

博弈视角下考虑个体努力程度的共识决策方法研究

侯哲*, 程栋

东华大学, 旭日工商管理学院, 上海

收稿日期: 2022年11月20日; 录用日期: 2022年12月10日; 发布日期: 2022年12月22日

摘要

在达成群体共识过程中, 个体决策者需要为共识目标的实现付出诸如时间、精力、主动性等努力。与此同时, 博弈视角下协调者的补偿策略会影响决策者付出努力的程度, 且过高的努力成本会降低决策者个体感知效用进而导致共识决策失败。针对协调者与决策者交互行为下的共识达成问题, 本文从博弈视角提出了一种考虑个体努力程度的共识决策方法, 提出了考虑决策者个体努力程度的个体感知效用函数, 基于博弈视角建立了共识均衡机制, 并利用粒子群算法进行求解。以北淝河跨界水污染治理为背景, 水利部作为协调者, 流域途径的五个主要地区的河长为决策者。基于博弈理论考虑各地河长个体努力程度与单位努力成本, 将有助于水利部合理制定补偿策略, 分配跨界污水治理任务, 进而提升河长个体感知效用并节省群体总共识成本。

关键词

共识决策, Stackelberg博弈, 个体努力程度, 最小成本, 个体感知效用

A Consensus Decision-Making Method Considering Individual Effort from the Game Perspective

Zhe Hou*, Dong Cheng

Glorious Sun School of Business & Management, Donghua University, Shanghai

Received: Nov. 20th, 2022; accepted: Dec. 10th, 2022; published: Dec. 22nd, 2022

*通讯作者。

Abstract

In the group consensus decision making, individual decision-maker makes efforts to achieve collective goal after reaching consensus, including time, energy, work attitude and initiative. Excessive unit effort cost will reduce individual perceived utility and may lead to a failed consensus. In this paper, a consensus game model considering individual effort is proposed for group decision making under the interaction between moderator and decision-makers. This paper proposes an individual perceived utility function considering individual effort of decision-makers, establishes a consensus equilibrium mechanism based on the game perspective, and uses Particle Swarm Optimization algorithm to solve it. Taking the transboundary water pollution control of the North Feihe River as the background, the Ministry of Water Resources acts as the moderator, and the river leaders of the five main regions along the river basin are the decision-makers. In the research of consensus game model considering individual effort, reasonable to set up consensus threshold and unit effort cost will help river leaders and the Ministry of Water Resources to both win the game.

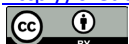
Keywords

Consensus Decision Making, Stackelberg Game, Individual Effort, Minimum Cost, Individual Perceived Utility

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在许多现实的共识形成过程中,决策者和协调者之间的利益冲突构成了交互式动态博弈。从协调者角度而言,达成共识需要说服决策者调整初始意见使之趋于一致,这必然消耗时间、人力、物力、资金等资源,期望合理利用有限资源达成共识;从决策者角度而言,为了达成共识调整初始意见理应得到补偿,且初始意见与调整后集体意见越接近获得的群体认同感越强,亦即由意见调整得到补偿带来的正效用应尽可能大。双方以各自利益最大化为目标,协调者作为上层领导者引导下层决策者修改意见达成共识,协调者的补偿策略(单位调整成本与建议意见)与决策者实际的调整策略(调整后意见)互动影响、牵制,构成了典型的动态博弈均衡。

个体努力程度是指决策者受协调者补偿策略的驱动,通过比较保留初始意见或调整初始意见各得效用的大小,进而决定为最终共识目标付出努力的程度。对于许多共识决策问题,如污水治理、废物回收、碳减排等,决策者在达成共识后为实现群体目标付出努力,具体包括决策者所花费的时间、精力、主动性等,剔除客观基础条件优劣的影响,真实反映了决策者主观努力而产生的经济成本,直接影响决策者个体感知效用。因而,有必要探讨决策者个体努力程度与单位努力成本对共识达成的影响。

2. 文献综述

已有最优化共识模型基本可归纳为如下两类:1) 基于协调者视角的最小成本共识模型[1];2) 基于决策者视角的最大效用/满意度共识模型[2]。基于成本/效用的共识模型使用成本或效用优化方法对共识

过程进行建模, 大大提高了共识过程中反馈和意见调整的效率。协调者需要通过支付补偿成本来引导决策者调整他们的意见, 并期望补偿成本尽可能小, 而决策者希望获得尽可能多的补偿回报。Ben 等最初基于直线和欧氏距离定义共识成本提出了最小成本共识模型, 并利用线性时间算法获得了最优解[3]。随后, Ben 等设计了一种算法, 以搜索在有限预算成本下能够达成共识的最大专家数量[4]。Zhang 等将聚合函数纳入最小成本共识模型, 并提出了具体的优化模型[5]。使用混合 0~1 线性规划, Zhang 等解决了具有任意权重的基于 OWA 的最小成本共识问题[6]。基于双重规划理论, Gong 等对基于成本的共识模型进行了一系列研究, 探讨了其经济含义[7]。由于知识、问题复杂性和时间压力的限制, Zhang 等提出了一种用于群决策中不完全语言分布评估的最小成本共识模型[8]。为了更好地反映共识达成过程中的部分一致性, Zhang 等建立了一个软最小成本共识模型[9]。考虑到每个决策者的单位上调和下调成本可能不相等, Cheng 等通过引入方向约束将经典最小成本共识模型扩展到不对称成本情况[10]。在此基础上, Ji 等将不对称成本的概念应用于到两阶段共识模型[11]。在社交媒体新趋势的推动下, 最小成本共识模型问题最近也被推广到不确定性[12]、非合作行为[13]、心理行为[14]、大规模群决策[15]、社交网络[16]。更多的相关内容见 Zhang 等文献综述[17]。

尽管实现高共识水平是许多共识模型的基本目标, 但也有必要考虑决策者的效用/满意度[18]。为了克服决策者意见价值可能不明确的缺陷, Aouni 等[19]利用效用/满意度函数来描述基于随机目标规划的决策者意见偏好。Yang 等[20]设计了一种方法, 可以捕捉决策者的效用, 并使用效用函数来找到最佳折中方案。在一些实际的群决策中, 预算可能是有限的, Gong 等[21]讨论了如何在有限预算下最大化群体效用。Cheng 等[22]建立了考虑预算约束下个体容忍和有限妥协行为的最大满意度共识模型。Gao 等[23]提出了一种基于概率语言信任下不完全信息的满意驱动共识模型, 以帮助决策者达成共识。

然而, 上述模型大多假定决策者会完全遵循协调者据最优化模型给出的推荐意见进行调整, 且在实际决策过程中单位调整成本很难确定。为此, Zhang 等首次从决策者和协调者双方博弈视角设计了一个交互式共识决策机制, 在上述基本模型的基础上构建决策者最大效用协调者最小成本的双层优化共识模型, 其中决策者行为受最终解决方案的外部补偿和满意度的驱动, 并将各个决策者的单位调整成本视为一个决策变量进行优化[24]。在此基础上, Jing 等基于有限理性假设, 进一步探讨了博弈视角下决策者公平关切行为对共识建模及结果的影响[25]。

3. 基于博弈考虑个体努力程度的双层共识模型

3.1. 群决策与共识水平

在某项群决策中, 令 $D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$ 为决策者集合, $o_i \in [0, 1]$ 为决策者 d_i 的初始意见, $W = [w_1, w_2, \dots, w_n]^T$ 为决策者权重向量, 其中 $w_i \in [0, 1]$ 且 $\sum_{i=1}^n w_i = 1$, 通过加权平均获得集体意见 $oc = \sum_{i=1}^n w_i o_i$ 。本文通过计算个体与群体之间的偏好偏差获得群体共识水平。

3.2. 考虑个体努力程度的决策者个体感知效用

本文将遵循协调者为领导者, 决策者为追随者的博弈体系结构。从决策者角度而言, 以最大化个体感知效用为目标, 决策者的调整策略包括调整后意见 \bar{o}_i 与个体努力程度 e_i 。个体感知效用由以下三部分组成:

1) 修改效用。来自协调者的外部补偿, 受协调者补偿的单位调整成本 c_i 和决策者调整后意见 \bar{o}_i 的影响, 且决策者调整后意见介于初始意见 o_i 与协调者建议意见之间 o'_i 才能得到外部补偿。

2) 认知效用。决策者的初始意见与调整后集体意见越接近, 获得的认同感越强。认同感本质上受决策者调整后意见 o'_i 与个体努力程度 e_i 的影响, 调整后意见 o'_i 是决策者之间博弈的动因, 决策者个体努力程度 e_i 是决策者与协调者之间博弈的动因。

3) 努力成本。群决策过程中, 决策者在达成共识后为实现群体目标付出时间、精力和资源形成努力成本, 其值为负数。

3.3. 协调者最小成本共识

基于博弈视角的共识决策过程中, 协调者的补偿策略包括建议意见 o'_i 与单位调整成本 c_i ; 从协调者角度而言, 协调者以最小化共识成本为目标。当单位调整成本不变时, 决策者调整后意见与初始意见偏差越大, 协调者支付的补偿费用越高, 可以采用具有边际成本递增的二次共识成本函数。

3.4. 基于博弈的共识均衡机制

本文在基于博弈的共识决策过程中考虑决策者个体努力程度, 构建决策者个体感知效用模型。为达成共识, 协调者提供建议意见引导决策者修改初始意见, 决策者为实现最终共识目标付出时间、精力、资源并形成努力成本, 同时协调者为说服决策者接受建议意见并支付补偿费用。据此, 提出基于博弈考虑个体努力程度的共识均衡机制如图 1 所示。

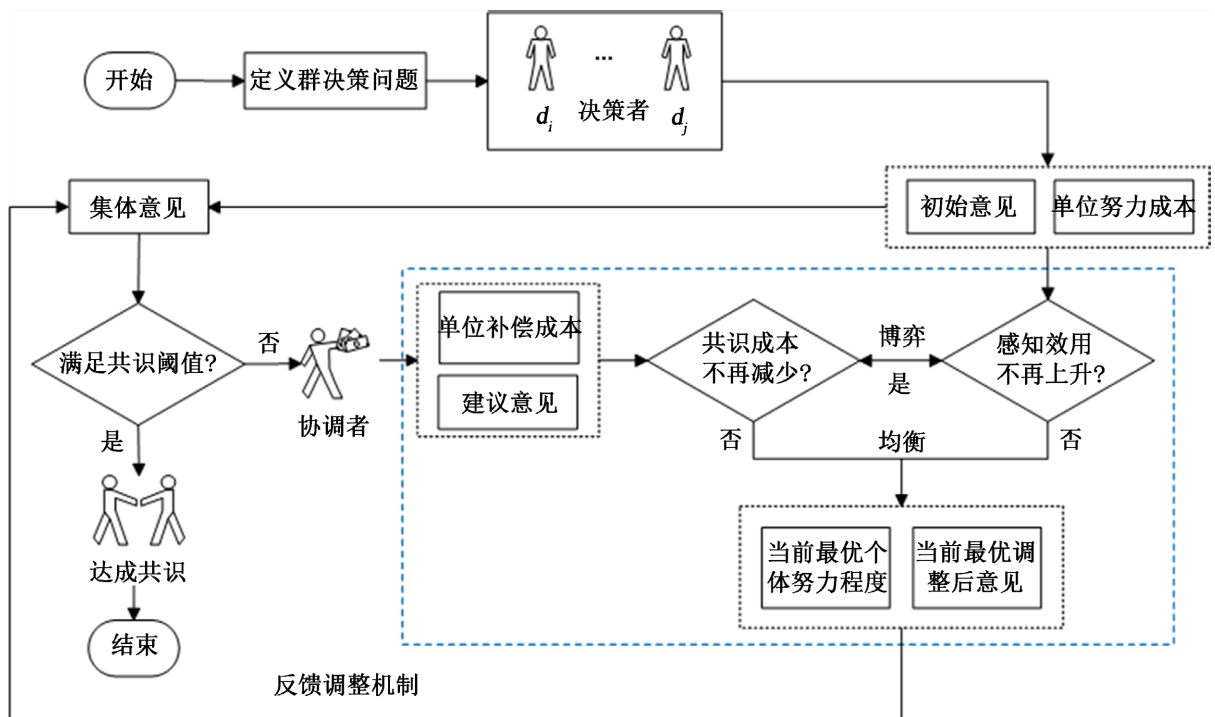


Figure 1. Consensus equilibrium mechanism based on game theory considering individual

图 1. 基于博弈考虑个体努力程度的共识均衡机制

3.5. 基于粒子群算法求解

对模型进行求解的过程中, 可以观察到个体努力程度 e_i 与调整后意见 o'_i 的表达式中包含上层领导者的决策变量(单位调整成本 c_i 和建议意见 o'_i), 与此同时 e_i 和 o'_i 会影响目标函数 F 的值, 这种情况下的模型求解需要用到启发式算法, 如粒子群算法、遗传算法、神经网络算法、模拟退火算法等。粒子群算法

是通过对模拟鸟群觅食过程中迁徙和群聚行为而提出的全局随机搜索算法, 其优势在于需要调整的参数少易于实现、同时利用个体局部信息和群体全局信息指导搜索、搜索速度快、算法通用性强, 因此本文采用粒子群算法求解基于博弈的优化共识模型。

4. 北淝河跨界水污染案例分析

如今经济的发展和环境的矛盾越来越冲突, 其中较为严重的就有水资源的匮乏和污染问题。而跨区域的水污染治理成为环境污染问题中的难题。跨界污染主要是指同一流域而分属不同行政管辖区之间因水体移动所带来的环境污染。上游污染, 下游叫苦。在我国一些地区, 处同一流域但分属不同行政区的上下游地区之间普遍存在着跨界污染的矛盾。由于缺少统一的联合治污机制, 上下游各自为政, 治污脱节现象比较严重, 经常引发群体性事件。

作为淮河的一条重要支流, 北淝河两岸人口密集、工农业聚集, 人民群众的生产生活与这条河流息息相关。北淝河系淮河的重要支流, 发源于河南省商丘市, 经安徽省蚌埠市淮上区汇入淮河。蚌埠市一经济开发区堆放了 800 余吨垃圾, 沟渠中的污染水通过梅桥二号沟流入北淝河淮上区段。涉案水体氨氮 15.5 mg/L, 氧化还原电位 -202 mv, 化学需氧量 281.33 mg/L, 属于劣 V 类水。国家水利部应立即治理受到水污染侵害的下游地区, 重建河流生态及周边居民生活的环境。北淝河淮上区段的上游为怀远县魏庄, 下游为北淝闸, 全长 34.2 千米, 流经梅桥镇、曹老集镇、小蚌埠镇、吴小街镇和沫河口镇, 流域面积为 362 平方公里。

本文以北淝河跨界水污染治理为背景, 水利部为协调者, 流经的梅桥镇、曹老集镇、小蚌埠镇、吴小街镇和沫河口镇五个主要地区河长为决策者。令 o_i (单位: 万吨) 为各地河长日均污水处理量的初始意见, w_i 为各河长的话语权重, 已知其认知价值与单位努力成本分别为 μ_i (单位: 十万元) 和 η_i (单位: 十万元)。水利部给定的单位补偿成本的下限与上限分别为 0 和 10 (单位: 十万元)。具体数据如表 1 所示。

Table 1. Original opinion, weight, cognitive value and unit effort cost

表 1. 初始意见、权重、认知价值和单位努力成本

	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5
o_i	0.05	0.1	0.25	0.3	0.6
w_i	0.375	0.1875	0.25	0.0625	0.125
μ_i	4	8	7	9	5
η_i	4	8	7	9	5

可计算得到各河长初始意见的共识水平为 $CL = 0.8388$ 。令共识阈值在 0.85 到 0.95 之间变化, 步长为 0.025。基于粒子群算法采用 MATLAB 2018b 求解基于博弈的优化共识模型, 得到决策者最优调整策略与协调者最优补偿策略, 通过最小成本共识模型计算得到共识成本。表 2 展示了水利部的最优补偿策略, 即建议意见 o'_i 与单位调整成本 c_i 。表 3 展示了各河长的最优调整策略, 即调整后意见 \bar{o}_i 、个体努力程度 e_i 、意见相对变化幅度 $\Delta_i = \frac{|\bar{o}_i - o_i|}{o_i}$, 与初始意见不同的调整后意见用粗体字标出。

根据以上数据结果, 对各河长和水利部的行为进行以下观察:

1) 随着共识阈值的增大, 河长个体努力程度大小的改变由意见调整的方向决定。如表 3 所示, 河长意见向下调整, 个体努力程度下降, 河长意见向上调整, 个体努力程度上升。在跨界水污染共识决策背景下, o_i 代表第 i 个河长的初始日均污水处理量决策, \bar{o}_i 越小即日均污水处理量越小, 河长付出的个体

努力程度随之减小;

Table 2. Experimental results of optimal compensation strategy of Ministry of Water Resources under different consensus thresholds

表 2. 水利部的最优补偿策略在不同共识阈值下的实验结果

ε	0.85	0.875	0.9	0.925	0.95
α'_1	0.4396	0.0972	0.1394	0.1445	0.1685
α'_2	0.8182	0.8992	0.7709	0.1651	0.7587
α'_3	0.3106	0.4744	0.7295	0.2419	0.2470
α'_4	0.2369	0.2824	0.2711	0.3201	0.2333
α'_5	0.6135	0.4744	0.4210	0.2507	0.2175
c_1	0.5456	3.8997	1.4202	4.0323	3.8545
c_2	0.2768	0.3107	0.0714	2.7302	0.4423
c_3	0.4318	1.3841	0.6325	4.4786	8.3038
c_4	1.5294	7.8250	0.5824	3.8509	2.5603
c_5	0.0346	0.9711	1.2822	0.3059	0.2360

Table 3. Experimental results of optimal adjustment strategies for river leaders under different consensus thresholds

表 3. 各河长的最优调整策略在不同共识阈值下的实验结果

ε	0.85	0.875	0.9	0.925	0.95
$\bar{\alpha}_1$	0.0500	0.0972	0.1394	0.1445	0.1685
$\bar{\alpha}_2$	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000
$\bar{\alpha}_3$	0.2500	0.2500	0.2500	0.2419	0.2407
$\bar{\alpha}_4$	0.2369	0.2824	0.2711	0.3000	0.2333
$\bar{\alpha}_5$	0.6000	0.4744	0.4210	0.2507	0.2175
e_1	0.0193	0.0210	0.0226	0.0228	0.0237
e_2	0.0380	0.0380	0.0380	0.0380	0.0380
e_3	0.0861	0.0861	0.0861	0.0852	0.0858
e_4	0.0965	0.0980	0.0976	0.0985	0.0964
e_5	0.1352	0.1242	0.1196	0.1047	0.1018
Δ_1	0%	94.43%	178.79%	189.04%	236.96%
Δ_2	0%	0%	0%	0%	0%
Δ_3	0%	0%	0%	3.32%	-1.18%
Δ_4	-21.03%	-5.85%	-9.64%	0%	-22.25%
Δ_5	0%	-20.93%	-29.83%	-58.21%	-63.76%
F	0.0061	0.0264	0.0529	0.0736	0.1001

2) 单位调整成本 c_i 越大并不意味着一定能说服河长调整意见, 同理, 水利部可能以一个较小的单位调整成本说服河长修改意见。河长的行为不仅取决于水利部提供的单位调整成本这一原因, 还取决于单位努力成本 η_i 以及整个决策群体的补偿策略。单位调整成本的增加并不总是促进河长的意见变化;

3) 面对不愿调整意见的河长, 水利部提供的单位调整成本相对较小。当河长获得较小的单位调整成本时, 更改意见的个体感知效用低于保持初始意见的个体感知效用, 因此河长不愿意更改意见;

4) 随着共识阈值 ε 的增大, 总共识成本 F 呈上升趋势。共识阈值越高, 河长为达到更高的共识水平, 增大调整意见的幅度, 共识成本也随之提升。

5. 结论

生态环境领域出现严重危机, 其中以水污染最为典型, 由于水的流动性和流域水体的空间布局等原因, 很多水污染现象是跨区域的。流域跨界水污染联防联控综合治理, 强调保护流域生态环境完整性, 重视流域内的水质因素与经济因素之间的紧密联系。为了解决跨界水污染问题, 达成跨界集体共识是最重要的一环。现有研究仅考虑协调者外部补偿与最终方案满意度对决策者效用的影响, 忽视了个体决策者为达成群体共识目标付出的努力对个体感知效用以及共识结果的影响。据此, 本文从协调者与决策者互动博弈的视角出发, 将决策者个体努力程度引入到群体共识形成过程中, 探究博弈视角下共识决策过程中个体努力程度的均衡解。本文以跨界水污染问题为共识决策背景, 验证了所提模型的有效性。通过本文的研究得到了一些结论, 期望能给跨界水污染决策提供经验借鉴与参考。

参考文献

- [1] 程栋, 张静阳, 袁宇翔, 程发新. 基于区间意见的非对称最小成本共识决策问题研究[J]. 运筹与管理, 2022, 31(5): 43-48.
- [2] 赵萌, 张晨曦, 胡亦奇, 李刚. 基于愿景满意度函数的多属性群决策方法[J]. 中国管理科学, 2020, 28(2): 220-230.
- [3] Ben-Arieh, D. and Easton, T. (2007) Multi-Criteria Group Consensus under Linear Cost Opinion Elasticity. *Decision Support Systems*, **43**, 713-721. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2006.11.009>
- [4] Ben-Arieh, D., Easton, T. and Evans, B. (2009) Minimum Cost Consensus with Quadratic Cost Functions. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics—Part A: Systems and Humans*, **39**, 210-217. <https://doi.org/10.1109/TSMCA.2008.2006373>
- [5] Zhang, G.Q., Dong, Y.C., Xu, Y.F. and Li, H.Y. (2011) Minimum-Cost Consensus Models under Aggregation Operators. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics—Part A: Systems and Humans*, **41**, 1253-1261. <https://doi.org/10.1109/TSMCA.2011.2113336>
- [6] Zhang, B.W., Dong, Y.C. and Xu, Y.F. (2013) Maximum Expert Consensus Models with Linear Cost Function and Aggregation Operators. *Computers & Industrial Engineering*, **66**, 147-157. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2013.06.001>
- [7] Gong, Z.W., Xu, X.X., Zhang, H.H., Aytun Ozturk, U., Herrera-Viedma, E. and Xu, C. (2015) The Consensus Models with Interval Preference Opinions and Their Economic Interpretation. *Omega*, **55**, 81-90. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2015.03.003>
- [8] Zhang, B.W., Liang, H.M., Gao, Y. and Zhang, G.Q. (2018) The Optimization-Based Aggregation and Consensus with Minimum-Cost in Group Decision Making under Incomplete Linguistic Distribution Context. *Knowledge-Based Systems*, **162**, 92-102. <https://doi.org/10.1016/j.knsys.2018.05.038>
- [9] Zhang, H.H., Kou, G. and Peng, Y. (2019) Soft Consensus Cost Models for Group Decision Making and Economic Interpretations. *European Journal of Operational Research*, **277**, 964-980. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.03.009>
- [10] Cheng, D., Zhou, Z.L., Cheng, F.X., Zhou, Y.F. and Xie, Y.J. (2018) Modeling the Minimum Cost Consensus Problem in an Asymmetric Costs Context. *European Journal of Operational Research*, **270**, 1122-1137. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.04.041>
- [11] Ji, Y., Li, H.H. and Zhang, H.J. (2022) Risk-Averse Two-Stage Stochastic Minimum Cost Consensus Models with Asymmetric Adjustment Cost. *Group Decision and Negotiation*, **31**, 261-291. <https://doi.org/10.1007/s10726-021-09752-z>

-
- [12] Guo, W.W., Gong, Z.W., Xu, X.X., Krejcar, O. and Herrera-Viedma, E. (2020) Linear Uncertain Extensions of the Minimum Cost Consensus Model Based on Uncertain Distance and Consensus Utility. *Information Fusion*, **70**, 12-26. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2020.12.002>
- [13] 徐选华, 张前辉. 社会网络环境下基于共识的风险性大群体应急决策非合作行为管理研究[J]. 控制与决策, 2020, 35(10): 2497-2506.
- [14] 陈晓红, 李慧, 谭春桥. 考虑不同心理行为偏好的混合随机多属性决策[J]. 系统工程理论与实践, 2018, 38(6): 1545-1556.
- [15] Lu, Y.L., Xu, Y.J., Herrera-Viedma, E. and Han, Y.F. (2020) Consensus of Large-Scale Group Decision Making in Social Network: The Minimum Cost Model Based on Robust Optimization. *Information Sciences*, **547**, 910-930. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2020.08.022>
- [16] Wu, J., Zhao, Z.W., Sun, Q. and Fujita, H. (2021) A Maximum Self-Esteem Degree Based Feedback Mechanism for Group Consensus Reaching with the Distributed Linguistic Trust Propagation in Social Network. *Information Fusion*, **67**, 80-93. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2020.10.010>
- [17] 张恒杰, 王芳, 董庆兴, 巩再武, 吴坚, 吴志彬, 许叶军, 张震, 董玉成. 群体共识决策的研究进展与展望[J]. 电子科技大学学报(社会科学版), 2021, 23(2): 26-37.
- [18] 刘小弟, 朱建军, 张世涛, 刘思峰. 基于后悔理论与群体满意度的犹豫模糊随机多属性决策方法[J]. 中国管理科学, 2017, 25(10): 171-178.
- [19] Aouni, B., Abdelaziz, F.B. and Martel, J-M. (2005) Decision-Maker's Preferences Modeling in the Stochastic Goal Programming. *European Journal of Operational Research*, **162**, 610-618. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2003.10.035>
- [20] Yang, J.B. and Sen, P. (1996) Preference Modelling by Estimating Local Utility Functions for Multiobjective Optimization. *European Journal of Operational Research*, **95**, 115-138. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(96\)00300-1](https://doi.org/10.1016/0377-2217(96)00300-1)
- [21] Gong, Z.W., Xu, X.X., Lu, F.L., Li, L.S. and Xu, C. (2015) On Consensus Models with Utility Preferences and Limited Budget. *Applied Soft Computing*, **35**, 840-849. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2015.03.019>
- [22] Cheng, D., Yuan, Y.X., Wu, Y., Hao, T.T. and Cheng, F.X. (2022) Maximum Satisfaction Consensus with Budget Constraints Considering Individual Tolerance and Compromise Limit Behaviors. *European Journal of Operational Research*, **297**, 221-238. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.04.051>
- [23] Gao, H.X., Ju, Y.B., Zeng, X.J. and Zhang W.K. (2021) Satisfaction-Driven Consensus Model for Social Network MCGDM with Incomplete Information under Probabilistic Linguistic Trust. *Computers & Industrial Engineering*, **154**, Article ID: 107099. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107099>
- [24] Zhang, B.W., Dong, Y.C., Zhang, H.J. and Pedrycz, W. (2020) Consensus Mechanism with Maximum-Return Modifications and Minimum-Cost Feedback: A Perspective of Game Theory. *European Journal of Operational Research*, **287**, 546-559. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.04.014>
- [25] Jing, F.Y. and Chao, X.R. (2021) Fairness Concern: An Equilibrium Mechanism for Consensus-Reaching Game in Group Decision-Making. *Information Fusion*, **72**, 147-160. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2021.02.024>