

中国科学院大学：专业探讨课《博弈论》

第一讲：博弈论概述

兴军亮

junliang.xing@ia.ac.cn

2018年3月9日

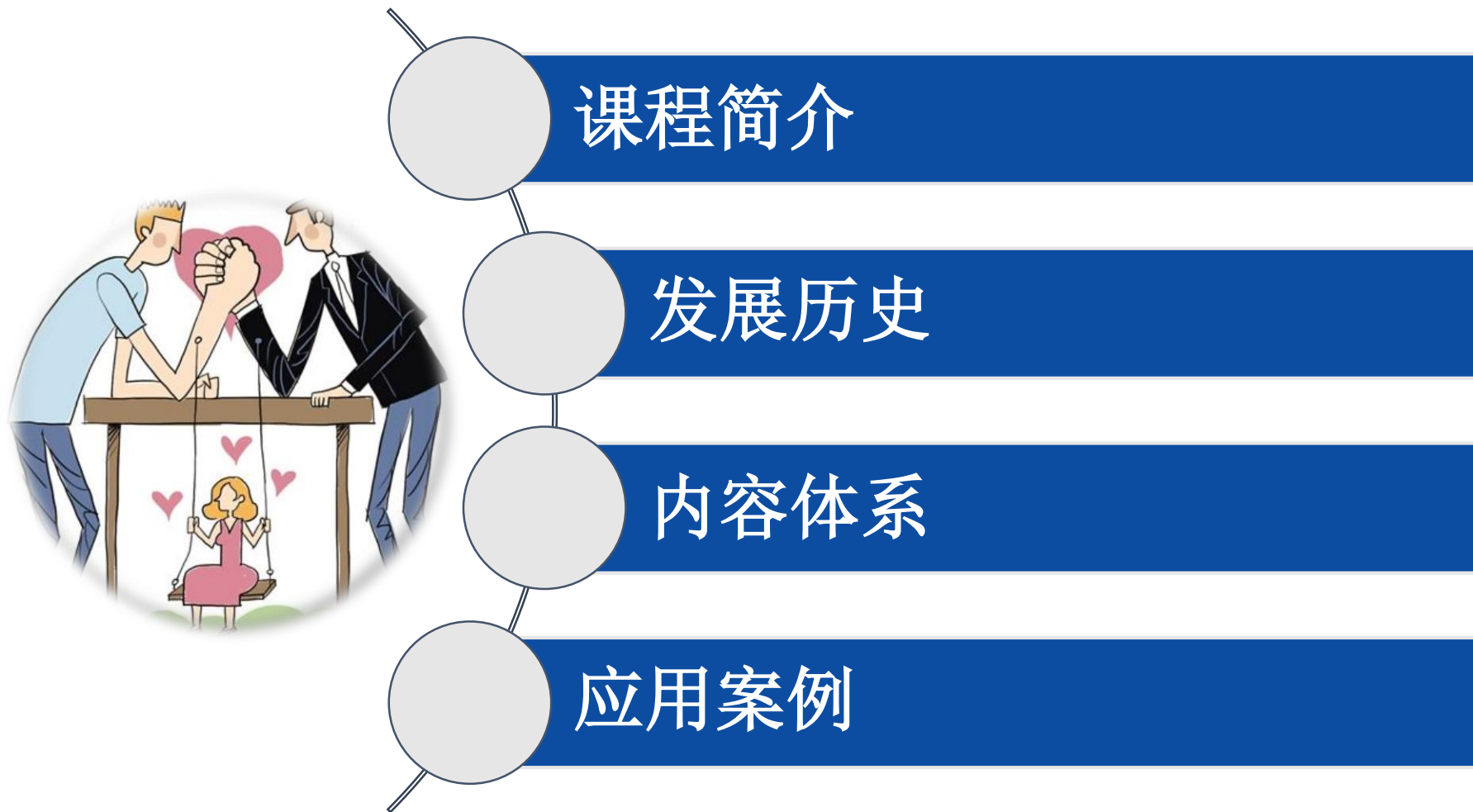


中国科学院大学
University of Chinese Academy of Sciences



自动化研究所
Institute of Automation

本讲提纲

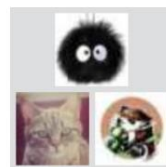


博弈论 (Game Theory) 17-18春季

- 课程编号：251M6014H
- 课程属性：专业探讨课
- 学时学分：20学时，1学分
- 主讲教师：兴军亮 (junliang.xing@ia.ac.cn)
- 课程助教1：彭佩玺 (peixi.peng@ia.ac.cn)
- 课程助教2：张恂 (xun.zhang@ia.ac.cn)
- 教学形式：课堂讲授和讨论
- 预备知识：高等数学，概率论、运筹学、程序设计、机器学习等

博弈论 (Game Theory) 17-18春季

- 课程微信群
 - 课程通知
 - 答疑讨论
 - 作业提交
 - 小组合作等
- 入群后请更改昵称为：
姓名-学号-专业方向



国科大博弈论课程群1718春季



该二维码7天内(3月16日前)有效，重新进入将更新

教学目标

- 面向的专业和学科



教学目标

- 主要讲授内容



教学目标

• 课程预期目标和要求

了解

- 博弈论的历史发展过程
- 博弈论的未来发展方向

熟悉

- 博弈论的基本概念和原理
- 博弈论在各领域应用现状

掌握

- 典型博弈问题的具体定义和特点
- 博弈论分析和解决问题思想方法

教学大纲和计划

- 每次讲座整体内容



考核方式

• 会影响课程最终成绩的因素

- 出勤情况：出勤的同学会留下好印象
- 课堂提问：每次第三节课将会以讨论为主
- 平时作业：预计会布置3-5次作业
- 课程设计：课程后期会有一次课程设计
- 期末考试：期末会有一次考试

$$\begin{aligned} \text{最终成绩} = & \text{出勤情况} \times 10\% + \text{课堂提问} \times 10\% + \text{平时作业} \times 40\% \\ & + \text{课程设计} \times 20\% + \text{期末考试} \times 20\% \end{aligned}$$

主要参考资料

• 相关教材：

- Martin J. Osborne and Ariel Rubinstein. A Course in Game Theory. MIT Press. 1994.
- 张维迎著，博弈论与信息经济学，格致出版社，2012年4月出版。
- Noam Nisan, Tim Roughgarden, Eva Tardos, and Vijay V. Vazirani. Algorithmic Game Theory. Cambridge University Press. 2007.

主要参考资料

- 机器学习相关参考资料：
 - Christopher M. Bishop. Pattern Recognition and Machine Learning. Springer. 2006.
 - Yoshua Bengio, Ian J. Goodfellow, and Aaron Courville. Deep Learning. MIT Press. 2017.
 - 周志华，机器学习，清华大学出版社，2016年1月出版.

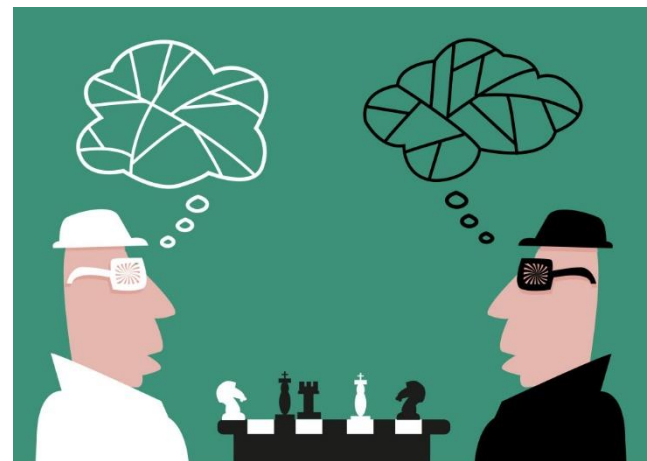
主要参考资料

• 最新相关论文

- Ian Goodfellow et al. Generative Adversarial Nets. In Proceedings of Advances in Neural Information Processing Systems (NIPS), 2014.
- Volodymyr Mnih et al. Human-Level Control Through Deep Reinforcement Learning. Nature, vol. 518, no. 7540, pp. 529-533, 2015.
- David Silver et al., Mastering the game of Go with Deep Neural Networks and Tree Search. Nature, vol. 51, no. 7587, pp. 484-489, 2016.
- Matej Moravčík et al. DeepStack: Expert-Level Artificial Intelligence in Heads-Up No-Limit Poker. Science, vol. 356, pp. 508-513, 2017.
- Peng Peng et al. Multiagent Bidirectionally-Coordinated Nets for Learning to Play StarCraft Combat Games. In arXiv:1703.10069, 2017.

什么是博弈论 (Game Theory) ?

- 生活中，竞争与对抗无处不在
 - 比赛、竞赛、挑战赛、友谊赛等
 - 广告、销售、提薪、职位晋升等
 - 对抗、冷战、战争、世界大战等
 - 追女朋友、找工作、投资理财等
- 如何在对抗中获得成功？
 - 关键：如何策略性地选择行动
- 博弈论就是研究互动局势下人们的策略行为的学问







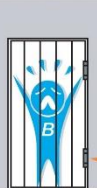

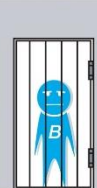





从一个例子开始：囚徒困境

- 两个同谋罪犯被隔离关押
 - 互不揭发：每人要坐牢一年
 - 互相揭发：每人要判刑五年
 - 一人揭发：释放和判刑十年
- 最终的审讯结果会是什么？
 - 两个互相揭发对方，各判五年！
- 背后的原因是什么呢？

(5,5)	(0,10)
(10,0)	(1,1)

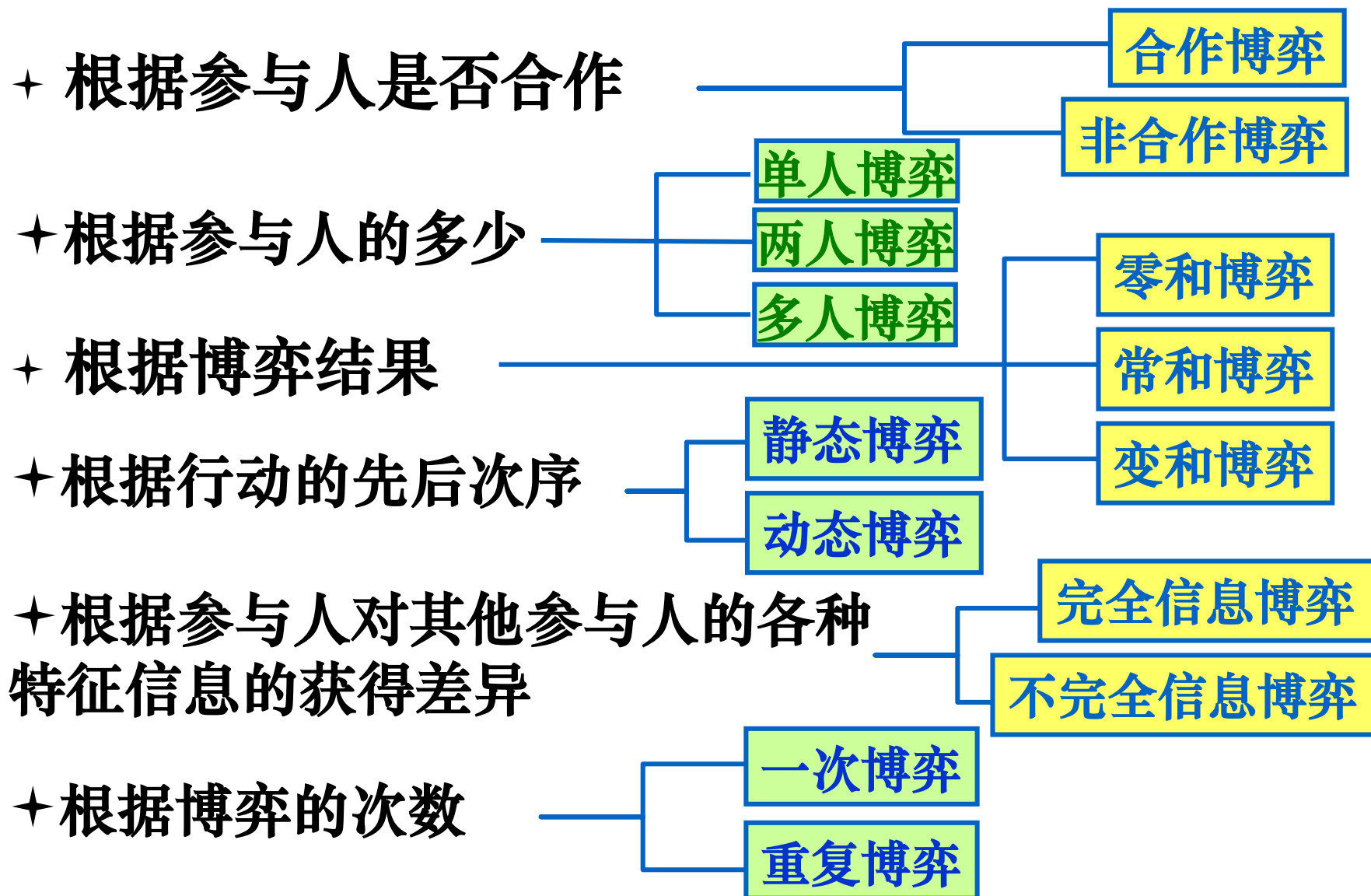
博弈论



Prisoners' dilemma		prisoner B	
		confess 	remain silent 
prisoner A	confess 	  5 years 5 years	  0 year 10 years
	remain silent 	  10 years 0 year	  1 year 1 year



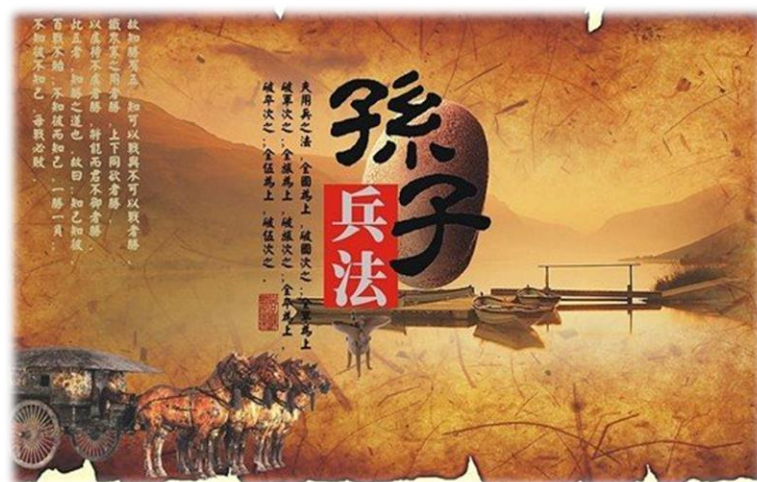
博弈的分类



萌芽与孕育

• 孙子兵法

- 上兵伐谋，其次伐交
- 其次伐兵，其下攻城
- 攻城之法，为不得已
-



• 田忌赛马

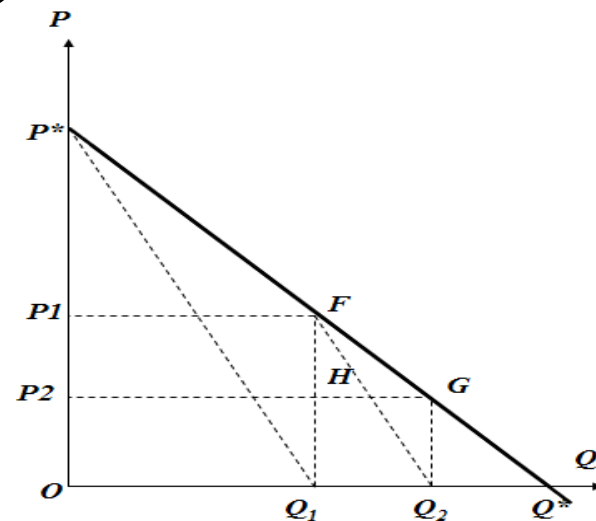
- 以君之下驷与彼上驷
- 取君上驷与彼中驷
- 取君中驷与彼下驷



萌芽与孕育

• 1838年：库诺特（Cournot）寡头竞争模型

- 两寡头（假定A和B）生产同质产品，生产成本为零，A、B共同面临的市场需求曲线是线性的，并且都为两厂商了解，A、B两个厂商都认为对方对自己产量（决策）的变动没有反应。
- 第一次：A生产 $Q/2$, B生产 $Q/4$
- 第一次：A生产 $3Q/8$, B生产 $5Q/16$
-
- 最后：A生产 $Q/3$, B生产 $Q/3$
- 推广：如果市场的寡头有 m 家，则每个寡头的均衡产量=市场总容量 $\times 1/(m+1)$,那么行业的均衡总产量=市场总容量 $\times m/(1+m)$.



产生与发展：冯·诺依曼

- 冯·诺依曼 (John Von Neumann)
 - 贡献一：证明了博弈论的基本定理
 - 1928年：极小极大定理
 - 用于处理一类最基本的二人对策问题，证明了选择“最大损失”最小的一种为“最优”策略
 - 贡献二：将博弈论引入到经济学中
 - 1944年：《博弈论与经济行为》
 - 将二人博弈推广到 n 人博弈结构并将博弈论系统的应用于经济领域，从而奠定了这一学科的基础和理论体系。



博弈论之父

产生与发展：纳什

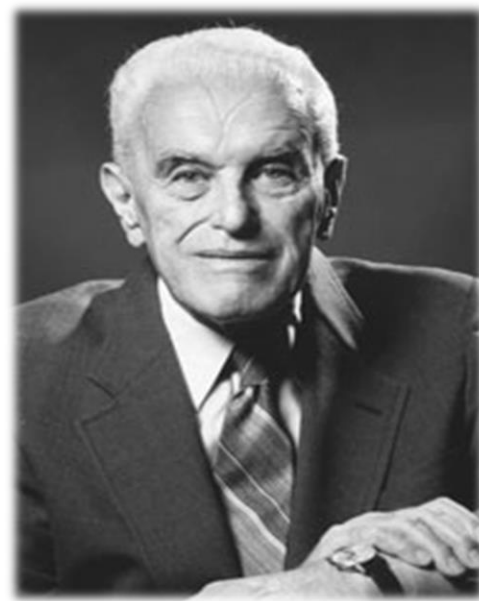
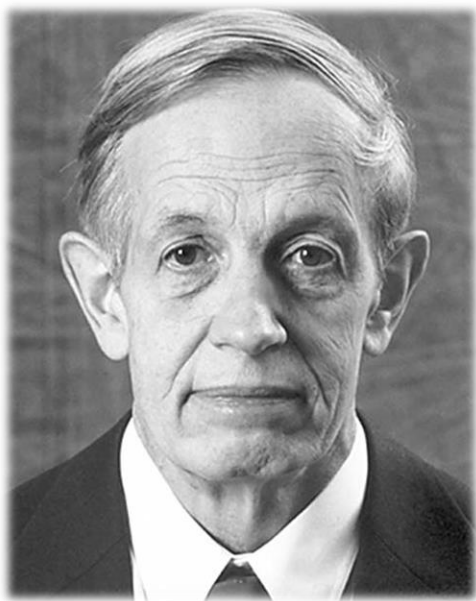
- 约翰·纳什 (John Nash)
 - 1950年：《n人博弈中的均衡点》
 - 1951年：《非合作博弈》
- 纳什均衡：
 - 改变了经济学的体系结构
 - 扩展了经济学的研究范围
 - 加强了经济学研究的深度
 - 形成了经典博弈研究范式
 - 扩大了与其他学科的联系
 - 改变了经济学的语言和表达方法



博弈论奠基者

产生与发展：1994年诺贝尔经济学奖

- 纳什、泽尔腾（Selten）和海萨尼（Harsanyi）
 - **Prize motivation:** “for their pioneering analysis of equilibria in the theory of non-cooperative games”.
 - 获奖原因：在非合作博弈的均衡分析理论方面做出了开创性贡献，对博弈论和经济学产生了重大影响。



产生与发展：1994年诺贝尔经济学奖

- 三位获奖者对于非合作博弈的具体贡献

<div>行动次序</div> <div>信息</div>	静态	动态
完全信息	完全信息静态博弈 纳什均衡 (纳什, 1950,1951) 囚徒困境, 周末约会	完全信息动态博弈 子博弈精练纳什均衡 (泽尔腾,1965) 田忌赛马, 破釜沉舟, 昭君出塞
不完全信息	不完全信息静态博弈 贝叶斯均衡 (海萨尼,1967-1968) 招标 (暗标), 空城计、相亲	不完全信息动态博弈 精炼贝叶斯均衡 (泽尔腾等,1975) 黔驴技穷, 拍卖, 龟兔赛跑

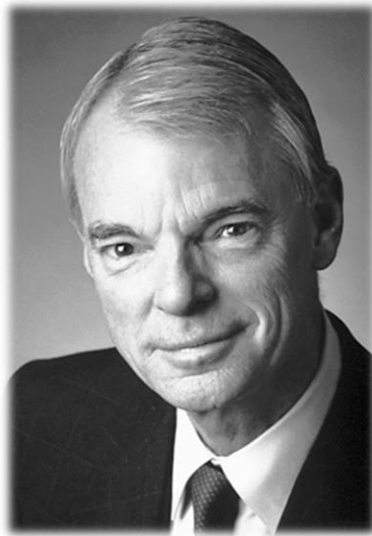
产生与发展： 1996年诺贝尔经济学奖

- 维克里（Vickrey）和米尔利斯（Mirrlees）
 - **Prize motivation:** “for their fundamental contributions to the economic theory of incentives under asymmetric information”.
 - 获奖原因：在不对称信息的市场激励理论做出了基础性的贡献。



产生与发展： 2001年诺贝尔经济学奖

- 阿克洛夫(Akerlof)、斯彭斯(Spence)和斯蒂格利茨(Stiglitz)
 - **Prize motivation:** “for their analyses of markets with asymmetric information”.
 - 获奖原因：在“对充满不对称信息市场进行分析”领域对博弈论和经济学产生了重大影响。



产生与发展： 2005年诺贝尔经济学奖

- 奥曼（Aumann）和谢林（Schelling）
 - **Prize motivation:** “for having enhanced our understanding of conflict and cooperation through game-theory analysis”.
 - 获奖原因：通过博弈论分析加强了我们对于冲突和合作的理解。



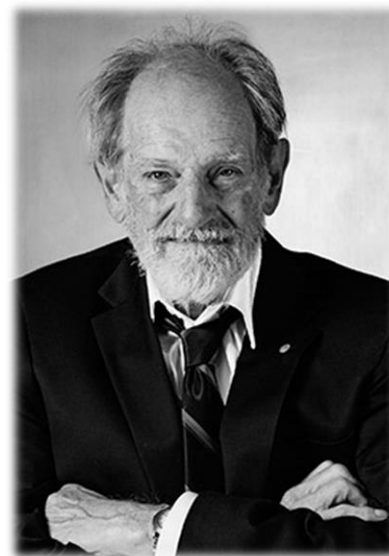
产生与发展： 2007年诺贝尔经济学奖

- 赫维茨（Hurwicz），马斯金（Maskin）和迈尔森（Myerson）
- **Prize motivation:** “for having laid the foundations of mechanism design theory”.
- 获奖原因： 为机制设计理论建立的基础。



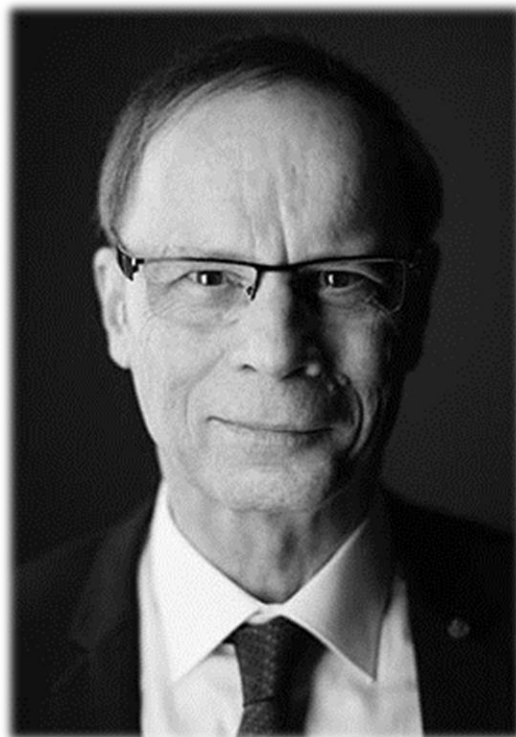
产生与发展： 2012年诺贝尔经济学奖

- 罗斯（Roth）和沙普利（Shapley）
 - **Prize motivation:** “for the theory of stable allocations and the practice of market design”.
 - 获奖原因：在稳定合作理论和市场设计实践方面的贡献。



产生与发展： 2014年诺贝尔经济学奖

- 让·梯若尔 (Jean Tirole)
 - **Prize motivation:** “for his analysis of market power and regulation”.
 - 获奖原因： 对市场力量 and 管制的研究。



产生与发展： 2016年诺贝尔经济学奖

- 哈特（Hart）和霍尔姆斯特伦（Holmström）
 - **Prize motivation:** “for their contributions to contract theory”.
 - 获奖原因： 在契约理论方面的贡献。

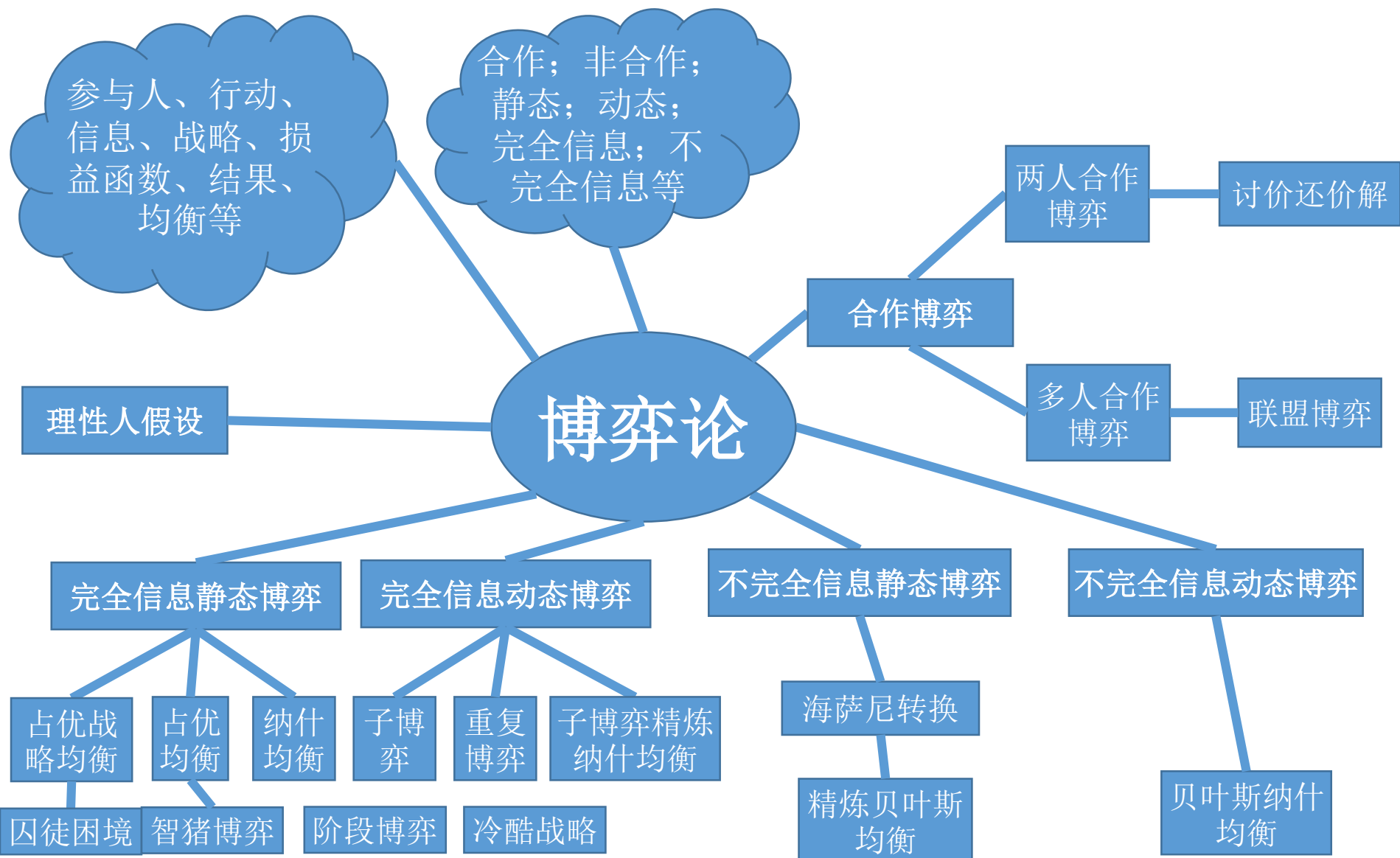


产生与发展

- 为什么博弈论在经济学产生如此重大作用？
 - 博弈论在经济学中的应用最广泛、最成功；博弈论的许多成果也是借助经济学的例子来发展的，特别是在应用领域；
 - 经济学家对博弈论的贡献非常突出，特别是在动态分析和不完全信息引入到博弈论之后，例如克瑞普斯和威尔逊都是经济学家；
 - 最带根本性意义的原因是经济学和博弈论的研究模式是一样的，这就是强调个人理性，也就是在给定约束条件下追求效果最大化；

张维迎：博弈论与信息经济学

博弈论的内容体系



博弈论的基本假设

• 博弈论的三个基本假设

- 参与的局中人都是**理性的** (rational)
 - 自己为自己的行为负责，前后一致、至始至终遵循自己的决策，考虑对方的决策，考虑不确定性等
- 参与的局中人都是**聪明的** (intelligent)
 - 博弈中能够洞悉一切，对博弈的变化永久记忆，永不遗忘
 - 对整个博弈局势了如指掌，并作出完整的判断
 - 双方都知道关于博弈的相关信息
- 参与的局中人都是**经济的** (economical)
 - 每个参与的局中人都是追求博弈过程中的个人效用最大化，效用通常使用效用函数来表示

博弈论中的常见术语

- **参与人**（players）：理性选择主体， $i = 1, \dots, n$
- **特殊参与人**（nature）：虚拟参与人（运气等）
- **行动**（action）：选择变量， a_i 代表参与人 i 的某一行动选择， A_i 代表相应的选择空间
- **损益**（payoff）：参与人的得与失
- **信息**（information）：参与人有关博弈的知识
- **策略**（strategy）：参与人的行动规则（计划）， s_i 代表参与人 i 的某一战略， S_i 代表相应的战略空间

博弈论中的常见术语

- 博弈论（game theory）：研究给定博弈中，各参与人会作出怎样的理性选择。当局者迷、旁观者清。研究博弈论的目标是要做到当局者清，旁观者更清。
- 博弈的规则（rules of the game）：参与人+行动+结局。规则是一种人为的限制，对资格（行为主体）的限制，对行动空间（选择空间）的限制，并建立行动与结局（损益）之间的联系。

博弈论中的常见术语

- **结局** (outcome) : 某种行动、战略和损益的组合
- **均衡** (equilibrium) : 行为主体间相互作用的一种结局, 在该结局中, 参与人无法通过改变选择增加收益 (效用)。又称“僵局”。此乃局外人所关心的。
- **博弈** (game) : 参与人的集合+战略空间的集合+损益函数的集合, 作为动词的博弈是指参与人 i 在给定的博弈中选择战略及行动。

博弈模型的基本要素

- 描述一个博弈模型，至少需要以下三个要素：
 - 局中人或者参与人：是博弈中的行为主体，可能是自然人，也可能是企业、团体、特定群体，甚至可以是虚拟的参与人、无形的自然。有时候为了分析方便，参与人每个可能信息状态都可以看到代理人。
 - 策略空间：参与人 i 可选择的行动策略集合记为 S_i ，则每一个选择的策略 $s_i \in S_i$ ， $\mathbf{s} = (s_1, \dots, s_n)$ 称为 n 个参与人的策略组合（strategy profile），所有参与人的策略及 S 组合就构成了博弈的策略空间 $\mathbf{S} = \prod_{1 \leq i \leq n} S_i$ 。
 - 损益函数：或者称为收益函数、支付函数等，是博弈的局中人最关心的。

博弈问题的构成

- 此外，博弈模型还涉及到信息、等多种信息，包含更多信息的博弈模型G可以使用如下元组表示：

$$G = \{P, A, S, I, U, O, E\}$$

- P: Player
- A: Action
- S: Strategies
- I: Information
- U: Utility (pay off)
- O: Outcome
- E: Equilibrium

博弈模型研究的关键

- 均衡：是所有参与人的最优战略的组合。
- 所谓博弈均衡，它是一种稳定的博弈结果。
- 纳什均衡（Nash Equilibrium）：在一个策略组合中，所有的参与者面临这样的一种情况：当其他人不改变策略时，他此时的策略是最好的。

给定你的策略，我的策略是最好的策略，
给定我的策略，你的策略也是最好的策略。

不同类型的博弈问题

- 按照参与人是否合作：
 - 非合作博弈：博弈的每个个体参与者都独立地以自己的个人理性一直进行决策，最优化个人的效益。
 - 合作博弈：博弈的一些参与者以同盟、合作的方式进行的博弈，博弈活动就是不同集团之间的对抗。
- 举例：
 - 非合作博弈：囚徒困境、棋牌游戏、体育竞技、市场经济、战争等等
 - 合作博弈：串谋的囚徒、多人棋牌、团体比赛、踢假球、计划经济、供应链管理、欧佩克、WTO、成本分摊、风险决策、公司治理等

不同类型的博弈问题

- 按照行动的先后次序
 - 静态博弈：是指博弈过程中参与人行动时预先不知晓其他参与人行动的博弈。
 - 动态博弈：是指参与人行动有先后顺序，且后行动者能够知晓先行动者所选择行动的博弈。
- 举例
 - 静态博弈：囚徒困境、石头剪刀布等
 - 动态博弈：象棋围棋、商品拍卖、军备竞赛等

不同类型的博弈问题

• 根据参与人的多少

- 单人博弈：个人在面临多个可选策略时的思考过程，“跟自己玩并后果自负”；
- 双人博弈：博弈的参与者包含两个不同个体；
- 多人博弈：博弈的参与者包含多个不同个体；

• 举例

- 单人博弈：是否选修博弈论课，是否推掉博弈论课，是否找女朋友等
- 双人博弈：囚徒困境、围棋、象棋等
- 多人博弈：王者荣耀5V5等

不同类型的博弈问题

- 根据博弈的次数
 - 单次博弈：博弈的过程只进行一次
 - 有限多次博弈：博弈的过程包含多次，是一类特殊的扩展形式博弈
 - 无限重复博弈：博弈的过程重复多次，每个参与者会考虑自己当期的行为对其他参与者未来行为的影响
- 大家举例

不同类型的博弈问题

- 按照参与人之间状态信息的知晓程度
 - 完全信息博弈：博弈的所有参与者都对博弈各方的各种情况下的收益完全知晓；
 - 不完全信息博弈：博弈的参与者对博弈各方的各种情况下的收益不完全知晓；
 - 完美信息博弈：博弈的所有参与者都完全知晓他行动前的博弈过程和历史；
 - 不完美信息博弈：博弈的参与者都不完全知晓他行动前的博弈过程和历史；
- 大家举例

不同类型的博弈问题

• 根据博弈的结果分类

- 零和博弈：指参与博弈的各方，在严格竞争下，一方的收益必然意味着另一方的损失，博弈各方的收益和损失相加总和永远为“零”，双方不存在合作的可能。
- 负和博弈：指双方竞争结果造成博弈结果总和为负数。它既包括一种两败俱伤的情况，这种情况下结果双方都有不同程度的损失；他也包括另一种“胜者”取得的利益小于“败者”承受的损失的博弈。
- 正和博弈：指博弈双方的利益都有所增加，或者至少是一方的利益增加，而另一方的利益不受损害，因而整个社会的利益有所增加，对应合作博弈。

• 大家举例

博弈问题的表示

- 两种不同的表示形式

策略型博弈（strategic-form game）表示

展开型博弈（extensive-form game）表示

策略型博弈表示

- 策略型博弈表示是概念上最简单的博弈表示形式，也称为标准式表示，主要用于静态博弈表示。这种表示需要同时给出：

- 博弈的参与人集合： $i \in \Gamma, \Gamma = (1, 2, \dots, n)$;
- 每个参与人的策略空间： $S_i, i = 1, 2, \dots, n$;
- 每个参与人的支付函数： $u_i(s_1, \dots, s_i, \dots, s_n), i = 1, 2, \dots, n$;

- 策略型博弈表示举例

囚徒博弈的策略型表示

囚徒A \ 囚徒B	坦白	抵赖
	坦白	抵赖
坦白	-5, -5	0, -10
抵赖	-10, 0	-1, -1

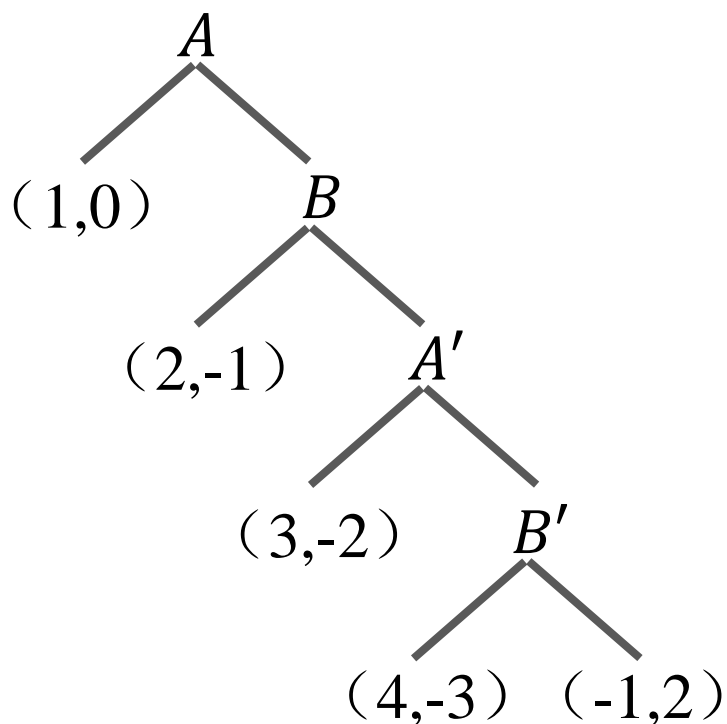
展开型博弈表示

- 展开型博弈表示主要用于研究和分析多阶段的动态博弈，需要包括如下信息：
 - 参与人集合： $i \in \Gamma, \Gamma = (1, 2, \dots, n)$ ，用 N 表示自然
 - 参与人的行动顺序：谁在什么时候行动
 - 参与人的行动空间：每次行动时，有什么选择
 - 信息集合：每次行动结束，参与人知道些什么
 - 效益函数：每次行动时，参与人知道什么
 - 外生事件（即自然选择）的概率分布

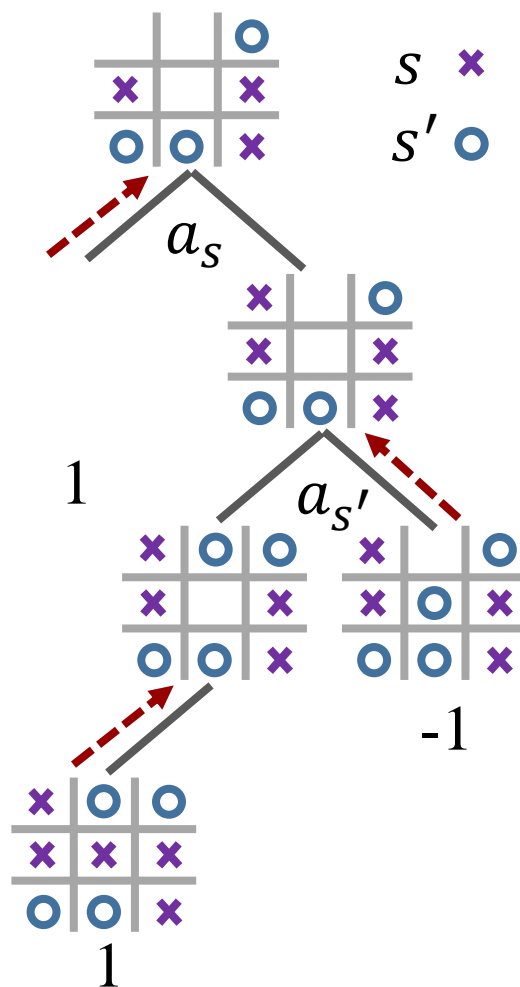
展开型博弈表示

- 博弈树定义：树中每一对结点有且仅由一个树支与其相连，树的根是博弈的起始结点。
 - 结点： $x \in X \doteq \{x\}$ ，关系符号 $<$ 表示结点的先后顺序关系。具体包括机会结点、决策结点和终结点；
 - 路径： 结点 x 之前的全部结点集合称为 x 的前列集，又称为 x 的路径，记为 $P(x)$ ；
 - 后续结点： 结点 x 之后的所有节点的集合称为 x 的后续节点集，记为 $T(x)$ ；
 - 跟随： 当结点 y 位于结点 x 的路径上，即 $y \in P(x)$ ，则称 x 跟随 y ；
 - 树枝： 结点 x 到其直接跟随结点 y 的连线，树枝代表一个可供参与人选择的行动策略或者时间；
 - 信息集： 博弈决策集合的一个子集。

• 博弈树表示举例



一个两阶段博弈的博弈树



一种叉叉圈游戏的博弈树

博弈论的主要应用领域

数学：博弈论源于数学，开始属于运筹学的一个分支

军事：博弈的思想在军事斗争中无处不在

政治：国际国内政治斗争中同样存在各种博弈

经济：博弈论已经成为现代经济学研究的主流

计算机：算法博弈论是计算机中研究点一个分支

人工智能：目前是AI领域新一轮研究热潮

其他领域：管理、物流、营销、招聘、运营、生活各方面

案例分析：囚徒困境

- 两个同谋罪犯被隔离关押
 - 互不揭发：每人要坐牢一年
 - 互相揭发：每人要判刑五年
 - 一人揭发：释放和判刑十年
- 结论和启示
 - 均衡点：两人各判五年
 - 如何打破囚徒困境？

囚徒A \ 囚徒B	招供	拒绝
	招供	拒绝
招供	5, 5	10, 0
拒绝	0, 10	1, 1



案例分析：智猪博弈

• 猪圈里有一大一小两头猪抢猪食的故事

- 猪圈很长，一头有一踏板
- 另一头是食物出口和食槽
- 踩一次踏板可出10份食物
- 从一头跑过去消耗2份食物
- 大猪小猪同时吃：(7, 3)
- 大猪先小猪后吃：(9, 1)
- 小猪先大猪后吃：(6, 4)

大猪 \ 小猪	行动	不动
	行动	5, 1
大猪 \ 小猪	不动	9, -1
	行动	4, 4
大猪 \ 小猪	不动	0, 0
	行动	6, 4



• 思考和启示

- 均衡点是什么？
- 生活中有哪些相似的例子？

案例分析：斗鸡博弈

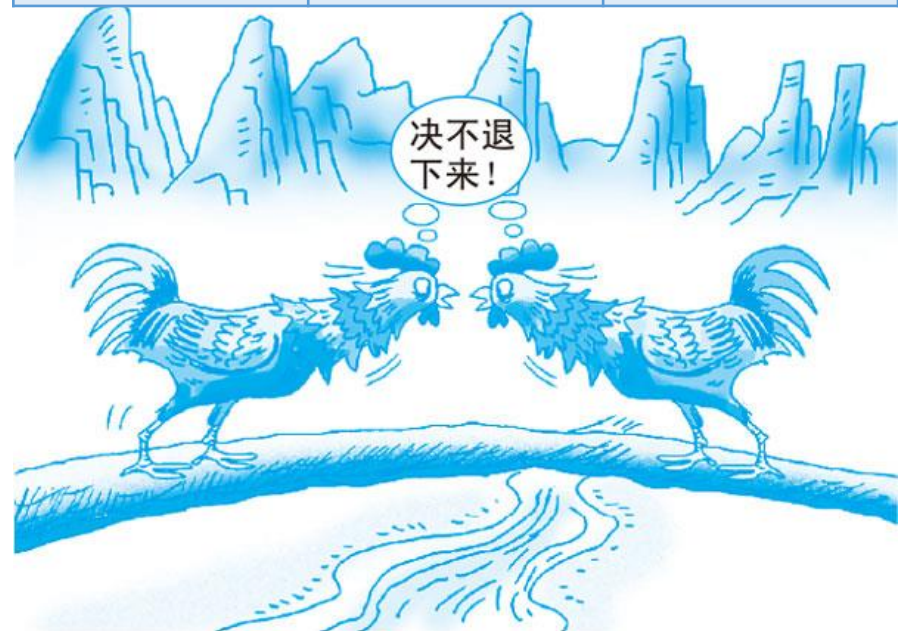
- 两只公鸡桥上相遇后选择进攻和后退的故事

- 同时进攻各损失-3
- 同时后退个损失-1
- A进攻B后退 (2,-1)
- A后退B进攻 (-1,2)

鸡A \ 鸡B	鸡B	
	进攻	后退
进攻	-3, -3	2, -1
后退	-1, 2	-1, -1

- 思考和启示

- 均衡点是什么？
- 怎么达到均衡点？
- 生活中有哪些相似的例子？



案例分析：集资修路

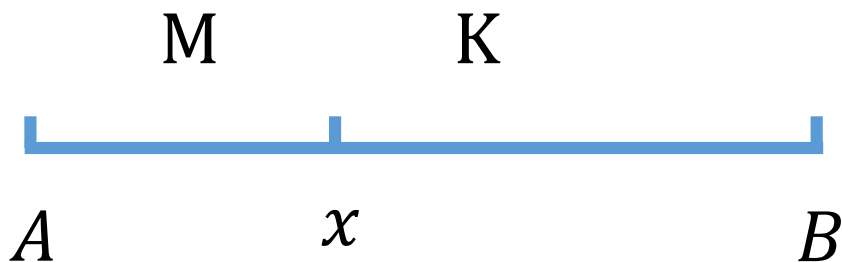
- 某个偏远村庄要集资修路，每个村民自愿出资，集资修路之后大家都受益
 - 效益函数无法准确确定
 - 效益函数先以右图为例
- 思考与启示
 - 均衡点是什么？
 - 如何保证把路修了？
 - 生活中有哪些相似的例子？

村民A \ 村民B	出资	不出资
出资	3, 3	2, 4
不出资	2, 4	1, 1



案例分析：门店选址

- 为什么经常看到麦当劳附近就有肯德基？
 - 假设A和B两点间人流量均匀分布，麦当劳先选择M点会选在哪里？
 - 肯德基再选点会选择那里？
- 思考和启示
 - 均衡点会选在哪里？
 - 生活中有哪些类似的例子？



案例分析：市场进入阻挠

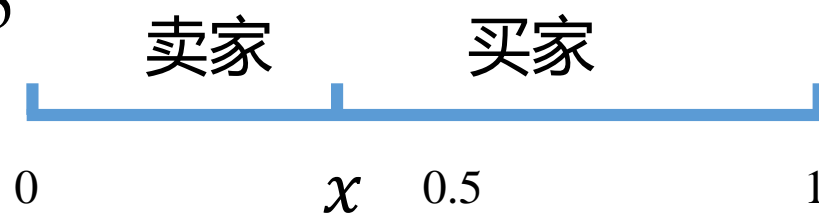
- 一个企业欲进入已有垄断者的市场
 - 欲进入者有两个策略
 - 进入
 - 不进入
 - 垄断者有两个策略
 - 默许
 - 斗争
- 思考与启示
 - 均衡点是什么？
 - 生活中有哪些相似的例子？

垄断者 进入者	默许	斗争
	4, 5	-1, 0
进入		
不进入	0, 30	0, 30



案例分析：二手车市场

- 为什么私人二手汽车市场很难形成？
 - 由于信息不对称性，造成二手车质量无法评估
 - 假设二手车的平均质量为0.5
 - 买家和卖家如何博弈？
- 思考与启示
 - 最终均衡点是什么？
 - 生活中有哪些类似的例子？
 - 如何形成二手车市场？



案例分析：警察与小偷

- 小镇有AB两个区域，只有一个警察巡逻，有个小偷经常在A或B犯案
 - 警察巡逻策略：A或B
 - 小偷偷盗策略：A或B
 - 警察和小偷如何博弈？
- 思考与启示
 - 最终的均衡点是什么？
 - 生活中有哪些类似的例子？

小偷 警察	A区	B区
A区	3, 0	2, 1
B区	1, 2	3, 0



案例分析：枪手博弈

- A、B、C三个枪手狭路相逢，要一枪决生死
 - 枪手A、B、C的命中率分别为80%、60%和40%
 - 假设三人同时开枪谁存活率高？
 - 假设三人依次开枪谁存活率高？
- 思考与启示
 - 不同的设定下的均衡点
 - 生活中有哪些类似的例子？



本次课程作业

- 作业内容：试选取日常生活中的的一些常见现象，用博弈论的视角进行分析、解释、引申和思考。每个人至少选取两件事例，多则不限。作业成绩根据案例分析的透彻程度进行打分。
- 提交时间：下次上课前一天（2018年3月22日）
- 提交方法：在课程网站上提交，提交电子版Word文档到助教邮箱（peixi.peng@ia.ac.cn）
- 邮件发送规范
 - 邮件主题：博弈论第一次作业_学号_姓名
 - 附件名称：博弈论第一次作业_学号_姓名.docx

中国科学院大学：专业探讨课《博弈论》

感谢聆听！

兴军亮

Junliang.Xing@ia.ac.cn

2018年3月24日



中国科学院大学
University of Chinese Academy of Sciences



自动化研究所
Institute of Automation