

基于合作博弈解概念探讨博弈论课程思政元素设计

李卫丽, 胡星辰, 尹晓晴, 周文, 刘进
国防科技大学系统工程学院, 湖南长沙

摘要: 在博弈论课程的课程思政设计实践过程中, 广泛吸取不同专业各类优秀课程思政经验, 结合本门课程内容与特点, 尤其是比较重要的合作博弈部分, 基于合作博弈两个重要的解概念核心与沙普利值, 充分挖掘合作博弈课程内容潜在的课程思政元素, 不断更新教学设计, 将更贴近学生实际生活的课程思政元素引入课堂, 以实现立德树人、润物无声的教学效果。

关键词: 合作博弈, 解概念, 思政元素

Exploring the Design of Ideological and Political elements in Game Theory Courses based on the Concept of Cooperative Game Solutions

Weili Li, Xingchen Hu, Xiaoqing Yin, Wen Zhou, Jin Liu

College of Systems Engineering, National University of Defense Technology, Changsha, Hunan

Abstract: In the process of designing ideological and political education for the game theory course, we have widely drawn on the experiences of excellent ideological and political education in various courses from different disciplines. Combining the content and characteristics of this course, especially the relatively important part of cooperative game theory, based on the two important solution concepts of core and Shapley value in cooperative games, we have fully explored the potential ideological and political elements in the course content of cooperative games. We have continuously updated the teaching design and introduced ideological and political elements that are closer to students' actual lives into the classroom to achieve the educational effect of cultivating virtue and nurturing people imperceptibly.

Keywords: Cooperative Game, Solution Concept, Ideological and Political Elements

* 作者简介: 李卫丽 (1990.12-), 女, 汉族, 河南开封人, 博士, 副教授, 研究方向: 网络博弈; 胡星辰 (1989.01), 男, 汉族, 安徽合肥人, 博士, 副教授, 研究方向: 数据挖掘; 尹晓晴 (1989.04-), 男, 汉族, 山东德州, 博士, 副教授, 研究方向: 人工智能; 周文 (1984.09), 男, 汉族, 广东罗定, 博士, 副教授, 研究方向: 信息系统, 人工智能; 刘进 (1982.01-), 男, 汉族, 湖南桃源, 博士, 教授, 研究方向: 博弈论。

1 引言

2020年5月,教育部印发《高等学校课程思政建设指导纲要》,全面推进高校课程思政建设。根据《纲要》精神,所有学科专业和课程都需要推动课程思政融入课堂教学建设之中,把思想政治工作贯穿教育教学全过程,实现全程育人、全方位育人。铸魂育人是高校教育最重要的任务之一,而课程思政是教学全过程中非常重要的一环。

博弈论是研究具有绝对理性和绝对智能的决策者之间冲突与合作的交互式决策的数学理论,对抗与合作二者在博弈论的内容体系中占有同等重要的地位。1944年,冯诺依曼和奥斯卡摩根斯坦发表了对博弈论建设具有里程碑意义的著作《博弈论与经济行为》,标志着博弈论的研究开始系统化和公理化,从此博弈论发展成为运筹学的一个分支。截止2016年,诺贝尔经济学奖已经授予博弈论及其相关课题的学者达20余位。随着学科的发展,博弈论的原理与方法在国内外多种社会学科和自然科学研究中得到广泛运用。

国内外众多知名高校都已开设博弈论相关课程。笔者也从事高校本科生《博弈思维》《博弈论基础》和研究生《博弈论》的教学与科研工作。通过博弈论系列课程的学习,可以使学员掌握当代博弈论的研究思想、研究的方法、使用的工具、具体的应用,以及当代博弈论的发展动态,特别是培养学生灵活运用抽象博弈论的理论来解决与国防军事密切相关的管理科学与工程之中的具体问题,做到既有理论的深刻性,又有实践的可操作性,为以后学员从事科学研究打下优势基础。

根据《纲要》指导精神,现在很多高校博弈论相关课程都在不断挖掘和丰富相关课程思政元素。课程思政是教育中非常重要的一个环节,不容疏忽和流于形式,生硬地引入课程思政可能会适得其反。流于形式的思政元素过于空泛,容易出现思政教育和专业教育“两张皮”的现象。而过多的思政元素,学生又容易产生抵触甚至厌烦心理,从而影响课堂学习效果。本文尝试从合作博弈的两个重要解概念——核心和沙普利值出发,基于课程专业知识探讨博弈论课程思政元素的设计,力求思政元素

和专业知识自然融合。

2 博弈论课程思政建设研究现状

博弈论是国内外高校经济学类重要课程之一,目前已有不少教学工作者从不同方面对博弈论课程思政元素的设计进行了探索研究,思政元素较为丰富。比如,经济博弈论课程教学中,有学者分析了高校经济博弈论通识教育中存在的问题,从教学目标、教学案例、教学实践环节、教学模式等多个角度针对性地提出思政建设的相应举措,为高校经济博弈通识教育提供有效的实践案例[1]。有学者提出四种博弈论课程思政思路:用博弈论大师们独特的人生经历启发学生,我国博弈论大师所做的贡献增强学生文化自信,以中国学者在军事博弈论领域的奉献开展价值观教育,以博弈论与人工智能的融合开展时代特征教育[2]。有学者针对核心课程管理运筹学中博弈论的内容,提出基于案例进行教学活动设计,在案例讲述中引出概念定义和思想政治教育内容,在突出博弈论实践性的同时激发学生爱国情感[3]。有学者进行博弈论课程思政融入研究,提出从社会主义核心价值观教育(国家制度层面、社会集体层面、公民个人层面)、国情省情教育、法治教育等不同方面融合课程思政教育[4]。有的学者从非合作博弈的纳什均衡概念出发,揭示自然界与人类社会活动的普遍规律,挖掘其中蕴含的价值观,比如平等与诚信、自由的相对性、利他者利己、公平与正义等[5];还有学者从案例筛选,观点解读以及授课形式等方面引导学生树立正确的人生观和价值观,比如“囚徒困境”模型中引发学生对国家法制和制度的思考,“智猪博弈”模型中,分析利他与利己,启发学生对社会和谐和良序风尚的探究[6]。

3 合作博弈解概念:核心与沙普利值

博弈论是研究交互式对抗与合作的科学理论,它不仅研究决策者之间的对抗问题,也研究决策者之间的合作问题。根据是否可以达成具有约束力的协议,可分为非合作博弈与合作博弈。非合作博弈研究局中人在利益相互影响的局势中如何做决策使自己的收益最大,即策略选择问题。非合作博弈

的局中人绝对理性、自私自利，只考虑自己收益最大，过度追求个人利益往往会损害集体利益。而合作博弈假设局中人通过有约束力的协议同意合作，研究局中人达成合作时如何分配合作所得到的收益，即收益分配问题。

“三个臭皮匠，顶个诸葛亮”、“人心齐，泰山移”、“众人拾柴火焰高”等谚语都体现了合作共赢的思想。但是，也有“三个和尚没水喝”、“亲兄弟，明算账”、“不患寡而患不均，不患贫而患不安”的说法。这些谚语说明，利益分配是任何时代、任何社会的重要问题，公平分配是人们追求的目标。公平分配并不只是指平均分配，也不是双方均满意的分配，而是合理的分配，注重按劳分配。而合作博弈就是研究局中人达成合作时如何分配合作所得到的收益。

假设一个合作博弈的局中人为集合 $N = \{1, 2, 3\}$ ，则局中人集合 N 的任何一个子集 $\forall A \in 2^N$ 都可以称之为联盟，如果不考虑空集子集，则可能的联盟共有7个，分别为 $\{\{1\}, \{2\}, \{3\}, \{1, 2\}, \{1, 3\}, \{2, 3\}, \{1, 2, 3\}\}$ 。联盟必须能够执行对所有成员有约束力的承诺。而且联盟一旦形成，联盟 A 所获得的资源不依赖于不在 A 内的参与人，也不依赖于其他联盟。在合作博弈中联盟的收益可以表示为生产函数 $f(A)$ 。

基于上述合作博弈假设条件，核心与沙普利值是合作博弈中非常重要的两个解概念，下面对两个解概念定义做简要介绍。

核心：核心是合作博弈最重要的集值解概念。核心为满足结构理性、个体理性和群体理性的所有分配。核心的具体定义如下式所示：

$$C(N, f, \{N\}) = \{x \mid x \in R^N; x(N) = f(N);$$

$$x(i) \geq f(i), \forall i \in N; x(A) \geq f(A), \forall A \in 2^N\}$$

沙普利值：沙普利值由学者Shapley在1973年首次提出，是合作博弈中两个最重要的单值解概念之一。它赋予每个合作博弈一个配置，表示的是每个参与人通过参加博弈而期望得到的收益。沙普利值是用一个功利化的方法定义的：它是满足有效率、对称性、无效参与人和可加性特征的唯一解的概念。沙普利值的具体定义如下式所示：

$$Sh_i(N, f, \{N\}) = \sum_{A \in 2^{N \setminus \{i\}}} \frac{|A|! \times (N - |A| - 1)!}{N!} (f(A \cup \{i\}) - f(A))$$

4 基于合作博弈解概念的思政元素设计

4.1 从概念出发挖掘思政元素

合作博弈的本质是追求公平合理的分配方案。核心与沙普利值这两个解概念背后所体现的思想是合作与公平。从数学原理出发，通过基本概念的讲解，培养学生合作共赢的思维，并且通过分析配置的具体方案，让学生真正思考付出与收获之间的关系。对以后即将走上管理岗位的学员，也是一种很好的启发和促进。能让处于管理岗位的人员思考如何更好地调动团队人员的积极性，同时尽可能公平地分配团队所得，真正体现每个人在团队中的价值，才能让团队有持久、稳定的长远发展。

核心为满足结构理性、个体理性和群体理性的所有分配。核心可能是空集，可能是某个具体值，也可能是某些值的集合。为了让学生更好地理解核心，可以让学生在课堂上计算下面例子的核心。对于有3个局中人的合作博弈，其生产函数为 $f(1)=f(2)=f(3)=f(1,2)=0, f(1,3)=f(2,3)=f(1,2,3)=1$ 。从生产函数可以这样理解，局中人1、局中人2、局中人3单独行动，都无法创造收益，局中人1和局中人2合作也无法创造收益。但是局中人3分别与局中人1和局中人2合作，都可以创造1个单位的收益。如果局中人3同时与局中人1和局中人2合作，也只能创造1个单位的收益。可以让学生大胆猜一猜，如果自己是其中某个局中人，自己能接受的合理分配方案是什么？最后计算出来的核心结果是 $(0, 0, 1)$ ，这个结果可能与某些学生的猜测偏差较大。可以从核心结果反推，启发学生思考，从如下角度开展思政教育。比如，在国际和社会竞争中，要不断提高自己的核心关键技术，提高自己的不可替代性，尽量避免处于局中人1和局中人2的位置，要努力成为局中人3，才能在日益激烈的竞争中保证自己的利益。

沙普利值公式推导过程本身就具有非常鲜明的课程思政元素。为了让学生更好地理解沙普利值所体现的公平性，首先可以通过一个简单的例子，比

如一个资本家和两个工人，给定他们的生产函数，让学生尝试去给定出一个相对公平的分配方案。学生很容易会想到“多劳多得”的分配方案，这也是能得到大多参与人认可的分配方案。接下来提示学生怎么去计算每个参与人的贡献程度。这里可以引入边际贡献的概念。然后再通过一个具体算例说明，如果只是按照边际贡献，并不符合对称性，即在所有参与人中具有相同地位的两个人，可能会因为分配不公而拒绝合作，从而使合作博弈中的联盟崩塌瓦解。接下来，启发学生思考，目前的分配方案为什么会具有不对称性？学生经过适当分析可能会发现，跟所给定的参与人排序相关，即使换一个排序方式，依然不符合对称性。启发学生进一步思考，如何消除由于排序所导致的不对称性？学生自然而然会联想到，把所有可能的排列方式全部引入到沙普利值公式中，是一个可行的方法。进而启发学生自己去寻找把所有排列都纳入沙普利值公式的方法，即采用边际贡献的期望值。

在沙普利值公式的具体讲解过程中，非常具有启发性，可以引导学生一步步思考，并且自己去寻找可能的方法。在这个过程中，一直致力于用数学方法实现更加公平的分配，学生通过沙普利值基本概念的推导和学习，可以深刻地体会公平思维。而严谨的数学公式推导过程中，合作博弈解概念数学模型在不断地被优化，最终达到满意的目标，让学员真正体会到数学的严谨与精妙，并透过数学模型和公式体会博弈的魅力和精髓，更深入地理解博弈思维。

4.2 从案例出发引出思政元素

在讲解核心与沙普利值解概念时，可基于BOPPPS模型进行整体课程设计。为了让学员更好地体会合作共赢，可在导入环节适当地引入实事案例并挖掘相关思政元素。笔者在课堂教学中采用“稀土资源之争”和“联合国安理会权利指数”案例，下面对这个案例进行简要描述。

稀土资源之争案例背景如下：A国具有比较丰富的稀土资源，之前长期出口到B国，B国利用稀土资源研发半导体材料。在国际竞争中，由于B国在

某些方面对A国进行施压，A国发布了对半导体基础材料实施出口管制的政策，B国的相关研发受到限制。B国为了进一步发展，尝试与A国的邻国C国签署相关协议，拟共同开发C国的稀土资源。基于这个案例，可以让学生结合核心与沙普利值的相关概念，分析A国、B国和C国在国际竞争中如何进行合作，如何通过博弈最大程度地保护本国利益。

“稀土资源之争”案例紧跟实事，结合合作博弈解概念的分析，可以让学生体会到国际局势中，在看不见硝烟的“战场”上，各国暗流涌动，如何通过博弈保护本国的利益，进而培养学生在大国竞争中的军事素养和博弈思维。此外，该案例还可进行适当拓展，贯穿整个合作博弈章节，在合作博弈定义、合作博弈解概念核心与沙普利值的模型理解与案例计算中均有涉及。

5 总结

本文基于合作博弈解概念探讨博弈论课程思政元素的设计，分析了博弈论课程思政建设研究现状，简要描述了合作博弈中两个重要解概念：核心与沙普利值，并介绍了基于这两个解概念，如何从概念出发和案例出发进行课程思政元素设计。希望本文的研究可以为相关专业课程的思政建设提供借鉴和思路。

致谢

本论文是国防科技大学2023年研究生教育教学改革课题（编号：yjsy2023030），国防科技大学2024年研究生教育教学改革课题（编号：yjsy2024015），国防科技大学2022年本科思政改课题（编号：U2022013）和湖南省2023年学位与研究生教育改革研究项目（编号：2023JGYB012）的研究成果。

参考文献

- [1] 杨韡韡. 课程思政背景下高校经济博弈论通识教育教学改革探究[J]. 高教学刊, 2021, 7(20): 139-142.
- [2] 刘煜, 刘进, 李卫丽, 陈杰, 尹晓晴. 博弈论教学中如何开展课程思政[J]. 科教导刊, 2021, (12): 131-133.

- [3] 陈文颖, 白康, 黄宇. 基于案例课程思政在博弈论教学中的设计与实践[J]. 教育教学论坛, 2022, (49): 152-155.
- [4] 支援, 梁龙跃, 熊德斌. 博弈论课程思政融入研究[J]. 学术与实践, 2021, (2): 147-152.
- [5] 彭拯, 曾玉华. 课程思政视阈下博弈论模型的价值意蕴及其教学应用[J]. 大学数学, 2023, 39(2): 37-42.
- [6] 张广, 韩小雅. 《博弈论》思政课堂教学设计研究[J]. 教育现代化, 2020, (44): 146-148.

