

第二节：一、不完全信息动态博弈



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

- ❖ 在不完全信息动态博弈中，至少有一个博弈参与者对博弈的结构、博弈参与者类型、博弈收益等信息不完全了解。
- ❖ 博弈参与者的行动存在先后顺序。
- ❖ 与不完全信息静态博弈类似，可以通过海萨尼转换将不完全信息动态博弈转化为完全但不完美信息动态博弈。

第二节：一、不完全信息动态博弈



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

- ❖ 不完全信息动态博弈的要素
- ❖ 假设博弈有 n 个参与者。参与者用 i 表示, $i = 1, 2, \dots, n$
- ❖ 每个博弈参与者都有自己的策略空间。
- ❖ 博弈参与者可能是多种类型中的一种。
- ❖ 参与者 i 明确知道自己的类型, 但其他博弈参与者不知道参与者 i 的类型, 但知道参与者 i 的类型空间的概率分布。
- ❖ 博弈参与者对其他博弈参与者具有先验信念。在博弈过程中, 博弈参与者会修正自己的先验信念, 得到后验概率。
- ❖ 博弈的收益函数为共同知识 (**Common Knowledge**)。

第二节：一、不完全信息动态博弈



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

❖ 波音与空客博弈的基本假设

- 假设波音公司先于空中客车公司进入市场。
- 波音公司可能是一个“有先发优势”的公司，也可能是一个“无先发优势”的公司。
- 波音公司“有先发优势”时，其成本函数为： $C(q_1) = q_1$ 。
- 波音公司“无先发优势”时，其成本函数为： $C(q_1) = 2q_1$ 。
- 空中客车公司的生产函数没有不确定性。
- 空中客车公司的生产函数为： $C(q_2) = 2q_2$ 。
- 空中客车公司进入市场需要付出一个额外的固定成本。

第二节：一、不完全信息动态博弈



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

❖ 波音与空客博弈的基本假设

- 假设国际市场飞机需求函数为： $P = 10 - Q$
- 其中： $Q = q_1 + q_2$ 。
- 波音公司和空中客车公司的行动存在先后顺序。
- 波音公司先进入市场，空中客车公司后进入市场。
- 波音公司和空中客车公司都明确知道空中客车公司的生产函数。
- 波音公司明确知道自己的生产函数，但空中客车公司不知道波音公司的生产函数。存在不完全信息。
- 所以，这个博弈是一个不完全信息动态博弈。

第二节：一、不完全信息动态博弈



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

❖ 博弈过程

- 波音公司先行动。
- 当波音公司选择产量时，可以视波音公司为一个垄断者。
- 当空中客车进行决策时，如果空中客车公司选择“进入”，那么波音公司和空中客车公司在市场中进行寡头博弈。
- 假设寡头博弈遵从古诺寡头博弈的模式。

第二节：一、不完全信息动态博弈



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

❖ 博弈过程

● 波音公司的决策依据

- 波音公司通过选择产量最大化自己的利润。
- 首先行动的波音公司如果是一个“有先发优势”的公司
 - 均衡产量为： $4.5(\max q_1(10-q_1-1))$
 - 均衡价格： $10-4.5=5.5$
 - 均衡利润为： 20.25
- 首先行动的波音公司如果是一个“无先发优势”的公司
 - 均衡产量为： $4(\max q_1(10-q_1-2))$
 - 均衡价格： $10-4=6$

- 均衡利润为： 16

第二节：一、不完全信息动态博弈



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

❖ 博弈过程

● 空中客车公司的决策依据

- 当轮到空中客车公司行动时，如果空中客车公司选择“不进入”，那么波音公司将继续自己在市场中的垄断地位。
- 如果空中客车公司选择“进入”，那么空中客车公司将和波音公司在市场上进行古诺寡头博弈。

• 寡头博弈下

- 首先行动的波音公司如果是一个“有先发优势”的公司
 - 产量： $q_1 = 10/3$; $q_2 = 7/3$; 利润： $\Pi_1 = 100/9$; $\Pi_2 = -5/9$ 。
- 首先行动的波音公司如果是一个“无先发优势”的公司
 - 产量： $q_1 = 8/3$; $q_2 = 8/3$; 利润： $\Pi_1 = 64/9$; $\Pi_2 = 10/9$

$$q_1^* = \frac{A-c}{3}, \quad q_2^* = \frac{A-c}{3}$$

第二节：一、不完全信息动态博弈



不同情况下波音公司和空中客车公司的利润情况

阶段	特点	情形	利润情况
阶段1	市场中只有波音公司一家企业	波音公司为“有先发优势”的公司	波音公司：20.25
		波音公司为“无先发优势”的公司	波音公司：16
阶段2	空中客车公司选择“进入”：市场中有波音公司和空中客车两家公司	波音公司为“有先发优势”的公司	波音公司：100/9 空中客车公司：-5/9
		波音公司为“无先发优势”的公司	波音公司：64/9 空中客车公司：10/9
	空中客车公司选择“不进入”	波音公司为“有先发优势”的公司	波音公司：20.25 空中客车公司：0
		波音公司为“无先发优势”的公司	波音公司：16 空中客车公司：0

第二节：一、不完全信息动态博弈



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

❖ 博弈过程

● 空中客车公司的决策依据

- 如果波音公司是一个“有先发优势”的公司，那么空中客车公司与波音公司在市场上进行古诺寡头竞争时，空中客车公司的利润为负。
- 如果波音公司是一个“无先发优势”的公司，那么空中客车公司与波音公司在市场上进行古诺寡头竞争时，空中客车公司的利润为正。
也就是说：
- 当波音公司是一个“有先发优势”的公司时，空中客车公司将选择“进入”；
- 当波音公司是一个“无先发优势”的公司时，空中客车公司将选择“不进入”。

第二节：一、不完全信息动态博弈



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

❖ 先验信念与策略互动

- 由于空中客车公司并不知道波音公司的成本函数，因此空中客车公司只能根据自己的先验信念进行决策选择。
- 先行动的波音公司可以通过自己传递的信息影响空中客车公司的信念。
- 空中客车公司先验的认为波音公司为“有先发优势”的公司的概率为 p ，波音公司为“无先发优势”的公司的概率为 $1 - p$ 。
- 当 $p < 2/3$ 时，空中客车公司选择“进入”。
- 当 $p > 2/3$ 时，空中客车公司选择“不进入”。

第二节：一、不完全信息动态博弈



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

❖ 先验信念与策略互动

- 作为先行行动的波音公司，可以通过自己的行为改变空中客车公司的信念。
- 具体说来，先行行动的波音公司作为市场中的垄断者，如果波音公司已经建立起“先发优势”，那么波音公司选择 $p = 5.5$ 可以最大化自己的垄断利润。
- 如果波音公司“无先发优势”，那么波音公司选择 $q = 6$ 可以最大化自己的垄断利润。
- 波音公司会考虑自己的定价传递给空中客车公司的信息。

第二节：一、不完全信息动态博弈



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

❖ 先验信念与策略互动

- 如果波音公司把价格定在 $P = 6$ 的水平，那么等价于告诉空中客车公司：波音公司是一个“无先发优势”的公司。
- 当轮到空中客车公司进行决策时，空中客车公司一定会选择“进入”。
- 空中客车公司的进入会攫取部分原本属于波音公司的垄断利润。
- 波音公司理想的结果是通过自己传递的信息，让空中客车公司“知难而退”，不进入市场。
- 即使波音公司是一个“无先发优势”的公司，它也有动机把自己伪装成一个“有先发优势”的公司，从而改变空中客车公司的信念，将空中客车公司排挤在市场之外。

第二节：一、不完全信息动态博弈



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

❖ 先验信念与策略互动

- 当空中客车公司没有观察到波音公司的定价策略时，空中客车公司有一个先验信念。
- 当博弈开始后，空中客车公司可以观察到先行动的波音公司的定价策略，但观察不到波音公司的成本函数。
- 根据波音公司的定价策略，空中客车公司会修正自己的先验信念，产生后验概率。
- 空中客车公司如何根据观察到的波音公司价格的策略修改自己的先验信念呢？
- “后行动的博弈参与者怎样根据观察到的信息修改自己的先验概率，得到后验概率。”这是贝叶斯统计的一个经典问题

二：先验概率与后验概率



- ❖ 在贝叶斯统计中，人们根据历史以及经验对某随机事件概率分布的先验信念称为先验概率。
- ❖ 先验概率形成后，根据之后得到信息对先验概率进行修正，得到后验概率。
- ❖ 贝叶斯公式是连接先验概率和后验概率的桥梁。

1. 贝叶斯公式



❖ 贝叶斯公式（逆概公式）：设试验 E 的样本空间为 Ω 。
事件 A_1, A_2, \dots, A_n 构成样本空间 Ω 的一个划分（或构成一个完备事件组），且 $P(A_i) > 0$ ，（ $i = 1, 2, \dots, n$ ）则对任意一个事件 B （ $P(B) > 0$ ），有：

$$P(A_j / B) = \frac{P(A_j)P(B / A_j)}{\sum_{i=1}^n P(A_i)P(B / A_i)}$$

$$j = 1, 2, \dots, n$$

2. 贝叶斯公式应用实例



- ❖ 某公司考虑从 F 大学招聘毕业生。
- ❖ 经理甲认为：F 大学的毕业生为“高能力”的概率为 0.9，为“低能力”的概率为 0.1。
- ❖ 经理乙认为：F 大学的毕业生为“高能力”的概率为 0.7，为“低能力”的概率为 0.3。
- ❖ 人事主管先验概率：经理甲正确的概率为 0.4，经理乙正确的概率为 0.6。
- ❖ 该公司人力主管决定尝试着先招聘 5 个 F 大学的毕业生，通过观察这 5 个毕业生的实际能力，对自己的先验概率进行修正。

2. 贝叶斯公式应用实例



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

- ❖ 如果招聘来的 5 个 F 大学的毕业生都是“高能力”的。这时，
该公司人力资源主管如何修正其先验概率？
- ❖ 定义事件 A_1 和 A_2
 - $A_1 = \text{F大学毕业生“高能力”的概率为 } 0.9, \text{“低能力”的概率为 } 0.1。$
 - $A_2 = \text{F大学毕业生“高能力”的概率为 } 0.7, \text{“低能力”的概率为 } 0.3。$
- ❖ 公司人力主管的先验概率为： $P(A_1) = 0.4, P(A_2) = 0.6$
- ❖ 定义事件 $B = \text{招聘了 } 5 \text{ 个 F大学的学生，都是“高能力”}$
- ❖ 需要求解 $P(A_1/B)$ 和 $P(A_2/B)$

2. 贝叶斯公式应用实例



❖ 根据: $P(B / A_1) = 0.9^5 = 0.59049$

$$P(B / A_2) = 0.7^5 = 0.16807$$

❖ 根据贝叶斯公式, 得到:

$$P(A_1 / B) = \frac{P(A_1)P(B / A_1)}{P(A_1)P(B / A_1) + P(A_2)P(B / A_2)} = \frac{0.4 * 0.59049}{0.4 * 0.59049 + 0.6 * 0.16807} = 0.7$$

$$P(A_2 / B) = \frac{P(A_2)P(B / A_2)}{P(A_1)P(B / A_1) + P(A_2)P(B / A_2)} = \frac{0.6 * 0.16807}{0.4 * 0.59049 + 0.6 * 0.16807} = 0.3$$

❖ 公司人力主管将自己的信念进行了调整, 调整后的信念为:

$$P(A_1 / B) = 0.7 \quad P(A_2 / B) = 0.3$$

2. 贝叶斯公式应用实例



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

❖ 先验概率的再修正

- 假设该公司人力主管决定再进行一次试验。
- 该公司又从 F 大学招聘了 10 名毕业生。
- 经过一段时间的观察，发现这 10 名毕业生中，有 9 名是“高能力”，有 1 名是低能力。
- 定义事件 C = 招聘了 10 个 F 大学的学生，有 9 个是“高能力”，1 个是“低能力”。
- 根据贝叶斯公式，求解后验概率
- 需要求解 $P(A_1/C)$ 和 $P(A_2/C)$

2. 贝叶斯公式应用实例



❖ 先验概率的再修正

- 定义事件 A_1 和 A_2

- $A_1 = F$ 大学毕业生“高能力”的概率为 0.9，“低能力”的概率为 0.1。
- $A_2 = F$ 大学毕业生“高能力”的概率为 0.7，“低能力”的概率为 0.3。

- 公司人力主管的先验概率为： $P(A_1) = 0.7$, $P(A_2) = 0.3$

- 根据贝叶斯公式

$$P(A_1 / C) = \frac{P(A_1)P(C / A_1)}{P(A_1)P(C / A_1) + P(A_2)P(C / A_2)} = \frac{0.7 * 0.38742}{0.7 * 0.38742 + 0.3 * 0.12106} = 0.88$$

$$P(A_2 / C) = \frac{P(A_2)P(C / A_2)}{P(A_1)P(C / A_1) + P(A_2)P(C / A_2)} = \frac{0.3 * 0.12106}{0.7 * 0.38742 + 0.3 * 0.12106} = 0.12$$

- 公司人力主管将自己的信念再次进行了调整。

3.不断累积的经验对信念的影响



- ❖ 新增加的信息，也可能导致人力主管向另一个方向调整信念。
- ❖ 假设该公司从 F 大学招聘了 5 名毕业生。
- ❖ 经过一段时间的观察，发现这 5 名毕业生都是低能力。
- ❖ 定义事件 B = 招聘了 5 个 F 大学的学生，都是“低能力”。
- ❖ 根据贝叶斯公式，求解后验概率

$$P(A_1 / B) = \frac{P(A_1)P(B / A_1)}{P(A_1)P(B / A_1) + P(A_2)P(B / A_2)} = \frac{0.4 * 0.00001}{0.4 * 0.00001 + 0.6 * 0.00243} = 0.0027$$

$$P(A_2 / B) = \frac{P(A_2)P(B / A_2)}{P(A_1)P(B / A_1) + P(A_2)P(B / A_2)} = \frac{0.6 * 0.00243}{0.4 * 0.00001 + 0.6 * 0.00243} = 0.9973$$

3.不断累积的经验对信念的影响



- ❖ 不完全信息动态博弈中，博弈参与者在博弈开始前具备先验信念。
- ❖ 当博弈开始后，后行动的博弈参与者观察到先行动博弈参与者的部分信息。根据观察到的信息，后行动的博弈参与者会修正自己的先验概率，得到后验概率。
- ❖ 先行动的博弈参与者知道自己透露的信息会影响后行动博弈参与者的信念。
- ❖ 因此，先行动的博弈参与者在透露信息时，也要经过深思熟虑、理性权衡，尽可能让自己透露的信息能诱导后行动者形成有利于先行动者的信念。

三：1.不完全信息动态博弈的均衡



- ❖ 与不完全信息静态博弈类似，可以通过海萨尼转换将一个不完全信息动态博弈写成博弈树的表达形式。
- ❖ 一、均衡概述
- ❖ 考虑这样一个简单的不完全信息动态博弈：
- ❖ 两名博弈参与者 1 和 2。
- ❖ 博弈参与者 1 先行动，博弈参与者 2 后行动。
- ❖ 参与者 1 可能选择策略 L，也可能选择策略 R。
- ❖ 后行动的参与者 2 不知道参与者 1 的策略选择。

三：1.不完全信息动态博弈的均衡



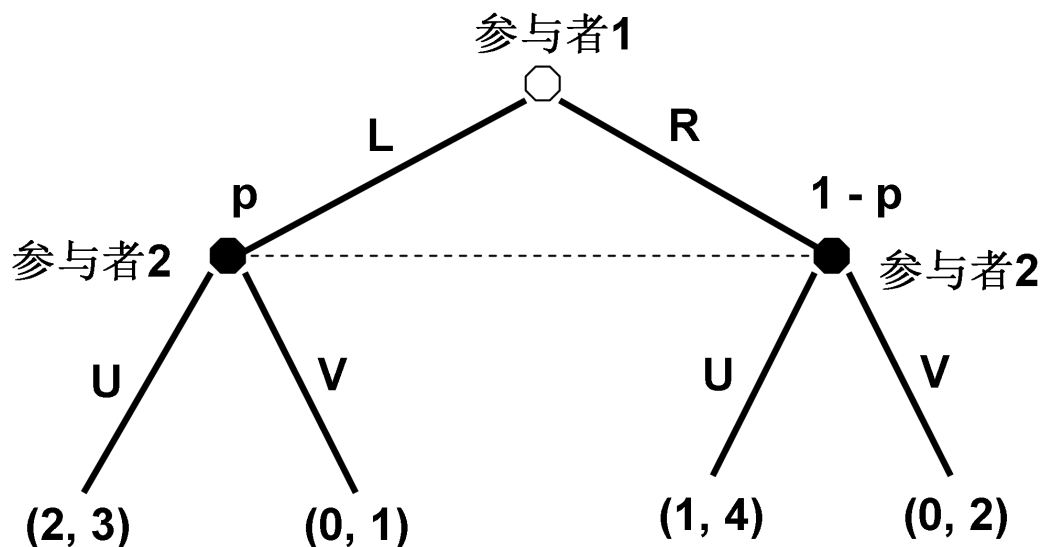
北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

- ❖ 后行动的参与者 2 具备关于参与者 1 选择的先验信念。
- ❖ 参与者 2 认为参与者 1 选择策略 L 的概率为 p ，选择策略 R 的概率为 $1 - p$ 。
- ❖ 参与者2有两个策略可以选择：U 和 V。

		参与者2	
		策略U	策略V
参与者1	策略L	(2, 3)	(0, 1)
	策略R	(1, 4)	(0, 2)

三：1.不完全信息动态博弈的均衡



- ❖ 参与者 2 的两个节点位于一个信息集内。
- ❖ 与完全信息动态博弈不同，这里假设参与者 2具有先验信念。

三：1.不完全信息动态博弈的均衡



- ❖ 根据参与者 2 的先验信念，参与者 2 选择策略 U 的预期收益为：
$$p * 3 + (1 - p) * 4 = 4 - p$$

- ❖ 参与者 2 选择策略 V 的预期收益为：
$$p * 1 + (1 - p) * 2 = 2 - p$$

- ❖ 容易得到：对于任意的 $0 \leq p \leq 1$ ，参与者 2 选择策略 U 的收益都高于选择策略 V 的收益。

- ❖ 参与者 2 会选择策略 U。

- ❖ 参与者 1 预期到参与者 2 的选择逻辑，参与者 1 会选择策略

三：1.不完全信息动态博弈的均衡



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

- ❖ 不完全信息动态博弈的均衡应具备两个特点。
- ❖ 特点 1：博弈参与者在每个博弈节点上都有一个主观信念
 - 如果某个博弈参与者的信息集为单点信息集，那么可以认为该信息集上的博弈参与者赋予此博弈节点的主观概率为 1。
- ❖ 特点2：均衡必须满足序贯理性（Sequentially Rational）。
 - 序贯理性指：在博弈的每个信息集上，博弈参与者的决策都是最优的。

2.精炼贝叶斯纳什均衡



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

❖ 完全信息动态博弈中

- 子博弈精炼纳什均衡是对纳什均衡的一种“精炼”，
- 剔除了纳什均衡中包含着“空洞威胁”的均衡。

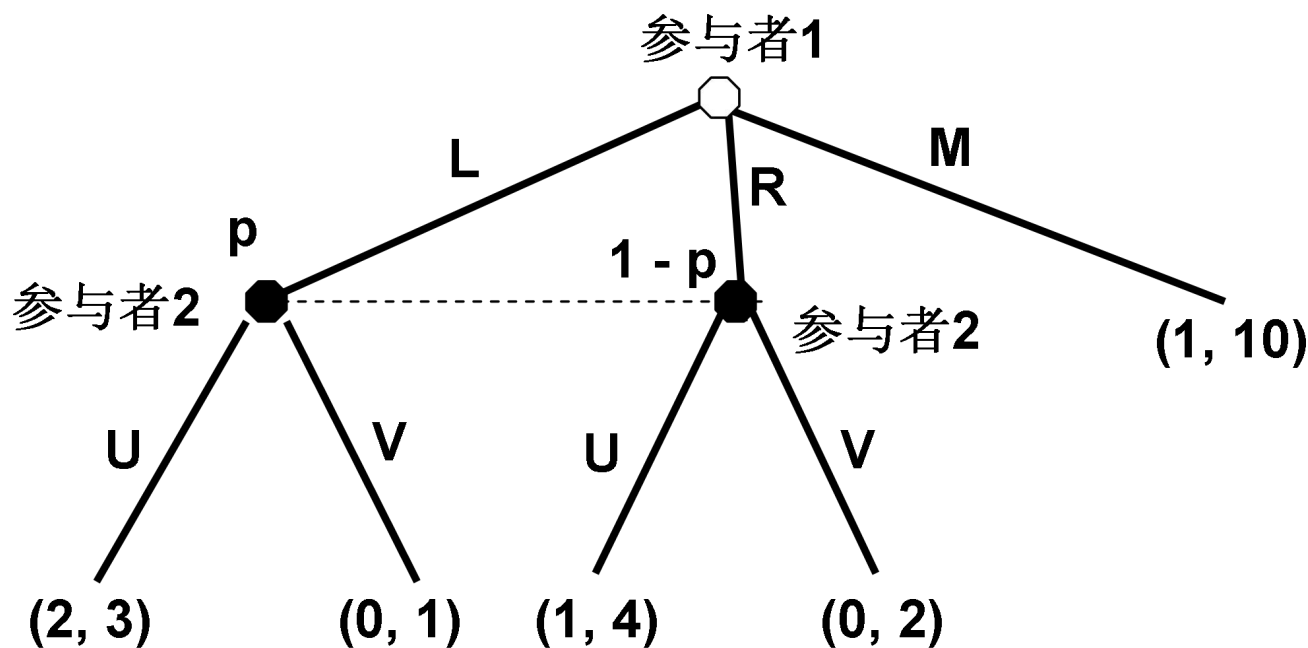
❖ 不完全信息动态博弈中

- 精炼贝叶斯纳什均衡（**Perfect Bayesian Nash Equilibrium**）指剔除了贝叶斯纳什均衡中包含“空洞威胁”的均衡，
- 是对贝叶斯纳什均衡的“精炼”。

2. 精炼贝叶斯纳什均衡



❖ 精炼贝叶斯纳什均衡实例



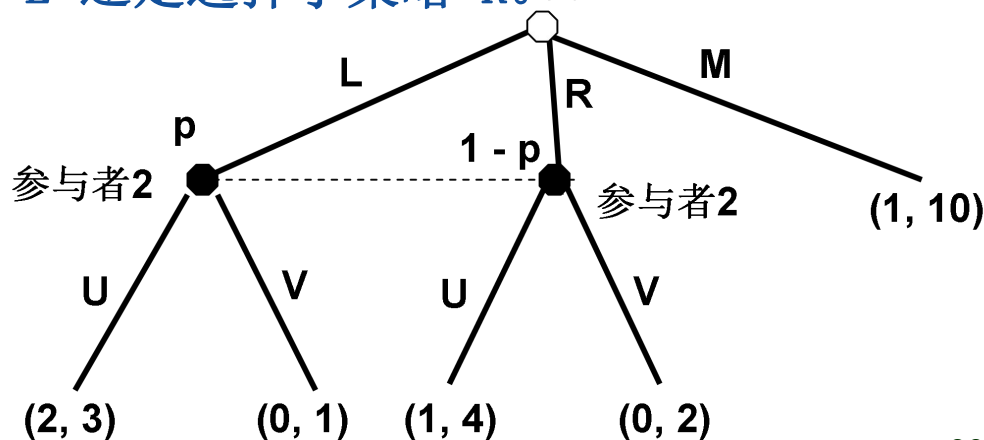
包含“空洞威胁”的博弈

2. 精炼贝叶斯纳什均衡



❖ 精炼贝叶斯纳什均衡实例

- 博弈参与者 1 有三个策略：L、R 和 M。
- 当参与者 1 选择策略 M 时，博弈结束。参与者 1 获得收益 1，参与者 2 获得收益 10。
- 当参与者 1 选择策略 L 或者策略 R 时，轮到参与者 2 进行策略选择。
- 参与者 2 能观察到参与者 1 没有选择策略 M，但参与者 2 不知道参与者 1 究竟选择了策略 L 还是选择了策略 R。
- 此博弈不存在子博弈。



2.精炼贝叶斯纳什均衡



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

❖ 精炼贝叶斯纳什均衡实例

参与者2

		策略U	策略V
参与者1	策略L	(<u>2</u> , <u>3</u>)	(0, 1)
	策略R	(1, <u>4</u>)	(0, 2)
	策略M	(1, <u>10</u>)	(<u>1</u> , <u>10</u>)

- 根据“划横线法”求解博弈的纳什均衡。
- 博弈有两个纳什均衡：(L, U) 和 (M, V)。
- 纳什均衡仅考虑在均衡处的情况，而不考虑通往均衡的路径。
- (M, V) 虽然是纳什均衡，但在实际博弈中，没有通往这个纳什均衡的路径。

2.精炼贝叶斯纳什均衡



❖ 精炼贝叶斯纳什均衡实例

- 博弈参与者 1 先行动，但参与者 1 在选择自己的策略时，会考虑自己的策略对博弈参与者 2 决策的影响。
- 如果参与者 1 没有选择策略 M，那么参与者 2 会根据自己的主观信念以及收益情况选择自己的策略。可以证明：参与者 2 必然会选择策略 U。
- 理性的参与者 1 可以预期到：如果自己不选策略 M，而是选择策略 L 或者策略 R，那么参与者 2 必然选择策略 U。
- 在这种序贯理性条件下，参与者 1 会选择策略 L，参与者 1 得到收益 2，参与者 2 得到收益 3。

2. 精炼贝叶斯纳什均衡



❖ 精炼贝叶斯纳什均衡实例

- 如果参与者 1 选择策略 M, 那么参与者 1 仅能得到收益 1。
- 所以先行动参与者 1 不会选择策略 M。
- 尽管参与者 2 不知道参与者 1 选择了策略 L 还是策略 R, 但参与者 2 必然会选择策略 U。
- 所以, 作为一个动态博弈, 博弈路径必然是: 参与者 1 选择策略 L, 参与者 2 选择策略 U。
- 博弈参与者 2 最希望看到的结果是: 参与者 1 选择策略 M, 从而博弈结束。在这种情况下参与者 2 可以获得收益 10。但是, 怎样才能让参与者 1 选择策略 M 呢?

2.精炼贝叶斯纳什均衡



❖ 不可置信的威胁

- 参与者 2 如果放出这样的威胁：“如果参与者 1 没有选择策略 M，而是选择了策略 L 或策略 R，那么参与者 2 必然选择策略 V”。
- 参与者 2 的这种威胁如果成立，那么不管参与者 1 选择策略 L 还是策略 R，参与者 1 的收益都只有 0。如果选择策略 M，参与者 1 可以得到收益 1。
- 如果参与者 2 的威胁是可置信的，那么参与者 1 就会选择策略 M，得到收益 1。参与者 2 得到收益 10。

2.精炼贝叶斯纳什均衡



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

❖ 不可置信的威胁

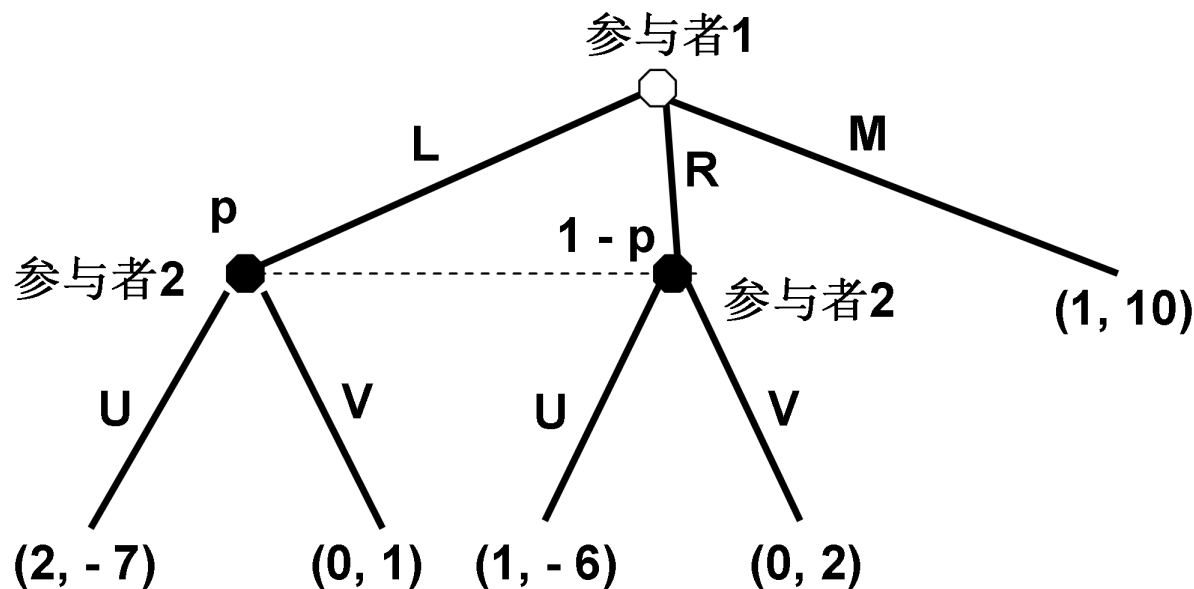
- 然而，参与者 2 的这种威胁是不可置信的威胁。
- 参与者 1 知道，如果没有选择策略 M，那么参与者 2 会放弃威胁，理性的选择策略 U。
- 博弈均衡为 (L, U) 。
- 参与者 1 得到收益 2，高于选择策略 M 的收益 1。
- 参与者 2 怎样将这种空洞的威胁变成可置信的威胁呢？

2.精炼贝叶斯纳什均衡



❖ 可置信的威胁

- 如果参与者 2 找到一个具有法律约束力的公正机构，并作出承诺：如果参与者 1 没有选择策略 M，那么参与者 2 如果选择策略 U，则捐给出10，口说无凭，立字为据。
- 在这种情况下，博弈的收益就相应发生了变化。



2.精炼贝叶斯纳什均衡



❖ 可置信的威胁

- 容易得到：参与者 2 选择策略 U 的收益都低于选择策略 V 的收益。参与者 2 会选择策略 V。
- 根据序贯理性原则，参与者 1 预期到参与者 2 必然选择策略 V。
- 如果参与者 1 选择了策略 L 或者策略 R，那么参与者 1 只能得到收益 0。
- 如果参与者 1 选择策略 M，会得到收益 1。
- 因此理性的参与者 1 会选择策略 M。博弈的均衡为：(M, V)。
- 因此，当参与者 2 将自己“必然选择策略 V”的威胁变为可置信的威胁时，参与者 1 会选择策略 M 而不是策略 L。

2.精炼贝叶斯纳什均衡



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

❖ 可置信的威胁

“可置信威胁”下的策略型表达方式

		参与者2	
		策略U	策略V
参与者1	策略L	(<u>2</u> , -7)	(0, <u>1</u>)
	策略R	(1, -6)	(0, <u>2</u>)
	策略M	(1, <u>10</u>)	(<u>1</u> , <u>10</u>)

- 博弈只有一个纳什均衡：(M, V)。
- 这个纳什均衡也是一个精炼贝叶斯纳什均衡。

2.精炼贝叶斯纳什均衡



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

❖ 精练贝叶斯纳什均衡满足的条件

- 在精练贝叶斯纳什均衡中，每个博弈参与者的策略，都必须满足两个条件：
- 第一：给定其他博弈参与者的策略和参与者的后验概率，参与者在精练贝叶斯纳什均衡处的策略都是最大化自身预期收益的策略。
- 第二：任意参与者的后验概率都是根据先验概率、进而通过贝叶斯公式计算得到。

四：1.不完全信息动态博弈的应用



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

- ❖ 在不完全信息动态博弈中，一个重要的研究领域是：怎样有效传递信号（Signal）以及存在信号传递条件下的博弈均衡。
- ❖ 迈克尔 · 斯宾塞（Michael Spence）教授研究了劳动力市场上的不完全信息、信号传递及均衡问题，为信息经济学的发展奠定了重要基础。
- ❖ 一、劳动力市场信号博弈概述
- ❖ 在劳动力市场中，雇主不能在招聘时明确知道应聘者的能力。
- ❖ 即使被录用者已在工作岗位上时，雇主也往往无法立即获知劳动者的真实能力。

四：1.不完全信息动态博弈的应用



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

- ❖ 雇主不可能随意解聘一个已经得到雇佣合同的员工。
- ❖ 劳动力市场可以看作是一个具备不对称信息特征的投资市场。
- ❖ 雇主虽然观察不到劳动者的能力，但是能够观察到劳动者的外部特征。如：性别、年龄、种族、受教育程度等。
- ❖ 雇主可以通过观察劳动者的外部特征来形成对劳动者实际能力的主观信念。
- ❖ 像性别、年龄、种族这些不受劳动者本身控制的特征，通常被称为“指标（Indices）”，只有劳动者能自我控制的特征：如受教育程度，才被称为“信号（Signal）”。

四：1.不完全信息动态博弈的应用



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

- ❖ 劳动者可以通过向雇主传递信号，还改变雇主的主观信念。
- ❖ 通常说来，劳动者的受教育程度越高，雇主认为其是高能力的劳动者的概率越大。
- ❖ 因此，劳动者的受教育程度是一个信号。
- ❖ 劳动者的受教育程度越高，劳动者得到雇佣的可能性越大。
- ❖ 如果拿到高学历不需要成本，则所有的劳动者都会选择高学历。
- ❖ 实际上，受教育需要付出成本：体力、脑力和时间等。
- ❖ 为了得到某些有利于自己的信号而付出的成本，通常被称为“信号成本（Signaling Cost）”。

四：1.不完全信息动态博弈的应用



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

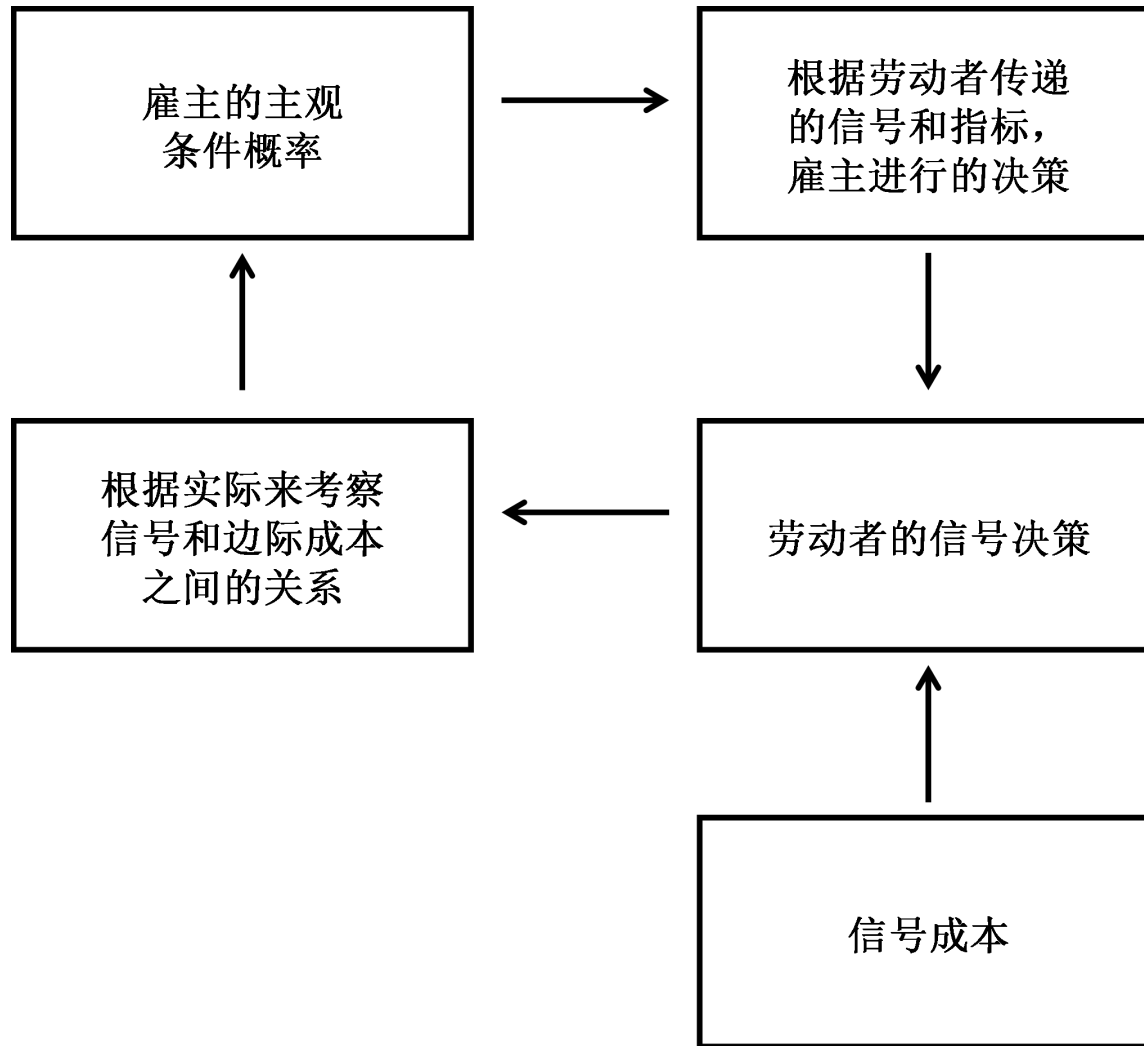
- ❖ 假设劳动者取得高学历的成本和他的能力负相关：能力越高的劳动者获得高学历所需付出的成本越低；能力越低的劳动者获得高学历所需付出的成本越高。
- ❖ 由于劳动者获得高教育水平需要付出成本，即“信号成本”，因此劳动者在决定自己接受多少年教育时，会考虑“多接受一年教育”所带来的收益和所要付出的成本的相对大小。
- ❖ 在均衡处，应满足边际收益等于边际成本。这就是“劳动者的信号决策”过程。

四：1.不完全信息动态博弈的应用



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS



劳动力市场和信号传递

四：1.不完全信息动态博弈的应用



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

- ❖ 虽然雇主认为：受教育程度越高，劳动者为高能力劳动者的概率越大。
- ❖ 但是究竟受教育程度和能力之间是怎样的量化关系呢？
- ❖ 雇主会根据以往的经验不断修正自己的判断。
- ❖ 如果以往雇佣的高学历劳动者都是高能力、低学历劳动者都是低能力，那么雇主会认为受教育程度和能力之间存在很强的相关性。反之，如果雇主以往雇佣的高学历劳动者能力并不高、低学历劳动者能力并不低，那么雇主就会逐渐认为受教育程度和能力之间不存在很强的相关性。

四：1.不完全信息动态博弈的应用



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

- ❖ 如果雇主认为受教育程度和能力之间存在很强的相关性，那么雇主就会更倾向于招聘那些高学历的劳动者，并更愿意为高学历的劳动者支付高工资。
- ❖ 反之，如果雇主认为受教育程度和能力之间不存在很强的相关性，那么雇主可能并不愿意为高学历的劳动者提供太高的工资。
- ❖ 雇主的信念对“劳动者的信号决策”也会产生影响。
- ❖ 如果劳动者预期到雇主愿意为高学历的劳动者支付高工资，那么劳动者就更有可能增加自己的受教育程度。反之，劳动者增加自己受教育程度的热情会减少。

2.数理模型



- ❖ 可以通过一个简单的数理模型考察不完全信息劳动力市场的博弈过程和均衡。
- ❖ 假设劳动人口中有两种劳动者：低能力的和高能力的。
- ❖ 低能力的劳动者的边际产值为 1；高能力的劳动者的边际产值为 2。
- ❖ 低能力劳动者占劳动者总人数的比例为： q_1 ，高能力劳动者占劳动者总人数的比例为： $1 - q_1$ 。
- ❖ 劳动者的受教育年数用 y 表示。低能力的劳动者要想获得 y 年教育经历需要付出的成本为 y ；高能力的劳动者要想获得 y 年教育经历需要付出的成本为 $y/2$ 。

2.数理模型



- ❖ 假设雇主的主观信念为：如果劳动者的受教育年数大于等于一个临界值 y^* ，那么雇主将按照高能力劳动者的边际产值给该劳动者付工资。
- ❖ 如果劳动者的受教育年数小于该临界值 y^* ，那么雇主将按照低能力劳动者的边际产值给该劳动者付工资。
- ❖ 因此，雇主付给劳动者的工资 w 与劳动者的受教育程度 y 有关。

$$w(y) = \begin{cases} 1 & \text{if } y < y^* \\ 2 & \text{if } y \geq y^* \end{cases}$$

2.数理模型



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

- ❖ 劳动者的受教育年限只可能是两种：0年或者 y^* 年。
- ❖ 雇主应该选择一个合适的 y^* ，使得低能力的劳动者选择的受教育年限为0、高能力劳动者选择的受教育年限为 y^* 。
- ❖ 这样的 y^* 能够使得雇主正确的将高能力劳动者和低能力劳动者区分开，能够正确地按照劳动者的边际产值给劳动者付工资。
- ❖ 这样的机制满足自我确认（Self-Confirming）的特征。
- ❖ 求解 y^* 的过程就是求解信号均衡（Signal Equilibrium）的过程。

3. 博弈均衡



❖ 当 $1 < y^* < 2$ 时

- 低能力的劳动者选择的受教育年限为 **0**,
- 高能力的劳动者选择的受教育年限为 **y^*** 。

受
不受

低	高
$w-y$	$w-y/2$
1	1

❖ 不同能力的劳动者选择的受教育年限不同。这样的均衡被称为分离均衡 (Separating Equilibrium)。

❖ 当 $y^* < 1$ 时

- 不管是低能力的劳动者还是高能力的劳动者都会选择受教育程度为 **y^*** 。

❖ 当 $y^* > 2$ 时

- 不管是低能力的劳动者还是高能力的劳动者都会选择受教育程度为 **0**。

❖ 不同能力的劳动者选择的受教育年限相同。这样的均衡被称为混同均衡 (Pooling Equilibrium)

本章小结



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

- ❖ 在完全信息动态博弈中，博弈参与者的行动存在先后顺序。
- ❖ 在不完全信息动态博弈中，至少有部分博弈参与者对博弈的结构、博弈参与者类型、博弈收益等信息不完全了解。
- ❖ 博弈参与者的行动存在先后顺序。
- ❖ 完全信息动态博弈的主要应用之一是Stackelberg博弈。
- ❖ 不完全信息动态博弈的主要应用之一是信号博弈。

课后思考+第三个报告



北京邮电大学

BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS

- ❖ 一个疾病散播大魔王：散播 细菌 or 病毒
- ❖ 受感染的人：流鼻涕 or 发烧
- ❖ 对抗病毒的人：消炎 or 中成药
- ❖ 问题：建立一个信号博弈模型