

T E M I

TEORIA DEI GIOCHI

di Gustavo Cevolani¹

ABSTRACT - La teoria dei giochi studia le scelte di individui coinvolti in interazioni strategiche, cioè situazioni – come una partita di scacchi, una contrattazione o una battaglia – nelle quali le decisioni di ogni individuo dipendono almeno in parte dalle decisioni altrui e dalle sue attese circa queste decisioni. Questo contributo presenta le motivazioni e gli strumenti essenziali della teoria “classica” dei giochi, i principali limiti del suo impianto formale e concettuale e una brevissima rassegna dei suoi sviluppi più recenti e delle loro applicazioni nelle scienze sociali.

1. INTRODUZIONE
2. MOTIVAZIONI
3. CENNI STORICI
4. CONFLITTO E COINCIDENZA DI INTERESSI
5. METODI DI SOLUZIONE
 - 5.1 Evitare il peggio: il maximin
 - 5.2 Eliminare le strategie dominate
 - 5.3 L’equilibrio di Nash
6. LIMITI DELLA TEORIA CLASSICA DEI GIOCHI
 - 6.1 Cattive soluzioni: il dilemma del prigioniero
 - 6.2 Troppe soluzioni: l’asino di Nash
7. SVILUPPI, APPLICAZIONI E ASPETTI METODOLOGICI
 - 7.1 Il programma di raffinamento
 - 7.2 La teoria evoluzionistica dei giochi
 - 7.3 Giochi ripetuti
 - 7.4 Teorie cognitive e comportamentali dei giochi
 - 7.5 Alcune applicazioni delle teorie dei giochi
8. RIFERIMENTI

¹ Desidero ringraziare, per utili commenti su precedenti versioni di questo articolo, Roberto Festa, Luca Tambolo e due lettori anonimi di APhEx. Ricerca finanziata dal MIUR nell’ambito del progetto FIRB “Strutture e dinamiche della conoscenza e della cognizione” (unità di Torino: D11J12000470001).

1. INTRODUZIONE

La teoria dei giochi studia le scelte di individui coinvolti in interazioni strategiche, cioè situazioni – come una partita di scacchi, una contrattazione o una battaglia – nelle quali le decisioni di ogni individuo dipendono almeno in parte dalle decisioni altrui e dalle sue attese circa queste decisioni. Lo scopo della teoria “classica” dei giochi – sviluppata nel solco dell’opera di von Neumann e Morgenstern ([1944]) – è individuare le scelte ottimali di tutti i “giocatori” coinvolti e, di conseguenza, determinare la “soluzione” del gioco, cioè l’esito finale della loro interazione. La teoria dei giochi può quindi essere considerata come una branca della teoria della scelta razionale, che studia quali dovrebbero essere le scelte di un “agente” razionale date le sue attese e le sue preferenze sugli aspetti rilevanti dell’ambiente in cui si trova, incluso il comportamento degli altri agenti. In quanto teoria essenzialmente normativa, la teoria classica dei giochi non si propone di descrivere come di fatto si comportano individui impegnati in interazioni strategiche; ciò non ha però impedito di applicarla con successo a molti problemi interessanti in un gran numero di aree, dall’economia alla biologia alla filosofia politica. Inoltre, il tentativo di analizzare più da vicino il comportamento strategico di individui reali ha portato a sviluppare diverse teorie “non classiche” dei giochi, che correggono, modificano e arricchiscono l’approccio della teoria classica.

In questo contributo, presentiamo le motivazioni e le origini della teoria classica dei giochi (paragrafi 2 e 3), i suoi concetti e strumenti essenziali (paragrafi 4 e 5) e i principali limiti del suo impianto formale e concettuale (paragrafo 6). Per motivi di spazio, non possiamo discutere le applicazioni della teoria né accennare alle teorie non classiche dei

giochi; il lettore troverà una concisa guida alla letteratura più rilevante nel paragrafo 7, che completa questo contributo.

2. MOTIVAZIONI

Moltissime interazioni sociali hanno carattere *strategico*, nel senso che le scelte e le decisioni di ogni individuo coinvolto dipendono dalle sue credenze, attese e preferenze sul comportamento degli altri partecipanti. Per esempio, la mia decisione di prestarti o meno un mio libro dipenderà, almeno in parte, da come penso tu tratterai il libro, se sarai puntuale nel restituirmelo, se mai me lo restituirai e così via. Se mi inviti a una festa, è probabile che io decida se venire o meno anche in base a quello che immagino faranno gli altri invitati. Quando compro un oggetto su Amazon o eBay, sono disposto a inviare in anticipo il pagamento perché mi aspetto che il venditore mi spedisca in risposta l'oggetto esattamente come richiesto. In guerra, le scelte – appunto, strategiche – di un generale dipenderanno ovviamente dalle sue attese circa le scelte del suo avversario; gli esempi potrebbero moltiplicarsi.

In tutti questi casi, il termine “strategico” sottolinea l'essenziale *interdipendenza* delle scelte individuali. Naturalmente, non tutte le azioni umane hanno carattere strategico in questo senso. In primo luogo, esiste una differenza fondamentale fra agire in modo “parametrico” su un mondo passivo e agire in modo “non parametrico” su un ambiente che invece cerca di anticipare le mie mosse (cfr. Ross [2012, par. 1], da cui è tratto anche l'esempio seguente). Confrontiamo due tipi di decisione: quella di dare un calcio a un sasso e quella di dare un calcio a *qualcuno*. Nel primo caso, il successo della mia azione dipende solo da alcuni parametri fisici (peso del sasso, forza impressa dal calcio, possibili

danni al piede, ecc.); nel secondo caso, è la reazione dell'altra persona (ammesso che sia in grado di reagire) che determinerà la riuscita del mio intento e che quindi andrà presa in considerazione prima di metterlo in atto.

In secondo luogo, non tutte le interazioni sociali, cioè le situazioni in cui due o più persone agiscono assieme, sono strategiche. In molti casi, infatti, le altre persone sono trattate alla stregua di parametri di un mondo essenzialmente passivo, come il sasso dell'esempio precedente. Per esempio, quando cerco di farmi strada in mezzo a una folla, o di districarmi nel traffico, tendo a percepire gli altri passanti o automobilisti come semplici ostacoli mobili, le cui attese e decisioni non influenzano le mie scelte (cfr. Rummel [1976], vol. 2, capitolo 9, per questo e altri esempi di interazione sociale strategica e non). La distinzione fra comportamento strategico e non strategico, anche se teoricamente chiara, è spesso non banale da applicare nella pratica, cosa che può complicare il tentativo di spiegare alcuni fenomeni sociali. Per esempio, per un osservatore ignaro delle intenzioni e delle finalità dei diversi individui coinvolti può essere difficile distinguere tra chiari casi di interazione strategica, come una processione religiosa o una manifestazione politica – in cui cammino con gli altri perché mi aspetto che loro facciano lo stesso – e casi di interazione non strategica, come quello di una folla che si accalca all'entrata della stazione dei treni (per un esempio simile, e per la discussione di ulteriori problemi legati alla spiegazione nelle scienze sociali, si veda von Wright [1971], pp. 155 ss.).

Anche se il comportamento strategico è solo una delle forme di azione umana, esso è al centro dell'analisi di diversi fenomeni sociali, come il mercato, il rispetto delle norme e delle leggi, la partecipazione politica, la guerra e così via. Per questo motivo, una buona

teoria del comportamento strategico è essenziale per tutte quelle discipline – dall’economia alla scienza politica, dalla filosofia alla sociologia, dalla psicologia all’antropologia – che si interessano allo studio dell’azione e del comportamento umani. Oggi, diversi studiosi sarebbero concordi nell’affermare che la teoria dei giochi, nelle sue diverse varianti, fornisce la miglior impalcatura concettuale per affrontare in modo rigoroso i problemi di queste discipline. Alcuni, come l’economista americano Herbert Gintis ([2009]), si spingono ad affermare che la teoria dei giochi offre niente meno che il metodo unificato di tutte le scienze comportamentali, incluse quelle che studiano il comportamento animale, come la biologia o l’etologia. Se anche si rifiutasse il punto di vista di Gintis, è comunque indubbio che, negli ultimi decenni, i concetti e gli strumenti formali della teoria dei giochi sono stati applicati con notevole successo a un crescente numero di problemi nell’ambito delle scienze comportamentali.

3. CENNI STORICI

Il termine “teoria dei giochi” è legato al fatto che gli scacchi, il poker, la morra cinese e molti altri giochi rientrano nell’ambito della teoria, che riguarda però anche molti altri tipi di interazioni strategiche. Infatti, sono “giochi” nel senso della teoria dei giochi anche una compravendita, un accordo commerciale, una trattativa politica o sindacale, una battaglia e una conferenza internazionale: tutte le situazioni, insomma, in cui due o più giocatori – ove questo termine può applicarsi non solo a persone, ma anche a organizzazioni, imprese, governi e così via – sono coinvolti in qualche interazione strategica. Non tutti quelli che chiamiamo comunemente “giochi”, d’altra parte, sono tali nel senso della teoria dei giochi. Come nota Schelling ([1960], p. 101), la natura strategica

delle situazioni di cui si occupa la teoria le distingue sia dai giochi di abilità (come una gara di atletica) sia dai giochi d'azzardo o "di fortuna" (come la *roulette* o il lotto, il cui esito è determinato dal caso). Nell'analisi dei giochi di strategia, cioè dei giochi *tout court* di cui ci occuperemo qui, l'attenzione si concentra sull'interdipendenza delle decisioni di tutti i giocatori coinvolti e sulle loro attese circa il comportamento di ciascun altro.

In quanto esempi "stilizzati" di interazione strategica, i giochi da tavolo come gli scacchi o il poker furono i primi a venir analizzati matematicamente. Già nel Seicento, lo studio dei giochi d'azzardo, soprattutto coi dadi, aveva portato Pascal e Fermat a sviluppare la teoria della probabilità (Devlin [2008]), che costituisce un ingrediente essenziale della teoria dei giochi. Il primo tentativo di analisi "giochistica" (*game-theoretic*) in senso moderno risale verosimilmente alla discussione di un gioco di carte chiamato *le Her* che, tre secoli fa, nel 1713, un non meglio identificato "gentiluomo inglese" di nome Waldegrave propose in una lettera a un conoscente (Bellhouse [2007]). Risale invece a un secolo fa quello che viene considerato il primo teorema di teoria dei giochi, enunciato dal logico matematico Ernst Zermelo nel 1913 (Schwalbe e Walker [2001]).

La storia moderna della teoria dei giochi inizia comunque solo nel 1944, con la pubblicazione dell'epocale volume *Theory of Games and Economic Behavior*, a opera del matematico ungherese John von Neumann e dell'economista austriaco Oskar Morgenstern. I due autori presentarono la teoria dei giochi come un contributo matematico all'economia teorica, e come tale essa venne sviluppata nei decenni successivi da economisti e matematici come John Nash, John Harsanyi e Robert Aumann, per citare solo tre studiosi premiati col Nobel per i loro contributi di teoria dei giochi. Fin dai primissimi anni Cinquanta, tuttavia, fu chiaro che, grazie alla generalità dei suoi

metodi, la teoria aveva un numero potenzialmente illimitato di applicazioni, presentandosi come una teoria generale della cooperazione e del conflitto fra agenti di qualsiasi tipo (cfr. Schelling [1960]). Per esempio, un forte impulso allo sviluppo della teoria venne storicamente dalle ricerche sulla strategia militare e sulle relazioni internazionali nel corso della guerra fredda, e in particolare dalla RAND Corporation (*Research AND Development*), un *think tank* fondato alla fine degli anni Quaranta del secolo scorso per fornire servizi di analisi e ricerca strategica alle forze armate statunitensi. L'elenco dei ricercatori e dei collaboratori della RAND – che comprende ad oggi una trentina di premi Nobel, soprattutto matematici, fisici ed economisti – include i nomi di molti fra i maggiori teorici dei giochi: basti citare von Neumann, Nash, Thomas Schelling e Aumann. Anche i matematici Merrill Flood e Melvin Dresher lavoravano alla RAND quando, nel 1950, cominciarono a studiare quello che sarebbe diventato il più famoso gioco analizzato dalla teoria, che il matematico canadese Alfred Tucker chiamò “dilemma del prigioniero” (si veda oltre, paragrafo 6.1).

Alla luce della generalità dei suoi metodi e del numero dei suoi impieghi, considerare la teoria dei giochi come una branca della matematica applicata o dell'economia matematica sarebbe riduttivo. Si potrebbe per esempio sostenere, come fa il biologo John Maynard Smith ([1982], p. vii), che «paradossalmente, la teoria dei giochi è più facilmente applicabile alla biologia che all'analisi del comportamento economico, per la quale era stata inizialmente ideata». Il riferimento è qui alla cosiddetta teoria *evoluzionistica* dei giochi, sviluppata a partire dagli anni Settanta dallo stesso Maynard Smith e dai suoi collaboratori per descrivere l'evoluzione di alcuni aspetti caratteristici del comportamento animale (cfr. Maynard Smith e Price [1973]). La teoria evoluzionistica

dei giochi è solo il più noto e sviluppato fra gli approcci alternativi alla teoria classica sviluppata da von Neumann, Morgenstern, Nash e altri. A partire dagli anni Sessanta, infatti, tale teoria è stata affiancata, e in parte soppiantata, da un certo numero di approcci alternativi che mirano a evitare alcuni suoi fondamentali difetti teorici e a migliorarne la capacità di descrivere e spiegare diversi fenomeni del mondo reale. Per questo motivo, è ormai più corretto parlare di “teorie”, piuttosto che di “teoria”, dei giochi, includendo fra queste la teoria evoluzionistica dei giochi, le teorie ad agenti basate su simulazioni al calcolatore (o teorie ABM, da *Agent Based Modelling*) e altri approcci ormai consolidati (per un tentativo di classificazione delle teorie non classiche dei giochi si vedano Festa e Cevolani [2013], paragrafo 2.2). A queste teorie, vanno aggiunte diverse applicazioni dei metodi giochistici che formano ormai campi di ricerca autonomi, come la teoria del “progetto di meccanismi di mercato” (*mechanism design* o *market design*), che ha fruttato i due più recenti premi Nobel per teorici dei giochi (a Leonid Hurwicz, Eric Maskin e Roger Myerson nel 2007 e a Alvin Roth e Lloyd Shapley nel 2012).

4. CONFLITTO E COINCIDENZA DI INTERESSI

In molti giochi da tavolo, i giocatori sono *avversari*, nel senso che, qualsiasi sia l'esito del gioco (escludendo il caso del pareggio), un giocatore vince e l'altro perde. Nel poker, per esempio, la vincita di un giocatore corrisponde esattamente alla somma delle perdite degli altri giocatori. Questo genere di giochi è noto come “a somma zero”, perché è sempre possibile esprimere le preferenze dei giocatori per i diversi esiti del gioco con numeri (i cosiddetti *payoff*) la cui somma è 0 in ogni possibile esito (cfr. Luce e Raiffa

[1957], pp. 63-64). Per esempio, se la posta di una mano di poker ammonta a 10 euro, qualsiasi sia l'esito del gioco il vincitore otterrà 10 euro, mentre le perdite degli altri giocatori assommeranno a 10 euro.

Come nota Schelling ([1960], pp. 4-5), i giochi a somma zero – chiamati anche giochi “di conflitto puro” (*ibidem*, p. 97) – rappresentano un genere estremo e molto raro di interazione sociale, che potrebbe riguardare praticamente solo il caso di una guerra di sterminio totale. Al di là di questo caso limite, la stragrande maggioranza delle interazioni strategiche va considerata come un gioco “a interessi misti” (*ibidem*, p. 104), in cui ogni giocatore ha alcune preferenze opposte, ma altre coincidenti, con quelle degli altri giocatori. In una guerra fra due contendenti, per esempio, anche se ognuno preferisce una soluzione vantaggiosa per se stesso e dannosa per l'avversario, entrambi preferiscono di solito una soluzione diplomatica, o un conflitto moderato che minimizzi i danni reciproci, a una guerra di distruzione totale. Un altro caso estremo, opposto a quello dei giochi di conflitto puro, riguarda i giochi “di coordinamento” o “di collaborazione pura” (*ibidem*, pp. 98, 104), in cui i giocatori sono in perfetto accordo nel valutare i diversi esiti possibili. In sintesi, possiamo individuare tre tipi di gioco sulla base della cosiddetta *struttura dei payoff* del gioco, cioè dell'ordinamento delle preferenze dei giocatori coinvolti: i) i giochi con totale conflitto di interessi (o: di conflitto puro, a somma zero); ii) i giochi con parziale coincidenza di interessi (o giochi a interessi misti); e iii) i giochi con totale coincidenza di interessi (o: di coordinamento, o collaborazione pura).

Nonostante siano molto rari e sostanzialmente inadeguati a rappresentare la maggior parte dei casi reali di interazione sociale, i giochi a somma zero monopolizzarono l'attenzione dei primi teorici dei giochi. (Per inciso, questo è uno dei motivi che portarono alcuni

scienziati sociali a rifiutare la teoria dei giochi come strumento potenzialmente utile per le proprie discipline; per una tipica reazione di questo tipo, si veda von Mises [1949], pp. 112-113.) Il motivo di questo interesse per i giochi a somma zero risiede nella loro semplicità concettuale e nel fatto che la loro analisi matematica è più facile di quella dei giochi con totale o parziale coincidenza di interessi. Conviene quindi, per capire come la teoria classica dei giochi affronta l'analisi del comportamento strategico, partire da un caso di gioco di conflitto puro.

Un esempio storico interessante è quello della Battaglia del Mare di Bismarck (nel Pacifico del Sud), combattuta fra Alleati e Giapponesi presso l'isola di Nuova Britannia nel 1943, durante la seconda guerra mondiale, e analizzata per la prima volta in termini giochistici dal colonnello Olivier G. Haywood ([1954], pp. 366-371; si vedano anche Luce e Raiffa [1957], pp. 64-65, e Davis [1983], pp. 13-14). Prima della battaglia, per rinforzare il contingente giapponese, il contrammiraglio Masatomi Kimura (1891-1960) si trova a scegliere se inviare la propria flotta lungo la rotta a Nord dell'isola di Nuova Britannia, o lungo la rotta a Sud. Contemporaneamente, il generale americano George C. Kenney (1889-1977) deve decidere su quale rotta inviare il grosso delle proprie forze aeree, nel tentativo di intercettare e distruggere il convoglio giapponese. Entrambe le rotte che Kimura può scegliere richiedono tre giorni di navigazione, ma con un'importante differenza: a Sud il tempo è sereno, mentre a Nord è coperto e piovoso. Le diverse condizioni meteorologiche influiscono sulla capacità dei ricognitori alleati di individuare la flotta giapponese: sulla rotta Sud, il convoglio verrebbe avvistato immediatamente, mentre sulla rotta Nord l'avvistamento avverrebbe solo con un certo ritardo, a causa della scarsa visibilità.

		<i>Giapponesi</i>	
		Rotta Nord (N)	Rotta Sud (S)
<i>Alleati</i>	Rotta Nord (N)	2 -2	2 -2
	Rotta Sud (S)	1 -1	3 -3

FIGURA 1. UN GIOCO A SOMMA ZERO: LA BATTAGLIA DEL MARE DI BISMARCK

La Figura 1 rappresenta la battaglia del Mare di Bismarck come un gioco “in forma normale”, cioè come una matrice in cui ogni riga rappresenta una possibile mossa degli Alleati, e ogni colonna una mossa dei Giapponesi. Le quattro celle della matrice rappresentano i possibili esiti o risultati del gioco, cioè le quattro possibili combinazioni delle mosse dei due giocatori. All’interno di ogni cella compaiono i payoff che rappresentano le preferenze dei giocatori per ogni esito del gioco; il numero in basso a sinistra è il payoff degli Alleati, quello in alto a destra è il payoff dei Giapponesi. Nell’esempio, le preferenze dei due giocatori sono espresse come giorni di bombardamento che la flotta giapponese deve subire nei diversi casi. Per esempio, se Kimura invia la flotta sulla rotta Nord mentre Kenney lo attendeva sulla rotta Sud, l’esito del gioco sarà rappresentato dalla cella in basso a sinistra: a causa del cattivo tempo, i ricognitori alleati impiegano due giorni a individuare la flotta, che quindi subisce solo un giorno di bombardamento.

La matrice mostra chiaramente come i due giocatori abbiano interessi diametralmente opposti: il comando alleato vorrebbe indovinare la rotta scelta dal comandante giapponese

(per intercettare la flotta), il quale invece vorrebbe evitarlo a tutti i costi. Qualsiasi sia l'esito delle loro scelte finali, il payoff degli alleati è esattamente l'opposto di quello dei giapponesi: si tratta quindi di un gioco a somma zero. Nella sua ricostruzione, Haywood sostiene che entrambi i comandanti usarono, per decidere come muovere i propri contingenti, un tipo di ragionamento strategico che li portò a individuare l'unico esito accettabile, dal punto di vista della teoria dei giochi, del loro conflitto. In altre parole, anche se inconsapevolmente, i due comandati avrebbero individuato "la" soluzione teorica del gioco. Ma cosa significa "risolvere" un gioco? E qual è la soluzione del gioco nel caso della battaglia del Mare di Bismarck?

5. METODI DI SOLUZIONE

La teoria classica dei giochi aspira a individuare la *soluzione* di ogni possibile gioco, cioè la combinazione delle strategie ottimali che dovrebbero essere adottate da ciascuno dei giocatori. Risolvere un gioco significa quindi specificare quale sia la miglior strategia possibile, date le sue preferenze, di ogni individuo coinvolto, supponendo che egli abbia un'adeguata conoscenza delle proprie e altrui preferenze, cioè della cosiddetta struttura dei payoff del gioco. Diversi modi di specificare le strategie ottimali conducono a diversi metodi di soluzione (*solution concepts*) per vari tipi di gioco.

5.1 Evitare il peggio: il maximin

Nel caso della battaglia del Mare di Bismarck, secondo Haywood ([1954], pp. 369-371), la strategia di fatto utilizzata dai due comandanti coincide con la cosiddetta strategia di

maximin. L'idea generale è la seguente: dato che l'esito del gioco è incerto, perché dipende anche dalla mossa dell'avversario, nessun giocatore può essere sicuro di ottenere il risultato che considera migliore; tuttavia, può evitare con certezza il risultato peggiore. A questo scopo, è sufficiente che, per ognuna delle proprie mosse, il giocatore individui il *minimo* payoff corrispondente e, quindi, scelga la mossa che gli garantisce il *massimo* fra questi payoff minimi. Massimizzare il minimo è la strategia più prudente a disposizione del giocatore: equivale a immaginare, in accordo con la legge di Murphy, che «se qualcosa può andar male, lo farà» e quindi a limitare i danni garantendosi il meno peggio fra gli esiti del gioco.

Nel nostro esempio (Figura 1), se entrambi i comandanti adottano la strategia maximin (che, secondo Haywood, era quella implicitamente prescritta dalla strategia militare dell'epoca, almeno nel caso del comandante americano), sceglieranno entrambi la rotta Nord, come storicamente accadde. Per capire perché, consideriamo la scelta del comandante alleato prima della battaglia. Se il comandante scegliesse la rotta Nord (N), otterrebbe un payoff pari a 2 qualsiasi sia la scelta dell'avversario; se invece scegliesse la rotta Sud (S), nel caso peggiore (cioè se il comandante giapponese scegliesse la rotta Nord), otterrebbe un payoff pari a 1. La strategia maximin impone al comandante alleato di scegliere la mossa che gli garantisce il migliore fra i payoff peggiori: in questo caso N, che gli garantisce di ottenere un payoff almeno pari a 2. Se, come stiamo supponendo, il comandante giapponese adotta anch'egli la strategia maximin, farà un ragionamento del tutto simile: nel suo caso, la mossa N è associata a un payoff minimo di -2 e la mossa S a un payoff minimo di -3 . Massimizzare il payoff minimo porta quindi i giapponesi a scegliere la rotta N. La soluzione del gioco è così rappresentata dalla cella (N, N) della

matrice in Figura 1: entrambi i contingenti scelgono la rotta a Nord, sulla quale la flotta giapponese subisce due giorni di bombardamento.

Come metodo generale di decisione, la strategia maximin rappresenta una strategia “paranoica”, perché significa immaginare, con estremo pessimismo, che il mondo cospiri contro di noi per procurarci il massimo danno. Tuttavia, in un gioco a somma zero, la strategia maximin è un’opzione perfettamente razionale, dato che, come nel poker, il mio avversario guadagna esattamente quello che io perdo. In effetti, vale la pena notare che, nel gioco in Figura 1, si sarebbe raggiunto lo stesso risultato se entrambi i comandati avessero adottato la cosiddetta strategia *minimax*, che consiste nello scegliere la mossa che *minimizza il massimo* payoff dell’avversario. Per esempio, Kenney avrebbe potuto ragionare così: se scelgo N, i giapponesi ottengono in ogni caso un payoff pari a -2 ; se scelgo S, possono invece ottenere un payoff massimo di -1 scegliendo N; quindi conviene scegliere N, per essere sicuri di massimizzare la perdita inflitta all’avversario. In effetti, in un gioco a somma zero, la strategia maximin e la strategia minimax si equivalgono: data la struttura dei payoff, garantirsi la minor perdita possibile significa automaticamente causare all’altro la maggior perdita possibile (cfr. Hargreaves Heap e Varoufakis [2004], p. 43).

5.2 Eliminare le strategie dominate

In un gioco a somma zero, sia la strategia maximin (massimizzare il proprio payoff minimo) sia la strategia minimax (minimizzare il payoff massimo dell’avversario) conducono alla stessa soluzione di un gioco fra due giocatori. Ciò non accade, però, in altri tipi di gioco interessanti, e in particolare all’amplessima classe dei giochi a interessi

misti, in cui la vincita di un giocatore non si traduce necessariamente nella perdita dell'altro. In tali situazioni, occorre individuare altri metodi di soluzione per determinare le strategie ottimali dei giocatori.

Una strategia applicabile a diversi tipi di gioco è quella che consiste nell'eliminare le cosiddette strategie dominate. Per capire cosa sia una strategia dominata, osserviamo di nuovo la matrice del gioco in Figura 1. Invece di adottare la strategia di maximin, il comandante giapponese Kimura potrebbe ragionare semplicemente come segue: se il nemico sceglie la rotta a Nord, la scelta fra N e S diventa indifferente: in entrambi i casi occorre scontare 2 giorni di bombardamento (payoff -2). Se invece gli alleati scelgono la rotta Sud, conviene decisamente scegliere la rotta Nord, che garantisce solo 1 giorno di bombardamento invece di 3. In altre parole, Kimura non ha alcun buon motivo di scegliere la rotta Sud, dato che essa non garantisce in nessun caso risultati migliori della rotta Nord e anzi in alcuni casi porterebbe a esiti ben peggiori. Nel gergo della teoria dei giochi, si dice allora che, per Kimura, la strategia S è “debolmente dominata” dalla strategia N o, equivalentemente, che N “domina debolmente” S (la dominanza sarebbe “forte” o “stretta” se N garantisse sempre risultati strettamente migliori a quelli garantiti da S).

Il fatto che S è debolmente dominata da N è un motivo sufficiente, per Kimura, per escluderla dal novero delle strategie razionali da adottare. Dato che l'unica altra strategia a sua disposizione è adottare N, questa sarà dunque la sua scelta. Per quanto riguarda il suo avversario, Kenney, nessuna delle sue strategie è dominata dall'altra: gli conviene scegliere N se Kimura sceglie N, e S se Kimura sceglie S. Tuttavia, dato che Kenney è a conoscenza della struttura dei payoff del gioco e sa che anche Kimura ne è a conoscenza,

può prevedere il ragionamento dell'avversario e anticipare la sua mossa. Quindi Kenney sceglie la rotta Nord, che è la risposta per lui più conveniente a quella che si aspetta essere l'unica mossa ragionevole dell'avversario. Se, come abbiamo supposto, entrambi i giocatori si comportano razionalmente, l'unico esito possibile del gioco sarà l'incontro sulla rotta Nord.

Più in generale, se, in un gioco con due giocatori, eliminando le proprie strategie dominate almeno uno dei due giocatori rimane con una sola strategia – la sua strategia dominante –, l'altro giocatore adotterà la propria miglior risposta a quella, e la soluzione del gioco sarà la combinazione delle due strategie così determinate. Questo tipo di soluzione si può applicare a qualsiasi gioco finito – cioè con un numero finito di giocatori, ognuno dei quali può scegliere fra un numero finito di mosse. Tuttavia, ci sono moltissimi giochi in cui nessun giocatore dispone di un'unica strategia dominante e quindi impossibili da risolvere col metodo dell'eliminazione delle strategie dominate: in questi casi, occorre adottare un metodo di soluzione più generale e potente.

5.3 L'equilibrio di Nash

La soluzione del gioco in Figura 1 individuata usando il metodo dell'eliminazione delle strategie dominate è la stessa individuata precedentemente supponendo che entrambi i giocatori adottassero la strategia maximin (o minimax). Ciò suggerisce che tale soluzione – rappresentata dalla cella (N, N) della matrice – abbia alcune caratteristiche peculiari, che la rendono l'unico esito che ci si può ragionevolmente attendere in una situazione simile.

Come nota Haywood ([1954], p. 371), una di tali caratteristiche è la seguente: se anche uno dei due comandanti avesse scoperto in anticipo la decisione presa dall'altro, non avrebbe avuto motivo di cambiare la propria, perché ciò non gli avrebbe procurato alcun vantaggio. Supponiamo infatti che, prima della battaglia, usando uno dei due metodi illustrati (strategia maximin/minimax o eliminazione delle strategie dominate), sia Kenney sia Kimura avessero ognuno deciso di prendere la rotta Nord. Immaginiamo ora che una spia o un traditore giapponese informi Kenney della decisione di Kimura: ciò potrebbe rassicurare Kenney della bontà del proprio ragionamento, ma non lo indurrebbe certo a cambiare i propri piani. Allo stesso modo, anche se Kimura scoprisse in anticipo che Kenney ha intenzione di intercettarlo sulla rotta Nord, non avrebbe alcun serio motivo di cambiare la propria decisione e scegliere la rotta Sud, sulla quale subirebbe comunque 2 giorni di bombardamento.

Si noti che, nella matrice in Figura 1, la cella (N, N) è l'unica a godere della proprietà appena descritta. In tutte le altre celle, l'esito del gioco sarebbe tale che, se un giocatore fosse informato in anticipo della mossa dell'altro, gli converrebbe cambiare la propria. (Per esempio, supponiamo che Kenney, dopo aver deciso di prendere la rotta Nord, scopra che Kimura sceglierà la rotta Sud; allora dovrebbe ovviamente cambiare strategia, e intercettarlo sulla rotta Sud.) Questa proprietà è la chiave per capire il metodo di soluzione centrale della teoria dei giochi classica – proposto da von Neumann e Morgenstern ([1944]) per i giochi a somma zero e poi esteso a qualsiasi gioco finito da Nash, che per questo contributo ricevette il premio Nobel nel 1994, in alcuni scritti pubblicati fra il 1950 e il 1951 (si veda Giocoli [2004] per un'accurata ricostruzione storica).

In un gioco finito, le strategie dei giocatori formano un equilibrio di Nash – o, semplicemente, sono in equilibrio – quando nessuno dei giocatori, dopo essere venuto a conoscenza della strategia adottata dagli altri, avrà motivo di pentirsi della propria scelta. In altre parole, se anche i giocatori avessero la possibilità di cambiare *unilateralmente* la propria scelta dopo aver scoperto quella degli altri giocatori, nessuno avrebbe interesse a farlo. In questo senso, in un equilibrio di Nash la strategia di ciascuno dei giocatori è la risposta ottimale alle strategie degli altri: appare quindi naturale richiedere che la soluzione di un gioco debba essere un equilibrio di Nash. Questo divenne il principio centrale della teoria classica dei giochi dal momento in cui Nash dimostrò che qualsiasi gioco finito possiede *almeno* un equilibrio. Tale principio implica, in particolare, che se un gioco – come quello della Battaglia del Mare di Bismarck – ha un *unico* equilibrio, tale equilibrio è la soluzione del gioco. Si noti, inoltre, che, in un gioco a somma zero con due giocatori, la combinazione delle due strategie minimax, o maximin, è un equilibrio di Nash; quindi quest’ultimo metodo di soluzione è una generalizzazione di quello basato sul minimax (o sul maximin) già discusso da von Neumann ([1928]).

Con l’idea di equilibrio, Nash fornì alla teoria dei giochi un metodo di soluzione semplice, potente e del tutto generale, cioè non limitato, come quelli discussi in precedenza, a particolari tipi di gioco. Occorre tuttavia notare che, anche nel caso più semplice dei giochi a somma zero, sapere che la soluzione del gioco esiste non significa sapere esattamente quale sia, cioè sapere quali saranno le mosse effettivamente adottate dai giocatori alla fine del gioco. Ciò dipende da due motivi: primo, come vedremo nel prossimo paragrafo, molti giochi hanno più di un equilibrio di Nash; secondo, in molti giochi, l’equilibrio di Nash è una combinazione di strategie *miste* invece che di strategie

pure. Un giocatore adotta una strategia pura quando sceglie direttamente una delle mosse a sua disposizione (per esempio N oppure S nel gioco in Figura 1); se invece sceglie fra le mosse a sua disposizione in modo probabilistico (per esempio lancia una moneta e sceglie N se viene testa, e S se viene croce), il giocatore adotta una strategia mista. Si noti che, mentre il numero delle strategie pure è determinato dalla struttura del gioco, un giocatore ha sempre a disposizione un'infinità di strategie miste (corrispondente agli infiniti modi di attribuire una probabilità, non necessariamente uguale, a ognuna delle sue mosse).

Un semplice gioco con un unico equilibrio in strategie miste è la “morra cinese”, o “sasso-carta-forbici”. In questo gioco, molto diffuso tra i bambini, si fronteggiano due giocatori, chiamati Riga e Colonna in Figura 2, che devono scegliere simultaneamente, annunciandola ad alta voce, una delle tre mosse Sasso, Carta o Forbici. Se entrambi scelgono la stessa mossa, il turno di gioco finisce in pareggio (0 punti per entrambi). Se invece i due giocatori scelgono mosse diverse, il vincitore guadagna 1 punto e l'avversario ne perde 1, secondo la regola: Sasso batte Forbici (le spunta), Carta batte Sasso (lo avvolge) e Forbici batte Carta (la taglia).

		COLONNA		
		Sasso	Carta	Forbici
RIGA	Sasso	0 0	1 -1	-1 1
	Carta	-1 1	0 0	1 -1
	Forbici	1 -1	-1 1	0 0

FIGURA 2. IL GIOCO DELLA MORRA CINESE

Nel gioco della morra cinese, è chiaro che nessuna strategia pura è una risposta ottimale alla strategia altrui: di conseguenza, come è facile controllare, nessuna delle celle del gioco in Figura 2 rappresenta un equilibrio di Nash (per esempio: se penso di giocare Carta, ma scopro che il mio avversario vuole giocare Forbici, mi conviene rivedere la mia scelta e giocare Sasso). La soluzione prescritta dalla teoria classica è l'unico possibile equilibrio di Nash in strategie miste, in cui entrambi i giocatori scelgono ognuna delle tre mosse Sasso, Carta e Forbici con pari probabilità, cioè $1/3$ (cfr. Osborne [2003], p. 65-66).

Il risultato fondamentale di Nash, per cui tutti i giochi finiti hanno almeno un equilibrio, vale solo se si ammette la possibilità che i giocatori adottino strategie miste: infatti, esistono moltissimi giochi, fra i quali appunto la morra cinese, che non hanno alcun equilibrio quando si adottano solo strategie pure (o, come vedremo nel paragrafo 6.2, che

hanno come equilibri sia combinazioni di strategie pure sia combinazioni di strategie miste).

6. LIMITI DELLA TEORIA CLASSICA DEI GIOCHI

Il concetto di equilibrio di Nash risponde al problema di determinare, sulla base di pochi e generali principi di razionalità, la soluzione di qualsiasi gioco. Se le strategie dei giocatori sono in equilibrio, infatti, ognuno ottiene dal gioco il massimo che può aspettarsi date le scelte razionali degli altri giocatori. E dato che, come dimostrato da Nash, ogni gioco finito possiede un equilibrio, tale concetto sembra offrire una soluzione del tutto generale al problema centrale della teoria dei giochi. Inoltre, in alcuni casi, come quello della battaglia del Mare di Bismarck in Figura 1, sembra che individui reali, impegnati in interazioni rappresentabili in forma astratta come giochi finiti, si comportino effettivamente secondo i dettami della teoria dei giochi, scegliendo strategie che li conducono al punto di equilibrio.

Tuttavia, la teoria basata sul concetto di equilibrio di Nash deve affrontare almeno due problemi (cfr. Hargreaves Heap e Varoufakis [2004], paragrafi 2.5.3 e 3.5). In primo luogo, può accadere, e accade di fatto in casi di grande interesse, che un gioco abbia un unico equilibrio di Nash, ma ci siano forti motivi di dubitare che esso rappresenti una “buona soluzione” del gioco stesso. In secondo luogo, moltissimi tipi di gioco, e in particolare quelli di maggior rilevanza per l’economia e le scienze sociali, hanno non uno ma molti equilibri di Nash: si ripropone così il problema di identificare *la* soluzione del gioco quando questo ha due o più equilibri.

6.1. Cattive soluzioni: il dilemma del prigioniero

Supponiamo che due collezionisti, Riga e Colonna, si “incontrino” su un forum *online* e scoprano che ognuno ha un doppione di un pezzo che manca all’altro: decidono quindi di spedirsi reciprocamente, per posta, il doppione in proprio possesso. Questo gioco – che potremmo chiamare dello “scambio a distanza” – è rappresentato in Figura 3. Ognuno dei due giocatori deve scegliere se mantenere fede o no al proprio impegno, cioè se spedire o meno il proprio pezzo. Nella terminologia giochistica ormai entrata nell’uso, spedire il pezzo corrisponde a *cooperare* con l’altro (cioè alla mossa C in figura), non spedirlo significa *defezionare* (mossa D).

		COLONNA	
		C	D
RIGA	C	1 1	2 -1
	D	2 -1	0 0

FIGURA 3. IL GIOCO DELLO SCAMBIO A DISTANZA

Non è difficile controllare che il gioco ha un unico equilibrio di Nash, corrispondente alla cella (D, D), che rappresenta l’unica soluzione possibile per la teoria classica dei giochi: nessuno dei due spedisce nulla, e lo scambio non avverrà. Infatti, ognuno dei due ragionerà come segue: se l’altro non spedisce il pezzo, a me conviene ovviamente non spedirlo a mia volta, per non farmi imbrogliare; se invece l’altro lo spedisce, a me conviene comunque non spedirlo, perché guadagno il suo pezzo ma in più conservo il mio doppione; infine, dato che so che l’altro farà esattamente questo ragionamento, posso

prevedere che non spedisce il suo pezzo; quindi, io non spedisco il mio. In altre parole, defezionare (non spedire) è la strategia dominante per entrambi i giocatori, dato che garantisce sempre un payoff maggiore o uguale a quello ottenuto cooperando. D'altra parte, la matrice del gioco mostra anche che a ognuno dei due giocatori converrebbe che lo scambio avvenisse: entrambi preferirebbero aggiungere un nuovo pezzo alla propria collezione (payoff 1), piuttosto che rimanere senza (payoff 0). In altre parole, mentre entrambi capiscono che la soluzione migliore sarebbe spedire il proprio pezzo, ognuno sa che nessuno potrà razionalmente farlo.

Il gioco dello scambio a distanza è una variante del famoso “dilemma del prigioniero”, che deve il suo nome alla storiella, proposta nel 1950 da Tucker, con cui viene solitamente illustrato (cfr. Hargreaves Heap e Varoufakis [2004], pp. 172-173). Il dilemma risiede nel fatto che, da un lato, ogni giocatore sa che l'unica strategia razionale è defezionare, ma, dall'altro, comprende che cooperare converrebbe a entrambi. Nell'ormai sterminata letteratura su questo gioco, esso viene considerato l'esempio canonico di dilemma sociale, cioè di una situazione “in cui ogni membro del gruppo ottiene un risultato migliore se persegue il proprio interesse personale, ma, allo stesso tempo, ciascuno trae beneficio dal fatto che tutti i membri del gruppo assecondino l'interesse comune” (Bicchieri [2006], p. 140). La fornitura di beni pubblici (dall'istruzione, al sistema sanitario alla conservazione dell'ambiente), lo sfruttamento delle risorse naturali e moltissimi altri casi vengono comunemente citati come esempi di dilemmi sociali. Secondo una tesi largamente diffusa, che risale almeno a Hobbes, è proprio l'esistenza di dilemmi sociali caratterizzati dalla struttura del dilemma del prigioniero a rendere necessaria un'autorità centralizzata (cioè “lo stato”) in grado di imporre coercitivamente

a tutti i membri della società di cooperare al raggiungimento del “bene comune” (cfr. Hargreaves Heap e Varoufakis [2004], capitolo 7). Ciò spiega perché il dilemma del prigioniero abbia catalizzato l’attenzione non solo dei teorici dei giochi, ma anche degli scienziati sociali, dei filosofi politici e di tutti gli studiosi interessati alla natura, le possibilità e i limiti della cooperazione umana. Nel corso della lunga discussione che ne è seguita, sono venuti alla luce molti dei limiti della teoria classica dei giochi come strumento per l’analisi dei fenomeni sociali. Le teorie non classiche dei giochi si propongono di superare almeno alcune di queste limitazioni e il dilemma del prigioniero rappresenta un importante “banco di prova” per ognuna di esse.

6.2 Troppe soluzioni: l’asino di Nash

Supponiamo che due automobilisti, Riga e Colonna, si incontrino improvvisamente, provenendo da direzioni opposte, lungo una strada stretta. Per evitare lo scontro, occorre che entrambi i giocatori accostino su un lato della carreggiata. Per entrambi è indifferente se accostare a destra (D) o a sinistra (S), ma è essenziale, per evitare lo scontro, fare la stessa scelta dell’altro giocatore. La situazione, che possiamo chiamare il “gioco della guida”, è rappresentata dalla matrice in Figura 4.

		COLONNA	
		Destra (D)	Sinistra (S)
RIGA	Destra (D)	0 0	-1 -1
	Sinistra (S)	-1 -1	0 0

FIGURA 4. IL GIOCO DELLA GUIDA

Il gioco della guida è un gioco di coordinazione pura: entrambi i giocatori concordano su quali siano gli esiti migliori – (D, D) e (S, S) – e quelli peggiori – (D, S) e (S, D) – e sono indifferenti fra i due esiti di ogni coppia. In altre parole, c'è perfetta coincidenza di interessi fra i giocatori, il cui solo problema è coordinarsi in modo da ottenere una delle due soluzioni migliori per entrambi. Come fare? Un'occhiata alla matrice del gioco mostra che nessun giocatore dispone di una strategia dominante, ma vi sono due equilibri di Nash, che corrispondono alle celle (D, D) e (S, S). In queste due celle, infatti, la strategia di ogni giocatore è la risposta ottimale a quella dell'altro. In altre parole, se il gioco termina con uno di questi due risultati, entrambi i giocatori hanno ragione di essere soddisfatti della propria mossa, avendo evitato lo scontro.

Secondo la teoria classica dei giochi, ognuno dei due equilibri è una buona soluzione del gioco della guida. Ciò tuttavia non è di alcun aiuto ai nostri due automobilisti, il cui problema non è trovare una soluzione, ma identificarne una *in particolare* rispetto alla quale coordinare le proprie mosse. Ognuno dei due si trova nell'imbarazzo della scelta, in una situazione simile a quella dell'asino di Buridano, che morì di fame pur avendo a disposizione, alla stessa distanza, due mucchi di fieno perfettamente identici e fra i quali

non riusciva quindi a scegliere (cfr. de Bruin [2010], p. 145). Nel gioco in Figura 4, ogni automobilista è un “asino di Nash”, che non può risolversi a scegliere alcuna mossa dato che entrambe porterebbero a una soluzione perfettamente soddisfacente, se anche l’altro scegliesse la stessa mossa. (L’imbarazzo degli automobilisti non è diminuito, ma anzi aggravato, dal fatto che nel gioco esista un terzo equilibrio di Nash in strategie miste, nel quale ogni giocatore sceglie S e D col 50% di probabilità).

In generale, molti giochi non puramente conflittuali, cioè giochi con parziale o totale coincidenza di interessi, hanno più di un equilibrio. Si noti che questo è il genere di giochi di maggior rilevanza per le scienze sociali, poiché le più interessanti interazioni sociali sono giochi misti. Questa circostanza mette in evidenza una notevole difficoltà per la teoria classica dei giochi e per la possibilità di una sua feconda applicazione. Anche se sono stati fatti diversi tentativi per arricchire la teoria classica dei giochi in modo da affrontare il problema di selezionare la soluzione fra una molteplicità di equilibri di Nash, esso non è stato ancora risolto, né sembra plausibile che possa venir risolto in una forma completamente generale. Per questo motivo, le teorie non classiche dei giochi tendono ad abbandonare le pretese “generaliste” di quella classica e si concentrano sugli aspetti specifici di diversi tipi di giochi con molti equilibri di Nash per individuarne la soluzione.

7. SVILUPPI, APPLICAZIONI E ASPETTI METODOLOGICI

I limiti della teoria classica dei giochi hanno spinto diversi studiosi, già a partire dagli anni Sessanta del secolo scorso, a sviluppare nuovi metodi di analisi giochistica del comportamento strategico. Questi sviluppi si sono tradotti sia in un lavoro di revisione “interno” alla teoria classica (paragrafo 7.1) sia nello sviluppo di alcuni nuovi approcci,

che abbiamo chiamato teorie “non classiche” dei giochi (paragrafi 7.2-7.4), che sono stati applicati con successo all’analisi di diversi problemi nelle scienze sociali (paragrafo 7.5).

7.1 Il programma di raffinamento

Il problema dell'indeterminatezza, cioè di individuare la soluzione di un gioco con molti equilibri di Nash, ha dato origine al cosiddetto programma di raffinamento, che, a partire dai contributi (premiati col Nobel nel 1994) dell’economista tedesco Reinhard Selten, ha conosciuto un notevole sviluppo soprattutto negli anni Ottanta del secolo scorso (cfr. Hargreaves Heap e Varoufakis [2004], capitolo 3). Tale programma mira a definire diverse nozioni “raffinate” di equilibrio – come l’equilibrio “a mano tremante” (*trembling hand equilibrium*) proposto da Selten ([1975]) – che permettono di eliminare alcuni degli equilibri di Nash dal novero delle possibili soluzioni del gioco (Ross [2012], paragrafo 2.5). Kohlberg ([1990]) e Govindan e Wilson ([2008]) offrono una rassegna delle diverse nozioni di raffinamento proposte nella letteratura. Il programma di raffinamento rappresenta il tentativo più avanzato di mantenere intatto l’impianto teorico e concettuale della teoria classica dei giochi, basato sull’idea che pochi “criteri di ottimalità” – catturati dai diversi raffinamenti dell’equilibrio di Nash – siano sufficienti a individuare le strategie ottimali dei giocatori.

7.2 La teoria evuzionistica dei giochi

La principale, e meglio sviluppata, alternativa alla teoria classica dei giochi è la sua variante “evuzionistica”, che si basa su un importante raffinamento della nozione di equilibrio di Nash proposto da Maynard Smith ([1982]). Questa teoria mira a far luce sull’evoluzione del comportamento animale, ispirandosi al fatto che in un’interazione

animale, proprio come in un'interazione strategica umana, il risultato dell'interazione dipende dalle strategie adottate da tutti i partecipanti.

La differenza principale fra la teoria classica dei giochi e quella evoluzionistica è che in quest'ultima, di carattere squisitamente descrittivo, le strategie adottate dai giocatori non sono il prodotto di scelte razionali, ma “schemi di comportamento” istintivi acquisiti mediante i meccanismi dell'ereditarietà genetica. Inoltre, i payoff ottenuti dai giocatori non esprimono vere e proprie preferenze per i diversi esiti del gioco, ma benefici (cibo, territorio, *partner* sessuali e così via) che si traducono tutti in un maggiore vantaggio riproduttivo – cioè nell'accresciuta numerosità della prole. Ammettendo che la prole di un giocatore erediti la sua stessa strategia, è possibile allora studiare come, di generazione in generazione, il numero dei membri di una popolazione animale che adottano una data strategia aumenti o diminuisca a seconda del vantaggio riproduttivo che essa gli garantisce. Ciò significa che nella teoria evoluzionistica i veri giocatori sono le strategie stesse, che “competono” fra di loro per diffondersi nella popolazione ed eventualmente “invaderla”.

Una “strategia evolutivamente stabile” (SES o ESS, da *evolutionary stable strategy*) è una strategia tale che, se quasi tutti i membri di una popolazione la adottano, mentre un piccolo numero di loro adotta una diversa strategia “mutante”, quest'ultima verrà velocemente eliminata in quanto non altrettanto vantaggiosa in termini riproduttivi; in altre parole, una SES impedisce che la popolazione che la adotta possa venire “invasa” da una strategia mutante. Una popolazione che adotta una SES è in uno stato di equilibrio nel senso che la strategia di ogni suo membro è la miglior risposta a quella di tutti gli altri membri. In effetti, si può dimostrare che una SES è sempre un equilibrio di Nash, ma che

non tutti gli equilibri di Nash sono evolutivamente stabili: quindi, la nozione di SES è un raffinamento dell'equilibrio di Nash. La teoria evoluzionistica dei giochi è oggi lo strumento privilegiato per l'analisi del comportamento strategico e della sua evoluzione in diversi campi; per un'introduzione e per una rassegna dei principali contributi si veda Alexander ([2009]).

7.3 Giochi ripetuti

La più famosa applicazione della teoria evoluzionistica dei giochi è probabilmente quella proposta dal politologo Robert Axelrod, inizialmente in collaborazione col biologo William Hamilton (Axelrod e Hamilton [1981]). In *The evolution of cooperation*, Axelrod ([1984]) immagina che gli individui di una certa popolazione si trovino ad affrontare il dilemma del prigioniero per un numero indefinito di turni (cioè senza sapere quale sarà l'ultimo turno). A ogni turno, ogni individuo viene casualmente accoppiato a un altro e deve decidere se cooperare o defezionare sulla base della sua conoscenza dell'esito di tutti i turni di gioco precedenti nell'intera popolazione. In questo gioco, una strategia consiste in un metodo o algoritmo che indichi al giocatore quale mossa scegliere (C o D) in ogni singola interazione. Per esempio, una possibile strategia è semplicemente defezionare ad ogni turno; un'altra è cooperare ad ogni turno; un'altra è cooperare a turni alternati; e così via.

Una strategia particolarmente semplice, che prende in considerazione le mosse degli altri giocatori, è la cosiddetta “colpo su colpo” (*tit for tat*): cooperare al primo turno e replicare la mossa dell'altro giocatore in tutti i turni successivi (cioè cooperare, se ha cooperato al turno precedente, e defezionare, se ha defezionato). Si noti che colpo su colpo è un chiaro esempio di strategia di *reciprocità*: infatti, per così dire, ripaga l'avversario con la sua

stessa moneta, cioè premia chi coopera con la cooperazione e punisce chi defeziona con la defezione. Inoltre, colpo su colpo è una strategia *cooperativa*, nel senso che due “reciprocatori” che la adottano di fatto cooperano sempre: infatti, i due giocatori cooperano al primo turno e poi copiano le rispettive mosse al turno successivo, continuando così a cooperare a ogni turno. Si può dimostrare che questa strategia è una SES nel senso che una popolazione che la adotta non può essere invasa da “mutanti” che defezionano sempre. In altre parole, mentre nel dilemma del prigioniero a un turno la defezione reciproca è l’unico equilibrio di Nash, in quello ripetuto la cooperazione reciproca è una possibile soluzione del gioco (anche se non l’unica). Inoltre, come Axelrod ha mostrato con ingegnosi metodi di simulazione computerizzata, colpo su colpo è sufficientemente robusta, nel senso che, in un’ampia varietà di condizioni iniziali, tende ad emergere e infine a invadere una popolazione di strategie inizialmente eterogenea. Il programma di ricerca inaugurato da Axelrod ([1984]) è stato sviluppato da diversi autori, fra i quali Sugden ([1986]), Taylor ([1987]) e Skyrms ([1996, 2004]). Guala ([2012]) offre una completa discussione critica dell’evidenza sperimentale ed empirica a sostegno dell’evoluzione di strategie di reciprocità.

7.4 Teorie cognitive e comportamentali dei giochi

Il protagonista della teoria classica dei giochi (e dell’economia neoclassica) è il famoso (o famigerato) “egoista razionale” o *homo aeconomicus*: un astratto agente perfettamente razionale e perfettamente egoista che calcola infallibilmente la più conveniente fra le proprie possibili scelte al fine di ricavare il massimo beneficio atteso da ogni possibile contesto. L’individuo considerato dalla teoria evoluzionistica dei giochi è invece un agente altrettanto astratto ma completamente irrazionale (o, forse meglio, “a-razionale”)

che replica inconsapevolmente la strategia che ha ereditato. Naturalmente, gli individui in carne ed ossa di cui si occupano le scienze sociali rappresentano una via di mezzo fra questi due estremi. Diversamente da quanto accade nelle interazioni animali, descritte dalla teoria evoluzionistica, nelle interazioni umane i partecipanti sono quasi sempre consapevoli delle proprie scelte strategiche. D'altra parte, diversamente da quanto ipotizzato dalla teoria classica, accade piuttosto spesso che essi non abbiano la possibilità di basare tali scelte su una ponderata valutazione razionale della struttura dei payoff del gioco e del futuro comportamento altrui. Vi sono, infatti, molte situazioni in cui gli esseri umani devono limitarsi a una rapida valutazione intuitiva delle prospettive di successo delle strategie disponibili, a cominciare dalle più semplici e, su questa base, scegliere la strategia da adottare, almeno per un certo lasso di tempo, in qualunque interazione successiva.

Considerazioni di questo tipo hanno ispirato lo sviluppo di alcune versioni della teoria dei giochi in grado di tenere conto delle effettive “condizioni cognitive” o “epistemiche” in cui si svolgono le interazioni sociali. In particolare, diversi studiosi – a partire da Schelling ([1960]) – hanno sostenuto che, in generale, la soluzione di un gioco possa venire identificata solo impiegando, assieme ai principi di razionalità della teoria classica, anche appropriati principi contestuali, formulati con riferimento agli aspetti essenziali del “contesto cognitivo” entro il quale si svolge il gioco. Ciò significa, per esempio, che si dovranno considerare le caratteristiche percettive e mentali dei giocatori, il loro orizzonte culturale, le loro opinioni circa il “tipo” di concorrente che devono affrontare, e così via. Inoltre, nel corso degli ultimi decenni, grazie al lavoro di economisti e psicologi come Amos Tversky e Daniel Kahneman, è stata accumulata una quantità di dati ormai

sterminata, basati su studi sperimentali e ricerche sul campo, sull'effettivo comportamento di individui impegnati in decisioni strategiche (cfr., per esempio, Camerer [2003], Bowles [2004] e Guala [2012]). Questi dati mostrano come le scelte degli individui reali si discostino sistematicamente da quelle che la teoria dei giochi prevedrebbe per agenti razionali astratti. In particolare, tali ricerche hanno dimostrato che gli individui alle prese con interazioni che presentano la forma del dilemma del prigioniero manifestano – a dispetto dei principi della teoria classica dei giochi – una spiccata tendenza alla cooperazione. In assenza di una terminologia stabilita, seguendo Festa e Cevolani ([2013], paragrafo 2.2) possiamo chiamare teorie “cognitive” e teorie “comportamentali” dei giochi questi nuovi approcci, che sono in larga parte motivati dagli sviluppi della cosiddetta economia cognitiva o comportamentale (Kanheman [2011]; Motterlini e Piattelli Palmarini [2005]) e dell'economia sperimentale (Smith [2008]; Kahneman *et al.* [2005]; cfr. anche Motterlini e Guala [2011]).

7.5 Alcune applicazioni delle teorie dei giochi

Nel corso della sua storia, la teoria dei giochi ha conosciuto un enorme sviluppo ed è stata applicata all'analisi di problemi sempre più numerosi e complessi in una grande varietà di campi oltre all'economia: non solo, come abbiamo visto, la strategia militare e la biologia evoluzionistica, ma anche l'etica (Verbeek e Morris [2010]), la logica (Hodges [2013]), la linguistica (Jaeger [2008]) e diverse aree della filosofia (de Bruin [2005]). Inoltre, alcune di queste applicazioni ne hanno, a loro volta, stimolate di nuove: per esempio, a partire almeno dai contributi di Axelrod ([1987, 1997]), la teoria evoluzionistica dei giochi è stata applicata all'analisi dell'evoluzione *culturale* umana e di altri problemi dell'economia e delle scienze sociali (cfr. Alexander [2009]).

Un problema centrale delle scienze sociali è quello di spiegare la natura, la genesi e l'evoluzione della *cooperazione* tra i membri di una società. Un altro problema tradizionale delle scienze sociali, almeno a partire da Hume (1739), è l'analisi delle norme sociali – cioè di come tali regole fanno la loro comparsa in un gruppo di individui, si sviluppano al suo interno o si diffondono verso l'esterno, e infine, eventualmente, spariscono. Fra i diversi tipi di norma (per una discussione si vedano Paternotte e Grose [2013] e Young [2008]), giocano un ruolo di primo piano le cosiddette norme *prosociali*, cioè le norme che garantiscono la cooperazione e la coordinazione fra i membri di un gruppo e quindi il mantenimento e il buon funzionamento dell'ordinamento sociale (cfr. Bicchieri e Muldoon [2011], paragrafo 1). Per questo, il problema della cooperazione e quello delle norme sociali sono strettamente legati fra loro e, spesso, vengono studiati come se fossero lo stesso.

La teoria dei giochi, nelle sue diverse varianti classiche e non classiche, offre un potente strumento d'analisi per affrontare entrambi i problemi in un quadro concettuale rigoroso e unitario. A partire dai primi contributi di Schelling ([1966]), David Lewis ([1969]) e Edna Ullmann-Margalit ([1977]), diversi filosofi ed economisti – in particolare Sugden ([1986]), Bicchieri ([1993], [2006]), Binmore ([1994], [1998], [2005]), Young ([1996], [2008]), Vanderschraaf ([1999]), Gintis ([2007], [2009]) e Alexander ([2000], [2007]) – hanno proposto un'analisi giochistica delle norme sociali basata sul concetto di equilibrio di Nash (Paternotte e Grose [2013] discutono criticamente alcuni dei contributi principali). L'idea di base è che una norma sociale sia rappresentata da un equilibrio di Nash in un gioco con più equilibri. Per esempio, nel gioco della guida (Figura 4), se un cartello stradale ben visibile a entrambi avvertisse i due giocatori che “si guida sul lato

destro della strada”, ciò basterebbe a toglierli dall’imbarazzo e permettergli di coordinarsi su una delle due soluzioni possibili del gioco, cioè (D, D). Infatti, è sufficiente che una certa norma sia conoscenza comune fra i giocatori, perché questi si aspettino che tutti gli altri la rispetteranno e a ognuno convenga conformarsi alla norma stessa (cfr. Bicchieri e Muldoon [2011], paragrafo 7; sulla nozione di conoscenza comune, introdotta da Lewis [1969], si vedano, per esempio, Vanderschraaf e Sillari [2013]).

Questa analisi giochistica delle norme illustra la *natura* delle norme sociali, ma non la loro *genes*i né la loro *evoluzione*. Sostenere che una norma è un equilibrio di Nash, infatti, non significa ancora spiegare come, nei diversi tipi di gioco, un particolare equilibrio venga identificato come quello rilevante. Risposte a questo genere di interrogativi sono state fornite da diversi studiosi sulla base delle teorie non classiche dei giochi. Per esempio, Schelling ([1960], capitoli 3 e 4) ha ipotizzato che in moltissime situazioni simili al gioco della guida, il contesto cognitivo del gioco permetta ai giocatori di individuare un esito particolarmente “saliente” o “prominente”, che viene quindi spontaneamente scelto come soluzione del gioco. Questo punto focale (*focal point*), come lo chiama Schelling, si distingue per particolari caratteristiche dipendenti dal contesto e spesso arbitrarie, ma più o meno immediatamente riconoscibili da tutti i giocatori coinvolti; può quindi essere descritto come un “punto di convergenza delle attese” reciproche dei giocatori sul comportamento altrui (Sugden e Zamarrón [2006], p. 610). Per esempio, il “precedente”, cioè la conoscenza accumulata dai giocatori sul comportamento altrui in interazioni simili a quella attuale, potrebbe rendere l’esito (D, D) nel gioco della guida (Figura 4) un punto focale per i giocatori (cfr. Young [1996], pp. 107-108). In questo

modo, le teorie cognitive e comportamentali dei giochi possono far luce sull'origine strategica di diverse convenzioni e norme sociali.

L'evoluzione delle norme, e in particolare delle norme di cooperazione sociale, è stata invece studiata soprattutto sulla base della teoria evoluzionistica dei giochi, con metodi ed esiti diversi. Bicchieri e Muldoon ([2011]) distinguono almeno tre approcci: quello biologico (si vedano Nowak [2006], per una rassegna sintetica, e i contributi citati in Bowles e Gintis [2011], pp. 6-7, Rubin [2002], pp. 39-40 e Friedman [2008], pp. 355 ss.), quello basato su strategie di reciprocità sulla scia di Axelrod [1984] e quello basato su simulazioni al computer di interazioni complesse (Skyrms [1996], [2004]; Alexander [2007]). Per una rassegna, si vedano Bicchieri e Muldoon ([2011], paragrafo 8), Cevolani e Festa ([2012]) e Festa e Cevolani ([2013], in particolare il capitolo 6).

L'analisi giochistica della cooperazione ha un'immediata rilevanza per alcune discipline filosofiche tradizionali come l'etica e la filosofia politica (Verbeek e Morris [2010]), ma anche per la filosofia della scienza e per la cosiddetta epistemologia sociale (Zamora Bonilla [2012]). In particolare, a partire dalla discussione della nozione di giustizia distributiva proposta da Braithwaite ([1955]), studiosi come Harsanyi ([1955]), John Rawls ([1971]) e David Gauthier ([1969], [1987]) hanno rivisitato in chiave giochistica la tradizionale teoria del contratto sociale nel tentativo di analizzare e giustificare le norme e le istituzioni politiche. Più recentemente, Sugden ([1986]), Taylor ([1987]), de Jasay ([1985], [1991]), Skyrms ([1996], [2004]) e molti altri hanno esplorato le implicazioni dell'analisi giochistica dell'evoluzione della cooperazione per la teoria dello stato e la discussione sulla possibilità della cooperazione spontanea e dell'anarchia

“ordinata” (cfr. Hargreaves Heap e Varoufakis [2004], Cevolani [2008], Cevolani e Festa [2011] e Festa e Cevolani [2013], capitolo 4).

Infine, queste applicazioni sollevano interessanti interrogativi epistemologici e metodologici relativi alle diverse teorie dei giochi, analizzati con crescente attenzione dai filosofi della scienza. Tali interrogativi riguardano sia i presupposti concettuali di tali teorie (cfr. Festa e Cevolani [2013], paragrafo 2.2), sia il loro statuto metodologico (cfr. Ross [2012], in particolare paragrafo 2.1), sia la loro valutazione alla luce dell’evidenza empirica e sperimentale (cfr. Guala [2006, 2012]). Su questi temi, si vedano Grüne-Yanoff [2013], Grüne-Yanoff e Lehtinen (2012), Ross ([2012]) e Alexander ([2009], paragrafo 5).

RIFERIMENTI

- Alexander J. M. (2007), *The Structural Evolution of Morality*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Alexander J. M. (2009), “Evolutionary Game Theory”, *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, a cura di E. N. Zalta, URL = <http://plato.stanford.edu/archives/fall2009/entries/game-evolutionary/>.
- Axelrod R. (1984), *The Evolution of Cooperation*, Basic Books, New York. Trad. it.: *Giochi di reciprocità. L’insorgenza della cooperazione*, Feltrinelli, Milano, 1985.
- Axelrod R. (1997), *The Complexity of Cooperation*, Princeton University Press, Princeton.
- Axelrod R, Hamilton W. D. (1981), “The Evolution of Cooperation”, *Science*, 211, pp. 1390-1396.

- Aumann R., Hart S. (2008), *Razionalità, cooperazione, conflitto. Intervista sulla teoria dei giochi*, Morcelliana, Brescia.
- Bellhouse D. (2007), “The problem of Waldegrave”, *Journal Électronique d’Histoire des Probabilités et de la Statistique*, 3.2. URL: <http://eudml.org/doc/117579>.
- Bicchieri C. (1993), *Rationality and Coordination*, Cambridge University Press, Cambridge. Trad. it.: *Razionalità e azione collettiva*, Milano, Feltrinelli, 1998.
- Bicchieri C. (2006), *The Grammar of Society. The Nature and Dynamics of Social Norms*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Bicchieri C., Muldoon R. (2011), “Social Norms”, *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, a cura di E. N. Zalta. URL: <http://plato.stanford.edu/archives/spr2011/entries/social-norms/>.
- Binmore K. (1994), *Game Theory and the Social Contract. Playing fair*, The MIT Press, Cambridge.
- Binmore K. (1998), *Game Theory and the Social Contract. Just playing*, The MIT Press, Cambridge.
- Binmore K. (2005), *Natural Justice*, Oxford University Press, Oxford.
- Binmore K. (2007), *Game Theory: A Very Short Introduction*, Oxford University Press, Oxford. Trad. it.: *Teoria dei giochi*, Codice, Torino, 2008.
- Bowles S. (2004), *Microeconomics: Behavior, Institutions, and Evolution*, Princeton University Press, Princeton. Trad. it. : *Microeconomia*, Dipartimento di Economia Politica dell’Università di Siena, <http://www.econ-pol.unisi.it/bowles-microeconomia/>.

- Bowles S., Gintis H. (2011), *A Cooperative Species: Human Reciprocity and Its Evolution*, Princeton University Press, Princeton.
- Camerer C. (2003), *Behavioral Game Theory*. Princeton University Press, Princeton.
- Cevolani G. (2008), “Giochi, dilemmi sociali e scelte collettive”, in de Jasay (1991), pp. 13-56.
- Cevolani G., Festa R. (2011), “Giochi di anarchia. Beni pubblici, teoria dei giochi e anarco-liberalismo”, *Nuova Civiltà delle Macchine*, 1-2, pp. 163-180.
- Cevolani G., Festa R. (2012), “Giochi di altruismo. L’approccio evoluzionistico alla cooperazione umana” in: Ridley M, *Le origini della virtù*, IBL Libri, Torino, pp. 7-38.
- Davis M. D. (1983), *Game theory: a nontechnical introduction*, Dover Publications, New York.
- de Bruin B. (2005), “Game Theory in Philosophy”, *Topoi* 24 [2], pp. 197-208.
- de Bruin B. (2010), *Explaining Games: The Epistemic Programme in Game Theory*, Springer, New York.
- de Jasay A. (1985), *The State*, Basil Blackwell, Oxford. Nuova edizione: Liberty Fund, Indianapolis, 1998. Trad. it. in corso di pubblicazione per IBL Libri, Torino.
- de Jasay A. (1991), *Choice, Contract and Consent: A Restatement of Liberalism*, Institute of Economic Affairs, Londra. Trad. it.: *Scelta, contratto e consenso*, Rubbettino e Leonardo Facco, Soveria Mannelli e Treviglio, 2008.
- Devlin K. (2008), “The Unfinished Game. Pascal, Fermat and the Seventeenth-Century Letter that Made the World Modern”, Basic Books, London.

- Festa R., Cevolani G. (2013), *Giochi di società. Teoria dei giochi e metodo delle scienze sociali*, Mimesis, Milano.
- Friedman D. (2008), *Morals and markets*, Palgrave Macmillan. Trad. it.: *Morale e mercato*, IBL Libri, Torino.
- Gauthier D. (1969), *The Logic of 'Leviathan': the Moral and Political Theory of Thomas Hobbes*, Clarendon Press, Oxford.
- Gauthier D. (1986), *Morals by Agreement*, Clarendon Press, Oxford.
- Gintis H. (2009), *The Bounds of Reason*, Princeton University Press, Princeton.
- Giocoli N. (2004), "Nash equilibrium", *History of Political Economy*, 36.4, pp. 639-666.
- Govindan S., Wilson R. B. (2008), "Nash equilibrium, refinements of", in *The New Palgrave Dictionary of Economics*, seconda edizione a cura di S. N. Durlauf e L. E. Blume. Palgrave Macmillan.
- Guala F. (2006), "Has game theory been refuted?", *Journal of Philosophy* 103, pp. 239-263.
- Guala F. (2012), "Reciprocity: weak or strong? What punishment experiments do (and do not) demonstrate", *Behavioral and Brain Sciences*, 35, pp. 1-59.
- Grüne-Yanoff T. (2013), "Game theory", *Internet Encyclopedia of Philosophy*, <http://www.iep.utm.edu/>, consultato il 21 novembre 2013.
- Grüne-Yanoff T., Lehtinen A. (2012), "Philosophy of Game Theory" in *Handbook of the Philosophy of Economics*, a cura di U. Mäki, Elsevier.
- Hargreaves Heap S., Hollis M., Lyons B., Sugden R., Weale A. (1992), *The Theory of Rational Choice. A Critical Guide*, Blackwell Publishers, Cambridge. Trad. it.: *La teoria della scelta razionale. Una guida critica*. Laterza, Roma-Bari, 1996.

- Hargreaves Heap S. P., Varoufakis Y. (2004), *Game Theory: a Critical Text*. Routledge, London, Prima edizione: 1995.
- Harsanyi J. (1955), “Cardinal Welfare, Individualistic Ethics, and Interpersonal Comparisons of Utility”, *Journal of Political Economy* 63, pp. 309–321. Trad. it.: “Benessere cardinale, etica individualistica e confronti interpersonali di utilità”, in *L'utilitarismo*, Il Saggiatore, Milano, 1994, pp. 137-155.
- Haywood O. G. (1954), “Military Decision and Game Theory”, *Journal of the Operations Research Society of America*, 2.4, pp. 365-385.
- Hodges W. (2013), “Logic and Games”, *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, a cura di E. N. Zalta, URL = <<http://plato.stanford.edu/archives/spr2013/entries/logic-games/>>.
- Hume D. (1739), *A Treatise of Human Nature*, John Noon, London. Trad. it.: *Trattato sulla natura umana*, Laterza, Bari, 1982.
- Kahneman D. (2011), *Thinking Fast and Slow*, Allen Lane. Trad. it.: *Pensieri lenti e veloci*, Mondadori, Milano, 2012.
- Kahneman D., McFadden D., Smith V. L (2005), *Critica della ragione economica*. Il Saggiatore, Milano.
- Kohlberg E. (1990), “Refinement of Nash Equilibrium: The Main Ideas” in *Game Theory and Applications*, a cura di T. Ichiishi, A. Neyman e Y. Tauman. Academic Press, San Diego.
- Jaeger G. (2008), “Applications of game theory in linguistics”, *Language and Linguistics Compass*, 2/3, pp. 406-421.

- Lewis D. (1969), *Convention. A Philosophical Study*, Harvard University Press, Harvard.
Trad. it.: *Convenzione. Uno studio filosofico*, Bompiani, Milano, 1974.
- Luce R. D., Raiffa H. (1957), *Games and Decisions. Introduction and Critical Survey*, John Wiley and Sons, New York. Nuova edizione: Dover, New York, 1989.
- Maynard Smith J. (1982), *Evolution and the Theory of Games*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Maynard Smith J., Price G. R. (1973), “The Logic of Animal Conflict”, *Nature*, 246, pp. 15-18.
- Mises L., von (1949), *Human Action*, William Hodge, London. Trad. it.: *L'azione umana*. Torino, UTET, 1959.
- Motterlini M., Piattelli Palmarini M. (2005), “Introduzione” in Kahneman, McFadden e Smith [2005], pp. 9-24.
- Motterlini M., Guala F. (2011), *Mente mercati decisioni. Introduzione all'economia cognitiva e sperimentale*, Bocconi, Milano.
- Neumann J. von (1928), “Zur Theorie der Gesellschaftspiele”, *Mathematische Annalen*, 100, pp. 295-320. Trad. inglese: “On the theory of games of strategy”. In: *Contributions to the Theory of Games*, a cura di A.W. Tucker e R.D. Luce, Princeton University Press, Princeton 1959, pp. 13-42.
- Neumann J. von, Morgenstern O. (1944), *Theory of Games and Economic Behaviour*, Princeton University Press, Princeton.
- Nowak M. A. (2006), “Five rules for the evolution of cooperation”. *Science*, 314, pp. 1560-1563.
- Osborne M. J. (2003), *An introduction to game theory*, Oxford University Press, Oxford.

- Paternotte C., Grose J. (2013), “Social Norms and Game Theory: Harmony or Discord?”.
The British Journal for the Philosophy of Science, 64 (3), pp. 551-587.
- Rawls J. (1971), *A Theory of Justice*, Harvard University Press, Cambridge. Trad. it.: *Una teoria della giustizia*, Feltrinelli, Milano, 1982.
- Ross D. (2012), “Game Theory”, in: *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, a cura di E. N. Zalta. URL = <<http://plato.stanford.edu/archives/win2012/entries/game-theory/>>.
- Rubin P. H. (2002), *Darwinian politics: the evolutionary origin of freedom*, Rutgers University Press, Piscataway [NJ], Trad. it.: *La politica secondo Darwin. L'origine evolutiva della libertà*, IBL Libri, Torino, 2009.
- Rummel R. (1976), *Understanding Conflict and War*, John Wiley & Sons, New York.
- Schelling T. (1960), *The Strategy of Conflict*. Harvard University Press, Cambridge.
Seconda edizione: 1980. Trad. it.: *La strategia del conflitto*, Bruno Mondadori, Milano, 2006.
- Schelling T. (1966), *Arms and influence*, Yale University Press, New Haven. Trad. it.: *La diplomazia della violenza*, il Mulino, Bologna, 1968.
- Schwalbe U., Walker P. (2001), “Zermelo and the Early History of Game Theory”,
Games and Economic Behavior, 34(1), 123–137.
- Selten R. (1975), “A reexamination of the perfectness concept for equilibrium points in extensive games”, *International Journal of Game Theory*, 4, pp. 25-55.
- Skyrms B. (1996), *The Evolution of Social Contract*, Cambridge University Press, Cambridge.

- Skyrms B. (2004), *The Stag Hunt and the Evolution of Social Structure*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Smith V. (2008), *Rationality in Economics*. Cambridge University Press, New York.
Trad. it.: *La razionalità in economia*, IBL Libri, Milano, 2010.
- Sugden R. (1986), *The Economics of Rights, Co-operation and Welfare*. Basil Blackwell, Oxford. Seconda edizione: Palgrave Macmillan, Basingstoke (UK), 2004.
- Sugden R., Zamarrón I. E. (2006), “Finding the key: The riddle of focal points”, *Journal of Economic Psychology*, 27.5, pp. 609-621.
- Taylor M. J. (1987), *The Possibility of Cooperation*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Ullmann-Margalit E. (1977), *The Emergence of Norms*, Clarendon Press, Oxford.
- Vanderschraaf P. (1999), “Game Theory, Evolution and Justice”, *Philosophy and Public Affairs* 28.4, pp. 325-328.
- Vanderschraaf P., Sillari G. (2013), “Common Knowledge”, *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, a cura di E. N. Zalta, URL = <http://plato.stanford.edu/archives/fall2013/entries/common-knowledge/>.
- Verbeek B., Morris C. (2010), “Game theory and ethics”, in: *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, a cura di E. N. Zalta.
<http://plato.stanford.edu/archives/sum2010/entries/game-ethics/>
- von Wright G. H. (1971), *Explanation and understanding*, Cornell University Press, New York. Trad. it.: *Spiegazione e comprensione*, il Mulino, Bologna, 1988.
- Young H. P. (1996), “The economics of convention”, *The Journal of Economic Perspectives*, 10.2, pp. 105-122.

Young H. P. (2008), "Social norms". In *The New Palgrave Dictionary of Economics* (seconda edizione) a cura di S. N. Durlauf e L. E. Blume, Palgrave Macmillan.

Zamora Bonilla J. (2012), "The economics of scientific knowledge", *Philosophy of Economics*, a cura di U. Mäki, Elsevier, pp. 823-862.

APhEx.it è un periodico elettronico, registrazione n° ISSN 2036-9972. Il copyright degli articoli è libero. Chiunque può riprodurli. Unica condizione: mettere in evidenza che il testo riprodotto è tratto da www.aphex.it

Condizioni per riprodurre i materiali --> Tutti i materiali, i dati e le informazioni pubblicati all'interno di questo sito web sono "no copyright", nel senso che possono essere riprodotti, modificati, distribuiti, trasmessi, ripubblicati o in altro modo utilizzati, in tutto o in parte, senza il preventivo consenso di APhEx.it, a condizione che tali utilizzazioni avvengano per finalità di uso personale, studio, ricerca o comunque non commerciali e che sia citata la fonte attraverso la seguente dicitura, impressa in caratteri ben visibili: "www.aphex.it". Ove i materiali, dati o informazioni siano utilizzati in forma digitale, la citazione della fonte dovrà essere effettuata in modo da consentire un collegamento ipertestuale (link) alla home page www.aphex.it o alla pagina dalla quale i materiali, dati o informazioni sono tratti. In ogni caso, dell'avvenuta riproduzione, in forma analogica o digitale, dei materiali tratti da www.aphex.it dovrà essere data tempestiva comunicazione al seguente indirizzo (redazione@aphex.it), allegando, laddove possibile, copia elettronica dell'articolo in cui i materiali sono stati riprodotti.

In caso di citazione su materiale cartaceo è possibile citare il materiale pubblicato su APhEx.it come una rivista cartacea, indicando il numero in cui è stato pubblicato l'articolo e l'anno di pubblicazione riportato anche nell'intestazione del pdf. Esempio: Autore, *Titolo*, <<www.aphex.it>>, 1 (2010).
