



**Roberto Festa**

# **AZIONI, DECISIONI E GIOCHI NELLE SCIENZE SOCIALI**

**Versione 2013-14**



# Spiegazioni causali di fatti naturali

## Domanda-perché

Perché la finestra dello studio è rotta?

## Risposta

- a) La finestra dello studio è rotta perché è stata colpita da una grossa pietra.
  - a) risponde alla domanda-perché suggerendo una ***spiegazione causale***;
  - Infatti a) **spiega** l'evento (la rottura della finestra dello studio) indicandone la **causa** (il colpo di una grossa pietra)



# Causalità, regolarità fenomeniche e leggi

- ◆ **Concezione humaneana della causalità**  
La **causalità** è costituita da
  - **regolarità fenomeniche**
  - espresse da **leggi (di natura)**.
- ◆ La concezione humaneana ispira l'idea che le spiegazioni causali possano venire così riformulate:
  - b) Tutte le finestre colpite da grosse pietre si rompono.  
La finestra dello studio è stata colpita da una grossa pietra.  

---

Quindi  
La finestra dello studio è rotta.



# Spiegazioni nomiche

- ◆ ***explanandum*** = tutto ciò che deve essere spiegato
- ◆ ***explanans*** = tutto ciò che opera la spiegazione
- ◆ ***spiegazione nomica*** = una spiegazione nella quale l'*explanans* contiene una o più leggi
  - “nomico” deriva dal termine greco *nòmos*, che significa “legge”.



# Spiegazioni nomologico-deduttive (spiegazioni ND)

## Spiegazione nomologico-deduttiva (ND)

|                            |                        |
|----------------------------|------------------------|
| <i>Leggi</i>               | $L_1, L_2, \dots, L_r$ |
| <i>Condizioni iniziali</i> | $C_1, C_2, \dots, C_k$ |

---

|                    |     |
|--------------------|-----|
| <i>Quindi</i>      |     |
| <i>Explanandum</i> | $E$ |

L'*explanandum*  $E$  viene qui **dedotto** sulla base di un *explanans* costituito dalle una o più leggi  $L_1, L_2, \dots, L_r$  e una o più condizioni iniziali  $C_1, C_2, \dots, C_k$ .



# Leggi statistiche e probabilità statistiche

- ◆ Le relazioni fra due proprietà  $A$  e  $B$  vengono spesso descritte da **leggi statistiche** cioè da leggi con questa forma:
  - “Il 90% degli  $A$  sono  $B$ ”, oppure
  - “La probabilità che un  $A$  sia  $B$  è pari al 90%”.
- ◆ La nozione di probabilità utilizzata nelle leggi statistiche viene chiamata **probabilità statistica**.



# Probabilità induttive (1)

## Approccio bayesiano alle inferenze induttive

Così denominato in onore del reverendo **Thomas Bayes** (1702-1761) che ne anticipò le idee chiave.

## Probabilità induttive

I **bayesiani** ritengono che l'**intensità** della nostra **credenza** nella verità di un'ipotesi  $H$  possa venire rappresentata da una determinata **probabilità induttiva** (o: **soggettiva, personale, epistemica**) il cui valore è compreso tra 0 e 1.

- Le probabilità induttive devono questo nome al fatto che possono venire usate per esprimere il nostro **grado di credenza nella conclusione di un'inferenza induttiva** alla luce delle premesse.



## Probabilità induttive (2)

### Esempi di probabilità induttive

- Attribuisco una **probabilità 0** all'ipotesi  $H$  nel caso in cui **sono certo che  $H$  è falsa**;
- Attribuisco **una probabilità 0,99**, cioè una probabilità del 99%, all'ipotesi  $H$  nel caso in cui **ho una quasi totale certezza nella verità di  $H$** ;
- Attribuisco una **probabilità 1** all'ipotesi  $H$  nel caso in cui **sono certo che  $H$  è vera**.



# Spiegazioni SI (1)

## Un esempio di spiegazione SI (statistico-induttiva)

# Legge statistica

Il 90% delle infezioni batteriche curate con antibiotici guariscono in meno di un mese.

### Condizione iniziale

# L'infezione batterica di Giovanni è stata curata con antibiotici

Quindi, con probabilità 90%

# Explanandum

L'infezione batterica di Giovanni è guarita in meno di un mese.



## Spiegazioni SI (2)

- ◆ Il ***doppio tratto rosso*** sotto le premesse sta a indicare che l'*explanandum* viene ***inferito induttivamente*** dall'*explanans* con una determinata probabilità induttiva indicata sulla destra (in questo caso pari al 90%).
- ◆ Si noti che la ***probabilità induttiva*** assegnata all'*explanandum* è ***identica alla probabilità statistica*** che ricorre nella legge utilizzata nell'*explanans*.



## Spiegazioni SI (3)

### Requisito dell'elevata probabilità

- ◆ Secondo Hempel una spiegazione SI è adeguata **solo se** l'*explanans* può venire inferito dall'*explanandum* con una **probabilità molto elevata**, e comunque superiore al 50%.
- ◆ Il requisito dell'elevata probabilità rende le spiegazioni SI **sostanzialmente simili** alle spiegazioni ND. In entrambi i casi, infatti, se avessimo conosciuto le condizioni iniziali **prima** del verificarsi dell'evento da spiegare, avremmo potuto **prevedere**, in base alle leggi di natura accettate, che tale evento si sarebbe verificato.



## Spiegazioni SI (4)

### *Critiche al modello hempeliano*

- ❖ Noi siamo molto spesso interessati alla spiegazione di eventi che si verificano piuttosto raramente, cioè alla ***spiegazione di eventi scarsamente probabili***.
- ❖ Tuttavia il requisito dell'elevata probabilità impedisce la spiegazione di eventi di questo genere.



## Spiegazioni SI (5)

### Esempio: l'insorgenza del cancro polmonare nei fumatori – Prima parte

- Il cancro polmonare si presenta anche nei fumatori con una frequenza relativa piuttosto bassa, di gran lunga inferiore al 50%.
- Supponiamo, per esempio, di accettare la seguente legge statistica :

$S_1$  = “Il 5% dei fumatori contraggono il cancro polmonare”.



## Spiegazioni SI (6)

### Esempio: l'insorgenza del cancro polmonare nei fumatori – Seconda parte

- Immaginiamo che Giovanni sia un fumatore e abbia contratto il cancro polmonare.
- Sulla base di  $S_1$  e della condizione iniziale “Giovanni è un fumatore”, dovremmo attribuire all'*explanans* “Giovanni ha contratto il cancro” una probabilità del 5%.



## Spiegazioni SI (7)

### **Esempio: l'insorgenza del cancro polmonare nei fumatori – Terza parte**

- Sfortunatamente il requisito dell'elevata probabilità ci vieta di utilizzare  $S_1$  per formulare una spiegazione SI del fatto che Giovanni abbia contratto il cancro.
- Tuttavia molti medici affermerebbero che il cancro di Giovanni è stato causato dal fumo, cioè che il fumo spiega il fatto che Giovanni abbia contratto il cancro.



## RS - Il modello di rilevanza statistica (1)

Il filosofo della scienza americano **Wesley Salmon** (1925-2001) ha proposto una nozione di spiegazione statistica, nota come ***modello di rilevanza statistica***, in grado di rendere conto delle intuizioni espresse dai medici in casi di questo genere.





## RS - Il modello di rilevanza statistica (2)

- ♦ Una ***spiegazione “statisticamente rilevante”*** del cancro di Giovanni non dovrebbe basarsi ***solo*** sulla legge  $S_1$ , che stabilisce la frequenza relativa del cancro polmonare nei fumatori, ma ***anche*** su una legge statistica che indichi la frequenza relativa del cancro polmonare nei non fumatori.
- ♦ Supponiamo, per esempio, di accettare la seguente legge statistica  $S_2$ :

$S_2$  = “L’1% dei non fumatori contraggono il cancro polmonare”.



## RS - Il modello di rilevanza statistica (3)

- ◆ Possiamo ora affermare che il fatto che Giovanni sia un fumatore, assieme le leggi statistiche  $S_1$  e  $S_2$ , spiegano il cancro polmonare di Giovanni.
- ◆ Infatti, secondo  $S_1$  e  $S_2$  la probabilità statistica di contrarre il cancro è cinque volte maggiore nei fumatori rispetto ai non fumatori.



## RS - Il modello di rilevanza statistica (4)

- ◆ Ciò significa che il ***fumo è statisticamente rilevante per il cancro polmonare.***
- ◆ Quindi la circostanza che Giovanni sia un fumatore è una buona spiegazione del fatto che abbia contratto il cancro, nel senso che il fumo ha notevolmente accresciuto la probabilità che tale evento si verificasse.



# IP - Inferenza pratica (1)

- 1)  $X$  **intende** produrre  $p$ .
  - 2)  $X$  **crede** di non poter produrre  $p$  se non fa  $q$ .
- 
- 3)  $X$  si dispone a **fare**  $q$ .

G. H. von Wright, *Spiegazione e comportamento*, 1971, Il Mulino, p. 121



## IP - Inferenza pratica (2)

- 1) *X intende* produrre  $p$ .
  - 2) *X crede* di poter produrre  $p$  se fa  $q$ .
- 
- 3) *X si dispone a fare*  $q$ .

G. H. von Wright, *Spiegazione e comportamento*, 1971, Il Mulino, p. 121



## ST - Spiegazione teleologica (1)

- 1) *X intendeva* suonare il campanello.
  - 2) *X credeva* che non avrebbe potuto suonare il campanello se non avesse premuto il pulsante.
- 
- 3) *X* premette il pulsante.

G. H. von Wright, *Spiegazione e comportamento*, 1971, Il Mulino, p. 143



## ST - Spiegazione teleologica (2)

- 1) *X intendeva* produrre  $p$ .
  - 2) *X credeva* che non avrebbe potuto produrre  $p$  se non avesse fatto  $q$ .
- 
- 3) *X fece*  $q$ .



## ST - Spiegazione teleologica (3)

- 1) *X intendeva* produrre  $p$ .
  - 2) *X credeva* che avrebbe potuto produrre  $p$  se avesse fatto  $q$ .
- 
- 3) *X fece*  $q$ .





## ST - Spiegazione teleologica (4)

- 1) *X intendeva* produrre *p*.
  - 2) *X credeva* che fare *q* fosse il modo migliore per ottenere *p*.
- 
- 3) *X fece* *q*.

Data la verità delle premesse 1) e 2), diciamo che *X* è ***praticamente*** razionale quando sceglie di fare *q*.



## ST - Spiegazione teleologica (5)

### Razionalità pratica e razionalità epistemica

- ✓ Può accadere che  $X$  sia ***praticamente*** razionale, ma che le sue credenze circa il modo migliore per ottenere  $p$  siano irrazionali.
- ✓ Diremo che  $X$  è ***epistemicamente*** razionale quando le sue credenze circa il modo migliore per ottenere  $p$  sono razionali.



# ST - Spiegazione teleologica (6)

## Razionalità e spiegazione teleologica

- ✓ **Domanda 1.** Per spiegare il comportamento di *X* dobbiamo assumere ***solo*** la sua razionalità pratica o ***anche*** la sua razionalità epistemica?
- ✓ **Domanda 2.** Possiamo parlare di razionalità anche a proposito delle intenzioni di *X*? E dobbiamo assumere che *X* abbia “intenzioni razionali” per spiegare il suo comportamento?



## ST - Spiegazione teleologica (7)

1. ***Preferenze*** (obiettivi, fini, desideri)
2. ***Opinioni*** (credenze, attese)

---
3. ***Azione*** (decisione, scelta)



# IM – Individualismo metodologico (1)

## Origine di IM

IM è un ***precetto metodologico per le scienze sociali*** introdotto da Max Weber (*Economia e Società*, 1922).

## Alcuni testi brevi

Cristina Bicchieri, *Razionalità e azione collettiva*, Feltrinelli, Milano, 1998, Cap.1

Joseph Heath, “Methodological Individualism”, *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, <http://plato.stanford.edu/entries/methodological-individualism/>



# IM – Individualismo metodologico (2)

## Definizioni di IM

- ♦ MI è la tesi che i ***fenomeni sociali*** devono essere spiegati mostrando come essi siano il risultato di ***azioni individuali***, che a loro volta devono essere spiegate con riferimento agli ***stati intenzionali*** che motivano gli attori individuali.
- ♦ MI è la tesi che le spiegazioni dei macrofenomeni sociali devono avere ***“microfondazioni”***, che ne precisino i sottostanti meccanismi costituiti da ***azioni individuali***.
- ♦ MI è la tesi che la ***spiegazione o previsione*** di un macrofenomeno comporta la sua ricostruzione a partire da un insieme di ***azioni individuali*** delle quali in genere si assume la ***razionalità***.



## IM – Individualismo metodologico (3)

- ❖ IM è l'opposto dell'**olismo metodologico**. IM preclude il funzionalismo, molti tipi di sociobiologia, i metodi psicanalitici e di “ermeneutica profonda”, e qualunque forma di esposizione fondata su un'analisi puramente statistica.
- ❖ I difensori di IM affermano spesso che IM è privo di qualunque **contenuto ideologico**. Per esempio, IM non implica un sistema individualistico di valori.
  - Infatti, i difensori di IM includono anche i marxisti analitici.
  - Su IM, TG e marxismo analitico, si veda Jon Elster.



# IM e le società artificiali (1)

***Semplici regolarità*** nelle interazioni tra i  
***membri*** di un sistema sociale



*talvolta producono*

***complesse regolarità*** nel comportamento  
dell'intero ***sistema***.





# IM e le società artificiali (2)

## Società artificiali e teorie ABM

- ❖ Nell'ultimo trentennio questa “vecchia” idea è stata incorporata in programmi per la ***simulazione computerizzata dei sistemi sociali*** talvolta chiamati ***società artificiali***.
- ❖ I programmi per la simulazione computerizzata dei sistemi sociali sono anche noti come ***agent-based models***, o ***ABM***.
- ❖ ***teorie ABM*** = teorie della complessità sociale formulate nei termini di ***agent-based models***.



## IM e le società artificiali (3)

Thomas Schelling (*Micromotives and Macrobehavior*, 1978) → uno dei primi tentativi di analizzare le relazioni tra “**micromotivazioni**” individuali e “**macrocomportamento**” del sistema sociale sulla base di una teoria ABM.

### Comportamento contingente

Spesso gli obiettivi e il comportamento di un individuo dipendono dalle “caratteristiche globali” di un ambiente formato dal comportamento di altri individui che perseguono i loro obiettivi. Diremo allora che gli agenti esibiscono un **comportamento contingente**.



# IM e le società artificiali (3)

- ❖ Consideriamo un sistema sociale i cui membri esibiscono un comportamento contingente. Allora ciascun agente reagirà secondo certi ***schemi di comportamento*** alle caratteristiche del sistema cui appartiene e, in tal modo, contribuirà a modificarlo.
- ❖ **Effetti non-intenzionali.** In molti casi questo meccanismo condurrà a “***risultati aggregati***” che nessun agente desidera e che nessun agente comprende di aver contribuito a determinare.
  - ❖ **Esempio.** Attraverso meccanismi di questo genere le decisioni relative al risparmio individuale possono causare depressione o inflazione.



## IM e le società artificiali (4)

- ❖ **Modello di segregazione** di Schelling (1978) → la più nota applicazione delle teorie ABM.
- ❖ **Segregazione** → **processo collettivo innescato da un comportamento individuale discriminatorio**, cioè dalla tendenza a prendere alcune decisioni – dove abitare, dove sedersi, che lavoro scegliere o evitare – sulla base di determinate caratteristiche degli altri individui, come il sesso, l'età, la religione o il colore della pelle.
- ❖ **Segregazione spaziale** → processo che porta alla formazione di quartieri abitati soltanto, o quasi, da individui dello stesso gruppo etnico.

## IM e le società artificiali (5)



Robert Axelrod (*The Complexity of Cooperation*, 1997, p. 215)  un semplice esempio del modo in cui si applica il modello di segregazione di Schelling.

- ❖ Rappresentiamo lo spazio residenziale come una scacchiera con sessantaquattro quadrati sui quali vengono collocati casualmente un certo numero di agenti Bianchi e Neri.
- ❖ Ogni quadrato ospiterà non più di un agente e alcuni quadrati saranno lasciati vuoti.
- ❖ I ***vicini immediati*** di un agente sono gli occupanti degli otto quadrati adiacenti al suo.



## IM e le società artificiali (6)

Immaginiamo che gli agenti possano migrare sulla scacchiera in base a questa ***semplice regola di comportamento***:

- i. un ***agente è soddisfatto*** della sua collocazione sulla scacchiera, e resta quindi nel suo quadrato, se almeno tre dei suoi vicini immediati sono del suo stesso colore;
- ii. altrimenti l'***agente non è soddisfatto*** e si sposta nel più vicino tra i quadrati liberi che gli permette di essere soddisfatto.



## IM e le società artificiali (7)

Possiamo ora avviare il seguente processo:

1. distribuiamo casualmente sulla scacchiera una quarantina di agenti Bianchi e Neri;
2. applichiamo a tutti la regola di comportamento appena descritta;
3. ripetiamo il processo una cinquantina di volte.



## IM e le società artificiali (8)

- Alla fine del processo vedremo distintamente il manifestarsi della **segregazione spaziale**, cioè della tendenza degli agenti ad aggregarsi in zone cromaticamente omogenee.
- Le piccole dimensioni di questo modello consentono di effettuare la simulazione anche “a mano”.
- Tuttavia, non appena rendiamo il modello più realistico, considerando **scacchiere con alcune migliaia di caselle e agenti**, e numerose ripetizioni del processo, diventa indispensabile ricorrere a tecniche di simulazione computerizzata.





## IM e le società artificiali (9)

Le simulazioni ABM dei processi di segregazione permettono di rispondere a interessanti interrogativi sulla struttura del processo di segregazione. Possiamo chiederci, per esempio:

- a. la tendenza alla segregazione è più o meno veloce nel caso in cui uno dei due colori prevale nettamente nella popolazione?
- b. vi è, oppure no, una più spiccata tendenza delle minoranze a compattarsi in zone cromaticamente omogenee?



# Teoria dei giochi (1)

## Una definizione della teoria dei giochi (TG)

TG è l'analisi sistematica delle *interazioni strategiche* tra *giocatori razionali*.

## Obiettivi, attese e scelte dei giocatori

Le *scelte* (o *azioni*) di un giocatore dipenderanno da:

- 1) i suoi **obiettivi**, cioè dalle sue **preferenze** tra i possibili risultati dell'interazione;
- 2) dalle sue **attese** circa le scelte degli altri giocatori.



# Teoria dei giochi (2)

## Preistoria di TG

Le TG-intuizioni risalgono all'antichità.

## L'invenzione di TG

TG è stata inventata da John von Neumann e Oskar Morgenstern (*The Theory of Games and Economic Behavior*, 1944).



# Esempi di TG-intuizioni (1)

- **Il soldato di Platone**

C'è un soldato al fronte che aspetta assieme ai suoi compagni un attacco nemico. Dovrebbe restare al suo posto o darsela a gambe senza curarsi di chi vincerà la battaglia?

- **Le navi bruciate di Cortez**

Dopo il suo approdo in Messico, alla testa di un piccolo esercito, Cortez bruciò le navi che avevano trasportato i suoi soldati. Perché lo fece?



## Esempi di TG-intuizioni (2)

- ◆ **L'“Enrico V” di Shakespeare**

Nella battaglia di Agincourt Enrico V decise di sgozzare i prigionieri francesi, sotto lo sguardo del nemico. Perché lo fece?

- ◆ **Il Leviatano di Hobbes**

Una TG-justificazione dello stato e delle sue restrizioni alle libertà individuali.



# Interazione strategica

- ◆ **L'ambiente dell'interazione strategica**  
Che un agente raggiunga, oppure no, i risultati da lui preferiti dipende da un fondamentale aspetto del suo ambiente: ***l'insieme delle attese degli altri agenti circa la sua strategia***, e le loro possibili reazioni alla sua strategia.
- ◆ **Manipolazione reciproca**  
Mentre gli agenti cercano di manipolare il loro ambiente, il loro ambiente cerca di manipolare loro.



# Decisioni (non-)parametriche

## Decisioni parametriche

Puoi ***agire parametricamente*** su un mondo passivo.

## Decisioni non-parametriche

Puoi ***agire non parametricamente*** su un mondo che cerca a sua volta di agire in previsione delle tue azioni



# Una decisione parametrica: dare un calcio a un sasso

**Vuoi dare un calcio a un sasso per buttarlo giù dalla collina?**

Devi *solo* confrontare la massa del sasso con la forza del tuo colpo e altre variabili - cioè altri ***parametri*** del mondo – che sono ***indipendenti dalle tue intenzioni***.





## Una decisione non-parametrica: dare un calcio a qualcuno

**Vuoi dare un calcio a qualcuno per  
buttarlo giù dalla collina?**

Devi mascherare i tuoi piani fino a che l'altro non fa più in tempo a sfuggire alla tua azione o a prevenirla. Le sue azioni ***non sono parametri***: dipenderanno dalle ***sue attese circa le tue intenzioni***.



# Due tipi di decisione parametrica

## 1) Decisioni in condizioni di certezza

- L'agente ***conosce con certezza*** lo stato del mondo e, quindi, anche il risultato di ogni sua possibile azione.

## 2) Decisioni in condizioni di rischio

- L'agente ***non conosce con certezza*** lo stato del mondo ma può solo attribuire determinate probabilità ai possibili stati del mondo e, quindi, anche ai possibili risultati delle sue azioni.



# Il problema dell'ombrello (1): azioni e stati del mondo

## ***Azioni***

Ombrello ( $O$ )

Nessun ombrello ( $N$ )

## ***Stati del mondo***

Pioggia ( $P$ )

Sereno ( $S$ )



## Il problema dell'ombrello (2): probabilità

Probabilità di Pioggia  $\longrightarrow p(P) = 0.3$

Probabilità di Sereno  $\longrightarrow p(S) = 0.7$



## Il problema dell'ombrello (3): risultati e utilità

Utilità(Ombrello, Pioggia)  $\longrightarrow U(O, P) = 10$

Utilità(Ombrello, Sereno)  $\longrightarrow U(O, S) = 50$

Utilità(Nessun ombrello, Pioggia)  $\longrightarrow U(N, P) = 0$

Utilità(Nessun ombrello, Sereno)  $\longrightarrow U(N, S) = 100$



## Il problema dell'ombrello (4): la figura

*Azioni*

*O*

*N*

*Stati del mondo*

*P*

*S*

|    |     |
|----|-----|
| 10 | 50  |
| 0  | 100 |

$$p(P) = 0.3 \quad p(S) = 0.7$$



## Il problema dell'ombrello (5): utilità attese

**Utilità attesa di Ombrello** →  **$U(O)$**

$$\begin{aligned} U(O) &= p(P) \times U(O, P) + p(S) \times U(O, S) \\ &= 0.3 \times 10 + 0.7 \times 50 = \mathbf{38} \end{aligned}$$

**Utilità attesa di Nessun ombrello** →  **$U(N)$**

$$\begin{aligned} U(N) &= p(P) \times U(N, P) + p(S) \times U(N, S) \\ &= 0.3 \times 0 + 0.7 \times 100 = \mathbf{70} \end{aligned}$$



## **Il problema dell'ombrello (6): la soluzione!**

**La regola di decisione per i casi di incertezza**  
Massimizza la tua utilità attesa!

**La soluzione del problema dell'ombrello**  
Nessun ombrello! (poiché  $70 > 38$ )





# Gioco 1 - competizione negli affari

|                    |          | <i>Venditore Q</i> |          |
|--------------------|----------|--------------------|----------|
|                    |          | <i>A</i>           | <i>B</i> |
| <i>Venditore P</i> | <i>A</i> | 39                 | 30       |
|                    | <i>B</i> | 24                 | 42       |

M. D. Davis, *Game Theory. A Nontechnical Introduction*, p. 4, Fig. 1.1



## Gioco 2 - conflitto militare

|                   |          | <i>Generale Q</i> |          |
|-------------------|----------|-------------------|----------|
|                   |          | <i>A</i>          | <i>B</i> |
| <i>Generale P</i> | <i>A</i> | 39                | 30       |
|                   | <i>B</i> | 24                | 42       |

M. D. Davis, *Game Theory. A Nontechnical Introduction*, p. 5, Fig. 1.2



## Gioco 3 - campagna politica

*Aspirante candidato Q*

*Aspirante  
candidato P*

*A*

*B*

*A*

*B*

39

30

24

42

M. D. Davis, *Game Theory. A Nontechnical Introduction*, p. 5, Fig. 1.3



# Struttura e soluzione dei giochi 1-3

- ◆ I giochi 1-3 condividono la stessa **struttura formale** (nonostante il loro diverso “contenuto materiale”).
- ◆ Quindi, i giochi 1-3 condividono la stessa **soluzione**, cioè la stessa “strategia ottimale”.



# I principali obiettivi di TG

- 1) L'*analisi della **struttura formale*** dei diversi tipi di gioco
- 2) L'*identificazione della **soluzione*** dei diversi tipi di gioco



# Interpretazioni e applicazioni di TG

## Interpretazione normativa (prescrittiva)

Applicazioni → buoni consigli ai giocatori

## Interpretazione descrittiva

Applicazioni → spiegazione e previsione del comportamento dei giocatori



# Elementi fondamentali di un gioco

- ◆ **Giocatori** → almeno 2
  - Primo giocatore ~~R, A, I, Tu~~
  - Secondo giocatore → C, B, Il, Tuo avversario
- ◆ **Azioni (mosse)** → almeno 2 per giocatore
- ◆ **Strategie (piani d'azione)**
  - Strategie pure (azioni, mosse)
  - Strategie miste (piani randomizzati d'azione)
- ◆ **Risultati (esiti)** → determinati dalle azioni dei giocatori
- ◆ **Payoff (utilità, vincite, guadagni, pagamenti, incentivi)**



# La matrice dei payoff (1)

*Tuo avversario*

|           |          | <i>Tuo avversario</i>                                                      |           |
|-----------|----------|----------------------------------------------------------------------------|-----------|
|           |          | <i>I</i>                                                                   | <i>II</i> |
| <i>Tu</i> | <i>A</i> | 3                      -3                      10                      -10 |           |
|           | <i>B</i> | 4                      -4                      7                      -7   |           |





## La matrice dei payoff (2)

*Tuo avversario*

*I*

*II*

*Tu*

*A*

(3, -3)

(10, -10)

*B*

(4, -4)

(7, -7)



## La matrice dei payoff in un gioco a somma zero

|           |          | <i>Tuo avversario</i> |           |
|-----------|----------|-----------------------|-----------|
|           |          | <i>I</i>              | <i>II</i> |
| <i>Tu</i> | <i>A</i> | 3                     | 10        |
|           | <i>B</i> | 4                     | 7         |



# Sasso Carta Forbici (morra cinese): un gioco simmetrico a somma zero

*Tuo avversario*

|           |          | <i>S</i> | <i>C</i> | <i>F</i> |
|-----------|----------|----------|----------|----------|
| <i>Tu</i> | <i>S</i> | 0        | 1        | -1       |
|           | <i>C</i> | -1       | 0        | 1        |
|           | <i>F</i> | 1        | -1       | 0        |



# Strategie miste per la morra cinese (1)

## Esempio di strategia mista per la morra cinese

Lancia un normale dado e scegli la tua mossa in base al risultato del lancio, secondo questo schema:

- Se esce 1 o 2 gioca *S*;
- Se esce 3 o 4 gioca *C*;
- Se esce 5 o 6 gioca *F*.

Questa strategia equivale alla decisione di scegliere a caso la mossa da giocare, attribuendo la stessa probabilità, pari a  $1/3$ , alle tre mosse *S*, *C* ed *F*.



## Strategie miste per la morra cinese (2)

### Un'infinità di strategie miste per la morra cinese

Possiamo definire ***infinite strategie miste*** per la morra cinese, tutte basate sul seguente schema:

- gioca  $S$  con probabilità  $p(S)$ ;
- gioca  $C$  con probabilità  $p(C)$ ;
- gioca  $F$  con probabilità  $p(F)$

dove  $p(S) + p(C) + p(F) = 1$ .



Che fai *Tu* in questo gioco a somma zero?

*Tuo avversario*

|           |          | <i>I</i> | <i>II</i> | <i>III</i> |
|-----------|----------|----------|-----------|------------|
| <i>Tu</i> | <i>A</i> | 5        | -2        | 1          |
|           | <i>B</i> | 6        | 4         | 2          |
|           | <i>C</i> | 0        | 7         | -1         |



## Un ragionamento in due tappe

- ◆ Cosa devi fare Tu ***se sai*** in anticipo la mossa del Tuo avversario?
- ◆ Cosa devi fare Tu ***se non sai*** quello che farà il Tuo avversario?



# Il principio di conoscenza comune

Vi è tra i giocatori **conoscenza comune dell'altrui razionalità**, nel senso che:

- 1) tutti sanno che tutti i giocatori sono perfettamente razionali;
- 2) tutti sanno che tutti sanno che tutti sono perfettamente razionali, e così via all'infinito.





# Dominanza e dominanza stretta

|   |   |   |   |    |
|---|---|---|---|----|
| A | 4 | 7 | 1 | 56 |
| B | 5 | 8 | 1 | 59 |
| C | 5 | 8 | 2 | 59 |

- *B domina A*
- *C domina B*
- *C domina (strettamente) A*
- *Quindi: C è la strategia dominante di R*



# Il principio di dominanza

## Due versioni del principio di dominanza

**(PD.1)** Non attuare una strategia dominata!

Da **(PD.1)** segue il seguente principio:

**(PD.2)** Se possiedi una strategia dominante, cioè una strategia che domina tutte le altre strategie in tuo possesso, attualala!



# Il principio iterativo di dominanza

## (PID) Principio iterativo di dominanza

- 1) Elimina dalla matrice del gioco qualunque riga o colonna corrispondente a strategie dominate!
- 2) Dalla matrice ridotta in base a (1) elimina qualunque riga o colonna corrispondente a strategie dominate!
- 3) Applica le tappe (1)-(2) fino a che la matrice ridotta non include più nessuna strategia dominata!
- 4) Se al termine delle tappe (1)-(3) hai ottenuto una matrice con una sola riga (colonna), questa è la mossa ottimale di  $R$  ( $C$ ).
- 5) Se le cose non stanno così ... applica un'altra regola di decisione!



# Alleati e Giapponesi

*Giapponesi*

*Rotta Nord* *Rotta Sud*

*Alleati*

*Rotta Nord*

*Rotta Sud*

|          |          |
|----------|----------|
| 2 giorni | 2 giorni |
| 1 giorno | 3 giorni |

M. D. Davis, *Game Theory. A Nontechnical Introduction*, p. 13, Fig. 2.6



# Scegliere una piattaforma politica (1)

|                  |                       | <i>Partito B</i>  |                   |                       |
|------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|
|                  |                       | <i>Appoggia X</i> | <i>Appoggia Y</i> | <i>Resta neutrale</i> |
| <i>Partito A</i> | <i>Appoggia X</i>     | 45%               | 50%               | 40%                   |
|                  | <i>Appoggia Y</i>     | 60%               | 55%               | 50%                   |
|                  | <i>Resta neutrale</i> | 45%               | 55%               | 40%                   |

M. D. Davis, *Game Theory. A Nontechnical Introduction*, p. 15, Fig. 2.7



# Scegliere una piattaforma politica (2)

|                  |                       | <i>Partito B</i>  |                   |                       |
|------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|
|                  |                       | <i>Appoggia X</i> | <i>Appoggia Y</i> | <i>Resta neutrale</i> |
| <i>Partito A</i> | <i>Appoggia X</i>     | 45%               | 10%               | 40%                   |
|                  | <i>Appoggia Y</i>     | 60%               | 55%               | 50%                   |
|                  | <i>Resta neutrale</i> | 45%               | 10%               | 40%                   |

M. D. Davis, *Game Theory. A Nontechnical Introduction*, p. 16, Fig. 2.8



# Scegliere una piattaforma politica (3)

|                  |                       | <i>Partito B</i>  |                   |                       |
|------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|
|                  |                       | <i>Appoggia X</i> | <i>Appoggia Y</i> | <i>Resta neutrale</i> |
| <i>Partito A</i> | <i>Appoggia X</i>     | 35%               | 10%               | 60%                   |
|                  | <i>Appoggia Y</i>     | 45%               | 55%               | 50%                   |
|                  | <i>Resta neutrale</i> | 40%               | 10%               | 65%                   |

M. D. Davis, *Game Theory. A Nontechnical Introduction*,, p. 16, Fig. 2.9



# Equilibrio di Nash (EN)

## Strategie in equilibrio

Due strategie sono in equilibrio – cioè formano un EN - se nessun giocatore ha interesse a cambiare unilateralmente la propria strategia.

## Equilibrio di Nash (EN)

Un EN (o: equilibrio, punto d'equilibrio) è un risultato del gioco corrispondente a una coppia di strategie in equilibrio.





## EN nei giochi a somma zero: uno, nessuno o centomila

- ◆ In alcuni giochi a somma zero vi è ***più di un equilibrio*** associato a strategie ***pure***.
  - PS. In tal caso gli equilibri avranno gli stessi payoff.
  
- ◆ In alcuni giochi a somma zero non vi è ***nessun equilibrio*** associato alle strategie ***pure***.
  - **Esempio:** il gioco della morra cinese



# Strategia maximin (1)

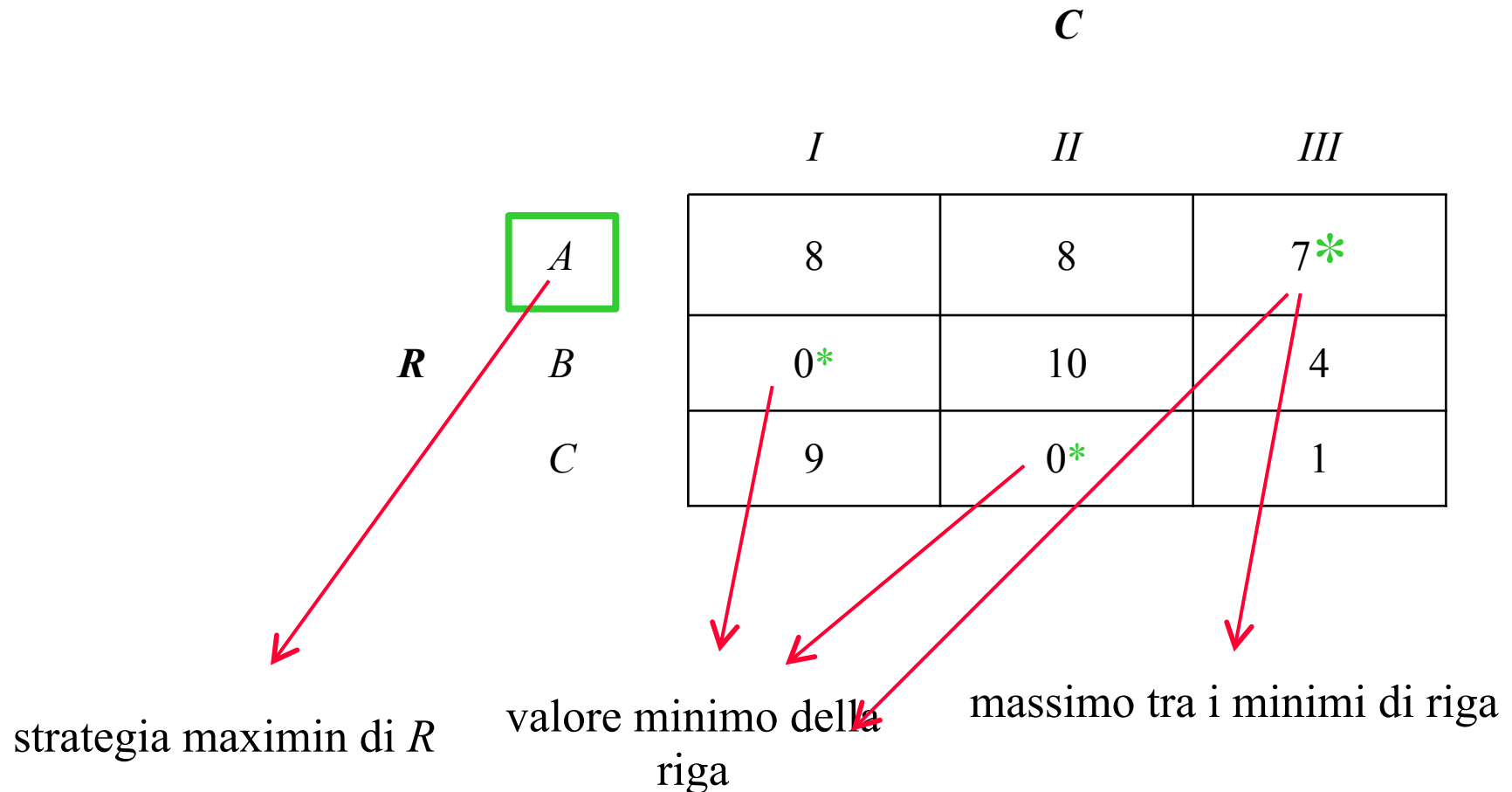
## Strategia maximin di $R =$

la strategia (riga) caratterizzata dal *massimo tra i valori minimi di tutte le righe*. Questo valore viene detto **maximin**.

PS. Anche il risultato corrispondente al valore maximin viene spesso denominato “maximin”.



# Strategia maximin (2): un esempio





# Strategia minimax (1)

## Strategia minimax di $C =$

la strategia (colonna) caratterizzata dal *minimo tra i valori massimi di tutte le colonne*. Questo valore viene detto **minimax**.

PS. Anche il risultato corrispondente al valore minimax viene spesso denominato “minimax”.



# Strategia minimax (2): un esempio

strategia minimax di *C*

|          |          | <i>C</i> |           |            |
|----------|----------|----------|-----------|------------|
|          |          | <i>I</i> | <i>II</i> | <i>III</i> |
| <i>R</i> | <i>A</i> | 8        | 8         | *7         |
|          | <i>B</i> | 0        | *10       | 4          |
|          | <i>C</i> | *9       | 0         | 1          |

valore massimo della colonna

minimo tra i massimi di  
colonna



## Se $\text{maximin} = \text{minimax}$ (1)

Supponiamo che  $\text{maximin} = \text{minimax}$ . Allora:

- ❑ il risultato  $\text{maximin} = \text{minimax}$  è un EN ...
- ❑ ... ed è anche la **soluzione del gioco!**



## Se maximin = minimax (2): un esempio

|          |          | <i>C</i> |           |            |
|----------|----------|----------|-----------|------------|
|          |          | <i>I</i> | <i>II</i> | <i>III</i> |
| <i>R</i> | <i>A</i> | 8        | 8         | *7*        |
|          | <i>B</i> | 0*       | *10       | 4          |
|          | <i>C</i> | *9       | 0*        | 1          |

Il risultato (*A*, *III*), con payoff 7 per *R*, è la soluzione del gioco!



# Se maximin $\neq$ minimax: un esempio

|          |          | <i>C</i> |           |            |
|----------|----------|----------|-----------|------------|
|          |          | <i>I</i> | <i>II</i> | <i>III</i> |
| <i>R</i> | <i>A</i> | 8        | 8         | 4*         |
|          | <i>B</i> | 0*       | *10       | *7         |
|          | <i>C</i> | *9       | 0*        | 1          |





## Il teorema minimax (o teorema maximin)

- ♦ In ogni gioco a somma zero vi è un valore  $V$  – detto valore del gioco - che rappresenta il **valore atteso** che *Tu* puoi aspettarti di vincere dal *Tuo avversario* se vi comportate entrambi razionalmente.
- ♦ In qualunque gioco a somma zero *Tu* sei sempre in possesso di una strategia che ti garantirà un valore atteso  $V$ . Ciò significa che il *Tuo avversario* non può fare nulla per impedirti di ottenere un valore atteso  $V$  (cf. Davis, *Game Theory*, p. 38).



# Funzioni di utilità

- ◆ **Significato.** Una *funzione di utilità* è una rappresentazione numerica delle *preferenze* di una persona relativamente a certi oggetti (per esempio, ai possibili risultati di un gioco).
- ◆ **Esistenza.** Date le preferenze di una persona, possiamo sempre trovare una funzione di utilità che le rifletta, purché esse siano *internamente coerenti* (per esempio, dovrebbero essere transitive).
- ◆ **Unicità.** La funzione di utilità che riflette le preferenze di una persona è *unica a meno di una trasformazione lineare positiva*.



# Massimizzare l'utilità attesa

## Perché un giocatore dovrebbe massimizzare la sua utilità attesa?

- ❖ In primo luogo vi sono le preferenze del giocatore; la funzione di utilità viene dopo. Il giocatore **non** cerca di massimizzare la sua utilità (attesa); forse non sa neppure che esista qualcosa del genere.
- ❖ Tuttavia, un giocatore può agire **come se** stesse massimizzando la sua utilità, grazie al modo in cui la sua funzione di utilità è stata determinata, sulla base delle sue preferenze coerenti (cf. Davis, *Game Theory*, p. 67).



# ***Il continuum* dei giochi a due persone**

- ◆ **Primo estremo: giochi con totale conflitto di interessi**
  - Detti anche: giochi puramente competitivi (Schelling 1960), giochi a somma zero, giochi a somma costante.
- ◆ **Secondo estremo: giochi con totale coincidenza di interessi**
  - Detti anche: giochi puramente cooperativi (Schelling 1960), giochi di coordinazione, giochi a differenza zero.
- ◆ **Il continuum tra gli estremi: giochi con parziale coincidenza (conflitto) di interessi**
  - Detti anche: giochi a motivazione mista (Schelling 1960), giochi misti, giochi a somma non-zero.



# Un gioco a somma non zero

*Tuo avversario*

*A*

*B*

*Tu*

*a*

(0, 0)

(10, 5)

*b*

(5, 10)

(0, 0)

Davis, *Game Theory. A Nontechnical Introduction*, p. 82, Fig. 5.4



# La battaglia dei sessi

|               |                 | <i>Marito</i> |                 |
|---------------|-----------------|---------------|-----------------|
|               |                 | <i>Lotta</i>  | <i>Balletto</i> |
| <i>Moglie</i> | <i>Lotta</i>    | (2, 3)        | (1, 1)          |
|               | <i>Balletto</i> | (1, 1)        | (3, 2)          |

Davis, *Game Theory. A Nontechnical Introduction*, p. 88, Fig. 5.8



## Pareto-dominanza e Pareto-ottimalità

Siano  $(x, y)$  e  $(w, z)$  due risultati possibili del gioco. Allora:

- ❖  $(x, y)$  è **Pareto-dominato** da  $(w, z)$  sse, passando da  $(x, y)$  a  $(w, z)$ , nessun giocatore diminuisce il suo payoff e almeno uno dei due lo accresce.
- ❖  $(x, y)$  è **Pareto-ottimale** sse  $(x, y)$  non è dominato da nessun altro risultato  $(w, z)$ .



# EN e Pareto-ottimalità in DP

|           |          | <i>Tuo avversario</i> |          |
|-----------|----------|-----------------------|----------|
|           |          | <i>C</i>              | <i>D</i> |
| <i>Tu</i> | <i>C</i> | (3, 3)                | (0, 4)   |
|           | <i>D</i> | (4, 0)                | (2, 2)   |

- ♦  $(D, D)$  è il **solo EN**  $\longrightarrow$   $(D, D)$  è la **soluzione** di DP.
- ♦ Passando da  $(D, D)$  a  $(C, C)$  entrambi i giocatori accrescono i loro payoff  $\longrightarrow$   $(D, D)$  è Pareto-dominato da  $(C, C)$   $\longrightarrow$   $(D, D)$  non è Pareto-ottimale.

➤ PS. Si noti che  $(D, D)$  è l'unico risultato **non** Pareto-ottimale.





# Dilemmi sociali

**Dilemma sociale.** Situazione in cui la soluzione di un gioco – cioè l'unico EN o, se ve n'è più d'uno, il migliore EN del gioco – **non** è Pareto-ottimale

- ♦ I dilemmi sociali rivelano l'esistenza di una tensione tra la razionalità individuale e la razionalità collettiva (o il benessere sociale)
- ♦ DP è il più famoso dilemma sociale, ma ve ne sono molti altri.



# Payoff e comunicazione nei giochi misti

- ◆ Nei *giochi puramente competitivi* i payoff ci dicono tutto quel che ci serve per risolvere il gioco.
- ◆ Nei *giochi misti* i payoff ci raccontano solo una parte di quel che ci serve. Altri importanti aspetti del gioco sono:
  - La possibilità che i giocatori **comunichino** fra loro e **facciano accordi**
  - La **natura degli accordi**; per esempio si tratta di accordi vincolanti? E in che modo vengono fatti applicare?



# Impegno e mosse strategiche

- ◆ ***Impegni non condizionali***
  - Avvertimenti
  - Promesse unilaterali
  
- ◆ ***Impegni condizionali***
  - Minacce
  - Promesse (bilaterali)
  - Combinazioni di minacce e promesse



## Avvertimento

|     |      | $C$           |      |
|-----|------|---------------|------|
|     |      | $I$           | $II$ |
| $R$ | $i$  | 1      7<br>9 | 3    |
|     | $ii$ | 0      0<br>8 | 2    |

- ◆ La strategia dominante di  $R$  è  $i$ .
- ◆ Tuttavia,  $R$  può *avvertire*  $C$  che sceglierà  $ii$ .



# Nord ed Est

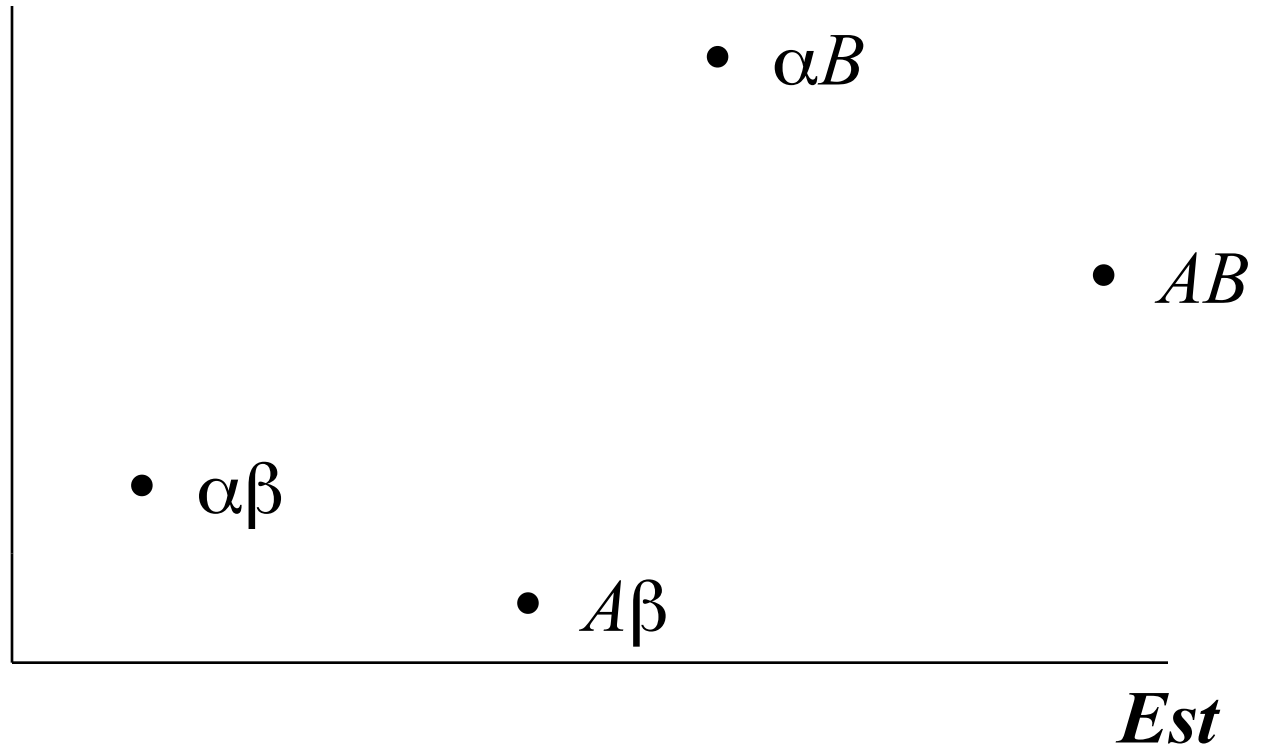
- ◆ *Nord* deve scegliere tra  $A$  e  $\alpha$ .
- ◆ *Est* deve scegliere tra  $B$  e  $\beta$ .

(T. C. Schelling, *The Strategy of Conflict*, 1960, pp. 46ss.)



# Minaccia (1)

*Nord*



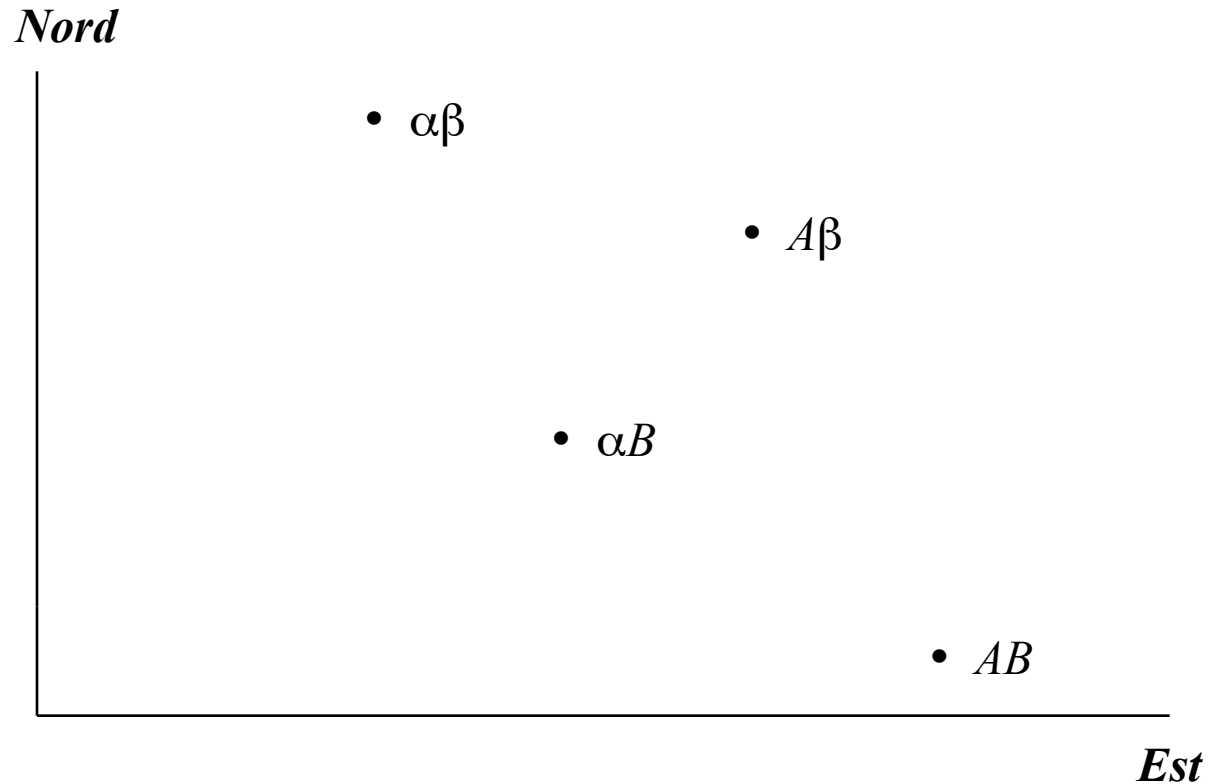
T.C. Schelling, *The Strategy of Conflict*, p. 48, Fig. 2



## Minaccia (2)

- ♦ Il gioco è un gioco sequenziale in cui *Nord* muove per primo.
- ♦ La strategia dominante di *Nord* è  $\alpha$ ; la strategia dominante di *Est* è  $B$ . Quindi la soluzione del gioco è  $\alpha B$ : il risultato migliore per *Nord*, ma non per *Est*.
- ♦ Tuttavia *Est* può minacciare di fare  $\beta$  se *Nord* fa  $\alpha$ .
- ♦ Se *Nord* crede ad *Est*, allora fa  $A$ . Quindi *Est* fa  $B$ , e ottiene  $AB$ , cioè il risultato migliore per lui.

# Promessa (1)



T.C. Schelling, *The Strategy of Conflict*, p. 49, Fig. 3



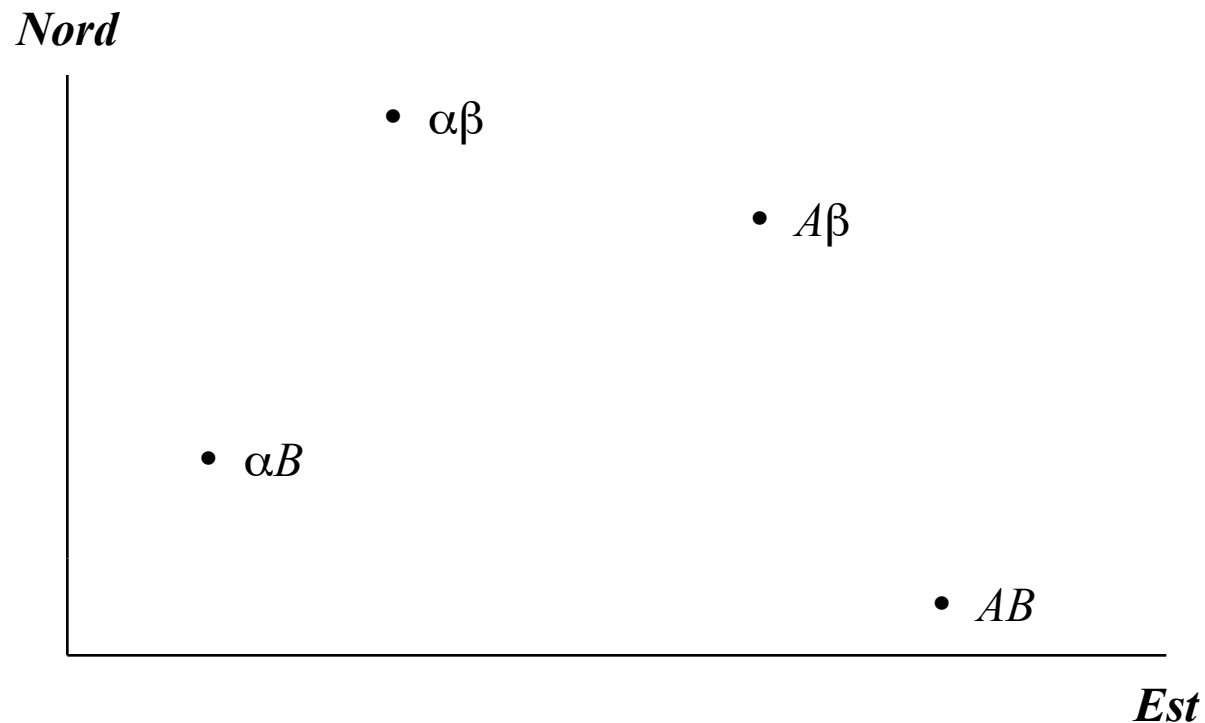


## Promessa (2)

- ♦ Il gioco è un gioco sequenziale dove *Nord* muove per primo.
- ♦ La strategia dominante di *Nord* è  $\alpha$ ; la strategia dominante di *Est* è  $B$ . Quindi la soluzione del gioco è  $\alpha B$ . Tuttavia entrambi i giocatori preferiscono  $A\beta$  ad  $\alpha B$ . Infatti  $A\beta$  è il secondo miglior risultato per entrambi.
  - Il gioco è un dilemma sociale!
- ♦ *Est* può promettere di fare  $\beta$  se *Nord* fa  $A$ .
- ♦ Se *Nord* crede ad *Est*, allora fa  $A$ . Se *Est* mantiene la sua promessa, allora fa  $\beta$  e il risultato è  $A\beta$ .



# Minaccia e promessa (1)



T.C. Schelling, *The Strategy of Conflict*, p. 49, Fig. 4



## Minaccia e promessa (2)

- ♦ Il gioco è un gioco sequenziale dove *Nord* muove per primo.
- ♦ La strategia dominante di *Nord* è  $\alpha$ . Se *Nord* fa  $\alpha$ , *Est* deve fare  $\beta$ . Quindi la soluzione del gioco è  $\alpha\beta$ : il migliore risultato per *Nord*, ma non per *Est*.
- ♦ Tuttavia *Est* può fare una mossa strategica che combina una minaccia e una promessa. *Est* minaccia di fare  $B$  se *Nord* fa  $\alpha$ , e promette di fare  $\beta$  se *Nord* fa  $A$ .
- ♦ Se *Nord* cred ad *Est* ed *Est* mantiene la sua promessa, allora ... cosa succede?



# Supergiochi (1)

**Conflitto** —→ un gioco in cui, oltre alle *mosse di base*, si possono effettuare anche determinate *mosse strategiche*, o *strategie dissuasive*.

**Domanda.** Possiamo rappresentare un conflitto come un particolare *supergioco*, ottenuto espandendo la matrice del *gioco originario*, così da includere tra le mosse anche un certo numero di strategie dissuasive?

**Risposta.** Schelling suggerisce una risposta positiva. L'analisi del supergioco ci consentirebbe di individuare la *strategia dissuasiva ottimale* per il gioco originario.



## Supergiochi (2)

Un giocatore applica una strategia dissuasiva quando si ***vincola visibilmente*** a una certa mossa di base



ciò equivale alla ***visibile e irreversibile riduzione di alcuni payoff*** del giocatore nella matrice del gioco originario



più precisamente, equivale a ***sottrarre una penalità dai propri payoff*** in tutte le celle che non corrispondono alla mossa di base su cui il giocatore si è impegnato, così da trasformare tale mossa nella sua strategia dominante



# Supergiochi (3)

Figura (a): gioco originario

|          |           | <i>C</i> |           |
|----------|-----------|----------|-----------|
|          |           | <i>I</i> | <i>II</i> |
| <i>R</i> | <i>i</i>  | 5<br>2   | 0<br>1    |
|          | <i>ii</i> | 1<br>0   | 2<br>5    |

T.C. Schelling, *The Strategy of Conflict*, p. 151, Fig. 15



## Supergiochi (4)

- ❖ Supponiamo che  $R$  – che deve muovere per secondo – si impegni ad attuare la mossa  $ii$ .
- ❖ Ciò equivale a decurtare i payoff della riga  $i$  applicando a ciascuno di questi una penalità pari, per esempio, a -5.
- ❖ In tal modo  $ii$  viene trasformata nella strategia dominante di  $R$ .
- ❖ Il gioco originario della Fig. (a) viene così trasformato nel gioco della Fig. (b).



# Supergiochi (5)

Figura (b): prima trasformazione del gioco di Fig (a)

|     |      | $C$       |           |
|-----|------|-----------|-----------|
|     |      | $I$       | $II$      |
| $R$ | $i$  | -3      5 | -4      0 |
|     | $ii$ | 0      1  | 5      2  |

T.C. Schelling, *The Strategy of Conflict*, p. 151, Fig. 15





## Supergiochi (6)

- ❖ Analogamente possiamo supporre che  $R$  – che deve muovere per secondo – si impegni ad attuare la mossa  $i$ .
- ❖ Ciò equivale a decurtare i payoff della riga  $ii$  applicando a ciascuno di questi una penalità pari, per esempio, a -5.
- ❖ In tal modo  $i$  viene trasformata nella strategia dominante di  $R$ .
- ❖ Il gioco originario della Fig. (a) viene così trasformato nel gioco della Fig. (c).



# Supergiochi (7)

Figura (c): seconda trasformazione del gioco di Fig (a)

|          |           | <i>C</i> |           |
|----------|-----------|----------|-----------|
|          |           | <i>I</i> | <i>II</i> |
| <i>R</i> | <i>i</i>  | 5<br>2   | 0<br>1    |
|          | <i>ii</i> | 1<br>-5  | 2<br>0    |

T.C. Schelling, *The Strategy of Conflict*, p. 151, Fig. 15



## Supergiochi (8)

Il conflitto associato al gioco della Fig. (a) può venire rappresentato come un supergioco.

C muove per primo. Può quindi scegliere tra due strategie: (a) attuare  $I$ ; (b) attuare  $II$ .

$R$  muove per secondo. Può quindi scegliere tra quattro strategie:

- (a) attuare in ogni caso  $i$   $\longrightarrow$  strategia  $I-i, II-i$
- (b) attuare in ogni caso  $ii$   $\longrightarrow$  strategia  $I-ii, II-ii$
- (c) attuare  $i$  in risposta a  $I$  e  $ii$  in risposta a  $II$   
 $\longrightarrow$  strategia  $I-i, II-ii$
- (d) attuare  $i$  in risposta a  $II$  e  $ii$  in risposta a  $I$   
 $\longrightarrow$  strategia  $I-ii, II-i$



# Supergiochi (9)

## Soluzione del gioco della Fig. (a)

- ✓ Se  $C$  sceglierà  $I$ ,  $R$  risponderà con  $i$ .
- ✓ Se  $C$  sceglierà  $II$ ,  $R$  risponderà con  $ii$ .
- ✓ Nel primo caso  $C$  otterrà un payoff 5 e nel secondo un payoff 2 ~~di conseguenza~~  $C$  sceglierà  $I$  e  $R$  risponderà con  $i$ .
- ✓ Quindi la soluzione del gioco è  $i, I$ . Tale risultato è in cima all'ordine di preferenza di  $C$ , ma non è del tutto soddisfacente per  $R$ .



# Supergiochi (10)

## Il supergioco associato al gioco della Fig. (a)

- Supponiamo che  $R$ , e lui soltanto, abbia il potere di applicare determinate mosse strategiche, costituite da impegni non-condizionali sulla sua mossa.
- Nel supergioco che incorpora le mosse strategiche di  $R$ , entrambi i giocatori avranno a disposizione un maggior numero di strategie rispetto al gioco originario.



# Supergiochi (11)

Infatti, R può ora scegliere anche fra tre diverse possibilità di impegno:

- (a) non impegnarsi affatto      → scelta 0
- (b) impegnarsi su i      → scelta 1
- (c) impegnarsi su ii      → scelta 2

Quindi le **strategie estese** a disposizione di R nel supergioco saranno le  $12 = 3 \times 4$  strategie ottenute combinando

- le tre scelte 0, 1 e 2
- con le quattro strategie  $I-i, II-i$ ;  $I-ii, II-ii$ ;  $I-i, II-ii$  e  $I-ii, II-i$  del gioco originario.



## Supergiochi (12)

- Per esempio, R può scegliere la strategia estesa  $0, I-II, II-II$   $\longrightarrow$  ciò equivale a non impegnarsi prima di cominciare a giocare, e poi affrontare il gioco sulla base della seconda strategia del gioco originario
- Oppure R può scegliere la strategia estesa  $1, I-i, II-II$   $\longrightarrow$  ciò equivale a impegnarsi a scegliere  $i$ , e poi adottare la terza strategia del gioco originario



## Supergiochi (13)

- ❖ Anche le strategie estese a disposizione di  $C$  saranno più numerose delle strategie di cui disponeva nel gioco originario.
- ❖ Infatti,  $C$  disporrà ora di  $8 = 2^3$  strategie estese, che vengono ottenute scegliendo con quale delle due mosse di base  $I$  e  $II$  rispondere a ciascuna delle tre scelte  $0$ ,  $1$  e  $2$  di  $R$ .





## Supergiochi (14)

- ❖ Ciascuna di queste strategie viene denotata da una tripla di coppie di simboli.
- ❖ Per esempio, “0-*I*, 1-*II*, 2-*I*” significa “Scegli *I* se *R* non si impegna, *II* se si impegna su 1, e *I* se si impegna su 2”.
- ❖ La combinazione delle dodici strategie di *R* con le otto di *C* darà luogo alla matrice di  $96 = 12 \times 8$  celle del supergioco rappresentato nella seguente figura.



|      |              | I                 |                   |                   | II                |                   |                   | III               |                   |                    | IV                  |                    |                     | V                  |                     |                    | VI                  |                    |                     | VII                |                     |                    | VIII                |  |  |
|------|--------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--|--|
|      |              | 0-I<br>1-I<br>2-I | 0-I<br>1-I<br>2-I | 0-I<br>1-I<br>2-I | 0-I<br>1-I<br>2-I | 0-I<br>1-I<br>2-I | 0-I<br>1-I<br>2-I | 0-I<br>1-I<br>2-I | 0-I<br>1-I<br>2-I | 0-II<br>1-I<br>2-I | 0-II<br>1-I<br>2-II | 0-II<br>1-I<br>2-I | 0-II<br>1-I<br>2-II | 0-II<br>1-I<br>2-I | 0-II<br>1-I<br>2-II | 0-II<br>1-I<br>2-I | 0-II<br>1-I<br>2-II | 0-II<br>1-I<br>2-I | 0-II<br>1-I<br>2-II | 0-II<br>1-I<br>2-I | 0-II<br>1-I<br>2-II | 0-II<br>1-I<br>2-I | 0-II<br>1-I<br>2-II |  |  |
| i    | 0,I-i,II-i   | 2                 | 5                 | 5                 | 2                 | 5                 | 5                 | 2                 | 5                 | 1                  | 0                   | 0                  | 1                   | 0                  | 0                   | 1                  | 0                   | 0                  | 1                   | 0                  | 0                   | 1                  | 0                   |  |  |
| ii   | 0,I-ii,II-ii | 0                 | 1                 | 1                 | 0                 | 1                 | 1                 | 0                 | 1                 | 5                  | 2                   | 2                  | 5                   | 2                  | 2                   | 5                  | 2                   | 2                  | 5                   | 2                  | 2                   | 5                  | 2                   |  |  |
| iii  | 0,I-i,II-ii  | 2                 | 5                 | 5                 | 2                 | 5                 | 5                 | 2                 | 5                 | 5                  | 2                   | 2                  | 5                   | 2                  | 2                   | 5                  | 2                   | 2                  | 5                   | 2                  | 2                   | 5                  | 2                   |  |  |
| iv   | 0,I-ii,II-i  | 0                 | 1                 | 1                 | 0                 | 1                 | 1                 | 0                 | 1                 | 1                  | 0                   | 0                  | 1                   | 0                  | 0                   | 1                  | 0                   | 0                  | 1                   | 0                  | 0                   | 1                  | 0                   |  |  |
| v    | 1,I-i,II-i   | 2                 | 5                 | 5                 | 2                 | 5                 | 0                 | 1                 | 0                 | 2                  | 5                   | 5                  | 1                   | 0                  | 0                   | 1                  | 0                   | 0                  | 1                   | 0                  | 0                   | 1                  | 0                   |  |  |
| vi   | 1,I-ii,II-ii | -5                | 1                 | 1                 | 0                 | 1                 | 2                 | 0                 | 2                 | -5                 | 1                   | 1                  | 0                   | 2                  | 2                   | 0                  | 2                   | 0                  | 1                   | 2                  | 2                   | 0                  | 2                   |  |  |
| vii  | 1,I-i,II-ii  | 2                 | 5                 | 5                 | 2                 | 5                 | 2                 | 0                 | 2                 | 2                  | 5                   | 5                  | 0                   | 2                  | 2                   | 0                  | 2                   | 0                  | 1                   | 2                  | 2                   | 0                  | 2                   |  |  |
| viii | 1,I-ii,II-i  | -5                | 1                 | 1                 | 1                 | 1                 | 0                 | 1                 | 0                 | -5                 | 1                   | 1                  | 1                   | 0                  | 0                   | 1                  | 0                   | 0                  | 1                   | 0                  | 0                   | 1                  | 0                   |  |  |
| ix   | 2,I-i,II-i   | -3                | 5                 | 0                 | -3                | 5                 | 5                 | -3                | 5                 | -3                 | 5                   | 0                  | -3                  | 5                  | 0                   | -3                 | 5                   | 0                  | -3                  | 5                  | 0                   | -3                 | 5                   |  |  |
| x    | 2,I-ii,II-ii | 0                 | 1                 | *2                | 0                 | 1                 | *2                | 0                 | 1                 | 5                  | *2                  | *2                 | 0                   | 1                  | *2                  | 0                  | 1                   | *2                 | 0                   | 1                  | *2                  | 0                  | 1                   |  |  |
| xi   | 2,I-i,II-ii  | -3                | 5                 | 2                 | -3                | 5                 | 5                 | -3                | 5                 | -3                 | 5                   | 2                  | -3                  | 5                  | 2                   | -3                 | 5                   | 2                  | -3                  | 5                  | 2                   | -3                 | 5                   |  |  |
| xii  | 2,I-ii,II-i  | 0                 | 1                 | 0                 | 0                 | 1                 | 0                 | -4                | 0                 | 0                  | 1                   | 0                  | 0                   | 1                  | 0                   | 0                  | 1                   | 0                  | -4                  | 0                  | 0                   | -4                 | 0                   |  |  |



## Supergiochi (16)

- ❖ Per ogni cella della matrice, i payoff di  $C$  dipendono solo dalle mosse di base 'incorporate' nelle strategie estese di  $R$  e  $C$  corrispondenti a quella cella.
- ❖ Più precisamente i payoff di  $C$  sono identici a quelli che si trovano nella Fig. (a), in corrispondenza a tali mosse di base.



## Supergiochi (17)

I payoff di  $R$ , invece, sono identici a

- quelli della corrispondente cella della Fig. (a), se  $R$  non si impegna;
- quelli della Fig. (c), se  $R$  si impegna su  $i$ ;
- quelli della Fig. (b), se  $R$  si impegna su  $ii$ .



## Supergiochi (18)

La soluzione del supergioco è costituita da una qualunque delle quattro celle che si trovano sull'intersezione della riga  $x$  con le colonne  $II$ ,  $IV$ ,  $VI$  e  $VIII$ .

Si noti che

- la riga  $x$  corrisponde alla strategia  $2, I-II, II-II$  di  $R$ , che consiste nell'impegnarsi su  $ii$ , e nell'attuare poi in ogni caso  $ii$ ;
- le colonne  $II$ ,  $IV$ ,  $VI$  e  $VIII$  corrispondono alle quattro strategie di  $C$  che prevedono la risposta  $II$  alla scelta iniziale  $2$  di  $R$ .



## Supergiochi (19)

- ❖ Scegliendo le loro strategie ottimali per il supergioco,  $R$  e  $C$  otterranno, rispettivamente, i payoff 5 e 2.
- ❖ Ciò significa che  $R$  può sfruttare la possibilità di impegnarsi su  $i_1$  per ribaltare l'esito del gioco originario, accrescendo il proprio payoff da 2 a 5, a scapito di  $C$ .



## Supergiochi (20)

Il significato intuitivo della soluzione del supergioco può venire illustrato con riferimento ai giochi delle Fig. (a)-(c).

Infatti, la strategia ottimale  $2, I-II, II-II$  di  $R$  equivale alla scelta – fra le tre possibilità costituite dai giochi (a)-(c) – di giocare al gioco (b).

In questo gioco, attuando la sua strategia dominante  $II$ ,  $R$  può realizzare un payoff pari a 5.



## Supergiochi (21)

Invece, scegliendo di giocare al gioco originario (a) (che equivale alla scelta di non impegnarsi) o al gioco (c) (che equivale alla scelta di impegnarsi su  $i$ )  $R$  otterrebbe soltanto un payoff pari a 2.

In risposta alla scelta di  $R$  di giocare al gioco (b),  $C$  non può fare altro che attuare – in accordo con una qualunque delle strategie II, IV, VI e VIII – la mossa di base II, che gli consente di massimizzare il proprio payoff nel gioco (b).





## Supergiochi (22)

- ❖ L'esempio qui visto mostra che rappresentare i conflitti come supergiochi è **possibile** ma anche molto **complesso**. Infatti, basta mettere a disposizione del solo giocatore che muove per secondo due semplici mosse strategiche per passare dalla matrice di **quattro celle** del gioco originario a quella di **novantasei celle** del corrispondente supergioco.
- ❖ Le dimensioni della matrice del supergioco crescono in modo **più che esponenziale** al crescere sia delle dimensioni della matrice del gioco originario sia del numero di mosse strategiche consentite ai giocatori.



# Supergiochi (23)

## Esempio

Consideriamo un gioco con una matrice  $3 \times 3$  – dove  $C$  muove per primo e  $R$  per secondo – e consentiamo a entrambi i giocatori solo le mosse strategiche fondamentali per  $C$  ~~tal~~ mosse saranno impegni non-condizionali e per  $R$  impegni condizionali nella forma di ‘schemi di risposta’ alla mossa di  $C$ .

Il corrispondente supergioco avrà una sbalorditiva matrice con più di ***un googol di colonne***.

PS. Un googol = 1 seguito da un centinaio di zero



# Metodologia della deterrenza (1)

- ❖ Nell'analisi di un conflitto, il problema fondamentale non è quello di individuare la mossa strategica ottimale, nell'ambito dell'insieme, quasi sempre enorme, di ***mosse strategiche logicamente possibili***.
- ❖ Il vero problema è quello di identificare la classe, di solito molto piccola, delle ***mosse strategiche praticamente possibili***, cioè delle mosse strategiche applicabili in un determinato conflitto. La mossa strategica ottimale potrà venire individuata – senza ricorrere ai supergiochi – mediante l'analisi della ***struttura formale*** delle poche mosse strategiche effettivamente applicabili.



## Metodologia della deterrenza (2)

- ❖ Il primo compito della teoria del conflitto è l'analisi della **struttura formale** delle strategie dissuasive. Tale analisi – che potremmo chiamare **logica della deterrenza** – è la “componente pura” della teoria del conflitto.
- ❖ Il secondo compito della teoria del conflitto è lo studio dei **metodi di applicazione** delle mosse strategiche, cioè gli **accorgimenti pratici** utilizzabili per vincolarsi visibilmente a una mossa di base. Tale analisi – che potremmo chiamare **metodologia della deterrenza** – è la “componente applicata” della teoria del conflitto.



# Metodologia della deterrenza (3)

## Logica della minaccia

Quali caratteristiche deve avere la matrice del gioco affinché

- a) una minaccia possa riuscire e,
- b) l'autore della minaccia non abbia alcun interesse ad attuarla, nel caso di insuccesso?

## Metodologia della minaccia

Se chi rivolge una minaccia non ha interesse ad attuarla, con quali metodi, o accorgimenti pratici, può convincere il partner che un'eventuale trasgressione verrà punita?



## Metodologia della deterrenza (4)

- La logica della deterrenza permette di individuare la ***struttura formale del conflitto***, cioè le mosse strategiche logicamente possibili in un determinato conflitto.
- Tuttavia, la ***possibilità logica*** di applicare una mossa strategica non basta a garantirne la ***possibilità pratica***, vale a dire l'effettiva applicabilità.
- Quest'ultima dipende dalla ***struttura materiale del conflitto***, costituita dalle condizioni fisiche, tecnologiche, culturali, e comunicative entro le quali esso si svolge.



## Metodologia della deterrenza (5)

- ❖ Di conseguenza la **metodologia della deterrenza** non può comprendere principi universalmente validi, determinabili sulla base di considerazioni puramente a priori.
- ❖ Al contrario, necessita di una **solida base empirica**, cioè di affidabili conoscenze empiriche relative alle svariate sfere di attività - comprese in uno spettro che va dalla **storia militare** ai **conflitti sociali**, dalle **interazioni della vita quotidiana** alle **relazioni internazionali** - in cui possono sorgere i conflitti.



## Metodologia della deterrenza (6)

- ❖ La fatica di scoprire - o inventare - i più efficaci metodi di applicazione delle mosse strategiche graverà sempre sulle spalle di chi prende parte a un conflitto.
- ❖ Tuttavia la metodologia della deterrenza può classificare i metodi di applicazione delle mosse strategiche e analizzarne l'efficacia.





# Metodologia della deterrenza (7)

## Contromosse

- ❖ Un giocatore razionale dovrebbe considerare la possibilità di inibire l'applicazione di una determinata mossa strategica da parte dell'avversario attraverso opportune contromosse, volte a modificare la struttura materiale del conflitto.
- ❖ Poiché l'applicazione di una mossa strategica consiste nel vincolarsi visibilmente a una certa linea d'azione, una contromossa può basarsi su tattiche in grado di ***danneggiare il sistema di comunicazione*** attraverso il quale l'avversario cerca di rendere visibile il suo vincolo.



# Metodologia della deterrenza (8)

- ❖ Ogni forma di comunicazione presuppone alcuni elementi di base, come l'**identificazione del destinatario della comunicazione**, e il ricorso a qualche **canale di comunicazione** attraverso il quale fare giungere il messaggio al destinatario.
- ❖ Quindi si può distruggere la comunicazione rendendo impraticabili almeno uno dei suoi elementi di base. Per esempio,
  - ci si può sottrarre all'identificazione attraverso opportune forme di mimetizzazione,
  - oppure si possono distruggere fisicamente tutti i possibili canali di comunicazione che la controparte potrebbe utilizzare per comunicarci i suoi impegni strategici.



## Metodologia della deterrenza (9)

- ❖ Le contromosse sono di natura ben diversa dalle mosse strategiche.
- ❖ Infatti, una **contromossa**, non è un tentativo di contrastare la mossa strategica della controparte con un'altra mossa strategica, bensì una **manovra volta a inibire l'applicazione della mossa strategica della controparte**.



# Metodologia della deterrenza (10)

- ❖ Gli agenti coinvolti in un conflitto si trovano di fronte ad almeno quattro diversi problemi di scelta:
  - 1) Qual è la ***mossa di base ottimale*** del gioco?
  - 2) Qual è la ***mossa strategica ottimale*** tra quelle applicabili?
  - 3) Qual è il ***migliore metodo di applicazione*** per tale mossa?
  - 4) Quali sono le ***contromosse ottimali*** per anticipare e inibire le mosse strategiche della controparte?
  
- ❖ La teoria dei giochi affronta solo il primo quesito. La teoria del conflitto affronta anche gli altri tre.



# Metodologia della deterrenza (11)

## Il paradosso del vantaggio strategico

Di solito attribuiamo un ***vantaggio strategico*** alla “***forza***” di un giocatore, che sembra dipendere da elementi quali:

- la sua ***intelligenza*** e il suo ***grado di razionalità***;
- la sua ***libertà di manovra***;
- la presenza di ***molti valori elevati tra i suoi payoff***.



## Metodologia della deterrenza (12)

- ❖ I conflitti che si svolgono nel mondo reale ci mostrano, però, che talvolta ***la debolezza può trasformarsi in forza*** e che il giocatore 'più debole' può trovarsi in una condizione di vantaggio strategico.
- ❖ Parlando di ***paradosso del vantaggio strategico*** ci riferiamo, appunto, alla possibilità che si verifichino casi di questo genere.



## Metodologia della deterrenza (13)

- ❖ Il ***metodo dei ponti bruciati*** mostra come un apparente indebolimento di un giocatore – costituito dalla severa ***autolimitazione della sua libertà di manovra*** – possa rafforzarne la posizione strategica.
- ❖ La posizione strategica di un giocatore può venire rafforzata anche dalla ***diminuzione di alcuni dei suoi payoff***. Un esempio di questo tipo è, nel nostro esempio di supergioco, quello determinato dalla trasformazione del gioco della Fig. (a) in quello della Fig. (b).



## Metodologia della deterrenza (14)

**Come prevenire una minaccia diminuendo i propri payoff**

- ❑ Un interessante esempio di ***autoriduzione dei propri payoff*** è quello dei conflitti in cui uno dei giocatori vuole ***prevenire una minaccia*** dell'avversario.
- ❑ Nel nostro esempio di “gioco con minaccia”, la minaccia di Est restringeva l'ambito di scelta di Nord alle opzioni  $\alpha\beta$  e  $AB$ .





## Metodologia della deterrenza (15)

- ❑ Preferendo la seconda opzione, cioè  $AB$ , Nord avrebbe rinunciato alla sua strategia ottimale  $\alpha$  in favore di  $A$ .
- ❑ Poiché la riuscita della minaccia dipende dal fatto che Nord preferisce  $AB$  ad  $\alpha\beta$ , un sistema efficace per bloccare la minaccia è quello di diminuire il payoff di Nord in  $AB$ , trascinando verticalmente  $AB$  sotto il livello di  $\alpha\beta$ .



## Metodologia della deterrenza (16)

- ❑ Se Nord riesce ad operare questa autoriduzione dei suoi payoff, il suo indebolimento sarà solo apparente.
- ❑ Infatti, la posizione strategica di Nord ne viene rafforzata, dato che la diminuzione del payoff di Nord in  $AB$  rende **logicamente impossibile** la minaccia di Est.
- ❑ Al riparo dalla minaccia di di Est, Nord può scegliere  $\alpha$ , così da ottenere il risultato  $\alpha B$ , che gli porterà un payoff superiore **anche** a quello inizialmente associato ad  $AB$ .



# Metodologia della deterrenza (17)

## L'uso dell'irrazionalità per scopi razionali

- Il possesso di un alto grado di razionalità rappresenta, generalmente, un elemento di forza per la conduzione dei conflitti.
- Talvolta, però, la razionalità può trasformarsi in uno svantaggio, mentre l'irrazionalità può venire usata per scopi razionali, cioè per rafforzare la posizione strategica di un giocatore.



## Metodologia della deterrenza (18)

La storia della guerra fredda offre svariati esempi di uso strategico dell'irrazionalità:

*Se si ha a che fare con un pazzo, non bisogna irritarlo! La fermezza di Dulles, le collere e le scarpe di Krusciov, l'ostinazione fredda di De Gaulle corrispondono a questo gioco psicologico, la cui influenza può superare tutti i calcoli ricavati da fattori materiali. In realtà, l'elemento decisivo riposa sulla volontà di scatenare il cataclisma. Far credere che si ha questa volontà è più importante di tutto il resto. Naturalmente ciascuno bara; ma fino a che punto? (Beaufre, 1963, p. 60)*



## Metodologia della deterrenza (19)

- ❖ La tattica di ***simulare follia, stupidità e altre forme di irrazionalità*** - in aggiunta a quella di cui si è naturalmente dotati - è vecchia quanto il mondo.
- ❖ Anche se offrire una ***giustificazione teorica*** dell'efficacia di questa tattica è tutt'altro che semplice, ci sembra che l'***uso strategico dell'irrazionalità*** potrebbe fondarsi sul seguente meccanismo.



# Metodologia della deterrenza (20)

- ❑ Supponiamo di interagire con un **avversario irrazionale**, o comunque molto lontano dal modello ideale di un agente che opera le sue scelte a mente fredda e con lucida intelligenza.
- ❑ Nell'interazione con questo avversario, **la nostra 'mossa migliore' non coinciderà sempre con la strategia ottimale**, poiché quest'ultima viene definita in base all'assunzione che la controparte sia un agente razionale, capace di riconoscere e attuare la sua strategia ottimale.



# Metodologia della deterrenza (21)

- ❑ Nel caso di un avversario dotato di razionalità imperfetta, occorre invece supporre che, molto probabilmente, attuerà qualche **mossa 'sub-ottimale'**.
- ❑ Se conoscessimo bene il genere e il grado della sua irrazionalità, potremmo prevedere con una certa sicurezza la sua mossa e scegliere la nostra mossa sulla base di tale previsione.
- ❑ In realtà, ***non possiamo mai essere completamente certi dell'irrazionalità del nostro avversario*** e dobbiamo, quindi, accontentarci di scegliere la nostra mossa in base a previsioni altamente incerte circa le sue scelte.



# Metodologia della deterrenza (22)

- ❑ L'impossibilità di sapere se la controparte è davvero irrazionale apre la strada all'**uso strategico dell'irrazionalità**.
- ❑ Il nostro avversario, infatti, potrebbe **simulare stupidità, irascibilità o follia**, allo scopo di indurci ad attuare una strategia sub-ottimale, scelta in base alla nostra erronea previsione che egli attuerà una determinata mossa sub-ottimale.
- ❑ Il nostro avversario potrà così **approfittare del nostro errore**, attuando la sua strategia ottimale, oppure una strategia ancora più astuta, basata sulla **sua corretta previsione della nostra mossa sub-ottimale**.





# Metodologia della deterrenza (23)

## Minacce che lasciano qualcosa al caso

- Abbiamo finora considerato solo ***mosse strategiche di tipo deterministico***.
- In particolare, il ***carattere deterministico di una minaccia*** può venire enfatizzato esprimendola in questo modo:

“Se farai  $x$ , allora ***certamente*** risponderò con  $y$ ”.



## Metodologia della deterrenza (24)

- La forza di una minaccia deterministica sembra attenuarsi, o venir meno, quando la minaccia viene 'indebolita' e sostituita da ***minacce probabilistiche*** come:

“Se farai  $x$ , allora ***probabilmente*** risponderò con  $y$ ”,

oppure

“Se farai  $x$ , allora ***vi è una probabilità  $p$***  che io risponda con  $y$ ”.



## Metodologia della deterrenza (25)

- Il ***paradosso delle minacce probabilistiche*** consiste nel fatto che, in certi casi, esse possono funzionare egregiamente bene e, talvolta, persino meglio delle corrispondenti minacce deterministiche.
- A prima vista l'idea stessa di minaccia probabilistica appare problematica. Minacciare qualcuno significa, infatti, vincolarsi visibilmente all'attuazione di una particolare mossa, così da convincere la controparte di avere perso la libertà di non attuarla.



## Metodologia della deterrenza (26)

- Nel caso di minacce probabilistiche, tuttavia, non è immediatamente chiaro in cosa possa consistere tale vincolo. Si potrebbe anzi pensare che la stessa forma probabilistica della minaccia impedisca di vincolarsi in modo visibile.
- Se annuncio alla controparte che, in risposta a  $y$ , ***potrei*** rispondere con  $x$ , quest'ultima potrà credere che ho conservato la mia libertà di scelta e che, di conseguenza, non attuerò la minaccia.



## Metodologia della deterrenza (27)

- ❖ I dubbi circa l'applicabilità di una minaccia probabilistica possono venire fugati riflettendo sulla peculiare natura della sua **probabilità di attuazione**.
- ❖ Tale probabilità, infatti, non è un effetto della libertà di chi minaccia, bensì di qualche **elemento casuale** sottratto, almeno parzialmente, alla sua libera scelta.
- ❖ La minaccia probabilistica deve quindi venire intesa come una **“minaccia che lascia qualcosa al caso”**.



## Metodologia della deterrenza (28)

- ❖ L'***elemento casuale*** utilizzato per vincolarsi all'attuazione di minacce probabilistiche potrebbe essere qualche ***processo randomizzato*** - come il lancio di un dado - il cui esito determina, mediante opportuni automatismi, l'attuazione della minaccia.
- ❖ Di solito, però, tale elemento consiste nella creazione di situazioni di ***tensione, confusione e rischio***, in cui la razionalità della scelta viene appannata dalla ***fretta, dal nervosismo e dalle difficoltà di*** comunicazione.
- ❖ Infatti tali situazioni aprono la via a ***decisioni che lasciano qualcosa al caso***.



## Metodologia della deterrenza (29)

- ❖ Le minacce probabilistiche sembrano svolgere un ruolo molto importante nelle ***relazioni internazionali*** e, in particolare, nella ***strategia della deterrenza militare***.
- ❖ Si pensi, per esempio, alla minaccia probabilistica di scatenare ‘involontariamente’ una guerra di grandi proporzioni, e persino una guerra atomica: tale minaccia può venire applicata, per esempio, dando inizio a una ***guerra limitata***, utilizzata come un ***generatore di rischi***.



# Metodologia della deterrenza (30)

## La macchina dell'apocalisse

Il metodo dei ponti bruciati - che consiste nello sbarazzarsi della propria libertà di scelta - potrebbe venire applicato ***affidando a qualche automatismo la nostra risposta*** a determinate mosse dell'avversario.

Per esempio, nel film di Stanley Kubrick, *Dr. Strangelove, or How I Learned to Stop Worrying and Love the Bomb* (1963) si immagina che la risposta a un attacco atomico venga affidata alla ***macchina dell'apocalisse***, costruita dai sovietici





# Metodologia della deterrenza (31)

- ❖ In risposta a un attacco, la macchina scatena automaticamente un'esplosione così potente da distruggere la vita su tutto il pianeta.
- ❖ Inoltre, la macchina scatena l'apocalisse anche nel caso in cui si tenti in qualunque modo di manometterla.
- ❖ Tale caratteristica serve a proteggere la macchina dai possibili ripensamenti dei suoi costruttori che, in caso di attacco, avrebbero tutto l'interesse a disattivarla per non subirne gli effetti totalmente catastrofici:
- ❖ È proprio l'impossibilità di disattivare la macchina a garantirne il potere deterrente.



## Metodologia della deterrenza (32)

Discutendo alcuni problemi connessi all'uso della macchina dell'apocalisse, Skyrms (1996) pone questo interrogativo:

se, dopo aver subito un attacco, ci si accorgesse che la macchina dell'apocalisse si è rotta - e si è quindi recuperata la propria libertà di scelta - si dovrebbe ugualmente scatenare l'apocalisse, oppure sarebbe meglio astenersene?



# Metodologia della deterrenza (33)

- ❖ Se la macchina dell'apocalisse si rompe, chi ha subito l'attacco si trova in una situazione identica a quella del presidente degli Stati Uniti nell'apologo di Kahn (1962/1984).
- ❖ In quel caso il presidente, informato di un attacco atomico su New York, deve decidere se attuare, oppure no, la propria minaccia di rispondere con una rappresaglia massiccia a qualunque attacco.
- ❖ Poiché attuare questa minaccia significa applicare la dottrina strategica della mutua distruzione assicurata (MAD, Mutual Assured Destruction) - l'interrogativo di Skyrms equivale alla domanda se sia razionale, oppure no, applicare MAD, nel caso in cui si fosse chiamati a fare questa scelta.



## Metodologia della deterrenza (34)

- ❖ Skyrms sostiene che MAD è una strategia irrazionale, che non dovrebbe venire in alcun caso attuata.
- ❖ Questa risposta è in accordo con la morale popolare secondo la quale una strategia che include una minaccia che non è nell'interesse dell'agente attuare se fosse chiamato a farlo, e avesse l'opzione di non attuarla, è una strategia difettosa.



# Metodologia della deterrenza (35)

- ❖ Tale morale sembra avere un solido fondamento teorico, costituito da un fondamentale principio di razionalità pratica, che va talvolta sotto il nome di ***principio di razionalità modulare***.

*In un piano credibile per future contingenze, in una situazione in cui un agente si trova di fronte a una sequenza di scelte, il suo piano dovrebbe specificare una scelta razionale in ciascun punto della sequenza, definita in relazione alla sua situazione in quel punto di scelta.*

- ❖ Il principio di razionalità modulare implica che non si dovrebbe adottare MAD come un “piano per future contingenze” e che, comunque, non si dovrebbero attuare le minacce che ne stanno alla base.



# Metodologia della deterrenza (36)

## First strike: l'autoavverarsi di profezie catastrofiche

- ❖ In alcuni conflitti, che potremmo chiamare ***giochi del terrore***, le mosse a disposizione dei giocatori includono la possibilità di attuare un ***attacco a sorpresa***, cioè un '***primo colpo***' in grado di eliminare l'avversario o, almeno, di annullarne la capacità di combattimento.
- ❖ In relazione alla convenienza e alla probabilità dell'effettivo uso di un primo colpo, i giochi del terrore possono disporsi in un continuum, che ha per estremi il ***Gioco del Proiettile*** e quello della ***Freccia***.



## Metodologia della deterrenza (37)

- ❖ Nel ***Gioco del Proiettile***, i giocatori sono pistoleri con un mira perfetta, muniti di pistole precise e potenti: chi spara per primo ucciderà all'istante l'avversario.
- ❖ Nel ***Gioco della Freccia***, i giocatori sono arcieri muniti di frecce avvelenate: chi scocca la prima freccia ucciderà certamente l'avversario, ma il veleno manifesterà i suoi effetti abbastanza lentamente da consentirgli di eliminare l'aggressore.



# Metodologia della deterrenza (38)

- ❖ Pur essendo caratterizzati dal perfetto equilibrio della 'bilancia del terrore' - cioè da una perfetta parità di forze tra i giocatori - i due giochi differiscono grandemente per quanto riguarda la **stabilità dell'equilibrio**.
- ❖ Nel Gioco della Freccia la bilancia è **perfettamente stabile**: poiché il primo colpo non può distruggere la capacità reattiva dell'avversario, nessun giocatore avrà interesse ad attuare una scelta che condurrebbe all'eliminazione di entrambi.
- ❖ Nel Gioco del Proiettile, al contrario, **la bilancia del terrore è completamente instabile**: poiché entrambi i giocatori hanno a disposizione un primo colpo immediatamente letale, ciascuno di loro avrà un forte incentivo a colpire per primo, allo scopo di fugare la possibilità, sia pure remota, di essere eliminato dall'eventuale primo colpo del rivale.





## Metodologia della deterrenza (39)

- ❖ È interessante notare che, nel Gioco del Proiettile, l'***incentivo ad eliminare l'avversario*** sussiste anche quando nessun giocatore riporta un vantaggio diretto da tale eliminazione, ed entrambi sono a conoscenza di questa circostanza.
- ❖ In tal caso, nessuno dei due desidererebbe colpire per primo, se fosse certo che neppure l'avversario lo farà.
- ❖ Supponendo, però, che entrambi i giocatori abbiano un ***piccolissimo timore*** che l'altro colpisca per primo, ci si può chiedere se, e quanto, questo timore renda probabile che uno dei due decida di anticipare con il proprio primo colpo la temuta possibilità di un primo colpo altrui.



# Metodologia della deterrenza (40)

- ❖ Sulla base di una penetrante analisi - condotta con l'aiuto di un ***s sofisticato modello matematico*** - Schelling suggerisce una risposta piuttosto sorprendente a questo interrogativo.
- ❖ Anche un piccolissimo timore iniziale che il nostro l'avversario colpisca per primo è destinato ad accrescersi progressivamente – attraverso un particolare “***effetto moltiplicatore***” – così da indurci ad anticipare il suo primo colpo con il nostro.
- ❖ Ciò significa che le profezie catastrofiche dei partecipanti al Gioco del Proiettile sono destinate ad autoavverarsi.



# Metodologia della deterrenza (41)

- ❖ L'effetto moltiplicatore può venire informalmente descritto come segue.
- ❖ Anche se il mio timore che l'avversario colpisca spontaneamente per primo è piccolissimo, occorre aggiungervi un **secondo timore**: quello che lui colpisca per primo a causa del suo timore iniziale che io colpisca spontaneamente per primo.
- ❖ Naturalmente anche il suo timore iniziale viene accresciuto da un secondo timore: quello che io colpisca per primo per timore che lui colpisca spontaneamente per primo.



# Metodologia della deterrenza (42)

- ❖ A questo punto occorrerà aggiungere al timore totale di ciascuno di noi anche un **terzo timore**: quello che l'avversario colpisca per primo sulla base del suo timore totale, costituito dalla somma del suo timore iniziale e del suo secondo timore.
- ❖ Questo **processo di amplificazione**, generato dalla riflessione sul timore altrui, è destinato a proseguire con l'aggiunta di un terzo e un quarto timore, e così via, all'infinito.
- ❖ Anche se i timori che via via si aggiungono al timore iniziale sono sempre più piccoli, il **timore totale** di entrambi diventerà ben presto abbastanza grande da rendere praticamente certo che uno dei due anticipi con il suo primo colpo il temuto primo colpo altrui.



## Metodologia della deterrenza (43)

- ❖ Schelling mostra che nel Gioco del Proiettile, la sfiducia reciproca – cioè il timore del timore altrui – conduce quasi inevitabilmente a un **esito catastrofico**, a dispetto del fatto che i contendenti hanno tutto l'interesse e la volontà di evitarlo.
- ❖ Se si accetta l'analisi di Schelling, è difficile sottrarsi alla conclusione che solo una **bilancia del terrore** vicina alla condizione di **perfetta stabilità** – tipica del Gioco della Freccia – può dare sufficienti garanzie di non destabilizzarsi nel corso del tempo.



## Metodologia della deterrenza (44)

- ❖ È del tutto chiaro che i partecipanti al Gioco del Proiettile non hanno alcun motivo di compiacersi della loro possibilità di far partire un primo colpo immediatamente letale, e sarebbero ben lieti di trasformare i loro proiettili in frecce avvelenate.
- ❖ Più in generale, è evidente che i partecipanti a un gioco del terrore hanno tutto l'interesse a modificare il gioco così da ***stabilizzare la bilancia del terrore***.



# Metodologia della deterrenza (45)

- ❖ Che i giocatori siano in grado, oppure no, di attuare questo compito, dipenderà, ovviamente, dalle specifiche caratteristiche del gioco.
- ❖ Si pensi, per esempio, ad alcuni accorgimenti che potrebbero venire utilizzati per stabilizzare il Gioco del Proiettile:
  - si potrebbe diminuire la precisione o la potenza della pistola, così da rendere improbabile che il proiettile colpisca l'avversario, o che lo uccida all'istante;
  - oppure si potrebbero utilizzare protezioni antiproiettile per diminuire la letalità del primo colpo.



# Metodologia della deterrenza (46)

## Metagiochi

- ❖ Impegnandosi nel tentativo di modificare un gioco del terrore, i giocatori esercitano una raffinata forma di **razionalità strategica**.
- ❖ Infatti, essi si impegnano in una sorta di **metagioco** le cui mosse - che potremmo chiamare **metamosse** - consistono nell'accordarsi per modificare, a vantaggio di entrambi, la natura del del gioco originario.
- ❖ Un'adeguata analisi della razionalità strategica deve dunque considerare non solo le mosse di base, le mosse strategiche e le contromosse dei partecipanti a un conflitto, ma anche le loro possibili metamosse.





# Metodologia della deterrenza (47)

- ❖ I giochi atomici tra potenze rivali sono esempi paradigmatici di giochi del terrore. In questi giochi il primo colpo - il cosiddetto ***first strike*** - consiste nel lancio di un attacco atomico volto alla completa distruzione delle forze atomiche dell'avversario, così da lasciarlo alla mercé dell'aggressore.
- ❖ Per stabilire in quale punto del continuum compreso tra il Gioco del Proiettile e quello della Freccia si trovi uno ***specifico gioco atomico***, occorre un esame molto approfondito delle tecnologie offensive e difensive dei contendenti.



## Metodologia della deterrenza (48)

- ❖ Se entrambi hanno a disposizione un *first strike* estremamente preciso e potente, il gioco risulta molto simile al Gioco del Proiettile e – a dispetto delle buone intenzioni di entrambi – la catastrofe finisce con il diventare virtualmente inevitabile.
- ❖ Se, invece, una cospicua parte delle forze atomiche dei contendenti è invulnerabile al *first strike* avversario, il gioco si avvicina a quello delle Freccia, e la buona volontà dei contendenti potrà bastare a evitare la catastrofe.

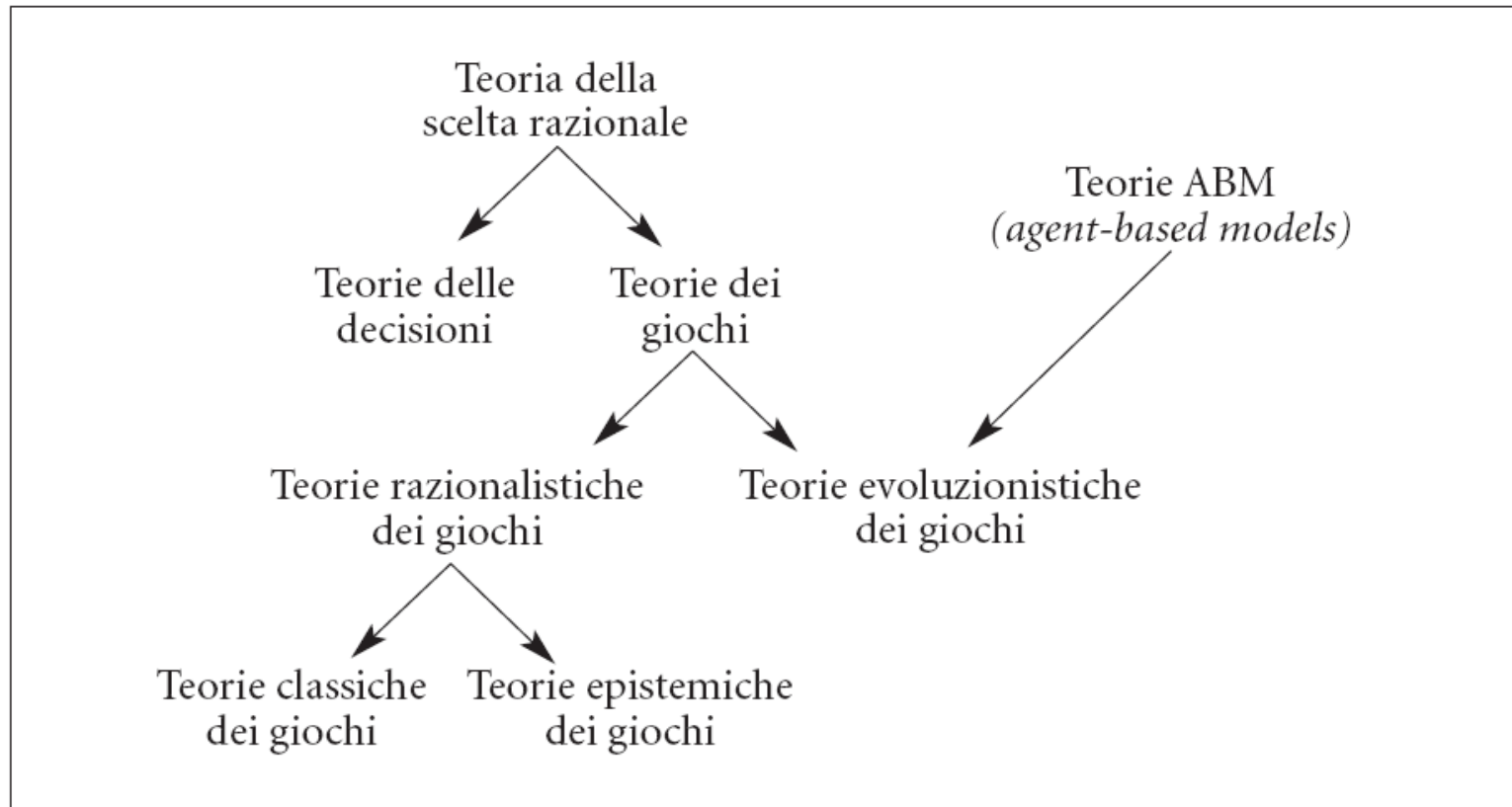


# Metodologia della deterrenza (49)

- ❖ Tra gli anni Sessanta e gli anni Ottanta del secolo scorso, gli strateghi nucleari hanno condotto un'enorme quantità di ricerche per individuare le metamosse - cioè gli '**schemi di disarmo**' o, per meglio dire, di controllo degli armamenti - che USA e URSS avrebbero potuto attuare per stabilizzare la 'delicata bilancia del terrore'.
- ❖ La letteratura sull'argomento non riguarda solo gli **strateghi** e gli **storici**, ma può offrire numerosi spunti di riflessione anche agli studiosi interessati alla teoria del conflitto e, più in generale, all'**analisi filosofica della razionalità pratica**.



# Teoria delle scelte razionali, teorie dei giochi e teorie ABM





# Principio di conoscenza comune (1)

## Principio di conoscenza comune (CC)

Le preferenze di ogni giocatore sono note a tutti gli altri giocatori e vi è ***conoscenza comune dell'altrui razionalità***, nel senso che:

- 1) tutti sanno che tutti sono perfettamente razionali;
- 2) tutti sanno che tutti sanno che tutti sono perfettamente razionali, e così via all'infinito.



## Principio di conoscenza comune (2)

In alcuni casi CC conduce all'identificazione delle strategie ottimali. Per esempio, questo accade:

- nei giochi in cui ***almeno uno dei giocatori ha una strategia dominante***;
- nei giochi con ***un unico equilibrio di Nash***.



## Principio di conoscenza comune (3)

**Applicazione di CC nei giochi in cui *un solo* giocatore ha una strategia dominante**

- $A$  ha una strategia dominante;  $B$  ne è privo.
- Quindi, per il principio di dominanza,  $A$  adotterà la sua strategia dominante.
- Poiché, per CC,  $B$  sa che  $A$  è razionale e che, di conseguenza, attuerà la propria strategia dominante, la strategia ottimale di  $B$  sarà quella che fornisce la risposta ottimale alla strategia dominante di  $A$ .



# Principio di conoscenza comune (4)

## Applicazione di CC nei giochi con *un unico* equilibrio

- La strategia ottimale di un giocatori deve essere la risposta ottimale alla strategia dell'altro.
- Quindi la soluzione del gioco deve essere un equilibrio.
- Perciò, se un gioco ha un unico equilibrio, tale equilibrio è la soluzione del gioco.
- $A(B)$  attuerà la strategia che contribuisce alla formazione dell'unico equilibrio poiché, in base a CC, sa che  $B(A)$  si comporterà nello stesso modo.





# Principio di conoscenza comune (5)

## Insufficienza di CC nei giochi con *due o più* equilibri

- ❖ **Qualunque** gioco possiede **almeno** un equilibrio.
- ❖ **Quasi tutti** i giochi non strettamente competitivi (cioè i giochi di coordinazione e i giochi a motivazione mista) hanno **molti** equilibri.
- ❖ In generale, i giocatori preferiscono equilibri diversi.
- ❖ **Quale** fra gli equilibri è la soluzione del gioco?
- ❖ E **come** riusciranno i giocatori a coordinare le loro strategie così da ottenere un particolare equilibrio?



## Principio di conoscenza comune (6)

- ❖ Alcuni ritengono che l'***equilibrio ottimale***, nell'ambito di una molteplicità di equilibri, possa venire individuato sulla base di un appropriato ***criterio di ottimalità***.
- ❖ Se tutti i giocatori condividessero lo **stesso** criterio di ottimalità, ritenendolo un ***principio universale di razionalità***, ciascuno di loro attuerebbe la strategia che contribuisce a formare l'equilibrio ottimale.
- ❖ Infatti, in base a CC, ciascun giocatore sarebbe sicuro che anche l'avversario si comporta nello stesso modo, cioè che applica il suo stesso criterio di ottimalità.



## Principio di conoscenza comune (7)

- ❖ L'idea che esista un criterio, condivisibile da tutti i giocatori razionali, per la scelta dell'equilibrio ottimale, è il nocciolo delle ***teorie classiche dei giochi***.
- ❖ Tali teorie conservano il ***presupposto fondamentale*** dell'approccio di von Neumann e Morgenstern, secondo il quale la razionalità individuale, assieme a CC, è sufficiente a individuare ***la soluzione di ogni gioco***.



## Principio di conoscenza comune (8)

- ❑ Ci sono buoni motivi per dubitare dell'**ottimismo razionalistico** delle teorie classiche dei giochi.
- ❑ Uno di questi è legato al fatto che sono stati finora proposti almeno **tre dozzine di criteri di ottimalità**.
- ❑ Di conseguenza, affinché i giocatori possano identificare lo stesso equilibrio ottimale, CC non basta: occorre anche che **tutti** i giocatori adottino lo stesso criterio di ottimalità.
- ❑ In mancanza di un consenso universale sul “giusto” criterio di ottimalità, **CC è troppo debole** per consentire la soluzione di ogni gioco.



## Principio di conoscenza comune (9)

- ❖ Al tempo stesso, CC è anche ***troppo forte***, poiché richiede di supporre che un giocatore abbia sempre a che fare con agenti ***perfettamente*** razionali.
- ❖ Tuttavia, i giocatori in carne e ossa hanno diverse ***limitazioni cognitive*** e non di rado agiscono sulla base di ***abitudini*** o ***schemi fissi***.



# Principio di conoscenza comune (10)

- I dubbi sul CC hanno ispirato alcune versioni di TG in grado di tenere conto delle effettive ***condizioni epistemiche*** in cui si svolgono le interazioni sociali.
- Ci riferiremo a queste teorie con il termine “***teorie epistemiche dei giochi***”.
- **Esempi di teorie epistemiche dei giochi:** Thomas Schelling (1960/1980) e Cristina Bicchieri (1994, 2005).



# L'ipotesi di conoscenza limitata (1)

- ✓ La razionalità dei giocatori e la loro conoscenza dell'altrui razionalità non è, in generale, sufficiente a **prescrivere** quello che i giocatori dovrebbero fare.
- ✓ Quindi, non è neppure sufficiente a **prevedere** quello che faranno, o a **spiegare** quello che hanno fatto.
- ✓ Per affrontare questi compiti vanno considerate anche le **condizioni epistemiche** di un gioco, cioè le **capacità cognitive** dei giocatori e i processi attraverso i quali possono formarsi certe **aspettative sul comportamento degli avversari**.



## L'ipotesi di conoscenza limitata (2)

- In molti casi, è sufficiente supporre che i giocatori abbiano solo una **conoscenza limitata dell'altrui razionalità**, per poter prevedere su quale particolare equilibrio di Nash convergeranno le loro scelte.
- L'**ipotesi di conoscenza limitata** consente, per esempio, una soddisfacente comprensione dei giochi che comportano il ricorso a minacce e promesse





## L'ipotesi di conoscenza limitata (3)

- L'**efficacia della minaccia** fatta da *A* nei riguardi di *B* dipende dalla sua **credibilità**, cioè dalla sua capacità di **influenzare le aspettative** di *B* su come *A* reagirebbe in caso di trasgressione.
- D'altra parte, colui che proferisce una minaccia ha sempre molte **difficoltà a convincere l'avversario** che la metterà in atto.
- Infatti, la **punizione di un trasgressore** comporta sempre dei **costi** per chi la attua, cosicché non vi è alcun **motivo razionale** per infliggerla.



## L'ipotesi di conoscenza limitata (4)

- Quindi, se  $A$  minaccia  $B$  e  $B$  ritiene che  $A$  sia ***perfettamente razionale***, allora la minaccia di  $A$  non sarà credibile e non potrà quindi impedire la trasgressione.
- Se, invece,  $B$  ha qualche ***dubbio sulla razionalità*** di  $A$ , allora la minaccia di  $A$  potrebbe riuscire a influenzare le scelte di  $B$ .
- Perciò  $A$  avrà interesse a convincere  $B$  di ***non essere perfettamente razionale*** e di avere invece l'irrazionale tendenza ad attuare le proprie minacce.



## L'ipotesi di conoscenza limitata (5)

- ❖ Per raggiungere il suo fine, *A* può fare ricorso alla propria **reputazione** di persona inflessibile.
- ❖ Tale reputazione dipende dal **comportamento passato** di *A*, cioè dal fatto che, in passato, *A* ha spesso attuato le sue minacce, accettandone i costi.
- ❖ Il **meccanismo della reputazione** può funzionare solo in un contesto di conoscenza limitata, dove le parti sono **incerte sulla razionalità degli avversari** e devono **apprendere**, nel corso di ripetute interazioni, che **tipi di giocatori** hanno di fronte.



# Conoscenza limitata e norme sociali (1)

- ❖ L'ipotesi di conoscenza limitata svolge un ruolo fondamentale nell'analisi giochistica dei ***processi di formazione delle norme sociali***.
- ❖ Secondo tali analisi le ***norme sociali*** dipendono dalle ***credenze*** e dalle ***preferenze*** di coloro che vi si conformano.
  - **Esempi di analisi giochistica della genesi, evoluzione ed estinzione delle norme sociali:** David Lewis (1969), Edna Ullmann-Margalit (1977) e Cristina Bicchieri (1994, cap. 6 e 2005)



## Conoscenza limitata e norme sociali (2)

Questa idea viene espressa nella seguente definizione:

### ***Definizione di norma sociale***

Sia  $N$  una regolarità del comportamento individuale in una determinata popolazione. Allora diremo che  $N$  è una norma sociale sse valgono le seguenti condizioni:

- 1) Quasi tutti preferiscono conformarsi a  $N$  a condizione - e solo a condizione - che quasi tutti si conformino a loro volta.
- 2) Quasi tutti credono che quasi tutti si conformino a  $N$ .



## Conoscenza limitata e norme sociali (3)

- La condizione (1) equivale ad affermare che ***la norma  $N$  è un equilibrio di Nash***, cioè una combinazione di strategie in cui la strategia di ognuno è la risposta ottimale alle strategie altrui.
- La condizione (2) esprime la credenza di quasi tutti i membri della popolazione che quasi tutti sceglieranno, fra gli equilibri possibili,  $N$ .



## Conoscenza limitata e norme sociali (4)

### Domanda

- ❖ Come può ***emergere*** una norma  $N$ ?
- ❖ In altre parole: come è possibile che quasi tutti i membri di una popolazione convergano nell'aspettativa che quasi tutti si conformeranno a  $N$ ?



## Conoscenza limitata e norme sociali (5)

### Risposta

Il ***processo di formazione delle norme sociali*** si svolge attraverso due stadi:

- 1) Nel primo, una norma emerge all'interno di ***piccoli gruppi***, nel contesto di ripetute interazioni strategiche governate dalla ***razionalità individuale*** e da specifici ***processi di apprendimento***.
- 2) Nel secondo, la norma può estendersi all'***intera popolazione*** attraverso determinati ***meccanismi evolutivi***.





# Conoscenza limitata e norme sociali (6)

## Teorie epistemiche, teorie evoluzionistiche e norme sociali

L'analisi del processo di formazione delle norme sociali richiede l'applicazione sia delle teorie epistemiche dei giochi sia di quelle evoluzionistiche:

- le **teorie epistemiche** → per analizzare l'emergere delle norme all'interno di ***piccoli gruppi***;
- le **teorie evoluzionistiche** → per analizzare la propagazione ed evoluzione delle norme nell'intera ***popolazione***.



# Teoria evoluzionistica dei giochi (1)

## Testi sulla teoria evoluzionistica dei giochi (TEG)

### Un classico

- ♦ John Maynard Smith, *Evolution and the Theory of Games* (1982).

### Alcuni testi brevi

- ♦ Don Ross, “Game Theory”, *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, § 7.
- ♦ M.D. Davis, *Game Theory*, Ch. 5, pp. 135-153.
- ♦ J. McKenzie Alexander, “Evolutionary Game Theory”, *Stanford Encyclopedia of Philosophy*.



## Teoria evoluzionistica dei giochi (2)

TEG  $\longrightarrow$  sintesi di teoria dei giochi e biologia evoluzionistica



Teoria dell'evoluzione + TG = TEG

TEG ha carattere ***squisitamente descrittivo***



le strategie dei giocatori non sono il prodotto di scelte razionali, ma sono ***schemi di comportamento*** acquisiti mediante trasmissione genetica o culturale.



## Teoria evoluzionistica dei giochi (3)

Biologia evoluzionistica → ipotizza meccanismi evolutivi che garantiscono la ***riproduzione differenziale degli individui “più adatti”***.

TEG → applica questa idea a “***popolazioni di giocatori***” composte da organismi che interagiscono con i loro simili sulla base di determinate strategie.

TEG → ipotizza meccanismi che consentono la ***riproduzione differenziale delle strategie*** che hanno dato buoni risultati in confronto alla media della popolazione.



# Teoria evolutivista dei giochi (4)

**Payoff in TEG**



adattamento (fitness)

=

numero atteso della prole (offspring)



# Teoria evoluzionistica dei giochi (5)

## Adattamento degli organismi e delle specie

- Adattamento di un organismo individuale = sua capacità di sopravvivere e avere della prole.
- Adattamento di una specie = sua capacità di sopravvivere

## Problema dell'altruismo

Spiegare l'apparente conflitto tra i due tipi di adattamento, cioè la sopravvivenza di geni altruistici associati a strategie altruistiche (Davis, pp. 136-7).



# Teoria evoluzionistica dei giochi (6)

## Strategia Evolutivamente Stabile (SES)

- ❖ La strategia  $I$  è una SES quando è in grado di resistere a qualunque tentativo di invasione.
- ❖ Più precisamente: data una  $I$ -popolazione, composta solo da giocatori che adottano  $I$ ,  $I$  è una SES se e solo se, quando una qualunque strategia alternativa  $J$  viene introdotta in una  $I$ -popolazione,  $I$  prevale e  $J$  si estingue.



# Falco e colomba (1)

Falco e colomba (FC)      la lotta per territorio, cibo e femmine

|                  |                | <i>Animale 2</i> |                |
|------------------|----------------|------------------|----------------|
|                  |                | <i>Falco</i>     | <i>Colomba</i> |
| <i>Animale 1</i> | <i>Falco</i>   | (-5, -5)         | (10, 0)        |
|                  | <i>Colomba</i> | (0, 10)          | (2, 2)         |

M. D. Davis, *Game Theory. A Nontechnical Introduction*, p. 139, Fig. 5.26





## Falco e colomba (2)

### SES in FC

Le strategie pure  $F$  e  $C$  per FC **non** sono SES.

**Domanda.** Vi è una SES tra le strategie miste per FC?

**Risposta.** Sì! Una SES per FC è la strategia mista  $(8/13 F, 5/13 C)$ .

M. D. Davis, *Game Theory. A Nontechnical Introduction*, p. 140



## Falco e colomba (3)

### La strategia borghese per FC

**Domanda.** Come potrebbe un animale evitare il combattimento fisico, cioè  $(F, F)$ , e impedire anche lo sfruttamento di un suo atteggiamento conciliante, cioè impedire  $(C, F)$ ?

**Risposta.** L'animale potrebbe adottare la *strategia borghese B*. Gli “animali borghesi” che adottano *B*:

- a) si comportano come falchi sul proprio territorio;
- b) si comportano come colombe sul territorio altrui.



## Falco e colomba (4)

### Il trionfo della borghesia

- ❖ **B è una SES!**
- ❖ Quindi la borghesia è destinata al trionfo. Infatti, *F*-popolazioni e *C*-popolazioni sono vulnerabili a un’“***invasione borghese***”, da parte di intrusi che adottano *B*.



# TEG ed evoluzione culturale (1)

## Alcune domande

- ❖ Possiamo applicare la TEG-analisi di FC alla ***società umana?***
- ❖ Possiamo spiegare l'ascesa della ***proprietà privata*** come il risultato di un'evoluzione culturale basata sul successo della strategia borghese?
- ❖ Più in generale, possiamo applicare TEG all'analisi dell'***evoluzione delle norme e delle istituzioni sociali?***



## TEG ed evoluzione culturale (2)

### Alcune risposte

- 1) I **modelli di TEG** sono stati usati nell'analisi dell'evoluzione culturale. Infatti tale modelli hanno un **carattere astratto**: quindi non presuppongono che la trasmissione delle strategie di successo si attui necessariamente attraverso la riproduzione biologica.
- 2) Le strategie di successo potrebbero diffondersi anche attraverso i **meccanismi della trasmissione culturale**. Per esempio, i giocatori potrebbero cambiare le proprie strategie in base all'osservazione dei risultati ottenuti dagli altri giocatori e all'**imitazione** delle strategie che hanno ottenuto i maggiori successi.



## TEG ed evoluzione culturale (3)

### Testi e siti web su TEG ed evoluzione culturale

- ❖ R. Axelrod, *The Evolution of Cooperation*, 1984
- ❖ R. Axelrod, *The Complexity of Cooperation. Agent-Based Models of Competition and Collaboration*, 1997
- ❖ B. Skyrms, *Evolution of the Social Contract*, 1996
- ❖ B. Skyrms, *The Stag Hunt and the Evolution of Social Structure*, 2003
- ❖ *Evolving Artificial Moral Ecologies*, <http://www.ethics.ubc.ca/eame/>
  - (comprende la Java Applet *Predator-Prey and Social Game Simulations*)



# Evoluzione della cooperazione (1)

## Dilemma del prigioniero iterato (DPI)

- ❑ In DPI i giocatori possono incontrarsi per ***un numero indefinito di volte***, senza sapere quale sarà l'ultima occasione di interazione.
- ❑ Si suppone che ogni giocatore abbia:
  1. la capacità di ***riconoscere*** i giocatori affrontati in precedenza e
  2. abbastanza memoria da ***ricordare*** la storia di tutte le precedenti interazioni con loro.



# Evoluzione della cooperazione (2)

## Strategie per DPI

Una strategia per DPI consisterà nel

1. decidere se attuare *C* o *D* al ***primo incontro*** e
2. decidere, in base della storia dei precedenti incontri con quell'avversario, quale mossa attuare in ciascuno degli ***incontri successivi***.

## Payoff per DPI

Il payoff di un un DPI è costituito dalla somma dei payoff ottenuti in ciascun incontro.





## Evoluzione della cooperazione (3)

Qual è la strategia ottimale per DPI?

Supponiamo che Tu debba giocare DPI con altri membri presi a caso da una **popolazione  $X$**  nella quale sono rappresentate, in **proporzioni variabili, diverse strategie**.

Qual è la Tua **strategia ottimale** per DPI in  $X$ ?

La risposta dipenderà, in qualche modo, dalla proporzione delle diverse strategie rappresentate in  $X$ .



# Evoluzione della cooperazione (4)

## Esperimenti di simulazione per DPI

- Determinare la strategia ottimale per DPI in una popolazione  $X$  è un problema così complesso che ***nessuna soluzione generale*** può venire ottenuta per via puramente deduttiva o matematica.
- Possiamo però ottenere una risposta a questo interrogativo effettuando appropriati ***esperimenti di simulazione***.



## Evoluzione della cooperazione (5)

- Tali esperimenti consistono in ***gare costituite da lunghe serie di incontri computerizzati*** in cui le diverse strategie presenti in  $X$  interagiscono casualmente tra loro.
- Al termine di numerose gare, ciascuna delle quali viene interrotta in un istante casuale, possiamo vedere quale strategia ha ottenuto il payoff più alto.
- Tale strategia potrà venire considerata come la strategia ottimale per DPI in  $X$ .



## Evoluzione della cooperazione (6)

- Possiamo introdurre un semplice ***meccanismo evolutivistico*** nei nostri esperimenti di simulazione per DPI.
- Ogni gara rappresenterà una ***generazione di individui*** di  $X$  ciascuno dei quali impiega costantemente una determinata strategia.



## Evoluzione della cooperazione (7)

- Il ***successo di una strategia*** in ogni gara determinerà la ***numerosità della sua “prole”***, e quindi la misura in cui tale strategia sarà rappresentata nella generazione successiva.
- Quindi, nel seguito delle gare, ***le strategie di maggior successo verranno ammesse a partecipare a un numero maggiore di incontri***, mentre verrà limitato il grado di partecipazione delle strategie meno fortunate.



# Evoluzione della cooperazione (8)

## TFT è un'eccellente strategia per DPI

Gli esperimenti di simulazione dimostrano che una strategia di grande successo per DPI, in quasi tutti i tipi di popolazione, è ***Tit For Tat (TFT)***, che significa “***colpo su colpo***” (Axelrod, 1984).

## Definizione di TFT

1. Alla prima mossa TFT coopera;
2. in ogni mossa successiva TFT sceglie fra *C* e *D* semplicemente riproducendo la scelta effettuata dall'avversario nel precedente incontro.



# Evoluzione della cooperazione (9)

## Il trionfo della cooperazione in un mondo di egoisti

- TFT è caratterizzata dal ***massimo grado di reciprocità*** e, quindi, dalla ***massima disponibilità a cooperare*** con altre strategie che si dimostrino inclini alla cooperazione.
- TFT e, più in generale, **le strategie cooperative possono penetrare in un “mondo di cattivi”**, dove domina la strategia “Defeziona sempre!”, diffondersi in questo mondo fino a invaderlo e resistere, poi, al tentativo di invasione da parte di altre strategie.



# TEG e ABM (1)

Brian Skyrms, *The Evolution of Social Contract*, 1996



evoluzione delle **strategie di equità** (o giustizia)

- ✓ Skyrms utilizza metodi di simulazione computerizzata sostanzialmente simili a quelli di Axelrod.
- ✓ Le simulazioni computerizzate di Axelrod e Skyrms permettono di scoprire il “risultato aggregato” di alcuni semplici schemi di comportamento individuale, rappresentati dalle strategie utilizzate da ciascuno dei membri di un determinata popolazione.



## TEG e ABM (2)



- Di conseguenza, possiamo considerare le simulazioni di Axelrod e Skyrms come particolari esempi di *agent-based models* (ABM).
- Più in generale, le teorie evoluzionistiche dei giochi basate su simulazioni computerizzate rientrano nella più vasta classe delle teorie ABM.



# Evoluzione della giustizia (1)

TEG può venire impiegata per spiegare  
***l'evoluzione della giustizia distributiva***,  
cioè delle norme di giustizia (Skyrms, 1996)

## Norme di giustizia

Norme di comportamento improntate a  
criteri di equità distributiva.



## Evoluzione della giustizia (2)

### Come suddividere la torta caduta dal cielo?

- ❖ Immaginiamo che io e te dobbiamo accordarci su come suddividere una torta di cioccolato miracolosamente caduta dal cielo, e che, in caso di mancato accordo, la torta si deteriori, così da lasciare entrambi a mani vuote.
- ❖ Se la contrattazione viene effettuata in una situazione di perfetta simmetria, in cui nessuno può rivendicare particolari diritti nei confronti dell'altro, sembra ovvio che, in base a qualunque immaginabile **principio di equità**, dovremmo **dividere la torta in parti uguali**.



# Evoluzione della giustizia (3)

## Il gioco dell'ultimatum

- ❖ Il ***gioco dell'ultimatum (GU)*** è uno dei tanti giochi di contrazione relativi alla suddivisione di un bene. Le ricerche di psicologia sperimentale mostrano che i soggetti sperimentali alle prese con GU rivelano una ***stabile inclinazione per un comportamento giusto***, improntato a principi di equità.
- ❖ Tale comportamento è in conflitto con le norme della teoria classica dei giochi. Skyrms spiega l'alta frequenza di comportamenti "giusti" in GU in base a TEG.



## Evoluzione della giustizia (4)

- ❖ In GU occorre suddividere un bene, per esempio una somma di dieci dollari, tra due giocatori.
- ❖ Spetta a uno dei due giocatori (il **Proponente**) dare l'ultimatum, cioè fare una proposta all'altro giocatore (la **Controparte**).
- ❖ La Controparte può solo accettare o rifiutare la proposta:
  1. se la accetta il Proponente ottiene quello che chiede e la Controparte quello che resta,
  2. se la rifiuta nessun giocatore ottiene nulla.



## Evoluzione della giustizia (5)

Gli esperimenti mostrano che molti soggetti affrontano GU sulla base di principi di equità che includono:

- a) norme per ***effettuare proposte eque*** quando ci si trova nel ruolo di Proponente,
- b) ma anche norme per ***punire offerte inique*** quando ci si trova in quello di Controparte.



## Evoluzione della giustizia (6)

- ❖ Per esempio, molti soggetti sono disposti a rinunciare a un dollaro o due per punire un Proponente ingordo che chiede di avere otto o nove dollari su dieci.
- ❖ Ciò significa che essi agiscono sulla base di ***norme di equità*** che ***violano gli imperativi della teoria classica dei giochi***, che richiedono di massimizzare il guadagno monetario atteso.



## Evoluzione della giustizia (7)

- ❖ Skyrms applica TEG a una versione semplificata di GU in cui occorre spartire ***una torta divisa in dieci fette*** e ciascun giocatore ha soltanto due opzioni:
  - 1) il Proponente può chiedere per sé cinque pezzi oppure nove,
  - 2) e la Controparte può accettare o rifiutare la proposta.





## Evoluzione della giustizia (8)

Si noti che:

- a) il Proponente ha solo due strategie a propria disposizione, cioè “Chiedi 9!” e “Chiedi 5!”
- b) Invece la Controparte ne ha quattro:
  1. “Accetta tutto!”;
  2. “Rifiuta tutto!”;
  3. “Accetta se il Proponente chiede 5, e rifiuta se chiede 9!”;
  4. “Accetta se il Proponente chiede 9, e rifiuta se chiede 5!”.



## Evoluzione della giustizia (9)

- ❖ Immaginiamo una popolazione in cui gli individui giocano ripetutamente tra loro, talvolta nel ruolo di Proponente e talvolta in quello di Controparte.
- ❖ Supponiamo, inoltre, che ciascun individuo adotti una ***strategia fissa***, che gli dice cosa fare in ciascun ruolo.



## Evoluzione della giustizia (10)

Vi saranno **otto strategie** che caratterizzano otto tipi di individui. Ad alcuni di questi conviene attribuire un nome:

- lo **Spregiudicato** (*Gamesman*) chiede 9 nel ruolo di Proponente e accetta tutto nel ruolo di Controparte;
- l'**Imparziale** (*Fairman*) chiede 5 e accetta la richiesta di 5, ma rifiuta quella di 9;
- il **Cane Arrabbiato** (*Mad Dog*) chiede 9 e accetta la richiesta di 9, ma rifiuta quella di 5;
- il **Disinteressato** (*Easy Rider*) chiede 5 e accetta tutto.



# Evoluzione della giustizia (11)

- ❖ In uno dei modelli computerizzati per GU si assume che in ogni turno di gioco ***le coppie siano formate in modo casuale***, e che sia determinato nello stesso modo anche il ruolo assunto da ogni individuo.
- ❖ Inoltre, si suppone che le ***fette di torta*** guadagnate nel gioco rappresentino un ***vantaggio evolutivo***, vale a dire la ***numerosità della prole***, a cui viene trasmessa la stessa strategia del genitore.



# Evoluzione della giustizia (12)

- ❖ Sulla base di queste assunzioni si può programmare un computer per osservare come evolveranno popolazioni in cui sono rappresentate ***proporzioni variabili delle otto strategie***.
- ❖ Simulazioni di questo genere conducono a conclusioni spesso inattese. Per esempio, se nella popolazione iniziale sono rappresentate proporzioni uguali di ciascuna strategia, si trova – come è naturale aspettarsi – che il processo dinamico conduce, dopo un certo punto, all'**estinzione degli Imparziali**.



## Evoluzione della giustizia (13)

- ❖ Tuttavia, piuttosto sorprendentemente, si scopre anche che gli Spregiudicati non giungeranno a dominare l'intera popolazione, che evolverà invece verso uno ***stato polimorfico*** con circa l'87% di Spregiudicati e il 13% di Cani Arrabbiati.
- ❖ Ciò che sorprende è la ***persistenza della stravagante strategia dei Cani Arrabbiati*** che rifiutano le offerte eque e accettano quelle inique.



## Evoluzione della giustizia (14)

- ❖ In base alla teoria classica dei giochi, la strategia degli Cani Arrabbiati è irragionevole poiché è dominata da altre strategie.
- ❖ Un aspetto interessante di TEG consiste proprio nel fatto di consentire, in determinate condizioni, la **sopravvivenza di strategie anomale**, cioè di strategie dominate.



## Evoluzione della giustizia (15)

- ❖ Ci possiamo chiedere se esistono condizioni in cui un'altra strategia anomala, vale a dire quella degli Imparziali – che si basa su norme di giustizia – possa sopravvivere.
- ❖ Skyrms dimostra che, per ***evitare l'estinzione degli Imparziali***, è sufficiente che si attribuiscono valori appropriati alle proporzioni con cui le diverse strategie sono rappresentate nella popolazione iniziale.





## Evoluzione della giustizia (16)

- ❖ Per esempio, se si parte con una popolazione composta per il 30% da Imparziali – e il resto equamente suddiviso tra le altre sette strategie – allora la dinamica evolutivistica condurrà la popolazione a uno **stato polimorfico** con circa il 64% di Imparziali e il 34% di Disinteressati.
- ❖ Ciò significa che la strategia anomala degli Imparziali può non solo sopravvivere, ma anche prosperare.



## Evoluzione della giustizia (17)

Un'interessante estensione del modello dinamico di GU si basa sull'assunzione che:

- ❖ gli accoppiamenti non siano effettuati in modo completamente casuale,
- ❖ bensì in base a qualche ***meccanismo di correlazione***, tale che individui che usano la stessa strategia tendano a giocare tra di loro più spesso che con individui che usano una strategia diversa.



## Evoluzione della giustizia (18)

Utilizzando questo ***modello dinamico correlato***, Skyrms dimostra che, in condizioni favorevoli di correlazione, possono ottenere un straordinario successo:

- non solo i ***comportamenti imparziali***,
- ma anche quelli ***altruistici***, in cui un soggetto accresce il guadagno degli altri giocatori a spese del proprio.