 0 | 3 | 6 | 2 | | | | |
| 6 | 0 | 5 | 0 | 4 | 0 | 6 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ |
| 7 | 0 | 2 | 0 | 7 | 8 | 4 | | | | |
| 8 | 0 | 1 | 0 | 8 | 0 | 8 | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ |

Path: =====> AG; =====> CHG; =====> EC;

Figure 6. The Results of Stabilities Analysis
图 6. 稳定性分析结果

要求人民币升值，中国政府选择拖延人民币升值，经济学家支持人民币不升值。第三种，美国政府放弃要求人民币升值，中国政府不让人民币不升值，经济学家支持人民币不升值。

3.3. 决策路径分析

在计算稳定性并求出平衡点后，还要进行决策路径分析，寻求从不平衡状态到平衡状态的方法，这也是图模型法最主要的作用。利用 MRCR-DSS 可得出从任一状态点转向另一状态点的所有路径。假设起始点是状态点 1，最终的平衡点为状态点 8，软件输出结果如图 7。

根据图 7 的第一条路径，从状态点 1 转移到状态点 8 需要经过三次路径转移。第一次是在状态点 1 的时候，美国政府和经济学家都要求人民币升值，中国政府可以改变态度，让人民币从升值到不升值，此时状态点 1 转移到状态点 3。第二次是在状态点 3 的时候，美国政府作出妥协，从要求人民币升值到不

要求人民币升值，此时状态点 3 转移到状态点 7。第三次是在状态点 7 的时候，经济学家改变态度，从支持人民币升值到支持人民币不升值，此时状态点 7 转移到状态点 8，即三者都不要要求人民币升值，这时达到平衡。因此状态点 8 可能是谈判的最终解决方案。同理可分析第二条和第三条路径。各条可行的决策路径表明中国对于美国施加的政治压力做出的反应影响整个谈判过程，是最终决议的重要决定因素。

由案例分析可知，图模型法在谈判决策中是切实有效的，它可以帮助决策者作出决策，寻找谈判平衡点，找出最佳方案。

4. 总结与展望

图模型法在解决谈判等战略性冲突中有很大的实用性，因为图模型对数据的要求限制比较低，只需定性的偏好信息就可进行计算分析，提供解决方案。本文第一次将图模型运用于谈判问题并通过案例的仿真和模拟证明了它的合理性和有效性。

随着经济社会以及信息技术的快速发展，谈判冲突变得越来越普遍，人们迫切需要一种解决谈判中冲突的方法，这给图模型的发展提供了广泛的应用前景。目前图模型的理论及应用还不够成熟，本文的案例研究也折射出图模型法需要完善的地方。本文研究发现，当参与决策的决策者影响力相当时，图模型法可以准确地提出解决方案，而当决策者影响力程度不同时，



Figure 7. Evolutionary Paths
图 7. 部分决策路径分析

目前的图模型法得出的结论可能会与现实有一些偏差。本文认为这些偏差有望通过影响力系数纠正,在今后的工作中,stackelberg^[9]思想将渗透到图模型理论中。

5. 致谢

感谢国家自然科学基金对此研究方向的支持。

参考文献 (References)

- [1] 刘晶珠. 决策支持系统导论[M]. 哈尔滨: 哈尔滨大学出版社, 1990.
- [2] 陈晓红, 高原康彦. 一种新的决策支持系统开发方法[J]. 系统工程, 2000, 18(4), 58-63.
- [3] L. Fang, K.W. Hipel, D.M. Kilgour. Interactive Decision Making: The Graph Model for conflict Resolution. New York: Wiley, 1993.
- [4] L. Fang, K.W. Hipel, D.M. Kilgour, et al. A decision support system for interactive decision making-Part 1: Model formulation. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, 2003, 33 (1): 42-55.
- [5] H. Y. Xu, K. W. Hipel, D. M. Kilgour. Matrix representation of solution concepts in multiple decision maker graph models. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and Humans, 2009, 39(1): 96-108.
- [6] K.W. Li, D.M. Kilgour, K.W. Hipel. Status quo analysis in the graph model for conflict resolution. Journal of the Operational Research Society, 2005, 56: 699-707.
- [7] Haiyan Xu, Kevin W. Li, D. M. Kilgour, et al. A matrix-based approach to searching colored paths in a weighted colored multidigraph. Applied Mathematics and Computation, 2009, 215(1): 353-366.
- [8] Haiyan Xu, Kevin W. Li, K. W. Hipel, et al. A Matrix Approach to Status Quo Analysis in the Graph Model for Conflict Resolution. Applied Mathematics and Computation, 2009, 212 (2): 470-480.
- [9] 蔡建峰, 张识字, 薛建武. 两级递阶软对策模型及其在冲突分析中的应用[J]. 系统工程, 2004, 22(4): 95-99.