

Elena Fregonara

Politecnico di Torino, Dipartimento
Casa-città
E-mail: elena.fregonara@polito .it

Il Risk Management nei progetti di investimento attraverso la Multi Criteria Decision Analysis¹

Usually, we consider *Multi Criteria Decision Analysis (MCDA)* as a deterministic approach to support complex decisions, which involve multidisciplinary profiles. Furthermore, *risk analysis* is considered as an integral part of investments analysis, also in a probabilistic version. In this work, we are going to explore the applicability of probabilistic MCDA in supporting risk analysis practices (as a part of *project management* activities), in economic feasibility evaluation of the real estate investment projects. It is assumed a management approach based on adaptive approach instead of optimization approach; to operate in context characterized by the presence of risk/uncertainty components; that these components are able to perturb decision processes and strategic choices, conditioned by subjectivity/uncertainty of stakeholders and institutions in judgement definition phase (decision maker's utility functions, criterion scores, ranking of alternatives, etc.).

Parole chiave: *Risk Analysis/ Management, MCDA, Probabilistic Approaches, Participatory Processes, Regime Method*
Codice di classificazione argomento
JEL

1. Introduzione

L'approccio multicriteriale recepisce e rafforza il carattere intersettoriale delle discipline valutativo-estimale. Esso dimostra l'efficacia della valutazione quale vero e proprio input nella progettazione e nella verifica delle componenti non solo fisico-tecniche, tecnologiche e finanziarie dei progetti, ma anche delle loro componenti qualitative. In ragione della sua più immediata applicabilità esplica una forte valenza "educativa" anche come supporto al momento della progettazione, sia che ci riferiamo a progetti di nuova costruzione sia nel caso di interventi sul patrimonio edificato storico-architettonico.

In questo scritto si esplora il "duplice ruolo" che la MCDA può rivestire nella decisioni caratterizzate da componenti di rischio e incertezza: nella visione classica come strumento di aiuto alla decisione e come chiave di lettura del livello di strutturazione del processo decisionale; secondo un approccio più recente, come strumento per il *risk management* negli investimenti complessi, a corredo delle attività di *project management*.

Il tema del controllo/gestione delle componenti rischiose di un investimento è già stato dissodato in precedenti studi e ricerche riferite al settore immobiliare, con

¹ L'autore ringrazia i Lettori della Rivista per le utili osservazioni formulate. Com'è ovvio la responsabilità dello scritto ed, in particolare, di eventuali errori è dell'autore

riferimento costante all'apparato teorico e tecnico dell'analisi di rischio; tuttavia, viene qui riaffrontato in vista della sperimentazione di modelli multicriteriali e di analisi di rischio pensati in maniera congiunta. Questa proposta è confortata dal fatto che il processo di gestione del rischio è fondamentalmente di natura multicriteriale, dal momento che le stesse componenti di rischio nelle applicazioni sono, di solito, associate al loro *trade-off* (van Gelder, Duckstein, Parent 2004). Il più delle volte, la natura stessa dei criteri è relazionata al rischio.

È sottinteso in tutto il ragionamento il passaggio dall'approccio alla gestione basato sull'ottimizzazione (*optimization-based management*) ad un approccio di tipo adattivo (*adaptive management*).

Se si intende selezionare la tecnica che più si presta allo scopo – sulla base della sua predisposizione ad operare in condizioni di incertezza – individuiamo nel *Regime Method* l'approccio su cui riflettere. In precedenti studi il *Regime Method* era stato definito come “tecnica particolarmente adatta ad essere utilizzata nel caso in cui ad essere valutate siano le risorse architettoniche e culturali”... “messe tra loro in alternativa e confrontate sulla base di indicatori economici (propri della *Cost-Benefit Analysis*), di parametri socio-culturali, storici, architettonici, artistici ed ambientali” (Curto, Fregonara 1991). Oltre a prestarsi bene al trattamento delle componenti qualitative della realtà, ha il merito di non prospettare una soluzione preferibile, bensì il quadro delle soluzioni possibili a seconda dei diversi pesi attribuiti ai criteri, rendendo così esplicito il rapporto tra decisione e sistema di valori alla base della decisione stessa. Ciò è coerente con il dato generale che la MCDA rinuncia al paradigma dell'ottimalità, ritenuto scarsamente operativo, sostituendolo con quello del compromesso accettabile, il quale comporta il raggiungimento di risultati soddisfacenti per il decisore. Inoltre, esso supera le difficoltà insite nell'assegnazione dei pesi imponendo che per l'oggetto di analisi decisionale emerga l'importanza di tutte le diverse dimensioni componenti, che sia esplicitato il ruolo che a ciascuna di esse è assegnato dalla società insieme al sistema di valori sotteso. È infatti dal sistema dei pesi che deriva la definizione degli obiettivi, dei criteri e della loro distribuzione in termini di importanza, la definizione della gerarchizzazione.

Nella generalità dei casi le tecniche multicriteriali sono rappresentate da modelli di natura deterministica mentre il *Regime Method*, per la sua struttura formale, è in grado di trattare dati e produrre risultati con operazioni di natura probabilistica. Sulla base dell'obiettivo, delle alternative e dei criteri selezionati il metodo prevede la costruzione della matrice di impatto ordinale, la quale contiene i giudizi attribuiti agli impatti di ogni alternativa rispetto a ciascun criterio, utilizzando dove possibile informazioni quantitativo-monetarie secondo procedure normative e ricorrendo al giudizio di esperti in caso di criteri qualitativi. Proprio perché questi non sono univoci e non esiste un pari livello di formalizzazione è necessario limitare i gradi di libertà nei modi possibili per misurarli, facendo riferimento a contesti concreti, ricorrendo all'interazione fra gli individui, gli esperti, la collettività, le istituzioni.

Quest'ultimo punto è un secondo indirizzo di ragionamento che trae spunto dall'apertura della MCDA ai metodi partecipativi; questi sono concepiti dall'evi-

denza empirica come strumento di strutturazione del processo decisionale: al contempo supporto e apporto tecnico nella ricerca delle soluzioni di consenso in percorsi argomentativi e nei confronti non formali. Contestualmente, la consultazione con soggetti esperti è ritenuta parte integrante della gestione del rischio: su questo fonda la proposta di un processo operativo che ricorre alla MCDA integrata con strumenti partecipativi e sulla consultazione con esperti come mezzo per incrementare l'oggettività (o, viceversa, per ridurre la soggettività) nelle fasi di stima e valutazione del rischio.

Inoltre, in questo lavoro si prova a tracciare una "struttura coesiva", per quanto possibile sistematica e coerente, di metodi tradizionalmente studiati separatamente – MCDA, analisi di rischio e modelli partecipativi – con riferimento alle pratiche della valutazione economica dei progetti nel mercato immobiliare italiano.

Il punto 2 richiama in premessa alcune assunzioni circa le tecniche multicriteriali che, esito di recenti aperture nella ricerca, sono recepite nel ragionamento; accento è posto sull'uso di modelli in modalità congiunta. Nel punto 3 si sottolineano le potenzialità della MCDA per il trattamento delle componenti di incertezza nei processi di decisione e delle componenti di rischio – anche finanziario – nel progetto. Centralità è posta sull'integrazione fra modelli multicriteria e approcci di ordine partecipativo e le possibili ricadute sulla gestione del rischio. Vengono esplicitate nel punto 4 le ragioni per la selezione del *Regime Method* quale tecnica multicriteria indicata per la valutazione in contesti incerti e per la gestione del rischio nei progetti di investimento pubblici, con brevi richiami ad aspetti formali e operativi della procedura. Si propone, nella sezione 5, un percorso logico coesivo a supporto del processo decisionale illustrandone i relativi passaggi e le integrazioni. Nel punto 6, in chiusura, si fissano alcuni spunti per future riflessioni.

2. Assunzioni fra le recenti aperture teoriche nella MCDA

L'impostazione delle tecniche multicriteria è in questa sede riconsiderata alla luce di recenti applicazioni di altri metodi quali, per esempio, il *Delphi Method* o la *Conjoint Analysis*. Il primo (Adler, Ziglio 1996), a partire da obiettivi, criteri e alternative come nel caso della MCDA, si basa su giudizi espressi da un panel di esperti (in modo reiterato), ricercando l'alternativa che incontra maggiore convergenza; il secondo (De Luca 2006), in presenza di funzioni alternative, ricerca quella preferita facendo emergere le preferenze dei potenziali fruitori delle diverse attività.

Sono più in specifico riprese le proposte di applicazione della MCDA in modalità congiunta con il *Delphi Method* (Coscia, Fregonara 2007). Il *Delphi Method* come si detto è uno strumento particolarmente adatto a prefigurare scenari di sviluppo alternativi, fornendo elementi di valutazione del grado di desiderabilità/fattibilità per ciascuno di essi; è in grado di operare la rilevazione e l'analisi statistica di valutazioni soggettive formulate da un panel di soggetti esperti, presenti nel processo in qualità di esperti "puri", o di osservatori, o di decisori. Esso può integrarsi con la MCDA con finalità diverse: per esempio, per strutturare la fase di attribuzione dei punteggi nei confronti a coppie fra criteri, nel caso di modelli multicriteria gerar-

chici (secondo il “principio dei giudizi comparati”)²; oppure, per una più robusta validazione degli ordinamenti finali ottenuti dall’elaborazione dei risultati a partire dalle interviste prodotte in ambito *Delphi*, costituendosi così momento di congiunzione tra gli approcci revisivi di tipo quantitativo e quelli di tipo qualitativo³.

Sempre in questo lavoro è recepita la discussione intorno ai problemi della scelta sociale e dei possibili collegamenti fra tecniche di valutazione socio-economica e tecniche multicriteria, da cui sfocia la *Social Multi Criteria Evaluation* (Munda 2003). Essa propone l’integrazione dei modelli multicriteria classici con analisi sociali, per il trattamento dei problemi di ordine economico congiuntamente all’ambito delle scienze decisionali e delle scelte sociali: la *Social Multi Criteria Evaluation* consiste nella combinazione fra approcci partecipativi e istituzionali e tecniche di valutazione multicriteriali. I primi hanno il compito di strutturare i punti di vista in gioco e dei relativi stakeholders, ai diversi livelli territoriali, mentre le seconde sono finalizzate ad accrescere il grado di comprensione del problema decisionale con attenzione alle componenti qualitative.

3. MCDA in condizioni di incertezza nella decisione e di rischio nel progetto

È stato messo in evidenza nella pubblicistica come le tecniche multicriteria siano spesso chiamate ad operare in condizioni di incertezza, da ascrivere a diverse ragioni; seppure varie, queste ultime sono riconducibili a due ordini di questioni: in primo luogo, la presenza di elementi di rischio e di incertezza nella definizione delle alternative di progetto e delle conseguenze associate alla scelta di ciascuna di esse; secondo, la presenza di elementi di soggettività e di incertezza nella definizione della forma della funzione di utilità del decisore, ovvero nella definizione della scala dei pesi (priorità) fra criteri decisionali e alternative.

In entrambe i casi, il rischio è analizzato secondo tre profili: la probabilità che un evento a rischio ricorra; le conseguenze in caso l’evento a rischio si verifichi; le misure necessarie per prevenire o almeno minimizzare le conseguenze attese.

È implicito come l’individuazione dei rischi e delle relative fonti costituisca un passaggio preliminare imprescindibile, indipendentemente dal contesto di analisi. Negli investimenti immobiliari in particolare l’esplicitazione dei fattori di rischio, insieme all’assegnazione di quantità numeriche, è un passaggio utile per l’identifi-

² L’opinione del panel di esperti oggettiva la formulazione dei giudizi e aumenta il grado di consistenza interna delle matrici di impatto, prodotte dal confronto a coppie fra gli elementi di ogni livello della gerarchia, rispetto ad ogni elemento del livello superiore.

³ Data la soggettività che caratterizza gli ambiti decisionali di riferimento – punto che verrà sviluppato in seguito – è consigliabile per esempio l’uso del *Delphi* in forma preliminare, sottoponendo agli esperti ipotesi sulle probabilità che si verifichino eventi significativi, rafforzando la validazione “incrociata” degli ordinamenti finali ottenuti. Per approfondimenti si veda Coscia C., Fregonara E. “Metodo *Delphi* e Multi-criteria Evaluation a supporto delle scelte strategiche fra “metaprogetti”: avanzamenti e proposte”, in Curto R., Stellan G. (a cura di), *La Ricerca Scientifica nel Campo dell’Estimo e della Valutazione. Stato dell’arte, prospettive e casi di studio*, Roma., DEI, 2007.

cazione di quelle variabili possono interferire sul Valore Attuale Netto del progetto e sui rendimenti finali (Cacciamani 2003).

A questo proposito, il ponte concettuale che lega l'analisi degli investimenti con la previsione del rischio, con accezione finanziaria, è significativamente denso. Teorie e tecniche quantitative di natura multicriteriale possono essere spese anche a supporto delle decisioni finanziarie, intrecciandosi con le più attuali tecniche di analisi del rischio finanziario. Come sottolineano Spronk e Steuer, infatti, gli ultimi decenni sono stati fortemente influenzati dalla globalizzazione dei mercati finanziari, dalla crescente competitività fra le imprese e da un generale processo di accelerazione delle trasformazioni nella società e nella tecnologia, con ricadute in termini di incertezza e di instabilità negli ambiti della finanza (Spronk, Steuer 2005). Gli Autori sostengono la necessità di operare forti integrazioni fra la teoria finanziaria, gli strumenti della ricerca operativa (di cui la MCDA costituisce una branca avanzata) e la modellizzazione matematica, contrapponendo la tendenza passata a mantenere separate le sfere del *decision making* dalle discipline economico-finanziarie.

Bisogna risalire agli anni '50 del Novecento per constatare che già la Teoria del Portafoglio di Markowitz apriva, contestualmente alla problematica della selezione e gestione dei portafogli di investimento, al contributo della ricerca operativa: non solo per il trattamento dei problemi decisionali squisitamente finanziari ma anche ai settori degli investimenti di capitale delle imprese, alla previsione dei rischi, alla pianificazione finanziaria, ecc. Implicitamente viene riconosciuto, dunque, il carattere multicriteriale del problema della selezione/gestione del portafoglio. Solo di recente, però, è stata posta centralità sulla congiunzione della MCDA per la previsione e il controllo del rischio finanziario, a seguito della crescente complessità che si incontra nelle decisioni nei settori della finanza e degli evidenti limiti degli strumenti che si fondano sul solo criterio della massimizzazione del profitto. Molteplici sono infatti i soggetti coinvolti dalle decisioni finanziarie, molteplici i vincoli politici, variegata le fonti di rischio e le potenziali conseguenze a tutti i livelli economici: l'attuale crisi è, di fatto, un esempio di tale portata.

Il legame dunque fra MCDA e *decision making* finanziario trova ricadute su diversi versanti, fra cui:

- 1) i problemi dell'allocazione delle risorse, che trovano un legame diretto con la Teoria del portafoglio, il *Capital Asset Pricing Model* o approccio quantitativo-finanziario, il *Build-up-Approach*;
- 2) i problemi legati alla scelta fra alternative di investimento diverse, fra cui i progetti. A differenza dei precedenti si tratta, è utile specificare, di problemi discreti;
- 3) i problemi legati alle istituzioni finanziarie e alle imprese.

Tutti sono accomunati dai concetti di valore finanziario del tempo (vi sono almeno tre componenti che lo determinano: l'inflazione, il rischio, la preferenza per la liquidità) e di costo-opportunità.

Di speciale interesse, rispetto a questo scritto, è il secondo versante: il potenziale contributo della MCDA nei problemi decisionali discreti di ordine finanziario.

Spronk e Steuer classificano le questioni della scelta fra progetti di investimento alternativi fra i problemi decisionali finanziari discreti in cui centrale è, appunto, il processo di scelta; questi possono essere affrontati con procedure che si differenziano a seconda del modello di aggregazione da esse adottato. Assumendo la classificazione degli Autori, distinguiamo tre principali approcci aggregativi: 1) *outranking relations* (forma relazionale); 2) *utility function* (forma funzionale); 3) *decision rules* (forma simbolica). Al primo gruppo afferiscono i metodi Electre e Promethee; al secondo gruppo il metodi basati sulla Multiattribute Utility Theory (MAUT), fra cui si citano i metodi UTA, UTADIS, MHDIS; il terzo gruppo è invece rappresentato dai modelli basati sulla Rough Set Theory.

Demandando alla letteratura citata per i dovuti approfondimenti, è ancora utile ribadire che fra le applicazioni della MCDA in ambito finanziario ricorrono i temi della stima del rischio legato al fallimento di impresa e al credito, alla già menzionata selezione e gestione del portafoglio, alla valutazione della prestazione d'impresa e, infine, alla valutazione degli investimenti. Ognuno è trattato con tecniche multicriteriali di volta in volta differenziate sul piano del modello di aggregazione ad esse associato⁴.

L'integrazione fra MCDA e analisi del rischio finanziario, da quanto sin qui detto, può porsi a supporto e a fianco delle tecniche di analisi del rischio, integrandosi perfettamente con gli approcci più avanzati. Fra questi, è da segnalare la *Real Option Theory* o *Option Pricing Theory* (Trigeorgis, Mason 1987), già sperimentata nell'ambito della valutazione dei progetti immobiliari sia privati che pubblici. Il suo punto di forza sta nella capacità di includere quasi tutte le tecniche a disposizione e sinora studiate separatamente l'una dall'altra: la tecnica degli Alberi Decisionali, le tecniche di simulazione, gli approcci probabilistici e simulativi anche congiunti.

Certamente è un passo avanti l'inclusione diretta di questi diversi aspetti nella valutazione e nella programmazione, per esempio nella forma di "percorsi critici". Un efficace apporto in questo senso è offerto dall'insieme delle attività volte a individuare, misurare, valutare e controllare il rischio di un progetto, tutte integrate nel concetto di *risk management*. Questo, così è stato definito (Reichelt, Peldschus 2005), può essere inteso come "metodo aggiuntivo al *project management*" il quale, a sua volta, ha lo scopo di verificare l'efficienza del processo di attuazione del progetto attraverso la sua gestione (organizzazione, programmazione temporale, monitoraggio delle risorse). Il ruolo del *risk management* all'interno del *project management* è, più precisamente, il trattamento di quelle conseguenze negative o positive (rischi o opportunità) che sfuggono alla pianificazione.

Nelle definizioni classiche ricorrono alcune attività che corredano il campo delle valutazioni economiche dei progetti condizionati da rischio e che costituiscono parte integrante del *risk management*: fra queste, centrali sono le fasi di *risk iden-*

⁴ Per approfondimenti in merito alla classificazione dei metodi e ai loro utilizzi ricorrenti nel campo della valutazione degli investimenti si veda Spronk J., Steuer R.E, *Multicriteria Decision Aid/Analysis in Finance*, in Figueira, J., Greco, S., Ehrgott, M. (eds), *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Survey*, NY. Springer, 2005.

tification e *risk evaluation*. La prima, *risk identification*, agisce a partire dagli obiettivi posti e dalla struttura del progetto, di cui analizza tutti i *work packages* in relazione ai rischi potenziali. Casi recenti e avanzati consigliano la produzione di un vero e proprio "catalogo dei rischi" del progetto associata possibilmente ad una loro gerarchizzazione (prodotta per esempio attraverso tecniche di *brainstorming*). La fase di *risk evaluation* si concentra invece sugli effetti dei rischi potenziali, misurati (o stimati) quantitativamente mediante il ricorso a scale di misura cardinali, ordinali, oppure elencati nominalmente. Ovvie difficoltà emergono qualora non si possa ricorrere a valori misurabili, ovvero non si possa esprimere numericamente una probabilità di accadimento o una stima monetaria; in tali casi si ammette il confronto con priorità, ordinali o nominali (considerate unità di misura), tesaurizzando l'apporto dell'esperienza degli esperti coinvolti. In tale caso però, come si dirà meglio in seguito, si deve sottolineare che i giudizi espressi dai soggetti rappresentano di fatto previsioni soggettive, i cui limiti possono talvolta essere superati mediante attività di stima dei rischi organizzate in *teams*, confidando cioè sulla maggiore affidabilità delle decisioni di gruppo rispetto a quelle dei singoli.

A corredo, la fase di *pianificazione delle misure per il risk management* è destinata ad indicare le azioni per evitare, ridurre, sopportare rischi, verificandone la copertura finanziaria nel bilancio del progetto. Essa è accompagnata dal *controllo delle misure di rischio*, che si sostanzia nel monitoraggio continuativo nel corso del progetto.

Tornando ora alle considerazioni poste in apertura al paragrafo, due sono le questioni sollevate – incertezza nel processo decisionale e rischio nel progetto – e due sono le possibili modalità per affrontarle. Un primo approccio prevede il ricorso all'analisi stocastica, che affronta il trattamento delle componenti di rischio e incertezza in termini di distribuzioni di probabilità. Più note in questo campo sono le applicazioni della *Probability Analysis* nella risoluzione di modelli finanziari, nel campo della valutazione dei progetti privati (Curto, Fregonara 1999). I metodi stocastici però si sposano efficacemente anche con i modelli MCDA per le valutazioni di ordine pubblico: per esempio mediante il ricorso ai classici Metodi Monte Carlo per l'Analisi di sensibilità deterministica o stocastica o, in alternativa, alcune meno note applicazioni del *Analythic Hierarchy Process* (AHP). Un secondo approccio consiglia il ricorso a modelli e procedure che rinunciano al paradigma dell'ottimalità per rivolgersi a soluzioni di compromesso – quali i metodi ad "ordinamento debole" o "non completo" (Roy, 1976; Zimmermann 1981) – integrati da approcci partecipativi.

Gli indirizzi teorici richiamati sollevano concetti che andrebbero trattati separatamente; tuttavia, si prova ora ad integrare i diversi elementi del ragionamento.

MCDA e processi partecipativi: approcci integrati e metodi "creativi" per la ricerca del compromesso e per la gestione del rischio

È inutile ribadire la portata strategica che l'utilizzo di tecniche di valutazione può implicare negli stadi preliminari come in quelli intermedi dei processi di svi-

luppo immobiliare: dal controllo e gestione in fase di progettazione e attuazione, al monitoraggio e gestione nelle fasi post-progettuali e di esercizio. Tecniche di valutazione che non sempre sono da ascrivere all'ambito degli approcci formali che l'economia ha messo a punto: costituisce infatti momento valutativo lo sviluppo di pratiche argomentative supportate da strumenti di ordine non formale, tesi, almeno in parte, a supportare il confronto tra soggetti portatori di interesse. *Project Brainstorming, Swat Analysis, Focus Groups, Delphi Method, Panel of Experts, Community Impact Analysis*, ecc., sono metodi in cui la valutazione svolge – indirettamente – un vero e proprio ruolo di analisi dei conflitti ove si confrontano giudizi di valore di natura tecnica, economica, sociale, ambientale e politica. Ciò implica il coinvolgimento degli *stakeholders* (tecnici o non tecnici) nella decisione e gestione e, dunque, il confronto fra diversi obiettivi e valori. In questi casi si assume che i conflitti siano risolvibili con l'individuazione di soluzioni di compromesso accettabile.

Il fatto che i metodi non formali consentano un dialogo più aperto e meno costretto dai vincoli della rigidità formale implica, per contro, l'aumento del grado di soggettività che deve essere, pertanto, controllata e ridotta. Controllata, per esempio attraverso applicazioni di Analisi di sensibilità, mediante la quale si verifica la robustezza dei risultati (*rankings*) al cambiare delle variabili di ingresso (ad esempio i pesi); ridotta, attraverso l'integrazione delle informazioni provenienti da applicazioni di metodi partecipativi.

Spostando la riflessione dalla valutazione in senso lato al trattamento del rischio, le fasi di *risk identification*⁵ e *risk evaluation*, che insieme rappresentano la *risk analysis*, sono certamente quelle in cui la consultazione con soggetti esperti può dare il suo più significativo apporto.

La consultazione con soggetti esperti in gestione del rischio ammette, implicitamente, la presenza di una componente soggettiva nelle modalità di percezione del rischio di un progetto (Fregonara, Semeraro 2004): la gestione del rischio implica, infatti, la stima delle probabilità di rischio, delle relative conseguenze attese e dei costi di investimento in misure di controllo e prevenzione del rischio stesso. Le posizioni degli esperti a questo riguardo sono, spesso, soggette ad incertezza e relazionate ciascuna ad un solo aspetto (Reichelt, Peldschus 2005): da ciò segue la necessità di individuare soluzioni in grado di tenere conto dell'incertezza e del fatto che si opera in contesti complessi – da “*cum-plexus*”, ovvero fatto di molte cose (Zamagni 2001) – in cui debbono interagire diverse posizioni.

Inoltre, come la ricerca di settore mette in luce, le opinioni degli esperti possono essere influenzate dalla presenza di opinioni dominanti o da fenomeni di auto-limitazione causate da fattori emozionali o gerarchici (anche in caso di elicitazione anonima dei risultati come nel *Delphi Method*), a discapito del tempo necessario per l'individuazione della soluzione prevalente.

Ancora, la fase di *risk evaluation* è fortemente condizionata da giudizi soggettivi dei singoli; demandando il giudizio al gruppo – ammettendo più alto il grado di

⁵ Per esempio, nella *risk identification* approdano i cosiddetti “metodi creativi” quali *brainstorming*, *brainwriting*, tecniche come *check lists*, *morphological box*, ecc.

conoscenza del gruppo rispetto al singolo – può ridursi il livello di soggettività ma aumenta la difficoltà del confronto⁶. Anche per queste ragioni Autori riconoscono nell'intuizione (soggettiva) degli esperti – alla base peraltro dei metodi creativi – lo strumento migliore qualora si operi in condizioni di incertezza. Ovviamente, le difficoltà che si riscontrano nelle fasi del confronto sono tanto più marcate quanto più si fanno numerose le interrelazioni e le relazioni interpersonali fra i soggetti coinvolti. Anche in questo caso, la ricerca scientifica ha sviluppato supporti formali.

4. Proposte operative

Nel caso di interventi complessi – quali per esempio i progetti di valorizzazione – che implicano per definizione la presenza di incertezza si può ricorrere a strumenti di valutazione in grado di gestire la modellizzazione numerica (Reichelt, Peldschus 2005): per esempio con il ricorso ai già studiati metodi della *Game Theory*, o la *Fuzzy Sets Theory* (sperimentati anche congiuntamente). La Teoria dei giochi classica, ricordiamo, assume che le situazioni di conflitto interpersonale possano essere descritte matematicamente attraverso la rappresentazione precisa degli elementi in gioco.

Anche altri settori più esterni all'economia immobiliare hanno, recentemente, messo a punto e sperimentato metodologie soprattutto nel campo della gestione ambientale ove, per la natura stessa delle questioni coinvolte, è notevole il grado di conflittualità e la numerosità dei soggetti portatori di interesse.

A titolo di esempio, Autori riferiscono una metodologia fondata sulla Teoria dell'utilità aspettata, consistente in due parti (Zio, Apostolakis 1998): la prima, fase di "analisi", integra una molteplicità di criteri di decisione e di tecniche di valutazione di impatto in una procedura che incorpora i segnali (input) dei soggetti settoriali in tutti i momenti del processo. A partire da questa struttura, gli esiti prodotti (output) sono ordinamenti ovvero *rankings* delle opzioni alternative per ciascun soggetto portatore di interesse. La seconda, fase di "deliberazione", si fonda invece sulla discussione e valutazione dei risultati; partendo dagli output della fase di analisi si pone come obiettivo la ricerca del consenso tra i gruppi. Chiaramente, lo stadio di analisi è centrale per il corretto sviluppo della fase deliberativa.

La metodologia con *stakeholders* multipli, specificano gli stessi Autori, nella fase analitica muove dall'identificazione di tutte le conseguenze rilevanti della decisione attraverso la costruzione di "misure di performance", a partire dalla scomposizione gerarchica del problema e dalla strutturazione degli aspetti qualitativi e

⁶ Come indicato nella letteratura di settore questo empasso può essere superato con il ricorso a questionari e *check lists*: questi sono strumenti in grado di ridurre l'influenza reciproca fra i soggetti, seppure rendano più debole il confronto fra le diverse opinioni degli esperti. Elemento di difficoltà è rappresentato in questo caso dal fatto che la valutazione finale delle *check lists* viene operata matematicamente, per esempio con la tecnica del *comparison of pairs* o *Utility analysis*, creando conflitto fra razionalità del modello di calcolo e soggettività nei giudizi.

quantitativi dell'oggetto di decisione; l'aggregazione delle diverse valutazioni delle misure di performance è operata mediante una funzione di utilità additiva, detta indice di performance, ove ogni misura di performance viene pesata mediante un apposito peso di priorità. I pesi sono misurati attraverso l'applicazione di una fra le più note tecniche multicriteria, l'AHP, con il metodo dei confronti a coppie; questo è esteso, come prevede il metodo, a tutte le possibili combinazioni di confronto. Proprio questo ultimo aspetto conferisce all'AHP il merito di poter evincere risultati più robusti pur partendo da giudizi non necessariamente consistenti. Il metodo prosegue sviluppando ulteriori passaggi operativi, basati sulla *Fuzzy Logic* e, successivamente, sulla Analisi di sensibilità, con il fine ultimo di rendere possibile lo svolgimento di discussioni trasparenti e di rendere il processo deliberativo aperto e in grado di raggiungere una decisione buona, o migliore stima. L'Analisi di sensibilità è un altro essenziale momento per garantire il raggiungimento del consenso, per esempio esplicitando eventuali elementi che generano disaccordo fra i soggetti: la stessa natura soggettiva dell'assegnazione dei pesi da parte dei gruppi è fonte, si è già detto, di incertezza.

Analogamente possiamo fare cenno alla proposta di applicazione dell'AHP in chiave probabilistica, tramite l'espressione dei pesi nella forma di variabili stocastiche⁷. Questo utilizzo dell'AHP assume la possibilità di richiedere agli intervistati di assegnare i propri punteggi ai criteri (forma di preferenza), per poi risolvere una molteplicità di matrici di confronto a coppie: risultato dell'esperimento è una distribuzione delle preferenze (giudizi) dedotte dalle interviste. Le matrici, che di fatto riflettono la disponibilità a pagare, si ipotizza che possano essere ricalcolate con valori dei pesi stocastici. I valori (dati) della matrice sono espressi in termini di valori attesi; per coerenza la graduatoria finale è espressa in termini di valori attesi, sovvertendo la natura deterministica delle applicazioni classiche. Si fa notare che le curve di probabilità ottenute (distribuzioni dei pesi) possono essere trattate in due modi: per via analitica, in caso si disponga di un elevato numero di risposte; per via simulativa, in caso contrario.

L'AHP in questo senso è concepito come sistema per l'elicitazione delle preferenze alternativo alla *Conjoint Analysis*, nella risoluzione della *Contingent Valuation*⁸.

Sollecitati dagli spunti appena richiamati ci si domanda: esiste, fra la numerosità delle tecniche multicriteria disponibili, un modello che per struttura formale meglio si presti ad operare con la stocasticità di alcune variabili del progetto/processo di decisione?

⁷ Si rimanda a sviluppi futuri attualmente in corso di sperimentazione da parte dell'Autrice del presente saggio.

⁸ Quest'ultimo rientra fra i metodi basati sulla Teoria dell'utilità additiva; esso si fonda sul rilevamento delle preferenze attraverso questionari e interviste, rendendo così possibile evincere le curve di utilità circa la preferenza di un prodotto/servizio da parte dei consumatori, in termini di disponibilità a pagare.

Il Regime Method, approccio multicriteriale probabilistico.

Il *Regime Method* pare rispondere ai requisiti posti: in primis, il metodo persegue un obiettivo di “*satisfying behaviour*” presumendo di non poter raggiungere condizioni di ottimo decisionale dal momento che sono ammesse soluzioni imprecise e ambigue, dunque incerte. Il risultato cui permette di pervenire – l’opzione dominante – risulta all’interno di una graduatoria di alternative espresse in termini di probabilità che si verifichi un certo evento. Esso si dimostra particolarmente utile quando si debbano fare interagire fattori quantitativo-monetari con fattori qualitativi. Si tratta, più precisamente, di una tecnica di valutazione multicriteria discreta, di tipo *soft*, in grado di trattare con dati di natura ordinale e/o cardinale. È stato definito quale “metodo di confronto a coppie avanzato” (Vreeker, Nijkamp, Ter Welle 2001)⁹.

Originariamente, il metodo è stato progettato per trattare con punteggi dei criteri (*scores*) ordinali e con pesi di natura ordinale (Hinloopen, Nijkamp, Rietveld 1983); successivamente, altri contributi hanno reso possibile l’adattamento del metodo al trattamento dei punteggi dei criteri di natura mista (Hartog, Hinloopen, Nijkamp 1989; Hinloopen, Nijkamp 1990). Matematicamente risulta molto consistente: l’approccio si basa sulla combinazione del metodo dei confronti appaiati di Kendall con l’uso di dati ordinali e della *Logit Analysis*.

Come si è detto in precedenza il modello, dal momento che opera in presenza di soluzioni imprecise, si distanzia dall’ambito tradizionale dell’ottimizzazione delle decisioni per perseguire, piuttosto, un criterio di comportamento di soddisfazione. Punto di partenza dello sviluppo logico del modello è che l’indice di concordanza – per usare un termine che fa riferimento al metodo *Electre* – può essere calcolato anche qualora si sia costretti ad operare in presenza solo di punteggi dei criteri ordinali: si fa notare che il *Regime Method* è una generalizzazione dell’analisi di concordanza, ovvero una generalizzazione dei metodi di confronto a coppie. Inoltre, il metodo è anche in grado di considerare pesi ordinali (concepiti come originati da pesi quantitativi non noti) il che porta, come conseguenza, alla necessità di introdurre elementi di probabilità nella costruzione dell’algoritmo (Munda 2008).

Il metodo si fonda sull’analisi degli impatti di un certo numero finito di opzioni alternative, in relazione a pesi (o priorità) dei decisori; ambedue sono espressi con dati di tipo ordinale o cardinale. Obiettivo è l’individuazione di una opzione dominante. Alla matrice di impatto iniziale si aggiungono informazioni di tipo ordinale sul peso relativo di ciascun criterio considerato, del tipo:

⁹“Regime Analysis is a discrete multi-assessment method suitable to assess projects as well as policies. The strength of Regime Analysis is that it is able to cope with binary ordinal, categorical and cardinal (ratio and interval scale) data, while the method is also able to use mixed data. This applies to both the effects and the weights in the evaluation of alternatives”, in Vreeker R., Nijkamp P, Ter Welle C., “A Multicriteria Decision Support Methodology for Evaluating Airport Expansion Plans”, Department of Spatial Economics, Free University Amsterdam, Tinbergen Institute Discussion Paper, p. 9, 2001.

$$w_1 \geq w_2 \geq \dots \geq w_J \geq 0$$

$$\sum_{j=1}^J W_j = 1.$$

È possibile, mediante algoritmi matematici di *partitioning*, suddividere l'insieme di tutti i possibili vettori peso che soddisfano le condizioni ordinali sopra richiamate (per comodità assunte in senso decrescente), in un numero finito di sottoinsiemi. Se si considera poi ogni sottoinsieme significativo, ossia non vuoto, è possibile estrarre il vettore peso –ad esempio quello definito dalle coordinate del centroide del sottoinsieme stesso –, secondo il quale si formano le matrici di confronto a coppie necessarie per ottenere le graduatorie delle alternative.

Ripetendo le operazioni tante volte quanti sono i sottoinsiemi non nulli individuati e, inoltre, conoscendone l'ampiezza relativa ovvero la probabilità di ricorrenza dei vettori peso in essi contenuti, è possibile giungere alla matrice di frequenza delle graduatorie. Questa, opportunamente interpretata, esprime la misura della probabilità aggregata di ciascuna alternativa, dove per probabilità aggregata si intende la probabilità media che una alternativa sia migliore di tutte le altre.

Secondo le indicazioni degli Autori del metodo, al fine di ridurre il grado di approssimazione nelle applicazioni è consigliabile effettuare numerose estrazioni casuali (*random drawings*) dei vettori peso per poi calcolare la media dei risultati ottenuti.

Più precisamente, per poter applicare l'analisi di regime si parte dall'ipotesi di disporre dei seguenti dati:

- una matrice di impatto alternative/criteri ordinale arbitraria E di dimensioni $(I * J)$;
- un vettore ordinale dei pesi w con J elementi;

Sintetizzando, i passaggi formali del modello risultano come segue (vedi Schema 1)¹⁰:

1. si costruisce la matrice di impatto E , alternative/criteri, contenente impatti numerici adimensionali¹¹. Tale matrice, in analogia con altri metodi multicriteriali, è necessaria per l'operatività della procedura. Ogni elemento e_{ij} fornisce il grado d'ordine dell'alternativa i a seconda dei criteri di giudizio j , nel caso in cui consideriamo "il più alto impatto il migliore": cioè l'alternativa i è preferibile all'alternativa

¹⁰ I passaggi matematici del metodo richiamati e sintetizzati in questa sezione sono rintracciabili nel saggio Hinloopen E., Nijkamp P., Rietveld P., *Qualitative, Discrete Multiple Criteria Choice Models in Regional Planning*, in *Regional Science and Urban Economics*, n.13, 1983, in cui è presentata la formalizzazione rigorosa della procedura. Per tutti i dovuti approfondimenti si rimanda pertanto al contributo originale degli Autori. Le note seguenti fanno riferimento alla medesima fonte. Ulteriori avanzamenti del metodo sono indicati in bibliografia.

¹¹ Il procedimento esposto è adatto a trattare un numero non troppo elevato di criteri (non più di dieci), senza incombere in grosse difficoltà, in particolare nel momento della partizione; un ampio numero di alternative (anche trenta), invece, non provoca grosse difficoltà dal momento che tutte le matrici indicate nella flow-chart (Schema 1) rimangono di dimensioni moderate.

i' secondo il criterio j , se è $e_{ij} > e_{i'j}$. Introduciamo il vettore peso $w = (w_1, \dots, w_J)^T$ i cui elementi w_j rappresentano, nel caso in cui si stia trattando con informazioni ordinali, i diversi pesi di preferenza attribuiti ai diversi criteri. Si ipotizza che $w_j > w_{j'}$, se il criterio j è più importante del criterio j' . Considerato che il numero dei criteri sia J , si prendono dall'insieme di dati vettori peso w_1, \dots, w_M e le relative proporzioni q_1, \dots, q_M . Notiamo che i vettori peso sono basati sull'assunzione che sia $w_1 \geq w_2 \geq \dots \geq w_J > 0$. Non si tratta di una limitazione, in quanto a tale situazione ci si può sempre ricondurre scambiando l'ordine dei criteri;

2. per mezzo dei vettori regime ottenuti dal confronto a coppie, per differenza, di tutte le coppie di alternative i e i' rispetto a ciascun criterio j^{12} , si costruisce la matrice di regime R , con elementi $r_{ii'j}$, sulla base della matrice di impatto E^{13} ;
3. disponendo di una ipotesi sulla graduatoria ordinale dei pesi di ogni criterio è possibile individuare l'insieme di tutti i vettori peso che soddisfano la condizione di partenza. Si suddivide questo insieme (*partitioning*) grazie alle informazioni contenute nella matrice regime (ossia grazie alla presenza di vettori regime "critici"), ottenendo più sottoinsiemi omogenei (scartando gli insiemi vuoti)¹⁴;
4. si costruiscono matrici di confronto a coppie relative ad un qualsiasi vettore peso appartenente a ciascuno dei sottoinsiemi individuati al punto precedente, ovvero, si costruisce per ciascun w_m ($m = 1, \dots, M$) una matrice di confronto a coppie V_m , determinando il segno di

$$\mu_{ii'} = \sum_j w_m r_{ii'j}$$

per tutte le coppie di alternative i e i' ;

¹² La costruzione dei vettori regime parte dal confronto a coppie fra le alternative; si consideri che il grado d'ordine di ciascuna delle due alternative è influenzato dalle rimanenti. Per esempio consideriamo due alternative, i e i' ; poi introduciamo il simbolo $S_{ii'j} = e_{ij} - e_{i'j} > 0$. Dal momento che stiamo trattando con informazioni ordinali, è chiaro che ci interessa conoscere il segno di $S_{ii'j}$, più che il suo ordine di grandezza. Per esempio, se risulta $S_{ii'j} > 0$, l'alternativa i è migliore dell'alternativa i' per il criterio j ; viceversa, se risulta $S_{ii'j} < 0$, è preferibile l'alternativa i' . Nel caso in cui sia indifferente la scelta fra i e i' , poniamo $S_{ii'j} = 0$. Se si estende il confronto a tutte le coppie di alternative i e i' , per tutti i criteri j , si ottiene il "vettore regime" $r_{ii'}$, di dimensione J :

$$r_{ii'} = (r_{ii'j}, \dots, r_{ii'j})^T, i, i', i \neq i'$$

Tale vettore contiene solo segni $+$ e $-$ oppure 0 : se infatti contenesse solo segni $+$ saremmo nel caso della dominanza assoluta dell'alternativa i sulla i' ; il vettore rappresenta il grado di dominanza reciproca fra le alternative i e i' , per tutti i criteri di giudizio j . I confronti a coppie sono in numero $I(I-1)$; ad essi corrispondono $I(I-1)$ vettori regime.

¹³ Dall'insieme di tutti i vettori regime possiamo ricavare la "matrice di regime", detta R , di dimensioni $J \times I(I-1)$.

¹⁴ Il passo più delicato dell'analisi è proprio la determinazione di una suddivisione dei pesi. È necessario disporre, a seconda del numero dei criteri, dei seguenti dati: il numero dei sottoinsiemi S_1, \dots, S_M ; un punto interno w_m di ogni sottoinsieme, per esempio il centroide, $m = 1, \dots, M$, la relativa dimensione q_m di ciascun sottoinsieme ($\sum_m q_m = 1$). La *partitioning*, ovvero partizione dell'insieme dei pesi possibili, si svolge in tre stadi: 1) identificazione dei vettori regime critici; 2) caratterizzazione di sottoinsiemi S a mezzo della struttura dei regimi critici; 3) identificazione dei punti estremi dei sottoinsiemi trovati. Per approfondimenti si rimanda saggio citato.

5. si derivano graduatorie delle alternative: ossia, si determina per ogni V_m una graduatoria finale delle alternative t_m per mezzo dell'espressione $s_i = \sum_j v_{ij}$;
6. le graduatorie delle alternative, combinate fra loro, in funzione dell'ampiezza relativa di ogni sottoinsieme, consentono di arrivare ad una matrice di frequenza finale e, quindi, ad una graduatoria delle probabilità: la probabilità che una alternativa raggiunga una determinata posizione nella graduatoria. Ovvero: si sintetizzano i risultati costruendo una matrice Z di frequenza delle graduatorie sulla base di t_m e delle relative proporzioni q_m ($m = 1, \dots, M$)¹⁵.

Per una migliore comprensione delle potenzialità del metodo può essere utile presentare un semplice esempio. Assumiamo di voler confrontare cinque progetti di investimento alternativi, con l'obiettivo di individuare la graduatoria della priorità (probabilità) di intervento data una certa disponibilità di risorse finanziarie. Ciascun intervento rappresenta un potenziale di offerta da misurare rispetto alle domande espresse (o non esplicitate) dalla collettività rispetto a usi e servizi specifici. Ma può incontrare diverse gradualità di consenso (o avversione) da parte dei gruppi di soggetti coinvolti.

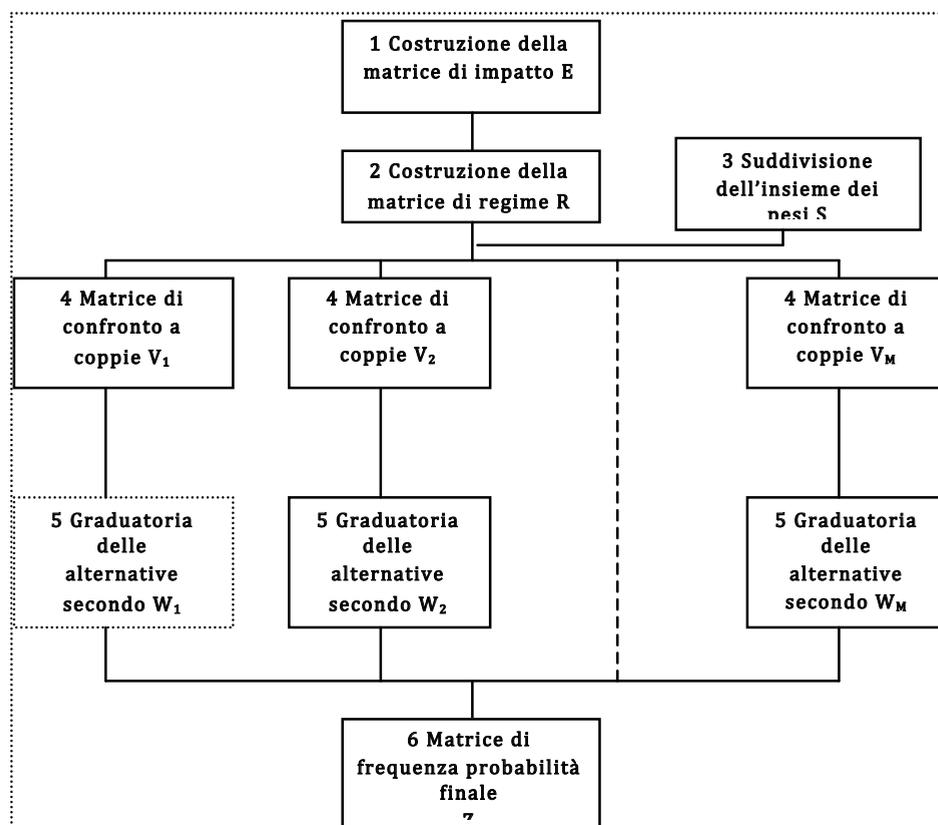
I cinque progetti di intervento costituiscono le I alternative i ($i = 1, \dots, I$), per caratterizzare le quali si possono individuare J criteri di giudizio j ($j = 1, \dots, J$). Se si ammette che i dati a disposizione siano di tipo ordinale, dall'insieme degli impatti e_{ij} di ciascun criterio j per ciascuna alternativa i , si può costruire la matrice di impatto alternative-criteri ($I * J$).

Si fa notare che in caso di esuberanza di criteri di giudizio, come in molti casi studio concreti (e come, peraltro, in questo esempio) è consigliabile il ricorso al *Regime Method* generalizzato. La versione generalizzata messa a punto dagli Autori si basa essenzialmente su una valutazione a due stadi. Nel primo stadio viene identificato un insieme di variabili latenti, definite non osservabili e la cui funzione è la rappresentazione delle caratteristiche rilevanti dell'oggetto della valutazione. Viene poi assegnato per ogni variabile un insieme di indicatori osservabili, che consentono di effettuare una approssimazione numerica di ciascuna variabile latente, fino ad arrivare ad una valutazione composta del valore approssimato di ogni variabile latente. Si ipotizza che in un primo stadio di analisi si siano identificate le variabili latenti, ovvero gli indicatori osservabili (criteri), raggruppate secondo la capacità esplicativa di ogni indicatore osservabile rispetto ad ogni variabile latente.

Per esempio, la variabile latente "profilo economico" è definita dagli indicatori osservabili "rendimento atteso dall'investimento", "costo dell'investimento", "rischio finanziario associato all'intervento". Indicatori qualitativi possono essere

¹⁵ Introduciamo una espressione che indichi la probabilità p_{ii} che l'alternativa i domini sulla i' : $p_{ii} = \text{prob}(z_{ii} > 0)$, e che formalizzi la misura di probabilità aggregata: $p_i = 1/I-1 \sum p_{ii}$, con $i \neq i'$. In tal modo p_i risulta essere la probabilità media che l'alternativa i sia migliore di ciascuna altra alternativa. Il grado d'ordine dell'alternativa sarà determinato dal grado d'ordine della misura di probabilità aggregata p_i . Il metodo per determinare gli indici di probabilità appena richiamati considera le probabilità di ricorrenza dei sottoinsiemi, a partire dalle operazioni di partitioning prima menzionate. Per approfondire la formalizzazione di questi ultimi passaggi si rimanda al saggio citato.

Schema 1. Regime Method: diagramma di flusso



Fonte: elaborazione dell'Autrice

inclusi e trattati allo stesso modo. Per esempio (indicando con: Profilo 1, ... le variabili latenti, Prog 1, Prog 2, ... le alternative e Cr1, Cr2, ... i criteri):

Tavola 1: Esempio di matrice di impatto ordinale alternative di progetto/criteri

Profilo	Profilo 1			Profilo 2			Profilo 3		
Criteri	Cr1	Cr2	Cr3	Cr4	Cr5	Cr6	Cr7	Cr8	Cr9
Prog 1	5	1	3	3	1	3	4	4	2
Prog 2	2	5	1	5	3	4	5	5	5
Prog 3	1	3	4	4	5	5	4	3	4
Prog 4	4	2	5	1	4	2	2	2	2
Prog 5	3	4	2	2	2	1	3	1	2

Fonte: elaborazioni dell'Autrice

Si procede con l'applicazione del *Regime Method* a ciascuno dei criteri principali (variabili latenti). A titolo esemplificativo, riportiamo i risultati dell'applicazione al "Profilo 1". Si deve tenere presente che non disponendo di informazioni cardinali sul vettore dei pesi, si considerano le seguenti due condizioni ordinali:

$$W(\text{Profilo 1}) \geq W(\text{Profilo 2}) \geq W(\text{Profilo 3})$$

$$\Sigma W = 1$$

Come primo passo, dopo avere ricavato i "vettori regime" relativi al primo criterio principale, viene costruita la "matrice regime", la quale si presenta come segue:

Tavola 2: Esempio di matrice regime applicata al primo criterio principale.

	Cr 1	Cr 2	Cr 3
Prog 1 – Prog 2	+	-	+
Prog 1 – Prog 3	+	-	-
Prog 1 – Prog 4	+	-	-
Prog 1 – Prog 5	+	-	+
Prog 2 – Prog 1	-	+	-
Prog 2 – Prog 3	+	+	-
Prog 2 – Prog 4	-	+	-
Prog 2 – Prog 5	-	+	-
Prog 3 – Prog 1	-	+	+
Prog 3 – Prog 2	-	-	+
Prog 3 – Prog 4	-	+	-
Prog 3 – Prog 5	-	-	+
Prog 4 – Prog 1	-	+	+
Prog 4 – Prog 2	+	-	+
Prog 4 – Prog 3	+	-	+
Prog 4 – Prog 5	+	-	+
Prog 5 – Prog 1	-	-	-
Prog 5 – Prog 2	+	-	-
Prog 5 – Prog 3	+	+	-
Prog 5 – Prog 4	-	+	-

Fonte: elaborazione dell'Autrice

Ciascuna riga della matrice costituisce un vettore regime. Si fa notare che la matrice regime non fornisce informazioni quantitative sui confronti, utili al fine di conoscere l'alternativa migliore, ma fornisce unicamente il segno dei confronti stes-

si: se disponessimo, infatti di dati cardinali sui pesi, i risultati sarebbero immediati.

Consideriamo ora l'insieme costituito da tutti i possibili vettori peso, di dimensione J (avendo J criteri). Ciascun punto dell'insieme rappresenta un vettore peso soddisfacente la condizione ordinale di partenza. Mediante algoritmi di *partitioning* (per lo sviluppo dei quali si demanda alla letteratura) è possibile suddividere gli insiemi di pesi in più sottoinsiemi separati uno dall'altro. Ciascun sottoinsieme presenta una certa dimensione, cioè contiene un certo numero di vettori: più precisamente, essendo infiniti i vettori appartenenti a ciascun sottoinsieme, risulta più corretto parlare di percentuale d'ampiezza del sottoinsieme. Conoscendo la percentuale di probabilità di ciascun sottoinsieme si consideri un punto casuale, per comodità il centroide, in corrispondenza del quale è possibile conoscere il vettore peso e le relative informazioni cardinali. Sulla base di queste ultime è quindi possibile operare confronti a coppie con valori cardinali, pervenendo alla matrice di confronto a coppie I^*I : essa fornisce un valore cardinale circa la predominanza di ciascuna alternativa nei confronti delle rimanenti.

Utilizzando i dati della *partitioning* calcolati per esempio nel caso di tre criteri, viene definito l'insieme dei pesi possibili S ; viene quindi calcolata la dimensione relativa dei sottoinsiemi $S1$ e $S2$ e il loro corrispondente centroide. I risultati ottenuti sono:

$$\begin{aligned} S1 &= 0.75 && \text{centroide } (0.667, 0.25, 0.0833) \\ S2 &= 0.25 && \text{centroide } (0.444, 0.362, 0.194). \end{aligned}$$

Si procede con la costruzione delle matrici di confronto a coppie V , ottenendo tante graduatorie quanti sono i sottoinsiemi. Ogni graduatoria è associata ad una probabilità relazionata alla dimensione del relativo sottoinsieme (nell'esempio, 75% e 25% di probabilità).

Consideriamo per esempio il sottoinsieme $S1$ ed il suo centroide; si determina quindi il segno $\mu_{ii'}$ per tutti i regimi contenuti nella matrice regime riportata in precedenza: si fa notare la presenza, nella matrice regime, di vettori regime positivi, negativi e critici (ovvero vettori composti da segni positivi e negativi per i quali non posso immediatamente sapere se il risultato è positivo o negativo).

È dunque possibile costruire, sulla base di questi valori, la matrice di confronto a coppie $V1$, come nell'esempio che segue:

Tabella 3: Esempio di matrice di confronto a coppie $V1$ (dimensione relativa 75%).

V1	Prog 1	Prog 2	Prog 3	Prog 4	Prog 5
Prog 1	0	+1	+1	+1	+1
Prog 2	-1	0	+1	-1	-1
Prog 3	-1	-1	0	-1	-1
Prog 4	-1	+1	+1	0	+1
Prog 5	-1	+1	+1	-1	0

Fonte: elaborazione dell'Autrice

Da cui si evince la graduatoria delle alternative, sommando per riga:

1° Prog 1; 2° Prog 4; 3° Prog 5; 4° Prog 2; 5° Prog 3.

In maniera del tutto analoga ma in relazione al sottoinsieme dei pesi S2 ed al suo corrispondente centroide, sono calcolati i segni di μ_{ii} per tutti i regimi; dal confronto a coppie viene evinta la matrice V2, come nell'esempio:

Tabella 4: Esempio di matrice di confronto a coppie V2 (dimensione relativa 25%).

V2	Prog 1	Prog 2	Prog 3	Prog 4	Prog 5
Prog 1	0	+1	+1	-	0
Prog 2	-1	0	+1	-1	-1
Prog 3	-1	-1	0	-1	-1
Prog 4	+1	+1	+1	0	+1
Prog 5	0	+1	+1	+1	0

Fonte: elaborazione dell'Autrice

Da cui si evince la graduatoria delle alternative:

1° Prog 4; 2° Prog 5; 3° Prog 1; 4° Prog 2; 5° Prog 3.

Viene infine costruita la matrice di "frequenza delle graduatorie", come nell'esempio:

Tabella 5: Esempio di matrice di frequenza delle graduatorie

	1°	2°	3°	4°	5°
Prog 1	0.75	0.00	0.25	0.00	0.00
Prog 2	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
Prog 3	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
Prog 4	0.25	0.75	0.00	0.00	0.00
Prog 5	0.00	0.25	0.75	0.00	0.00

Fonte: elaborazione dell'Autrice

Considerata la possibilità di ricorrenza di S1 e S2, questa matrice finale presenta la probabilità che le alternative ottengano un certo grado di preferenza. In questo caso:

1i Prog 1; 2° Prog 4; 3° Prog 5; 4° Prog 2; 5° Prog 3.

In modo analogo si possono ottenere i risultati per tutti i criteri principali. Sulla base delle graduatorie delle alternative ottenute applicando il *Regime Method* agli indicatori misurabili di ciascun criterio principale, si può costruire una nuova matrice di impatto ordinale, dove i criteri di giudizio sono le variabili latenti o criteri principali (secondo stadio del metodo generalizzato):

Tabella 6: Esempio di matrice di impatto ordinale alternative di progetto/variabili latenti

	Profilo 1	Profilo 2	Profilo 3
Prog 1	5	3	4
Prog 2	2	4	5
Prog 3	1	5	4
Prog 4	4	2	2
Prog 5	3	1	1

Fonte: elaborazioni dell'Autrice

Analizzando questa nuova matrice di impatto mediante il *Regime Method* ed ipotizzando tutti i possibili ordinamenti dei pesi (osservando che per ogni ordinamento dei pesi è operato, di fatto, uno scambio dell'ampiezza del sottoinsieme dei pesi), dalle matrici di frequenza delle graduatorie ricavate si costruisce la tabella contenente la graduatoria delle alternative per i differenti insiemi di pesi per i criteri principali, come nell'esempio che segue:

Tabella 7: Esempio di matrice di frequenza delle probabilità finale

	Prog 1	Prog 2	Prog 3	Prog 4	Prog 5
$W_{profilo1} = W_{profilo2} = W_{profilo3}$	5	4	3	2	1
$W_{profilo1} \geq W_{profilo2} \geq W_{profilo3}$	5	3	2	4	1
$W_{profilo1} \geq W_{profilo3} \geq W_{profilo2}$	5	3	2	4	2
$W_{profilo2} \geq W_{profilo1} \geq W_{profilo3}$	4	3	5	2	1
$W_{profilo2} \geq W_{profilo3} \geq W_{profilo1}$	3	4	5	2	1
$W_{profilo3} \geq W_{profilo1} \geq W_{profilo2}$	5	4	3	2	1
$W_{profilo3} \geq W_{profilo2} \geq W_{profilo1}$	3	5	4	2	1

Fonte: elaborazioni dell'Autrice

Se analizziamo questa ultima matrice (sommando i valori per colonna), si nota che le ultime due alternative (Prog 4 e Prog 5) risultano associate alla minore

possibilità di essere scelte come migliori; al contrario, le prime tre, sebbene i risultati dipendano dall'ordinamento dei pesi, sono selezionabili come migliori. Se per esempio si attribuisce maggiore importanza al criterio relativo alla rischiosità finanziaria del progetto, che caratterizza la variabile latente Profilo economico, si nota che il Prog 1 prevale (è preferibile) rispetto agli altri¹⁶.

Il *Regime Method*, dunque, rispetto ad altre tecniche multicriteria presenta l'indubbio vantaggio di poter trattare con informazione di natura ordinale. Qualora i pesi siano presenti solo in forma ordinale, è possibile affermare che gli stessi costituiscono di fatto unicamente dei coefficienti di importanza: precisazione questa che determina la consistenza del modello. Coerentemente con il criterio di Laplace nel caso di decisioni in condizioni di incertezza, si deve rispettare la condizione necessaria che sussista una distribuzione uniforme non restrittiva.

È importante sottolineare che la versione originaria del modello è preferibile ai successivi adattamenti diretti al trattamento di dati di natura mista (Munda 2008): quando, infatti, si intende trattare con informazione mista (sia quantitativa che qualitativa), si assume che l'informazione qualitativa sia la rappresentazione dell'informazione quantitativa non conosciuta. A partire da questa ipotesi, è possibile applicare uno schema di cardinalizzazione che consente di trattare tutta l'informazione come se fosse quantitativa. Tuttavia, questo passaggio causa un problema: quando i pesi sono connessi ad informazione quantitativa e si ricorre al concetto di intensità di preferenza, i pesi possono solo essere considerati come *trade-off* e non come coefficienti di importanza. Quando, però, si opera in presenza di informazione mista, tutta l'informazione è trattata come se fosse quantitativa: *il Regime Method* perde la sua apprezzabile caratteristica di poter trattare con i pesi considerabili come coefficienti di importanza. Da questo ragionamento si conclude che la versione qualitativa-ordinale del metodo è da ritenersi migliore.

5. Struttura coesiva e passaggi dell'analisi decisionale: una proposta

Si prova in conclusione a delineare una struttura coesiva la cui funzione è offrire una base coerente per lo sviluppo di un processo di analisi decisionale. Oltre che sulla base delle considerazioni sin qui illustrate la proposta nasce, come anticipato, dalla disamina della produzione scientifica più recente da cui pare emergere una maggiore attenzione verso la sperimentazione congiunta di strumenti originariamente nati separatamente, più che – come in passato – verso l'implementazione

¹⁶ L'esempio riportato ha unicamente finalità dimostrativa del metodo. Nella pratica si ricorre all'uso di pacchetti software che ricorrono a metodi di calcolo numerici, partendo da ipotesi statistiche sulla distribuzione dei vettori peso e mediante estrazioni casuali di vettori peso soddisfacenti alle condizioni ordinali di partenza. Operando in questo modo è possibile il trattamento di informazioni di tipo qualitativo o di tipo misto (dati ordinali o cardinali), contenute sia nella matrice di impatto, sia nel vettore dei pesi. Inoltre, è possibile gestire anche casi di parità (cioè uguali punteggi) sia nella matrice di impatto che nel vettore dei pesi.

di nuovi modelli. Recependo dunque le tendenze in atto, il diagramma di sintesi proposto in Schema 2 prevede che ogni passaggio dell'analisi sia supportato da un apparato formale in grado di interagire con gli altri; i diversi stadi del processo, diacronico e iterativo, sono concepiti come sequenziali e incardinati su quattro aspetti centrali:

- valutazione economica dei progetti;
- analisi di rischio;
- confronto partecipativo;
- scelta della soluzione preferibile.

Ciascuno è dotato di un articolato corredo di strumenti operativi. Centrale fra questi è la MCDA, che svolge il proprio ruolo di metodo strutturato per l'individuazione della soluzione progettuale preferibile, sulla base della comparazione fra le alternative mediante la costruzione di matrici decisionali, supportata da metodi strutturati per incorporare l'opinione dei soggetti portatori di interesse nella fase di *ranking* delle alternative; oltre che, ovviamente, nelle fasi di definizione dei criteri, assegnazione dei pesi e formulazione dei giudizi nei confronti a coppie.

Dettagliando, i passaggi dell'analisi complessiva pensati in sequenza con riferimento al processo di sviluppo immobiliare risultano:

1. *Selezione dell'insieme dei progetti di investimento alternativi.* Sulla base di criteri pre-selettivi nel primo passaggio si selezionano le occasioni di investimento immobiliare. Supportano questo step, dal punto di vista privato, le tecniche di confronto fra alternative di sviluppo (per esempio *Highest and Best Use Analysis*) e di scelta (analisi del sito, analisi del potenziale di area-mercato); dal punto di vista pubblico, il confronto fra le alternative avviene sulla base della programmazione e sulla produzione di Studi di Fattibilità, mentre la scelta può già avvalersi di un primo *round* di valutazione con l'ausilio di tecniche di aiuto alla decisione.
2. *Raccolta dei dati e strutturazione dell'informazione, a partire da dati monetari, non monetari o misti.* Pensata contestuale alla fase di analisi di pre-fattibilità del progetto, punta alla costruzione dell'apparato informativo per l'applicazione dei modelli selezionati, sulla base della consistenza e natura dei dati, per le successive fasi di analisi. Oltre ai dati relativi al progetto, ovvero consistenze, volumi di costo e finanziamenti movimentati dall'operazione, in questa fase è posta centralità sulla rilevazione dei dati di mercato (domande, offerta, dinamicità, ecc.) sia rispetto al mercato immobiliare privato e ai suoi segmenti, sia rispetto agli impatti potenziali di investimenti pubblici nei diversi ambiti e alle diverse scale territoriali.
3. *Selezione degli strumenti di valutazione.* Applicabili anche in modalità congiunta, sono individuati in funzione della natura dei dati disponibili (monetaria, mista, ecc.) e della natura pubblica/privata dell'intervento: Analisi dei Flussi di Cassa Scontati, *Equity Valuation Model*, Analisi Costi e Benefici, Analisi/Valutazione di Impatto Comunitario, Analisi/Valutazione di Impatto Ambientale, Valutazione Ambientale Strategica, ecc.

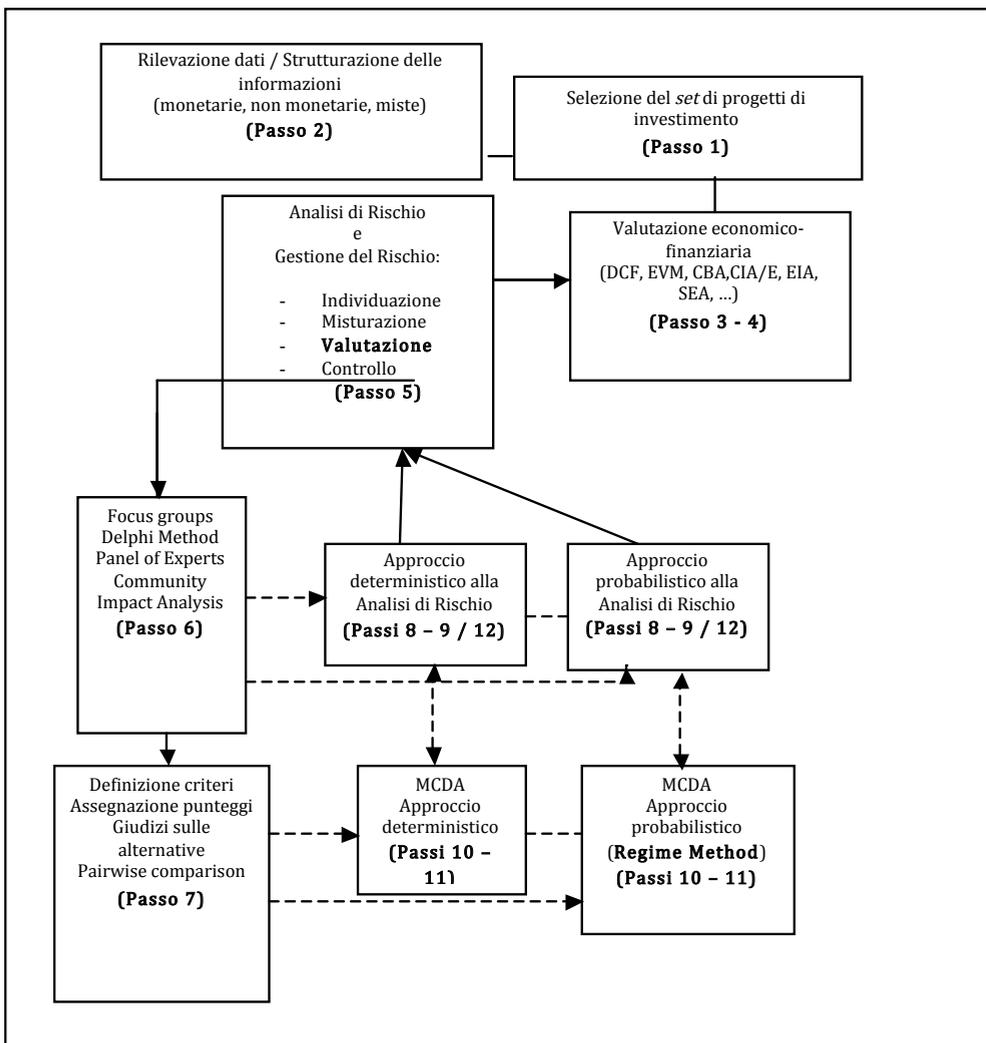
4. *Sviluppo della valutazione economica, o socio-economica, o finanziaria, per ogni alternativa di progetto.* Si sviluppa la fase di verifica di fattibilità vera e propria del progetto attraverso l'applicazione delle analisi di cui al punto precedente;
5. *Predisposizione degli elementi di conoscenza per le fasi di analisi di rischio e di gestione del rischio.* A corredo delle verifiche di fattibilità si sviluppano le procedure di analisi e gestione del rischio. Esse contemplano i momenti di individuazione, misurazione, valutazione e controllo delle componenti rischiose associate ai progetti. Centrale fra questi è la fase di valutazione che supporta la decisione di investimento finale, calibrata sullo specifico profilo di rischio del soggetto promotore.
6. *Selezione di metodi partecipativi e/o di metodi di elicitazione dei valori per i gruppi portatori di interesse.* I passaggi 4 e 5, in particolare se riferiti a interventi pubblici o pubblico-privati, si avvalgono di processi di valutazione collaterali, di ordine partecipativo, cui sono coinvolti i soggetti istituzionali, le amministrazioni, la collettività, i gruppi di soggetti accomunati da medesimi obiettivi o funzioni: *Focus Groups, Delphi Method, Panel of Experts, Community Impact Analysis, ecc.*;
7. *Applicazione dei metodi partecipativi.* È il momento dell'espletazione del processo di confronto il cui supporto formale dipende dal metodo individuato al passo precedente. L'esito è la predisposizione dei dati/informazioni di input spendibili in due direzioni: per la valutazione finale e la scelta dell'alternativa preferibile e/o per istruire l'analisi di rischio. Nel primo caso, ricaduta diretta è attesa sulle fasi di definizione dei criteri, dell'assegnazione dei punteggi, dei giudizi sulle alternative, sui confronti appaiati. Nel secondo caso, nell'elicitazione delle reazioni al rischio da parte dei soggetti. I due momenti di analisi, come espresso nei paragrafi precedenti di questo scritto, possono essere pensati in modalità congiunta.
8. *Selezione della procedura di analisi di rischio.* A seconda della natura e della quantità di dati disponibili si opera la scelta fra l'approccio deterministico o probabilistico. Il primo comporta l'introduzione, qualora si stia valutando il progetto con il metodo dei flussi di cassa scontati, di metodi deterministici per il trattamento di variabili critiche, con l'obiettivo di rafforzare il carattere previsivo dell'analisi attraverso la costruzione di scenari. L'Analisi degli scenari può avvalersi dell'Analisi di sensibilità risolte entrambe, ribadiamo, in forma deterministica; il secondo, invece, ammette la presenza di variabili casuali con diversi gradi di aleatorietà all'interno dell'analisi previsiva, risolvendo attraverso l'Analisi di probabilità il momento del calcolo degli output stocastici. L'Analisi di probabilità può, a sua volta, essere risolta attraverso l'approccio analitico ovvero simulativo o, come espressamente consigliato in letteratura, attraverso i due approcci in modalità congiunta¹⁷.
9. *Applicazione dell'analisi di rischio:* è il momento attuativo delle analisi secondo le premesse di cui al punto precedente. Sia che si operi secondo l'approccio de-

¹⁷ Cfr. Curto R., Fregonara E., "Decision Tools for Investments in the Real Estate Sector with Risk and Uncertainty Elements", in *Jahrbuch fuer Regionalwissenschaft*, 19, Springer, 1999.

terministico, sia che si operi secondo la modalità probabilistica, questa fase di analisi può essere svolta indipendentemente dalle applicazioni multicriteriali: svolge in tal caso il ruolo di supporto e apporto all'analisi finanziaria. Viceversa, può essere sviluppata contestualmente alla fase di scelta con ruolo, questa volta, di input al processo di decisione (vedi la direzione delle frecce in Schema 2).

10. *Selezione del modello multicriteria*, deterministico/probabilistico a seconda della natura e quantità dei dati/informazioni disponibili. È questo il cuore del pro-

Schema 2: Analisi di rischio e gestione del rischio, approcci partecipativi, MCDA: diagramma di flusso



Fonte: elaborazione dell'Autrice

cesso, che implica la scelta del metodo migliore a partire dai dati a disposizione. Il *Regime Method* si colloca, per tutte le ragioni che sono state addotte in precedenza, fra i metodi probabilistici ed in questo consente, ribadiamo, di internalizzare la componente dell'incertezza nell'analisi decisionale con il ricorso ad algoritmi probabilistici.

11. *Applicazione del modello multicriteriale*. È il passaggio attuativo che dipende dal punto precedente e dal risultato delle pratiche di confronto partecipativo (definizione dei criteri, assegnazione dei *criterion scores*), formulazione dei giudizi in merito alle alternative (applicazione di *Pairwise Comparison Approaches*, ecc.), nonché dai risultati dell'analisi rischio di cui ai passaggi 8 e 9.
12. *Attività di analisi/gestione del rischio con il supporto della MCDA*. Risultato dell'intero processo, il passo 12 evidenzia come il processo non termina con la decisione ma prosegue con l'attività di controllo e gestione dei rischi del progetto; particolare aspettativa è riposta rispetto alle componenti del rischio finanziario e di mercato che, è noto, sono quelle più strettamente correlate al tempo.

6. Conclusioni

Oramai nutrito è l'elenco dei metodi sperimentati per la valutazione dei progetti, anche pubblici, in molti casi sviluppati proprio a partire dalle molte debolezze che i metodi monetari classici – segnatamente l'Analisi costi e benefici – hanno dimostrato. Limiti che vanno dalla scelta del saggio di sconto, alla durata dell'orizzonte temporale del progetto, alla completezza delle informazioni acquisibili, ai problemi di equità distributiva, all'individuazione dei pagamenti compensatori in termini di ammontare monetario corrispondente alla perdita di utilità da parte degli individui (mancanza di informazione sulle curve di preferenza individuali o collettive).

A fianco dell'ACB sono stati proposti metodi sempre basati sull'approccio monetario ma volti a rafforzare il processo decisionale, in particolare su base istituzionale. O, viceversa, il processo decisionale è stato orientato alla valutazione, declinandosi a seconda dei diversi "stili" di valutazione per la pianificazione. Ancora, sono stati indagati metodi basati sull'approccio non monetario anche in vista della loro integrazione con i metodi partecipativi.

Contestualmente, forte impulso è stato dato allo sviluppo di metodi di analisi di rischio che, attingendo all'analisi degli investimenti e agli strumenti applicati nei mercati finanziari, su fronti in prevalenza privatistici, si sta ampliando alla valutazione dei progetti in contesti pubblici.

Assumendo queste premesse, nello scritto si è provato a ragionare sulla congiunzione dei due indirizzi di ricerca con l'obiettivo di individuare possibili sinergie tecniche. È stato proposto, in tal senso, un percorso logico di coesione che assume lo sviluppo immobiliare e la valutazione degli investimenti in progetti complessi quale contesto di riferimento. Si è poi esplorata la potenzialità dell'uso del *Regime Method*, grazie alla sua base probabilistica, quale procedura di supporto alle decisioni in condizioni di incertezza e alle attività di analisi e gestione del rischio.

È a partire dunque dalle premesse teoriche illustrate in questo scritto che si intendono sviluppare, nel prosieguo della ricerca, applicazioni pratiche riferite a contesti concreti, con lo scopo di produrre una proposta articolata a verifica degli intenti tracciati.

Bibliografia

- Adler, M., Ziglio, E. (eds), (1996). *Gazing into the Oracle: Applications on the Delphi Methods to Social Policy and Public Health*. London. Kingsley.
- Bravi, M., Fregonara, E., (2004). *Promozione e sviluppo immobiliare. Analisi dei processi e tecniche di valutazione*. Torino. Celid.
- Cacciamani, C., (2003). *Il Rischio Immobiliare*. Milano. Egea.
- Coscia, C., Fregonara, E., (2007). Metodo Delphi e Multi-criteria Evaluation a supporto delle scelte strategiche fra "metaprogetti": avanzamenti e proposte. In Curto, R., Stellin, G. (a cura di). *La Ricerca Scientifica nel Campo dell'Estimo e della Valutazione. Stato dell'arte, prospettive e casi di studio*. Roma..DEL.
- Curto, R., Fregonara, E., (1991). Emergenze architettoniche e limiti di valutazione. In *Atti e Rassegna Tecnica - Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino*. 5-6.
- Curto, R., Fregonara, E., (1999). Decision Tools for Investments in the Real Estate Sector with Risk and Uncertainty Elements. In *Jahrbuch fuer Regionalwissenschaft*. 19. Springer.
- De Marchi, B., Funtowicz, S.O., Lo Cascio, S., Munda, G., (2000). Combining Participative and Institutional Approaches with Multicriteria Evaluation. An Empirical Study for Water Issues in Troina, Sicily. In *Ecological Economics*. 34.
- De Groot, M. H., (1974). Reaching a Consensus. In *Journal of the American Statistical Association*. Vol. 69. 345.
- De Luca, A., (2006). *Le applicazioni dei metodi statistici alle analisi di mercato. Manuale di ricerche per il marketing*. Milano. Franco Angeli.
- Fregonara, E., Semeraro, P., (2004). Rifunzionalizzazione del patrimonio culturale: scelta fra opzioni di investimento con il metodo dei confronti stocastici. In Stanghellini, S. (a cura di). *La selezione dei progetti e il controllo dei costi nella riqualificazione urbana*. Firenze. Alinea.
- Funtowicz, S., Ravetz, J., (1991). A new scientific methodology for global environmental issues. In Costanza, R. (ed). *Ecological economics: The science and management of sustainability*. New York. Columbia University Press.
- Hartog, J.A., Hinloopen, E., Nijkamp, P., (1989). A Sensibility Analysis of Multicriteria choice-methods. An Application on the Basis of the Optimal Site Selection for a Nuclear Power Plant. In *Energy Economics*. October.
- Hinloopen, E., Nijkamp, P., Rietveld, P., (1983). Qualitative, Discrete Multiple Criteria Choice Models in Regional Planning. In *Regional Science and Urban Economics*.13.
- Hinloopen, E., Nijkamp, P., (1990). Qualitative Discrete Multiple Criteria Choice Analysis. The Dominant Regime Method. In *Quantity and Quality*. 24.
- van Gelder, P., Duckstein, L., Parent, E., (2004). A multicriteria approach to risk analysis, part 1 – framework. In Spitzer, C., Schmocker, U., Dang, V.N. (eds.), (2004). *Probabilistic Safety Assessment and Management: PSAM 7 - ESREL '04*. London. Springer Verlag.
- Georgescu-Roegen, N., (1984). Analytical Representation of Economic Decisions under Multiple Criteria. In Zeleny, M. (ed.). *MCDM: Past Decade and Future Trends. A Source Book of Multiple Criteria Decision Making. Decision Research*. Vol. 1. USA.
- Munda, G., (2004). Social Multicriteria Evaluation (SMCE): Methodological foundations and operational consequences. In *European Journal of Operational Research*. Vol. 158. 3.
- Munda, G., (2008). *Social Multi-criteria Evaluation for Sustainability Public Choice*. New York. Springer-Verlag.

- Reichelt, B., Peldschus, F., (2005). The Application of Multi-criteria Decision Analysis (MCDA) in Risk Management of Civil and Environmental Engineering Projects. In *Foundations of Civil and Environmental Engineering*. 6.
- Rohrbaugh, J., (1981). Improving the quality of group judgement Social judgment analysis and the Nominal Group Technique. In *Organizational Behaviour and Human performance*. 28.
- Saaty, Th.L., (1980). *The Analythic Hierarchy Process*. New York. Mc Graw-Hill.
- Saaty, R.W., (1987). The Analythic Hierarchy Process. What it is and How it is Used. In *Mathematical Modelling*. Vol. 9. 3-5.
- Spronk, J., Steuer, R.E, (2005). Multicriteria Decision Aid/Analysis in Finance, In Figueira, J., Greco, S., Ehrgott, M. (eds). *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Survey*. NY. Springer.
- Vreeker, R., Nijkamp, P., Ter Welle, C., (2001). *A Multicriteria Decision Support Methodology for Evaluating Airport Expansion Plans*. Department of Spatial Economics, Free University Amsterdam. Tinbergen Institute Discussion Paper.
- Trigeorgis, L., Mason, S.P., (1987). Valuing Managerial Flexibility. In *Midland Corporate Finance Journal*, Spring.
- Zamagni, S., (2001). Processi di globalizzazione, società civile e mercato. In Cipolla, C., Regina, U. (a cura di). *Mondo e terra*. Padova. Il Poligrafo.
- Zeleny, M., (1982). *Multiple Criteria Decision Making*. New York. Mc Graw-Hill.
- Zimmermann, H.J., (1987), *Fuzzy Sets, Decision Making and Expert System*, Kluwer Academic Publisher, Boston.
- Zio, E., Apostolakis, G.E., (1998). Application of Sensitivity Analysis to Environmental Management. In Chan, K., Tarantola, S., Campolongo, F., (eds). *SAMO – Second International Symposium on Sensitivity Analysis of Model Output. Proceedings*. Luxemburg. Office for Official Publications of the European Commission.
- Willet, K., Sharda, R., (1991). Using the Analythic Hierarchy Process in Water Resources Planning: Selection of Flood Control Projects. In *Socio-Economic Planning Sciences*. N. 2.