

Prefazione

Questo volume si basa sulla sessione «Decisioni, informazioni, aspettative: nuovi orientamenti dell'analisi economica» della XXXVI riunione annuale della Società Italiana degli Economisti. I lavori presentati in tale occasione sono stati selezionati e integrati dal curatore e accuratamente rielaborati dagli autori al fine di rispettare i vincoli di spazio e soprattutto le esigenze di organicità del volume. Traccia della struttura della sessione si trova nei commenti ai due capitoli dei relatori Hahn e Rustichini da parte di Dardi che ha svolto la funzione di controrelatore; i lucidi collegamenti suggeriti da Dardi tra questi due programmi di ricerca ed altri presenti nella letteratura economica hanno consigliato di includere i suoi commenti, opportunamente rivisti, in questo volume.

La finalità principale del volume è quella di offrire al lettore una panoramica su alcuni recenti contributi alla teoria delle decisioni in condizioni di incertezza che risultano di particolare interesse per l'economia. Tuttavia, questo libro non intende rivolgersi prioritariamente agli specialisti di questo settore di studi, bensì agli economisti e studenti di economia che intendono avere una prima informazione, sufficientemente approfondita ma accessibile, sulle operazioni in corso su questo fronte particolarmente attivo della ricerca. Pertanto gli autori hanno ridotto al minimo l'uso della formalizzazione e del gergo specialistico ed hanno concentrato l'attenzione sul significato di fondo e le implicazioni più rilevanti dei nuovi contributi. Il terreno passato in rassegna è dunque piuttosto vasto e la scala della mappa non particolarmente dettagliata; prevale l'impegno a definire le coordinate di questo territorio in corso di esplorazione ed i suoi riferimenti «topografici» essenziali, seppure soltanto stilizzati.

Confrontando il titolo della sessione con il titolo di questo volume è interessante osservare che nel secondo compare la parola-chiave «razionalità» mentre scompare la parola-chiave «aspettative». Questa modifica dipende dal fatto che nessuno dei contributi pervenuti per la sessione della SIE ha sviluppato specificamente il tema delle aspettative, mentre molti hanno trattato il tema della razionalità e quello

connesso dell'apprendimento che non vi comparivano. Ritengo che questo divario tra domanda ed offerta non sia casuale e rifletta l'evoluzione in corso della teoria economica. Per quanto riguarda le aspettative ci troviamo in una situazione di stallo: nonostante l'insoddisfazione crescente per l'ipotesi di aspettative razionali, è opinione diffusa che non si intravedano ancora alternative all'orizzonte che possano competere con la semplicità e l'apparente rigore analitico di questa ipotesi. Probabilmente, un nuovo consenso potrà coagularsi soltanto quando la ricerca in corso sulla teoria delle decisioni in condizioni di incertezza e sui processi di apprendimento produrrà le condizioni, non ancora del tutto mature, per un salto qualitativo nello studio dell'interazione tra previsioni, decisioni ed apprendimento degli agenti economici. Per quanto riguarda la razionalità, viceversa, l'insoddisfazione crescente per l'ipotesi tradizionale di razionalità «sostanziale» degli agenti economici ha prodotto nuove nozioni di razionalità, alquanto meno restrittive, le cui implicazioni sono in corso di esplorazione. I nuovi avanzamenti sul fronte della teoria delle decisioni implicano l'abbandono del concetto di razionalità sostanziale e contribuiscono in modo significativo alla chiarificazione di nuovi concetti di razionalità. Analogamente, sul tema dell'apprendimento ferve la ricerca e stanno emergendo molti spunti innovativi che promettono significative ricadute potenziali sull'analisi economica.

Il titolo ed il contenuto di questo volume intendono assecondare questa tendenza spontanea: il tema delle aspettative non è trattato in modo esplicito, a parte alcuni cenni sporadici; viceversa il tema della razionalità e quello connesso dell'apprendimento sono trattati in molti dei contributi, seppure soltanto in relazione ai nuovi avanzamenti nella teoria delle decisioni e dell'equilibrio economico generale. Purtroppo i limiti di spazio hanno reso impossibile l'inclusione di una parte sulle applicazioni delle nuove teorie discusse in questo volume a campi specifici quali la teoria monetaria e finanziaria o l'economia dell'ambiente, a cui pure era stato dato uno spazio significativo nella sessione della SIE. Ciò non dipende certo dalla minore importanza di queste applicazioni, ma al contrario dall'impossibilità di trattarle adeguatamente in un modo troppo sintetico o episodico.

Ringrazio il Consiglio direttivo della SIE che ha suggerito il tema della sessione e mi ha incaricato di curarla, gli autori dei lavori presentati alla sessione della SIE per la loro paziente collaborazione, partecipanti alla sessione per i loro commenti e le critiche costruttive, il referee nominato dal Consiglio direttivo per gli utili suggerimenti, la casa editrice il Mulino per l'eccellente lavoro redazionale.

Introduzione

di Alessandro Vercelli

Questa Introduzione intende chiarire nel primo paragrafo le motivazioni e le finalità del volume. Nel secondo paragrafo viene presentata la struttura del libro e vengono accennate alcune delle tematiche fondamentali dei diversi capitoli cercando di esplicitarne i principali nessi reciproci. L'Appendice all'Introduzione è una rassegna di alcuni recenti contributi alla teoria delle decisioni in condizioni di incertezza forte che stanno alla base di molti capitoli del volume. La finalità è quella di fornire alcune informazioni di sfondo, in un linguaggio quanto più possibile accessibile, per una migliore comprensione del contenuto del libro e della letteratura recente.

1. Finalità e motivazioni del volume

Le decisioni economiche vengono prese quasi sempre in condizioni di incertezza. Non v'è da sorprendersi quindi che il tipo ed il grado di incertezza percepita dall'agente economico ne influenzino in modo cruciale le scelte, e quindi condizionino anche l'andamento sia delle variabili microeconomiche che dipendono direttamente dalle decisioni individuali, sia delle variabili macroeconomiche che emergono indirettamente dall'integrazione ed aggregazione delle decisioni individuali. Di ciò gli economisti hanno preso progressivamente coscienza in questi ultimi decenni, stimolando l'elaborazione di nuovi strumenti analitici e di famiglie di modelli che risultano in grado di rappresentare e manipolare opportune misure dell'incertezza ed estendono progressivamente la loro applicazione ai problemi economici. Gli sviluppi fondamentali hanno riguardato l'introduzione sistematica dell'incertezza nei tre seguenti filoni di ricerca:

- la teoria delle decisioni;
- la teoria dei giochi;
- la teoria dell'equilibrio economico generale.

L'evoluzione di questi tre filoni di ricerca è strettamente interconnessa essendo influenzata da progressi analitici che hanno avuto ri-

percussioni analoghe in ciascuno di essi, nonché dall'evoluzione dell'atteggiamento prevalente tra gli economisti nei confronti dell'incertezza.

La co-evoluzione dei tre filoni di ricerca suddetti nel secondo dopoguerra può essere suddivisa in due fasi successive:

– una prima fase che dura fino ai primi anni '80 in cui si afferma e si estende l'approccio «classico» all'incertezza;

– una seconda fase che trae inizio da alcuni contributi dei primi anni '80 e si afferma negli anni '90 in cui l'approccio «classico» viene affiancato da approcci alternativi che potremmo definire «postclassici».

L'approccio classico assume che i convincimenti (*beliefs*)¹ degli agenti economici possono essere rappresentati da un'unica distribuzione di probabilità additive mentre gli approcci postclassici ammettono rappresentazioni più complesse (vedi Appendice). Dietro questa differenza che sembra a prima vista puramente tecnica, si celano profonde differenze concettuali che questo volume intende individuare e discutere.

L'attenzione si appunta essenzialmente sulla teoria delle decisioni con alcuni cenni all'equilibrio economico generale, mentre la teoria dei giochi è trascurata quasi del tutto per motivi di opportunità e di principio.

I nuovi sviluppi della teoria dei giochi sono stati al centro dell'attenzione degli economisti negli ultimi anni e sono stati presentati e discussi spesso in eccellenti rassegne e libri di testo. Non altrettanto si può dire per quanto riguarda gli ultimi sviluppi della teoria delle decisioni e, almeno in parte, della stessa teoria dell'equilibrio economico generale in condizioni di incertezza forte. Ciò dipende in parte dalle convinzioni prevalenti riguardo al ruolo di queste discipline nella fondazione della teoria economica. La maggior parte degli economisti ritiene oggi che le necessarie fondazioni microeconomiche della teoria economica possano essere assicurate da un solido ancoraggio dei modelli economici alla teoria dell'equilibrio economico generale. Tuttavia, all'interno delle teorie dominanti questo ruolo può essere svolto in qualche modo soltanto assumendo le ipotesi «classiche» sull'incertezza che a loro volta presuppongono mercati completi, unicità e sta-

¹ La parola inglese *beliefs* è spesso tradotta in italiano con la parola «credenze». Tuttavia ritengo preferibile utilizzare la parola «convincimenti», come è stato suggerito da alcuni autori [in particolare Luini 1994, 42 e 120-121], in quanto le «credenze» sembrano riferirsi ad opinioni non-razionali o pre-razionali mentre i «convincimenti» denotano più naturalmente opinioni che possono essere del tutto razionali, o per lo meno ragionevoli, anche se le ragioni a loro favore non sono conclusive.

bilità dell'equilibrio, esogeneità dell'incertezza. Questo contribuisce a spiegare perché le complicazioni suddette della teoria dell'equilibrio economico generale siano state nel complesso trascurate, nonostante vadano nella direzione di un maggiore realismo.

La convinzione diffusa che la teoria dell'equilibrio economico generale debba costituire il livello fondante della teoria economica si scontra inoltre con il fatto che, nonostante le apparenze, risulta problematico un suo uso coerente con i dettami dell'individualismo metodologico che pure sono accettati dalla maggior parte degli economisti ortodossi. Ciò è palese qualora la teoria venga riferita ad un agente rappresentativo, come è usuale per analizzare i problemi macroeconomici. Ma anche una completa disaggregazione, oltre che impraticabile, sarebbe inadeguata a dare una solida fondazione teorica all'interazione strategica tra individui. La teoria dei giochi si è affermata proprio nella convinzione che consentisse di analizzare l'interazione strategica tra gli agenti economici fornendo più solide basi alla stessa teoria dell'equilibrio economico generale. Tuttavia anche la teoria dei giochi, perlomeno nella sua versione classica, non è risultata in grado di fornire rigorose fondazioni microeconomiche del tutto compatibili con l'individualismo metodologico, in quanto l'interazione tra gli individui è analizzata esclusivamente in condizioni di equilibrio (le sporadiche eccezioni non sono ancora riuscite ad ottenere risultati di indubbio rilievo ed a esercitare un'influenza significativa). Tuttavia per studiare l'esistenza, l'unicità o pluralità, e la eventuale stabilità, delle posizioni di equilibrio risulta necessario studiare la dinamica effettiva dell'interazione strategica tra decisioni individuali anche fuori dalla posizione di equilibrio. In caso di equilibrio, non appena l'agente economico si accorge di aver commesso un errore sistematico, cercherà di apprendere dall'esperienza modificando i propri convincimenti al fine di correggere, o perlomeno ridurre, l'errore commesso. La cruciale analisi di come gli agenti economici prendono le loro decisioni dati i convincimenti, le preferenze e le informazioni in loro possesso e di come gli agenti stessi modifichino i loro convincimenti sulla base delle nuove informazioni (anche relative agli errori commessi) è fondata sulla teoria delle decisioni in condizioni di incertezza. Dovrebbe risultare pertanto evidente il ruolo cruciale della teoria delle decisioni nel fornire solide fondazioni microeconomiche alla teoria economica che risultino pienamente coerenti con l'ottica dell'individualismo metodologico.

co
decisioni
in
condiz
di
incert

Inoltre è mia convinzione che la teoria delle decisioni in condizioni di incertezza abbia grosse potenzialità, seppure tuttora pressoché inesplorate, anche per fornire alla teoria economica solide fondazioni

macroeconomiche; l'insieme di opzioni effettivamente a disposizione di ogni singolo agente economico è infatti modificato dalle condizioni dell'ambiente in cui opera che variano nel tempo e nello spazio, in particolare dalle condizioni macroeconomiche, ovvero dai valori assunti da alcune variabili aggregate in conseguenza delle scelte passate degli agenti e delle autorità di politica economica. Ad esempio il principio della domanda effettiva di Keynes potrebbe essere interpretato come un vincolo che restringe l'estensione dell'insieme di opzioni a disposizione degli agenti economici che generalmente esclude, anche in ipotesi di perfetta razionalità degli agenti economici, l'opzione che corrisponde all'equilibrio di piena occupazione. In quest'ottica il concetto di equilibrio di sotto-occupazione non implica nessuna violazione del principio di volontarietà degli scambi né ipotesi *ad hoc* sull'illusione monetaria dei lavoratori: l'analisi viene correttamente focalizzata sulle condizioni per rimuovere, o almeno allentare, il vincolo imposto da una domanda effettiva inferiore a quella di piena occupazione.

Infine lo studio approfondito dei processi di correzione degli errori sistematici e di revisione dei convincimenti promette di rendere possibile una conoscenza più approfondita del processo di formazione e revisione delle aspettative, anche fuori dall'equilibrio, consentendo in prospettiva di superare i limiti dell'ipotesi di aspettative razionali. In altre parole, la teoria delle decisioni in condizioni di incertezza ci consente di studiare alle radici l'interazione tra decisioni individuali ed i loro risultati aggregati.

Le potenzialità della teoria delle decisioni in condizioni di incertezza si sono notevolmente allargate negli ultimi anni. Le teorie delle decisioni classiche, nelle varianti sia oggettiviste che soggettiviste (vedi Appendice), sono fondate su postulati che implicano una ben precisa forma di razionalità economica (la cosiddetta «razionalità sostanziale») e di apprendimento (condizionamento della distribuzione a priori dei convincimenti basato sulla regola di Bayes). Le teorie postclassiche si applicano anche ad un mondo aperto in cui gli agenti economici sono consapevoli della loro ignoranza strutturale e si comportano pertanto sulla base di criteri di razionalità diversi e più ampi di quelli tradizionali della razionalità sostanziale, compatibili con quella che è stata chiamata razionalità procedurale o progettuale. Analogamente, queste teorie sono applicabili non solo a forme di apprendimento che aggiornano ma non possono falsificare i convincimenti a priori (condizionamento bayesiano), ma anche a forme di apprendimento strutturale che implicano una revisione anche radicale di tali convincimenti.

Termino questo paragrafo osservando che secondo la convinzio-

ne prevalente, seppure spesso soltanto implicita, il rapporto di subordinazione gerarchica della teoria delle decisioni alla teoria dei giochi è riflesso dal fatto che in molti libri di testo la teoria delle decisioni viene presentata spesso come una sottodisciplina della teoria dei giochi che analizza i giochi di un decisore contro la natura e/o contro altri decisori ignorando le interazioni strategiche fra i giocatori. Tuttavia è possibile concepire il nesso tra teoria delle decisioni e teoria dei giochi in modo alternativo. In questa diversa ottica la teoria delle decisioni fornisce le necessarie fondazioni allo studio delle stesse interazioni strategiche tra agenti economici che costituiscono l'oggetto specifico della teoria dei giochi. Se si ritiene che lo studio dell'interazione strategica tra decisori non debba limitarsi all'analisi delle sole posizioni di equilibrio (rappresentate ad esempio da un equilibrio di Nash), risulta particolarmente evidente il ruolo fondante della teoria delle decisioni. A questa seconda concezione si ispira la struttura del volume e gran parte del suo contenuto.

2. Struttura del volume

Il volume si articola in tre parti. Nella prima parte vengono studiate le decisioni individuali in condizioni di incertezza «forte» (sulla distinzione tra incertezza *debole* e *forte* vedi l'Appendice). Nella seconda parte vengono studiate le interazioni tra decisioni individuali in condizioni di incertezza forte con particolare riferimento alla teoria dell'equilibrio economico generale. Nella terza parte vengono discussi i contributi di tre grandi protagonisti della storia del pensiero economico di questo secolo che hanno posto le radici di molti degli sviluppi attuali: Keynes, Knight e Hayek.

2.1. Nella prima parte, come abbiamo accennato in precedenza, vengono discussi alcuni contributi recenti alla teoria delle decisioni individuali in condizioni di incertezza «forte» (o knightiana) in un «ambiente evolutivo» (o «mondo aperto»). In questi contributi la razionalità degli agenti viene definita sulla base di criteri meno restrittivi, e quindi più realistici, di quelli adottati dalla teoria delle decisioni classica, sia perché non si esclude che gli agenti economici possano essere inconsapevoli di alcuni eventi possibili, sia perché si tiene conto di alcuni limiti ben noti delle loro capacità logiche ed epistemiche. Il processo di apprendimento acquisisce un ruolo cruciale non solo come strumento di adattamento ad un ambiente in continua evoluzione, ma anche come fondamentale agente «mutage-

no» che induce mutazioni non solo nel comportamento degli individui ma nello stesso ambiente economico.

2.1.1. Rustichini passa in rassegna alcuni tentativi in corso, a cui egli ha partecipato attivamente, di elaborare una teoria delle decisioni post-bayesiana che abbia un ambito di validità ed applicabilità superiore a quello della teoria bayesiana tradizionale. A suo parere, quest'ultima si applica soltanto ad un mondo semplice e stazionario ma non sarebbe adatta qualora il decisore si trovasse ad affrontare un problema nuovo e complesso. Le teorie post-bayesiane a cui Rustichini fa riferimento abbandonano alcuni dei postulati cruciali delle teorie bayesiane; in particolare si rinuncia all'assunzione che il decisore conosce e sa di conoscere una lista completa degli stati del mondo che possono verificarsi. Alcune di esse, tra cui in particolare quella recentemente proposta da Easley e Rustichini [1996], si discostano inoltre dal punto di vista soggettivista della teoria bayesiana e riscoprono, in un ambito analitico più sofisticato, alcune delle intuizioni delle teorie classiche «oggettiviste» quali quella frequentista di von Neumann e Morgenstern, ovvero delle teorie comportamentiste dell'apprendimento basate sulle intuizioni originarie di Skinner.

Un punto fondamentale che caratterizza i contributi post-bayesiani passati in rassegna da Rustichini provoca tuttavia una rottura profonda con le teorie classiche, sia di natura soggettivista che frequentista e comportamentista: l'introduzione della possibilità che il decisore sia inconsapevole di alcuni degli stati possibili. Ciò introduce nella teoria la possibilità di eventi imprevedibili e quindi un tipo di incertezza più radicale di quella ammessa dalle teorie classiche. Le teorie elaborate sulla base di questi presupposti si applicano anche a un mondo aperto e complesso in cui l'utilità può dipendere a sua volta dall'incertezza. Sotto queste ipotesi, il criterio di razionalità economico non può essere più concepito nei termini tradizionali della razionalità sostanziale delle teorie classiche. Lo stesso Rustichini insieme ad Easley [*ibidem*] ha cercato di riformulare in questo contesto il criterio di razionalità in termini procedurali.

2.1.2. Nel suo commento al contributo di Rustichini, Dardi discute alcuni dei problemi sollevati da quest'ultimo per quanto riguarda il nesso tra teoria delle decisioni e logica epistemica. L'esigenza di un superamento della teoria bayesiana standard viene ricondotta all'esigenza di superare il postulato di onniscienza logica implicito nei suoi assiomi. Tale postulato, che assume la conoscenza da parte

del decisore di tutti gli enunciati che possono essere dimostrati all'interno del sistema assiomatico con i metodi usuali della logica, risulta alquanto irrealistico. La via d'uscita esplorata da Rustichini si basa sull'utilizzazione di alcune nozioni fondamentali della logica modale che consentono di rendere rigorosa l'idea che il decisore possa essere inconsapevole di alcuni degli stati possibili. Ciò permette di generalizzare la teoria bayesiana rendendola applicabile ad un mondo aperto, ma conserva l'ipotesi di onniscienza logica (e l'ottica partizionale) per quanto riguarda l'insieme degli stati di cui è consapevole. Una via d'uscita alternativa, criticata da Rustichini ma difesa da Dardi, consiste nel rifiutare del tutto l'ottica partizionale e la onniscienza logica che ne sta alla base rifondando la teoria delle decisioni su presupposti decisamente alternativi, incompatibili con quelli della teoria bayesiana. Dardi commenta che se la teoria di Rustichini può essere chiamata a buon diritto post-bayesiana, quella non partizionale dovrebbe chiamarsi piuttosto antibayesiana in quanto intrinsecamente inconciliabile con quest'ultima. Potremmo osservare che in ambedue i casi si riscontra uno slittamento più o meno esplicito dall'ipotesi bayesiana di razionalità sostanziale all'ipotesi di razionalità limitata. Tuttavia nel caso di Rustichini la razionalità del decisore è limitata esclusivamente dalla debolezza dell'immaginazione (che non consente al decisore di concepire tutti gli stati possibili del mondo), mentre, nell'approccio non partizionale, la razionalità è limitata in un senso più radicale dall'uso incompleto o inefficiente dell'informazione a sua disposizione.

È interessante osservare che in ambedue i casi i limiti della razionalità sopramenzionati consentono di analizzare l'apprendimento «strutturale» inteso come completamento dell'insieme degli stati possibili, ovvero come uso più completo e/o più efficiente dell'informazione disponibile (vedi par. 3.7 dell'Appendice).

2.1.3. Dosi, Fagiolo e Marengo allargano il discorso approfondendo come si possa modellare il processo di apprendimento in un mondo aperto e complesso. Le teorie delle decisioni classiche sono dotate di una teoria rigorosa dell'apprendimento razionale, nel senso riduttivo di aggiornamento della distribuzione di probabilità a priori in una distribuzione di probabilità a posteriori che esprime i convincimenti degli agenti economici alla luce delle nuove informazioni. In particolare, la teoria soggettivista di Savage utilizza in modo del tutto coerente la formula di aggiornamento delle probabilità a priori di Bayes (per ulteriori commenti su questo punto vedi i capitoli di Rampa e Dimitri, nonché par. 3.8 dell'Appendice). Tuttavia gli as-

sioni delle teorie classiche escludono la presenza di errori sistematici (ad es. nella formazione delle aspettative) e quindi anche la possibilità di analizzarne il processo di correzione (apprendimento strutturale), sicché l'aggiornamento bayesiano si applica soltanto a un mondo «famigliare» (semplice e chiuso) e risulta ragionevole soltanto quando tale mondo risulta sostanzialmente stazionario.

La ricerca di un maggior realismo ha stimolato negli anni recenti una vasta letteratura descrittiva che viene classificata e valutata criticamente dagli autori. I modelli proposti in questa letteratura individuano spesso un processo evolutivo, oppure un processo di selezione dei processi cognitivi e/o delle azioni che ne derivano ma non sono ancora riusciti a coordinare i due aspetti come avviene nelle teorie dell'evoluzionismo biologico. Spesso queste teorie sono significative soltanto se applicate ad una popolazione di individui piuttosto che ad un individuo singolo e si basano su un meccanismo di rinforzo delle azioni o delle regole di comportamento di maggior successo. Il processo di adattamento che ne deriva non implica necessariamente una maggiore conoscenza o consapevolezza da parte degli individui coinvolti.

Infine, le implicazioni normative di tali modelli sono tuttora oscure. In particolare, l'abbandono della concezione di razionalità economica tradizionale che sta alla base delle teorie delle decisioni classiche, inevitabile in un mondo aperto e complesso, concezione che non è ancora stata sostituita da una nozione di razionalità più soddisfacente che coaguli un consenso significativo tra gli studiosi.

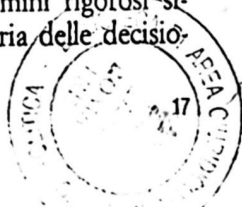
2.1.4. Il lavoro di Bernasconi chiarisce egregiamente la natura di alcuni meccanismi fondamentali che presiedono all'evoluzione della teoria delle decisioni e ne mette in luce allo stesso tempo alcuni dilemmi metodologici irrisolti. La teoria dominante dell'utilità attesa è stata messa sempre più in discussione per l'accumularsi di contro-esempi, espressi dapprima sotto forma di paradossi (quali quello di Allais e il c.d. «effetto di giustapposizione» richiamati e discussi brevemente dall'autore) e studiati in seguito in modo sistematico da una sempre più nutrita letteratura sperimentale. Le violazioni sistematiche degli assiomi dell'utilità attesa hanno indotto l'elaborazione di modelli decisionali alternativi che risultassero in grado di rendere conto di tali violazioni. Purtroppo, nessuna delle teorie proposte è in grado di tener conto allo stesso tempo della maggior parte delle anomalie osservate dal punto di vista descrittivo. Esistono tipicamente *trade-offs* tra i vantaggi offerti da una certa teoria in un campo di applicazione ed i suoi svantaggi in altri campi di applicazione. Ciò

risulta chiaramente dalla dialettica tra le teorie esaminate in maggior dettaglio dall'autore. Bernasconi richiama in particolare due di questi modelli: il modello di utilità attesa con probabilità dipendenti dal rango che permette di risolvere il paradosso di Allais e la «teoria del rammarico» (regret theory) che permette di spiegare il c.d. «effetto di giustapposizione».

Purtroppo i riscontri empirici a favore della teoria dell'utilità dipendente dal rango sono sfavorevoli alla teoria del rammarico e viceversa. L'autore è riuscito a superare il trade-off specifico fra le due teorie proponendo una sintesi che riesce a risolvere allo stesso tempo le anomalie risolte da ciascuna di esse, nonché ulteriori anomalie accertate dalla letteratura sperimentale. Nonostante l'indubbio interesse di questo nuovo modello decisionale, l'autore dichiara di essere pienamente consapevole che la sintesi proposta può essere vista soltanto come un traguardo provvisorio di un processo dialettico tutt'altro che concluso.

Inoltre i vantaggi descrittivi esibiti dai nuovi modelli decisionali rispetto alla teoria dell'utilità attesa, oltre ad essere soltanto parziali e reciprocamente conflittuali, sollevano problemi irrisolti dal punto di vista normativo. Secondo i fautori della teoria dell'utilità attesa le violazioni osservate degli assiomi della teoria stessa dovrebbero essere intese come espressione di irrazionalità che non metterebbero a repentaglio la sua validità normativa. Tuttavia, l'autore osserva giustamente che la nozione di razionalità intesa come coerenza, che sta alla base della teoria dell'utilità attesa, non è l'unica possibile. In particolare, l'approccio psicologico-descrittivo che sta alla base di molti modelli di decisione alternativi, compreso quello proposto dall'autore, si basa su una nozione di «razionalità predittiva» [secondo la terminologia proposta da Tversky e Kahneman 1981] che assegna alle conseguenze delle scelte un grado di utilità commisurato alle previsioni di piacere e dispiacere associate ad esse. In questa ottica, tutte le ipotesi comportamentali che stanno alla base dei vari modelli decisionali riflettono inevitabilmente giudizi di valore soggettivi. L'ambito di validità dei vari modelli decisionali proposti è pertanto relativo a giudizi di valore più o meno condivisi dagli agenti economici. In questa ottica, le nuove teorie delle decisioni dovrebbero pertanto essere viste come complementari piuttosto che alternative alla teoria dell'utilità attesa.

2.1.5. Uno dei principali motivi di interesse delle nuove teorie delle decisioni in condizioni di incertezza forte sta nella maggiore flessibilità concettuale, che consente di analizzare in termini rigorosi situazioni più complesse di quelle alla portata della teoria delle decisio-



ni classica. Il capitolo di Dimitri chiarisce alcuni aspetti di questa osservazione prendendo in considerazione il concetto di «indipendenza probabilistica tra eventi», un concetto di cruciale importanza per la teoria della probabilità, l'inferenza statistica e le loro applicazioni all'analisi economica (ad es. alla determinazione dei nessi di causalità ed esogeneità delle variabili economiche, ed all'analisi dei processi di apprendimento).

Dimitri discute come il tradizionale concetto di indipendenza tra eventi che è definito nell'ambito di una teoria della probabilità additiva, debba essere rielaborato per adattarsi ad una teoria delle decisioni caratterizzata da probabilità non additive. Questo lavoro di ridefinizione del concetto, non ancora compiutamente sviluppato nella letteratura, chiarisce che nel caso di probabilità non additive l'analista usufruisce di una maggiore libertà modellistica che gli permette di adattare il concetto a situazioni caratterizzate da proprietà diverse (seppure analoghe).

Le definizioni possibili di indipendenza tra eventi nel caso di «probabilità non additive» hanno diverse implicazioni non ancora ben esplorate nei vari campi di applicazione del concetto. Dimitri illustra alcune implicazioni per la teoria dell'apprendimento. In particolare l'autore discute come un processo di apprendimento basato su una teoria delle decisioni in condizioni di incertezza forte possa essere più o meno efficace, cioè possa avere diverse proprietà di convergenza verso un equilibrio epistemico a seconda del concetto di indipendenza tra misure di probabilità non additive adottato. Questo programma di ricerca inteso a formulare una teoria dell'apprendimento con probabilità non additive è soltanto ai primi passi: il capitolo di Dimitri, come quello precedente, è indicativo di come si sta orientando la ricerca sulla frontiera della teoria delle decisioni in condizioni di incertezza forte. Può essere interessante valutare le potenzialità e la portata del programma di ricerca suddetto all'interno dello schema concettuale che sorregge la rassegna critica di Dosi, Fagiolo e Marengo. Il motivo principale di interesse suggerito da questo riferimento è l'opportunità di modellare il processo di apprendimento in un mondo aperto con un rigore ed una precisione paragonabili a quelli delle teorie delle decisioni classiche. I risultati che si potranno ottenere permetteranno di chiarire anche i limiti della concettualizzazione del problema decisionale in termini di atti, conseguenze e probabilità (additive o meno) degli stati del mondo.

2.2. Nella seconda parte del volume vengono analizzati i problemi concernenti l'interazione tra decisioni individuali nell'ambito di un

mercato concorrenziale. Sono prese in considerazione diverse tecniche d'analisi, dai modelli di equilibrio economico generale ai metodi sperimentali che si stanno oggi diffondendo tra gli economisti. Tuttavia, per i motivi esposti nella Prefazione, è trascurata quasi del tutto la teoria dei giochi che è in auge tra gli economisti per lo studio delle interazioni strategiche tra gli agenti economici. Viceversa, in continuità con la prima parte, vengono particolarmente approfondite le implicazioni che l'abbandono dei postulati della teoria delle decisioni classica ha per i risultati delle interazioni tra decisioni individuali.

2.2.1. Hahn concentra l'attenzione sull'equilibrio economico generale nell'ipotesi che i mercati siano incompleti. L'autore argomenta che l'incompletezza dei mercati non dipende essenzialmente da asimmetrie informative come è stato originariamente suggerito da Radner, bensì dai costi di transazione e/o dall'assenza di previsione perfetta. In ogni caso risulta crucialmente rilevante l'incertezza endogena che si ha quando il benessere di almeno un agente dipende dalle conseguenze delle azioni degli altri agenti, e sia le azioni che le loro conseguenze sono incerte. L'incertezza endogena è esclusa per definizione nella teoria delle decisioni classica, in particolare in quella bayesiana, dato che in essa gli eventi possibili ed il loro verificarsi dipendono esclusivamente dalla «natura», cioè da fattori indipendenti dalle decisioni degli agenti. Il contributo di Hahn (basato su di un lavoro più tecnico scritto recentemente dallo stesso Hahn insieme a Arrow [1996]) intende argomentare che l'incertezza endogena:

- è ineliminabile nella stessa teoria intertemporale dell'equilibrio economico generale. Infatti, se anche assumiamo, come i nuovi economisti classici, che gli agenti conoscono la «struttura» dell'economia, quando esistono equilibri multipli l'incertezza endogena relativa a quale equilibrio prevarrà non può essere eliminata se non da assunzioni ad hoc;

- ne altera profondamente i risultati. In particolare la struttura sequenziale dell'economia risulta essenziale con tutte le ben note conseguenze (in parte richiamate da Hahn) sulla natura delle soluzioni del modello intertemporale di equilibrio economico generale;

- non consente di ricondurre la teoria dell'equilibrio economico generale in condizioni di incertezza alla teoria standard dell'equilibrio economico generale. In particolare la strategia [Arrow 1953] basata sulla definizione di un insieme di «titoli di Arrow» (*Arrow securities*) in grado di «coprire» (*span*) la totalità dei mercati non può essere applicata, essenzialmente perché quando esiste incertezza endogena la defi-

nizione dello spazio degli stati diventa endogena e non può essere considerata come un «fondamentale» dell'economia.

L'argomentazione di Hahn è devastante nei confronti della teoria economica dominante, sia micro che macro, che si affida all'ipotesi di razionalità sostanziale. Infatti, se lo spazio degli stati possibili che definisce l'ambiente entro cui l'agente economico si trova ad operare è endogeno, qualsiasi concezione della razionalità fondata esclusivamente sull'adattamento ad un ambiente dato risulta inadeguata. Infatti in un «mondo aperto» come quello implicato da uno spazio degli stati endogeno, un criterio di razionalità soddisfacente deve necessariamente riferirsi anche alla capacità degli agenti economici di modificare l'ambiente in cui si trovano ad operare ed alla loro consapevolezza di ciò. Ciò esclude la validità di qualsiasi criterio decisionale basato sulla c.d. «razionalità sostanziale» che sta alla base della teoria standard dell'equilibrio economico generale così come delle teorie delle decisioni classiche. In particolare l'ubiquità ed irriducibilità della incertezza endogena rendono particolarmente problematica l'ipotesi di aspettative razionali.

2.2.2. Nel suo commento al capitolo di Hahn, Dardi mette in risalto come sia arduo introdurre l'incertezza endogena nella teoria dell'equilibrio economico generale, seppure nella versione più evoluta e liberalizzata, suggerita da Hahn, che si applica ad una economia essenzialmente sequenziale. Tuttavia il contributo di Hahn intende criticare, nel modo più robusto possibile, l'uso tradizionale, tuttora prevalente, della teoria dell'equilibrio economico generale, come espressione della razionalità sostanziale degli agenti economici. È infatti sufficiente ammettere la possibilità che esistano diversi equilibri possibili, eventualità per altro riconosciuta universalmente nella moderna teoria dell'equilibrio economico generale, per rendere inevitabile l'incertezza endogena con le sue implicazioni devastanti per qualsiasi ipotesi che, come quella di aspettative razionali, si affidi alla razionalità sostanziale degli agenti economici. Non è chiaro se Hahn ritiene che il ruolo scientifico della teoria dell'equilibrio economico generale possa andare al di là di un ruolo «negativo» cioè di riferimento rigoroso per la critica della teoria dominante, soprattutto la «nuova economia classica» che abusa di essa ignorandone le implicazioni più profonde, oppure se ne intravede una riforma radicale che la renda in grado di affrontare i problemi irrisolti come quelli che derivano dall'ubiquità dell'incertezza endogena. Dardi si dichiara scettico su questa seconda possibilità e manifesta una maggiore fiducia nelle potenzialità della teoria dei giochi. Tuttavia la critica radicale alle teorie

dominanti abbozzata da Hahn in questo saggio ed in altri saggi recenti si applica anche, a mio parere, ad approcci alternativi, come quelli prevalenti nella teoria dei giochi tradizionale, che si fondano sulla teoria delle decisioni classica. La via d'uscita dovrebbe essere cercata, a mio parere, nello studio dell'interazione delle decisioni individuali sotto ipotesi più generali di quelle che caratterizzano le teorie delle decisioni classiche, che risultino compatibili con incertezza forte, razionalità procedurale e progettuale, apprendimento strutturale.

2.2.3. Rampa allarga il discorso e passa in rassegna alcuni spunti presenti nella letteratura che suggeriscono la strada da seguire per una teoria più soddisfacente dell'interazione tra decisioni individuali. L'attenzione viene innanzitutto focalizzata sul concetto apparentemente preciso, ma in realtà ambiguo e proteiforme, di informazione. Nonostante l'analisi dell'acquisizione ed elaborazione dell'informazione abbia assunto un ruolo sempre più prominente nella teoria economica contemporanea, e la parola informazione ricorra più di qualsiasi altra in una civiltà dominata dai computer e dai mass media, il suo significato è tutt'altro che semplice ed univoco. Il moderno concetto di informazione è stato elaborato dagli ingegneri per risolvere i problemi tecnici connessi con lo sviluppo delle telecomunicazioni. La sua fortuna è certamente legata, anche nelle discipline economiche, all'illusione di poter sganciare i problemi di comunicazione e conoscenza dall'analisi delle sfumature semantiche del linguaggio utilizzato. Questa concezione ingegneristica dell'informazione può essere applicata anche in economia in contesti particolarmente semplici e definiti, ma non nella maggior parte dei casi in cui i problemi di conoscenza e comunicazione sono complessi e problematici per un decisore caratterizzato da razionalità limitata. I problemi si aggravano non appena si studia l'interazione tra diversi decisori. In questo caso, tra l'altro, ogni stato del mondo considerato possibile da un giocatore deve includere la descrizione delle caratteristiche degli altri decisori. La «parabola dei tipi» di Harsanyi, ripresa e discussa da Rampa, chiarisce come in questo caso qualsiasi problema diventi eccessivamente complesso per l'auto-referenzialità dei concetti chiave. In particolare lo spazio degli stati del mondo possibili, sulla cui descrizione tutti i giocatori possono concordare, deve essere così esteso da includere le distribuzioni di probabilità di se stesso.

L'autore suggerisce una linea d'indagine più compatibile con la razionalità limitata degli agenti che trae spunto da alcune analogie logiche e concettuali tra la teoria delle decisioni basata sui casi (Case-Based Decision Theory o CBDT, proposta da Gilboa e Schmeidler in

una serie di contributi recenti: vedi par. 3.3 dell'Appendice), la teoria delle reti neurali che è stata dapprima proposta in biologia ma ha già trovato diverse applicazioni in economia e la concezione dell'«ordine sensoriale» proposta tempo fa da Hayek. La rappresentazione del comportamento dei decisori in termini di reti neurali permette di connettere il processo decisionale con quello di apprendimento. Gli equilibri che caratterizzano questo processo di retroazione sono puramente congetturali e quindi intrinsecamente provvisori ed instabili. L'ordine sociale che ne deriva è strettamente dipendente dall'informazione, che assume una connotazione diversa da quella dominante in economia: l'informazione conta non come espressione della razionalità «sostanziale» degli agenti ovvero come strumento di accesso della «verità oggettiva», bensì come linguaggio che consente una coerenza, seppure soltanto imperfetta e provvisoria, fra i mondi individuali degli agenti economici. L'autore conclude il suo contributo esplicitando i nessi tra il suo punto di vista e quello pionieristico di Hayek (ripresso e discusso specificamente nel capitolo di Zappia).

2.2.4. Il contributo di Luini, come il precedente, studia l'interazione tra gli agenti economici dal punto di vista della metafora biologica piuttosto che di quella meccanica da cui ha tratto ispirazione la teoria economica ortodossa, ma utilizza il metodo sperimentale piuttosto che quello analitico utilizzato nei capitoli precedenti. L'economia sperimentale ha contribuito in modo cruciale all'evoluzione della teoria delle decisioni individuali, soprattutto perché ha permesso di vagliare la robustezza empirica dei loro postulati suggerendone opportune modifiche (vedi per alcuni riferimenti il capitolo di Bernasconi e par. 3.5 dell'Appendice). Anche per quanto concerne lo studio dell'interazione tra decisioni individuali l'economia sperimentale ha iniziato a fornire indicazioni preziose che in alcuni paesi sono utilizzate dalle stesse autorità di politica economica (ad es. negli USA dall'autorità *antitrust*) per individuare regolarità empiriche e tendenze inserite in una certa struttura istituzionale e di mercato. Gli esperimenti che stanno alla base del capitolo di Luini fanno riferimento al processo di selezione che determina l'uscita dal mercato delle imprese meno efficienti in un'ottica evuzionista.

Come è stato chiarito da Dosi, Fagiolo e Marengo nel loro capitolo, se l'ambiente entro cui è inserito l'agente economico è «evolutivo», l'apprendimento acquista una rilevanza decisiva ma le sue modalità e conseguenze dipendono in modo cruciale dai mercati e da altre istituzioni che operano come meccanismi di selezione. Purtroppo, nonostante il concetto di mercato sia centrale nella teoria econo-

mica, non è affatto chiaro come il mercato svolga di fatto il suo ruolo fondamentale di meccanismo di selezione delle imprese più efficienti. La teoria standard trascura il problema in quanto privilegia esclusivamente l'analisi di posizioni di equilibrio nel cui ambito è impossibile studiare il processo di selezione e le sue conseguenze. Nella letteratura recente esistono due approcci al problema che hanno diverse premesse ed implicazioni: l'impostazione «darwiniana» di Nelson e Winter e quella «lamarckiana» di Fudenberg e Tirole. Nel lavoro di Luini il processo di concorrenza e selezione è studiato in nuce nell'ipotesi che esistano soltanto due imprese e che la domanda sia ignota ad entrambe. Nel caso «darwiniano» la concorrenza è basata esclusivamente sul prezzo, nell'ipotesi che ciascuna impresa non conosca i costi di produzione e di opportunità dell'altra. Viceversa, nel caso «lamarckiano» la concorrenza riguarda essenzialmente la capacità di innovare che dipende da attitudini imprenditoriali distribuite in modo aleatorio, nell'ipotesi che nessuna impresa conosca l'ammontare degli investimenti in ricerca e sviluppo dell'altra. Dagli esperimenti di laboratorio emergono alcune indicazioni significative al fine di circoscrivere l'ambito di validità delle teorie «darwiniane» e «lamarckiane» per diverse ipotesi comportamentali e contesti istituzionali. In particolare, contrariamente all'opinione di Fudenberg e Tirole, la concorrenza «darwiniana», che prevale presumibilmente nei settori maturi, non provoca necessariamente patologie (per eccesso o per difetto) nel processo concorrenziale. Viceversa, la concorrenza «lamarckiana», che prevale presumibilmente nei settori tecnologicamente più avanzati, risulta in generale meno severa e induce comportamenti cooperativi per quanto riguarda gli investimenti in ricerca e sviluppo come misura precauzionale di fronte all'incertezza forte relativa al successo delle innovazioni.

2.3. La terza ed ultima parte del volume intende rivisitare, seppure solo per cenni e in modo inevitabilmente poco sistematico, le radici del dibattito attuale nella storia del pensiero di questo secolo. Questa breve incursione nel passato può essere stimolante in quanto il significato dei contributi recenti alle tematiche che costituiscono l'oggetto di questo libro non può essere compreso senza porre questi contributi nel più ampio contesto non solo della teoria contemporanea ma anche della sua evoluzione di lungo periodo. Bisogna evitare il rischio non solo di ignorare gli sviluppi più recenti del pensiero economico, ma anche di sopravvalutarne la portata, dimenticandone la genesi travagliata e la faticosa evoluzione in continua dialettica con l'evoluzione dell'economia reale.

Dati i limiti di spazio, l'inquadramento dei recenti contributi nell'ambito della recente storia del pensiero economico non poteva pretendere di essere sistematico. Tuttavia non era possibile dimenticare del tutto tre grandi pionieri e ispiratori di molte delle idee che vengono oggi portate avanti alla frontiera della teoria economica nelle tematiche che concernono questo libro: Keynes, Knight e Hayek. La letteratura su questi giganti del pensiero economico è sterminata: ovviamente i capitoli inclusi in questa terza parte del libro non si propongono una valutazione sistematica dei nessi tra i contributi classici di Keynes, Knight e Hayek e quelli più recenti a cui fanno riferimento le prime due parti del libro. Ciascuno dei capitoli seguenti si concentra pertanto su aspetti circoscritti del loro pensiero che tuttavia possono far riflettere su motivazioni, significato, limiti e prospettive dei recenti contributi alla teoria delle decisioni in condizioni di incertezza. La comparazione tra premesse e risultati analitici di alcuni contributi recenti ed alcune idee di fondo espresse da giganti del pensiero economico, quali Keynes, Knight e Hayek, permette di inquadrare i contributi recenti all'interno di sistemi di pensiero ricchi e complessi che possono stimolare, per analogia o per contrasto, un maggior senso critico ed ulteriori passi avanti.

2.3.1. Keynes è stato indubbiamente uno dei primi e più efficaci critici dell'ipotesi di razionalità sostanziale e della teoria delle decisioni implicita nella microeconomia classica. Ciò lo ha indotto, tra l'altro, ad apprezzare l'importanza dell'incertezza al fine di spiegare il comportamento degli agenti economici in un'economia monetaria, nonché a comprendere i limiti delle ipotesi relative all'incertezza debole presa in considerazione sporadicamente dalla teoria classica. Non c'è dubbio che le idee keynesiane abbiano ispirato molti dei contributi innovativi recenti. Tuttavia le opinioni sul grado di continuità tra idee di Keynes e contributi recenti sollevano il problema preliminare, molto controverso, del grado di continuità nell'evoluzione dello stesso pensiero di Keynes ed in particolare la coerenza o meno fra il *Trattato sulla probabilità* e *La Teoria Generale*. Come è noto, Carabelli è una delle principali esponenti della tesi «continuista» ed introduce nel suo capitolo ulteriori argomenti a favore della sua tesi basandosi su un manoscritto inedito in cui, a suo parere, vengono anticipate molte delle idee sul nesso tra incertezza e comportamento degli agenti economici nei mercati finanziari: «le note manoscritte del 1910 per le lezioni sul mercato azionario».

In questo manoscritto inedito si trovano *in nuce* molte delle idee

espresse in seguito da Keynes nelle sue opere maggiori, compresa la stessa *Teoria Generale*. L'autrice rovescia, per lo meno in questo campo specifico, la nota e influente opinione espressa da Lucas secondo cui il successo delle idee rivoluzionarie espresse nella *Teoria Generale* avrebbe determinato una dannosa deviazione della professione dalla strada maestra del progresso scientifico nelle teorie economiche, e sostiene viceversa che, dopo la lunga deviazione bayesiana dalla strada maestra del progresso nella comprensione del comportamento effettivo degli agenti economici sotto ipotesi realistiche riguardo all'incertezza da essi percepita, le nuove teorie delle decisioni in condizioni di incertezza forte ci starebbero riportando al punto di partenza dal quale Keynes aveva iniziato a progredire con sensibilità ed energia.

Non si può negare, a mio parere, che l'evoluzione recente della teoria delle decisioni in condizioni di incertezza abbia comportato notevoli acquisizioni analitiche e metodologiche e che la recente riscoperta di alcune tematiche keynesiane avvenga nell'ambito di una più rigorosa modellizzazione del processo decisionale. Tuttavia la provocazione di Carabelli richiama utilmente l'attenzione sul ben noto *trade-off* tra rigore analitico e sensibilità per i problemi reali del quale Keynes si è dimostrato acutamente consapevole in tutti suoi scritti economici e che può essere risolto caso per caso soltanto con una non minore consapevolezza della complessità dei problemi reali.

2.3.2. La distinzione tra rischio e incertezza ricorre spesso, seppure con significati diversi (vedi Appendice), nella letteratura recente concernente le decisioni economiche. Come è noto, l'origine di questa fortunata distinzione si trova nel libro di Knight, *Risk, Uncertainty, and Profit* [1921]. Le oscillazioni semantiche subite in seguito da questa influente dicotomia dipendono anche da una certa dose di oscurità e imprecisione che si trova nel testo originario di Knight. La sua rivisitazione da parte di Runde permette innanzitutto di chiarire che la suddetta dicotomia si basa su una tricotomia suggerita da Knight tra tre tipi di situazione probabilista:

- probabilità a priori, o classiche, quando gli eventi possibili sono del tutto omogenei;
- probabilità statistiche basate sulle frequenze, quando l'omogeneità tra gli eventi possibili vige soltanto all'interno di classi individuate da una opportuna tassonomia;
- probabilità stimate, quando non vi è modo di rendere omoge-

nei gruppi di eventi possibili neppure tramite una opportuna classificazione.

I primi due casi vengono ulteriormente raggruppati da Knight nella più ampia categoria del «rischio» in contrapposizione all'«incertezza» che viene riferita in senso stretto soltanto al terzo caso. Inoltre sia la dicotomia che la tricotomia vengono presentate da Knight come rappresentazioni semplificate di un *continuum* di possibili «situazioni probabilistiche», dal caso estremo della completa omogeneità tra tutti gli eventi possibili al caso opposto della totale impossibilità di rendere omogenei gli eventi possibili. Tuttavia, la suddetta griglia concettuale si basa su fondamenta insicure per la confusione, sottolineata da Runde, tra omogeneità dei tentativi (*trials*) di un certo esperimento probabilistico ed omogeneità dei suoi risultati. In realtà l'omogeneità dei tentativi (ad es. i lanci di un dado) non implicano l'omogeneità dei suoi risultati possibili (quando ad es. il dado è tarato in modo iniquo). Quindi, per poter applicare le probabilità *a priori*, l'omogeneità dei tentativi, contrariamente a quanto sembra ritenere Knight, non è sufficiente; è necessaria la completa omogeneità degli stessi risultati possibili (come nel caso di un dado tarato in modo equo). Nel caso della probabilità statistica l'omogeneità dei risultati è relativa ad un criterio di classificazione per ciascuna classe di tentativi omogenei. Infine le probabilità possono essere solo stimate soggettivamente quando è impossibile raggruppare i tentativi in una classe sufficientemente omogenea.

La rappresentazione continua delle situazioni probabilistiche, proposta da Knight, si fonda esclusivamente sul criterio di omogeneità degli eventi possibili (ovvero dei tentativi di un esperimento probabilistico); lo stesso è vero per la tricotomia (completa omogeneità, omogeneità per sottoinsiemi di una classificazione, mancanza di omogeneità ovvero unicità) e quindi anche per la distinzione tra rischio (che raggruppa i primi due casi) e incertezza (nel terzo caso), ma è inaccettabile non appena si introduca l'ulteriore dimensione dell'omogeneità o meno dei loro risultati possibili. Runde termina il suo contributo proponendo una versione emendata della tricotomia di Knight basata sui due criteri di omogeneità, il che permette di fondare in modo più rigoroso la distinzione tra rischio e incertezza (per ulteriori problemi concernenti questa dicotomia si veda l'Appendice).

2.3.3. Hayek è considerato da molti studiosi ortodossi il padre nobile della moderna teoria economica ortodossa, nella misura in cui quest'ultima ha conferito un ruolo cruciale alla conoscenza, alle infor-

mazioni ed all'incertezza. In particolare Hayek è stato considerato il precursore della teoria contemporanea dell'equilibrio economico generale in condizioni di incertezza e della stessa ipotesi delle aspettative razionali. Zappia confuta questa tesi mostrando come la concezione hayekiana della conoscenza e quella del suo ruolo nel processo economico siano incompatibili con tale interpretazione. In particolare, l'importanza cruciale attribuita da Hayek alla conoscenza personale ed alla sua componente «tacita» è incompatibile con le nozioni di razionalità sostanziale e di equilibrio che stanno alla base della teoria ortodossa delle decisioni, nonché della teoria delle aspettative razionali e della teoria ortodossa dell'equilibrio economico generale in condizioni di incertezza.

Più in generale, si può osservare che la conoscenza è concepita da Hayek come endogena in un senso molto più forte di quello accettato dai teorici delle aspettative razionali: non solo come compatibilità in equilibrio tra conoscenze (esplicite) degli agenti economici ed i loro comportamenti, ma anche come processo di interazione ininterrotto tra l'evoluzione del mercato e le conoscenze personali degli agenti economici. La posizione di Hayek precorre in molti punti le nuove teorie delle decisioni in condizioni di incertezza forte che assumono un mondo aperto ed un criterio di razionalità meno restrittivo di quello sostanziale. (Si veda, su questo tema, anche il capitolo di Rampa, in particolare il par. 3.3 e conclusioni.) Ciò è vero innanzitutto per la teoria delle decisioni in condizioni di incertezza: non a caso, come osserva l'autore, Shackle, che può essere considerato il primo economista che ha elaborato una teoria formalizzata delle decisioni in condizioni di incertezza forte, ha tratto ispirazione da Hayek, oltre che da Keynes. Tuttavia Zappia osserva giustamente che l'interesse di Hayek si è concentrato non tanto sul processo di scelta individuale, quanto sulle condizioni istituzionali dell'ordine sociale che derivano dall'interazione complessa tra decisioni individuali nell'ambito di istituzioni storicamente determinate di cui il mercato costituisce soltanto una parte (su questo punto il lettore è invitato ad integrare le considerazioni di Zappia con quelle di Rampa succitate). Il caso di Hayek permette di chiarire come, una volta abbandonate le assunzioni stringenti che stanno alla base della teoria delle decisioni classica e della teoria dell'equilibrio economico generale con mercati completi, i vincoli collettivi alle scelte individuali, sia di tipo macroeconomico (come è stato sottolineato specificamente da Keynes) sia di tipo istituzionale (come è stato sottolineato specificamente da Hayek), diventano cruciali.

3. Appendice. La teoria delle decisioni in condizioni di incertezza: un'introduzione ai recenti sviluppi²

3.1. Introduzione

La teoria delle decisioni in condizioni di incertezza (d'ora in poi TD) ha dato contributi significativi in molteplici discipline fra le quali spiccano quelle economiche e aziendali, le scienze politiche e sociologiche, diritto, filosofia, psicologia, biologia [vedi Anand 1993, 1], la stessa fisica¹. Ogni disciplina scientifica empirica implica una relazione tra un osservatore e il suo oggetto di studio. La TD può essere utilizzata per chiarire, dal punto di vista sia descrittivo che prescrittivo, come l'osservatore ricostruisce sulla base dei dati disponibili una descrizione e spiegazione adeguate dei fenomeni osservati, ovvero una previsione ragionevole del loro andamento futuro. Infatti le procedure di inferenza induttiva (o abduttiva) sono spesso guidate da criteri fondati implicitamente o esplicitamente sulla TD. Inoltre, nelle scienze sociali lo stesso oggetto dell'analisi viene spesso identificato con, o viene considerato riducibile a, un insieme di decisioni individuali o collettive.

Benché l'influenza della TD sia stata profonda in molte discipline, probabilmente in nessuna è stata, ed è, così profonda come in economia [*ibidem*]. Non a caso molti dei principali contributi alla TD sono stati forniti in questo secolo da economisti (quali Knight, Keynes, Morgenstern, Allais, Shackle, Ellsberg, Quiggin, Yaari, Kreps, ecc.) oppure da studiosi con un forte interesse per l'economia (Ramsay, de Finetti, von Neumann, Savage, Aumann, Machina, Schmeidler, Epstein, Gilboa, ecc.). Ciò dipende presumibilmente non solo dalla convinzione che l'incertezza caratterizzi la maggior parte delle decisioni economiche, ma anche dalla diffusa accettazione dell'individualismo metodologico che induce a cercare solide fondazioni delle teorie e dei modelli in termini di decisioni individuali, nonché del postulato di razionalità delle scelte che può trovare una caratterizzazione rigorosa grazie alla TD. Inoltre, la TD può contribuire a cogliere alla radice l'emergenza di proprietà «macro» del sistema economico fornendo gli

² Questa Appendice rielabora ed estende un contributo precedente dell'autore [Vercelli 1998].

³ Esempi interessanti di applicazione della teoria bayesiana alla fisica si trovano in Jaynes [1983] e Garret [1990].

strumenti per analizzare le regole di composizione delle decisioni individuali nonché i vincoli sistemici alle decisioni individuali. Infine, la TD permette di comprendere i limiti delle concezioni tradizionali di razionalità economica e può contribuire alla elaborazione di nozioni di razionalità più generali e soddisfacenti.

3.2. Misure dell'incertezza di prim'ordine e di second'ordine

Il concetto di incertezza è tutt'altro che scontato. L'incertezza viene qui intesa come consapevolezza da parte del decisore della sua ignoranza, ovvero del fatto che egli non conosce qualcosa che sarebbe rilevante per il problema decisionale che deve affrontare (vedi par. 3.6 per un approfondimento di questo punto). Bisogna inoltre distinguere tra ignoranza di prim'ordine che si riferisce direttamente alle caratteristiche dei fenomeni empirici osservati e ignoranza di second'ordine che si riferisce ai convincimenti rispetto alle caratteristiche dei fenomeni empirici. Bisogna pertanto distinguere anche tra incertezza di prim'ordine (che designa la consapevolezza dell'ignoranza di prim'ordine) e incertezza di second'ordine (che designa la consapevolezza dell'ignoranza di second'ordine). In alcuni casi l'incertezza di prim'ordine e quella di second'ordine possono essere in qualche modo misurate. La probabilità è una misura dell'incertezza di prim'ordine in quanto si riferisce direttamente ad attributi dei fenomeni e rappresenta convincimenti di prim'ordine riguardo ai fenomeni; i convincimenti di prim'ordine hanno attributi (quali la loro affidabilità, o peso dell'evidenza, oppure la variabilità) che possono talvolta essere valutati da misure dell'incertezza di second'ordine.

Non appena viene introdotta una distinzione tra diverse modalità⁴ di incertezza, emerge un attributo di second'ordine dell'incertezza che permette di distinguere, e sotto certe ipotesi «misurare», diversi «gradi» di incertezza. La misura del «grado» o «intensità» dell'incertezza difficilmente può essere concepita come cardinale, ma può spesso essere espressa come ordinamento parziale. La stessa dicotomia elementare tra probabilità «note» e «ignote» introdotta da Luce e

⁴ In questo lavoro utilizzo la parola «modalità» nel senso specifico della epistemologia, cioè come «il modo in cui una proposizione descrive il, o si applica al, suo referente». Conseguentemente la «modalità» si riferisce alle caratteristiche delle entità o stati del mondo descritti dalle proposizioni modali» [Audi 1995, 499].

Raiffa [1957], sviluppata da Anscombe e Aumann [1963] e quasi universalmente adottata in seguito [vedi ad es. Fishburn 1988], può essere interpretata come un ordinamento elementare di second'ordine: quando le probabilità vengono considerate «note», possiamo dire che l'incertezza di second'ordine è «debole» (o del tutto assente quando la distribuzione di probabilità è perfettamente nota), mentre probabilità «ignote» implicano un grado più elevato di incertezza di second'ordine (alla lettera, un grado infinito quando le probabilità sono del tutto ignote). Questa distinzione viene spesso introdotta per definire il campo di applicazione della teoria dell'utilità attesa (*Expected Utility*, d'ora in poi (EU)³) di von Neumann e Morgenstern che si applicherebbe esclusivamente alle probabilità «note» e della teoria dell'utilità attesa soggettiva (*Subjective Expected Utility*, d'ora in poi (SEU)⁴) di de Finetti e Savage che si applicherebbe viceversa alle probabilità «ignote». Una rappresentazione euristica di quanto detto si può ottenere tracciando un segmento il cui limite a sinistra rappresenta il grado minimo di incertezza di second'ordine (ovvero la certezza di second'ordine), mentre il limite destro rappresenta il grado massimo di incertezza di second'ordine (incertezza radicale, ovvero completa ignoranza di second'ordine) (vedi fig. 1).

Una rappresentazione letterale dell'usuale dicotomia tra probabilità note ed ignote si limiterebbe a definire i due punti estremi caratterizzanti la certezza di second'ordine (probabilità perfettamente note) e l'incertezza assoluta di second'ordine (probabilità totalmente ignote); tuttavia si ammette in genere che i due tipi di teorie possono essere applicati anche a situazioni sufficientemente vicine a quelle paradigmatiche: ciò autorizza una rappresentazione «euristica» come quella di figura 1 anche in assenza di una misura continua dell'incertezza di second'ordine (vedremo comunque nel prossimo paragrafo che una misura del genere può essere definita). In ogni caso la divisione del lavoro suggerita dalla figura 1 è senz'altro discutibile. L'ambito di applicazione della teoria EU (oggettivista) non può essere facilmente esteso oltre il valore minimo caratterizzato da certezza del second'ordine (quando l'esistenza di stabili frequenze empiriche suggerisce ben precisi valori di probabilità), mentre i principali esponenti della teoria SEU

³ Questa teoria è anche chiamata «oggettivista» o «frequentista» per l'interpretazione della probabilità che caratterizza i suoi esponenti.

⁴ Questa teoria è anche chiamata «soggettivista» o «personalista», per l'interpretazione della probabilità che caratterizza i suoi esponenti, ovvero «bayesiana» per il ruolo cruciale che in essa assume la formula di aggiornamento delle probabilità di Bayes (su questo punto si veda par. 3.8).

(bayesiana) al contrario sostengono che il suo ambito di applicazione copre l'intero segmento senza limitazioni di sorta (come suggerito dalla linea tratteggiata).

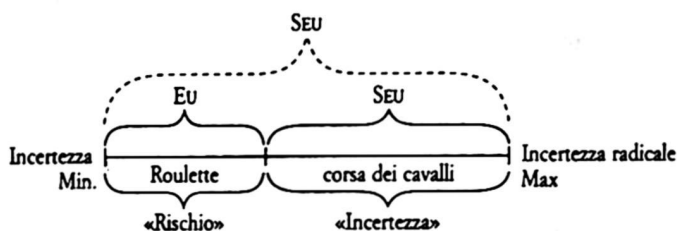


FIG. 1. Terminologia standard.

Recentemente, la dicotomia tra probabilità note ed ignote è stata spesso identificata con quella tra «rischio» e «incertezza» introdotta da Knight [1921], e sviluppata in seguito da un filone di ricerca «sotterraneo» ispirato anche da Keynes e Hayek (vedi, in particolare, Hart [1942] e Shackle [1952], nonché la terza parte di questo volume) che sta riemergendo soltanto ora nella letteratura più accreditata (vedi prossimo paragrafo). Sulla base di questa identificazione, la teoria «oggettivista» viene anche definita come T_D in condizioni di «rischio» e la teoria bayesiana come T_D in condizioni di «incertezza». Tuttavia, a mio parere, questa terminologia è fuorviante per diversi motivi; in particolare:

i) la dicotomia tradizionale tra rischio e incertezza non può essere identificata con la dicotomia più recente tra probabilità «note» ed «ignote». L'approccio di Knight è basato, come era usuale nella teoria della probabilità tradizionale, sul concetto di *chance* spesso misurato dalla proporzione degli eventi favorevoli sull'insieme di casi possibili (vedi Runde [1997] e il saggio compreso in questo volume). Egli distingue quindi tra «rischio» che corrisponde a *chances* note, o perché è possibile applicare considerazioni *a priori* al caso in questione o perché esistono frequenze relative stabili ed affidabili, e «incertezza» negli altri casi. L'attribuzione di probabilità numeriche richiede pertanto l'omo-

⁷ I rappresentanti più qualificati della teoria bayesiana, quali de Finetti e Savage, negano la superiorità della teoria oggettivista nel caso di «probabilità note» e ritengono che la stessa distinzione tra probabilità note ed ignote sia priva di fondamento.

geneità dei casi possibili (favorevoli o meno)⁸. Si ha pertanto «incertezza» quando l'evento preso in considerazione è raro, oppure è irregolare; in particolare quando l'evento è unico oppure non ha comunque precedenti, ad esempio perché esprime una genuina novità. Una situazione di «incertezza» implica la rilevanza di una misura di incertezza del second'ordine concernente la fiducia del decisore nei suoi giudizi di probabilità di prim'ordine. Nonostante una terminologia completamente differente e una diversa concezione della probabilità dell'incertezza, la distinzione di Keynes [1921] tra probabilità e incertezza si basa su fondazioni simili [vedi Runde 1997]. Tuttavia risulta più chiaro in Keynes che, mentre la probabilità è una misura di prim'ordine dell'incertezza, l'«incertezza» in senso stretto implica una misura di second'ordine relativa alle caratteristiche delle distribuzioni di probabilità delle variabili rilevanti. Questa misura del second'ordine, chiamata da Keynes «peso dell'argomento», definisce un indice quantitativo della conoscenza mancante che viene considerata rilevante per il problema decisionale in oggetto⁹. Ogniqualevolta il peso dell'argomento non risulta cogente, l'incertezza di second'ordine è rilevante per il processo decisionale. Viceversa, la distinzione tra probabilità note e ignote è soltanto apparentemente simile alla distinzione tra «rischio» (probabilità) e «incertezza» (peso dell'argomento) nel senso di Knight e Keynes, in quanto si basa essenzialmente sulla fonte delle credenze probabilistiche (esistenza o meno di argomenti *a priori* o frequenze stabili) che è del tutto irrilevante per la teoria soggettivista (o personalista) bayesiana. (Inoltre, questa distinzione non esplicita l'esigenza di una misura di second'ordine dell'incertezza; infine anche l'incertezza è in realtà presa in considerazione soltanto in forma debole, come risulterà più chiaro nel prossimo paragrafo;

ii) se le fondazioni della distinzione tra «rischio» e «incertezza» sono traballanti, la terminologia risulta in ogni caso alquanto fuorvian-

⁸ Questa omogeneità è assicurata da considerazioni *a priori* oppure da frequenze stabili generate da processi stocastici ed ergodici [vedi Vercelli 1991, cap. 5].

⁹ Vedremo nel paragrafo 3.3 che nell'ambito della teoria dell'utilità attesa nel senso di Choquet il «peso dell'argomento» è correlato negativamente con il grado di non-additività della distribuzione di probabilità (o capacità). Dow e Werlang [1992b] suggeriscono una misura del grado di non-additività della distribuzione di probabilità che viene chiamata «avversione all'incertezza» (sul nesso tra questa misura e «il peso dell'argomento» vedi Vercelli [1996]). Purtroppo questa misura non riesce a separare componente razionale dell'avversione all'incertezza che deriva dalla consapevolezza del decisore di ignorare alcune caratteristiche strutturali della realtà che potrebbero mettere a repentaglio la correttezza delle sue decisioni, dalla componente psicologica (ottimismo

te. Nel linguaggio ordinario, l'incertezza intesa come consapevolezza della propria ignoranza implica generalmente il manifestarsi di un qualche rischio, cioè il possibile accadimento di qualche evento negativo; d'altro canto qualsiasi rischio presuppone una situazione di incertezza. Questa implicazione reciproca tra incertezza e rischio è in radicale contrasto con un uso dicotomico dei due termini ed è così radicata nella concettualizzazione di situazioni caratterizzate dall'assenza di informazioni rilevanti da consigliare l'abbandono dell'uso «artificiale» dicotomico. Ciò comporterebbe anche il vantaggio di poter riconoscere che a diverse modalità di incertezza corrispondono diversi tipi di rischio che richiedono diverse politiche precauzionali [vedi Vercelli 1995]. Pertanto, in quanto segue abbandonerò la terminologia tradizionale e distinguerò diverse modalità di incertezza concentrando l'attenzione sui limiti di applicazione delle diverse teorie che discendono dai loro assiomi ed assunzioni fondamentali.

Se esaminiamo la struttura assiomatica delle teorie oggettivista e soggettivista ci possiamo rendere facilmente conto di quanto siano simili nonostante la usuale contrapposizione retorica tra probabilità note ed ignote. Gli assiomi sono sostanzialmente analoghi benché ciò sia oscurato dalla diversa terminologia. Ad esempio l'assioma di indipendenza, che gioca un ruolo fondamentale nella teoria oggettivista in quanto assicura la coerenza intertemporale delle decisioni, è praticamente identico al «principio della cosa sicura» che gioca sostanzialmente lo stesso ruolo nella teoria bayesiana. Inoltre in ambedue i casi si assume che sia possibile rappresentare le credenze del decisore tramite un'unica distribuzione di probabilità additiva. Ciò implica che l'affidabilità della distribuzione di probabilità a priori non viene messa in discussione, il che esclude che l'incertezza di second'ordine possa essere presa in considerazione. Questa assunzione limita considerevolmente l'ambito di applicazione di ambedue le teorie a quello che può essere definito un «mondo familiare», caratterizzato da:

- ↳ i) una descrizione completa degli stati e delle conseguenze possibili. Pertanto non si ammette la possibilità di eventi imprevisi (*unforeseen contingencies*), ovvero si assume che il mondo a cui viene applicata la TD sia «chiuso» [Smets 1990; Kreps 1992; Ghirardato 1994];
- ↳ ii) la probabilità degli eventi è indipendente dalle azioni scelte e dalle loro conseguenze (*Savage events*, ovvero «eventi nell'accezione di

o pessimismo). Un modo per separare le due componenti è stato suggerito da Ghirardato [1994], mentre una misura più generale dell'avversione all'incertezza è stata suggerita da Montesano [1993].

Savage») il che esclude l'ipotesi che l'incertezza possa essere «endogena»;

→ iii) le azioni vengono definite come una funzione univoca tra gli stati e le conseguenze (crisp acts, ovvero «azioni univoche»: vedi Ghirardato [1994]). Ciò esclude l'ammissibilità di azioni concepite più realisticamente come corrispondenze tra stati e conseguenze [ibidem]

È sufficiente indebolire una di queste assunzioni per uscire da un mondo «familiare»¹⁰ ed entrare in un mondo «aperto» e complesso cui è molto più difficile prendere le decisioni corrette. Dobbiamo quindi concludere che l'assunzione che il mondo sia «familiare» è un'assunzione alquanto particolare che rende in molti casi alquanto problematica l'applicazione delle Tn standard al mondo reale. Tuttavia, la speranza di estendere l'ambito di applicazione della teoria delle decisioni oltre i confini ristretti di un mondo familiare sta cominciando

¹⁰ Nel dibattito recente si è diffuso l'uso del concetto di «mondo piccolo» (mutuato da Savage [1954]) in un senso simile a quello qui attribuito al concetto di «mondo familiare». Tuttavia ho preferito introdurre una diversa terminologia perché, a mio parere, al concetto di «mondo piccolo» sono attribuite da Savage connotazioni e finalità diverse da quelle qui attribuite al concetto di «mondo familiare». Savage è consapevole che gli stati e le conseguenze del mondo reale («grande») possono essere descritti dal decisore solo ad un livello limitato di dettaglio e che ciò riduce l'applicabilità della sua teoria ad un mondo «piccolo» che si deriva dal mondo «grande», caratterizzato una descrizione completa e dettagliata dei possibili stati del mondo, «trascurando alcune distinzioni tra stati, senza ignorare del tutto alcuni stati» [Savage 1954, 9]. Quindi, sulla base delle definizioni di Savage, dobbiamo inferire che sia il mondo «piccolo» che il mondo «grande» rientrano nella definizione di mondo «familiare» in quanto soddisfino entrambi i tre requisiti della definizione suggerita nel testo. L'uso del concetto «mondo piccolo» nel senso di «mondo familiare» è dunque in palese contrasto con intenzioni di Savage. A mio parere il «problema dei mondi piccoli» trae origine Savage essenzialmente dal fatto che lo stesso problema decisionale definito in diversi mondi «piccoli» può dare risultati diversi e, ciò che è peggio, ciascuno può essere diverso dai risultati che si otterrebbero nel mondo «grande». In altre parole, tramite «problema dei mondi piccoli» riemerge il problema del criterio che consente di identificare la rappresentazione «corretta» o «vera» del mondo reale (o «grande») espulso per definizione dalla concezione soggettivista della probabilità. Savage sviluppa argomenti «che tendono a mostrare che senza eccessive difficoltà ogni mondo piccolo può essere inserito in un mondo piccolo un po' più ampio, cioè uno pseudo-microcosmo» [ibidem, 88] che soddisfa i postulati della teoria di Savage; uno «pseudo-microcosmo tuttavia del tutto soddisfacente soltanto se è in realtà un microcosmo, cioè soltanto induce una misura di probabilità e un'utilità compatibili (well articulated) con quello mondo grande» [ibidem]. Il concetto di «mondo familiare» intende viceversa circoscrivere i confini di applicazione della Tn bayesiana che derivano direttamente dagli assiomi della teoria. (Per una discussione approfondita del «problema dei mondi piccoli» rimanda il lettore a Shafer [1988].)

a concretizzarsi. Negli ultimi quindici anni vi è stata una sorprendente fioritura di nuove TD che hanno iniziato ad esplorare territori meno familiari di quelli tradizionali, mantenendo allo stesso tempo uno standard di rigore ed un livello di sofisticazione analitica comparabili con quelli delle teorie ortodosse.

3.3. Una tassonomia delle principali teorie delle decisioni

Sono ora in grado di suggerire una diversa tassonomia delle principali modalità dell'incertezza, intesa a rimpiazzare le dicotomie tradizionali tra rischio e incertezza e tra probabilità note e ignote. Propongo di utilizzare la dicotomia tra incertezza «debole», che si ha quando è possibile rappresentare le credenze del decisore tramite un'unica distribuzione di probabilità additiva considerata pienamente affidabile, e incertezza «forte» che si ha quando le credenze del decisore possono essere rappresentate soltanto tramite una distribuzione di probabilità non additiva, oppure tramite una pluralità di distribuzioni di probabilità nessuna delle quali è considerata pienamente affidabile o inaffidabile¹¹. Le TD in condizioni di incertezza debole (d'ora in poi T_{DD}) si applicano soltanto ad un mondo «familiare», nel senso prima specificato, mentre le TD in condizioni di incertezza forte (d'ora in poi T_{DF}) si applicano anche ad un mondo non-familiare, nel senso che non rispetta una o più caratterizzazioni che definiscono un mondo familiare (vedi la rappresentazione euristica di fig. 2 che può essere confrontata con la classificazione tradizionale di fig. 1); esistono diverse T_{DF} alcune delle quali verranno menzionate e classificate nella seconda parte di questo paragrafo come casi particolari della teoria dell'utilità attesa basata sulle capacità di Choquet: *Choquet Expected Utility* o CEU).

Risulta utile a questo punto accennare alle principali teorie delle decisioni in condizioni di incertezza (debole e forte) ed ai loro nessi reciproci tramite un'opportuna tassonomia.

Le TDs si articolano in tre sottoclassi fondamentali che si distinguono per il diverso modo di concepire le probabilità:

- 1) teoria oggettivista o frequentista basata su probabilità «oggettive» (che trae origine da von Neumann e Morgenstern [1944]);
- 2) teoria soggettivista o bayesiana basata su probabilità «soggetti-

¹¹ È ragionevole introdurre una soglia minima di affidabilità al di sotto della quale eventuali distribuzioni di probabilità alternative non vengono prese in considerazione (vedi Vercelli 1991, cap. 5, e letteratura ivi citata).

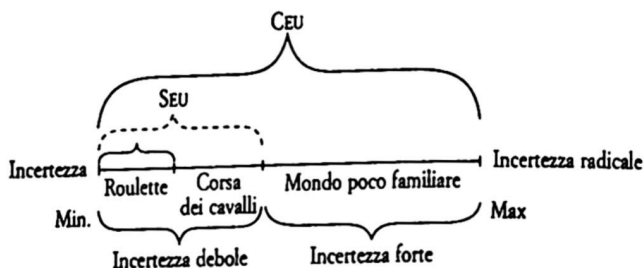


FIG. 2. Terminologia proposta.

ve» o personali (che trae origine da Ramsey [(1931) 1988]; de Finetti [1937] e Savage [1954]);

iii) teoria sincretista che combina probabilità oggettive con probabilità soggettive (che trae origine da Anscombe e Aumann [1963]).

Ciascuna di queste teorie ha ricevuto solide fondazioni assiomatiche che ne garantiscono il rigore e la significatività. Ci si può chiedere se la teoria oggettivista sia compatibile con quella soggettivista oppure no. Anscombe ed Aumann [1963] danno una risposta affermativa in quanto le teorie oggettiviste e soggettiviste sarebbero applicabili sotto diverse ipotesi concernenti la modalità dell'incertezza: a loro parere teoria oggettivista si applica quando le probabilità sono note come nei giochi d'azzardo tipo roulette (nell'ipotesi che siano onesti), mentre la teoria soggettivista si applica quando le probabilità sono ignote, come nei giochi d'azzardo tipo corsa dei cavalli. Sulla base di queste premesse Anscombe e Aumann propongono una teoria, già menzionata in precedenza, che combina i due tipi di probabilità per adattarsi ai due casi paradigmatici nonché a quelli intermedi. Tuttavia questa sintesi non è accettata né dai fautori della teoria oggettivista né dai fautori della teoria soggettivista. Secondo gli «oggettivisti», solo le probabilità basate su frequenze stabili possono fornire un solido supporto per scelte razionali. Al contrario i bayesiani sostengono che la loro teoria può essere applicata a qualunque tipo di situazione incerta, e negano che la distinzione tra probabilità note e ignote abbia un contenuto rilevante: le probabilità vengono rivelate dal comportamento coerente di un agente razionale in qualsiasi situazione si trovi ad operare. Risulta pertanto utile esplorare la possibilità di una tassonomia alternativa delle modalità dell'incertezza e delle TD rilevanti in ciascuna di esse.

La definizione di incertezza forte proposta in precedenza suggerisce immediatamente una prima distinzione tra TDF basate su una distribuzione a priori non additiva, e TDF basate su una pluralità di

distribuzioni di probabilità. Il loro nesso reciproco può essere chiarito entrando in qualche dettaglio elementare.

Come è noto, le probabilità usuali sono caratterizzate dalla seguente proprietà di additività: i convincimenti del decisore sono rappresentati da una funzione $v: \Sigma \rightarrow [0,1]$ tale che

$$v: \Sigma \rightarrow [0,1] \text{ t.c.}$$

$$(1) \quad A \cap B = \emptyset \Rightarrow v(A \cup B) = v(A) + v(B)$$

Condizione di additività

dove A e B designano eventi possibili che appartengono a Σ , σ -algebra di eventi in S , spazio degli stati.

Fino a pochi anni fa la teoria delle probabilità e la teoria delle decisioni in condizioni di incertezza basata su di essa assumevano di routine l'additività. Tuttavia le probabilità non additive non sono una idea nuova. Già nel XVIII secolo J. Bernoulli e J.H. Lambert hanno esplorato le loro potenzialità al fine di rappresentare credenze soggettive incerte [Shafer 1978]. Tuttavia questi tentativi pionieristici sono stati interrotti dal successo travolgente della teoria frequentista basata su probabilità additive. Soltanto molto tempo dopo, i contributi gemelli di Knight e Keynes, pubblicati nello stesso anno [1921], hanno risvegliato qualche interesse in misure dell'incertezza non necessariamente additive [Hart 1942; Shackle 1952; Dempster 1967; Shafer 1976; Zadeh 1978; ecc.]. Tuttavia il recente revival delle probabilità non additive si deve all'importante contributo di un eminente matematico francese che fin dal 1955 aveva suggerito una generalizzazione, articolata e rigorosa, del concetto usuale di probabilità (additiva), chiamata «capacità» e concepita come una misura di prim'ordine dell'incertezza non necessariamente additiva [Schmeidler 1982; Quiggin 1982]. Più precisamente, una capacità normalizzata è una misura che rispetta le condizioni seguenti

$$(2) \quad v(\emptyset) = 0$$

$$(3) \quad v(S) = 1$$

$$(4) \quad \forall A, B \in \Sigma, A \subseteq B \Rightarrow v(A) \leq v(B)$$

Come si vede, una capacità non è caratterizzata dalla condizione di additività espressa nella (1) ma soltanto dalla condizione più generale (4) che esprime la monotonicità della misura rispetto all'operazione di inclusione tra insiemi. Si può immediatamente verificare che

la probabilità additiva usuale è un caso particolare di capacità che rappresenta il confine tra il caso di capacità convessa, o subadditiva (o supermodulare), quando

$$(5) \quad \forall A, B \in \Sigma, v(A \cup B) \geq v(A) + v(B) - v(A \cap B) \Leftrightarrow v(A \cup B) + v(A \cap B) \geq v(A) + v(B)$$

e il caso di capacità concava o superadditiva (o submodulare), quando

$$(6) \quad \forall A, B \in \Sigma, v(A \cup B) \leq v(A) + v(B) - v(A \cap B) \Leftrightarrow v(A \cup B) + v(A \cap B) \leq v(A) + v(B)$$

La maggior parte delle applicazioni della teoria delle capacità all'economia fa riferimento alle capacità convesse che hanno un'interpretazione più intuitiva, in quanto la loro non-additività può essere considerata come espressione dell'avversione all'incertezza¹². Prima di Choquet l'ostacolo principale allo sviluppo della teoria delle probabilità non additive era stato la mancanza di una procedura di integrazione per calcolare i valori attesi, dato che gli integrali tradizionali si applicano soltanto a grandezze lineari. Choquet [1955] ha risolto il problema definendo un integrale particolare dato dalla somma di due integrali di Riemann con integrandi ordinati monotonicamente. L'integrabilità delle capacità così ottenuta ha permesso l'elaborazione di TDF compiutamente assiomatiche, non meno sofisticate delle tradizionali TOD, di cui possono essere interpretate come generalizzazioni. Alcune di queste TDF si presentano come generalizzazioni delle TOD bayesiane [Gilboa 1987], altre come generalizzazioni della TOD sincretista di Anscombe e Aumann [Schmeidler 1982], mentre lo stesso Schmeidler [ibidem] rammenta l'utilizzazione di probabilità non additive «oggettive» da parte di un fisico famoso [Feynman 1963]. Le generalizzazioni delle teorie ortodosse dell'utilità attesa (d'ora in poi EU), dall'inglese *Expected Utility* dato che l'acronimo inglese è ormai entrato nel gergo consolidato) basate sulla teoria delle capacità di Choquet [1955] sono spesso chiamate in letteratura, e verranno chiamate in seguito, con l'acronimo CEU (dall'inglese *Choquet Expected*

¹² Fanno eccezione i lavori di Chateauneuf, Kast e Lapied [1992a e 1992b] che applicano le capacità superadditive al fine di interpretare alcune anomalie nel comportamento degli investitori nei mercati finanziari.

Utility). Anche se le modifiche formali della teoria Eu operate dalla teoria CEU sono sorprendentemente circoscritte, le implicazioni concettuali sono profonde. La modifica essenziale nella teoria di Gilboa [1987] ad esempio consiste principalmente nella restrizione della validità dell'assioma di indipendenza alle sole azioni comonotoniche, cioè le azioni che non invertono l'ordine di preferenza delle loro conseguenze:

$$(7) \quad a \succ b \Leftrightarrow \alpha a + (1 - \alpha)c \succcurlyeq \alpha b + (1 - \alpha)c$$

Questa modifica risulta alquanto plausibile in quanto giustifica il fenomeno dello *hedging*, pratica diffusa nei mercati finanziari consistente nell'inclusione nel portafoglio di attività aventi un rendimento atteso correlato negativamente al fine di ridurre la varianza del rendimento del portafoglio, che resta tuttavia incomprensibile all'interno delle TDD tradizionali.

Una formulazione alternativa [Sarin e Wakker 1992] è basata sulla restrizione dell'assioma di indipendenza agli eventi «non-ambigui», cioè eventi la cui probabilità di accadimento può essere rappresentata da probabilità additive, mentre nel caso di eventi ambigui l'assioma di indipendenza è sostituito dall'assioma di dominanza cumulativa secondo il quale se un'azione f dà un *payoff* non inferiore a g per ogni possibile conseguenza, allora f è preferito a g [Sarin e Wakker 1992].

Nelle teorie (CEU) le probabilità sono pesate tramite l'integrale di Choquet sulla base dell'utilità attesa delle conseguenze di ciascuna azione. Nel caso di capacità subadditive il decisore dà un peso maggiore alla probabilità di uno stato che per una data azione comporta una conseguenza peggiore. La non-additività implicata da questa procedura di valutazione può essere interpretata come l'espressione di avversione per l'incertezza forte.

Le TDF basate sulle capacità e sugli integrali di Choquet forniscono un quadro concettuale e analitico che permette di classificare anche le altre principali TDF proposte finora. Un importante filone alternativo assume che non sia sempre possibile rappresentare i convincimenti di un decisore con un'unica distribuzione di probabilità additiva; secondo questo punto di vista, in caso di incertezza forte i convincimenti di un decisore, seppure razionale, possono essere rappresentati tramite una pluralità di distribuzioni di probabilità nessuna delle quali può essere considerata del tutto affidabile. In altre parole, in questo caso la probabilità di un evento viene espressa non tramite un valore puntuale, ma tramite un intervallo di probabilità. La versione moderna di questo punto di vista assume un insieme convesso di

distribuzioni di probabilità additive [Ellsberg 1961; Gärdenfors Sahlin 1982; Jones e Ostroy 1984; Bewley 1986]. C'è un legame molto stretto tra questo approccio e quello, esaminato in precedenza, fondato su una capacità convessa. Come è stato dimostrato da Schmeidler [1986], data una distribuzione non additiva convessa ν su Σ , la CEU di una funzione relativamente a ν è uguale alla minima utilità attesa delle distribuzioni additive che appartengono al suo «cuore» (*core*), cioè all'insieme convesso di distribuzioni additive tali che la probabilità degli stati è uguale alla capacità degli stati. Sulla base di questo teorema Gilboa e Schmeidler [1989] sono riusciti dare una fondazione assiomatica alla TDF basata su una pluralità di distribuzioni di probabilità *a priori*. Non c'è pertanto da sorprendersi se la struttura e i risultati di quest'ultima sono molto simili a quelli delle TDF basate su un'unica distribuzione di capacità nel senso di Choquet.

Un altro nutrito gruppo di TDF è basato sulla definizione di una funzione dei convincimenti (*belief function*). La versione più stimolante e influente è stata introdotta da Dempster [1967] ed è stata sviluppata ulteriormente da Shafer [1976]. Il modello di Dempster e Shafer definisce due misure applicabili in condizioni di incertezza «forte»: la credibilità e la plausibilità. È possibile riconnettere anche questa teoria con quella basata sulle capacità mostrando che la credibilità e la plausibilità sono definite da una inversione di Möbius (che Shafer chiama una probabilità «basica») di una capacità [vedi Chateauneuf e Jaffray 1989; Billot 1992; Ghirardato 1994]. Più in generale, una funzione dei convincimenti nel senso di Dempster e Shafer è una capacità particolare caratterizzata da una proprietà di monotonicità totale, mentre per ogni funzione dei convincimenti esiste una misura di probabilità φ detta «trasformata di Möbius» (*Möbius transform*: vedi Shafer [1997]) che si ottiene dalla seguente relazione:

$$(8) \quad \nu(X) = \sum_{A \subseteq X} \varphi(A)$$

L'ultimo gruppo di TDF che intendo richiamare si basa sulla teoria degli insiemi sfumati (*fuzzy sets*) introdotta da Zadeh [1965] che ha dato vita ad una copiosa letteratura in molte discipline scientifiche, compresa l'economia (per una breve ma lucida rassegna delle applicazioni all'economia, vedi Billot [1992]). Lo stesso Zadeh [1978] ha utilizzato la teoria degli insiemi sfumati per definire due misure dell'incertezza applicabili in condizioni di incertezza forte: la «possibilità» e la «necessità». In seguito è stato dimostrato che anche la «pos-

		Fondazioni assiomatiche	Probabilità oggettive	Probabilità soggettive	Probabilità oggettive e soggettive
		Misure dell'incertezza			
Incertezza debole	Probabilità additive		von Neumann Morgenstern 1944	De Finetti 1937 Savage 1954	Anscombe Aumann 1963
	Probabilità non additive		Feynman 1963	Gilboa 1987	Schmeidler 1982
Incertezza forte	Probabilità multiple		Ellsberg 1961	Gärdenfors Sanlin 1987	Gilboa Schmeidler 1989
	Misure sfumate		Zadeh 1965	Ponsard 1986	Wakker 1990
	Funzioni dei convincimenti		Dempster 1967	Shafer 1976	Jaffray Wakker 1994
Incertezza radicale	Ignoranza completa		Arrow Hurwicz 1972	Barret Pattanaik 1986	CBDT Gilboa Schmeidler 1992

TAVOLA SINOTTICA. Teorie delle decisioni in condizioni di incertezza.

sibilità» e la «necessità» nel senso di Zadeh, come la probabilità, sono casi particolari di capacità [Dubois 1980].

La tavola sinottica rappresenta la classificazione delle TDF qui suggerita. Nella tavola la linea verticale a sinistra riproduce la rappresentazione euristica delle varie modalità dell'incertezza di figura 2. Come si vede, si hanno teorie compiutamente assiomatizzate nel caso dell'incertezza debole nonché nel caso di un'unica distribuzione *a priori* di capacità (con la sola eccezione della teoria di Feynman). In questo caso i nomi riportati si riferiscono alla prima assiomatizzazione per ciascuna concezione della probabilità. Per quanto riguarda le altre teorie, i nomi riportati si riferiscono ad alcuni contributi di particolare rilievo che tuttavia non propongono una vera e propria teoria assiomatizzata. Fanno eccezione il contributo di Gilboa e Schmeidler [1989] che suggerisce un primo tentativo di assiomatizzazione di una

tassonomia?

TDF basata su distribuzioni multiple facendo leva sulla corrispondenza prima menzionata con la TDF basata su una distribuzione capacità, nonché il contributo di Wakker [1990] che ha suggerito primo tentativo di assiomatizzazione di una TDF basata sugli insiemi sfumati

La tavola sinottica prende in considerazione anche il caso di incertezza «radicale» che caratterizza le situazioni di «completa ignoranza», nelle quali nessuna delle distribuzioni di probabilità concepibili è sufficientemente affidabile per guidare le scelte del decisore. L'impossibilità di dare diversi pesi di plausibilità agli eventi possibili implica una omogeneità di fondo tra gli eventi che può essere utilizzata per semplificare l'analisi. Ciò spiega perché le Td in condizioni di incertezza radicale siano state sviluppate anche prima delle Td in condizioni di incertezza «forte». Alcune mantengono il quadro concettuale delle Td classiche in termini di stati e conseguenze, come la ben nota teoria proposta da Arrow e Hurwicz [1972], in cui sostengono che in condizioni di incertezza radicale è razionale affidarsi a un criterio decisionale che concentra l'attenzione sulle conseguenze che comportano i risultati massimi e minimi, come nel criterio detto del maximin. Altre teorie abbandonano il quadro concettuale tradizionale ma i loro risultati sono in genere simili a quelli della teoria di Arrow e Hurwicz [vedi ad es. Barret e Pattanaik 1986]. Recentemente è stata proposta una Td in condizioni di incertezza «radicale» basata su una concettualizzazione del processo decisionale del tutto diversa da quella tradizionale: la Td «basata sui casi» (Case Based Decision Theory, spesso abbreviata con l'acronimo C.B.D.T. vedi Gilboa e Schmeidler [1994]). Un «caso» è una combinazione di un problema decisionale, un'azione scelta come soluzione del problema, e i suoi risultati; il decisore conserva nella sua memoria, almeno in parte, le informazioni rilevanti relative ai casi sperimentati in precedenza. Quando il decisore deve affrontare un nuovo problema decisionale richiama dalla memoria i casi più simili, e basa la scelta dell'azione sul loro successo nel passato (misurato in termini di utilità) con un peso direttamente proporzionale al loro grado di similitudine con il problema in oggetto. Questa teoria si ispira alla teoria dell'induzione di Hume ed alla teoria della razionalità limitata di Simon: in particolare non viene presupposta nessuna conoscenza a priori, mentre il criterio decisionale è strettamente simile al *satisficing* di Simon.

Termino questo paragrafo osservando che la teoria delle capacità di Choquet ha il pregio di permettere di classificare e coordinare diverse TDF che sembrano a prima vista del tutto prive di relazioni reciproche.

3.4. Teorie delle decisioni e criteri decisionali

Per descrivere, spiegare e prevedere le scelte del decisore, oppure per prescrivere la scelta corretta, ogni teoria delle decisioni richiede un (criterio di razionalità) che può essere intrinseco alla teoria stessa (come la coerenza del comportamento dell'agente nella teoria bayesiana), oppure estrinseca ad essa (nella maggior parte degli altri casi). Quando il criterio di razionalità è estrinseco, criteri di razionalità differenti possono essere applicati alla stessa teoria suggerendo diverse indicazioni prescrittive. L'applicazione di un criterio di razionalità ad una particolare teoria delle decisioni implica in genere un ben preciso criterio decisionale che permette di descrivere, spiegare e prevedere le scelte di un agente razionale (nel senso del criterio suddetto), oppure prescrive quale decisione dovrebbe essere presa da un agente razionale (sempre nel senso suddetto). Nella maggior parte dei casi le T_D esistenti hanno assunto come criterio di razionalità la massimizzazione della funzione di utilità del decisore. Ciò induce diversi criteri decisionali in congiunzione con diverse T_D . Al fine di comprendere le implicazioni differenti delle varie T_D per il suddetto criterio di razionalità, possiamo ricorrere nuovamente alla rappresentazione euristica delle diverse modalità dell'incertezza nella sua trasposizione verticale e studiare come varia il criterio decisionale al variare della T_D .

Il tradizionale criterio utilitaristico della massimizzazione dell'utilità ($Max U$) si traduce nel criterio della massimizzazione dell'utilità attesa ($Max EU$) nel caso di incertezza «debole». Prima di discutere il caso di incertezza «forte», conviene discutere il caso di completa ignoranza. In questo caso il criterio decisionale più diffuso è il criterio della scelta dell'alternativa dalla quale è attesa la migliore tra le peggiori conseguenze ($Maximin$). Nel caso di incertezza «forte» il criterio decisionale consiste nella massimizzazione dell'utilità attesa nel senso e secondo le procedure di Choquet ($Max CEU$). Il risultato che si ottiene ha caratteristiche intermedie tra il criterio $Max EU$ e il criterio $Maximin$: più la distribuzione di capacità approssima una distribuzione di probabilità additiva, più i risultati ottenuti approssimano quelli che si sarebbero ottenuti applicando il criterio $Max EU$, mentre più la distribuzione di capacità diventa non additiva, più i risultati ottenuti approssimano quelli che si sarebbero ottenuti applicando il criterio $Maximin$. Pertanto il criterio $Max CEU$ può essere considerato un criterio alquanto generale che comprende come casi particolari sia il criterio $Max EU$ quando l'incertezza è debole, sia il criterio del $Maximin$ quando l'incertezza è radicale.

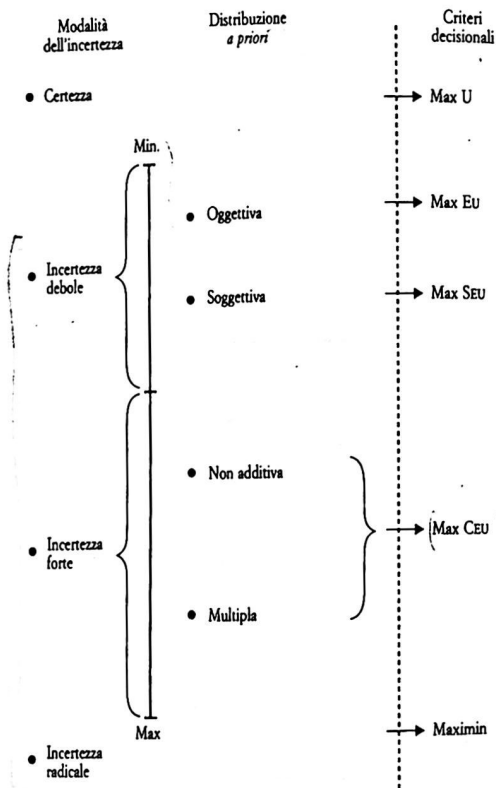


FIG. 3. Criteri decisionali.

Naturalmente, data l'equivalenza prima menzionata tra una distribuzione di capacità subadditiva ed un insieme convesso di distribuzioni di probabilità additive, il criterio del *Max CEU* può essere applicato anche nel caso di molteplicità di distribuzioni di probabilità: il criterio approssima il criterio di *Maximin* tanto più quanto più elevato è il numero delle distribuzioni rilevanti, mentre approssima il criterio del *Max EU* quanto minore è il numero delle distribuzioni rilevanti.

È possibile concludere questo paragrafo osservando che anche dal

punto di vista normativo la metodologia di Choquet può essere applicata con successo allo studio della zona grigia tra incertezza debole e incertezza radicale, suggerendo una feconda generalizzazione di un ampio ventaglio di criteri decisionali che comprende i due estremi come casi particolari.

3.5. La portata teorica ed empirica della teoria delle decisioni in condizioni di incertezza forte

Nonostante il promettente impulso dato da Knight e Keynes nel 1921, lo sviluppo della TDF è stata inibita in seguito a efficaci argomenti critici avanzati dai principali rappresentanti della teoria bayesiana. In particolare:

i) (Ramsey) il padre fondatore della moderna teoria bayesiana, aveva osservato molto tempo fa (in un saggio ristampato in Ramsay [1988]) che un decisore i cui convincimenti non sono coerenti potrebbe subire un insieme di scommesse a lui avverso che implica una perdita sicura [Runde 1994, 107]. Questo argomento è stato sviluppato nella forma di un teorema, chiamato «teorema del libro di scommesse olandese» (*Dutch Book Theorem*), da de Finetti [1937] che ha dimostrato al contempo che soltanto un decisore che basa le sue decisioni su di un'unica distribuzione a priori di probabilità additive può essere considerato coerente. Questo teorema è stato interpretato fino a poco tempo fa come un argomento conclusivo contro l'accettabilità di assunzioni diverse, come quelle che stanno alla base delle TDF.

ii) (Savage) [1954] ha accettato e diffuso l'argomento precedente ed ha aggiunto un ulteriore argomento. Egli ha osservato giustamente che qualsiasi teoria che distingua diverse modalità di incertezza comporta, esplicitamente o implicitamente, una misura di second'ordine dell'incertezza ed ha quindi sostenuto che ciò innescherebbe un processo di regresso all'infinito caratterizzato da misure dell'incertezza di ordine progressivamente crescenti, in palese contrasto con la logica ed il buon senso.

Tuttavia le TDD sono state ben presto messe in discussione per quanto riguarda la loro portata descrittiva. Il prestigio di queste teorie era così elevato che i controesempi sono stati spesso chiamati «paradossi», come quelli famosi di Allais [1953] e di Ellsberg [1961]. In seguito la ricerca sperimentale ha accumulato una mole impressionante di risultati empirici incompatibili con i dettami di queste teorie (per una rassegna vedi Camerer e Weber [1992]; vedi inoltre, per alcuni riferimenti più puntuali i capitoli di Bernasconi e Luini in que-

sto volume). I principali esponenti delle TDD hanno precisato che la natura di queste teorie è innanzitutto, e essenzialmente, normativa e che la loro portata descrittiva è necessariamente limitata nella misura in cui gli agenti economici deviano dai dettami del comportamento razionale. Simmetricamente le TDF ricominciano ad essere prese in considerazione dal punto di vista descrittivo per la loro capacità di risolvere i paradossi suddetti e di rendere conto di alcune «anomalie» osservate nel comportamento degli agenti economici, tuttavia la loro fondatezza continua ad essere messa in dubbio dal punto di vista normativo. Tuttavia è possibile portare argomenti a favore della tesi che le TDF non sono necessariamente in contrasto con i dettami della razionalità ma che, al contrario, potrebbero essere compatibili con una concezione più ampia e soddisfacente della razionalità che sia in grado di guidare le decisioni anche in situazioni caratterizzate da incertezza forte e radicale. Per poter sostenere questa tesi è necessario innanzitutto sgombrare il campo dagli argomenti «di sbarramento» di Ramsay, de Finetti e Savage.

Allo
altre
cup
le?
Alla luce delle acquisizioni recenti è possibile sostenere che il teorema del «libro di scommesse olandese» (non) risulta più così cogente come si riteneva in precedenza. Infatti i suoi risultati dipendono da alcune premesse che vengono ritenute oggi discutibili. In particolare, per la sua validità è necessario assumere che il decisore sia sempre disposto a scommettere pro o contro un certo evento a poste date, ma questa assunzione risulta poco plausibile in condizioni di incertezza «forte» quando il decisore è avverso all'incertezza e si aspetta di ricevere utili informazioni riguardo alle probabilità rilevanti prima di dover prendere ulteriori decisioni [Shafer 1976; Gärdenfors e Sahlin 1982; Dow e Werlang 1992a e 1992b]. Inoltre, le misure dell'incertezza di second'ordine non possono essere ridotte a misure del prim'ordine applicando il teorema delle lotterie composte in condizioni di incertezza forte, soprattutto quando esiste un divario temporale significativo tra lotterie successive, perché in questo caso le nuove informazioni che possono essere acquisite dal decisore prima delle lotterie successive possono modificare la distribuzione di probabilità dei risultati. Infine il rischio di regresso all'infinito non si presenta in questo caso come necessità logica, ma soltanto come possibilità la cui rilevanza può essere giudicata in termini meramente prammatici. Ci sono dei buoni motivi, corroborati dai dati sperimentali, per prendere in considerazione misure del second'ordine, mentre non vi sono motivi - almeno per ora - che inducano a prendere in considerazione misure di ordine superiore. Si può pertanto concludere che la censura sulle TDF può essere tolta anche dal punto di vista normativo.

3.6. Incertezza e consapevolezza

È possibile argomentare che le TDF sono compatibili con una nozione di razionalità più generale di quella tradizionalmente prevalente in economia. Prendo le mosse dall'osservazione che la consapevolezza della propria ignoranza è una condizione *sine qua non* di razionalità. In particolare, la consapevolezza della propria ignoranza «strutturale», che coinvolge gli stessi parametri delle distribuzioni di probabilità rilevanti, implica per definizione che il decisore è consapevole di trovarsi in una situazione di incertezza «forte». Questa consapevolezza è condizione necessaria per motivare un processo di apprendimento «strutturale» diretto ad individuare i parametri corretti delle distribuzioni di probabilità rilevanti. La finalità dell'apprendimento strutturale si può interpretare, nel quadro concettuale di questo saggio, come un processo diretto a rendere univoche e additive le distribuzioni di probabilità rilevanti, il che consente, non appena il processo è compiuto, di sostituire la TDF di partenza con una TDD. In molti casi il processo non si compie per la continua evoluzione della realtà e della stessa teoria; anche in questi casi l'apprendimento strutturale costituisce una fondamentale garanzia di razionalità in quanto evita che il divario tra i nostri convincimenti e la realtà aumenti progressivamente [Vercelli 1994].

Dopo questa introduzione informale sul nesso tra consapevolezza, incertezza e razionalità, è possibile accennare al suo trattamento formale così come è stato recentemente proposto da Modica e Rustichini. Essi contrastano l'«inconsapevolezza» con la certezza e l'incertezza (Modica e Rustichini [1994a, 107]; vedi anche i primi due capitoli di questo volume): «Un soggetto è certo di qualche cosa quando conosce questa cosa; egli è incerto quando non la conosce, ma sa che non la conosce: egli è conscio di essere incerto. Viceversa, egli è inconsapevole di qualcosa quando non la conosce, e non sa di non conoscerla, e così via all'infinito: egli non percepisce, non ha in mente, l'oggetto della conoscenza. L'opposto della inconsapevolezza è la consapevolezza».

La consapevolezza comprende i casi di certezza e incertezza. Nel caso di incertezza «debole» il decisore è consapevole di non sapere quale stato del mondo si realizzerà ma conosce perfettamente quali sono gli stati del mondo possibili e qual è la loro probabilità, conosce le conseguenze possibili e conosce quali si realizzeranno data l'azione scelta e lo stato del mondo effettivamente realizzato. In altre parole, il decisore sa che, a causa dell'incertezza «debole» di cui è consapevole, le sue previsioni sono soggette ad errori stocastici ma non ad errori

sistematici. Nel caso di incertezza «forte», il decisore è consapevole non solo di non essere in grado di prevedere quale stato del mondo si realizzerà, ma anche di non essere in grado di determinare la loro probabilità né di redigere un elenco completo dei possibili stati del mondo, oppure delle conseguenze delle azioni, oppure di quali precise conseguenze avrà una certa azione in un certo stato del mondo: In altre parole, il decisore sa che, a causa dell'incertezza «forte» di cui è consapevole, le sue previsioni sono soggette non solo ad errori stocastici ma anche sistematici.

Il nesso alquanto intricato tra consapevolezza, incertezza e ignoranza (vedi fig. 4) implica che il processo di apprendimento sia alquanto più complesso di quanto risulti dalle teorie esistenti (vedi par. 3.8).

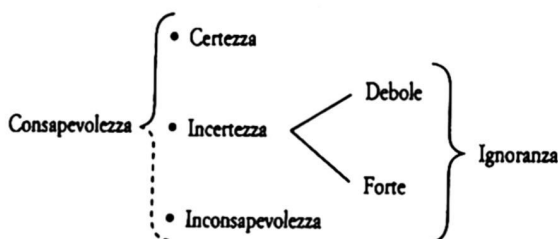


FIG. 4. Incertezza, ignoranza, inconsapevolezza.

Vorrei inoltre sottolineare che la consapevolezza che l'incertezza può presentarsi con diverse modalità in ciascuna delle quali conviene affidarsi a diversi criteri decisionali, risulta del tutto coerente con un atteggiamento razionale di adattamento a circostanze diverse. Analogamente, è possibile argomentare che diverse modalità di incertezza implicano diverse categorie di rischio che possono essere controllate in modo ottimale da diversi strumenti di politica economica [vedi Vercelli 1995].

3.7. Tempo e razionalità

L'applicabilità di diverse Td a situazioni reali dipende in modo cruciale dalla possibilità o meno di estendere la loro portata empirica a problemi intertemporali che comportano una successione di decisioni da prendere in diversi istanti significativamente distanziati nel tem-

po. È universalmente riconosciuto che le TD ortodosse sono essenzialmente teorie statiche [vedi ad es. Kreps 1988]. La loro estensione a problemi intertemporali è strettamente basata su procedure che permettono la «chiusura telescopica» del futuro nel presente. L'idea base consiste nell'assunzione che il decisore sceglie nell'istante iniziale una strategia intertemporale completa che è contingente alla successione di stati del mondo che si realizzerà nel futuro. È intuitivo che questa procedura di riduzione del futuro al presente è possibile soltanto se valgono le assunzioni che definiscono un «mondo familiare», in particolare se il decisore ha una conoscenza completa degli stati del mondo possibili e delle loro possibili conseguenze, cioè se il mondo è chiuso e continuerà ad esserlo nel futuro. In altre parole, la riduzione di una successione di scelte ad un'unica scelta nell'istante iniziale di una strategia intertemporale è possibile soltanto se il tempo è irrilevante ai fini della decisione da prendere in quanto non altera i parametri strutturali del problema decisionale. L'unico ruolo del tempo nelle TD intertemporali è quello di indicizzare *ex ante* i rami dell'albero che definisce nell'istante iniziale la strategia contingente e di definire *ex post*, man mano che gli stati del mondo si realizzano, quale ramo della strategia contingente si deve effettivamente concretizzare.

Si potrebbe dire che, dal punto di vista dinamico, un mondo familiare è caratterizzato da uno o più processi stazionari ed ergodici che sono sussistiti sufficientemente a lungo da rendere i loro parametri noti agli agenti economici [Lucas 1986]. La TD frequentista riconosce che la stazionarietà dei processi stocastici rilevanti è un prerequisito per la sua corretta applicazione, altrimenti le probabilità non potrebbero essere derivate da frequenze stabili ed affidabili. Al contrario, la TD bayesiana pretende di essere applicabile a qualsiasi situazione concreta; tuttavia rappresentanti più rigorosi di questa scuola riconoscono che la teoria bayesiana è applicabile correttamente soltanto ad eventi scambiabili¹³ e può essere dimostrato che ciò implica stazionarietà ed ergodicità dei processi stocastici rilevanti [Walley 1991, 460 ss.]. In particolare, la procedura di riduzione di una successione di scelte alla scelta nel periodo iniziale di una strategia intertemporale si fonda sul teorema di riduzione delle lotterie composte, che permette di esprimere la probabilità di una successione di lotterie in termini di un'unica lotteria composta. È intuitivo che questo teorema non può essere applicato alle TDF perché in questo caso il tempo

¹³ Due azioni a e b sono comonotone se viene escluso che $a(s) > a(t)$ e $b(t) > b(s)$ per stati di natura s e t , dove « $>$ » denota «è strettamente preferito a».

ergodicità?

è rilevante dal punto di vista strutturale. Eventi imprevedibili, oppure gli esiti imprevedibili dell'apprendimento strutturale, possono modificare la struttura del problema decisionale in un modo che non può essere neppure ipotizzato (*ex ante*), il che rende impossibile definire un albero decisionale che rappresenti in modo completo la strategia contingente ottimale.

Il fatto che il tempo sia considerato strutturalmente rilevante nelle TDF il che non esclude la sua irrilevanza in casi particolari, e necessariamente irrilevante nelle TDD, suggerisce l'idea che anche dal punto di vista dinamico le TDF si presentino, in linea di principio, come più generali delle TDD. Tuttavia la dinamizzazione delle TDF è tuttora un problema irrisolto. Come abbiamo visto, le TDF allentano l'assioma di indipendenza che sta alla base delle TDD (vedi par. 3.3); purtroppo si dimostra che ciò implica possibili violazioni del principio di coerenza intertemporale delle preferenze e dei convincimenti. Secondo molti degli studiosi più accreditati questo problema porrebbe un ostacolo insormontabile alla validità delle TDF recentemente proposte, per lo meno per quanto riguarda l'applicazione a problemi intertemporali nella misura in cui pretendono di essere presi sul serio come teorie normative. Questo argomento è stato riformulato in forma particolarmente cogente da un teorema di sbarramento che si viene ad aggiungere a quelli già discussi nel paragrafo 3.6: secondo Epstein e Le Breton [1993], la coerenza intertemporale implica la versione originaria dell'assioma di indipendenza (o «della cosa certa») che sta alla base delle TDD (nonché la regola bayesiana di aggiornamento dei convincimenti che verrà discussa nel prossimo paragrafo). La maggior parte degli studiosi di TD trae dal suddetto teorema la conclusione che le TDF siano incompatibili con la razionalità intertemporale. Tuttavia questo esito del dibattito deve essere considerato, a mio parere, tutt'altro che scontato. Infatti, è davvero plausibile che in un mondo aperto caratterizzato da eventi imprevedibili ed apprendimento strutturale un agente razionale non sia autorizzato a modificare le sue preferenze e i suoi convincimenti? A mio parere la risposta dovrebbe essere negativa: in un mondo aperto che cambia le sue caratteristiche in modo imprevedibile, un agente razionale sarà indotto a modificare le sue preferenze e i suoi convincimenti per potersi adattare nel modo migliore possibile all'evoluzione imprevedibile dell'ambiente in cui si trova ad operare. Le persone che per l'età avanzata o per la scarsa apertura mentale non riescono ad aggiornare i propri convincimenti in un mondo che cambia sempre più rapidamente non sembrano fornire un indiscutibile modello di razionalità. Ovviamente, questa osservazione apre un problema di difficile soluzione e comun-

que tuttora del tutto irrisolto: non si può considerare razionale qualsiasi variazione delle preferenze e dei convincimenti se non si vuole diluire il concetto di razionalità ad attributo tautologico del comportamento effettivo. Il problema può essere risolto presumibilmente soltanto definendo un concetto di coerenza di ordine più elevato, basato ad esempio su procedure razionali di revisione dei convincimenti, ed un concetto di razionalità più ampio di quello prevalente in economia e compatibile con la revisione strutturale dei convincimenti e delle stesse preferenze, quali ad esempio il concetto di razionalità procedurale [Simon 1982] oppure il concetto di razionalità progettuale [Vercelli 1987; 1991; 1996].

3.8. Aggiornamento delle probabilità e apprendimento

Strettamente connesso con il problema della coerenza intertemporale discusso nel paragrafo precedente vi è il problema di come si possa analizzare l'apprendimento all'interno di una particolare teoria delle decisioni. Si ha una risposta chiara e cogente (all'interno dei presupposti della teoria) soltanto nel caso della teoria bayesiana; il principio della coerenza delle preferenze e dei convincimenti che sta alla base della teoria di Savage implica la ben nota regola di aggiornamento dei convincimenti detta «di Bayes»:

$$(9) \quad p(A/B) = \frac{p(A \cap B)}{p(B)}$$

Che questa regola abbia un ruolo cruciale nell'ambito dei presupposti della TDD è stato sempre percepito dai principali esponenti della teoria personalista quali de Finetti e Savage, al punto da giustificare la qualifica «bayesiana» attribuita alla teoria stessa. Questa convinzione ha trovato recentemente un fondamento rigoroso nel teorema di Epstein e Le Breton [1993] prima citato. Anche nel caso della teoria frequentista l'apprendimento dei parametri che caratterizzano un processo stocastico ergodico può essere studiato in modo soddisfacente tramite i metodi induttivi della teoria statistica classica applicati alle frequenze empiriche delle variabili rilevanti. Viceversa, nel caso delle TDF l'analisi rigorosa del processo di apprendimento è un problema aperto. I pochi tentativi esistenti hanno cercato di adattare il criterio di aggiornamento bayesiano. Tuttavia questo criterio, come abbiamo visto, implica un tipo di coerenza intertemporale che mi sembra poco plausibile in ipotesi di incertezza forte.

Nel caso di distribuzioni di probabilità multiple sono stati suggeriti due criteri. Secondo la regola del «condizionamento bayesiano convesso» [Kyburg 1987] tutte le distribuzioni di probabilità devono essere condizionate alle nuove informazioni, mentre secondo la regola della «massima verosimiglianza» [Gilboa e Schmeidler 1993] il condizionamento bayesiano viene applicato soltanto alla distribuzione di probabilità che risulta *ex post* più verosimile.

Nel caso di un'unica distribuzione non lineare di capacità è stata suggerita l'applicazione della regola di Dempster e Shafer [Shafer 1976, 66-67]:

$$(10) \quad \nu(A/B) = \frac{\nu(A \cup B^c) - \nu(B^c)}{1 - \nu(B^c)}$$

dove ν è una distribuzione non necessariamente additiva e l'evento B^c è complementare a B , cioè $\Omega \setminus B$. Questa regola è stata concepita specificamente per situazioni caratterizzate da una «funzione dei convincimenti» (vedi par. 3.3). Tuttavia, Gilboa e Schmeidler hanno mostrato che nel caso di «avversione all'incertezza», quando la pluralità di distribuzioni di probabilità *a priori* può essere ridotta ad un'unica distribuzione non-additiva convessa, l'applicazione della regola di Dempster e Shafer ad un'unica distribuzione non-additiva dà gli stessi risultati di un'applicazione della regola di aggiornamento di Bayes alle corrispondenti distribuzioni di probabilità aggiornate secondo la regola della massima verosimiglianza. Posso concludere questo breve excursus osservando che le TDF non hanno ancora trovato una regola di apprendimento che tenga conto in modo soddisfacente delle loro peculiarità. Le regole di apprendimento suggerite finora si basano sulla, o sono riconducibili alla, regola di Bayes ed assicurano pertanto che la nozione tradizionale di coerenza intertemporale venga rispettata ma non sono in grado di analizzare il processo di apprendimento strutturale, cioè il processo di apprendimento specifico associato con l'incertezza forte che conferisce a quest'ultima ipotesi gran parte del suo interesse (per alcuni spunti recenti che potrebbero rivelarsi promettenti, vedi i capitoli di Dimitri e di Dosi, Fagiolo e Marengo).

3.9. Osservazioni conclusive

Le teorie ortodosse delle decisioni in condizione di «rischio», o meglio di «incertezza debole», hanno esercitato una notevole influenza in molte discipline scientifiche, ed in particolar modo in economia.

Il progressivo accumularsi di risultati empirici e sperimentali sfavorevoli ha soltanto ridotto il loro prestigio dal punto di vista descrittivo, ma non ha scalfito finora il loro radicato prestigio normativo. Tuttavia i recenti avanzamenti della teoria delle decisioni in condizioni di incertezza forte non soltanto hanno spiegato alcuni paradossi ed anomalie empiriche ma anche hanno contribuito a sollevare i primi seri dubbi sulla loro fondatezza normativa quando l'incertezza assume modalità diverse da quelle, alquanto restrittive, previste dalle TDD. Questa rassegna critica ha concentrato l'attenzione particolarmente su una di queste teorie: la CEU (*Choquet Expected Utility*), perché è fondata su di una semplice, e alquanto plausibile, modifica del sistema assiomatico delle TDD che permette di elaborare una efficace generalizzazione della TDD che si applica anche nei casi di incertezza forte e che consente di classificare e coordinare un'ampia varietà di teorie delle decisioni. Un punto di forza delle TDF qui richiamate è che permettono di risolvere molti dei paradossi e delle anomalie che hanno messo in crisi le TDD, quali i paradossi di Allais e di Ellsberg. Non è ancora chiaro fino a che punto le TDF siano compatibili con un ragionevole criterio di razionalità in quanto esse tipicamente violano il principio tradizionale di coerenza intertemporale. È stato qui sostenuto che le TDF richiedono un concetto di razionalità più ampio di quello tradizionale e che, a differenza dai concetti ortodossi di razionalità (sostanziale e bayesiana) deve essere compatibile con l'analisi dell'apprendimento strutturale e richiede una nozione di coerenza intertemporale più sofisticata di quella che caratterizza le teorie ortodosse.

Riferimenti bibliografici •

- X Allais, M. (1953), *Le comportement de l'homme rationnel devant le risque: critique des postulats et axiomes de l'école américaine*, in «Econometrica», 21, pp. 503-546.
- Anand, P. (1993), *Foundations of Rational Choice under Risk*, Oxford, Clarendon Press.
- X Anscombe, F.J. e Aumann, R. (1963), *A Definition of Subjective Probability*, in «Annals of Mathematical Statistics», 34, pp. 199-205.
- Arrow, K.J. (1953), *Le rôle des valeurs boursières pour la répartition la meilleure des risques*, in «Econometrie», 11, pp. 41-47; trad. inglese in «Review of Economic Studies», 31 (1964), pp. 91-96.
- (1971), *Essays in the Theory of Risk-bearing*, Amsterdam, North Holland.
- Arrow, K.J. e Hahn, F.H. (1996), *Notes on sequence economies, transaction*

costs and uncertainty, Quaderno n. 204 del Dipartimento di Economia Politica, Università di Siena.

X Arrow, K.J. e Hurwicz, L. (1972), *Optimality criterion for decision-making under ignorance*, in C.F. Carter e J.L. Ford (a cura di), *Uncertainty and Expectations in Economics*, Oxford, Basil Blackwell, pp. 1-11.

Audi, R. (a cura di) (1995), *The Cambridge Dictionary of Philosophy*, Cambridge, Cambridge University Press.

X Barret, C.R. e Pattanaik, P.K. (1986), *Decision making under complete uncertainty: the ordinal framework*, in S. Sen (a cura di), *Uncertainty in Economic Life*.

Basili, M. e Vercelli, A. (1998), *Environmental option values uncertainty aversion, and learning*, in G. Chichilnisky, J. Heal e A. Vercelli (a cura di), *Sustainability: Dynamics and Uncertainty*, Dordrecht, Kluwer.

Bell, D.E., Raiffa, H. e Tversky, A. (a cura di) (1988), *Decision making: descriptive, normative and prescriptive interactions*, Cambridge, Cambridge University Press.

Bewley, T.F. (1986), *Knightian Decision Theory: Part I*, Cowles Foundation Discussion Paper n. 807, New Haven (Conn.).

Billot, A. (1992), *From fuzzy set theory to non-additive probabilities: How have economists reacted?*, in «Fuzzy Sets and Systems», 49, pp. 75-90.

Camerer, C. e Weber, M. (1992), *Recent Developments in Modeling Preferences: Uncertainty and Ambiguity*, in «Journal of Risk and Uncertainty», 5, pp. 325-370.

Chateauneuf, A., Kast, R. e Lapied, A. (1992a), *Choquet Pricing for Financial Markets with Frictions*, mimeo.

— (1992b), *Pricing in Slack Markets*, Document de Travail GREQE, n. 2A05.

Chateauneuf, A. e Jaffray, J.Y. (1989), *Some characterizations of lower probabilities and other monotone capacities through the use of Möbius inversion*, in «Math. Social Sciences», 17, pp. 263-283.

X Choquet, G. (1955), *Theory of Capacities*, in «Annales de l'Institut Fourier», 5, pp. 131-295.

Curley, S.P., Young, M.J. e Abrams, R.A. (1986), *Psychological Sources of Ambiguity Avoidance*, in «Organizational Behaviour and Human Decision Processes», 38, pp. 230-256.

X De Finetti, B. (1937), *La Prévision: Ses Lois Logiques, Ses Sources Subjectives*, in «Annales de l'Institut Henry Poincaré», 7, pp. 1-68; trad. inglese *Forecasting: Its Logical Laws, Its Subjective Sources*, in Kyburg e Smokler [1980, 93-158].

— (1974), *Theory of Probability*, New York, Wiley.

X Dempster, A.P. (1967), *Upper and lower probabilities induced by a multivalued mapping*, in «Ann. Math. Statistics», 38, pp. 325-339.

Diaconis, P. e Freedman, D. (1986), *On the consistency of Bayes estimates*, in «The Annals of Statistics», 14, 1, pp. 1-26.

Dow, J. e Werlang, S.R.C. (1992a), *Excess volatility of stock prices and Knightian uncertainty*, in «European Economic Review», 36, pp. 631-638.

- (1992b), *Uncertainty aversion, risk aversion, and the optimal choice of portfolio*, in «Econometrica», 60, pp. 197-204.
- (1992c), *The ex-ante non-optimality of the Dempster-Shafer rule for ambiguous beliefs*, EPGE - Fundação Getulio Vargas, Working Paper n. 185.
- ✗ Dubois, D. (1980), *Un économiste précurseur de la théorie des possibilités: G.L.S. Shackle*, BUSEFAL, 2, pp. 70-73.
- Easley, D. e Rustichini, A. (1996), *A choice without beliefs*, CORE DP.
- ✗ Ellsberg, D. (1961), *Risk, ambiguity, and the Savage axioms*, in «Quarterly Journal of Economic», 75, pp. 643-669.
- Elster, J. (1979), *Ulysses and the Sirens. Studies in rationality and irrationality*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Epstein, L. (1980), *Decision Making and Temporal Resolution of Uncertainty*, in «International Economic Review», 21, pp. 269-283.
- ✗ Epstein, L. e Le Breton, M. (1993), *Dynamically Consistent Beliefs Must Be Bayesian*, in «Journal of Economic Theory», 61, pp. 1-22.
- Fellner, W. (1961) *Distortion of Subjective Probabilities as a Reaction to Uncertainty*, in «Quarterly Journal of Economics», 75, pp. 670-694.
- ✗ Feynman, R.P. et al. (a cura di) (1963), *The Feynman Lectures on Physics*, vol. 1, pp. 643-669.
- Fishburn, P.C. (1988), *Nonlinear preferences and utility theory*, Baltimore, Johns Hopkins University Press.
- Fourgeaud, C., Gourieroux, C. e Pradel, J. (1986), *Learning Procedure and Convergence to Rationality*, in «Econometrica», 54, pp. 845-868.
- Freedman, D.A. e Purves, R.A. (1969), *Bayes' method for bookies*, in «Annals of Mathematical Statistics», 40, pp. 1177-1186.
- Frisch, D. e Baron, J. (1988), *Ambiguity and Rationality*, in «Journal of Behavioural Decision Making», 1, pp. 149-157.
- ✗ Gärdenfors, P. e Sahlin, N.-E. (1982), *Unreliable Probabilities, Risk Taking, and Decision Making*, in «Synthèse», 53, pp. 361-386.
- Garrett, A.J.M. (1990), *Bell's Theorem and Bayes' Theorem*, in «Foundations of Physics», 20, 12, pp. 1475-1512.
- Ghirardato, P. (1994), *Coping with Ignorance: Unforeseen Contingencies and Non-additive Uncertainty*, Discussion Paper, Department of Economics, Berkeley.
- ✗ Gilboa, I. (1987), *Expected Utility with Purely Subjective Non-Additive Probabilities*, in «Journal of Mathematical Economics», 16, pp. 65-68.
- (1989), *Additivizations of Nonadditive Measures*, in «Mathematics of Operation Research», 4, pp. 1-17.
- ✗ Gilboa, I. e Schmeidler, D. (1989), *Maximin expected utility with a non-unique prior*, in «Journal of Mathematical Economics», 18, pp. 141-153.
- (1993), *Updating Ambiguous Beliefs*, in «Journal of Economic Theory», 59, pp. 33-49.
- ✗ — (1994), *Case-based decision theory*, mimeo.
- Guiso, L. e Terlizzese, D. (1994), *Economia dell'incertezza e dell'informazione*, Milano, Hoepli.

- Hammond, P. (1976), *Changing tastes and coherent dynamic choice*, in «Review of Economic Studies», 43, pp. 159-173.
- (1988), *Consequentialism and the independence axiom*, in B. Munier (a cura di), *Risk, Decision and Rationality*, Amsterdam, Reidel, pp. 503-516.
- (1989), *Consistent plans, consequentialism and expected utility*, in «Econometrica», 57, 6, pp. 1445-1449.
- Hart, A.G. (1942), *Risk, Uncertainty, and the Unprofitability of Compounding Probabilities*, in O. Lange, F. McIntyre e T.O. Yntema (a cura di), *Studies in Mathematical Economics and Econometrics*, Chicago, Chicago University Press.
- Hayek, F.A. (1988), *Conoscenza, mercato, pianificazione*, Bologna, Il Mulino.
- Heath, C. e Tversky, A. (1991), *Preference and Belief: Ambiguity and Competence in Choice under Uncertainty*, in «Journal of Risk and Uncertainty», 4, pp. 5-28.
- Hogart, R.M. e Einhorn, H.J. (1990), *Venture Theory: A Model of Decision Weights*, in «Management Science», 36, pp. 780-803.
- Jaynes, E.T. (1983), *Papers on Probability, Statistics and Statistical Physics*, Dordrecht, Reidel.
- Jones, R. e Ostro, J. (1984), *Flexibility and Uncertainty*, in «Review of Economic Studies», 51, pp. 13-32.
- Kelsey, D. e Quiggin, J. (1992), *Theories of choice under ignorance and uncertainty*, in «Journal of Economic Surveys», vol. 6, n. 2, pp. 133-153.
- Keppe, H.-J. e Weber, M. (1991), *Judged Knowledge and Ambiguity Aversion*, Working Paper n. 277, Christian-Albrechts Universität, Kiel.
- ✗ Keynes, J.M. (1921), *Treatise on Probability*, London, Macmillan (C W VIII: *The Collected Writings of John Maynard Keynes*, vol. VIII, London, Macmillan, 1973); trad. it. a cura di A. Pasquinelli e S. Mazzetti Dall'Aste Brandolini, *Trattato sulla probabilità*, Bologna, CLUEB, 1994.
- (1936), *The General Theory of Employment. Interest and Money*, London, Macmillan (C W VII: *The Collected Writings of John Maynard Keynes*, vol. VII, London, Macmillan, 1973); trad. it. a cura di A. Campolongo, *Occupazione, interesse e moneta. Teoria generale*, Torino, UTET, 1968.
- ✗ Knight, F. (1921), *Risk, Uncertainty and Profit*, New York, Houghton Mifflin.
- Kreps, D. (1979), *A representation theorem for preference for flexibility*, in «Econometrica», 47, pp. 565-577.
- (1988), *Notes on the Theory of Choice*, Boulder (Colo.), Westview Press.
- (1992), *Static Choice in the Presence of Unforeseen Contingencies*, in P. Dasgupta, D. Gale, O. Hart e E. Maskin (a cura di), *Economic Analysis of Markets and Games. Essays in Honor of Frank Hahn*, Cambridge (Mass.), The MIT Press, 1992.
- Kurz, M. (1974), *The Kesten-Stigum Model and the Treatment of Uncertainty in Equilibrium Theory*, in M.C. Balch, D.M. McFadden e S. Wu (a cura di), *Essays in Economic Behaviour under Uncertainty*, Amsterdam, North Holland.
- (1991a), *On rational belief equilibria*, Discussion Paper, Stanford University.

- Sarin, R. e Wakker, P. (1992), *A Simple Axiomatization of Nonadditive Expected Utility*, in «Econometrica», 60, pp. 1255-1272.
- X Savage, L.J. (1954), *The Foundations of Statistics*, New York, Wiley. Revised and enlarged edition, New York, Dover, 1972.
- X Schmeidler, D. (1982), *Subjective probability without additivity*, Working Paper, Foerder Institute for Economic Research, Tel Aviv University.
- (1986), *Integral representation without additivity*, in «Proceedings of the American Mathematical Society», 97 (2), pp. 255-261.
- (1989), *Subjective probability and expected utility without additivity*, in «Econometrica», 57, pp. 571-587.
- Segal, U. (1987), *The Ellsberg paradox and risk aversion: An anticipated utility approach*, in «International Economic Review», 28 (1), pp. 175-202.
- Shackle, G.L.S. (1952), *Expectations in Economics*, Cambridge, Cambridge University Press.
- X Shafer, G. (1976), *A Mathematical Theory of Evidence*, Princeton, Princeton University Press.
- (1978), *Non-additive probabilities in the works of Bernoulli and Lambert*, in «Arch. Hist. Exact. Sci.», 19, pp. 309-370.
- (1985), *Conditional Probability*, in «International Statistical Review», 53, pp. 261-277.
- (1988), *Savage revisited*, in Bell, Raiffa e Tversky [1988, 193-234].
- X Simon, H.A. (1956), *Dynamic Programming under Uncertainty with a Quadratic Criterion Function*, in «Econometrica», 24, pp. 74-81.
- X — (1982), *Models of Bounded Rationality*, Cambridge (Mass.), The MIT Press.
- Simonsen, M. e Werlang, S.R.C (1991), *Subadditive probabilities and portfolio inertia*, in «Revista de Econometria», 11, pp. 1-19.
- Smets, P. (1990), *The combination of Evidence in the Transferable Belief Model*, in «IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence», 12, pp. 447-458.
- Strotz, R.H. (1959), *Myopia and inconsistency in dynamic utility maximization*, in «Review of Economic Studies», 23, pp. 165-180.
- Tversky, A. e Kahneman, D. (1981), *The Framing of Decisions and the Psychology of Choice*, in «Science», 211, pp. 453-458.
- Vercelli, A. (1991), *Methodological foundations of macroeconomics. Keynes and Lucas*, Cambridge, Cambridge University Press.
- X — (1994), *Incertezza, razionalità e apprendimento*, in T. Cozzi, P.C. Nicola, L. Pasinetti e A. Quadrio Curzio (a cura di), *Benessere, equilibrio e sviluppo. Studi in onore di Siro Lombardini*, Milano, Vita e Pensiero.
- (1995), *From soft uncertainty to hard environmental uncertainty*, in «Economie Appliquée», 48, pp. 251-269.
- (1996), *La teoria della preferenza per la liquidità: opzioni interpretative e valori di opzione*, in C. Gnesutta (a cura di), *Incertezza, moneta, aspettative, equilibrio. Saggi per Fausto Vicarelli*, Bologna, Il Mulino.
- (1997), *Uncertainty, Rationality and learning: a Keynesian perspective*, paper presented at the Conference on «Keynes and Uncertainty», di prossima

pubblicazione nei *Proceedings of the Conference*, a cura di J. Hillard e S. Dow, London, Elgar.

✓ von Neumann, J. e Morgenstern, O. (1944), *Theory of games and Economic Behaviour*, Princeton, Princeton University Press.

— (1998), *The recent advances in decision theory under uncertainty*, in Luini [1998, 215-241].

Wakker, P. (1989), *Continuous Subjective Expected Utility with Non-Additive Probabilities*, in «Journal of Mathematical Economics», 18, pp. 1-27.

✗ (1990), *A behavioural foundation for fuzzy measures*, in «Fuzzy Sets and Systems», 37, pp. 327-350.

Walley, P. (1991), *Statistical Reasoning with Imprecise Probabilities*, London, Chapman and Hall.

Willinger, M. (1988), *The foundations of the theory of choice between experiments*, in «Fourth international conference on the foundations and applications of utility, risk and decision theory», Budapest.

— (1989), *Flexibilité et valeur de l'information*, in P. Cohendet e P. Llerena (a cura di), *Flexibilité, information et décision*, Paris, Economica, pp. 103-120.

— (1990), *Irréversibilité et cohérence dynamique des choix*, in «Revue d'Economie Politique», 100, 6, pp. 808-832.

Yaari, M. (1987), *The dual theory of choice under risk*, in «Econometrica», 55 (1), pp. 95-115.

✗ Zadeh, L.A. (1965), *Fuzzy sets*, in «Information and Control», 8, pp. 338-353.

— (1978), *Fuzzy Sets as a Basis for a Theory of Possibility*, in «Fuzzy Sets and Systems», 1, pp. 3-28.