

博弈论课程报告 II

报告小组成员：刘承刚、贾俊宽、廖舜臣、郭 嘉、刘 博

一、论文基本信息

题目：分配网络中的议价能力和价值分享——一种合作博弈理论的方法

Bargaining Power and Value Sharing in Distribution Networks: A Cooperative Game Theory Approach

作者：Roberto Roson, Franz Hubert

在线发表时间：2014 年 10 月 3 日

期刊名称：NETWORKS & SPATIAL ECONOMICS

二、主要已有研究

- 1、Roson 1993; Friesz et al. 2001; Lederer 2003：流根据经济平衡原则分散分布在网中
- 2、Metzler et al. 2003; Altman and Wynter 2004：博弈论在分配网络中的应用
- 3、Metzler 1980; Jackson 2005：将分配网络中的合作博弈作为价值或成本分配规则

三、研究目标

对于一个确定的分配网络，将不同代理人的价值分配分享情况看作一种合作博弈，建立合作博弈模型及几个相应的扩展模型，对分配网络中代理人的议价能力、议价能力的变化、价值分享机制进行分析。将不同的合作博弈模型进行对比，合理解释差异与共性。

四、模型与扩展模型

1、研究对象

本文的研究对象是一类网络——分配网络。具体来说，可以指的是生活中的石油/天然气管道、供水/灌溉系统、铁路运输系统等。分配网络中的每一个节点代表一个代理人，分配网络的价值就是相应的资源。

2、数学方法

本文主要应用了最优化原理、合作博弈理论（Shapley 值分析和核仁值分析）

3、研究指标

本文主要研究分配网络中代理人的议价能力和分配网络的价值分享，这里用合作博弈的均衡值（Shapley 值/核仁值）代表价值的分配情况，均衡值的变化情况代表议价能力相应变化。

4、基本模型

a) 对资源分配进行流平衡约束

$$\sum_{s \in S} f_{sj} + \sum_{i \in N} f_{ij} - \sum_{i \in N} f_{ji} - \sum_{d \in D} f_{jd} = 0, \forall j \in N$$

b) 对资源价值进行最优化分析，得到资源的最大价值，即合作博弈模型的特征函数

$$\max_{f_{ij}, (i,j) \in A(\Gamma)} W_{\Gamma} = \sum_{d \in D} \int_0^{f_{id}} P_d(f) df - \sum_{(i,j) \in A(\Gamma)} C_{ij}(f_{ij})$$

c) 利用 Shapley 值进行价值分配

$$\Phi_i = \sum_{\Gamma: i \notin \Gamma} \frac{|\Gamma|! (|\Omega| - |\Gamma| - 1)!}{|\Omega|!} (W_{\Gamma \cup \{i\}} - W_{\Gamma})$$

5、扩展模型

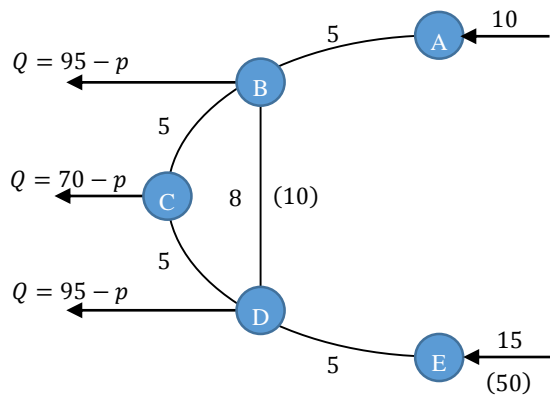
- a) 分析代理人需求变化时，Shapley 值变化情况，并解释原因；
- b) 分析存在外生不稳定现象时，Shapley 值变化情况，并解释原因；
- c) 分析代理人具有其他外部选择时，Shapley 值变化情况，并解释原因；
- d) 分析市场失真时，Shapley 值变化情况，并解释原因；
- e) 分析存在外生剩余因素时，Shapley 值变化情况，并解释原因。

6、模型对比

将用 Shapley 值分析得到的基本模型、扩展模型结果与核仁值分析得到的结果对比。报告中仅选取基本模型和需求变化两种情况进行分析。¹

五、数值分析

针对如下网络模型进行数值分析



1、基本模型

供给点：A, E
需求点：B, C, D
流分配：

| 需求点 | 流入路径 | 成本 | 容量限制 |
|-----|------|----|------|
| B | →A→B | 15 | - |

¹ 论文中该部分内容设置在附录中，报告人认为具有一定意义，故放在报告正文之中。

| | | | |
|---|---|----|----|
| C | $\rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C$ | 20 | - |
| D | $\rightarrow E \rightarrow D$ | 20 | 50 |
| | $\rightarrow A \rightarrow B \rightarrow D$ | 23 | 10 |
| | $\rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$ | 25 | - |

考虑去除容量限制对议价能力的影响得到相应结论：

- ①A,B,D 获益，C,E 利益受损，C 议价能力下降，是否加入联盟对其它代理人威胁减小
- ②去除容量限制的成本小于 23 时，全局会趋向于去除容量限制
- ③去除容量限制的成本在 23 到 167 之间时，B,D 会有去除容量限制的动机，A 会协助

2、扩展模型

- a) 考虑 C 改变需求（从 $Q = 70 - p$ 提升到 $Q = 80 - p$ ）
 - ①全局福利增加、所有节点议价权都有变化
 - ②绝大部分剩余分配给了 C，因为这些剩余产生的主要原因是 C
 - ③D,E 的剩余变化较小，因为他们几乎对 C 没有贡献
- b) 考虑外生不稳定降低了 C 的置信度（ p 为可合作概率）
 - ①全局期望福利减少
 - ②C 的议价权降低，与其置信度降低相匹配
 - ③E 的议价权升高，与其对 D 的威胁升高有关
- c) 考虑代理人 D 具有其他外部选择（成本为 30），联盟分配给 D 的价格是 35
 - ①全局福利不变
 - ②D 的议价权升高，因为它对其他联盟的威胁增加
- d) 考虑市场具有失真现象（D 具有 40 的进口配额，其成本为 30）
 - ①全局福利减少
 - ②A,B,C 议价权降低，D,E 议价权不影响
- e) 考虑具有外生剩余因子（含有 B,D 的联盟有额外剩余 10）
 - ①全局福利增加
 - ②增加的福利几乎全部分配给 B,D
 - ③A,E 享受少部分额外剩余

3、Shapley 值分析与核仁值分析对比

- a) 基本模型，两种结果几乎相同，但 A 从受益者变成受害者，B,D 额外剩余分配不再对称
- b) 第一类扩展模型，两种结果也相似，这时剩余几乎全部分配给 C，D,E 完全不受影响

六、结论

本文介绍了一种方法来分析分配网络市场。将剩余按照合作博弈的相关依据分发给代理，作为市场均衡。讨论了基本模型的几个扩展，展示出该种模型方法的灵活性。

直观地说，人们会期望为一个子联盟的利益改变分配网络结构的威胁应增加同一联盟当前的议价能力。从另一个角度来说，如果分配网络的变化总的来说不会增加剩余，部分代理是受到“诱惑”可能自己采取行动。

这个问题不是一个纯理论的构造，但它具有重要的实际意义。目前已经将相应的方法应用到了天然气运输网络。当然还有更多内容需要后人继续研究。