



# 博弈论与通信安全 概述



## 世界上最早的军事著作

- ☐ A 《战争论》-克劳塞维茨
- ☐ B 《制胜的科学》-苏沃洛夫
- ☒ C 《孙子兵法》
- ☐ D 《战略论》-李德-哈特
- ☐ E 《三十六计》

提交



《孙子兵法》的作者是

A

孙凭

B

孙臆

C

孙武

D

孙子

提交

- ❖ 《孙子兵法》——中国古代军事文化遗产中的璀璨瑰宝，优秀传统文化的重要组成部分，古代军事思想精华的集中体现
- ❖ 一、战略运筹（始计篇、作战篇、谋攻篇）
- ❖ 二、作战指挥（军形篇、兵势篇、虚实篇）
- ❖ 三、战场机变（军争篇、九变篇、行军篇）
- ❖ 四、军事地理（地形篇、九地篇）
- ❖ 五、特殊战法（火攻篇、用间篇）

## ❖ 《孙子兵法》——变、算、骗

## ❖ 变：能因敌变化而取胜者，谓之神——《.虚实篇》

- 战场形式瞬息万变，不能拘泥于某种作战形式
- 要充分考虑敌人作战状态、我军作战状态、天、时、地、人多种因素

条件

- 灵活采取应对措施

策略/行动

- 取胜

目标

## ❖ 《孙子兵法》——变、算、骗

❖ 算：故用兵之法，十则围之，五则攻之，倍则分之，敌则能战之，少则能逃之，不若则能避之——《.谋攻篇》

■ 十倍于敌则围攻，五倍于敌则直冲，一倍于敌则分敌，敌我相近靠谋略，我少于敌逃则降损，远不如敌则避其锋芒

条件

■ 打得赢就打，打不赢就跑

策略/行动

目标

## ❖ 《孙子兵法》——变、算、骗

❖ 骗：兵者，诡道也，故能而示之不能，用而示之不用，近而示之远，远而示之近——《.始计篇》

条件

- 用假象欺骗和迷惑对方，出乎敌人意外的行动
- 很强大，伪装成弱小；具有战斗力，伪装成不堪一击
- 要向近处，装做要向远处；要向远处，装做要向近处。

策略/行动

■ 取胜

目标

- ❖ “**质**”的角度看“变、算、骗”——理性主体之间的战略行为交互——**意识形态（哲学）**
- ❖ “**量**”的角度看“变、算、骗”——博弈理论：定量科学——**物质形态（数学）**
- ❖ 博弈论：研究智能理性决策者之间冲突与合作的数学模型



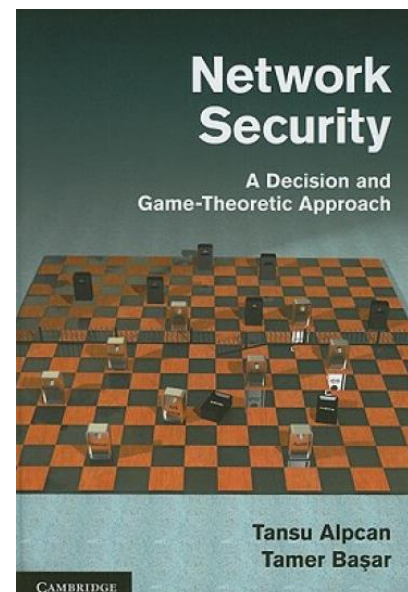
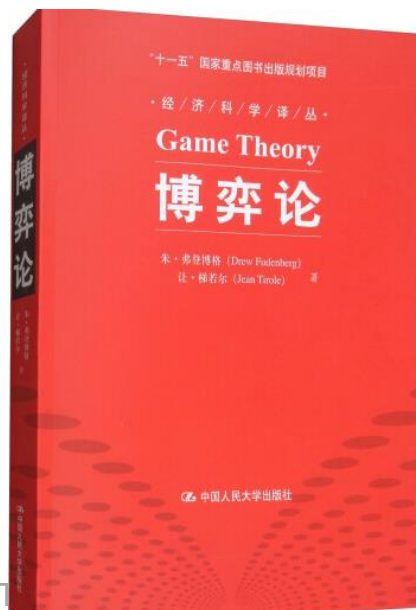
## ❖ 博弈论应用

- 军事学——《孙子兵法》、华容道博弈、空城计、背水一战
- 经济学——公地的悲剧、国际贸易、大国关税、讨价还价、
- 犯罪心理学——嫌疑人认知访谈（Cognitive Interview for Suspects）、犯罪知识检测（Guilty Knowledge Test）
- **网络安全**——攻击者与防御者之间的攻防策略交互，**DDoS**，防火墙，干扰，窃听.....

- ❖ 博弈论的想法自古就有
- ❖ 博弈理论源于经济学，是经济学不可或缺的重要组成部分
- ❖ 博弈思想及理论已被广泛应用于对各类社会现象的分析中
- ❖ **博弈论应用于网络安全分析——**为各种网络攻防的信息结构、参与者、行为和持续时间提供了一种**定量的分析框架**，  
为建立**安全科学**（Science of Security）提供了一维认识角  
度和工具

## ❖ 参考文献

- 博弈论, 朱.弗登伯格, 让.梯若尔, 中国人民大学出版社, 2018
- 张维迎. 博弈论与信息经济学.新1版[M]. 格致出版社, 2012.
- Osborne, M. J. and A. Rubinstein . "A Course in Game Theory." (2009).
- Alpcan T , Baar T . Network Security: A Decision and Game-Theoretic Approach[M]. Cambridge University Press, 2010.



## ❖ 考核

考核环节	分值比例	考核与评价细则
课堂提问	10%	上课对研究生的考勤采取课堂提问方式进行，具体如下： 课堂提问与测验：设置随堂提问与测试，检测本堂/上堂课学习效果，每人2次回答问题的机会，每次答对5分，答错不给分。
平时成绩	30%	平时成绩采取提交课后作业、案例分析心得体会、论文读后感等形式进行考核，具体如下： 相关领域前沿论文读后总结：要求研究生阅读相关研究领域采用博弈论方法分析实际问题的论文，提交3篇简短报告，每次10分。
期末考核成绩	60%	期末采取提交节课论文形式进行考核。

# 第一节：博弈的定义和实例



❖ 博弈论（**Game Theory**）又名对策论，是运筹学的重要

分支，是研究个体决策有冲突的理论

**决策论**是研究为了达到预期目的，从多个可供选择的方案中如何选取最好或满意方案的学科。人们在实际工作中，经常会遇到需要做出判断和决定的问题，也就是决策问题

**博弈论**主要研究公式化了的激励结构间的相互作用，是研究具有斗争或竞争性质现象的数学理论和方法。博弈论考虑游戏中的个体的预测行为和实际行为，并研究它们的优化策略



# 第一节：博弈的定义和实例



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

❖ 博弈论研究的是对抗性决策，即不仅要考虑自己的效用，还要考虑别人的效用。而运筹学其他分支则只需考虑自己的效用。

## ❖ 博弈的定义

- “博弈”指当两个或多个决策主体之间存在相互作用，任何一方的决策策略（**Strategy**）都不能完全独立于其他各方策略时，各方的决策过程及均衡问题。

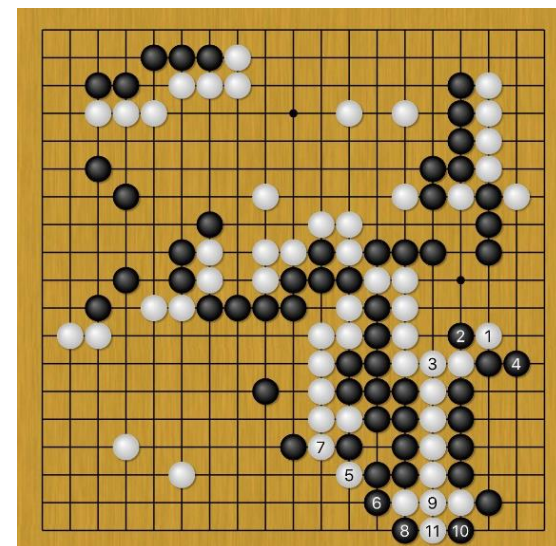
# 博弈实例 1：对弈



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

- ❖ 棋类：象棋、围棋等
- ❖ 博弈参与者：两个人
- ❖ 博弈过程：——多阶段
  - 各执一棋，各走一步
- ❖ 博弈策略和结果
  - 走动棋子，吃掉对方，直到对方无子可走
  - 下棋子，围住对方，直到双方确认着子完毕
- ❖ 博弈双方策略相互依赖，不独立





# 博弈实例 2：剪刀石头布



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

❖ 博弈参与者：两个人

❖ 博弈过程：——**单次/重复博弈**

- 两人在“石头、剪刀、布”三种策略中选择一种

❖ 博弈策略和结果

- 两人策略一样，平局
- 出“石头”一方胜过出“剪刀”一方
- 出“剪刀”一方胜过出“布”一方
- 出“布”一方胜过出“石头”一方



❖ 博弈双方策略相互依赖，不独立



# 博弈实例 3：空城计



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS



三国：孔明摆空城计，司马懿多疑怕中计，吓得转身就逃,影视,历史片,好看视频 (baidu.com)

诸葛亮焚香操琴，大摆空城计，吓退司马懿十万大军！,影视,历史,好看视频 (baidu.com)

# 博弈实例 3：空城计



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

❖ 博弈参与者：诸葛亮，司马懿

❖ 博弈策略：

- 攻城、守城、撤退、弃城

❖ 不完全信息博弈

- 诸葛亮知道各种策略组合的结果以及对司马懿的了解，敞开城门，神态自若——制造城中有伏兵的假象

- 司马懿依据对诸葛亮的了解——诸葛亮一生谨慎（一生不冒险），如果没有必胜的把握，不会大开城门（此次不冒险），

做理性的策略选择

——空城计仅能用一次



# 博弈实例 4：华容道博弈



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS



【无台标】【高清未删减】1994版三国演义（84集全） 哔哩哔哩 bilibili

25分

# 博弈实例 4：华容道博弈



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

❖ 博弈参与者：诸葛亮，曹操

❖ 博弈策略：

- 守大道、守小道、走大道、走小道

❖ 曹操面前两条路，大道平坦，小道（华容道）崎岖，诸葛亮命关羽伏兵于华容道，并且要求关羽在华容道上点燃树枝冒出烟雾引曹操到来。

# 博弈实例 4：华容道博弈



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

- ❖ 当曹操到华容道时，见华容道上静悄悄的，但有烟雾缭绕。曹操大笑道：“诸葛亮以为我会上他的当，故意叫人在华容道上点火让我走另一条道，而他却伏兵于另一条道上好逮住我呢，我偏不上他的当！”于是，曹操命令军队径直来到华容道，结果与关羽大军撞个正着。
- ❖ 诸葛亮对曹操的性格了如指掌，知道曹操生性多疑。诸葛亮知道曹操一定会这样认为：你诸葛亮故意在华容道上点火，让我以为华容道上有伏兵，而让我走另一条道好逮住我，但我偏不走另一条道。



# 博弈实例 5：田忌赛马



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

❖ 博弈参与者：齐威王，田忌

❖ 博弈过程：

- 两人各出一马，赛之

❖ 马分为上、中、下三等

- 我方上等马 vs. 对方中等马
- 我方中等马 vs. 对方下等马
- 我方下等马 vs. 对方上等马

❖ 三局两胜，田忌胜出

❖ 《孙子兵法》——算：正确运用战略取胜



# 博弈实例 6：囚徒困境 (Prisoner's Dilemma)



北京邮电大学  
BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS



甲

	金发	黑发
金发	0, 0	10, 5
黑发	5, 10	5, 5

[https://www.bilibili.com/video/BV1Qi4y1b7d4/?spm\\_id\\_from=333.788.recommend\\_more\\_video.2](https://www.bilibili.com/video/BV1Qi4y1b7d4/?spm_id_from=333.788.recommend_more_video.2)

乙

亚当斯密的理论说:最好的结果是需要分工后的小组做对自己最有利的事

如果纳什和朋友都去追求最漂亮的女孩,结果可能是都追不上,失败之后再去找其他的女孩,她们也不愿甘当绿叶,所以也不会答应他们,但如果纳什的朋友们去追求最漂亮女孩之外的女孩,那么结果是他们都能追到,而纳什就能追到最漂亮的,这里面的博弈就是,如果纳什和他的朋友们都不理性,结果是都追不到女孩,而如果都有理性却能够实现他们利益最大化。

# 博弈实例 6：囚徒困境 (Prisoner's Dilemma)



北京邮电大学  
BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

- ❖ 警方逮捕了甲、乙两名犯罪嫌疑人，警方分开审讯两人
- ❖ 根据“坦白从宽、抗拒从严”的原则：

乙

甲		坦白	不坦白
	坦白	5, 5	1, 10
	不坦白	10, 1	2, 2

- ❖ 甲、乙二人独立决策
  - 对甲而言，不管乙选择坦白还是不坦白，甲的最优策略都是坦白。
  - 对乙而言，不管甲选择坦白还是不坦白，乙的最优策略都是坦白。
- ❖ 结果：甲、乙均选择坦白，分别被判处 **5** 年有期徒刑
- ❖ 甲、乙如均不坦白，则分别被判处 **2** 年有期徒刑
- ❖ 个体理性与集体理性的冲突



# 博弈实例 7：寡头市场（寡头垄断）



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

- ❖ 市场中每个公司的产品无独特性，并且竞争者的数量有限。
- ❖ 产量博弈模式
  - 在寡头垄断市场上，当不存在相互勾结时，各寡头根据其他寡头的产量决策，按利润最大化原则调整自己的产量
- ❖ 价格博弈模式
  - 在寡头垄断市场上，当不存在相互勾结时，各寡头根据其他寡头的价格决策，按利润最大化原则调整自己的价格
- ❖ 领先者、跟随者博弈模式
  - 由某一寡头率先制定价格或产量，其余寡头追随其后确定各自产品的价格或产量

## 第二节：博弈的构成要素



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

### ❖ 完整的博弈通常包含四个构成要素

- 博弈参与者 (**Player**)
- 博弈策略 (**Strategy**)
- 博弈的收益 (**Payoff**)
- 信息结构 (**information structure**)

Component	Description
Players	attacker and defender
Action Space	set of attacks or defensive measures
Outcome	the cost and benefit to players for each action-reaction or game branch
Information structures	players fully or partially observe each other's actions

## 第二节：博弈的构成要素



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

### ❖ 博弈参与者（**Player**）

- 参与博弈的主体
- “石头、剪刀、布”博弈中，博弈参与者是玩游戏的两个人
- 空城计中，博弈参与者是诸葛亮和司马懿
- 田忌赛马中，博弈参与者是田忌和齐威王
- 在“囚徒困境”博弈中，博弈参与者是两名犯罪嫌疑人

### ❖ 博弈参与者可能是单个的个人，也可能是组织或集体

- 企业、社会团体、国家

### ❖ 博弈参与者可能多于两方，三方或多方博弈参与者

## 第二节：博弈的构成要素



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

### ❖ 博弈策略（Strategy）

- 博弈参与者可以采取的行动
- “石头、剪刀、布”博弈中，博弈参与者可以采取的所有博弈策略均为“石头”“剪刀”“布”
- 空城计中，诸葛亮的博弈策略为“守城、弃城”，司马懿的博弈策略为“攻城、撤退”
- 田忌赛马中，田忌和齐威王的博弈策略均为出“上等马”“中等马”“下等马”
- 在“囚徒困境”博弈中，博弈参与者所能采取的博弈策略均为

## 第二节：博弈的构成要素



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

### ❖ 博弈的收益 (Payoff)

- 博弈收益指不同博弈策略/行动给博弈参与者带来的利益
- “石头、剪刀、布”博弈中，博弈参与者得到的收益是：赢、平局、输三种可能的结果。
- 空城计中，博弈参与者得到的收益是：司马懿

诸葛亮		攻城	撤退
	守城	输，赢	赢，输
	弃城	输，赢	输，输

- 在“囚徒困境”博弈中，博弈参与者得到的收益是

甲		坦白	不坦白
	坦白	5, 5	1, 10
	不坦白	10, 1	2, 2

## 第二节：博弈模型分类



### ❖ 信息结构

- 完美：每个参与者都知道所有其他参与者所采取的行动（**action**），例如棋牌类游戏
- 不完美：至少一个参与者不知道至少一个其他参与者的采取的行动，静态博弈都是不完美的
- 完全：每个参与者都知道所有其他参与者的策略（**strategy**）和回报函数（**payoff**），不考虑每个参与者已经采取的行动（**action**）
- 不完全：至少一个参与者不知道至少一个其他参与者的策略或收益函数

## 第二节：博弈的构成要素



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

### ❖ 博弈的纳什均衡 (Equilibrium)

- 博弈的均衡指所有参与者最优策略的组合
  - 在一策略组合中，所有的参与者面临这样一种情况，当其他人不改变策略时，他此时的策略是最好的，此时如果他改变策略他的支付将会降低
  - 在纳什均衡点上，每一个理性的参与者都不会有单独改变策略的冲动
  - 任何具有有限纯策略的二人博弈至少有一个纳什均衡点
- 在“囚徒困境”博弈中，博弈均衡有一个

# 第三节：博弈论的发展历史



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

- ❖ 博弈的思想古已有之
- ❖ 《孙子兵法》、《三国演义》等中国古典名著都蕴含着丰富的博弈智慧
- ❖ 当代博弈理论的研究源于西方
- ❖ 一、博弈理论的发展历史
  - 20 世纪初，塞梅鲁（Zermelo）、鲍罗（Borel）和冯·诺依曼（Von Neumann）开始研究博弈的数学表达方式



# 第三节：博弈论的发展历史



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

- **1944 年**，冯·诺依曼（**Von Neumann**）和经济学家奥斯卡·摩根斯坦（**Oskar Morgenstern**）合作发表了《博弈理论与经济行为》一书，使博弈的理论和思想进入经济学领域。
- **1950、1951 年**，约翰·纳什（**John Nash**）利用不动点定理证明了博弈均衡的存在性，为博弈论奠定了坚实的理论基础。
- **20 世纪 70 年代**，约翰·海萨尼（**John Harsanyi**）和莱因哈德·泽尔腾（**Reinhard Selten**）等将不完全信息理论融入到博弈论的研究中。
- **20 世纪 90 年代**之后，博弈论作为一种方法被普遍运用到经济学、政治学、生物学、军事学、统计学等领域中。
- 博弈理论已成为当代经济学理论不可分割的重要组成部分。

# 博弈论大师——约翰·纳什简介



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

- ❖ 约翰·纳什 (John Nash) 1928 年 6 月出生于美国一个中产阶级家庭
- ❖ 纳什自幼便显露出过人的数学天赋
- ❖ 1948 年，纳什在普林斯顿大学攻读博士学位
- ❖ 1950 年至 1953 年，纳什撰写了多篇在博弈论研究领域颇具开创性和奠基性的论文。
- ❖ 纳什的论文对合作博弈和非合作博弈进行了明确定义和区分



# 博弈论大师——约翰·纳什简介



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

- ❖ 纳什对非合作博弈均衡进行了独到精辟的阐述
- ❖ 对合作博弈的博弈过程及策略选择进行了系统的归纳和证明
- ❖ 纳什的思想对日后博弈理论的发展影响深远
- ❖ 以纳什的名字命名的“纳什均衡”
- ❖ 尽管不得不时常与医院、药物和孤独为伴，但纳什仍然一如既往的进行着他所痴迷的研究工作。
- ❖ **1994** 年，因为在博弈理论方面的突出贡献，纳什获得了当年度的诺贝尔经济学奖

# 纳什的代表作



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

- ❖ 1. 多人博弈的均衡 (**Equilibrium points in n-person games**) 国家科学院学报 (**Proceedings National Academy of Sciences**) , 36: 48 – 49, 1950年。
- ❖ 2. 非合作博弈 (**Non-cooperative games**) , 纳什就读于普林斯顿大学数学系的博士毕业论文, 1950年。
- ❖ 3. 讨价还价问题 (**The bargaining problem**) 。计量经济学杂志 (**Econometrica**) 18: 155 – 162, 1950年。
- ❖ 4. 非合作博弈 (**Non-cooperative games**) 数学年报 (**Annals of Mathematics**) , 54: 286 – 295, 1951年。
- ❖ 5. 两人合作博弈 (**Two-person cooperative games**) 。计量经济学杂志 (**Econometrica**) , 21: 128 – 140, 1951年。

# 本章小结



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

- ❖ 本章给出了博弈的基本定义
- ❖ 通过现实实例分析了博弈的基本内涵和主要思想
- ❖ 博弈理论经典案例
- ❖ 博弈的构成要素主要包括:
  - 参与者
  - 策略集
  - 收益
  - 信息结构