H. SIMON, CAUSALITÀ, RAZIONALITÀ, ORGANIZZAZIONE

quattro anni. Un'impresa a cui sia avvenuto di godere di una crescita insolitamente rapida nel primo periodo quadriennale può aspettarsi una crescita piú alta della media nel secondo periodo quadriennale. Ma il logaritmo del rapporto che misura tale differenza sarebbe, in media, nel secondo periodo solo un terzo di quello del primo periodo. Cosí, da un'impresa che ha raddoppiato la sua quota di mercato (cioè, dell'intera economia) nei primi quattro anni ($\varrho_{i1} = 2$), potremmo aspettarci, in media, che aumenti la sua quota di mercato nel secondo periodo di circa il ventotto per cento (poiché $\log(1{,}28) \sim 0{,}105 = 0{,}35$ $(\log 2)$). Imprese in rapida crescita «regrediscono» in modo relativamente rapido al tasso di crescita medio dell'economia.

Lo stesso punto può essere avanzato usando l'equazione (25). Poiché per questi dati $1/(1-\alpha) = 1{,}54$, un'impresa a cui sia «piovuta dal cielo» una crescita di grandezza $\log \epsilon_{it}$ durante il primo periodo di quattro anni potrebbe aspettarsi un effetto totale di questa «manna» sul $\log S_{i\tau}$ di $1{,}54 \log \epsilon_{it}$ prima che il suo tasso di crescita si allinei di nuovo a quello medio dell'economia.

Poiché i nostri dati ci forniscono soltanto due intervalli temporali per i confronti, essi non ci permettono di verificare l'assunzione che i $\log \epsilon_{it}$ sono distribuiti in modo indipendente per tutti i periodi di tempo.

5. *Conclusioni*

In questo lavoro abbiamo proposto un modello della crescita dell'impresa che ne scompone la crescita in una componente a livello d'industria e una componente peculiare di quell'impresa. Abbiamo sviluppato un modello di un processo di Markov per la componente di crescita individuale, e abbiamo mostrato come stimare il parametro chiave del modello, un parametro che misura la persistenza di sbalzi nella crescita.

11. Le teorie della razionalità limitata

1. *Introduzione*

Il vocabolo «razionalità» indica un modo di comportamento adatto al raggiungimento di determinati obiettivi, rispettando i limiti imposti dalle condizioni e dai vincoli del caso. Le teorie del comportamento razionale possono essere normative o descrittive — possono, cioè, prescrivere come la gente o i gruppi organizzati dovrebbero comportarsi al fine di raggiungere certi obiettivi in determinate condizioni, oppure possono proporsi di descrivere come si comportano in effetti questi soggetti. Questo saggio si occuperà della struttura delle teorie del comportamento razionale, indipendentemente dal modo, prescrittivo o descrittivo, di intenderle.

1.1. *La razionalità individuale e delle organizzazioni*

Una teoria del comportamento razionale può avere come oggetto la razionalità dei singoli o quella delle organizzazioni. In effetti, le due branche della teoria non sono del tutto distinte [1]. Una distinzione plausibile tra di esse è che una teoria della razionalità collettiva si deve occupare del fenomeno del conflitto di interessi, mentre questa necessità cade nel corpo di una teoria della razionalità individuale. Questo è corretto solo in parte, poiché il conflitto di interessi può essere altrettanto importante nel comportamento individuale quanto in quello dei gruppi — questo è uno dei temi centrali della cosid-

[1] Questo punto è stato trattato da J. Marschak nel suo primo scritto sulle squadre (*teams*), *Elements for a Theory of Teams*, in «Management Science», 1 (1955), pp. 127-137. Seguirò il suo buon esempio.

Analisi delle politiche pubbliche e della protezione sociale
Corso di laurea magistrale in Politiche e programmazione dei Servizi alla persona
Università degli Studi di Macerata a.a. 2009-2010

MAX profitti sub

detta «teoria della dissonanza» in psicologia[2]. Una teoria del comportamento individuale abbastanza microscopica da occuparsi dell'organizzazione interna (neurologica o funzionale) del sistema nervoso centrale avrà molto a che fare con una teoria delle organizzazioni; mentre una teoria del comportamento delle organizzazioni sufficientemente macroscopica da trattare il gruppo come un'entità unica sarà la teoria di un «individuo». Benché l'intento primario di questo capitolo sia la comprensione della razionalità individuale, non esiterò ad utilizzare la teoria dell'impresa — tradizionalmente, la teoria dell'imprenditore «monolitico» — come un esempio adatto ed illuminante.

Dal punto di vista di questo capitolo, quindi, la distinzione tra individuo e organizzazione non riveste particolare importanza. Per i nostri scopi, è piú interessante una tassonomia delle teorie del comportamento razionale che adotta come criterio distintivo le assunzioni che le varie teorie fanno sui «dati» — cioè sui dati obiettivi e sulle date circostanze. Particolarmente importante è la distinzione tra quelle teorie che collocano tutte le condizioni e i vincoli nell'ambiente, fuori della pelle dell'agente razionale, e quelle teorie che postulano che importanti vincoli sorgano dalle limitazioni dell'agente stesso nell'elaborazione delle informazioni. Le teorie che includono limitazioni nella capacità di elaborare le informazioni da parte dell'agente possono essere denominate *teorie della razionalità limitata*.

1.2. *La razionalità nella teoria classica dell'impresa*

La teoria classica dell'impresa, nella sua forma piú semplice, fornisce un utile metro per confrontare e distinguere le teorie della razionalità. Nella teoria dell'impresa, l'obiettivo da raggiungere è la massimizzazione dei profitti, intendendo per profitto la differenza fra i ricavi lordi di vendita e il costo di produzione. I vincoli posti sono due:

1) *La funzione di domanda*: la quantità domandata è funzione del prezzo:

[2] Cfr. N.P. Chapanis e J.A. Chapanis, *Cognitive Dissonance: Five Years Later*, in «Psychological Bulletin», 61 (1964).

$R - C = pq - C(q)$

$q = f(p)$

$C = f(q)$

$$q_d = D(p), \text{ oppure } p = D^{-1}(q_d). \tag{1}$$

MAX π sub e sub

La funzione di domanda determina i ricavi lordi, dato che questi ultimi sono uguali alla quantità domandata moltiplicata per il relativo prezzo:

$$R = pq_d. \tag{2}$$

2) *La funzione del costo*: il costo di produzione è funzione della quantità prodotta:

$$C = C(q_s). \tag{3}$$

Se la quantità prodotta è uguale a quella domandata,

$$q_s = q_d, \tag{4}$$

allora il profitto da massimizzare è semplicemente la differenza tra i ricavi lordi e il costo di produzione:

$$\text{profitto} = R - C = pq - C(q), \tag{5}$$

$\pi = pq$

e, facendo assunzioni appropriate sulla differenziabilità, per massimizzare il profitto dovremo soddisfare questa condizione:

$$d(R - C)/dq = p + q\,d(D^{-1}(q))/dq - dC(q)/dq = 0. \tag{6}$$

In questa teoria, i vincoli, le funzioni di domanda e di costo, D e C, sono entrambi collocati nell'ambiente dell'agente. Si assume che egli trovi la soluzione dell'equazione (6). Perché ciò sia possibile, bisogna che l'agente abbia una conoscenza perfetta di questi vincoli e sia in grado di effettuare i calcoli necessari — porre la derivata prima del profitto rispetto alla quantità uguale a zero e risolvere l'equazione algebrica risultante.

1.3. *Limiti della razionalità*

Si possono costruire teorie di razionalità limitata modificando in vari modi queste assunzioni. Un modo può essere quello di introdurre il rischio e l'incertezza nella funzione di domanda o in quella di costo o in entrambe. Si può, per esempio, assumere che certi parametri di una o di entrambe queste funzioni siano variabili casuali di cui si conosce la distribuzione. In questo caso all'assunzione della perfetta conoscenza di queste funzioni da parte dell'agente, si sostituisce quella della perfetta conoscenza della loro distribuzione. Questa modifica nelle assunzioni può facilitare o complicare i calcoli per la ricerca dell'ottimo — generalmente il calcolo diviene piú complesso rispetto al corrispondente caso di certezza.

Un altro modo di limitare la razionalità è quello di assumere che l'agente abbia solo *informazioni incomplete sulle alternative*. I modelli che prendono in considerazione questa situazione sono meno numerosi di quelli in cui l'agente non ha una conoscenza perfetta delle conseguenze. Comunque, in certi modelli sull'attività di ricerca, si assume che l'agente conosca la distribuzione di probabilità dei profitti in una popolazione di possibili azioni alternative. Gli si rendono disponibili azioni specifiche — individuate, diciamo, attraverso un campionamento casuale dell'insieme — in funzione dell'ammontare delle risorse che vengono devolute alla ricerca. Il suo scopo è di trovare l'alternativa che massimizza il profitto atteso al netto del costo della ricerca. In questo tipo di modelli la scelta dell'alternativa migliore tra quelle già scoperte è considerata un problema banale; il problema decisionale diviene: quante delle risorse dell'agente debbano essere utilizzate per la ricerca[3].

Infine, si può limitare la razionalità assumendo una *complessità* della funzione del costo o di altri vincoli esterni tale da impedire che l'agente riesca a calcolare il miglior corso di azione. Non sono molto importanti i limiti della razionalità provenienti da questa fonte all'interno della teoria classica del comportamento razionale. Comunque, nelle analisi numeriche, la teoria dell'approssimazione ci fornisce delle analogie, dato che si occupa del tasso a cui ci si aspetta che un'approssimazione migliori come funzione dell'ammontare dello sforzo computazionale. Introducendo esplicitamente in questa teoria il costo dello sforzo computazionale, la si può trasformare in una teoria dell'approssimazione ottimale.

[3] Per un esempio, cfr. G.J. Stigler, *The Economics of Information*, in «Journal of Political Economy», 69 (1961), pp. 213-225. Teorie di allocazione di risorse alla ricerca possono essere costruite in modo che tengano conto delle informazioni incomplete sulle conseguenze. La teoria del campionamento sequenziale rientra in questa categoria, dato che essa risponde a questa domanda: devo prendere una decisione ora, o mi conviene aspettare di aver raccolto ulteriori informazioni? La risposta è data dal confronto del costo incrementale derivante dall'allargamento del campione con il guadagno che ci si aspetta di ottenere dal miglioramento medio della decisione.

1.4. *Alternative agli obiettivi classici*

Si può modificare la teoria classica non solo cambiando la natura delle condizioni e dei vincoli, ma anche alterando quella degli obiettivi fissati. Alcune moderne teorie dell'impresa si distaccano dalla teoria classica, non seguendo una delle vie già ricordate, bensí postulando obiettivi diversi dalla massimizzazione del profitto.

Baumol[4], ad esempio, ha sviluppato un modello in cui l'obiettivo dell'impresa è di massimizzare le vendite con il vincolo che il profitto non scenda al di sotto di un livello fissato e ritenuto «soddisfacente». Seguendo la teoria di Baumol, l'equazione (6) del modello classico dovrebbe essere sostituita da:

$$dR/dq = p + qd(D^{-1}(q))/dq = 0 \tag{6'}$$

soggetta al vincolo che

$$P = R - C \geq P^*. \tag{7}$$

Si può osservare che i requisiti di informazione e di calcolo necessari per applicare la teoria di Baumol alle situazioni concrete non sono molto diversi da quelli del modello classico.

Questo saggio non prenderà in considerazione le varianti alla teoria della razionalità che assumono fini diversi dalla massimizzazione del profitto o dell'utilità, tranne nel caso in

[4] W.J. Baumol, *Business Behavior, Value and Growth*, New York, Mac Millan, 1959, pp. 45-53.

cui si abbiano interazioni notevoli tra le assunzioni sugli obiettivi e quelle sulle condizioni e vincoli. Vedremo, comunque, che questa eccezione è molto importante. In effetti, la maggior parte delle varianti della teoria che apportano modificazioni sensibili nelle assunzioni sulle condizioni e sui vincoli richiedono anche assunzioni sui fini diverse da quelle classiche della massimizzazione del profitto o dell'utilità. Le ragioni di questa interazione si chiariranno in seguito.

2. *Approcci alla scelta razionale negli scacchi*

Alcune persone che si sono occupate della ricerca nel campo delle decisioni razionali hanno assunto il gioco degli scacchi come un microcosmo in cui si riflettono proprietà interessanti delle situazioni di scelta decisionale del mondo reale. La ricerca sulla scelta razionale negli scacchi fornisce alcuni utili esempi degli approcci alternativi alla razionalità.

Il problema dello scacchista a cui spetta la mossa può essere interpretato in entrambi questi modi: primo, lo si può interpretare come un problema di ricerca di una buona (o della migliore) strategia — dove «strategia» significa una successione condizionata di mosse, definente quale mossa sarà fatta ad ogni stadio successivo dopo ogni possibile contromossa dell'avversario.

Secondo, il problema può essere interpretato come ricerca di un insieme di valutazioni accurate delle mosse alternative immediatamente aperte al giocatore.

Da un punto di vista classico, questi due problemi non sono distinguibili. Se lo scacchista ha una capacità di calcolo illimitata, non ha importanza se sceglie una strategia completa per il comportamento di gioco futuro o se invece sceglie le mosse una alla volta, quando è il suo turno. Questo perché il modo in cui procede per valutare la mossa successiva consiste nel costruire una strategia completa per l'intero corso futuro della partita e nello scegliere quella che garantisce il miglior risultato (tutto ciò assumendo che anche l'avversario gioca al meglio per vincere). Questo è l'approccio utilizzato nella teoria dei giochi di von Neumann e Morgenstern [5].

[5] J. von Neumann e O. Morgenstern, *Theory of Games and Economic Behavior*, Princeton, Princeton University Press, 1953.

2.1. *La definizione di razionalità negli scacchi nella teoria dei giochi*

Come hanno detto von Neumann e Morgenstern, gli scacchi sono un gioco banale. «[...] se la teoria degli scacchi (cioè l'albero completo dei possibili svolgimenti) fosse veramente del tutto conosciuta non ci sarebbe niente da giocare» [6]. Ogni vertice dell'albero dei procedimenti possibili rappresenta la vittoria, la sconfitta o la patta per il bianco. Retrocedendo lungo un ramo dell'albero, il giocatore la cui mossa si trova su quel ramo può esaminare i vertici ai quali può giungere con le sue scelte e scegliere la mossa che conduce al vertice preferito. In questo modo il valore del vertice diviene anche il valore del ramo che vi conduce. Ragionando a ritroso in questo modo, un valore — vittoria, sconfitta o patta per il bianco — può essere assegnato ad ogni posizione e, in ultima istanza, ad ognuna delle possibili mosse iniziali del bianco. Dunque ogni giocatore può stabilire una strategia ottimale — una strategia che gli garantisce un risultato almeno altrettanto buono di quello di ogni altra — specificando quale mossa sceglierebbe ad ogni punto del ramo dell'albero quando è il suo turno di gioco.

Sfortunatamente, come rilevano anche von Neumann e Morgenstern, la banalità degli scacchi non è praticamente d'aiuto per il giocatore nella scelta effettiva dalla mossa. «Ma la nostra dimostrazione, che garantisce la validità di una (e solo una) di queste tre alternative, cioè la partita deve avere come risultato la vittoria, la sconfitta o la patta per il bianco, non dà un metodo praticamente utilizzabile per determinare quella vera. Questa relativa limitatezza umana rende necessario l'uso di quei metodi di gioco incompleti, euristici, che fanno il buon gioco degli scacchi; non ci sarebbe altrimenti nessun elemento di "sorpresa" e "battaglia" nel gioco» [7].

Che cosa significa «l'impossibilità di utilizzazione pratica» diviene piú chiaro se calcoliamo la quantità di ricerca necessaria per trovare la strategia di gioco corretta da un punto di vista della teoria dei giochi. In media, ad ogni data posizione in una partita di scacchi, corrispondono circa trenta mosse possibili — in cifra tonda, considerando una mossa e le sue rispo-

[6] *Ibidem*, p. 125.
[7] *Ibidem*.

ste, una media di circa 10^3 continuazioni dalla posizione data. Quaranta mosse non sono una stima irragionevole della lunghezza media di una partita. Quindi ci sarebbero circa 10^{120} possibilità di svolgimento di una partita di scacchi. Ovviamente il numero esatto non ha importanza: un numero come 10^{40} sarebbe meno spettacolare, ma ugualmente grande a sufficienza per avallare le nostre conclusioni.

Studi sui processi decisionali degli scacchisti indicano attendibilmente che anche giocatori forti guardano raramente ad un centinaio di possibilità — cioè un centinaio di proseguimenti dalla posizione data — nella scelta di una mossa o di una strategia. Cento è un numero ragionevolmente grande, rispetto a certi parametri, ma è un po' piú piccolo di 10^{120}! Gli scacchisti non prendono in considerazione tutte le strategie possibili scegliendo poi la migliore, ma ne ipotizzano ed esaminano un numero piuttosto piccolo, facendo una scelta appena ne trovano una che ritengono soddisfacente [8].

Prima di considerare in dettaglio il comportamento degli scacchisti, torniamo al modello classico e chiediamoci se esiste un modo per utilizzarlo nella soluzione del problema effettivo di scelta, tenendo conto della dimensione dello spazio delle possibilità, in un gioco come gli scacchi. Un sistema utilizzabile è quello di sostituire allo spazio effettivo delle possibilità uno spazio ben piú ristretto che approssimi quello reale in qualche senso appropriato, e quindi applicare a questo la teoria classica.

Questo approccio è stato utilizzato in alcuni dei primi programmi di computer per giocare a scacchi e a dama. Nel programma di Los Alamos, per esempio, il computer ipotizzava tutte le mosse possibili, tutte le repliche possibili ad ognuna di esse, e cosí via per due mosse. Ognuna delle posizioni finali cosí raggiunte (circa un milione in un'analisi di due mosse) veniva valutata, e veniva applicata la procedura del minimax, lavorando a ritroso per trovare la miglior mossa iniziale. Cosí si sostituiva uno spazio di circa 10^6 elementi ad uno di 10^{120} che rappresenta il mondo «effettivo» degli scacchi.

Lo schema era approssimato, perché non si conoscevano gli effettivi valori scacchistici del milione di posizioni terminali, e non si potevano conoscere accuratamente senza prendere in considerazione lo spazio di 10^{120} elementi — cioè senza tornare all'analisi in termini di teoria dei giochi di tutto il gioco. Al posto dei valori effettivi ma sconosciuti si calcolavano valori approssimati utilizzando regole empiriche adottate comunemente nel gioco degli scacchi — valori numerici convenzionali per i pezzi e misure delle possibilità di mossa. Di conseguenza, lo schema approssimato non garantiva la scelta della mossa obbiettivamente migliore, ma solo di quella che dava apparentemente il risultato migliore, in base a questi criteri empirici, dopo un'analisi dell'orizzonte di due mosse. L'esperienza indica che non è possibile fare valutazioni approssimate sufficientemente accurate da far sí che il programma conduca un buon gioco. La decisione ottimale per il mondo approssimato può non essere nemmeno una decisione buona per il mondo effettivo.

[8] Cfr. A. De Groot, *Thought and Choice in Chess*, The Hague, Mouton, 1965.

2.2. *Processi «satisficing» nella riflessione scacchistica*

Esistono adesso programmi per il gioco degli scacchi che seguono un procedimento alternativo, cercando di imitare lo scacchista umano nel prendere in considerazione solo poche possibilità. L'efficacia di un tale tipo di programma dipende in modo critico da tre componenti: *i generatori di mosse*, processi che selezionano le alternative da analizzare; *i valutatori*, processi che stabiliscono la bontà di ogni alternativa; e *le regole di arresto*, criteri che determinano il momento in cui interrompere la ricerca e selezionare la mossa.

Attraverso l'analisi di una posizione negli scacchi se ne possono individuare alcune caratteristiche che suggeriscono le mosse appropriate. Per prendere un caso estremo, supponiamo che un giocatore scopra, quando è il suo turno, che un suo pedone può mangiare la regina avversaria. Ovviamente, questa è una mossa che merita di essere presa in considerazione. Potrebbe invece rivelarsi una cattiva mossa — ad esempio, potrebbe succedere che, mangiando la regina, egli permetta ad un altro pezzo di dargli scacco matto — ma, mentre i suoi vantaggi della mossa sono immediatamente evidenti, le controindicazioni possono essere individuate solo prendendola in considerazione e valutandola da un punto di vista dinamico.

Un semplice processo che darebbe luogo a questa mossa, e ad altre di questo tipo, consisterebbe nel determinare quali dei pezzi avversari siano attaccati da pezzi di minor valore, o siano indifesi e attaccati da un pezzo qualsiasi. Cosí una serie appropriata di processi generatori di mosse potrebbe individuare, per sottoporle ad analisi ulteriori, tutte, o la maggior parte delle mosse che meritano di essere seriamente prese in considerazione. Se i generatori fossero ordinati in modo appropriato, potrebbero di solito identificare per prime le mosse piú promettenti, poi quelle che lo sono un po' meno, e cosí via.

Le mosse possibili, ipotizzate dai generatori, possono essere valutate in base ad una combinazione di criteri statici e dinamici. I criteri statici consistono nelle caratteristiche della posizione, o in differenze tra posizioni successive. Cosí, un importante metro statico usato da tutti gli scacchisti è il conteggio dei pezzi: ad ogni pezzo viene assegnato un valore convenzionale (ad esempio, al pedone 1, al cavallo e all'alfiere 3, alla torre 5, alla regina 9), e si confronta la somma dei valori dei pezzi per i due giocatori. Generalmente, se dal conteggio dei pezzi risulta che un giocatore è in vantaggio per piú di un punto (o anche, in molti casi, di un solo punto), questi può trovare il procedimento vincente, a meno che l'equilibrio non venga rapidamente modificato da una serie di mosse forzate. Cosí non ha importanza avere 5 punti di svantaggio se con la prossima mossa mangeremo la regina avversaria senza incorrere in ulteriori rappresaglie.

Le considerazioni tattiche di breve periodo vengono fatte portando avanti l'analisi dinamica dei proseguimenti plausibili finché non si raggiunge una posizione sufficientemente calma o «morta» da poter essere tranquillamente valutata per mezzo dei criteri statici. Questi criteri sono poi riportati a ritroso alla mossa presa in considerazione attraverso la normale procedura del minimax.

In un programma cosí strutturato occorrono due tipi di regole di arresto: regole che fermino la ricerca in posizioni morte valutabili con i misuratori statici, e regole che fermino l'intero processo e scelgano una mossa non appena se ne trovi una soddisfacente. Abbiamo già parlato del primo tipo; il secondo merita un approfondimento maggiore. Se le alternative in una situazione di scelta non sono date, ma devono essere scoperte o inventate, e se il numero delle alternative possibili è molto

grande, la scelta deve essere fatta prima che tutte o molte di esse siano state prese in considerazione. È stata appunto la difficoltà di soddisfare il requisito classico del mettere a confronto tutte le alternative che ha portato al tipo di approccio che stiamo descrivendo. Ma, se non tutte le alternative devono venir esaminate, si deve usare qualche criterio per stabilire che un'alternativa adeguata o soddisfacente è stata trovata.

Nella letteratura psicologica, i criteri che svolgono questa funzione nei processi decisionali sono detti *i livelli di aspirazione*. Il vocabolo scozzese *satisficing* (che equivale all'inglese *satisfying* — soddisfacente) è stato rispolverato per indicare quel modo di risolvere i problemi e di prendere decisioni che fissa un livello di aspirazione, cerca fino a quando si trova un'alternativa soddisfacente in base ai criteri del livello di aspirazione prescelto e sceglie quella alternativa[9].

Nelle procedure di *satisficing*, l'esistenza di un'alternativa soddisfacente è resa probabile da meccanismi dinamici che adattano i livelli di aspirazione alla realtà sulla base di informazioni sull'ambiente. Cosí, in un programma per giocare a scacchi, il livello di aspirazione iniziale può essere fissato (preferibilmente con una lieve inclinazione verso l'alto) sulla base di una valutazione statica della posizione. Siccome le mosse alternative vengono prese in considerazione e valutate attraverso un'analisi statica e dinamica, la valutazione della posizione può gradualmente venir ristretta finché la mossa migliore finora scoperta raggiunge o supera in valore il livello di aspirazione.

2.3. *I limiti della razionalità negli scacchi*

Nel paragrafo introduttivo di questo scritto, si sono elencati tre limiti alla perfetta razionalità: incertezza sulle conseguenze che deriverebbero da ogni alternativa, informazioni incomplete sull'insieme delle alternative e complessità che ostacola l'effettuazione dei calcoli necessari. Gli scacchi illustrano come, nelle situazioni di soluzione di un problema del mondo reale, queste tre categorie tendono ad emergere.

[9] H.A. Simon, *Models of Man*, New York, Wiley, 1957, parte IV, pp. 196-279.

Se descriviamo lo scacchista come intento a scegliere una *strategia*, allora la sua difficoltà di comportarsi razionalmente — e l'impossibilità che egli si comporti come la teoria del gioco dice che dovrebbe — sta nel fatto che egli ha informazioni incomplete rispetto a quali alternative (strategie) gli sono aperte. Egli ha il tempo di scoprire solo una frazione minima di queste strategie, e di precisare quelle che scopre solo incompletamente.

Alternativamente, se descriviamo lo scacchista come intento a scegliere una *mossa*, la sua difficoltà di comportarsi razionalmente sta nel fatto che ha solo informazioni approssimative sulle conseguenze dell'adozione di ognuna delle alternative (mosse) che gli sono aperte. Non gli sarebbe impossibile immaginare l'intero insieme delle mosse possibili, perché raramente ammontano a piú di trenta. Comunque, le può valutare, anche approssimativamente, solo eseguendo un'ulteriore analisi attraverso l'immenso, ramificato, albero delle mosse. Dato che per la valutazione è disponibile solo un ammontare limitato di tempo dell'elaborazione, egli deve allocarlo tra le mosse alternative. La realtà in pratica è che è di solito meglio generare solo alcune mosse dell'intero insieme delle mosse possibili, valutando queste piuttosto approfonditamente, piuttosto che generarle tutte, valutandole superficialmente. Quindi il buono scacchista non esamina tutte le mosse che gli sono aperte, ma solo una piccola frazione di esse (dati presentati da De Groot [10] suggeriscono che da una mezza dozzina ad una dozzina di mosse, in un insieme di trenta mosse possibili, può venir generata ed esplorata dallo scacchista). Da un ulteriore punto di vista, la difficoltà dello scacchista nel comportarsi razionalmente non ha niente a che fare con l'incertezza — sia delle conseguenze che delle alternative — ma è un problema di complessità. Perché non c'è né rischio, né incertezza, nel senso in cui questi termini sono usati in economia o nella teoria statistica delle decisioni, nel gioco degli scacchi. Come osservano von Neumann e Morgenstern, è un gioco di informazione perfetta. Non c'è necessità di far entrare nei calcoli probabilità di eventi futuri, e non sorgono contingenze, in senso statistico. Dal punto di vista della teoria dei giochi, la presenza dell'avversario non introduce contingenze. L'avversario può sempre venir

[10] A. De Groot, *Thought and Choice in Chess*, cit.

considerato come operante al peggio. Il punto diviene piú chiaro se sostituiamo il compito di giocare a scacchi con quello di provare teoremi. Nel secondo compito, non si ha l'avversario. Né ci sono contingenze: i teoremi veri e derivabili risiedono eternamente nel mondo delle idee di Platone. La razionalità nella dimostrazione di un teorema costituisce un problema solo perché l'insieme dei possibili sentieri di prova è vasto e complesso. Quello a cui ci riferiamo con «incertezza» negli scacchi o nella dimostrazione di teoremi è, quindi, l'incertezza introdotta in un ambiente perfettamente certo dall'incapacità — incapacità computazionale — di accertare la struttura di tale ambiente. Ma il risultato dell'incertezza, qualunque sia la sua fonte, è lo stesso: l'approssimazione deve sostituire l'esattezza nel raggiungimento di una decisione. In particolare, quando l'incertezza prende la forma di un ingombrante problema di spazio da esplorare, il processo di risoluzione del problema deve incorporare meccanismi per determinare quando la ricerca o la valutazione si fermeranno e un'alternativa verrà scelta.

2.4. *Satisficing e optimizing*

I termini soddisfacente e ottimizzante, che abbiamo già introdotto, sono etichette per due approcci generali al comportamento razionale in situazioni in cui la complessità e l'incertezza rendono impossibile la razionalità globale. In queste situazioni, l'ottimizzazione diviene ottimizzazione approssimata — la descrizione della situazione del mondo reale è radicalmente semplificata fino a ridurla ad un grado di complicazione che chi prende la decisione può maneggiare. Gli approcci del tipo «soddisfacente» ricercano questa semplificazione in una direzione in qualche modo diversa, mantenendo un maggior numero di dettagli della situazione reale, ma fissando una decisione soddisfacente, piuttosto che una approssimativamente migliore. Non si può dire in generale quale approccio porterà alle decisioni migliori, valutate in base alle loro conseguenze reali. Negli scacchi almeno, i buoni giocatori hanno chiaramente trovato l'approccio soddisfacente piú utile di quello «approssima-e-ottimizza».

Una procedura decisionale soddisfacente può spesso essere tradotta in una procedura per l'ottimizzazione introducendo una regola per l'ammontare ottimo di ricerca, o, il che è la stessa cosa, una regola per fissare ottimamente il livello di aspirazione. Cosí, il livello di aspirazione negli scacchi potrebbe essere adeguato, dinamicamente, a quel livello in cui il miglioramento atteso nella mossa scelta, per un minuto di ricerca addizionale, bilancerebbe esattamente il costo incrementale della ricerca. Benché una tale traduzione sia formalmente possibile, eseguirla in pratica richiede informazioni addizionali e assunzioni al di là di quelle necessarie per l'approccio soddisfacente. Primo, il valore delle alternative deve essere misurato in unità comparabili con quelle utilizzate per misurare il costo della ricerca, al fine di permettere il confronto al margine. Secondo, la produttività marginale della ricerca — l'incremento atteso nel valore per unità di tempo di ricerca — deve essere stimato su una qualche base. Se stiamo progettando un programma per il gioco degli scacchi, è dubbio se uno sforzo speso nel tentativo di imbrigliare il programma in un tale sfondo di ottimizzazione dinamica valga quanto uno sforzo equivalente speso nel miglioramento della selettività di meccanismi euristici del programma che generano e valutano le mosse.

Di tanto in tanto si è suggerita anche un'altra conversione abbastanza diversa tra gli schemi ottimizzanti e soddisfacenti. Un programma di scacchi del tipo «classico», che prende decisioni ottime nel mondo approssimato, può essere visto come un tipo particolare di programma soddisfacente, in cui la «soddisfazione» è definita dalla procedura di approssimazione che viene utilizzata. Quindi, è difficile tracciare una distinzione formale tra le procedure ottimizzanti e soddisfacenti che sia cosí stagna da impedire che l'una sia reinterpretata in termini dell'altra. La differenza pratica, comunque — la differenza nell'enfasi risultante dall'adozione di uno o dell'altro punto di vista — è spesso molto grande.

Nella ricerca sulle procedure di ottimizzazione, un'attenzione considerevole è stata prestata alle proprietà formali delle funzioni di valutazione, all'esistenza e all'efficienza di procedure per il calcolo dell'ottimo, e a procedure per la riduzione dell'incertezza (per esempio, metodi di previsione). La natura delle approssimazioni che sono necessarie per proiettare i problemi del mondo reale in una forma adatta per l'ottimizzazione, e i mezzi per scegliere tra le approssimazioni alternative, sono stati meno pienamente e meno sistematicamente studiati. Molto sforzo, per esempio, è stato dedicato alla scoperta di algoritmi efficienti per la risoluzione di problemi di programmazione lineare. Trovare un modo appropriato per formulare un concreto problema decisionale del mondo reale come un problema di programmazione lineare resta largamente un'arte [11].

La ricerca sulle procedure soddisfacenti si è concentrata principalmente sull'efficienza della ricerca — la natura dei metodi euristici che permettono di cercare e trovare le rare soluzioni nello spazio immenso delle possibilità con un moderato ammontare di sforzo di ricerca. Dato che cambiamenti modesti nei dispositivi euristici spesso danno luogo a modificazioni notevoli nell'efficacia della ricerca, mezzi altamente accurati per valutare le qualità delle soluzioni o degli sforzi richiesti per trovarle possono essere relativamente poco importanti. Probabilmente non occorrono funzioni di valutazione e regole d'arresto raffinate per trasformare il gioco degli scacchi di una schiappa in un programma di scelta di mosse ragionevolmente efficace.

3. *Razionalità limitata nel design*

Le attività ingegneristiche usualmente definite «design» non sono state prese molto in considerazione dal punto di vista dell'attività decisionale razionale. La ragione di questo dovrebbe risultare chiara dalla precedente discussione: la teoria decisionale classica si occupa della scelta tra alternative *date*; il design si occupa della scoperta e dell'elaborazione di alternative. La nostra esplorazione del microcosmo degli scacchi ha indicato, comunque, come la teoria del design può venir assimilata ad una teoria «soddisfacente» della scelta razionale. Permettetemi di spiegare questo punto non po' piú pienamente.

Prendiamo in considerazione quell'interpretazione degli scacchi che individua il compito nella scelta di una strategia, e non solo di una singola mossa. Specificamente, consideriamo una situazione in cui il giocatore stia cercando una combina-

[11] Il lavoro di A. Charnes e W.W. Cooper, *Management Models and Industrial Applications of Linear Programming* (New York, Wiley, 1961) è pieno di esempi sofisticati di quest'arte. Cfr., per esempio, l'appendice B e il cap. XI del vol. I.

zione (una strategia) con cui dare definitivamente scacco matto al suo avversario, anche se ciò può richiedere il sacrificio di pezzi lungo la via. Uno scacchista, in genere, non intraprenderà un simile corso di azione senza riuscire a vederlo fino alla fine — senza poter *progettare* (design), cioè, una combinazione di scacco senza falle.

Come abbiamo già visto, le valutazioni e i confronti che hanno luogo durante questo processo di progettazione non sono, in generale, confronti tra progetti completi. Le valutazioni hanno luogo, prima di tutto, per guidare la ricerca — l'elaborazione del progetto stesso. Forniscono le basi per decisioni riguardo al fatto che il progetto dovrebbe essere elaborato in una direzione piuttosto che in un'altra. Progetti completi (in questo caso, combinazioni di scacco), quando finalmente vi si arriva, non vengono generalmente valutati confrontandoli con progetti alternativi, ma confrontandoli con norme (standard) definite dai livelli di aspirazione. Nel caso degli scacchi, appena il giocatore scopre una strategia che garantisce lo scacco matto, la adotta. Non ricerca ogni possibile strategia di scacco matto e adotta la migliore [12].

Nella progettazione di oggetti complessi — un ponte, diciamo, o un aeroplano — il processo ha una struttura di ricerca ancora piú complicata. Qui, gli stadi iniziali della ricerca si svolgono in spazi altamente semplificati che astraggono dalla maggior parte del dettaglio del problema del mondo reale, lasciando solo gli elementi piú importanti in forma compendiata. Quando un piano, un progetto schematizzato e aggregato, è stato elaborato nello spazio di pianificazione, i dettagli del problema possono venir reintrodotti, e il piano usato come guida nella ricerca per un progetto completo.

Naturalmente, possono venir usati piú di due spazi; ci può essere un'intera gerarchia di spazi di piano, che portano da un progetto altamente astratto e globale a specificazioni di dettaglio successive. Ad ognuno di questi livelli di astrazione anche il processo di progettazione può essere strutturato diversamente. Dato che gli spazi piú astratti tendono ad essere «piú lisci», è spesso possibile usare modelli di ottimizzazione per la pianificazione, ritornando a modelli di ricerca soddisfacente per

[12] H.A. Simon e P.A. Simon, *Trial and Error Search in Solving Difficult Problems*, in «Behavioral Science», 7 (1962), pp. 425-429.

completare i dettagli del progetto. Cosí, la programmazione lineare o quella dinamica possono venir usate per la pianificazione generale delle operazioni di uno stabilimento, mentre tecniche piú euristiche sono utilizzate per organizzare compiti individuali. In altre situazioni, il processo di progettazione generale può impiegare procedure di ricerca soddisfacenti, mentre tecniche di ottimizzazione possono essere utilizzate per fissare i parametri una volta che il progetto generale è stato stabilito [13].

4. *Razionalità limitata nella scienza amministrativa*

La maggior parte delle tecniche formali che costituiscono la spina dorsale tecnica della scienza amministrativa e della ricerca operativa sono procedure per trovare la migliore di un insieme di alternative in termini di qualche criterio — cioè, ricadono nella nostra categoria delle procedure «classiche». La programmazione lineare e quella dinamica sono tra le piú potenti di queste tecniche. L'approccio dominante ai problemi in questa sfera è stato di semplificare i problemi del mondo reale al punto in cui i modelli formali di ottimizzazione possono venir usati come approssimazioni.

Alcuni problemi industriali di genere combinatoriale non si sono facilmente arresi a questo approccio. Tipicamente, i problemi recalcitranti coinvolgono soluzioni a numeri interi o, ciò che generalmente è la stessa cosa, la considerazione di possibili permutazioni e combinazioni di un numero sostanzioso di elementi. La localizzazione del magazzino è un problema di questo tipo. Il compito è di «determinare il modello geografico delle localizzazioni di magazzino che sarà il piú vantaggioso per la società eguagliando il costo marginale dell'operazione di magazzino con i risparmi sul costo di trasporto e con i profitti incrementali risultanti dalla piú rapida consegna» [14].

[13] Alcune procedure moderne semiautomatiche per la progettazione di impianti chimici utilizzano tecniche euristiche per scegliere le operazioni base e il loro svolgimento, impiegano poi la programmazione lineare per determinare i parametri del sistema cosí specificato.

[14] A.A. Kuehn e M.J. Hamburger, *A Heuristic Program for Locating Warehouses*, in «Management Science», 9 (1963), p. 643.

Un programma euristico progettato da Kuehn e Hamburger per le localizzazioni dei magazzini si compone di due parti:

> 1) il programma principale, che colloca i magazzini uno alla volta finché non si possono aggiungere magazzini addizionali alla rete distributiva senza incrementare i costi totali, e 2) la *routine* di urto e rotazione [...] che tenta di modificare le soluzioni [...] attraverso la valutazione delle implicazioni in termini di profitto della soppressione di magazzini singoli o del loro spostamento da una localizzazione ad un'altra [15].

Questo programma si adatta alla nostra precedente caratterizzazione delle procedure di progettazione. Un piano possibile viene gradualmente costruito, passo dopo passo, attraverso una procedura di ricerca, e poi si studiano possibili modificazioni parziali prima di decidersi per il piano finale. Nella costruzione del piano iniziale, si provano localizzazioni vicine a concentrazioni della domanda, aggiungendo ad ogni passo i magazzini che producono i maggiori risparmi di costo per l'intero sistema. Solo una frazione delle posizioni possibili dei magazzini, che una scrematura preliminare ha selezionato come «promettenti», è valutata in dettaglio ad ogni stadio. Alla fine, una cosiddetta routine di «urto e rotazione» modifica i programmi raggiunti sperimentalmente attraverso 1) l'eliminazione di magazzini che non sono piú economici perché nuovi magazzini sono stati introdotti in passi successivi del programma, 2) la considerazione dello spostamento dei magazzini in posizioni alternative all'interno dei loro territori. Il diagramma di flusso dei programmi di localizzazione del magazzino, che servirà ad illustrare la struttura tipica dei programmi euristici una volta formalizzati, è mostrato nella figura 1.

Kuehn e Hamburger hanno condotto qualche confronto dettagliato del programma euristico con le tecniche di ottimizzazione. Essi concludono che «in teoria, un approccio di programmazione lineare [...] potrebbe essere utilizzato per risolvere il problema. In pratica, comunque, la dimensione e le nonlinearità presenti in molti problemi sono tali che l'applicazione non è correntemente possibile» [16]. I due autori attribuiscono la migliore prestazione del programma euristico a due cause principali: «1) semplicità computazionale, che si traduce

[15] *Ibidem*, p. 645.
[16] *Ibidem*, p. 658.

in riduzioni sostanziali dei tempi di soluzione e permette il trattamento di problemi di larga scala, e 2) flessibilità rispetto alle funzioni di costo sottostanti, che elimina la necessità di assunzioni restrittive» [17].

Forse la tecnica piú largamente usata nella scienza amministrativa per trattare situazioni troppo complesse per l'applicazione dei metodi conosciuti di ottimizzazione è la simulazione. L'ammontare di dettagli incorporati nella simulazione di un sistema ampio è limitato solo dalla fattibilità in termini computazionali. D'altra parte, la simulazione, non aiutata da altri strumenti formali di analisi, non dà mezzi diretti per la scoperta e la valutazione di piani alternativi di azione. Nella simulazione, i «tentativi ed errori» sono forniti dagli investigatori umani piuttosto che dalla tecnica di analisi stessa [18].

5. *Conclusioni*

La teoria delle decisioni razionali ha avuto uno sviluppo estremamente rapido negli ultimi trent'anni. Una parte considerevole dell'impeto per questo sviluppo provenne, durante e dopo la seconda guerra mondiale, dal tentativo di utilizzare le procedure decisionali formali in situazioni reali di considerevole complessità. Per trattare questa complessità i modelli formali sono cresciuti in potenza e sofisticatezza. Ma la complessità ha stimolato anche lo sviluppo di nuovi tipi di modelli di decisione razionale che tengono specialmente in conto la limitatezza della capacità di raccogliere informazioni e della capacità computazionale degli esseri umani e dei loro computer.

Una risposta alle preoccupazioni per l'incertezza, le difficoltà della scoperta o della progettazione delle alternative, e per la complessità computazionale è stata introdurre esplicitamente la ricerca e i processi di trasmissione delle informazioni dentro i modelli. Un'altra risposta (che non esclude la precedente), è stata la sostituzione dei criteri di ottimizzazione con criteri di prestazione soddisfacente. L'approccio «satisficing» è stato impiegato molto spesso in modelli dove metodi «euristi-

[17] *Ibidem*, p. 656.
[18] Si veda J.W. Forrester, *Industrial Dynamics*, Cambridge, MIT Press, 1961.

1. Leggi
a) Le localizzazioni dello stabilimento.
b) Le *M* posizioni potenziali dei magazzini.
c) Il numero di posizioni del magazzino (*N*) valutate in dettaglio ad ogni ciclo, cioè la dimensione del cuscinetto (*buffer*).
d) I costi di spedizione tra le imprese, i magazzini potenziali e i clienti.
e) Il volume atteso di vendite per ogni cliente.
f) Le funzioni di costo associate con il funzionamento di ogni magazzino.
g) I costi opportunità connessi con i ritardi di spedizione o, alternativamente, l'effetto di tali ritardi sulla domanda.

2. Determina e colloca nel cuscinetto le *N* posizioni potenziali del magazzino che, considerando solo la domanda locale, produrrebbero i maggiori risparmi di costo se rifornite da magazzini locali piuttosto che dai magazzini che le riforniscono correntemente.

3. Valuta i risparmi di costo che risulterebbero per il sistema totale per ognuno dei modelli di distribuzione risultanti dall'aggiunta del magazzino seguente ad ognuna delle *N* localizzazioni nel cuscinetto.

4. Elimina da considerazioni ulteriori ognuna delle *N* posizioni che non dà risparmi di costo eccedenti i costi fissi.

5. Qualcuna delle *N* posizioni offre risparmi di costo eccedenti i costi fissi?

Sí
6. Colloca un magazzino in quella posizione che dà i risparmi maggiori.

No
7. Tutte le *M* posizioni potenziali del magazzino sono state attivate o eliminate?

8. Routine di urto e rotazione
a) Elimina quei magazzini che sono divenuti non economici come risultato del collocamento di magazzini successivi. Ogni cliente precedentemente servito da quel magazzino sarà ora rifornito dal magazzino, fra i rimanenti, che può eseguire il servizio al costo piú basso.
b) Valuta la convenienza di spostare ogni magazzino collocato come sopra in altre posizioni potenziali le cui concentrazioni locali di domanda siano ora servite da quel magazzino.

9. Stop

FIG. 1. Un programma euristico per la localizzazione dei magazzini.

ci» o per tentativi-ed-errori sono utilizzati per aiutare la ricerca di alternative plausibili.

Come risultato di tutti questi sviluppi, chi prende le decisioni, negli affari, nel governo, nelle università, ha oggi a disposizione una collezione di modelli e strumenti computazionali senza precedenti per aiutarlo nei suoi processi decisionali. Qualunque siano i compromessi che deve fare con la realtà al fine di comprenderla e di tenerle testa, questi strumenti rendono sostanzialmente piú trattabile il compito di opporre le limitate capacità dell'uomo alla difficoltà dei suoi problemi.