人机协同视角下的大规模冲突建模与分析方法

梁思怡[1]，葛冰峰[1]，黄宇铭[2]，徐海燕[3†]

(1. 国防科技大学 系统工程学院，长沙 410073；2. 武警后勤学院 后勤指挥系，天津 300309；
3. 南京航空航天大学 经济与管理学院，南京 211106)

摘　要: 冲突分析图模型 (GMCR) 是当前研究和解决多方冲突博弈的主流方法, 但当前其决策主体识别、策略提取与偏好获取还主要高度依赖专家经验, 难以应对主体众多、信息海量的大规模冲突事件. 为此, 面向大数据和人工智能背景下的复杂冲突问题, 将自然语言处理与知识图谱融入 GMCR 框架, 提出人机协同的大规模冲突事件建模与分析方法. 首先, 基于冲突事件的多源文本数据, 综合运用依存句法分析、语义聚类等方法, 自动识别冲突主体及其关键策略, 并经知识图谱关联与专家校验实现结构化表达; 然后, 针对表征主体偏好的策略声明, 构建涵盖逻辑关系、情感倾向与关注强度的三维评分体系, 由此量化主体偏好并生成偏好排序; 最后, 以“拉闸限电”大规模冲突事件为例进行案例分析, 验证所提出方法在冲突主体及策略识别、偏好信息获取和均衡解求解方面的有效性, 并给出相应的冲突解决方案和管理启示. 研究结果表明, 所提出方法为大数据环境下大规模冲突事件的智能化建模与决策支持提供了可行途径.

关键词: 冲突分析图模型；大规模冲突；知识图谱；自然语言处理；人机协同

中图分类号: C931.1　　**文献标志码:** A

DOI: 10.13195/j.kzyjc.2026.0182

引用格式: 梁思怡, 葛冰峰, 黄宇铭, 等. 人机协同视角下的大规模冲突建模与分析方法 [J]. 控制与决策.

Modeling and analysis method of large-scale conflicts from the perspective of human-machine collaboration

LIANG Si-yi[1]，*GE Bing-feng*[1]，*HUANG Yu-ming*[2]，*XU Hai-yan*[3†]

(1. College of Systems Engineering， National University of Defense Technology， Changsha 410073， China；
2. Department of Logistics Command， Logistics University of People’s Armed Police Force， Tianjin 300309，
China；3. College of Economics and Management，Nanjing University of Aeronautics and Astronautics，Nanjing 211106，China)

Abstract: The graph model for conflict resolution (GMCR) is a mainstream approach for analyzing and resolving multi-party conflicts. However, its current processes for identifying decision makers, extracting options, and obtaining preferences rely heavily on expert experience, making it difficult to deal with large-scale conflicts involving numerous decision makers and massive amounts of information. To address the complex conflicts in the era of big data and artificial intelligence, this paper proposes a human-machine collaborative method for modeling and analyzing large-scale conflicts by integrating natural language processing and knowledge graph into the GMCR framework. First, we comprehensively utilize methods such as dependency parsing and semantic clustering to automatically identify decision makers and their key options from multi-source text data of the conflicts; these are then structured through knowledge graph association and expert validation. Second, regarding preference statements that reflect decision makers’ preferences, a three-dimensional comprehensive scoring system for preference statements is constructed, encompassing logical relationships, sentiment tendencies, and intensity of attention. This quantifies each decision maker’s preference rankings over all feasible states. Finally, a case study is conducted using a large-scale conflict of “Power Outage” as an example to verify the effectiveness of the proposed method in identifying decision-makers and options, obtaining preference information, and solving for equilibrium. Corresponding conflict solutions and management insights are also provided. The results demonstrate that the proposed method provides a feasible approach for the intelligent modeling and decision support of large-scale conflicts in a big data environment.

Keywords: graph model for conflict resolution； large-scale conflict； knowledge graph； natural language processing；human-machine collaboration

收稿日期: 2026-03-07；**录用日期:** 2026-09-06.
基金项目: 国家自然科学基金项目 (72571282, 72501301, 72471117)；湖南省科技创新计划项目 (2026RC1038).
责任编委: 徐泽水.
[†]通信作者. E-mail: xuhaiyan@nuaa.edu.cn.

0 引 言

随着我国经济步入高质量发展阶段, 各层级利益群体间的冲突愈加复杂激烈, 频发的群体性事件已经成为影响社会稳定最为突出的问题, 诸如劳资纠纷、拉闸限电、集体土地征收征用等冲突事件呈现出显著的大规模特征. 与主体数量有限的传统小规模冲突相比, 此类冲突涉及多个利益群体, 群体内个体数量众多, 且不同群体之间存在复杂的利益矛盾与交互关系, 并且随着时间的推移, 所涉及的利益群体越来越多[1-2], 导致这类冲突问题的冲突主体及其相关备选策略和偏好信息难以获取. 然而, 现有的冲突分析图模型方法主要面向小规模冲突场景, 其建模高度依赖专家主观判断, 缺乏客观数据支撑, 难以有效应对上述大规模冲突场景.

冲突分析图模型 (GMCR)[3-4] 作为一种由经典博弈论拓展而来的战略决策分析方法, 自 1987 年由 Kilgour 和 Hipel 两位学者提出以来, 已成为冲突分析领域的重要工具. 徐海燕等[5] 构建了图模型的矩阵理论, 并成功开发了相应的决策支持系统, 进一步解决了在实际应用过程中逻辑表达存在的局限性. 冲突分析图模型最早应用于水资源与环境冲突问题中[6], 随着冲突分析理论研究的深入, 应用不断扩展到诸多领域冲突问题中. 在商业领域, 孔杨等[7] 针对医疗保险冲突存在的权力不对称情况, 基于矩阵理论实现五种稳定解计算. 韩瑜等[8] 考虑行为模式的差异性对冲突演化分析与求解的影响, 提出一种组合行为冲突分析方法有效解决企业员工体面劳动保障制度实施冲突问题. Sabino 等[9] 在后悔稳定性框架下, 分析现实生活中的卡车司机罢工冲突情境, 并提供有价值的策略见解. 胡礼梅等[10] 构建了融合信任与移情双机制的大规模冲突主体共识偏好模型, 全面分析预制菜产业存在的食品安全问题. 在军事领域, 黄宇铭等[11] 针对多无人机空战的对抗性、复杂性和协同性等特点, 将 GMCR 理论应用于多无人机协同空战博弈中, 旨在提升空战效能. Zhang 等[12] 在 GMCR 框架下提出了一种联盟解体机制, 充分分析现实地缘冲突的演变趋势. 针对经济发展与环境保护冲突问题, 陈璐等[13-14] 提出了模糊真值策略优先权排序法, 并将模糊权力不对称稳定性引入到了"双碳目标"下供应链碳减排冲突的求解中. 田章朋等[15] 针对环境冲突中参与者地位不平等及易结盟的特点, 提出权力不对称下的结盟稳定性分析方法. 这些研究为冲突分析图模型的理论发展和实际应用提供了有力支撑, 但其皆针对决策者数量有限的简化场景, 高度依赖专家经验, 且需要人工全流程参与. 在应对大规模、多主体的现实冲突时, 传统 GMCR 在客观性、可扩展性与效率方面面临显著挑战.

随着信息技术的飞速发展, 一个冲突事件的数据量是庞大的, 人工建模耗时大而且存在理解上的偏差, 亟需引入能够自动化处理大规模、非结构化文本的技术手段. 为此, 在大数据背景下, 学者们尝试从数据角度获取建模信息. 赵士南等[16] 在传统策略权重法的基础上提出基于调查法的分段策略冲突偏好排序方法. 励敏[17] 根据词频筛选出冲突主体的关键策略. 朱军等[18] 利用 LDA (Latent Dirichlet Allocation) 主题模型分割在线信息, 识别冲突主体的策略. Liu 等[19] 将概率不确定语言术语集和基于平均解距离的评价方法引入到冲突分析图模型的偏好排序环节. Zhang 等[20] 融合 TF-IDF 算法和共词分析提取冲突主体和策略. Dai 等[1] 实现了权力结构下冲突主体偏好动态演化与冲突均衡的客观量化分析. Zhang 等[2] 提出了一种基于大数据的三维偏好框架, 用于解决大规模群体冲突. Yang 等[21] 针对碳市场构造收益函数, 定量分析决策者对各个状态的偏好. 然而, 上述研究多依赖单一或特定类型数据源, 忽略了冲突主体与策略及偏好信息的对应关系, 尚未形成面向大规模冲突事件的完整建模流程.

综上分析, 数据驱动方法在冲突分析图模型建模中的探索已取得一定进展. 为厘清本文方法与现有研究的联系与区别, 表 1 对本文方法与近年代表性研究进行了对比. 针对上述不足, 本文将自然语言处理与知识图谱技术融入 GMCR 框架, 构建人机协同的冲突主体与策略获取框架和策略声明三维评分体系, 并提出基于组合赋权的偏好排序方法, 形成了面向大规模冲突事件的建模分析流程. 主要贡献如下:

1) 提出融合自然语言处理与知识图谱、以专家校验为补充的人机协同框架, 实现从多源非结构化文本中自动识别冲突主体与提取关键策略, 将专家角色由"主导建模"转变为"校验修正", 显著降低了建模对专家经验的依赖;

2) 构建涵盖逻辑关系、情感倾向与关注强度的策略声明三维评分体系, 提出基于组合赋权的偏好量化方法, 将文本信息转化为冲突主体的状态偏好排序, 提升了偏好获取的客观性与可解释性;

3) 以“拉闸限电”大规模冲突为例, 验证了本文方法的可行性与有效性, 为大规模公共冲突的分析与治理提供了可复用的路径与决策参考.

1 冲突分析图模型理论

冲突分析图模型的基本组成要素包括冲突主体、可行状态、偏好信息和状态转移, 其结构可以用 $V=\{N,S,P,G\}$ 的集合形式表示. 其中, N 表示冲

表 1　本文方法与现有数据驱动 GMCR 方法对比表

对比维度	He等[22]	Zhang等[23]	Zhang等[2]	本文方法
冲突规模	小规模(2个决策者)	大规模(5个群体)	大规模(5个群体)	大规模(5类冲突主体)
数据来源	新闻网站	微博	微博	新闻网站+微博+政府公告
冲突主体识别	人工预设	FCM-DBSCAN元聚类	改进谱聚类	知识图谱+聚类+专家验证
策略提取	人工预设	聚类+人工	聚类+人工	依存句法分析+聚类+人工
偏好获取维度	单维(频次统计)	单维(人工解读)	三维(信任+情感+相似度)	三维(逻辑+情感+频次)

突事件中所有参与主体组成的有限非空集合, 记为$N=\{1,2,\ldots,n\}(n\geqslant 2)$, n为冲突主体的数量. S表示冲突中所有可行状态的非空集合, 记为$S=\{s_1,s_2,\ldots,s_m\}(m\geqslant 2)$. P表示关于可行状态的偏好信息的集合. G表示所有可行状态与所有冲突主体控制的状态转移共同构成的有向图, 记为$G=\{G_1,G_2,\ldots,G_n\}$, 其中$G_i=\{S,A_i\}(i=1,2,\ldots,n)$, $A_i\subseteq S\times S$为冲突主体i的有向弧集, 表示冲突主体i所有可以控制的从一个状态转移到另一个状态的单边转移.

在冲突分析图模型中, 偏好是指冲突主体从自身期望出发对状态进行判断从而给出的可行状态间的优劣次序. 对于冲突主体$i\in N$和状态$s,q\in S$, 在某个状态点上的简单偏好结构表示为$P_i=\{\succ_i,\sim_i\}$. 对于冲突主体i, $s\succ_i q$意味着状态s优于状态q, 而$s\sim_i q$表明状态s和状态q是等价的. 相应地, $s\succsim_i q$表示状态s优于或等价于状态q, 而$s\precsim_i q$表示状态s劣于或等价于状态q. 简单偏好满足以下性质[24].

性质 1　$\succ_i$具有不对称性. 换言之, 对于冲突主体$i\in N$和状态$s,q\in S$, 若$s\succ_i q$成立, 则$q\succ_i s$不成立.

性质 2　$\sim_i$具有自反性和对称性. 自反性是指对于冲突主体$i\in N$和状态$s,q\in S$, 满足$s\sim_i s$. 对称性意味着当$s\sim_i q$为真时, $q\sim_i s$也成立.

性质 3　$\{\succ_i,\sim_i\}$具有完备性. 换言之, 对于冲突主体$i\in N$和状态$s,q\in S$, 必须建立$s\succ_i q$, $s\sim_i q$和$q\succ_i s$中的一个关系.

对于冲突主体$i\in N$, 状态$s,q\in S$, 状态集和可达集定义如表 2 所示.

表 2　状态集和可达集定义

集合	描述
$\Phi_i^+(s)=\{q\|q\succ_i s\}$	冲突主体i在初始状态s的改良状态集
$\Phi_i^=(s)=\{q\|q\sim_i s\}$	冲突主体i在初始状态s的等价状态集
$\Phi_i^-(s)=\{q\|q\prec_i s\}$	冲突主体i在初始状态s的劣势状态集
$R_i(s)=\{q\|q\in S,(s,q)\in A_i\}$	冲突主体i在初始状态s的可达集
$R_i^+(s)=\{q\|q\in R_i(s),q\succ_i s\}$	冲突主体i在初始状态s的改良可达集

2　基于知识图谱的冲突主体及其策略获取

当前可以公开获取的冲突事件数据多为新闻报道、公告、社交媒体评论等非结构化文本中, 此类文本呈现出相对稳定的句法特征. 其中, 冲突主体通常以名词短语形式充当句子的主语, 而主体的备选策略则多以动宾结构呈现. 从知识表示的角度看, 知识图谱的基本构成单位是"实体 1-关系-实体 2"三元组[25]. 其中, 实体对应句子中的名词成分, 关系则刻画实体之间的动作或关联, 这与冲突主体及其策略所构成的主谓宾结构表现出同构性. 本文基于自然语言处理技术, 构建了一套大规模冲突主体与策略的获取框架. 该框架对海量文本数据进行处理与分析, 从中提取"实体 1-关系-实体 2"三元组, 进而构建大规模冲突事件的知识图谱. 在此框架中, 专家不直接参与信息提取, 而是对聚类后所得的候选冲突主体与策略进行验证与精炼, 以进一步提升提取结果的准确性. 该框架分为两个阶段.

第 1 阶段: 构建大规模冲突事件知识图谱. 首先从相关的新闻资讯和媒体平台中收集冲突相关文本数据, 并对数据进行清理和处理, 方便后续数据挖掘. 然后, 分析文本关键句的句法, 提取出形成冲突主体和相应策略的主谓宾关系. 最后, 利用 Neo4j 图数据库, 建立完整知识图谱.

第 2 阶段: 提取冲突主体及策略. 首先, 对第 1 阶段提取的所有三元组进行预处理, 并形成集成嵌入向量. 然后, 采用聚类算法, 对降维处理后的数据进行聚类分析, 实现文本去重. 最后, 结合知识, 对各个聚类簇深入分析思考, 提取出代表性元素, 得到冲突主体和策略.

2.1　冲突事件知识图谱的构建

在冲突事件数据中, 句子的主谓宾结构即为构建知识图谱的核心. 因此, 本节提出基于依存句法分析的三元组抽取模型, 通过数据预处理、关键句提取和句法分析等步骤, 实现冲突主体及其相应关键策略的提取. 综合考量中文语境适应性、方法管道一致性、领域词典集成便利性和计算资源约束等多重因素, 本文选择了 HanLP 作为中文自然语言处理工具. HanLP 是中国科学院计算技术研究所研发的开源中文自然语言处理工具包, 长期以来被视为中文 NLP 领域的标杆工具之一[26].

步骤 1:数据预处理. 对所有爬取到的数据进行

清洗和去重, 然后按照中文标点符号规则, 以".!?"作为分割标准, 将所有文本数据以句子为单位按条存储. 为提高冲突事件文本的分词准确率, 构建专有词词典和停用词表, 进一步对文本进行分词, 检查分词结果, 消除有歧义的词, 并识别目前未登录到专有词词典的新词, 据此更新词典.

步骤 2:命名实体识别. 调用 pyhanlp 提供的条件随机场 (CRF) 自然语言处理模型, 进行中文分词、命名实体识别以及词性标注, 抽取文本中具有特定意义或者指代性强的实体, 包括有地名、人名、组织机构名、专有名词等. 该模型是一种基于统计的序列标记和切分序列化识别模型, 针对中文文本采用 BMES (Begin-Middle-End-Single) 词位法进行序列标注, 基本原理如下公式 (1).

$$P(t_1,\dots,t_n|c_1,\dots,c_n)=\prod_{i=1}^{n}P(t_i|\{(t_1,\dots,t_{i-1}),(c_1,\dots,c_n)\}). \quad (1)$$

其中t代表词位顺序, c代表字序列.

对句子依次分词后进行实体标注. 采用当前位置的前后n个位置上的词, 确定特征函数为:

$$f(y_{w_0sn},x_{w_0sn})=\begin{cases}1,\ x_{w_0sn}=\\ \quad \text{True}且y_{w_0sn}=\text{PNS};\\ 0,\ \text{否则}.\end{cases} \quad (2)$$

其中, x为句子, y为实体标注序列.

条件随机场训练模型参数w_k如下公式:

$$P(y|x)=\frac{1}{Z(x)}\exp\sum_{k=1}^{K}w_kf_k(y|x). \quad (3)$$

步骤 3:关键句提取. 文本数据是大量的, 但并非所有文本数据都包含有关键信息. 为更高效地提取出建模信息, 本文从关键句与关键词之间的联系角度出发, 关键词集中出现的句子有很大的概率是文本的关键句. 利用 TF-IDF (Term Frequency-Inverse Document Frequency) 方法进行共词提取, 将筛选出的高频词作为关键词.

TF表示词频, 其计算公式为:

$$TF(w)=\frac{m}{n}. \quad (4)$$

其中, m表示某个词语在一篇文章中出现的次数, n表示文章总词数.

IDF表示逆文档频率, 用来衡量一个词语的普遍程度, 其计算公式为:

$$IDF(w)=\log\frac{N}{M+1}. \quad (5)$$

其中N为总文档数量, M为某个词出现的文档数量.

考虑到后续会对所有句子深入分析句法, 并进行聚类分析和策略提取, 存在多次筛选. 为防止潜在关键信息缺失, 仅以是否包含有关键词作为关键句的判断条件, 判断规则如下:

$$f(Sen_i)=\begin{cases}1,\ Sen_i\text{中包含任一关键词};\\ 0,\ \text{否则}.\end{cases} \quad (6)$$

其中Sen_i表示第i个句子.

步骤 4:句法分析. 采用 pyhanlp 内置的基于神经网络的依存句法分析方法, 通过分析句子内部的语法关系, 将其词语的序列转换为图结构[27]. 在该结构中, 词与词之间通过依存关系连接构成依存对[28]. 单个关键句的分析结果示例如图 1 所示, 基于句法分析的结果, 提取实体和关系的三元组. 从核心关系即根节点 (root)"出台"出发, 识别出与其依存的主谓关系和动宾关系, 组成三元组 ("浙江省湖州市""出台""方案"), 即可得到构建知识图谱所需的节点和边. 最后利用 Neo4j 图数据库储存并将其可视化, 以便进一步理解分析知识, 提取冲突主体和相应策略.

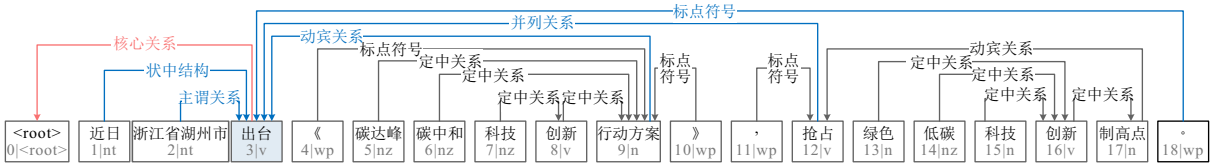

图 1 基于神经网络的依存句法分析可视化结果

2.2 基于知识图谱的冲突主体及策略聚类

在建模中需要把目标一致且利益统一的多个冲突主体合并为一个冲突主体. 本节采用 k-means 聚类算法[29] 实现文本聚类, 基于余弦相似度, 对"实体 1-关系-实体 2"三元组进行聚类分析. 本流程分为特征提取和向量聚类两部分, 具体步骤如下:

步骤 1:三元组预处理. 将三元组拼接为统一的文本格式, 将文本转为小写、去除多余空格. 对非字符串类型数据自动转为字符串, 确保输入统一.

步骤 2:集成句子嵌入. 使用两个轻量级 SentenceTransformer 模型分别对预处理后的三元组编码, 生成独立的向量表示. 其中 all-MiniLM-L6-v2 模型擅长捕捉文本的通用语义关联, 并且适配多领域短文本的基础语义表征, 在句子相似度任务的

多个基准测试中表现优异. paraphrase-MiniLM-L3-v2 支持处理多种语言文本, 能够强化对相似表达的区分能力, 弥补通用语义模型在细粒度语义差异上的表征不足. 将两个模型的输出向量在特征维度上拼接, 形成集成嵌入向量.

步骤 3:降维处理. 对拼接后的高维向量采用 PCA 技术进行维度压缩, 计算累积方差解释率, 保留使其达到95%的最少维度, 减少后续聚类计算量.

步骤 4:确定最优聚类簇数. 多指标综合评估寻找最优聚类簇数, 设置聚类簇数区间$[2, 12]$, 分别计算聚类内平方和 (WCSS), Davies-Bouldin 指数 (Davies-Bouldin Index, DBI) 和轮廓系数 (SC). 肘部法则 (Elbow Method) 基于式 (7) 计算不同聚类簇数下的聚类内平方和, 选择下降幅度明显减小的拐点位置作为最优聚类数的参考依据. Davies-Bouldin 指数计算如式 (8), 值越小表示簇内越紧密且簇间分离度高, 聚类效果越好.

$$WCSS = \sum_{i=1}^{K} \sum_{p \in C_i} ||p - m_i||^2, \tag{7}$$

$$DBI = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^{K} \max_{j \neq i} \left(\frac{S_i + S_j}{d(m_i, m_j)} \right). \tag{8}$$

其中, K表示聚类簇数, C_i表示第i个聚类簇, p表示样本点, m_i表示第i个聚类簇的质心, S_i表示第i个聚类簇的平均距离, $d(m_i, m_j)$表示第i和第j个聚类簇质心之间的距离.

单个样本轮廓系数的计算如公式 (9), 将所有样本点的轮廓系数$SC(i)$求平均, 就会得到总轮廓系数SC, 取值范围是$[-1, 1]$, 数值越大聚类效果越好; $a(i) = \frac{1}{n-1} \sum_{j \neq i}^{n} distance(i, j)$表示代表样本内聚度, 即样本点与同一簇中其他点的相似度; b表示样本点与下一个最近簇中所有点的平均距离, 即样本点与下一个最近簇中其他点的相似度.

$$SC(i) = \frac{b(i) - a(i)}{\max\{a(i), b(i)\}}. \tag{9}$$

三个指标分别从簇内紧密度、簇间分离度和聚类一致性角度评估聚类效果. 由于各指标的量纲和优化方向不同, 对$WCSS$和DBI采用负向归一化, SC采用正向归一化.

$$WCSS_{norm} = 1 - \frac{WCSS - \min(WCSS)}{\max(WCSS) - \min(WCSS)}, \tag{10}$$

$$DBI_{norm} = 1 - \frac{DBI - \min(DBI)}{\max(DBI) - \min(DBI)}, \tag{11}$$

$$SC_{norm} = \frac{SC - \min(SC)}{\max(SC) - \min(SC)}. \tag{12}$$

最后, 通过加权平均方式综合三个指标的评估结果, 选择综合得分最高的作为最优聚类数.

$$\begin{aligned} Score(k) = {} & w_{SC} \cdot SC_{norm}(k) + \\ & w_{WCSS} \cdot WCSS_{norm}(k) + \\ & w_{DBI} \cdot DBI_{norm}(k). \end{aligned} \tag{13}$$

其中, 轮廓系数同时反映簇内凝聚度和簇间分离度, 综合性最强[30], 簇内平方和直接衡量簇内误差, 二者较为重要, 故赋权$w_{SC} = w_{WCSS} = 0.4$; Davies-Bouldin 指数仅基于簇中心距离与簇内平均距离之比, 对噪声较敏感[30], 故赋予较低权重$w_{DBI} = 0.2$.

步骤 5:聚类执行. 基于最优聚类数, 选择 k-means 聚类算法执行文本聚类, 输出聚类标签.

结合大规模冲突事件背景, 对聚类后的"实体 1-关系-实体 2"三元组进行归纳即可提取出冲突主体及相应的策略.

3 多指标策略优先权排序方法研究

确定各冲突主体的偏好是建模过程中最重要的步骤, 偏好排序结果的正确与否直接关系到冲突模型建立的好坏. 然而, 现实信息化大规模冲突中, 冲突主体的偏好信息往往难以直接获取. Schelling[31] 明确指出条件性战略行动 (威胁与承诺) 比无条件行动具有更强的战略影响力, 因为它们能够将我方的行为与对方的选择绑定. 周瑛等[32] 采用评论挖掘的方法研究发现文本中某一特征的出现频次与主体对该特征的关注程度呈显著正相关, 并证明了文本中的情感强度能够客观反映主体对特定对象的偏好程度. 为此, 本文设计多指标策略声明综合评分体系, 通过挖掘文本数据中的逻辑信息、情感信息以及关键词出现频次信息, 分析生成策略声明并计算出冲突主体的策略声明综合评分, 从而实现基于策略层面的状态点的偏好排序.

3.1 策略声明及三维评分指标提取

某个冲突主体的策略声明是由每个冲突主体的策略与五种连词组合而成的短语或短句, 使用 A 和 B 表示策略, 五种策略声明的具体含义为: "-A"表示不选择策略 A; "A & B"表示既选择策略 A 又选择策略 B; "A|B"表示选择策略 A 或者策略 B; "B IF A"表示如果选择了策略 A 则选择策略 B; "B IFF A"表示当且仅当选择了策略 A, 才选择策略 B. 在此基础上本文设置了否定式、并列关系式、选择关系式、假设条件式、特定条件式共 5 类规则句法模式, 整理相应提示词库, 创建逻辑关系抽取规则表.

获取每个冲突主体策略声明的基本流程包括提取策略声明候选语句、逻辑关系分析以及生成策略声明三个步骤. 首先, 提取策略声明候选语句. 以冲突主体名称和策略关键词作为条件, 从第 2.1 节提取的关键句中筛选, 得到所有同时包含冲突主体和任一策略关键词的句子. 然后, 进行逻辑关系分析. 基于逻辑关系抽取规则表, 通过规则模板匹配方式对策略声明候选语句分析, 将所有策略声明候选语句分成 6 类, 即否定式语句、包含并列关系的语句、包含选择关系的语句、包含假设条件关系的语句、包含特定条件关系的语句, 以及 5 类规则句法模式均不满足的语句. 最后, 生成策略声明. 结合知识分别对 6 类策略声明候选语句进行理解分析, 生成该冲突主体的 6 类策略声明.

针对每个冲突主体的每条策略声明, 挖掘分析文本数据提取逻辑评分、情感评分和频次评分, 作为对策略声明排序的三维衡量指标$\mathbf{u}=(u_1,u_2,u_3)$. 具体计算方法如下:

逻辑评分 (u_1). 不同冲突主体策略之间的条件逻辑关系可能会对冲突主体的偏好产生影响, 使用u_1表示一条策略声明的逻辑评分. 从某冲突主体的角度分析, 其策略的采用如果受到其他冲突主体的策略选择影响, 表明该策略较为重要[31]. 为预防投机事件的发生, 将假设条件式和特定条件式策略声明的逻辑评分记为$u_1=1$, 其余类型记为$u_1=0$.

情感评分 (u_2). 情感可以反映冲突主体的偏好程度, 采用情感权重值来衡量冲突主体对策略声明的倾向程度, 使用u_2表示一条策略声明的情感评分. 考虑到实际生活中的中文语言是非常复杂的非线性系统, 本文采用基于情感词典与依存关系规则的情感分析方法, 从策略声明相关语句中提取情感倾向与强度. 情感词典由清华大学李军中文褒贬义词典、知网 (HowNet) 情感词典、台湾大学 NTUSD 情感词典和大连理工大学中文情感词汇本体库 4 个公开中文情感资源整合而成, 通过合并去重与极性校准, 构建正面情感词与负面情感词两类基础情感词库. 同时, 引入否定词词典、程度副词词典以及标点符号词典.

1) 顺序遍历分词得到的词序列$W=[w_1,w_2,\ldots,w_n]$, 检查其是否存在于预定义的词典中. 当识别到情感词w_i为正面时, 设定该词的基础极性为$p=+1$, 负面则$p=-1$.

2) 从上一个标点符号位置或者句首到w_i之前的区间内, 依次检测是否存在程度副词或否定词. 若存在程度副词w_d, 则将当前得分乘以该副词的权重系数$\alpha_d\in\{0.5,1.5,2.0\}$; 若存在否定词$w_n$, 则将当前得分乘以$-1$.

3) 从w_i之后扫描至下一个标点符号, 若遇到感叹号, 则将当前得分增加 2 或者减少 2, 以反映强烈情绪的放大效应.

4) 将该情感词的最终得分累加得到语句总得分e_i, 实现文本情感倾向 (正面、负面或中性) 的区分.

$$e_i=\sum_{k=1}^{m}(p_k\cdot\prod_{\text{程度}}\alpha_d\cdot(-1)^{\delta_k}+\eta_k). \tag{14}$$

其中, m为语句中情感词的数量; $p_k\in\{+1,-1\}$为第k个情感词的基础极性; $\prod\alpha_d$为程度副词权重的乘积; δ_k为否定词出现次数的奇偶性; $\eta_k\in\{-2,0,+2\}$为感叹号的增强项.

5) 在对冲突主体的一条策略声明进行情感分析时, 首先从关键句中匹配筛选出同时包含有该条策略声明关键词以及对应冲突主体的所有相关语句, 然后按照上述流程计算每条语句的情感权重值e_i, 取其平均值作为该策略声明的情感评分. 其中n为该策略声明的相关语句数量.

$$u_2=\sum_{i=1}^{n}e_i\Big/n. \tag{15}$$

频次评分 (u_3). 频次可以反映重要性程度, 使用u_3表示一条策略声明的频次评分. 为简化计算, 首先提取每条策略中的代表性词汇作为策略关键词. 然后, 统计每条策略所有关键词的频次, 定义策略的重要性衡量指标$F_{ij}=\sum_{k=1}^{n}f(c_k),c_k\in C_j$, 其中$f(c_k)$表示词语$c_k$在冲突主体$i$的策略声明相关文本中的词频; C_j表示策略j的关键词集合; n为策略j的关键词数量. 最后, 考虑策略声明存在的逻辑关系, 制定如表 3 所示的频次评分规则, 计算策略声明得分.

表 3 策略声明频次评分规则表

序号	策略声明格式	规则句法模式	频次评分规则
1	A	/	$u_3=F_{iA}$
2	−A	否定式	$u_3=F_{iA}$
3	A & B	并列关系式	$u_3=min(F_{iA},F_{iB})$
4	A|B	选择关系式	$u_3=max(F_{iA},F_{iB})$
5	B IF A	假设条件式	$u_3=max(F_{iA},F_{iB})$
6	B IFF A	特定条件式	$u_3=max(F_{iA},F_{iB})$

3.2 基于组合赋权的策略优先权排序法

针对每个冲突主体, 基于逻辑评分 (u_1), 情感评分 (u_2) 和频次评分 (u_3) 三个维度, 集成混合数据主成分分析赋权法 (PCAmix)、层次分析法 (AHP) 和业务经验赋权法, 从数据客观信息、专家系统判断和领

域先验知识三个视角确定各评分指标的权重, 构建策略声明综合评分模型. 业务经验赋权法即由领域专家根据经验知识赋予预设权重$\mathbf{W}_{\text{Business}}$.

实施主成分分析赋权法时, 为解决混合数据类型带来的方差不均衡问题, 对于连续变量 (u_2, u_3), 为确保不同量纲指标间的可比性, 并满足后续分析方法的输入要求, 对$n \times 2$连续变量矩阵$\mathbf{X}_1$进行如下所示的 z-score 标准化, 得到标准化后的矩阵$\mathbf{Z}_1$:

$$z_{ik} = \left(x_{ik} - \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_{ik}\right) \Big/ \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_{ik} - \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_{ik})^2}. \tag{16}$$

其中, n为策略声明的数量, x_{ik}表示第i个策略声明在第k个指标上的值, $k = 1, 2$.

对于分类变量 (u_1), 记类别为c, 若$u_1 = 0$, $c = 1$, 否则$c = 2$. 首先将其转换为$n \times 2$指示矩阵$\mathbf{D}$, 其中

$$g_{i,c} = \begin{cases} 1, & \text{若第}i\text{条策略声明属于类别}c, \\ 0, & \text{否则}. \end{cases} \tag{17}$$

记第c类出现的频率为$p_c = \dfrac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} g_{i,c}$. MCA 标准化后的矩阵$\mathbf{Z}_2$的第$i$行第$c$列元素为

$$z_{i,c} = \frac{g_{i,c}}{\sqrt{p_c}} - \sqrt{p_c},\ i = 1, 2, \ldots, n; c = 1, 2. \tag{18}$$

将$\mathbf{Z}_1$和$\mathbf{Z}_2$水平拼接得到混合数据矩阵$\mathbf{Z}$, 执行广义奇异值分解得到主成分载荷矩阵$\mathbf{V}$. 变量$u \in \{u_1, u_2, u_3\}$对第t个主成分的贡献度 (CTR) 定义为

$$CTR_{ut} = \sum_{k \in I_u} v_{kt}^2. \tag{19}$$

其中, I_u为变量u对应的列索引集合. 各主成分的特征值λ_t等于该主成分所解释的惯性. 为综合多个主成分信息, 采用特征值加权平均法计算各变量的最终客观权重$\mathbf{W}_{\text{PCAmix}}$, 其中$T$为保留的主成分个数:

$$w_u^{\text{PCAmix}} = \sum_{t=1}^{T} \lambda_t \cdot CTR_{ut} \Big/ \sum_{t=1}^{T} \lambda_t. \tag{20}$$

层次分析法可以将专家对指标间相对重要性的定性判断转化为定量权重, 进而计算出各指标的主观权重. 构建判断矩阵$\mathbf{A}$如下:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} \\ 1/a_{12} & 1 & a_{23} \\ 1/a_{13} & 1/a_{23} & 1 \end{bmatrix}. \tag{21}$$

其中a_{ij}表示指标i相对指标j的重要性评分. 采用特征向量法计算$\mathbf{A}$的最大特征值$\lambda_{\max}$及其对应特征向量$\mathbf{v}$, 取绝对值并归一化后即得 AHP 权重$\mathbf{W}_{\text{AHP}}$:

$$\mathbf{W}_{\text{AHP}} = |\mathbf{v}| \Big/ \sum |\mathbf{v}|. \tag{22}$$

为保障判断逻辑的一致性, 计算一致性比率CR:

$$CR = (\lambda_{max} - n)(n - 1)/RI. \tag{23}$$

其中$n = 3$, RI为平均随机一致性指标, 若$CR < 0.10$, 则认为判断矩阵的一致性可接受.

何强[33] 证明当存在m个评价主体分别对n个指标的赋权信息时, 使得评价主体间差异最小化的最优权重为这m个权重向量的算术平均值. 因此, 在缺乏先验信息判断哪个视角更可靠的情况下, 算术平均是针对这三个视角实现差异最小化的最优组合策略, 进而计算出组合权重$\mathbf{W}_{\text{Comb}}$.

对于每个冲突主体给出的策略声明集合, 在某个特定状态$s \in S$处, 每个策略声明Ω的取值有 T 或 F 两种情况, 对应表示该状态是否满足该声明. 记冲突主体i的策略声明总数为k, 某个策略声明$\Omega_j^i (1 \leqslant j \leqslant k)$. 如果状态$s$满足该声明, 则记$\Omega_j^i(s) = T$, 否则记$\Omega_j^i(s) = F$. 由于逻辑评分$u_1$、情感评分$u_2$和频次评分$u_3$具有不同的量纲和数值范围, 为确保各指标在相同尺度下参与计算, 对各冲突主体所有策略声明的每个指标$u \in \{u_1, u_2, u_3\}$, 分别进行最大绝对值归一化处理得到$u' = \dfrac{u}{\max_j |u_j|}$, 进一步得到$\mathbf{u}' = (u_1', u_2', u_3')$. 在 Fang 等[24] 策略声明偏好排序法的基础上, 提出如下定义:

定义 1　对于冲突主体i, 通常通过给每个状态设定一个"分值"$\Psi(s)$来对这些状态按照分值从大到小的顺序进行排序. 假设k为给出声明的数量, $\Psi_j^i(s)$为状态点基于声明$\Omega_j^i(s)$的增分值, 则有:

$$\Psi_j^i(s) = \begin{cases} \mathbf{u}'_{\Omega_j^i} \top \cdot \mathbf{W}_{\text{Comb}}^i, & \Omega_j^i(s) = T \\ 0, & \Omega_j^i(s) = F \end{cases} \tag{24}$$

各状态的分值为

$$\Psi(s) = \sum_{j=1}^{k} \Psi_j^i(s). \tag{25}$$

根据各状态的分值$\Psi(s)$对状态进行排序, 分值越高的状态排序越靠前.

4　案例分析: “拉闸限电”大规模冲突事件

在全球范围内, 能源供应和环境保护之间存在着严重的冲突. 传统能源的开采和利用带来了大量的温室气体排放, 加剧了全球气候变化和环境污染问题, 全球对碳排放控制的要求日益加强. 如"双碳目标"下中国各地政府相继采取“拉闸限电”等措施, 但是由于中央政府和地方政府在政策实施上存在的角色分歧, 企业和民众对政策的不满, 以及因拉闸限电可能导致的资源配置不均等问题, 引发了多方利

益主体之间的大规模矛盾冲突. 在此, 本文选择“拉闸限电”大规模冲突进行案例分析.

4.1 “拉闸限电”冲突模型构建

针对上述冲突, 以“拉闸限电”为检索关键词, 使用 Python BeautifulSoup 库和八爪鱼采集器进行数据抓取, 从中国储能网、新华网、经济参考网、国家能源局官网和新浪微博平台中收集冲突相关新闻报道和话题评论数据. 依据第 2.1 节框架流程处理所有文本得到 19 755 条有效数据, 进一步利用所提冲突事件知识图谱构建方法建立知识图谱如图 2 所示.

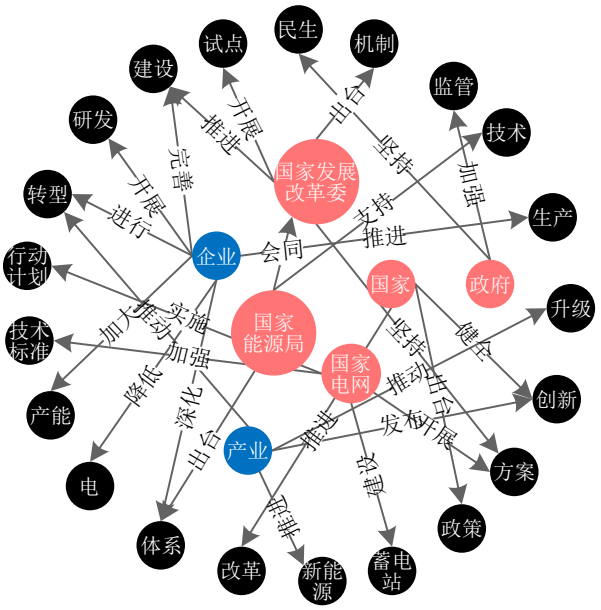

图 2 “拉闸限电”知识图谱局部

由图 2 可见, 一个起始节点可以指向多个不同目标节点, 表示一个冲突主体采取多条策略; 一个目标节点也可以被多个起始节点指向, 表示同一策略被多个目标一致的冲突主体采用. 但是, 基于依存句法分析提取得到的三元组的数量是庞大的, 无法直观从中获取冲突主体及其关键策略. 因此, 进一步合并相同语意的多条策略, 并将策略相同的冲突主体聚类为利益统一的群组.

4.1.1 “拉闸限电”冲突结构化建模

利用第 2.2 节的聚类算法, 对构成知识图谱的三元组和居民的微博评论分别聚类分析. 其中, 由于爬取的微博评论数据多为居民的口语表达, 缺乏完整的句法结构, 故直接对评论文本聚类. 以对三元组聚类为例, 得到的聚类结果如下图 3, 当聚类簇数为 10 时, 综合得分最高即聚类效果最好.

基于专家经验对聚类后的三元组归纳生成冲突主体及对应策略, 综合考虑冲突局势和数据量, 剔除 WWF 及其策略, 并根据企业在冲突中扮演的角色以及自身职能, 将企业分为两种类型, 即供电企业和用电企业. 采用同样的方法对微博评论数据聚类分析,

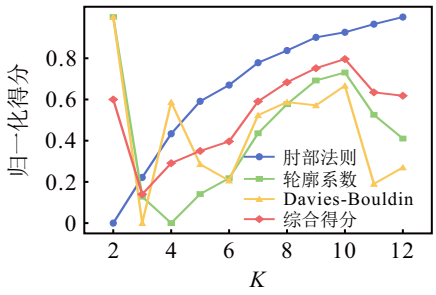

图 3 三元组聚类效果评估

最终得到 5 个冲突主体, 共 9 条策略$o_i(i=1,2,\ldots,9)$总结如下:

1) 中央政府 (CG)

a) 构建新型电力系统 (o_1): 发布实施构建新型电力系统行动方案, 聚焦新能源高比例接入、配电网智能化升级; b) 提供经济支持 (o_2): 通过落实价格政策帮助能源企业纾解困难, 加大财政、税收、金融支持力度, 为能源保供稳价创造条件.

2) 地方政府 (LG)

加强监管 (o_3): 会同多部门认真做好电力市场建设和监管工作, 出台相应的管理政策, 对企业存在问题的机组采取监管措施, 限期整改有关问题; 要求居民在用电高峰期避免使用大功率的家用电器, 例如水暖或微波炉.

3) 供电企业 (PC)

a) 减少发电 (o_4): 为了减少亏损, 以设备检修为借口减少发电; b) 新能源技术攻关 (o_5): 推动新能源技术革命, 支撑引领分布式能源技术高质量发展.

4) 用电企业 (EC)

a) 建设储能系统 (o_6): 增设储能系统或采取自发发电; b) 加速技术变革 (o_7): 加速技术变革, 转型绿色企业, 注重可持续发展, 提高能源利用效率; c) 调整产品价格 (o_8): 为了使限电不会对企业造成更大影响, 上调产品价格, 分担成本.

5) 居民 (RS)

推动舆论关注 (o_9): 在媒体平台发言, 不断引起人们关注这个问题.

每个冲突主体对每条策略有"选择 (Y)"或"不选择 (N)"两种可能, 理论上总共生成$2^9=512$个状态, 考虑到互斥性, 去除了不可行状态, 最终保留了 36 个可行状态如图 4 所示, 有色和无色方块分别表示相应的策略被选中和未被选中. 图 5 描述了 5 个冲突主体的状态转移情况, 弧的箭头方向表示由起始状态可以一步转移到可达状态, 双向箭头表示两状态之间的转移可逆.

4.1.2 “拉闸限电”冲突主体偏好获取

基于上述构建的模型, 以中央政府 (CG) 为例展

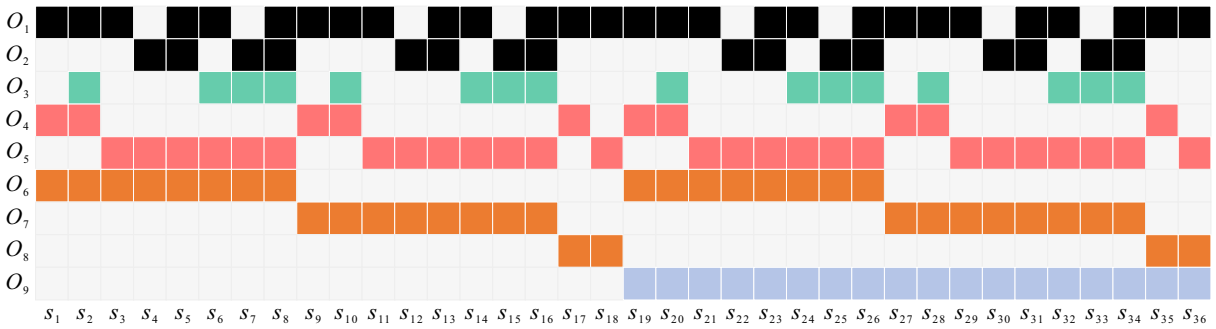

图 4　“拉闸限电”大规模冲突的可行状态

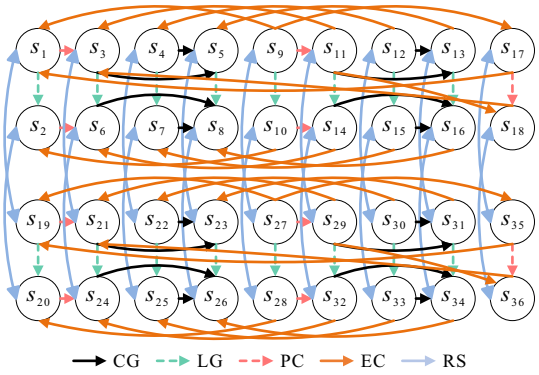

图 5　可行状态转移

示冲突主体的偏好获取流程. 首先采用规则匹配与专家经验结合得到策略声明, 然后分别计算出每条策略声明的逻辑评分 (u_1), 情感评分 (u_2) 和频次评分 (u_3), 结果如表 4 所示.

基于领域专家对冲突背景的理解和评估经验, 设置$\mathbf{W}^{\mathrm{CG}}_{\mathrm{Business}} = (0.1, 0.5, 0.4)$; 使用 PCAmix 方法计算权重$\mathbf{W}^{\mathrm{CG}}_{\mathrm{PCAmix}} = (0.2893, 0.4048, 0.3059)$; 构建判断矩阵如式 (26), 该矩阵通过了一致性检验, 得到 AHP 权重$\mathbf{W}^{\mathrm{CG}}_{\mathrm{AHP}} = (0.0792, 0.3920, 0.5288)$, 进一步得到组合权重$\mathbf{W}^{\mathrm{CG}}_{\mathrm{Comb}} = (0.1562, 0.4323, 0.4115)$.

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 1 & 1/6 & 1/5.5 \\ 6 & 1 & 1.5 \\ 5.5 & 1/1.5 & 1 \end{bmatrix}. \tag{26}$$

根据定义 1 的偏好获取方法, 计算各状态分值得到 CG 的偏好信息: $16 \succ_{\mathrm{CG}} 34 \succ_{\mathrm{CG}} 13 \succ_{\mathrm{CG}} 31 \succ_{\mathrm{CG}} 8 \succ_{\mathrm{CG}} 15 \succ_{\mathrm{CG}} 26 \succ_{\mathrm{CG}} 33 \succ_{\mathrm{CG}} 14 \succ_{\mathrm{CG}} 5 \succ_{\mathrm{CG}} 12 \succ_{\mathrm{CG}} 6 \succ_{\mathrm{CG}} 32 \succ_{\mathrm{CG}} 23 \succ_{\mathrm{CG}} 30 \succ_{\mathrm{CG}} 11 \succ_{\mathrm{CG}} 24 \succ_{\mathrm{CG}} 7 \succ_{\mathrm{CG}} 3 \succ_{\mathrm{CG}} 29 \succ_{\mathrm{CG}} 25 \succ_{\mathrm{CG}} 21 \succ_{\mathrm{CG}} 4 \succ_{\mathrm{CG}} 18 \succ_{\mathrm{CG}} 22 \succ_{\mathrm{CG}} 10 \succ_{\mathrm{CG}} 36 \succ_{\mathrm{CG}} 2 \succ_{\mathrm{CG}} 28 \succ_{\mathrm{CG}} 9 \succ_{\mathrm{CG}} 20 \succ_{\mathrm{CG}} 1 \succ_{\mathrm{CG}} 27 \succ_{\mathrm{CG}} 19 \succ_{\mathrm{CG}} 17 \succ_{\mathrm{CG}} 35$. 同理得到所有冲突主体的偏好信息.

分别对每个冲突主体的三个权重施加±5%、±10%、±15%的扰动, 对比扰动前后所有状态的排序变动数, 结果如图 6 所示. 所有冲突主体的状态偏好平均排序变动均不超过 1.6 位, 说明组合权重在±15%扰动范围内排名稳定, 排序结果可信.

4.2　稳定性分析

基于建立的模型, 稳定性分析结果如表 5 所示. 其中, "Eq"表示均衡解; "✓"是指在指定稳定性定义下, 对特定冲突主体是稳定的状态; "▲"表示在相应稳定性定义下对于所有冲突主体都是稳定的均衡解.

由表 5 可知, 状态s_{26}、s_{34}、s_{36}是该冲突事件的均衡解, 但有效性存在差异. 中央政府、供电企业和用电企业三方主体在策略执行、利益博弈和社会反馈等维度存在复杂的交互作用, 这种互动关系直接影响了新型电力系统建设策略的实施效能. 状态s_{26}和s_{36}为政策传导阻滞下的有限均衡状态, 中央政府虽已出台新型电力系统建设规划政策, 但用电企业

表 4　CG 策略声明及三维评分指标

类型	策略声明	解释说明	逻辑评分	情感评分	频次评分
一般简单式	1	中央政府选择构建新能电力系统.	0	10.225 806	309
	3	中央政府希望地方政府加强监管.	0	8.5	311
	7	中央政府希望用电企业加速技术变革.	0	10.651 282	404
	5	中央政府希望供电企业进行新能源技术攻关.	0	9.127 273	425
	6	中央政府希望用电企业建设储能系统.	0	8.820 513	86
否定式	−8	中央政府不希望用电企业调整产品价格.	0	6.615 385	28
	−4	中央政府不希望供电企业减少发电.	0	8.25	224
	−9	中央政府不希望居民在社交媒体发言推动舆论关注.	0	12.0	2
并列关系式	1 & 5	中央政府选择构建新能电力系统并且支持供电企业加强新能源技术攻关.	0	12.0	309
假设条件式	2 IF 7	如果用电企业加速技术变革, 中央政府就提供经济支持.	1	11.958 333	404
	2 IF 5	如果供电企业进行新能源技术攻关, 中央政府就提供经济支持.	1	9.958 333	425

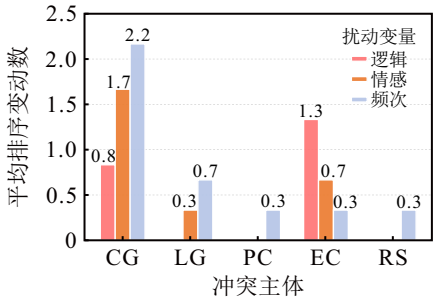

图 6 冲突主体偏好灵敏度分析

未给予充分响应. 这种政策失灵源于两个维度: 其一, 中央政府作为政策制定者未建立有效的激励约束机制, 导致政策信号在传导过程中出现衰减; 其二, 用电企业作为市场主体, 在面对政策调整时, 更多考虑短期经济利益, 忽视了长期战略目标的实现. 值得注意的是, s_{36}状态展现出特殊的演化稳定特征——即便面临居民通过社交媒体形成的舆论压力, 用电企业仍选择调整产品价格策略, 这印证了 Williamson[34] 关于有限理性下的次优选择理论, 表明该状态是博弈过程中的暂态平衡.

因此, 本文所研究的“拉闸限电”冲突事件的有效解决方案为均衡解s_{34}. 具体而言, 中央政府提出构建新型电力系统并提供经济支持; 地方政府忽视当地企业和居民的反击, 优先响应国家政策, 避免急功近利所可能导致的安全事故, 加强对当地企业和居民的监管, 进而可以促成企业的良性健康发展; 供电企业冒着投入但可能回报甚微的风险积极探索并优化发电技术; 用电企业加速技术变革, 提高能源利用效率; 居民在社交媒体表述需求, 引发关注.

深入剖析冲突主体的特点和冲突均衡解决方案, 综合考虑当前中国国情和社会经济发展, 存在很多

表 5 冲突稳定性分析结果

状态	Nash						GMR						SMR						SEQ					
	CG	LG	PC	EC	RS	Eq	CG	LG	PC	EC	RS	Eq	CG	LG	PC	EC	RS	Eq	CG	LG	PC	EC	RS	Eq
s_1	✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓			✓		
s_2	✓	✓		✓			✓	✓		✓			✓	✓		✓			✓	✓		✓		
s_3			✓	✓					✓	✓					✓	✓					✓	✓		
s_4			✓	✓					✓	✓					✓	✓					✓	✓		
s_5	✓		✓	✓			✓		✓	✓			✓		✓	✓			✓		✓	✓		
s_6		✓	✓	✓				✓	✓	✓				✓	✓	✓				✓	✓	✓		
s_7		✓	✓	✓				✓	✓	✓				✓	✓	✓				✓	✓	✓		
s_8	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓		
s_9	✓			✓			✓		✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓		✓			✓		
s_{10}	✓	✓		✓			✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓			✓	✓		✓		
s_{11}			✓	✓					✓	✓	✓				✓	✓	✓				✓	✓		
s_{12}			✓	✓			✓		✓	✓			✓		✓	✓					✓	✓		
s_{13}	✓		✓	✓			✓		✓	✓			✓		✓	✓			✓		✓	✓		
s_{14}		✓	✓	✓				✓	✓	✓				✓	✓	✓				✓	✓	✓		
s_{15}		✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓				✓	✓	✓		
s_{16}	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓		
s_{17}	✓	✓		✓			✓	✓		✓			✓	✓		✓			✓	✓		✓		
s_{18}	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓		
s_{19}	✓			✓	✓		✓			✓	✓		✓			✓	✓		✓			✓	✓	
s_{20}	✓	✓		✓	✓		✓	✓		✓	✓		✓	✓		✓	✓		✓	✓		✓	✓	
s_{21}			✓	✓	✓				✓	✓	✓				✓	✓	✓				✓	✓	✓	
s_{22}			✓	✓	✓				✓	✓	✓				✓	✓	✓				✓	✓	✓	
s_{23}	✓		✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓	
s_{24}		✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	
s_{25}		✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	
s_{26}	✓	✓	✓	✓	✓	▲	✓	✓	✓	✓	✓	▲	✓	✓	✓	✓	✓	▲	✓	✓	✓	✓	✓	▲
s_{27}	✓			✓	✓		✓		✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓		✓			✓	✓	
s_{28}	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	▲	✓	✓	✓	✓	✓	▲	✓	✓		✓	✓	
s_{29}			✓	✓	✓				✓	✓	✓				✓	✓	✓				✓	✓	✓	
s_{30}			✓	✓	✓				✓	✓	✓				✓	✓	✓				✓	✓	✓	
s_{31}	✓		✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓	
s_{32}		✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	
s_{33}		✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	
s_{34}	✓	✓	✓	✓	✓	▲	✓	✓	✓	✓	✓	▲	✓	✓	✓	✓	✓	▲	✓	✓	✓	✓	✓	▲
s_{35}	✓	✓		✓	✓		✓	✓		✓	✓		✓	✓		✓	✓		✓	✓		✓	✓	
s_{36}	✓	✓	✓	✓	✓	▲	✓	✓	✓	✓	✓	▲	✓	✓	✓	✓	✓	▲	✓	✓	✓	✓	✓	▲

诸如“拉闸限电”事件的政策性冲突. 这些冲突往往涉及到多方利益主体, 包括企业、政府、社会组织和普通公众, 他们的利益诉求和行为模式各不相同, 因此在制定解决方案时必须全面考虑各方的特点和需求. 在实现"双碳"目标这一长远愿景的过程中, 技术创新无疑是关键所在, 不仅能推动产业结构的转型升级, 提高能源利用效率, 降低污染物排放, 还能为生态文明建设提供强有力的技术支撑. 此外, 为了避免"运动式减碳"的发生, 国家层面应加强对减碳工作的指导和监督, 确保下级单位各项政策实施的科学性和合理性.

5 结 论

本文旨在构建以数据驱动为主、专家知识为辅的人机协同建模与分析方法, 在降低主观性依赖的同时, 通过结构化方式纳入必要的专家判断, 以提升大规模冲突分析的客观性与可扩展性. 基于此, 本文融合运用自然语言处理与知识图谱技术, 提出了人机协同视角下的大规模冲突中主体识别与策略提取框架, 设计实现了一种基于多维评分指标融合的冲突主体偏好获取方法. 所提方法不仅极大地扩展了冲突分析的数据基础, 还有效降低了信息获取的主观性, 进一步弥补了传统策略优先权排序方法存在的主观性强和权重可解释性差的问题. 最后, 以“拉闸限电”这一大规模冲突事件进行案例分析, 研究结果表明该方法能够准确有效地解决大规模冲突.

本文方法目前以静态文本数据为基础进行建模, 适用于冲突事件爆发后一段时期内的横截面分析, 该方法的实施效果依赖公开文本数据的完整性和可获取性, 并且当前自然语言处理技术在理解复杂语境、隐含意图及专业术语方面仍存在一定误差. 鉴于此, 下一步研究可以尝试融合社交媒体、政策文件、财报、调查数据等多模态信息, 将数据噪声的影响纳入考虑, 构建更立体的冲突画像, 并将方法封装为可视化的决策支持工具, 通过实时监控冲突事件文本流, 实现知识图谱、冲突主体、策略、偏好等信息的动态更新, 使模型具备时序演化分析能力, 提升其可用性. 另一方面, 未来可引入大规模预训练语言模型进行微调, 增强对专业术语和隐含态度的识别精度, 同时构建带有标签的基准数据集, 利用其进一步验证所提数据驱动方法的有效性和泛化能力.

参考文献 (References)

[1] Dai S F, Xu H Y, Jiang Y Z. A data-driven graph model for large-scale conflict resolution under power asymmetry[J]. Information Sciences, 2025, 719: 122471.

[2] Zhang J M Z, Chen L, Xu H Y, et al. Data-driven large-scale group graph model for conflict resolution under the three-dimensional preference[J]. Information Fusion, 2026, 125: 103485.

[3] Kilgour D M, Hipel K W, Fang L P. The graph model for conflicts[J]. Automatica, 1987, 23(1): 41-55.

[4] Fang L P, Hipel K W, Kilgour D M. Interactive decision making: The graph model for conflict resolution[M]. New York: Wiley, 1993.

[5] Xu H Y, Hipel K W, Kilgour D M, et al. Conflict resolution using the graph model: Strategic interactions in competition and cooperation[M]. Cham: Springer International Publishing, 2018.

[6] Hipel K W, Kilgour D M, Fang L P, et al. The decision support system GMCR in environmental conflict management[J]. Applied Mathematics and Computation, 1997, 83(2/3): 117-152.

[7] 孔杨, 徐海燕, 房银海. 基于图模型矩阵理论的决策者权力不对称冲突稳定性研究[J]. 控制与决策, 2019, 34(2): 298-308.
(Kong Y, Xu H Y, Fang Y H. Research on conflict stability of decision-makers' power asymmetry based on matrix representation of solution concepts[J]. Controland Decision, 2019, 34(2): 298-308.)

[8] 韩瑜, 徐海燕, 陈璐. 基于图模型理论的决策者组合行为冲突分析[J]. 控制与决策, 2022, 37(7): 1894-1902.
(Han Y, Xu H Y, Chen L. Conflict analysis of decision-makers’ combinatorial behavior based on stability definitions[J]. Control and Decision, 2022, 37(7): 1894-1902.)

[9] Sabino E R, Rêgo L C. Minimax regret stability in the graph model for conflict resolution[J]. European Journal of Operational Research, 2024, 314(3): 1087-1097.

[10] 胡礼梅, 徐海燕, 刘瑞. 考虑信任与移情关系的大规模冲突主体共识偏好研究[J]. 控制与决策, 2026, 41(10): 2882-2892.
(Hu L M, Xu H Y, Liu R. A consensus preference model for large-scale conflict decision makers considering trust and empathy relationships[J]. Control and Decision, 2026, 41(10): 2882-2892.)

[11] 黄宇铭, 葛冰峰, 侯泽强, 等. 基于冲突分析图模型的多无人机协同空战博弈[J]. 系统工程理论与实践, 2023, 43(9): 2714-2725.
(Huang Y M, Ge B F, Hou Z Q, et al. Muiti-unmanned aerial vehicle cooperative air combat gaming based on graph model for conflict resolution[J]. Systems Engineering — Theory & Practice, 2023, 43(9): 2714-2725.)

[12] Zhang F Y, Ge B F, Yu J, et al. Coalition breakdown mechanism based on imprecise reciprocal fuzzy preference[J]. Fuzzy Sets and Systems, 2026, 535: 109874.

[13] 陈璐, 徐海燕, 张瑾木子, 等. 基于图模型理论的模糊权力不对称冲突研究[J]. 中国管理科学, 2024, 32(9): 59-69.
(Chen L, Xu H Y, Zhang J M Z, et al. Study on fuzzy power asymmetric conflict analysis based on the graph model[J]. Chinese Journal of Management Science, 2024, 32(9): 59-69.)

[14] Chen L, Pedrycz W, Xu H Y. Analysis of power

asymmetry conflict based on fuzzy options graph models[J]. Knowledge-Based Systems, 2024, 284: 111221.

[15] 田章朋, 徐孚欣, 马卫民. 权力不对称下基于图模型的结盟稳定性分析[J]. 系统工程理论与实践, 2024, 44(7): 2309-2324.
(Tian Z P, Xu F X, Ma W M. Analysis of coalition stability based on graph model under power asymmetry[J]. Systems Engineering — Theory & Practice, 2024, 44(7): 2309-2324.)

[16] 赵士南, 孙采云, 张光明, 等. 基于分段策略评分的冲突主体偏好排序方法及其应用[J]. 运筹与管理, 2022, 31(10): 120-126.
(Zhao S N, Sun C Y, Zhang G M, et al. A preference ranking approach based on segmented option weighting and its application[J]. Operations Research and Management Science, 2022, 31(10): 120-126.)

[17] 励敏. 基于 GMCR 和文本挖掘的低空空域资源配置冲突分析[J]. 供应链管理, 2026, 7(1): 53-65.
(Li M. Conflict analysis of low-altitude airspace resource allocation based on GMCR and text mining[J]. Supply Chain Management, 2026, 7(1): 53-65.)

[18] 朱军, 陈璐, 徐海燕. 数据驱动的犹豫模糊语言信息策略优先权排序方法[J]. 数据采集与处理, 2023, 38(5): 1191-1205.
(Zhu J, Chen L, Xu H Y. Hesitant fuzzy linguistic information option prioritizing method based on data-driven[J]. Journal of Data Acquisition and Processing, 2023, 38(5): 1191-1205.)

[19] Liu P D, Wang X, Fu Y X, et al. Graph model for conflict resolution based on the combination of probabilistic uncertain linguistic and EDAS method[J]. Information Sciences, 2024, 660: 120116.

[20] Zhang Y T, Xu L, Luo Y S. How to resolve interest conflicts in government outsourcing of highway services? An examination with an improved GMCR model[J]. Research in Transportation Business & Management, 2025, 60: 101350.

[21] Yang T J, Ge B F, Huang Y M, et al. Balancing market integrity and industrial decarbonization: A GMCR-based strategic conflict resolution framework[J]. Journal of Cleaner Production, 2026, 545: 147700.

[22] He S W, Song H, Ji B R. Automated preference determination in graph model for conflict resolution based on text extraction[J]. European Journal of Operational Research, DOI: 10.1016/j.ejor.2026.05.019.

[23] Zhang J M Z, Yang X, Pedrycz W, et al. Graph model for conflict resolution of large-scale group with overlapping coalitions based on meta-clustering under big data[J]. European Journal of Operational Research, 2026, 333(2): 493-507.

[24] Fang L P, Hipel K W, Kilgour D M, et al. A decision support system for interactive decision making — Part I: Model formulation[J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics — Part C: Applications and Reviews, 2003, 33(1): 42-55.

[25] Singhal A. Introducing the knowledge graph: Things, not strings[EB/OL]. (2012-05-16)[2025-03-18]. https://blog.google/products/search/introducing-knowledge-graph-things-not/.

[26] 何晗. 自然语言处理入门[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2019.
(He H. Introduction to natural language processing[M]. Beijing: Posts & Telecom Press, 2019.)

[27] Chen D Q, Manning C. A fast and accurate dependency parser using neural networks[C]. Proceedings of the Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing. Doha, 2014: 740-750.

[28] 任彬, 车万翔, 刘挺. 基于依存句法分析的社会媒体文本挖掘方法 —— 以饮食习惯特色分析为例[J]. 中文信息学报, 2014, 28(6): 208-215.
(Ren B, Che W X, Liu T. Dependency parsing-based social media text mining — A case study in analysis of weibo users' eating habits[J]. Journal of Chinese Information Processing, 2014, 28(6): 208-215.)

[29] MacQueen J. Some methods for classification and analysis of multivariate observations[C]. Proceedings of the 5th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability. Berkeley, 1967: 281-297.

[30] Arbelaitz O, Gurrutxaga I, Muguerza J, et al. An extensive comparative study of cluster validity indices[J]. Pattern Recognition, 2013, 46(1): 243-256.

[31] Schelling T C. The strategy of conflict[M]. Cambridge: Harvard University Press, 1960.

[32] 周瑛, 张晓宇, 虞小芳. 基于产品评论挖掘的消费者偏好分析[J]. 情报科学, 2022, 40(1): 58-65.
(Zhou Y, Zhang X Y, Yu X F. User preference analysis based on product review mining[J]. Information Science, 2022, 40(1): 58-65.)

[33] 何强. 群组评价中指标最优权重设计[J]. 统计研究, 2011, 28(8): 99-102.
(He Q. Optimal weighting design of indicators in group evaluation[J]. Statistical Research, 2011, 28(8): 99-102.)

[34] Williamson O E. The mechanisms of governance[M]. New York: Oxford University Press, 1996.

作者简介

梁思怡 (2002−), 女, 博士生, 主要研究方向为冲突博弈与数智决策、管理科学与复杂系统管理, E-mail: liangsiyi2116@nudt.edu.cn;

葛冰峰 (1983−), 男, 教授, 博士, 博士生导师, 主要研究方向为冲突分析与数智博弈推演、管理科学与复杂系统管理, E-mail: bingfengge@nudt.edu.cn;

黄宇铭 (1994−), 男, 讲师, 博士, 主要研究方向为冲突博弈与数智决策、管理科学与复杂系统管理, E-mail: huangyuming14@nudt.edu.cn;

徐海燕 (1963−), 女, 教授, 博士, 博士生导师, 主要研究方向为冲突分析、博弈论、风险决策, E-mail: xuhaiyan@nuaa.edu.cn.