Università Ca'Foscari Venezia

Corso di Laurea Magistrale (*ordinamento ex D.M. 270/2004*)
in Amministrazione, Finanza e Controllo

Tesi di Laurea

—

Ca' Foscari
Dorsoduro 3246
30123 Venezia

Le opzioni reali per la valutazione degli investimenti. Un'applicazione al project financing.

Relatore
Ch. Prof. Diana Barro

Laureando
Lara Ceccato
Matricola 830396

Anno Accademico
2013/2014

Indice

Introduzione

Gli investimenti costituiscono da sempre una risorsa fondamentale non solo per le singole aziende ma per l'intera economia. Fu proprio grazie ad una serie di investimenti pubblici, previsti dal New Deal, che gli Stati Uniti uscirono dalla spirale negativa creata dalla crisi del '29.

La recente crisi, invece, non si è risolta con l'aumento della spesa pubblica e oggi le politiche macroeconomiche puntano sui tagli e sulle riduzioni degli sprechi che non possono più essere tollerati perché comportano uno sperpero di risorse e un peggioramento delle condizioni dei cittadini che si trovano di fronte servizi più cari e qualitativamente più bassi.

Il settore pubblico, però, ha un continuo bisogno di infrastrutture come ad esempio scuole, ospedali, strade. In questo contesto diventa sempre più importante la possibilità che esista una collaborazione tra settore pubblico e privato per realizzare le opere necessarie e dare maggiori servizi ai cittadini. Su questa idea nascono le recenti leggi sul Paternariato Pubblico-Privato e sul project financing come modalità alternativa di finanziamento.

La possibilità di entrare nella realizzazione di grandi opere pubbliche genera il bisogno di valutare attentamente l'investimento in questione. Diventa perciò importante avere a disposizione dei metodi che consentano una corretta analisi del problema. A fronte della complessità crescente dei progetti che le aziende vogliono intraprendere, della capacità delle imprese di essere flessibili e dell'incertezza che caratterizza il contesto economico occorre sviluppare una metodologia che permetta di inserire tutte queste variabili nella valutazione. Da queste esigenze nascono le opzioni reali in contrapposizione allo storico NPV che consente però solo una visione statica del problema senza la possibilità di analisi di tutti gli scenari possibili.

Siamo quindi partiti dal problema della valutazione degli investimenti analizzando diverse metodologie per arrivare alle opzioni reali e ai diversi approcci che si sono sviluppati nel corso degli anni.

Si è poi proseguito analizzando la struttura del Paternariato Pubblico-Privato, il project financing e la situazione presente in Italia relativa ai progetti sviluppati con queste soluzioni.

Infine si è analizzato un caso di opera pubblica, il Passante di Mestre, che poteva essere realizzata tramite il project financing. In particolare si è confrontato il valore dell'opera ottenuto con l'NPV e con le opzioni reali, cercando di capire se l'investimento sarebbe risultato appetibile per un soggetto privato.

1. Gli investimenti e le opzioni reali

1.1 La valutazione degli investimenti

Gli investimenti rivestono da sempre un ruolo fondamentale per le imprese: costituiscono il loro motore, ciò che le fa crescere e prosperare. Grazie ad essi circolano grandi quantità di capitali e si creano nuovi posti di lavoro. A fronte di questi esborsi economici le imprese hanno bisogno di un metodo per poter valutare la convenienza o meno di un determinato progetto. Il problema fondamentale risiede nella valutazione dell'incertezza legata all'investimento: nessuno è, infatti, in grado di prevedere con esattezza che cosa potrà accadere nel futuro e quali ripercussioni ci potrebbero essere nell'ambito aziendale.

Nel corso del tempo, quindi, gli studiosi hanno cercato di creare degli strumenti in grado di aiutare i manager nelle loro scelte fornendo loro diversi criteri per la valutazione degli investimenti.

Il più conosciuto è l'NPV (Net Present Value) che consiste nella somma algebrica delle entrate e delle uscite dell'investimento attualizzate in base ad un tasso di riferimento r. Le entrate sono definite come i flussi di cassa futuri FCF e si manifestano lungo un orizzonte temporale t che va da 0 ad N. L'esborso iniziale è definito come I_0.

$$NPV = -I_0 + \sum_{t=0}^{N} \frac{FCF_t}{(1+r)^t}$$

La scelta dipende dal valore dell'NPV: se è maggiore di zero di procede all'investimento; nel caso sia minore di zero il progetto non viene finanziato.

Per scontare i flussi può essere usato, al posto di r, il WACC, costo medio ponderato del capitale. È un tasso di attualizzazione creato sulla base delle caratteristiche correnti dell'impresa e rappresenta il rendimento necessario per remunerare adeguatamente i prestatori di capitale.

Il principale vantaggio di questa metodologia consiste nella sua semplicità e nella facilità di applicazione; per contro, però, non viene considerata la flessibilità legata all'investimento reale. In questo caso, infatti, il manager ha la possibilità, grazie alle informazioni che raccoglie nel corso del tempo, di gestire in modo diverso l'investimento, cambiando ciò che era stato precedentemente stabilito.

L'NPV non tiene conto di questa complessa struttura poiché vede l'investimento come una serie di eventi predeterminati e immodificabili nel corso del tempo. Questa metodologia si rivela efficace, quindi, quando i flussi di cassa sono certi nel loro ammontare e nella loro manifestazione temporale. In caso contrario, proprio per la sua costruzione, l'NPV non è in grado di fornire dei risultati affidabili.

Prima di introdurre le metodologie che richiamano concetti quali la probabilità e la volatilità vanno ricordati alcuni semplici procedimenti che possono permettere ai manager di scegliere se effettuare o meno un investimento. Essi si basano sulle payoff tables, ossia delle tabelle in cui sono rappresentati i possibili risultati (a_{ij}) che una certa azione (D_i) può generare sotto diverse condizioni o stati di natura (S_j). Grazie a queste tabelle è possibile rappresentare in maniera efficace ciò che potrebbe accadere in base a diverse azioni che si possono verificare in diversi scenari.

	Stati di Natura			
Azioni	S_1	S_2	....	S_n
D_1	a_{11}	a_{12}	....	a_{1n}
D_2	a_{21}	a_{22}	....	a_{2n}
...	...	...	....	...
D_m	a_{m1}	a_{m2}	....	a_{mn}

Figura 1.1.: Payoff table.
Fonte: DELL'AMICO M. (2009), *Teoria delle decisioni*, p. 2, www.or.unimore.it/corsi/MSP_MSS/TeoriaDecisioni.pdf.

A queste tabelle si possono applicare diversi criteri in base ai quali è possibile capire quale sia l'alternativa migliore. I criteri sono:

- Maxmax;
- Maxmin;
- Minmax regret;
- Hurwicz criterion;
- EMV (Expected Monetary Value);
- EOL (Expected Opportunity Loss).

Il primo criterio, *Maxmax*, si basa sulla scelta della decisione che massimizza il payoff. È detta anche regola dell'ottimismo perché si sceglie l'alternativa migliore ed è utilizzata dai cosidetti risk-seekers.

Il *Maxmin* (regola del pessimismo) consiste nello scegliere l'alternativa migliore tra quelle peggiori, ossia nel cercare di minimizzare quelle che possono essere le eventuali perdite. È scelta da coloro che vengono definiti "avversi al rischio".

La *Minmax regret* minimizza la massima perdita di opportunità. Questa metodologia richiede la costruzione di una tabella in cui siano inseriti i costi opportunità, ossia le perdita di opportunità che si hanno quando si compie una determinata scelta piuttosto che un'altra. Per ottenere le perdite di opportunità dovremmo sottrarre ogni payoff alla migliore alternativa possibile rispetto allo stato di natura considerato. Infine, si considerano i valori più elevati per ogni stato di natura e si sceglie quello più piccolo che rappresenta la minore perdita di opportunità.

Con l'*Hurwicz criterion* vengono assegnati dei pesi al migliore (*1*-α) e al peggiore (α) payoff per ogni possibile decisione e si calcola il cosiddetto payoff "pesato" con la seguente formula

$$\alpha * payoff\ peggiore + (1 - \alpha) * payoff\ migliore$$

Il valore di α viene scelto in base all'avversione al rischio del decisore: più è elevato, maggiore è l'avversione al rischio. Tra i diversi payoff pesati calcolati per le diverse decisioni viene scelto quello più elevato.

Gli ultimi due criteri, *EMV* ed *EOL*, prendono in considerazione anche le probabilità legate agli stati di natura. Con il primo si calcola per ogni decisione il relativo valore atteso; questi vanno poi confrontanti scegliendo quello più elevato. Il valore atteso si calcola nel modo seguente

$$EMV_1 = p_{s_1} * a_{11} + p_{s_2} * a_{1,2} + p_{s_3} * a_{1,3} + \cdots + p_{s_n} * a_{1,n}$$

L'Expected Opportunity Loss coniuga l'EMV e la minmax regret. Si tratta, i

nfatti, di calcolare i valori attesi sulla base della tabella delle opportunità. Dal confronto dei valori si sceglierà quello minore.

Esempio applicativo[1]

Per poter confrontare i diversi criteri del paragrafo precedente poniamo un semplice esempio. Un'azienda XY prevede per i prossimi anni un aumento della produzione e deve scegliere tra l'ampliamento dello stabilimento esistente, la costruzione di un nuovo stabilimento o l'affidamento della produzione "extra" ad un'impresa esterna. La domanda di mercato può essere alta (con una probabilità p pari a 0,25), media (p= 0,3) o bassa (p= 0,45). I profitti relativi ad ogni decisione correlata ad uno stato di natura sono espressi nella tabella 1.1.

In base al criterio *Maxmax* la scelta migliore è l'ampliamento dello stabilimento esistente perché permette un payoff di € 950.000.

Per il *Maxmin*, invece, occorre confrontare i risultati peggiori per ciascuna decisione, ossia - € 260.000, € 190.000 e - € 50.000. Il migliore tra questi è € 190.000 e quindi la decisione sarà di costruire un nuovo stabilimento.

[1] Costruito sulla base di: OAKSHOTT L. (2012), *Essential quantitative methods for business, management and finance*, Palgrave Macmillan, New York, p. 279-282 e ROLLA A. (2013), *Le decisioni aziendali e la teoria dell' utilità*, materiale didattico corso di gestione aziendale, Facoltà di ingegneria, Cremona, p. 14.

	STATI DI NATURA		
DECISIONI	Domanda alta (p=0,25)	Domanda media (p=0,3)	Domanda bassa (p=0,45)
Ampliamento stab.	€ 950.000	€ 520.000	- € 260.000
Nuovo stabilimento	€ 480.000	€ 240.000	€ 190.000
Outsourcing	€ 250.000	€ 400.000	- € 50.000

Tabella 1.1: Payoff table dei possibili risultati al verificarsi delle tre decisioni ampliamento dello stabilimento esistente, costruzione di un nuovo stabilimento o affidamento della produzione in outsourcing nei tre stati di natura domanda alta, domanda medi o domanda bassa.

Se usiamo il *Minmax regret* dobbiamo creare la tabella della perdita di opportunità, che sarà la 1.2. Per ogni stato di natura si prende il valore più elevato. Si procede poi per ogni decisione, relativa allo stato di natura considerato, a sottrarre al valore più elevato quello relativo alla decisione contenuta nella tabella 1.1. Ad esempio, per lo stato Domanda alta il miglior risultato è € 950.000. Nel caso dell'ampliamento il valore della perdita di opportunità è 0 (€ 950.000 - € 950.000); nel caso del nuovo stabilimento il valore è € 470.000 (€ 950.000 - € 480.000); per l'outsourcing la perdita vale € 700.000 (€ 950.000 - € 250.00). Allo stesso modo si procede per la Domanda media e la Domanda bassa che avranno come valori di riferimento rispettivamente, € 520.000 e € 190.000.

La perdita più elevata per ciascuna decisione è nel caso dell'ampliamento € 450.000; per il nuovo stabilimento € 470.000; per l'outsourcing € 700.000.

	STATI DI NATURA		
DECISIONI	Domanda alta	Domanda media	Domanda bassa
Ampliamento stab.	€ 0	€ 0	€ 450.000
Nuovo stabilimento	€ 470.000	€ 280.000	€ 0
Outsourcing	€ 700.000	€ 120.000	€ 240.000

Tabella 1.2: Opportunity loss table delle possibili perdite al verificarsi delle tre decisioni ampliamento dello stabilimento esistente, costruzione di un nuovo stabilimento o affidamento della produzione in outsourcing nei tre stati di natura domanda alta, domanda medi o domanda bassa.

Tra questi la scelta ottimale ricade sull'ampliamento, ossia la decisione che permette la perdita minore (€ 450.000).

Per applicare l'*Hurwicz criterion* dobbiamo associare al decisore un valore di avversione al rischio. Poniamo che α valga 0,7. Per ogni decisione dovremmo calcolare il payoff utilizzando la formula seguente

$$\alpha * payoff\ peggiore + (1-\alpha) * payoff\ migliore$$

Payoff ampliamento = 0,7 (-€ 260.000) + 0,3 * (€ 950.000) = € 103.000*

Payoff nuovo = 0,7 (€ 190.000) + 0,3 * (€ 480.000) = € 144.000*

Payoff outsourcing = 0,7 (-€ 50.000) + 0,3 * (€ 400.000) = € 85.000*

Il risultato più elevato è dato dal nuovo stabilimento (€ 144.000). Con questo tipo di scelta tutto dipende dal valore che scegliamo di assegnare ad α.

Per l'*EMV* occorre calcolare i valori attesi per ogni decisione, applicando le probabilità dei diversi stati di natura alle decisioni.

EMV amp.=0,25 € 950.000 + 0,3* € 520.000 + 0.45*(- € 260.000)= € 276.500*

EMV nuovo =0,25 € 480.000 + 0,3* € 240.000 + 0.45* € 190.000= € 277.500*

EMV out.=0,25 € 250.000 + 0,3* € 400.000 + 0.45*(- € 50.000)= € 160.000*

La decisione finale sarà la creazione di un nuovo stabilimento poiché è lo scenario con l'EMV più elevato (€ 277.500).

L'*EOL* prevede un procedimento simile all'EMV ma al posto dei payoff vengono usate le perdite di opportunità calcolate nella tabella 1.2.

EOL ampliamento=0,25 0 + 0,3* 0 + 0.45* € 450.000 = € 202.500*

EOL nuovo =0,25 € 470.000 + 0,3* € 280.000 + 0.45* 0= € 201.500*

EOL out.=0,25 € 700.000 + 0,3* € 220.000 + 0.45* € 140.000= € 304.000*

Anche in questo caso la scelta sarà il nuovo stabilimento, in quanto il valore associato (€ 201.500) è quello che rende minimo l'EOL. Come si può notare le decisioni basate sull'EMV e sull'EOL portano allo stesso risultato, cosa che si dovrebbe sempre verificare.

Maxmax ⟶ *ampliamento stabilimento*
Maxmin ⟶ *nuovo stabilimento*
Minmax regret ⟶ *ampliamento stabilimento*
Hurwicz criterion ⟶ *nuovo stabilimento*
EMV ⟶ *nuovo stabilimento*
EOL ⟶ *nuovo stabilimento*

Come possiamo notare nessuno dei criteri sopra descritti porta alla scelta outsourcing e la maggior parte di essi propende per la creazione di un nuovo stabilimento. Sono dei metodi che consentono di semplificare il problema della decisione prendendo in considerazione pochi elementi. Tuttavia non considerano affatto la possibilità che durante un progetto si possano verificare situazioni che richiedono flessibilità e adattabilità e che possono condurre all'abbandono dell'investimento stesso.

1.2 L'importanza del rischio

Il contesto di incertezza in cui da sempre vive l'uomo ha spinto ad elaborare dei modelli che tengano in considerazione il fattore rischio. Esistono diverse misure del rischio, la più comune è la volatilità ossia la misura della dispersione dei possibili valori di una distribuzione di probabilità attorno a quello atteso.

Secondo la classificazione fatta da Micalizzi[2], esistono diversi fattori di rischio, che molte volte interagiscono tra loro, che possono influire sulla volatilità di un investimento. Essi sono:

- rischio economico e tecnico;
- rischio operativo e finanziario;

[2] MICALIZZI A. (1997), *Opzioni reali. Logiche e casi di valutazione degli investimenti in contesti di incertezza*, Egea, Milano, p.13-20.

- rischio specifico e sistematico;
- rischio settoriale;
- rischio di mercato;
- rischio Paese.

Il primo tipo di rischio è quello economico, legato a fattori esterni rispetto al progetto, come ad esempio l'andamento dei prezzi di mercato. Il rischio tecnico, invece, dipende da elementi endogeni al progetto. Questi due tipi influiscono sulle tempistiche di realizzazione dell'investimento, spingendo, il primo, a ritardarlo (per acquisire maggiori informazioni) e il secondo ad anticiparlo (per raccogliere informazioni sulle potenzialità del progetto).

Il rischio operativo dipende dalla struttura dell'azienda e dalle sue attività, in particolare dalla distribuzione dei costi fissi e dei costi variabili. Il rischio finanziario, invece, riguarda la leva finanziaria, ossia il rapporto tra indebitamento e mezzi propri, i tassi di mercato e le oscillazioni nei tassi di cambio. Questi due tipi di rischio sono legati all'irreversibilità delle decisioni: più aumentano i costi fissi di un progetto e quindi i costi connessi all'abbandono dello stesso, tanto meno reversibile sarà la scelta fatta. Questi fattori, quindi, possono rappresentare un vero e proprio deterrente all'investimento.

Rischio sistematico e rischio specifico sono concetti che rimandano al mondo della finanza. Il primo riguarda gli eventi macroeconomici che hanno un impatto su tutta l'economia; il secondo, invece, comprende i rischi del settore in cui opera l'impresa. I manager saranno, quindi, incentivati a differenziare quanto più possibile gli investimenti per controllare il rischio specifico e cercare di ridurre al minimo il rischio sistematico.

Il rischio settoriale include l'influenza delle scelte fatte dai competitors e il rischio tecnologico, determinante soprattutto nei settori dove l'innovazione svolge un ruolo determinante. Da questi due tipi di rischio nasce il concetto di interdipendenza delle decisioni: le strategie aziendali dovranno essere valutate in base al ciclo di vita del settore e alle scelte di prezzo.

Il rischio di mercato è legato a tre elementi: l'andamento delle mode e i gusti dei consumatori, ossia il rischio di mercato in senso stretto; il rischio di insolvenza o comunque di ritardo nei pagamenti, detto anche rischio cliente; le difficoltà nell'approvvigionamento di materie prime o rischio fornitore.

Infine, il rischio Paese che riguarda le aziende che operano sui mercati internazionali e devono gestire rapporti con le autorità dei paesi esteri.

1.3 Metodi per ponderare il rischio

Il rischio, come abbiamo visto, investe tutti gli ambiti dell'impresa. Diventa quindi fondamentale cercare di gestire questo rischio o comunque di inserirlo nelle valutazioni relative agli investimenti per capire quali sono le prospettive a cui si può andare incontro. Da queste ponderazioni nascono i metodi di valutazione in condizioni di incertezza. I principali sono:

- NPV statico e dinamico;
- Metodo degli Equivalenti Certi;
- Approccio media-varianza;
- Approccio della dominanza stocastica;
- Teoria delle opzioni.

1.3.1 NPV statico

Questo tipo di approccio si basa sull'inclusione, nel tasso di attualizzazione, della componente di rischio specifico riguardante l'impresa. Il tasso risk free viene così aggiustato in base alle caratteristiche specifiche della realtà aziendale. Per il calcolo dell'NPV statico i flussi di cassa futuri *FCF*, dell'orizzonte temporale che va da 0 a N, vengono quindi attualizzati in base ad un certo tasso k e sommati tra loro. A questa sommatoria andrà sottratto il valore dell'investimento iniziale I_0.

$$NPV = -I_0 + \sum_{t=0}^{N} \frac{FCF_t}{(1+k)^t}$$

dove k è dato da

$$k = r + WACC$$

ossia la somma tra tasso risk free (r) e costo medio ponderato del capitale ($WACC$). Quest'ultimo rappresenta il costo che l'azienda deve sostenere per raccogliere le risorse necessarie dai soci o da finanziatori esterni. Il $WACC$ è una media ponderata tra il costo del capitale proprio (K_e) e il costo del debito (K_d), dove i pesi sono dati dall'equity (E) e dal debito (D). Nella formulazione più completa troviamo anche l'aliquota fiscale t

$$WACC = K_e \frac{E}{D+E} + K_d \frac{D}{D+E}(1-t)$$

Questa NPV modificato, se da un lato permette molto facilmente di inglobare le struttura finanziaria dell'impresa e quindi il suo profilo di rischiosità, dall'altro fotografa la situazione in un dato momento e sottintende che questa permanga immutata per tutta la durata del progetto. È questa un'ipotesi alquanto remota, soprattutto in un mondo in costante evoluzione e cambiamento.

1.3.2 NPV dinamico

La versione dinamica dell'NPV si basa sull'analisi reticolare (Decision Tree Analysis) e sulla Simulazione Montecarlo prevedendo l'evoluzione del progetto sulla base di diversi scenari che potrebbero verificarsi, con diversi livelli di probabilità loro associati.

Decision Tree Analysis

Le analisi reticolari nascono negli anni '50 e consistono in una rappresentazione grafica (diagramma di flusso), detta albero delle decisioni, in cui vengono inserite le attività legate ad un progetto e le scelte fondamentali relative allo stesso. Il diagramma permette di visualizzare l'interdipendenza tra le attività, di isolare e dare una scansione temporale ai momenti decisionali.

I diagrammi, come in figura 1.2, sono costituiti da nodi quadrati ossia i punti in cui vengono prese le decisioni. Dai nodi quadrati si dipartono i rami che portano ai nodi circolari che rappresentano i diversi scenari che si possono realizzare rispetto alle ipotesi di scenario. Ad ogni ramo viene associato un valore corrispondente alla probabilità che si realizzi quel determinato evento.

L'albero è costruito da sinistra verso destra ma per poter calcolare la probabilità legata ai nodi e soprattutto al nodo di partenza occorre applicare il roll back method, ossia andare da destra verso sinistra.

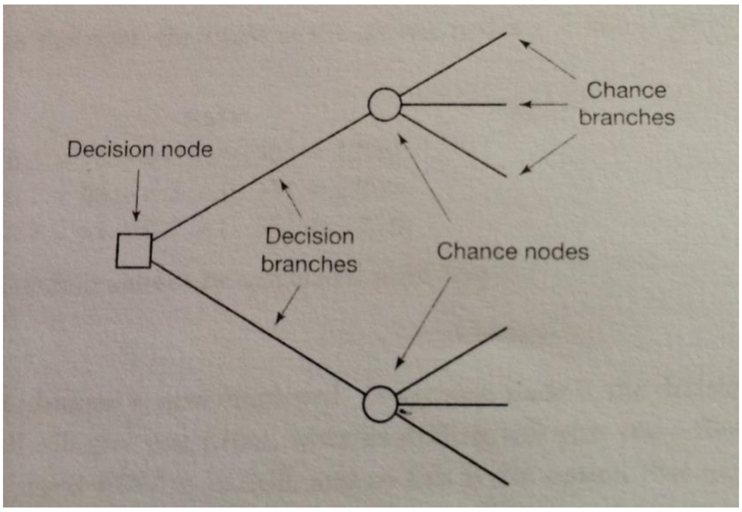

Figura 1.2: Struttura di un decision tree.
Fonte: OAKSHOTT L. (2012), *Essential quantitative methods for business management and finance*, Palgrave Macmillan, New York, p. 283.

Il principale vantaggio legato all'NPV dinamico consiste nell'evidenziare le fasi critiche di un progetto e le interdipendenze presenti tra le diverse fasi. Nonostante ciò l'approccio risulta essere alquanto rigido: per applicarlo, infatti, deve essere sempre possibile capire quali siano le interrelazioni che si possono manifestare e le relative conseguenze. Inoltre, non viene valorizzata l'adattabilità del management che nell'ambito della valutazione degli investimenti in contesti di incertezza risulta fondamentale.

Un esempio di calcolo dell'Expected Monetary Value con il roll back method applicato ad un decision tree[3]

Vediamo ora come è possibile utilizzare l'albero delle decisioni per calcolare il valore di alcune scelte applicando il roll back method e utilizzando l'*EMV* (Expected Monetary Value).

Supponiamo che un'azienda XY debba decidere se aprire o meno una nuova miniera alla ricerca di metalli preziosi. La probabilità di trovare i metalli preziosi è del 40% e l'investimento ammonta a € 50 mln con profitti potenziali pari a € 170 mln. L'azienda XY potrebbe, invece di procedere subito all'apertura della cava, effettuare dei test che permettano di capire se vi sono o meno metalli preziosi. I test hanno un'attendibilità del 70% e costano € 10 mln. Se sono positivi la probabilità di trovare metalli preziosi è pari a 0,8. Nel caso in cui siano effettuati i test l'azienda ha la possibilità, in base al loro risultato, di decidere se proseguire con l'apertura o di vendere la cava. In quest'ultimo caso, se i test risultano attendibili, la cava potrà essere venduta per € 55 mln; se i test non sono affidabili il ricavato sarà solo di € 5 mln. XY potrebbe anche scegliere una terza strada: vendere subito la possibilità di aprire la cava ad un'altra impresa, senza effettuare alcun test, con un profitto pari a € 20 mln. La situazione è schematizzata nella figura 1.3.

Per poter arrivare a calcolare l'EMV per il nodo 1 occorre partire da destra e calcolare i valori per i nodi *a*, *c* e *d*.

*Nodo a =0,4*120+0,6*(-50)=€ 18 mln*

*Nodo c=0,8*110+0,2*(-60)=€ 76 mln*

*Nodo d=0,8*110+0,2*(-60)= € 76 mln*

[3] Esempio basato su: OAKSHOTT L. (2012), *Essential quantitative methods for business, management and finance*, Palgrave Macmillan, New York, p.284-285.

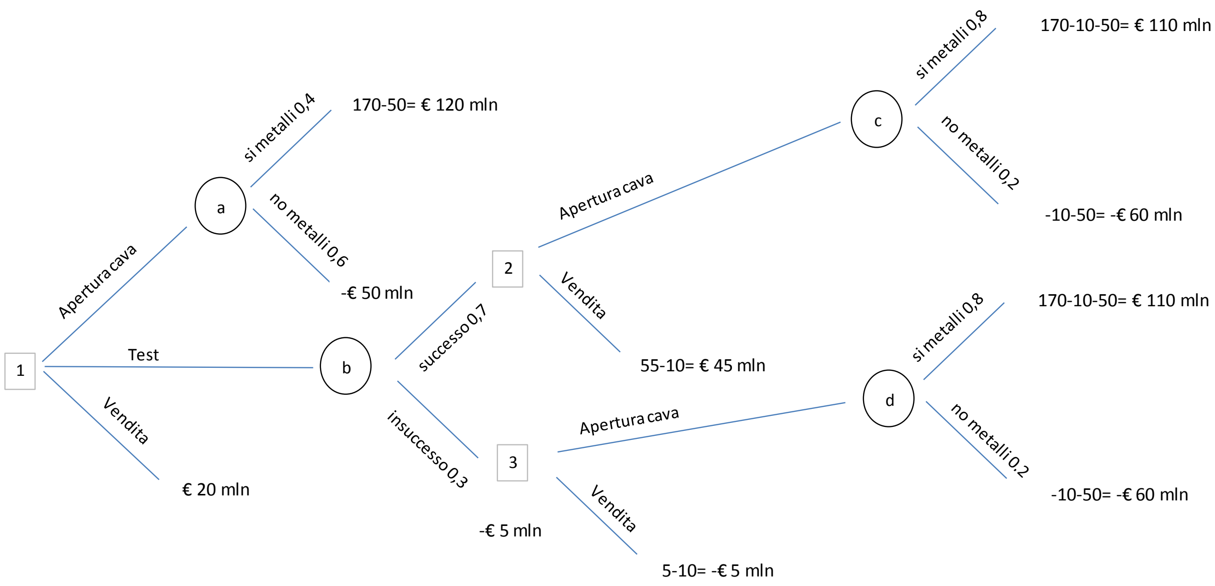

Figura 1.3: Decision tree dell'esempio di calcolo dell'Expected Monetary Value. Qui sono schematizzate tutti i possibili scenari che si possono presentare e le decisioni che l'azienda può effettuare. Ad ogni scenario/decisione sono associati i rispettivi valori delle probabilità.

A questo punto possiamo affermare che al nodo 2 la decisione migliore è aprire la cava che dà un EMV pari a € 76 mln (invece di € 45 mln nel caso di vendita). Per il nodo 3 la decisione migliore è ancora aprire la cava: si ricava un profitto di € 76 mln invece che una perdita di -€ 5 mln nel caso della vendita. Risolti i nodi 2 e 3 è possibile calcolare l'EMV per il nodo b.

*Nodo b=0,7*76+0,3(76)=€ 76 mln*

La scelta finale ricade quindi sul test iniziale e il valore del progetto con è € 76 mln.

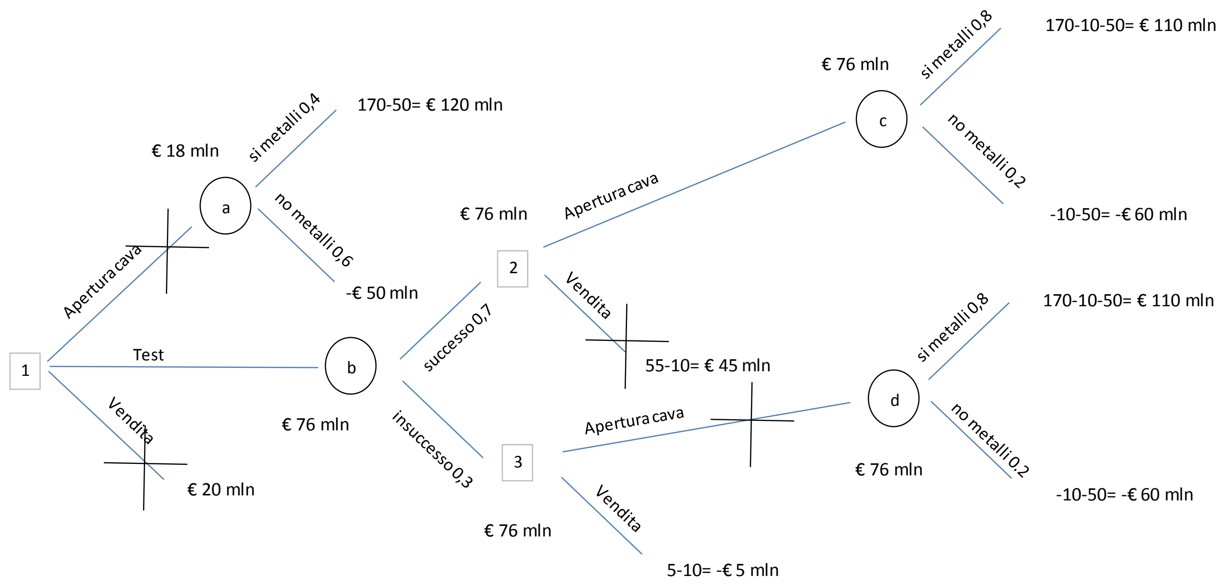

Figura 1.4: Decision tree completo per l'esempio di calcolo dell'Expected Monetary Value. Per ogni nodo sono stati calcolati i valori dell'Expected Monetary Value, partendo da destra e andando verso sinistra. La scelta tra un ramo e l'altro viene effettuata in base al criterio del profitto più elevato.

Simulazione Montecarlo

Il metodo Montecarlo nasce negli anni '40 negli Stati Uniti nell'ambito del Progetto Manhattan[4]. Fu sviluppato da Enrico Fermi, John von Neumann e Stanislaw Marcin Ulam. La simulazione Montecarlo viene utilizzata per risolvere problemi in cui sono comprese variabili aleatorie e permette di capire come si può modificare il risultato in base ai cambiamenti degli input. Tale risultato è possibile perché con questo metodo non si ottiene una stima puntuale del valore attuale[5] ma una sua distribuzione di probabilità consentendo, quindi di misurare il rischio dell'investimento in base alla volatilità dello stesso.

Con il metodo Montecarlo le variabili vengono legate tra loro all'interno di equazioni che descrivono le relazioni presenti nel sistema. Grazie a questa

[4] Programma di ricerca che portò alla costruzione della bomba atomica.
[5] Possono essere scelti diversi indicatori di convenienza dell'investimento. Qui per continuità rispetto alla trattazione precedente si è scelto il valore attuale.

struttura è possibile capire quale può essere il risultato finale al variare degli elementi che compongono il sistema. Tale sistema si rivela efficiente soprattutto in presenza di interrelazione tra le decisioni prese in diversi momenti dell'investimento e quando abbiamo una forte incertezza relativa ai valori assunti da parametri ritenuti fondamentali.

Gli elementi fondamentali di questo approccio sono:

- i parametri, ossia gli input specificati dal decisore e che risultano controllabili;
- le variabili di input esogene che non possono essere controllate dal decisore ma possono essere descritte in termini probabilistici;
- le variabili di output, rappresentate dagli indicatori importanti per la decisione dell'investimento;
- il modello ossia l'equazione matematica che lega le variabili tra loro.

Anzitutto occorre identificare i parametri e le variabili esogene rilevanti anche attraverso la Sensitivity Analysis o Analisi di Sensibilità che permette di evidenziare l'impatto del cambiamento di una variabile sul risultato finale. Si definisce poi il modello che andrà a collegare tra loro le variabili e permetterà di determinare le variabili di output scelte. Sarà importante considerare anche le correlazioni presenti tra le variabili: dalla corretta esplicitazione del modello, infatti, dipende la qualità dei risultati e la loro corretta interpretazione.

Un altro passo fondamentale è l'attribuzione della distribuzione di probabilità alle variabili di input. Si dovranno, quindi, identificare i valori che esse possono assumere legati alla probabilità di manifestazione degli stessi.

Infine, si effettuerà la simulazione che consiste nel generare quanti più valori possibili della variabile di output, ognuno dei quali è legato anche a dei valori di frequenza assoluta e relativa. Si otterrà una distribuzione della variabile di output, in base alla quale sarà possibile identificare il valore che con maggiore probabilità si potrebbe avere nella realtà.

Questa metodologia consente di lavorare con un alto numero di variabili e di esprimere la relazione tra le stesse; questo pregio, però, rappresenta anche il limite fondamentale della simulazione. Infatti, non è semplice esplicitare le distribuzioni di probabilità delle variabili e si rischia, inoltre, che tutto il metodo sia influenzato dalla soggettività di chi sceglie le variabili, crea le distribuzioni ed elabora il modello.

1.3.3 Approccio media-varianza

Questo metodo, sviluppato da Markowitz nella sua teoria dei portafogli, si basa sul calcolo, per ogni scenario della media e della varianza dell'indicatore utile per la scelta dell'investimento (ad esempio l'NPV). Nel caso in cui ci troviamo a dover confrontare due progetti, a parità di media (ossia di rendimento), verrà scelto quello con varianza minore (associato, quindi, ad un minore rischio). Al contrario, nel caso di parità di volatilità sarà scelto il progetto con un payoff più elevato.

Se però ci troviamo nella situazione in cui la media e la varianza assumono valori differenti, occorre considerare il grado di avversione al rischio dell'investitore per capire quale sia la scelta migliore. Entra quindi in gioco la funzione di utilità che potrà essere usata nel caso in cui i valori dell'NPV seguano una distribuzione normale (descrivibile compiutamente attraverso il valore della media μ e quello della varianza σ^2) e che il decisore presenti una funzione di utilità del tipo[6]

$$U(x) = ax^2 + bx + c$$

dove x rappresenta il rendimento dell'investimento e si suppone che $a < 0$. Il fattore a è correlato al grado di avversione al rischio del decisore e graficamente è rappresentato dall'inclinazione delle curve di indifferenza. Maggiore è l'inclinazione, maggiore è il rischio che l'investitore è disposto ad assumere e maggiori saranno in proporzione i rendimenti.

[6] MARKOWITZ H. (1952), *Portfolio Selection*, The Journal of Finance, vol. 7 issue 1, p. 77-91.

Per tutti i decisori avversi al rischio in base al criterio media-varianza, l'investimento sarà scelto se presenta un rendimento maggiore e un rischio minore. Ipotizzando due investimenti *x* e *y* con rendimenti *r* e varianza σ^2, quindi, dovranno essere verificate contemporaneamente le seguenti condizioni

$$\begin{cases} E(r_x) \geq E(r_y) \\ \sigma^2(x) \leq \sigma^2(y) \end{cases}$$

oppure

$$\begin{cases} E(r_x) \leq E(r_y) \\ \sigma^2(x) \geq \sigma^2(y) \end{cases}$$

Nel primo caso verrà scelto l'investimento *x* perché presenta un rendimento maggiore e una minore varianza; nell'altro caso, invece, si opterà per l'investimento *y*.

Gli investimenti che presentano elevati livelli di rendimento e basse varianze creano quella che viene definita frontiera efficiente. Utilizzando le curve di indifferenza sarà quindi possibile scegliere, all'interno di questa frontiera, l'investimento che mi permette di raggiungere la più alta utilità possibile.

Il principale limite di questo approccio nasce dall'impossibilità di confrontare tra loro e quindi di pervenire ad una scelta nel momento in cui l'investimento ha un rendimento più elevato ma anche una varianza maggiore rispetto all'altro.

1.3.4 Approccio della dominanza stocastica

Un metodo che permette di superare il problema relativo alla stima della funzione di utilità è quello della dominanza stocastica. Grazie a questo concetto è possibile ripartire gli investimenti, ipotizzando che si comportino come variabili casuali, in base alle informazioni ricavabili dalle loro distribuzioni di probabilità, in efficienti (ossia non dominati) e non efficienti (ossia dominati). All'interno dell'insieme efficiente l'investitore, in base alle sue preferenze, potrà scegliere l'alternativa migliore.

Esistono diversi criteri di dominanza stocastica che si possono definire usando la funzione di ripartizione, che esprime la probabilità che la variabile casuale X sia minore o uguale ad un determinato livello k, $\forall\, k \in \mathbb{R}$.

La dominanza stocastica del primo ordine si basa sull'ipotesi che gli investitori preferiscano più a meno, ossia rendimenti elevati rispetto a rendimenti bassi, qualunque sia il loro atteggiamento verso il rischio. Si ha dominanza stocastica del primo ordine della variabile X sulla variabile Y quando, $\forall\, k \in \mathbb{R}$ si verifica che

$$Prob(X \leq k) \leq Prob(Y \leq k)$$

ovvero

$$F_X(k) \leq F_Y(k)$$

e se esiste almeno un valore k_0 in corrispondenza del quale la disuguaglianza vale in senso stretto. Per avere una dominanza del primo ordine, quindi, occorre che la funzione di ripartizione F_X non superi in nessun punto la funzione di ripartizione F_Y; il grafico della F_X deve trovarsi sempre sotto quello della F_Y, senza che via siano intersezioni tra le due, come in figura 1.5.

Nel caso in cui le funzioni di ripartizione F_X e F_Y si intersechino e quindi non sia rispettata la dominanza di primo ordine si deve verificare se esista quella detta di secondo ordine (figura 1.6) che presuppone l'avversione al rischio da parte dell'investitore.

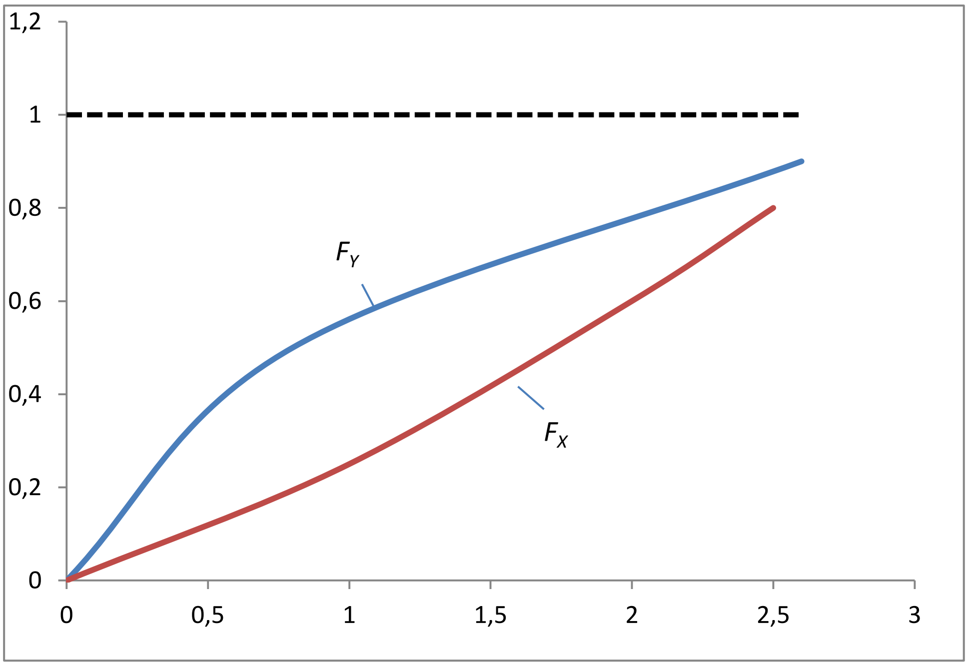

Figura 1.5: Dominanza stocastica di primo ordine.

Si ha dominanza stocastica del secondo ordine se e solo se $\forall\, k \in \mathbb{R}$, nell'intervallo [$a$,$t$], si verifica che

$$\int_a^k [F_X(t) - F_Y(t)]\, dt \leq 0$$

ovvero

$$\int_a^k F_X(t)\, dt \leq \int_a^k F_Y(t)\, dt$$

e se esiste almeno un valore k_0 in corrispondenza del quale la disuguaglianza vale in senso stretto. In questo caso, dunque, la dominanza dipende dall'ampiezza dell'area in cui una funzione domina l'altra.

Nella figura 1.6 è illustrato un caso di dominanza del secondo ordine: si può dire che F_X domina F_Y se l'area in cui F_X si trova al di sotto di F_Y ha un'ampiezza maggiore rispetto all'area in cui si verifica la situazione contraria.

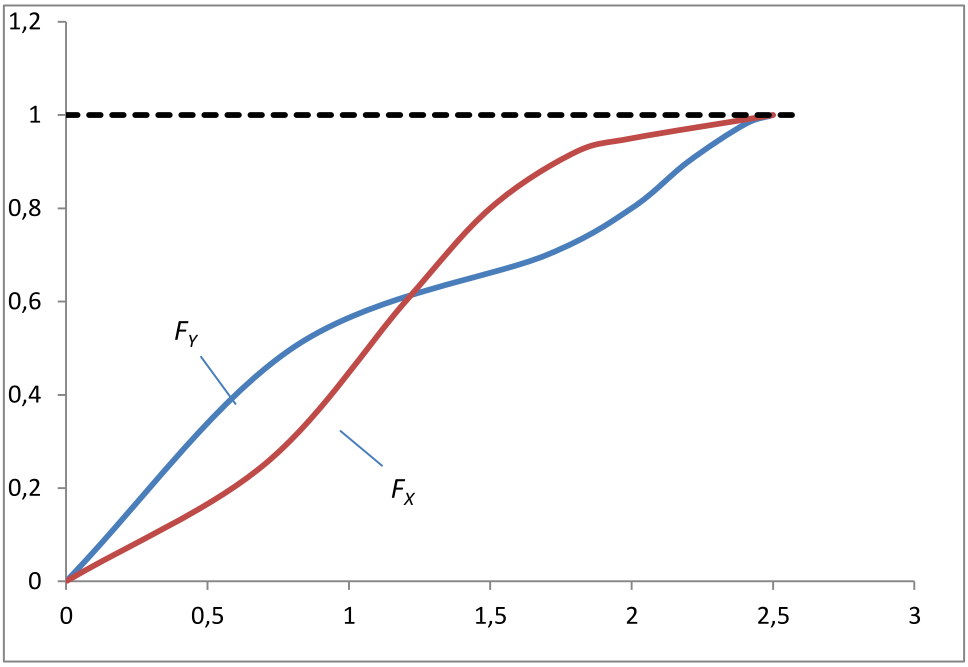

Figura 1.6: Dominanza stocastica di secondo ordine.

Esempio applicativo dell'approccio della dominanza stocastica e dell'approccio media-varianza[7]

Supponiamo di avere due progetti, A e B, di cui si possono verificare tre scenari: ottimistico, medio e pessimistico con diversi valori di probabilità. Ad ogni scenario sono associati diversi valori dell'NPV, come riportati nella tabella 1.3.

$$E(NPV\ A) = 0,1 * (-70) + 0,5 * 5 + 0,4 * 100 = 35,5$$

$$E(NPV\ B) = 0,3 * (-40) + 0,6 * 50 + 0,1 * 90 = 27$$

$$\sigma(A) = [(-70-35,5)^2 * 0,1 + (5-35,5)^2 * 0,5 + (100-35,5)^2 * 0,4]^{1/2} = 56,94$$

[7] Costruito sulla base di: MICALIZZI A. (1997), *Opzioni reali. Logiche e casi di valutazione degli investimenti in contesti di incertezza*, Egea, Milano, p. 60-68.

$$\sigma(B) = [2\text{-}27)^2 * 0{,}3 + (50\text{-}27)^2 * 0{,}6 + (90\text{-}27)^2 * 0{,}1]^{1/2} = 30$$

PROGETTI	SCENARI	PROBABILITÀ	NPV
A	pessimistico	0,1	-70
	medio	0,5	5
	ottimistico	0,4	100
B	pessimistico	0,3	-40
	medio	0,6	50
	ottimistico	0,1	90

Tabella 1.3: Valori di probabilità per gli scenari dei progetti A e B a cui sono associati i rispettivi valori dell'NPV.

I risultati ottenuti non permettono di scegliere in maniera immediata l'alternativa più conveniente, infatti, A ha un rendimento maggiore ma anche una volatilità più elevata, viceversa per B. La soluzione ottimale rimane sempre quella che permette di avere un rendimento più alto associato ad una varianza minore. Per poter, quindi, effettuare una scelta occorre prendere in considerazione la funzione di utilità dell'investitore.

Supponiamo che le funzioni di utilità dei due progetti possano essere espresse dalle seguenti equazioni

$$U(A) = 0{,}5x - 0{,}02x^2$$
$$U(B) = 0{,}2x - 0{,}01x^2$$

e rappresentate nella figura 1.7.

L'utilità maggiore è conseguita con il progetto A che sarà quindi preferito al progetto B. La parte più laboriosa riguarda la stima della funzione di utilità che non sempre risulta agevole.

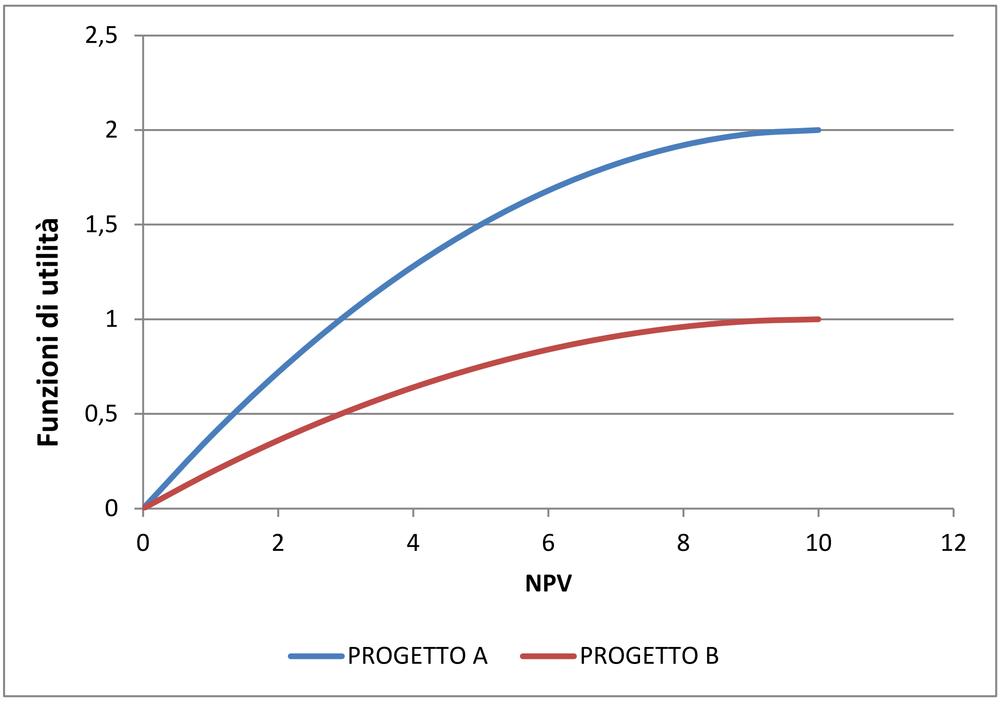

Figura 1.7: Funzioni di utilità progetto A e progetto B.

Nel caso di applicazione della dominanza stocastica occorre calcolare la frequenza cumulativa di probabilità, che nell'esempio risulta molto semplice avendo a disposizione solo tre scenari, come espresso nella tabella 1.4.

PROGETTI	SCENARI	PROBABILITÀ	NPV	FCP
A	pessimistico	0,1	-70	0,1
	medio	0,5	5	0,6
	ottimistico	0,4	100	1
B	pessimistico	0,3	-40	0,3
	medio	0,6	50	0,9
	ottimistico	0,1	90	1

Tabella 1.4: Frequenza cumulativa di probabilità per i progetti A e B.

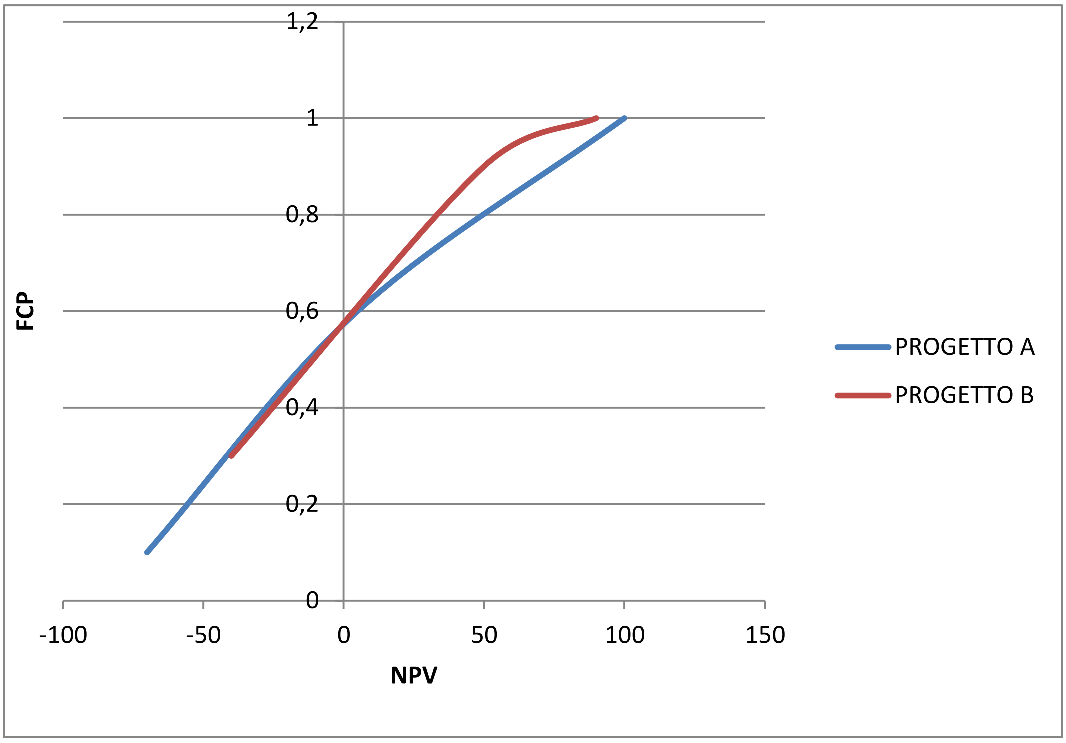

Figura 1.8.: Dominanza stocastica nei progetti A e B.

Riportando i valori sul grafico possiamo notare che (figura 1.8), analizzando solo la parte positiva, abbiamo una dominanza stocastica del primo ordine del progetto A sul progetto B. Prendendo in considerazione anche il lato negativo si nota che ad un certo punto il grafico di B scende sotto quello di A ma l'area sottesa è sicuramente inferiore rispetto a quella in cui A domina B. Per cui possiamo dire che A ha una dominanza stocastica di secondo ordine su B.

1.3.5 Teoria delle opzioni

Le opzioni nascono nell'ambito finanziario come strumenti che permettono di contenere il rischio legato ad un determinato titolo. L'opzione è, infatti, un contratto che dà al possessore la possibilità di acquistare o vendere il titolo sul quale l'opzione è stata creata, definito *sottostante*, ad un determinato prezzo (*strike price*), entro una certa data (*expiration date*). L'opzione può essere esercitata solamente alla scadenza o prima di essa: si distingue, quindi, tra opzioni europee ed americane. Diversi possono essere anche i sottostanti che possono andare da titoli quali azioni e obbligazioni a tassi di interesse, commodities, valute. Nel caso in cui l'esercizio dell'opzione preveda l'acquisto di titoli avremo un'*opzione call*, viceversa se l'esercizio riguarda la vendita di titoli l'*opzione* sarà definita *put*. In base alla loro struttura le opzioni possono essere definite dei contratti asimmetrici in quanto comportano un beneficio elevato per chi esercita l'opzione con una perdita quasi nulla. Se, infatti, il possessore decide di non acquistare/vendere, la sua perdita sarà solo pari al prezzo di acquisto dell'opzione (detto premio). Mentre, se l'opzione acquista valore e il sottoscrittore decide di esercitarla, le perdite per il venditore possono essere potenzialmente elevate, a fronte del guadagno limitato rappresentato dal premio. Il rischio risulta minimo per il sottoscrittore e massimo per il venditore. Naturalmente, il premio pagato per l'acquisto dell'opzione va a compensare i rischi assunti dalla controparte (o non vi sarebbe convenienza a stipulare il contratto).

L'esercizio dell'opzione per la call risulta conveniente tutte le volte in cui il sottostante ha un valore superiore allo strike price: in questo caso si parla di opzione in-the-money, viceversa avremo un'opzione out-of-the-money. Per l'opzione put la convenienza si ha nel momento in cui lo strike price ha un valore maggiore del sottostante.

Il valore dell'opzione alla scadenza è detto valore intrinseco e si differenzia in base al tipo di opzione che si possiede.

$$C_T = \max(S_T - X; 0)$$
$$P_T = \max(X - S_T; 0)$$

dove S è il valore del sottostante, X lo strike price e T si riferisce alla scadenza dell'opzione.

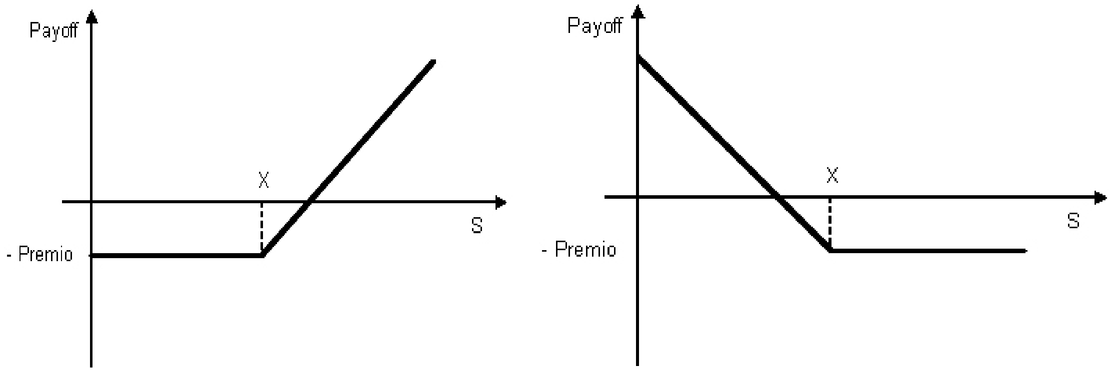

Figura 1.9: Payoff per l'opzione call e per l'opzione put.
Fonte: sito Borsa Italiana, Glossario.

Il problema fondamentale per le opzioni è, quindi, stimare correttamente il prezzo dell'opzione stessa. I due metodi più interessanti per determinare il pricing di un'opzione sono la formula di Black e Scholes (1973) e il modello binomiale di Cox, Ross e Rubinstein (1979).

La formula di Black e Scholes

Il modello di Black e Scholes nasce con l'intento di dare un prezzo alle opzioni di tipo europeo, assumendo come ipotesi di base che sia possibile creare un portafoglio equivalente all'opzione costituito da unità del sottostante e da obbligazioni prive di rischio. Inoltre, i rendimenti seguono una distribuzione di tipo normale. Le variabili da includere nel modello sono sei:

- S, valore del sottostante;
- X, strike price;
- T, scadenza dell'opzione;
- r, tasso d'interesse risk free;
- σ, volatilità di S;
- t, momento della valutazione

Le ipotesi fondamentali sono:

- distribuzione di probabilità del prezzo del sottostante lognormale;

- esistenza di un mercato efficiente e senza frizioni (assenza di tasse e costi di transazione);
- tasso di interesse uguale per impieghi e prestiti e costante nel tempo;
- nessuna distribuzione di dividendi durante la vita dell'opzione.

In presenza di un processo stocastico Browniano di tipo geometrico[8] si ottiene che

$$C_t = S_t N(d_1) - Xe^{-r(T-t)} N(d_2)$$

$$P_t = Xe^{-r(T-t)} N(-d_2) - S_t N(-d_1)$$

dove *N(d)* indica la funzione di ripartizione della distribuzione normale standard in corrispondenza di d_1 e d_2.

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_t}{X}\right) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T-t}$$

Per la formulazione di questo modello Black e Scholes partono dall'ipotesi che nel mercato non esistano opportunità di arbitraggio e che quindi si possa costruire un portafoglio privo di rischio, composto da attività di credito e di debito, e se ne possa calcolare il valore attuale con l'ipotesi che il rendimento sia uguale al tasso risk free. Il valore di questa posizione è uguale a quello dell'opzione che può essere visto come la differenza tra un determinato valore dell'attività sottostante e il valore attuale dell'indebitamento.

[8] Si tratta di un processo stocastico in tempo continuo in cui il logaritmo della quantità variabile segue un moto browniano. Viene utilizzato nell'ambito dell'option pricing perché una quantità che segue un moto browniano di tipo geometrico assume solo valori maggiori di zero (il che riflette il comportamento del prezzo di un'attività finanziaria).

Il modello binomiale

Il modello binomiale, detto anche modello lattice, fu sviluppato da Cox, Ross e Rubinstein nel 1979 e si basa sull'ipotesi che lo sviluppo del prezzo possa essere descritto da una distribuzione binomiale (nel discreto). In questo modo è possibile determinare in un certo periodo di tempo il prezzo di una qualsiasi opzione, anche di quelle americane. Il processo binomiale può essere descritto attraverso i cosiddetti "alberi binomiali" (figura 1.10),

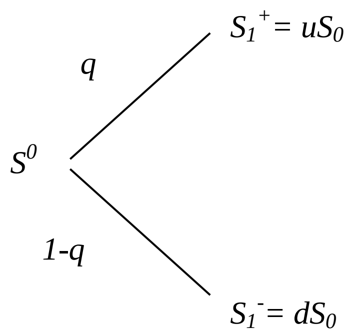

Figura 1.10: Albero binomiale con rappresentazione dei valori S_1+ e S_1^- a partire da S_0.

dove *S* rappresenta il prezzo del sottostante che può, in un certo periodo crescere (con fattore *u*) o decrescere (con fattore *d*). La probabilità che il valore aumenti è data da *q*, mentre la probabilità che diminuisca da *1-q*.

I fattori up *u* e down *d* sono calcolati utilizzando le seguenti formule

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}$$

$$d = \frac{1}{u}$$

Il valore dell'opzione call può essere, nel caso monoperiodale, così configurato (figura 1.11)

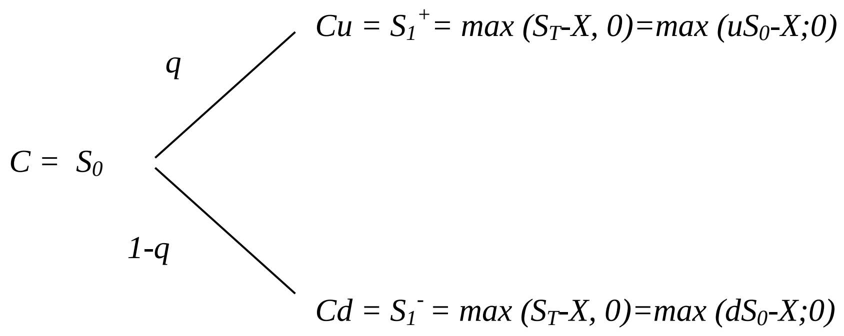

Figura 1.11: Albero binomiale con rappresentazione dei valori dell'opzione call S_1+ e S_1^- a partire da S_0.

A questo punto, come per la formula di Black e Scholes, si può pensare di costruire un portafoglio con attività e debito il cui valore sia uguale a quello dell'opzione (figura 1.12)

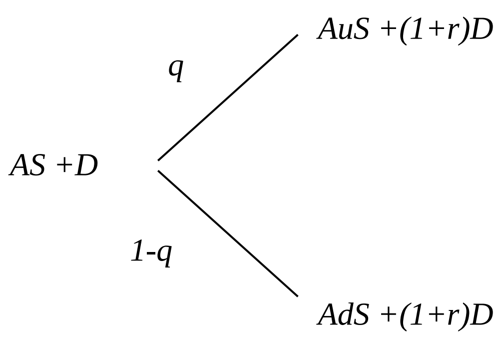

Figura 1.12: Albero binomiale con costruzione di un portafoglio di attività e di debito.

dove A rappresenta il prezzo delle azioni, D il debito, $(1+r)$ il tasso di indebitamento. Eguagliando i termini otteniamo

$$Cu = AuS + (1+r)D$$
$$Cd = AdS + (1+r)D$$

da cui possiamo ricavare *A* e *D*.

$$A = \frac{Cu - Cd}{(u - d)S}$$

$$D = \frac{uCd - dCu}{(u - d)(1 + r)}$$

Ricordando che $C=As+D$ possiamo scrivere

$$C = \frac{Cu - Cd}{(u - d)S} * S + \frac{uCd - dCu}{(u - d)(1 + r)} =$$
$$= \frac{rCu - rCd + uCd - dCu}{(u - d)(1 + r)} =$$
$$= \frac{\left[\left(\frac{r - d}{u - d}\right) Cu + \left(\frac{u - r}{u - d}\right) Cd\right]}{(1 + r)}$$

Definendo

$$p = \frac{(1 + r) - d}{u - d} \qquad e \qquad 1 - p = \frac{u - (1 + r)}{u - d}$$

e sostituendo nella precedente, si ottiene

$$C = \frac{pCu + (1 - p)Cd}{(1 + r)}$$

che rappresenta il valore dell'opzione all'epoca $t=0$. p è la cosiddetta probabilità neutrale al rischio (risk-neutral) ossia quella probabilità sotto la quale tutte le attività finanziarie hanno lo stesso rendimento atteso, indipendentemente dalla loro rischiosità.

Si può ora pensare di costruire un modello più complesso, definito come multiperiodale, partendo dalla costruzione di un albero a due stadi (figura 1.13).

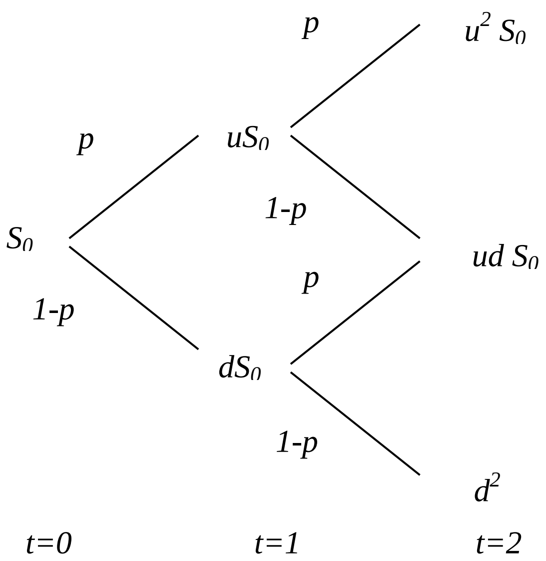

Figura 1.13: Albero binomiale multiperiodale a due stadi con rappresentazione dei valori dei nodi a partire da S_0.

Il valore dell'opzione call per lo stadio finale, *t=2*, sarà così espresso (figura 1.14).

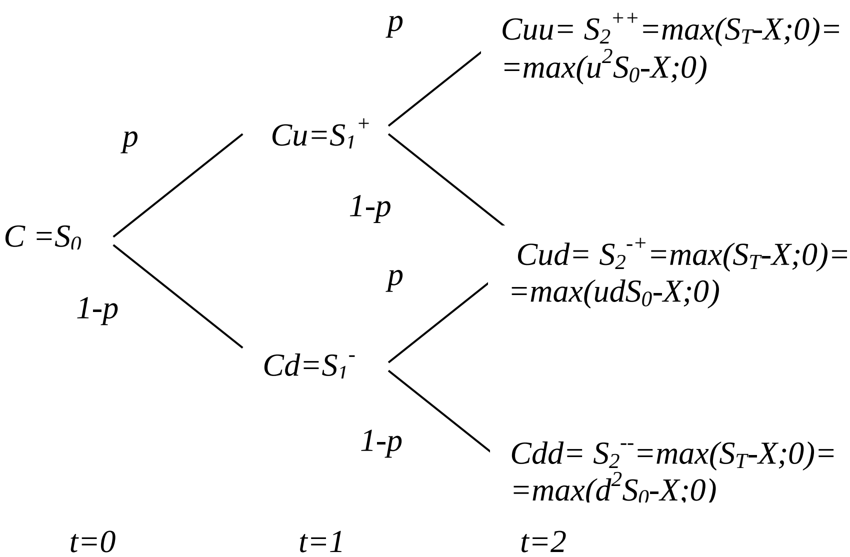

Figura 1.14: Albero binomiale multiperiodale con rappresentazione dei valori dell'opzione call S_1+ e S_1^- a partire da S_0.

Per calcolare il valore di *Cu* e di *Cd* (valore dell'opzione per t=1), dobbiamo ora utilizzare la formula vista in precedenza per l'albero monoperiodale

$$C = \frac{pCu + (1-p)Cd}{(1+r)}$$

e sostituirvi i valori di *Cuu*, *Cud* e *Cdd*.

Si otterrà così

$$Cu = \frac{pCuu + (1-p)Cud}{(1+r)}$$

e

$$Cd = \frac{pCud + (1-p)Cdd}{(1+r)}$$

Il valore di *C* sarà quindi

$$C = \frac{pCu + (1-p)Cd}{(1+r)} =$$

$$= \frac{p\,\dfrac{pCuu + (1-p)Cud}{(1+r)} + (1-p)\,\dfrac{pCud + (1-p)Cdd}{(1+r)}}{(1+r)} =$$

$$= \frac{\dfrac{p^2Cuu + 2p(1-p)Cud + (1-p)^2}{(1+r)}}{(1+r)} =$$

$$= \frac{p^2Cuu + 2p(1-p)Cud + (1-p)^2Cdd}{(1+r)^2}$$

Supponiamo ora che dall'istante $t=0$ al momento della scadenza T vi siano più n periodi con un'ampiezza h pari a

$$h = \frac{T}{n}$$

e che il fattore di capitalizzazione di ogni periodo sia pari a r^h. Ogni nodo può essere definito dalla coppia

$$(k, j)\ con\ k = 0,1, \dots, n-1\ e\ j = 0,1, \dots, k$$

dove k rappresenta il periodo considerato e j indica il nodo del periodo considerato che identifica i movimenti di tipo up (con fattore moltiplicativo u). Il valore dell'opzione per un generico nodo (k , j), quindi, è dato da

$$C_{kj} = \frac{pC_{k+1,j+1} + (1-p)C_{k+1,j}}{r^h}$$

A questo punto il prezzo del bene sottostante S per il generico nodo (k , j) può essere scritto come

$$S_{kj} = u^j d^{k-j} S_0$$

Ripercorrendo da destra a sinistra l'albero composto dagli n periodi possiamo infine derivare il valore dell'opzione al tempo $t=0$

$$C = \frac{\sum_{k=0}^{n} \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k} max[u^k d^{n-k} S_0 - X; 0]}{(r^h)^n}$$

La formula precedente può essere rielaborata considerando che l'opzione viene esercitata alla scadenza se il prezzo del sottostante S è maggiore o uguale allo strike price X e, quindi, possiamo escludere dai valori che può assumere l'andamento del prezzo nel tempo, tutti i valori per i quali

$$S_0 u^j d^{n-j} \leq X$$

Se ora indichiamo con a il più piccolo intero tale che

$$S_0 u^a d^{n-a} > X$$

possiamo scrivere il valore di C nel modo seguente

$$C = \frac{1}{(r^h)^n} \sum_{k=a}^{n} \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k} (u^k d^{n-k} S_0 - X) =$$

$$= \frac{S_0}{(r^h)^n} \sum_{k=a}^{n} \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k} u^k d^{n-k} - \frac{X}{(r^h)^n} \sum_{k=a}^{n} \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}$$

Poiché

$$p^k (1-p)^{n-k} \frac{u^k d^{n-k}}{(r^h)^n} = \left(\frac{pu}{r^h}\right)^k \left(\frac{(1-p)d}{r^h}\right)^{n-k}$$

e ponendo che

$$b = \frac{pu}{r^h} \qquad e \qquad 1 - b = \frac{(1-p)d}{r^h}$$

possiamo riscrivere C come

$$C = S_0 \sum_{k=a}^{n} \binom{n}{k} b^k (1-b)^{n-k} - X(r^h)^{-n} \sum_{k=a}^{n} \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k} =$$
$$= S_0 B(n,a,b) - X(r^h)^{-n} B(n,a,p)$$

dove *(n, a, b)* rappresenta la funzione di distribuzione binomiale complementare ossia la probabilità che *S* presenti su *n* passi almeno *a* movimenti di tipo up con una probabilità pari a *b* che tale movimento si verifichi.

Con questa scrittura è possibile notare la somiglianza con la formula di Black e Scholes richiamata di seguito

$$C_t = S_t N(d_1) - X e^{-r(T-t)} N(d_2)$$

dove $N(d_1)$ e $N(d_2)$ rappresentano la funzione di ripartizione della variabile casuale standardizzata per i valori d_1 e d_2.

Inoltre, nella formula di valutazione binomiale le funzioni *B(n,a,b)* e *B(n,a,p)* per $n \to \infty$ tendono rispettivamente ai valori $N(d_1)$ e $N(d_2)$ della formula di Black e Scholes.

Il modello trinomiale

Accanto ai modelli binomiali, per consentire uno studio più accurato dei problemi, sono stati creati gli alberi trinomiali in cui da ogni nodo si dipartono tre rami. L'idea è quella di raggiungere un migliore grado di accuratezza nello studio dei problemi, cercando, di avvicinarsi il più possibili alle condizioni poste nella realtà in cui si possono configurare non solo due scenari (*up* e *down*) ma ci può essere una terza via che corrisponde al mantenimento della situazione iniziale, senza alcuna variazione da uno stadio all'altro. Un albero trinomiale è, quindi, così configurato (figura 1.15)

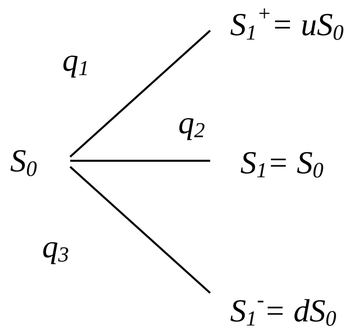

Figura 1.15: Albero trinomiale con rappresentazione dei valori S_1+, S_1^-, S_1 a partire da S_0.

con la condizione che

$$q_2 = 1 - q_1 - q_3$$

Le risoluzioni più note dell'albero trinomiale sono attribuibili a Boyle[9] e a Kadmar e Ritchken[10].

Boyle anzitutto pone l'ipotesi di neutralità al rischio e impone tre condizioni. La prima riguarda il valore dei parametri *u* e *d* e Boyle suppone (come visto anche per il modello binomiale) che

$$d = \frac{1}{u}$$

Come seconda condizione pone l'uguaglianza, dopo uno stadio, fra la media del processo che descrive l'andamento di *S* e la media della distribuzione continua lognormale di *S*, ossia

$$S_0 u q_1 + S_0 q_2 + S_0 d q_3 = S_0 e^{\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right)\frac{T}{n}}$$

[9] BOYLE P. (1988), *A lattice framework for option pricing with two state variables*, Journal of Financial and Quantitative Analysis, vol. 23, p. 1-12.
[10] KAMRAD B. e RITCHKEN P. (1991), *Multinomial approximating models for options with k state variables*", Management Science, vol. 37, p. 1640-1652.

dove μ e σ^2 rappresentano rispettivamente la media e la varianza della distribuzione e T/n rappresenta la suddivisione del tempo in un certo numero n di sottoperiodi.

Come terza condizione è posta l'uguaglianza, dopo uno stadio, tra la varianza della distribuzione discreta di S e la varianza della distribuzione continua lognormale di S, ossia

$$S_0^2 u^2 q_1 + S_0^2 q_2 + S_0^2 d^2 q_3 - (S_0 u q_1 + S_0 q_2 + S_0 d q_3)^2$$
$$= S_0^2 e^{2\left(\mu+\frac{\sigma^2}{2}\right)\frac{T}{n}}\left(e^{\sigma^2\frac{T}{n}} - 1\right)$$

Risolvendo il sistema si ottiene

$$q_1 = \frac{\left(e^{2\left(\mu+\frac{\sigma^2}{2}\right)\frac{T}{n}}\left(e^{\sigma^2\frac{T}{n}} - 1\right) + e^{2\left(\mu+\frac{\sigma^2}{2}\right)\frac{T}{n}} - e^{\left(\mu+\frac{\sigma^2}{2}\right)\frac{T}{n}}\right)u - \left(e^{\left(\mu+\frac{\sigma^2}{2}\right)\frac{T}{n}} - 1\right)}{(u-1)(u^2-1)}$$

$$q_3 = \frac{\left(e^{2\left(\mu+\frac{\sigma^2}{2}\right)\frac{T}{n}}\left(e^{\sigma^2\frac{T}{n}} - 1\right) + e^{2\left(\mu+\frac{\sigma^2}{2}\right)\frac{T}{n}} - e^{\left(\mu+\frac{\sigma^2}{2}\right)\frac{T}{n}}\right)u^2 - \left(e^{\left(\mu+\frac{\sigma^2}{2}\right)\frac{T}{n}} - 1\right)u^3}{(u-1)(u^2-1)}$$

Per semplificare possiamo porre che

$$M = e^{\left(\mu+\frac{\sigma^2}{2}\right)\frac{T}{n}}$$

e

$$V = M^2\left(e^{\sigma^2\frac{T}{n}} - 1\right)$$

Da cui risulta che

$$q_1 = \frac{(V + M^2 - M)u - (M - 1)}{(u - 1)(u^2 - 1)}$$

e

$$q_3 = \frac{(V + M^2 - M)u^2 - (M - 1)u^3}{(u - 1)(u^2 - 1)}$$

Poiché q_2 è ricavata, come già visto, con la seguente

$$q_2 = 1 - q_1 - q_3$$

la scelta del parametro u deve essere tale che il valore della probabilità q_2 sia positivo. La sola condizione

$$u = e^{\sigma\sqrt{\frac{T}{n}}}$$

non è però sufficiente ad assicurare che q_2 sia sempre positivo, anzi, osserva Boyle, questo non accada per un ampio spettro di valori realistici che i parametri σ, μ, T e n possono assumere. Per superare questo problema Boyle propone una diversa formulazione del parametro u ossia

$$u = e^{\lambda\sigma\sqrt{\frac{T}{n}}} \quad con \quad \lambda \geq 1$$

ed osserva che, esiste un certo intervallo di valori di u per il quale tutte le probabilità assumono valori positivi. Con una lunga analisi Boyle arriva a concludere che i migliori risultati si ottengono quando i valori di q_1, q_2, q_3 sono quasi uguali.

Kadmar e Ritchken, invece, mantengono le seguenti condizioni di Boyle

$$d = \frac{1}{u}$$

e

$$u = e^{\lambda\sigma\sqrt{\frac{T}{n}}} \quad con \quad \lambda \geq 1$$

insieme all'ipotesi di neutralità al rischio, ma cambiano quelle relative alle uguaglianze dopo il primo stadio. I due studiosi, infatti, pongono uguali i momenti della distribuzione discreta e di quella continua lognormale sul logaritmo di *S*, ossia

$$\log u\, q_1 + \log d\, q_3 = \mu \frac{T}{n}$$

Per quanto riguarda le varianze, abbiamo

$$(\log u)^2 q_1 + (\log d)^2 q_3 = \sigma^2 \frac{T}{n}$$

Risolvendo il sistema si ottiene

$$q_1 = \frac{1}{2\lambda^2} + \frac{\mu\sqrt{\frac{T}{n}}}{2\lambda\sigma}$$

$$q_2 = 1 - \frac{1}{2\lambda^2}$$

$$q_3 = \frac{1}{2\lambda^2} - \frac{\mu\sqrt{\frac{T}{n}}}{2\lambda\sigma}$$

Si può, inoltre, osservare che se q_2=0 il modello trinomiale diventa un modello binomiale come quelli visti in precedenza.

1.3.6 Le opzioni reali

I principi visti finora, elaborati in ambito finanziario, possono essere applicati anche agli investimenti dando vita alle cosiddette opzioni reali. Questo incontro risulta fondamentale, infatti, sostiene Myers

> *Strategic planning needs finance*. Present value calculations are needed as a check on strategic analysis and vice versa. However, the standard discounted cash flow techniques will tend to understate the option value attached to growing, profitable lines of business. Corporate finance theory requires extension to deal with real options. (Stewart Myers, 1984, *Finance theory and financial strategy*, Interfaces, vol. 14, issue 1, p. 137)

Volendo analizzare i progetti di investimento come se fossero opzioni, occorre identificarne gli elementi fondamentali che sono:

- S, valore attuale del progetto (che costituisce il sottostante dell'opzione);
- X, prezzo di esercizio, ossia la spesa necessaria per avviare il progetto;
- t, scadenza dell'opzione (lasso di tempo in cui la decisione può essere rinviata);
- σ, rischio legato all'investimento;
- r_f, tasso di interesse privo di rischio durante tutta la durata dell'opzione.

Nel caso delle opzioni reali occorre considerare anche l'irreversibilità legata all'investimento che può essere costituita, ad esempio, dalla spesa iniziale non più recuperabile. L'importanza di questo fattore è legata al tempo t e alla possibilità, quindi, di ritardare la scelta in attesa di informazioni migliori. Naturalmente ciò comporta anche il rischio che un altro concorrente entri nel mercato e possa sfruttare i vantaggi del primo arrivato. Questo costo-opportunità permette di considerare l'investimento come un'opzione call.

Il confronto tra opzioni finanziarie ed opzioni reali

Nonostante vi siano alcuni punti in comune tra le opzioni finanziarie e quelle reali occorre anche evidenziarne le differenze per capire come analizzare e valutare correttamente queste ultime.

Sia le opzioni finanziarie che quelle reali sono caratterizzate da:

- contesto di incertezza;
- irreversibilità;
- scelta tra due o più alternative;
- possibilità di ritardare o sospendere la decisione di investimento.

L'incertezza riguarda lo scenario futuro e in particolare i rendimenti derivanti dall'investimento.

L'irreversibilità rende l'investimento particolarmente sensibile ai mutamenti delle variabili decisionali (come ad esempio i tassi d'interesse o i prezzi delle materie prime) e alla stabilità della politica economica. In questo senso un investimento caratterizzato da un alto grado di irreversibilità viene normalmente differito in attesa di acquisire informazioni migliori o gestito con una suddivisione in più fasi in modo da diminuire l'incertezza. Nel caso finanziario l'irreversibilità è legata all'esercizio dell'opzione stessa.

La possibilità di ritardare o sospendere è definibile come un costo-opportunità: se da un lato posso acquisire informazioni migliori e risolvere l'incertezza, dall'altro lascio spazio libero ai concorrenti per agire. Nell'ambito finanziario la possibilità di ritardare la decisione è la caratteristica fondamentale del contratto di opzione.

Accanto a queste analogie si riscontrano numerose differenze. La prima riguarda la decisione: nel campo finanziario più si avvicina la scadenza dell'opzione, più l'incertezza si risolve; per le opzioni reali, invece, la decisione deve essere presa anche se l'incertezza non si è risolta.

L'opzione, inoltre, durante l'arco di tempo Δt, relativo alla sua durata, può assumere valori diversi diventando in-the-money o out-of-the-money. Chi acquista un'opzione può soltanto rilevare questi movimenti e, se possiede un'opzione Americana, decidere quale sia il momento più opportuno per esercitarla. Nel caso reale, invece, l'oscillazione del valore dell'opzione spinge il decisore ad intervenire sulle variabili in gioco per mitigare i movimenti del sottostante e scongiurare ribassi.

Per le opzioni finanziarie la scadenza è nota mentre per quelle reali non è così: infatti, molte volte, non viene definito il momento entro il quale prendere la decisione. Ciò capita ad esempio nell'ambito della R&S nello sviluppo di nuovi prodotti. Nel caso dei medicinali, ad esempio, è frequente non conoscere il momento in cui sarà pronto un nuovo principio attivo e nemmeno le mosse dei concorrenti che agendo prima di noi potrebbero far terminare la nostra opzione.

Per quanto riguarda il valore, nelle opzioni finanziarie, esso è dato dalla differenza tra il prezzo del sottostante e lo strike price mentre per quelle reali il valore non è facilmente determinabile poiché dipende da fattori relativi all'impresa, che non possono essere stimati con assoluta certezza, come ad esempio: le competenze, la posizione di mercato, le barriere all'entrata, l'esistenza di brevetti o licenze, la conoscenza del marchio, le conoscenze tecniche, gli investimenti di R&S, le immobilizzazioni etc.

Le opzioni finanziarie, inoltre, sono scambiate nei mercati e le informazioni che le riguardano sono disponibili per tutti gli investitori in qualsiasi momento insieme ai movimenti del valore del sottostante. Per le opzioni reali, invece, il monitoraggio del valore del sottostante si rivela più complesso, così come è difficile stabilire il prezzo per acquisire l'opzione.

Un punto fondamentale che separa i due tipi di opzione riguarda la volatilità: se per le opzioni finanziarie, per il pricing dell'opzione, si può utilizzare la deviazione standard delle quotazioni del titolo, per le opzioni reali la stima della volatilità diventa un punto importante e di difficile soluzione. La volatilità legata ai titoli dell'impresa non sembra una buona stima della volatilità legata al progetto e può portare a risultati fuorvianti. Inoltre, qualsiasi tipo di nuovo progetto difficilmente ha degli equivalenti sul mercato dai quali poter ricavare una stima della deviazione standard. Infine, molti sono i fattori che possono influenzare la volatilità dell'investimento: da quelli interni all'azienda, come ad esempio i tempi di sviluppo, a quelli esterni, come i cambiamenti nei prezzi delle materie prime. Per le opzioni finanziarie la volatilità è costante nel tempo mentre altrettanto non si può dire per quelle reali essendo soggette a fenomeni variabili.

Da qui nascono i problemi riguardo l'applicazione della formula di Black e Scholes alle opzioni reali a cui si aggiunge il fatto che la volatilità legata alle opzioni reali non riguarda solo i benefici ma anche i costi mentre Black e Scholes ipotizzano costi costanti o comunque non soggetti ad incertezza. Un'altra questione importante riguarda il fatto che Black e Scholes suppongono che i movimenti del sottostante seguano un moto stocastico continuo senza alcun tipo di salto, situazione che non è detto si presenti per le opzioni reali e che può portare ad errori nella stima dell'opzione in quanto i salti che possono portare un'opzione da out-of-the-money a in-the-money sono ignorati.

Infine, la formula di Black e Scholes immagina che il valore dell'asset segua una distribuzione lognormale: ciò può non verificarsi nel caso delle opzioni reali perché le variabili che influenzano il valore dell'asset possono comportarsi in maniera diversa.

Per tutti questi motivi l'analisi attraverso gli alberi binomiali e l'uso della probabilità neutrale al rischio si rivela una scelta migliore per il pricing delle opzioni reali. Gli alberi binomiali, infatti, permettono di identificare tutti i possibili scenari che si potrebbero realizzare e grazie alla loro valutazione definiscono un valore dell'opzione che permette al manager di scegliere tra investire e non investire. Naturalmente in casi molto complessi può non essere semplice ricostruire l'albero binomiale o strutturare il problema definendolo in maniera semplice ed essenziale. Inoltre, anche in questo caso rimane il problema della stima della volatilità del progetto che può essere in parte superata mediante la simulazione Monte Carlo vista nei paragrafi precedenti.

I tipi di opzioni reali

Nel caso di un investimento sono diversi i tipi di decisione che il management può prendere e che si possono manifestare in diversi momenti all'interno della vita di un progetto. Possiamo avere:

- opzione di differimento;
- opzione di espansione;
- opzione di contrazione;
- opzione di conversione;
- opzione di sospensione temporanea;
- opzione di abbandono.

La prima, *opzione di differimento*, riguarda la decisione di ritardare l'avvio di un progetto in attesa, magari, di informazioni migliori o di un avvenimento che aumenti il valore dell'investimento. Tale opzione è attuabile se si ritiene che il differimento non vada a compromettere la fattibilità tecnica del progetto. La decisione, quindi, dipende da variabili incerte; un dato che condizione il valore stesso dell'opzione.

L'*opzione di espansione* riguarda la possibilità di aumentare le dimensioni e la struttura del progetto (ad esempio la quantità prodotta di un certo bene).

Il terzo tipo, *opzione di contrazione*, va nel segno opposto alla precedente e può dipendere da un'evoluzione sfavorevole ed imprevista del mercato.

Nel caso poi che si abbia un progetto interrotto prematuramente si può considerare la possibilità di convertirlo (*opzione di conversione*); in questo modo l'investimento iniziale non andrebbe del tutto perso. Ciò dipende, ad esempio, dal grado di adattabilità del prodotto, dell'impianto costruito o del processo di produzione.

L'*opzione di sospensione temporanea* prevede si pone a metà tra la prima e l'ultima (differimento e abbandono). Alla base della sua attuazione ci deve essere una convenienza economica[11] ad attuare la sospensione del progetto per un certo periodo di tempo.

L'ultimo tipo (*opzione di abbandono*) deve essere preso in considerazione nel caso non sia più possibile continuare l'investimento. Occorre, naturalmente, verificare se si potranno recuperare, almeno in parte, i costi sostenuti per l'avviamento del progetto.

Applicazione del metodo binomiale ai diversi tipi di opzioni reali[12]

Per confrontare i diversi tipi di opzioni appena elencati vediamo un esempio che permette di capire come utilizzare l'albero binomiale nella valutazione di un investimento.

L'azienda GEM deve valutare l'opportunità di lanciare un nuovo prodotto sul mercato. Questo progetto richiede un investimento iniziale (I_0) di € 250 mln. Si prevede che questo progetto possa generare flussi di cassa per € 300 mln, nel caso la domanda sia alta (scenario che si può verificare con una probabilità pari a q=0,6), e € 100 mln nel caso la domanda sia bassa (q=0,4). Si ipotizza che il valore del progetto abbia un andamento binomiale di tipo moltiplicativo con i seguenti fattori u = 1,5 e d = 0,5.

Trigeorgis[13], per procedere nel calcolo del valore delle opzioni, definisce anzitutto quella che viene chiamata *twin security*, ossia un titolo che viene scambiato sul mercato ad un prezzo corrente S_0=50 e con un profilo di rischio uguale a quello del progetto. Il tasso risk free su base annua è pari all'8%.

In base a questi dati si può calcolare il rendimento della twin security che risulta pari a

[11] Espressa in termini di risparmio di costi variabili.
[12] Costruito sulla base di: TRIGEORGIS L. (1999), *Real Options. Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*, The MIT Press, p. 153.
[13] TRIGEORGIS L. (1999), *Real Options. Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*, The MIT Press, p. 153.

$$k = \frac{E(S)}{S_0} - 1 = \frac{0{,}6 * 75 + 0{,}4 * 25}{50} - 1 = 0{,}1 = 10\%$$

Il problema può essere schematizzato come segue (figura 1.16), posto che l'obiettivo è quello di calcolare V_0, ossia il valore al tempo t=0.

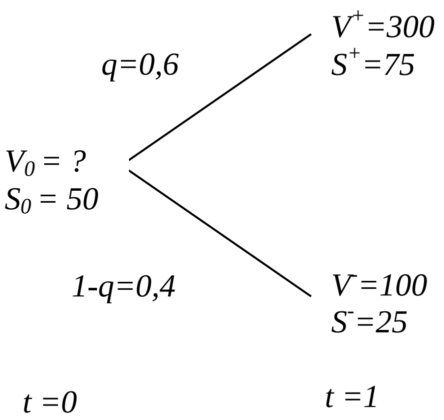

Figura 1.16: Albero binomiale con rappresentazione dei valori S^+ e S^-, V^+ e V^-.

Il PV(Present Value) del progetto è

$$PV = \frac{E(V)}{(1+k)} = \frac{0{,}6 * 300 + 0{,}4 * 100}{1{,}1} = € \, 200 \, mln$$

L'NPV è quindi pari a

$$NPV = PV - I_0 = 200 - 250 = -€ \, 50 \, mln$$

Il risultato è, quindi, negativo e il progetto non dovrebbe essere attuato se l'analisi si fermasse al calcolo del Net Present Value e in assenza di opzioni reali. Nel caso, invece, in cui esistano delle opzioni reali, queste vanno valorizzate proprio perché ci permettono di considerare degli eventi incerti al momento della decisione iniziale ma che possono avere un peso rilevante sull'andamento dell'investimento.

Opzione di differimento

Supponiamo ora di avere un brevetto che protegge il nostro nuovo prodotto e questo ci permette di ritardare il lancio di un anno. Certamente il brevetto aggiunge valore all'investimento in quanto lascia intatto lo scenario di primo arrivato sul mercato con tutti i benefici che ne conseguono in termini di profitti. Il management deciderà quindi di avviare il progetto se il valore l'anno successivo sarà superiore ad I_0. L'opzione di aspettare può essere vista come un'opzione call con un prezzo di esercizio pari all'investimento iniziale calcolato al tempo T_1. Il valore finale, nello stato *up* così come nello stato *down*, sarà frutto della massimizzazione tra il valore netto dell'investimento e zero (che significa non avviare il progetto).

Schematizzando si ottiene (figura 1.17)

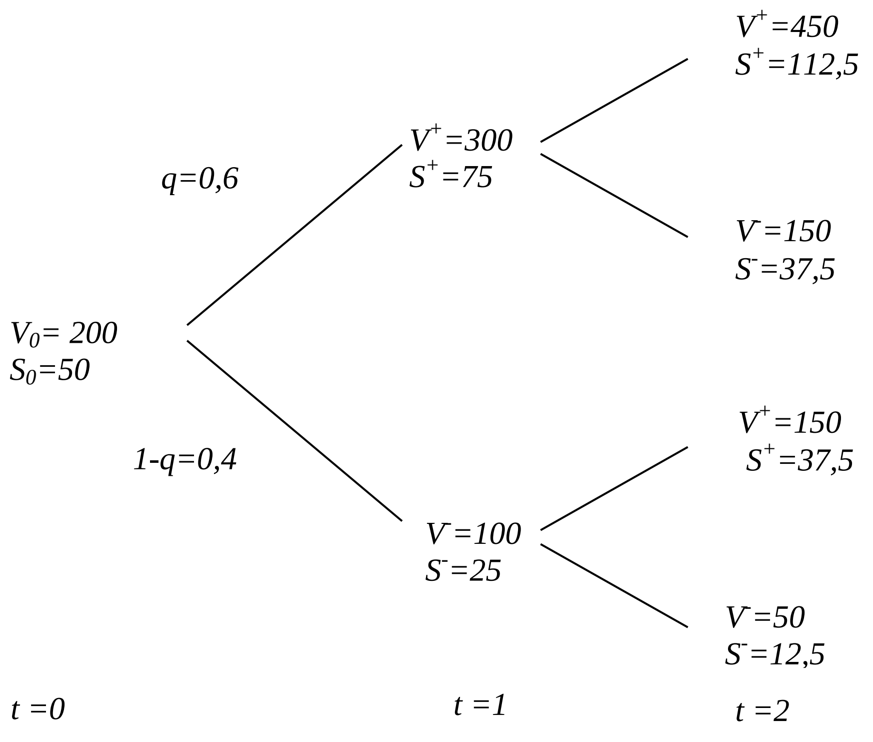

Figura 1.17: Albero binomiale multiperiodale con rappresentazione dei valori S+ e S-, V+ e V- per l'esempio dell'opzione di differimento.

Indicando con E il valore esteso del progetto e supponendo che al tempo T_1 sia richiesto un ulteriore investimento I_1 pari a € 270 mln, avremo come riportato in figura 1.18, che

$$E^+ = \max(V^+ - I_1, 0) = \max(300 - 270, 0) = 30$$
$$E^- = \max(V^- - I_1, 0) = \max(100 - 270, 0) = 0$$

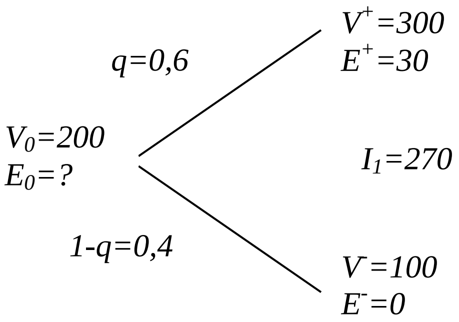

Figura 1.18: Albero binomiale con rappresentazione dei valori V+ e V$^-$, E+ e E$^-$, per il calcolo del valore esteso del progetto.

$$p = \frac{(1+r)S - S^-}{S^+ - S^-} = \frac{1{,}08 * 50 - 25}{75 - 25} = \frac{29}{50} = 0{,}58$$

e il valore di E

$$E = \frac{[p * E^+ + (1-p) * E^-]}{(1+r)} = \frac{[0{,}58 * 30 + 0{,}42 * 0]}{1{,}08} = € \, 16{,}11 \, mln$$

Il valore ottenuto è il cosiddetto NPV esteso che incorpora l'*option premium* che in questo caso vale € 66,11 mln (ossia la differenza tra E e l'NPV precedentemente calcolato).

Opzione di espansione

Una volta dato il via al progetto esiste la possibilità di ampliarlo. Nell'esempio considerato si può pensare ad un aumento della produzione che può richiedere la costruzione di un nuovo impianto. Anche qui possiamo pensare all'espansione come ad un'opzione call: in grado, quindi, di incrementare il valore del progetto stesso. Ci troviamo nell'anno 1 in cui l'azienda, fatto l'investimento, può decidere di espandere o di mantenere immutato il livello produttivo. L'espansione comporta un ulteriore spesa pari a € 150 mln ma promette un valore pari al doppio di quello in assenza di esercizio dell'opzione. La condizione è quindi

$$E = \max(V\,; 2V - I_1) = V + \max(V - I_1; 0)$$

Per ottenere il valore esteso del progetto occorre calcolare E^+ ed E^-.

$$E^+ = \max(V^+; 2V^+ - I_1) = \max\,(300; 600 - 150) = 450$$

$$E^- = \max(V^-; 2V^- - I_1) = \max\,(100; 200 - 150) = 100$$

Per un valore di p=0,58, possiamo calcolare E

$$E = \frac{[p * E^+ + (1-p) * E^-]}{(1+r)} - I_0 = \frac{[0{,}58 * 450 + 0{,}42 * 100]}{1{,}08} - 250 = € \, 30{,}55\; mln$$

L'option premium sarà pari a

$$Option\ premium = E - NPV = 30{,}55 - (-50) = € \, 80{,}55\; mln$$

Opzione di contrazione

Se esiste l'ipotesi di ridurre l'investimento ci troviamo di fronte ad un'opzione put. Dovremmo quindi dividere investimento iniziale in due parti: la prima da effettuare subito (€ 125 mln) e la seconda nell'anno successivo per un importo pari a € 135 mln (€ 125 mln*1,08). Nel caso di un'evoluzione sfavorevole l'azienda ha la possibilità di ridurre l'investimento e di sborsare solo € 95 mln invece di € 135 mln previsti per un risparmio di € 40 mln che chiameremo I_1^*. È inoltre previsto che il valore del progetto si dimezzi. La condizione è quindi

$$E = \max(V - I_1; 0{,}5V - I_1^*) = (V - I_1) + \max(0; I_1^* - 0{,}5V)$$

Per ottenere il valore esteso del progetto occorre calcolare E^+ ed E^-.

$$E^+ = \max(V^+ - I_1; 0{,}5V^+ - I_1^*) = \max(300 - 135; 150 - 40) = 165$$

$$E^- = \max(V^- - I_1; 0{,}5V^- - I_1^*) = \max(100 - 135; 50 - 40) = 10$$

Per un valore di p=0,58, possiamo calcolare E

$$E = \frac{[p*E^+ + (1-p)*E^-]}{(1+r)} - I_0 = \frac{[0{,}58*165 + 0{,}42*10]}{1{,}08} - 125 = € \, 32{,}5 \, mln$$

L'option premium sarà pari a

$$Option\ premium = E - NPV = -32{,}5 - (-50) = € \, 17{,}5 \, mln$$

Questo tipo di opzione si rivela importante nel caso di nuovi prodotti in quanto l'impresa può limitare l'investimento iniziale per decidere in un secondo tempo, in base all'andamento di mercato, se proseguire con il progetto o abbandonarlo.

Opzione di conversione

Siamo nel caso in cui il management decida di interrompere il progetto avviato e di utilizzare quanto realizzato nell'ambito di altre iniziative. Per poter capire quale sia il miglior uso alternativo possiamo considerare le opzioni reali. Si suppone che l'uso alternativo segua questa dinamica, con i fattori *u*=1,2 e *d*=0,6 e *p*=0,83, secondo lo schema proposto in figura 1.19.

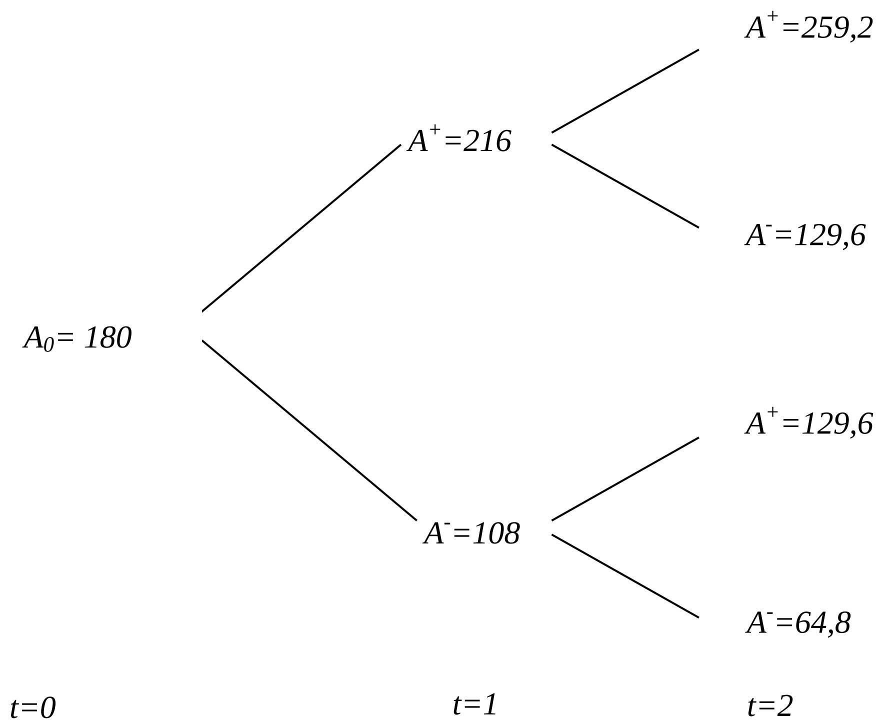

Figura 1.19: Albero binomiale multiperiodale con rappresentazione dei valori A+ e A-, V+ e V-, per l'esempio dell'opzione di conversione.

L'opzione di conversione risulta conveniente nel caso in cui si verifichi l'alternativa peggiore V^- pari a 100 e si potrà scrivere come

$$E = \max(V\,; A)$$

$$E^+ = \max(V^+; A^+) = \max\,(300; 216) = 300$$

$$E^- = \max(V^-; A^-) = \max\,(100; 108) = 108$$

Per un valore di p=0,58, possiamo calcolare E

$$E = \frac{[p*E^{+}+(1-p)*E^{-}]}{(1+r)} - I_0 = \frac{[0,58*300+0,42*108]}{1,08} - 250 = - € \, 46,89 \, mln$$

L'option premium sarà pari a

$$Option\ premium = E - NPV = -46,89 - (-50) = € \, 3,11 \, mln$$

Opzione di sospensione temporanea

Questa possibilità viene contemplata nel caso di congiunture sfavorevoli di mercato che spingano l'azienda a sospendere temporaneamente l'esecuzione del progetto. Infatti, in questo caso i costi variabili sarebbero superiori alle entrate derivanti dall'investimento. Si suppone che le entrate siano pari al 40% del valore del progetto, i costi variabili ammontino a 50 e i costi fissi a 30. L'investimento, inoltre, può essere fatto in due tranche con un esborso immediato di € 125 mln. Per questa opzione call le entrate nel caso del mercato favorevole valgono M^{+}=120 e nel caso sfavorevole M^{-}=40. Il valore esteso del progetto sarà pari a

$$E = \left(\mathrm{V} - C_f\right) - \min(C_v\,; M)$$

$$E^{+} = \left(V^{+} - C_f\right) - \min(C_v\,; M^{+}) = (300 - 30) - \min(50; 120) = 270 - 50 = 220$$

$$E^{-} = \left(V^{-} - C_f\right) - \min(C_v\,; M^{-}) = (100 - 30) - \min(50; 40) = 70 - 40 = 30$$

Per un valore di p = 0,58, possiamo calcolare E

$$E = \frac{[p*E^{+}+(1-p)*E^{-}]}{(1+r)} - I_0 = \frac{[0,58*220+0,42*30]}{1,08} - 125 = \, € \, 4,81 \, mln$$

L'option premium sarà pari a

$$Option\ premium = E - NPV = 4{,}81 - (-50) = € \ 54{,}81\ mln$$

Opzione di abbandono

Nel caso di investimenti che richiedono investimenti elevati e hanno un orizzonte temporale piuttosto lungo c'è la possibilità che il valore del progetto diventi negativo a causa, ad esempio, di mutamenti nello scenario. L'ipotesi di abbandono diventa quindi rilevanti per evitare ulteriori esborsi economici che potrebbero gravare su un'eventuale crisi aziendale già presente.

L'abbandono si configura come un'opzione call in cui il prezzo di esercizio è rappresentato dall'investimento aggiuntivo per continuare il progetto. L'investimento, inoltre, viene diviso in due parti: una immediata del valore di € 125 mln e una tra un anno del valore di € 135 mln (€ 125 mln capitalizzati al tasso risk free). Il valore esteso del progetto sarà pari a

$$E = \max(V - I_1\,; 0)$$

$$E^+ = \max\ (V^+ - I_1; 0)\ = \max(300 - 135; 0) = 165$$

$$E^- = \max\ (V^- - I_1; 0)\ = \max(100 - 135; 0) = 0$$

Per un valore di p = 0,58, possiamo calcolare E

$$E = \frac{[p*E^+ + (1-p)*E^-]}{(1+r)} - I_0 = \frac{[0{,}58*165+0{,}42*30]}{1{,}08} - 125 = -\ € \ 36{,}39\ mln$$

L'option premium sarà pari a

$$Option\ premium = E - NPV = -36{,}39 - (-50) = € \ 13{,}61\ mln$$

1.3.6.1 Gli approcci alla valutazione delle opzioni reali

Nel corso degli ultimi 15 anni molte sono state le metodologie sviluppate per applicare in maniera rapida ed efficace le opzioni reali al mondo degli investimenti aziendali. I modelli hanno cercato di descrivere in maniera sempre più completa i fenomeni che si manifestano nella realtà per ottenere valutazioni sempre più accurate. L'idea è per tutti quella di superare il semplice NPV e, attraverso le opzioni reali, riuscire a dare un'idea della flessibilità delle decisioni dell'impresa.

Si inizia con il cosiddetto *classic approach* che definisce anzitutto l'importanza delle opzioni reali nella vita aziendale. Queste, infatti, permettono non solo di descrivere le diverse strade che si possono intraprendere nella realizzazione di un progetto ma anche di valutarle. Nonostante l'idea risulti innovativa, l'approccio è invece piuttosto rigido in quanto ancorato all'idea di un portafoglio replicante creato a partire da dati di mercato. Questi ultimi, purtroppo, sono quasi sempre lontani dal darci un'idea corretta del valore di un certo progetto. Ogni investimento, infatti, è unico in quanto espressione di una ben precisa realtà aziendale diversa dalle altre presenti sul mercato.

Con l'idea di inquadrare meglio le caratteristiche di ogni impresa nasce il *subjective approach* che utilizza i dati stimati soggettivamente dai manager per calcolare il valore dell'opzione. Il limite principale di questo metodo sta nel cercare di creare un portafoglio replicante con questo tipo di input: facendo ciò, però, si viola una delle ipotesi alla base del modello, ossia il non arbitraggio.

Il *MAD approach* si basa sulla volontà di esprimere concretamente le possibilità di scelta del management, da qui la rappresentazione delle opzioni reali tramite gli alberi delle decisioni. Per ogni investimento viene costruito un albero che rappresenta l'andamento del PV nel corso del tempo e uno che rappresenta l'andamento del valore dell'opzione. Quest'ultimo viene ricavato tramite l'uso di portafogli replicanti.

Il *revised classic approach* nasce dall'idea che si possa distinguere tra due categorie di investimenti caratterizzate da tipi diversi di rischio. Avremo progetti dominati da *public risks* nel caso in cui i dati per la valutazione provengano dal mercato; viceversa, se i dati non sono rinvenibili sul mercato e sono frutto di una stima del management, avremo investimenti caratterizzati da *private risks*. A seconda della categoria si applica una metodologia di valutazione diversa: nel primo caso si costruisce il portafoglio replicante, nel secondo si crea l'albero delle decisioni. Con questo approccio, quindi, si cerca di integrare i modelli visti in precedenza con il limite fondamentale di dover scegliere a monte se stare nell'una o nell'altra categoria.

Questo inconveniente è risolto con l'*integrated approach* secondo il quale in ogni investimento è possibile individuare rischi sia dell'uno che dell'altro tipo. Per dare un'adeguata rappresentazione di ciò basta assegnare le probabilità ai rami in maniera diversa, costruendo quello che viene definito albero delle decisioni *risk-adjusted*. Nel caso di *public risks* i rami hanno delle probabilità neutrali al rischio; nell'altro caso, invece, le probabilità dipendono da una stima soggettiva.

Si arriva, infine, ai più recenti approcci: il *DM method* e i *fuzzy numbers*. Il primo parte dalla considerazione che la formula di Black e Scholes è il miglior metodo per valutare un'opzione. Il problema principale sta nei dati da inserire che devono essere opportunamente stimati usando la simulazione Monte Carlo in modo da ottenere valori il più attendibili possibile.

Il secondo, invece, utilizza la logica fuzzy per incorporare nelle stime l'incertezza legata ai valori dei parametri utilizzati.

Le metodologie menzionate, che saranno di seguito analizzate, non esauriscono il vasto mondo applicativo delle opzioni reali ma si propongono di dare un'idea dello sviluppo temporale e logico delle stesse.

Classic approach

Questa metodologia, illustrata nel libro di Amram e Kulatilaka (1999)[14], si basa sull'ipotesi di non arbitraggio e di un mercato dei capitali completo. In questo scenario, dunque, il valore del progetto è rappresentato dal valore di

[14] AMRAM M., KULATILAKA N. (1999), *Real Options. Managing strategic investment in an uncertain world*, Harvard Business School Press, Boston.

mercato di un portafoglio costruito ad hoc, detto *portafoglio replicante*. Quest'ultimo replica i payoff dell'opzione reale utilizzando dati provenienti dai mercati finanziari. Si assume, inoltre, che l'andamento dei prezzi segua un moto browniano geometrico: ipotesi che permette di applicare la formula di Black e Scholes per ottenere il pricing dell'opzione.

Questo metodo, di facile applicazione, prevede innanzitutto la costruzione del portafoglio replicante e il calcolo del suo prezzo e volatilità (che si assumono essere le stesse del progetto). A questo punto, il portafoglio replicante va ridimensionato rispetto all'investimento. Infine, applicando la formula di Black e Scholes si ottiene il valore dell'opzione.

La semplicità del modello, che lo rende facilmente applicabile, comporta tuttavia alcune problematiche. Prima fra tutte l'impossibilità di calcolare il valore di opzioni composte, ossia quelle opzioni il cui valore dipende dal valore di altre opzioni. In secondo luogo non vengono incorporati i rischi privati, ossia quelli che sono firm-specific e non strettamente correlati con il mercato e che potrebbero anche essere correlati negativamente al portafoglio. Inoltre, si dà per scontato che esista un portafoglio replicante dello specifico investimento. Ipotesi, questa, alquanto irrealistica, sia per le caratteristiche proprie di ogni realtà aziendale, sia per il fatto che difficilmente troveremo sul mercato la possibilità di scambiare un investimento in beni reali. Infine, è difficile pensare di poter trovare sul mercato un titolo che sia altamente correlato con l'investimento preso in considerazione. Il problema della correlazione bassa tra il portafoglio di titoli e l'investimento viene analizzata anche da Amram e Kulatilaka che la definiscono *tracking error*. Ma, nonostante ne riconoscano l'esistenza e ne diano alcuni esempi, i due studiosi non forniscono alcuna indicazione sull'inserimento di una correzione per il tracking error nel calcolo del valore dell'opzione.

Subjective approach

Il subjective approach è stato sviluppato da Luherman nei suoi tre articoli pubblicati tra il 1997 e il 1998 nella rivista Harvard Business Review[15]. Anche Luherman basa la sua metodologia sul non arbitraggio, sull'ipotesi di mercati completi e sull'esistenza del portafoglio replicante la cui dinamica segue un moto browniano geometrico. In questo caso, però, i dati inseriti nella formula di Black e Scholes per il pricing dell'opzione, non provengono dal mercato ma sono stimati soggettivamente dai manager in base alla loro esperienza aziendale. Proprio questa stima costituisce il limite fondamentale del modello: infatti, non si riesce a combinare il portafoglio replicante e l'ipotesi di non arbitraggio con i dati soggettivi che sono completamente slegati dal portafoglio, non provenendo dal mercato. Il metodo si rivela efficace quando non è possibile trovare il portafoglio replicante sulla base di dati di mercato. A questa mancanza si sopperisce, quindi, stimando soggettivamente i dati ed usandoli per ricavare il prezzo dell'opzione. Si perde, dunque, in precisione quantitativa mantenendo però l'informazione dal punto di vista qualitativo.

Negli articoli Luherman rende il metodo ancora più maneggevole e semplice da applicare. Egli, infatti, ricombina gli elementi fondamentali delle opzioni per ricavare le seguenti grandezze

$$NPVq = \frac{S}{X} * (1 + r_f)^t$$

$$volatilità\ cumulata = \sigma * \sqrt{t}$$

[15] LUEHRMAN T. (1997), *What's it worth? A general manager's guide to valuation*, Harvard business review, vol. 75, issue 3, p. 132-142.
LUEHRMAN T. (1998), *Investment opportunities as real options: getting started on the numbers*, Harvard business review, vol. 76, issue 4, p. 51-67.
LUEHRMAN T. (1998), *Strategy as a portfolio of real options*, Harvard business review, vol. 76, issue 5, p. 89-99.

dove S è il valore attuale dell'investimento (stock price), X l'investimento richiesto (exercise price), r_f il tasso risk free, t l'arco di tempo in cui la decisione può essere differita, σ la varianza (rischio associato all'investimento). L'$NPVq$ e la *volatilità cumulata* vengono utilizzate da Luherman per costruire quello che lui definisce *price space* (figura 1.18) all'interno del quale si trovano tutti i possibili valori che l'opzione può assumere. Questi valori sono ricavati applicando la formula di Black e Scholes al variare dei valori assunti dai parametri.

Ad esempio, supponendo di avere S = 100 \$, X = 105 \$ e valutando l'opzione per t = 1 con un tasso r_f = 5% su base annua e con σ = 50% si ottiene

$$NPVq = \frac{S}{X} * \left(1 + r_f\right)^t = \frac{100}{105} * (1{,}05)^1 = 1$$

e

$$volatilit\grave{a}\ cumulata = \sigma * \sqrt{t} = 0{,}5 * \sqrt{1} = 0{,}5$$

Nella figura 1.20, in corrispondenza dei valori *NPVq* = 1 e *volatilità cumulata* = 0,5 si ottien

e un valore dell'opzione pari al 19,7% di S, ossia 19,70 \$. Se calcoliamo l'NPV classico otteniamo un valore negativo, pari a

$$NPV = S - X = 100\$ - 105\$ = -5\$$$

mentre l'opzione ha un valore positivo.

Il price space può essere idealmente suddiviso in sei parti, creando quello che Luherman definisce Tomato Garden16 (figura 1.21). L'espressione deriva dal fatto che Luherman compara la gestione di un portafoglio di opzioni a un orto di pomodori che viene coltivato in condizioni climatiche imprevedibili.

[16] LUEHRMAN T. (1998), *Strategy as a portfolio of real options*, Harvard business review, vol. 76, issue 5, p. 89-99.

Black-Scholes value of a European call option, expressed as a percentage of underlying asset value.

NPVq

$\sigma\sqrt{t}$	0.80	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98	**1.00**	1.02	1.04	1.06	1.08
0.05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.6	1.2	**2.0**	3.1	4.5	6.0	7.5
0.10	0.0	0.1	0.2	0.3	0.5	0.8	1.2	1.7	2.3	3.1	**4.0**	5.0	6.1	7.3	8.6
0.15	0.5	0.7	1.0	1.3	1.7	2.2	2.8	3.5	4.2	5.1	**6.0**	7.0	8.0	9.1	10.2
0.20	1.5	1.9	2.3	2.8	3.4	4.0	4.7	5.4	6.2	7.1	**8.0**	8.9	9.9	10.9	11.9
0.25	2.8	3.3	3.9	4.5	5.2	5.9	6.6	7.4	8.2	9.1	**9.9**	10.9	11.8	12.8	13.7
0.30	4.4	5.0	5.7	6.3	7.0	7.8	8.6	9.4	10.2	11.1	**11.9**	12.8	13.7	14.6	15.6
0.35	6.2	6.8	7.5	8.2	9.0	9.8	10.6	11.4	12.2	13.0	**13.9**	14.8	15.6	16.5	17.4
0.40	8.0	8.7	9.4	10.2	11.0	11.7	12.5	13.4	14.2	15.0	**15.9**	16.7	17.5	18.4	19.2
0.45	9.9	10.6	11.4	12.2	12.9	13.7	14.5	15.3	16.2	17.0	**17.8**	18.6	19.4	20.3	21.1
0.50	**11.8**	**12.6**	**13.4**	**14.2**	**14.9**	**15.7**	**16.5**	**17.3**	**18.1**	**18.9**	**19.7**	20.5	21.3	22.1	22.9
0.55	13.8	14.6	15.4	16.1	16.9	17.7	18.5	19.3	20.1	20.9	21.7	22.4	23.2	24.0	24.8
0.60	15.8	16.6	17.4	18.1	18.9	19.7	20.5	21.3	22.0	22.8	23.6	24.3	25.1	25.8	26.6
0.65	17.8	18.6	19.3	20.1	20.9	21.7	22.5	23.2	24.0	24.7	25.3	26.2	27.0	27.7	28.4
0.70	19.8	20.6	21.3	22.1	22.9	23.6	24.4	25.2	25.9	26.6	27.4	28.1	28.8	29.5	30.2
0.75	21.8	22.5	23.3	24.1	24.8	25.6	26.3	27.1	27.8	28.5	29.2	29.9	30.6	31.3	32.0
0.80	23.7	24.5	25.3	26.0	26.8	27.5	28.3	29.0	29.7	30.4	31.1	31.8	32.4	33.1	33.8
0.85	25.7	26.5	27.2	28.0	28.7	29.4	30.2	30.9	31.6	32.2	32.9	33.6	34.2	34.9	35.5
0.90	27.7	28.4	29.2	29.9	30.6	31.3	32.0	32.7	33.4	34.1	34.7	35.4	36.0	36.6	37.3

Figura 1.20: Price space creato con la formula di Black e Scholes.
Fonte: LUEHRMAN T. (1998), Investment opportunities as real options: getting started on the numbers, Harvard Business Review, vol. 76, issue 4, p. 56.

Entrando in questo orto si possono trovare, nello stesso momento, pomodori maturi e pronti per essere raccolti; pomodori marci; pomodori quasi maturi per i quali la scelta di aspettare o raccogliere subito dipende dall'esperienza del giardiniere o dalla possibilità che altri possano rubarli; pomodori ancora acerbi che potrebbero, dopo un certo periodo, diventare commestibili; pomodori ancora verdi che non potranno essere raccolti prima della fine della stagione ma che con un po' di fortuna o attenzione potrebbero diventare ottimi; pomodori piccoli e ancora verdi che insieme agli ultimi pomodori fioriti non riusciranno a maturare prima della fine della stagione.

Le opzioni, proprio come i pomodori, possono essere suddivise in diverse categorie che corrispondono alle 6 aree individuate nel *Tomato Garden*. Le prime due sono individuate per valori bassi di *volatilità cumulata* e corrispondono ad opzioni ormai prive di incertezza o scadute. Nel caso in cui l'*NPVq* sia compreso tra 0 e 1 ci troviamo nella zona *invest never*, se l'*NPVq* è maggiore di 1 (*invest* now) allora conviene investire subito. Sono i due casi estremi dei pomodori marci e dei pomodori maturi e pronti per essere raccolti.

Spostandoci ora verso le aree con *volatilità cumulata* maggiore si possono presentare diversi casi. Se l'*NPVq* assume valori maggiori di 1 ci troviamo di fronte ai pomodori quasi maturi o a quelli ancora acerbi e bisogna capire quali sono commestibili e quali no. Per fare ciò Luherman richiama l'NPV: se è positivo abbiamo un'opzione in-the-money che conviene esercitare subito; se è negativo siamo nel caso di un'opzione out-of-the-money che non sarà conveniente esercitare. Nel primo caso la zona è detta *maybe now* (figura 1.21), nell'altro ci troviamo nell'area *probably later*, in cui conviene aspettare e vedere che cosa succede nel corso del tempo per decidere se investire o meno.

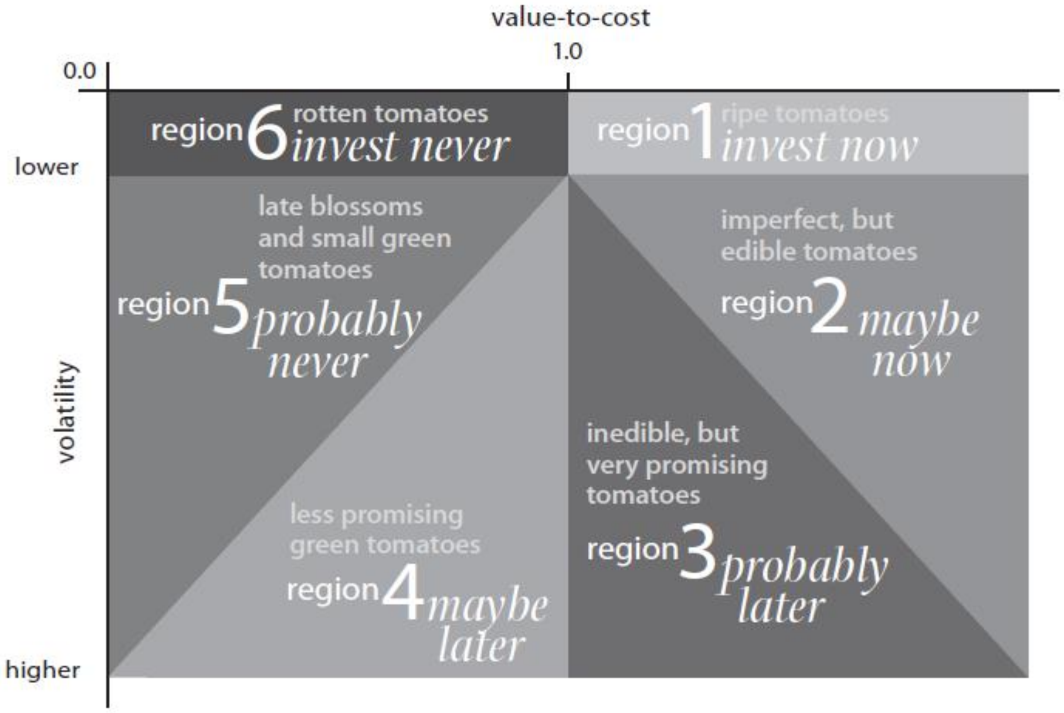

Figura 1.21: The Tomato Garden. Il price space può essere idealmente suddiviso in sei aree che permettono di stabilire se l'investimento va intrapreso o meno.
Fonte: LUEHRMAN T. (1998), *Strategy as a portfolio of real options*, Harvard business review, vol. 76, issue 5, p. 93.

Se l'*NPVq* ha un valore minore di 1 possiamo avere i pomodori ancora verdi ma meno promettenti e pomodori piccoli e ancora verdi. In questa zona l'NPV è sempre minore di 0 ma si può distinguere tra un'area dove la *volatilità cumulata* è più bassa, detta *probably never,* e una dove è più elevata, definita *maybe later*. In quest'ultimo caso, nonostante l'*NPVq* sia basso la prospettiva di guadagno esiste grazie ai valori elevati di volatilità.

In questo senso, quindi, andando da destra verso sinistra (figura 1.21), gli investimenti diventano sempre meno appetibili ed interessanti per l'impresa.

MAD approach

Il MAD o Marketed Asset Disclaimer approach, descritto da Copeland e Antikarov (2001)[17], si differenzia dalle precedenti metodologie poiché prevede l'applicazione del modello binomiale al posto della formula di Black e Scholes.

Quest'ultima, infatti, a parere dei due studiosi non riesce a dare risultati soddisfacenti nella valutazione delle opzioni reali. Ciò è dovuto al fatto che nel mercato raramente esistono degli equivalenti dell'investimento studiato; perciò difficilmente si riescono a trovare dei titoli i cui rendimenti siano perfettamente correlati all'investimento, in ogni istante della vita dello stesso. Per ovviare a questo problema, quindi, viene proposta una soluzione molto semplice: utilizzare per la costruzione del portafoglio replicante come attività rischiosa sottostante il valore attuale del progetto esaminato.

> Infatti, che cosa può essere meglio correlato al progetto di quanto lo sia il progetto stesso? (Thomas Copeland, Vladimir Antikarov, 2003, *Opzioni reali: tecniche di analisi e valutazioni*, Il Sole 24 Ore, Milano, p. 78)

Secondo questo approccio, quindi, il miglior stimatore non distorto del valore di mercato del progetto (nel caso fosse negoziato) è il valore attuale dei suoi flussi di cassa.

[17] COPELAND T., ANTIKAROV V. (2003), *Opzioni reali: tecniche di analisi e valutazioni*, Il Sole 24 Ore, Milano.

Per applicare il Mad approach si inizia predisponendo un foglio di calcolo dal quale si dovranno ottenere i valori attuali dei flussi di cassa e l'NPV. Il secondo step consiste nel ricavare la volatilità associata al progetto usando la simulazione Monte Carlo. La stima di questo parametro potrà essere fatta in forma consolidata, ossia una stima unica della volatilità costruita "assemblando" diverse incertezze; oppure separata nel caso si voglia capire come possono agire singolarmente le diverse fonti sulla valutazione del progetto stesso.

Una volta stimata la volatilità è possibile ricavare i valori dei fattori u e d e ricostruire l'andamento dell'NPV nei periodi considerati: si crea così un albero degli eventi del valore del progetto (figura 1.22). Supponiamo di avere due periodi.

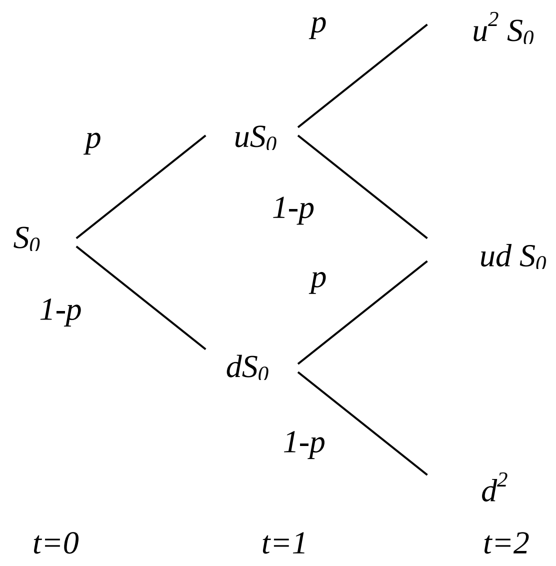

Figura 1.22: Albero degli eventi del valore del progetto.

L'albero degli eventi del valore dell'opzione (figura 1.23) viene costruito partendo da destra: il valore degli ultimi nodi, per t=2, è dato da

$$\max[u^2 S_0 - X\,;0]$$

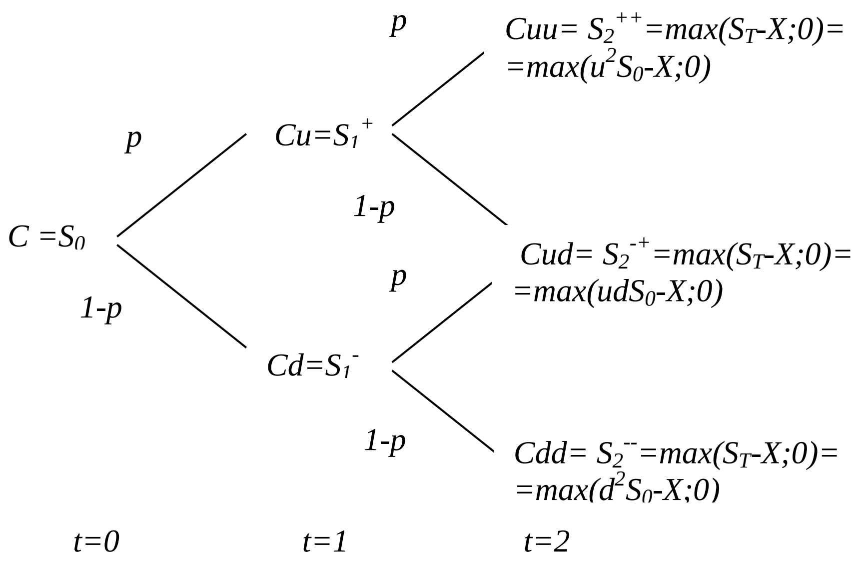

Figura 1.23: Albero degli eventi delle opzioni.

Per ricostruire il valore dell'opzione in *t=1*, si costruiscono i portafogli replicanti, come in figura 1.24, prendendo i valori sia dell'albero delle opzioni che dell'albero degli eventi per *t=2*.

$$\begin{cases} u^2S_0*m+r_f*B=Cuu & - \\ udS_0*m+r_f*B=Cud & = \end{cases}$$
$$\overline{(u^2S_0-udS_0)*m=(Cuu-Cud)}$$

Figura 1.24: Portafoglio replicante per i valori in t=2 con i valori dell'albero degli eventi e dell'albero delle opzioni.

Da cui si ricava

$$m=\frac{(Cuu-Cud)}{(u^2S_0-udS_0)}$$

Per il valore di *B* basta prendere una delle due equazioni del sistema dei portafogli replicanti della figura 1.24, ad esempio la seconda e avremo

$$B = \frac{Cud - (udS_0 * m)}{r_f}$$

Utilizzando m, B e uS_0, potremo calcolare il valore di *Cu* nel seguente modo

$$Cu = uS_0 * m + B$$

e con gli stessi valori di m e di B si può ricavare anche *Cd*. Applicando lo stesso procedimento dei portafogli anche per $t=1$, si ottiene il valore finale di C.

La principale criticità di questo metodo è la sua laboriosità soprattutto nella parte di costruzione dei portafogli. Inoltre, nonostante l'uso della simulazione Monte Carlo per la stima della volatilità il metodo risulta ancora affetto da considerazioni soggettive: il foglio di calcolo per i valori attuali del progetto e l'andamento delle variabili che influenzano la variabilità legata ai risultati del progetto, infatti, dipende dalle valutazioni del management. L'unico dato proveniente dal mercato è il tasso risk-free.

Revised Classic approach

Il Revised Classic approach, messo a punto da Dixit e Pindyck (1994)[18] e ripreso poi da Amram e Kulatilaka (2000)[19], si basa sulla suddivisione degli investimenti in due categorie in base al rischio dominante. Il valore di ogni investimento, infatti, può dipendere da elementi che sono rinvenibili sul mercato (come i prezzi) e che dipendono, quindi, da elementi esterni all'impresa; oppure può essere legato a fattori *corporate specific*.

Nel primo caso abbiamo progetti caratterizzati da *public risks* per la cui valutazione si usano il portafoglio replicante e la formula di Black e Scholes ottenendo una vera e propria *real option analysis*.

---

[18] DIXIT A., PINDYCK R. (1994), *Investment under uncertainty*, Princeton University Press, Princeton.
[19] AMRAM M., KULATILAKA N. (2000), *Strategy and shareholder value creation: the real options frontier*, Journal of applied corporate finance, vol. 13, issue 2, p.15-28.

Nel secondo caso, invece, in cui si ha una prevalenza di *private risks*, occorre utilizzare la *decision analysis* che prevede la costruzione di un albero delle decisioni in cui i valori delle probabilità associati ai rami dipendono da un giudizio soggettivo. Per poter calcolare il valore dell'opzione, in questo caso, bisogna predisporre un foglio di calcolo per determinare il cashflow ad ogni estremità dell'albero. A partire da ciò si ricava l'NPV usando il tasso di sconto appropriato. Per arrivare al valore dell'opzione si applica poi il roll back method.

Uno dei principali limiti di questa metodologia è dato dal fatto che gli studiosi non hanno fornito alcuna indicazione sui criteri da utilizzare per classificare gli investimenti. Scegliere il tipo di rischio che incide sul valore dell'investimento, inoltre, può non essere semplice. Molte volte, infatti, nello stesso progetto convivono sia rischi pubblici che privati e ciò può costituire un ostacolo per l'applicazione del revised classic approach.

Inoltre, gli ideatori nulla dicono in merito al tasso di sconto da utilizzare nel caso della decision analysis.

Integrated approach

Alla base dell'integrated approach, elaborato da Smith e Nau (1995)[20] e da Smith e Mccardle (1998)[21], vi è, come per il revised classic approach, la distinzione tra due tipi di rischio: pubblico e privato. A differenza del metodo precedente non vi è la necessità di classificare un investimento come dominato da *public risks* o da *private risks* poiché entrambe le tipologie di rischio sono presenti contemporaneamente nello stesso progetto.

Ciò è dovuto al fatto che, secondo gli studiosi, i mercati sono parzialmente completi: essi risultano completi solo quando si parla di rischi pubblici che possono essere coperti, mentre altrettanto non si può dire per quelli privati essendo questi firm specific.

[20] SMITH J., NAU R. (1995), *Valuing Risky Projects: option pricing theory and decision analysis*, Management Science, vol. 41, issue 5, p. 795-816.
[21] SMITH J., MCCARDLE K. (1998), *Valuing oil properties: integrating option pricing and decision analysis approaches*, Operations Research, vol. 46, issue 2, p. 198-217.

È quindi necessario improntare un sistema che tenga conto di entrambi nella valutazione dell'opzione. Per questo motivo Smith e Nau elaborano l'*albero delle decisioni risk-adjusted*. Anzitutto occorre identificare i tipi di rischi presenti e le variabili ad essi collegate. In base alla tipologia di rischio le probabilità saranno attribuite ai rami seguendo criteri diversi.

Se si tratta di un rischio pubblico si assegnano le probabilità neutrali al rischio costruendo il portafoglio replicante. Nel caso, invece, di rischio privato le probabilità sono stabilite soggettivamente. Nello stesso albero, quindi, avremo rami caratterizzati da rischi pubblici e altri da rischi privati con un probabilità basata su criteri differenti.

Il metodo procede poi calcolando il cash flow alla fine di ogni ramo. Da questo, applicando il tasso risk free, si calcola l'NPV e utilizzando il roll back method, infine, si arriva a determinare il valore dell'opzione.

Sicuramente, l'integrated approach, è quello che meglio coniuga le diverse esigenze viste finora come ad esempio la distinzione dei rischi e il diverso trattamento delle probabilità. D'altro canto è presente ancora la componente soggettiva di stima oltre ad una certa laboriosità nella creazione dell'albero delle decisioni.

Esempio applicativo dei diversi approcci alle opzioni reali[22]

Vediamo ora un esempio di applicazione delle diverse metodologie di valutazione delle opzioni per meglio capire il loro funzionamento e comparare i risultati ottenuti. Il caso descritto da Borison riguarda l'acquisto di un giacimento di gas di cui non si conosce, naturalmente, la quantità estraibile. Da una stima dell'impresa interessata all'acquisto, che chiameremo XY, risulta che vi siano 100 miliardi di mc^3 di gas nel giacimento. Il prezzo corrente del gas è di 5,25$ per 1000 mc^3. L'azienda può comprare adesso il sito per 175 milioni $, decidere di non comprarlo o acquistare un'opzione di 20 milioni $ che gli consente di

[22] Tratto da BORISON A. (2005), *Real option analysis. Where are the Emperor's clothes?*, Journal of applied corporate finance, vol. 17, issue 2, p. 17-31, con adattamenti rispetto alle unità di misura.

comprare il sito e svilupparlo fra due anni per 175 milioni $. Il tasso risk free è stimato al 3% mentre il WACC si attesta al 13%[23].

Classic approach

Per l'applicazione di questo metodo occorre costruire un portafoglio replicante cercando nel mercato un'azienda di riferimento a cui XY possa essere paragonata. In questo caso è stata scelta la Newfield, le cui azioni hanno un prezzo di 36,15 $ ed una volatilità stimata del 25%. La capitalizzazione di mercato è di 1,88 miliardi $. Le riserve della Newfield ammontano a 1200 miliardi mc^3. L'investimento di XY è quindi pari a 1/12 di Newfield ossia a 157 milioni $.

A questo punto si applica la formula di Black e Scholes, ricavando anzitutto d_1 e d_2.

$$d_1 = \frac{\ln\frac{S_t}{X} + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}} = \frac{ln\frac{157}{175} + \left(0{,}03 + \frac{1}{2}0{,}25^2\right)}{0{,}25\sqrt{2-0}} = 0{,}0395$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T-t} = 0{,}0395 - 0{,}25\sqrt{2-0} = -0{,}3141$$

Utilizzando una tabella con i valori della distribuzione normale cumulata e attraverso un'interpolazione, si ottengono i valori di $N(d_1)$ e $N(d_2)$, da inserire nella seguente formula

$$C_t\,(S,t) = S_t N(d_1) - Xe^{-r(T-t)}N(d_2) =$$
$$= 157 * 0{,}5157 - 175 * e^{-0{,}03(2-0)} * 0{,}3768 = 18{,}87\ mln\ \$$$

Il valore dell'opzione è quindi di circa 19 milioni di $. L'investimento vale 157 milioni $ e può essere acquistato per 175 milioni $, con una perdita di 18 milioni di $ per l'acquirente. Per acquistare l'opzione servono 20 milioni $ ma il valore dell'opzione ricavato tramite la formula di Black e Scholes è di circa 19 milioni $, con una perdita di 1 milione $. Si può quindi dire che non è conveniente

[23] Tassi su base annua.

investire subito né acquistare l'opzione perché in entrambi i casi si rileva una perdita per la società XY.

Subjective approach

Anche questo metodo prevede l'applicazione della formula di Black e Scholes ma utilizzando dati stimati dai manager sulla base delle loro esperienze. Le riserve di gas valgono 2,25\$ per milione di mc^3, vista la stima di 100 miliardi di mc^3 di riserve da acquistare, il valore totale è di 225 milioni \$. La volatilità dei prezzi azionari, in questo caso, è stimata al 30%. A questo punto si applica la formula di Black e Scholes, ricavando anzitutto d_1 e d_2.

$$d_1 = \frac{\ln\frac{S_t}{X} + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}} = \frac{ln\frac{225}{175} + \left(0{,}03 + \frac{1}{2}0{,}3^2\right)}{0{,}3\sqrt{2-0}} = 0{,}9459$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T-t} = 0{,}9459 - 0{,}3\sqrt{2-0} = 0{,}5216$$

Utilizzando una tabella con i valori della distribuzione normale cumulata e attraverso un'interpolazione, si ottengono i valori di $N(d_1)$ e $N(d_2)$, da inserire nella seguente formula

$$C_t\,(S,t) = S_t N(d_1) - Xe^{-r(T-t)}N(d_2) =$$
$$= 225 * 0{,}8278 - 175 * e^{-0{,}03(2-0)} * 0{,}699 = 71{,}06\,mln\,\$$$

Il valore dell'opzione è quindi di 71 milioni di \$. L'investimento vale 225 milioni \$ e può essere acquistato per 175 milioni \$, con un guadagno di 50 milioni di \$ per l'acquirente. Per acquistare l'opzione servono 20 milioni \$ ma il valore dell'opzione ricavato tramite la formula di Black e Scholes è di 71 milioni \$, con un guadagno di 51 milioni \$. Il guadagno maggiore si ottiene acquistando l'opzione che risulta quindi la scelta più vantaggiosa per la società XY.

MAD approach

Nel caso del MAD approach occorre utilizzare un foglio di calcolo per pervenire al valore del PV. Si ipotizza che il prezzo del gas nel corso dell'anno cambi secondo una distribuzione normale con una media del 2% e una deviazione standard del 4%. I costi variabili sono stimati pari a 2$ per 1000 mc[3]. La volatilità dei rendimenti annuali viene stimata con il metodo Monte Carlo grazie al quale si ricava un valore pari al 25%.

Dal foglio di calcolo (tabella 1.5) si ricava che il PV del progetto è di 286 milioni $; partendo da questo valore, calcolando *u* e *d* possiamo costruire l'albero binomiale (figura 1.25).

Anni	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
prezzo gas	5,25	5,25	5,36	5,46	5,57	5,68	5,80	5,91	6,03	6,15	6,27
produzione	0	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5
revenue	0	76,13	77,65	79,20	80,78	82,40	84,05	85,73	87,44	89,19	90,98
costi	0	29,00	29,00	29,00	29,00	29,00	29,00	29,00	29,00	29,00	29,00
EBIT	0	47,13	48,65	50,20	51,78	53,40	55,05	56,73	58,44	60,19	61,98
CF	0	47,13	48,65	50,20	51,78	53,40	55,05	56,73	58,44	60,19	61,98
PV of CF	0	41,70354	38,09813	34,79143	31,76038	28,98346	26,44065	24,11331	21,98417	20,03719	18,25753
PV	286,1698										
NPV	111,1698										

Tabella 1.5: In tabella sono ricavati i valori del PV e del NPV per l'esempio.

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} = e^{0,25\sqrt{2}} = 1,295$$

$$d = \frac{1}{u} = \frac{1}{1,295} = 0,772$$

Con *u* e *d* possiamo ricavare anche la probabilità neutrale al rischio

$$p = \frac{i - d}{u - d} = \frac{1,03 - 0,772}{1,295 - 0,772} = 0,493$$

$$1 - p = 1 - 0,493 = 0,507$$

A questo punto, possiamo costruire l'albero con il valore delle opzioni partendo da destra e ritornando verso sinistra. I valori al tempo t=2 sono ottenuti dalla massimizzazione tra il valore netto dell'investimento e zero. Per calcolare il valore dell'opzione al tempo t=1 occorre costruire i portafogli replicanti.

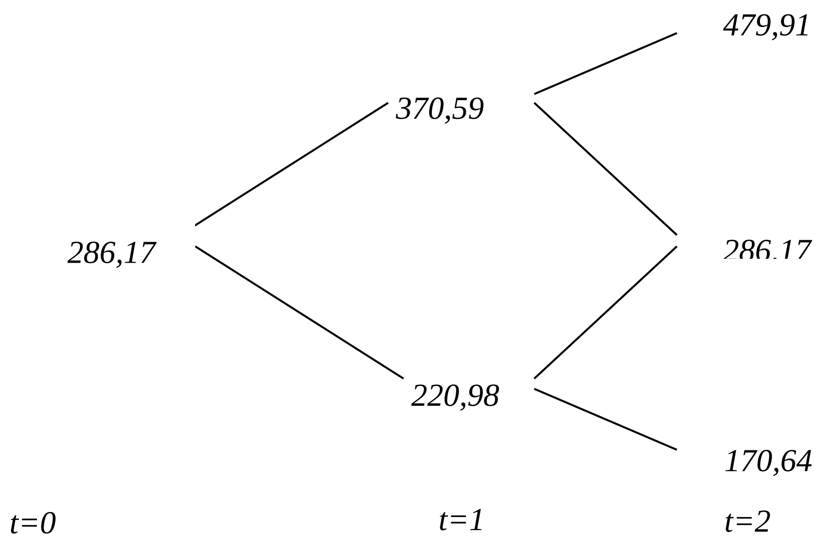

Figura 1.25: Albero binomiale multiperiodale con i valori del PV in t = 1 e t = 2 calcolati grazie a *u* e *d*.

Il valore up sarà dato dalla soluzione del seguente sistema di portafogli

$$\begin{cases} 479{,}91 \cdot m + 1{,}03 \cdot B = 304{,}91 \; - \\ 286{,}17 \cdot m + 1{,}03 \cdot B = 111{,}17 = \end{cases}$$
$$\overline{193{,}74 \cdot m \qquad\qquad = 193{,}74}$$

dove *m*=1 e *B*=-169,90. Se sostituiamo questi valori nell'espressione

$$370{,}59 \cdot m + 1{,}03 \cdot B$$

otteniamo come valore dell'opzione 200,69 milioni $. Ripetendo il passaggio anche per il valore down si ottiene m=0,96 e B=-158,79.

$$\begin{cases} 286{,}17 \cdot m+1{,}03 \cdot B=111{,}17 & - \\ 170{,}64 \cdot m+1{,}03 \cdot B=0 & = \end{cases}$$
$$\overline{115{,}53 \cdot m \qquad\qquad =111{,}17}$$

Il valore dell'opzione è pari a 53,35 milioni $.

$$220{,}98 \cdot m+1{,}03 \cdot B$$

Ora basta costruire il portafoglio per il tempo t=0

$$\begin{cases} 370{,}59 \cdot m+1{,}03 \cdot B=200{,}69 & - \\ 220{,}98 \cdot m+1{,}03 \cdot B=53{,}35 & = \end{cases}$$
$$\overline{149{,}61 \cdot m \qquad\qquad =147{,}34}$$

dove m=0,98 e B=-157,76. Il valore finale dell'opzione (figura 1.26) è 122,69 milioni $.

$$286{,}17 \cdot m+1{,}03 \cdot B$$

L'investimento vale 286,17 milioni $ e può essere acquistato per 175 milioni $, con un guadagno di 111,17 milioni di $ per l'acquirente. Per acquistare l'opzione servono 20 milioni $ e il suo valore con il MAD approach è di 122,69 milioni $, con un guadagno di 102,69 milioni $. Il guadagno maggiore si ottiene investendo subito, senza acquistare l'opzione.

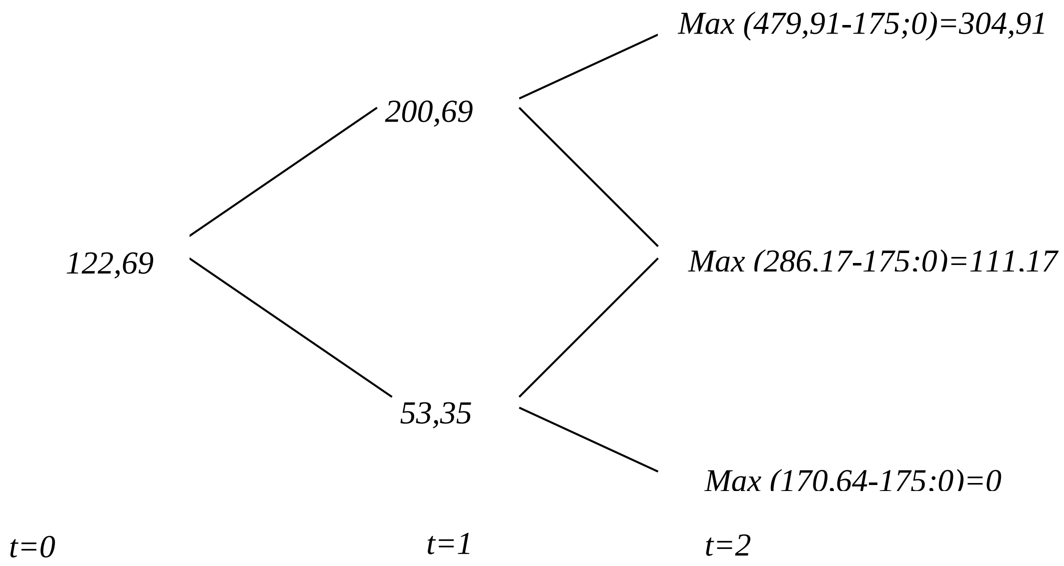

Figura 1.26: Albero binomiale multiperiodale con i valori dell'opzione calcolati tramite i portafogli replicanti.

Revised classical approach

Il punto di partenza per questo approccio consiste nell'individuare il tipo di rischio che domina nell'investimento. In questo caso ipotizziamo che il rischio sia di tipo privato e riguardi l'incertezza sulla quantità di gas presente. Occorre quindi procedere con una decision analysis e con la costruzione di un albero delle decisioni in cui le variabili più importanti sono la quantità di gas e l'andamento del prezzo (figura 1.27).

Per ogni ramo occorre calcolare il NPV alla fine dei due anni, ottenendo 27 valori per l'acquisto e 54 per l'opzione, vista la possibilità di esercitarla o meno. I valori sono negativi, in quanto, in soli due anni non è certo possibile riuscire a guadagnare quanto speso. A questo punto con il roll back method possiamo ottenere i valori nei diversi nodi.

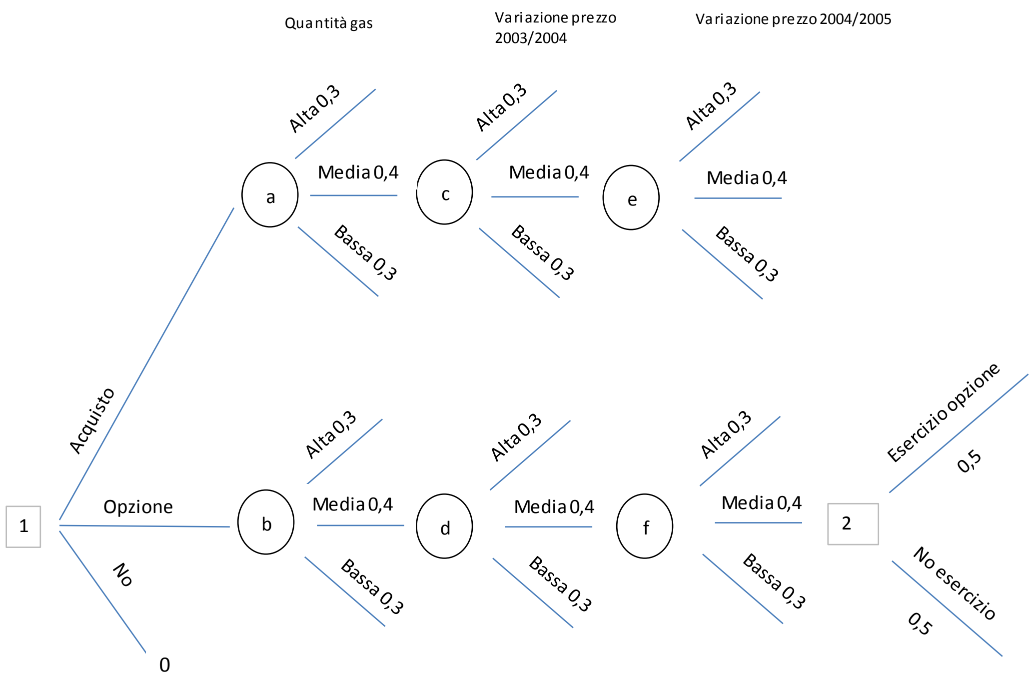

Figura 1.27: Decision tree per il calcolo del valore dell'opzione e di quello dell'acquisto con il revised classical approach.

L'acquisto vale -95,18 milioni $, mentre l'opzione vale -27,68 milioni $. La scelta più vantaggiosa è l'opzione che permette una perdita minore, ovvero un guadagno maggiore nel biennio.

Integrated approach

Questo metodo è molto simile al precedente, con la differenza che possono essere individuati sia rischi pubblici che privati. In questo esempio si ipotizza che la quantità di gas sia un rischio privato e quindi da trattare assegnando probabilità soggettive, mentre il prezzo sia un rischio pubblico in cui va usato il portafoglio replicante.

L'albero delle decisioni (figura 1.28) è così strutturato

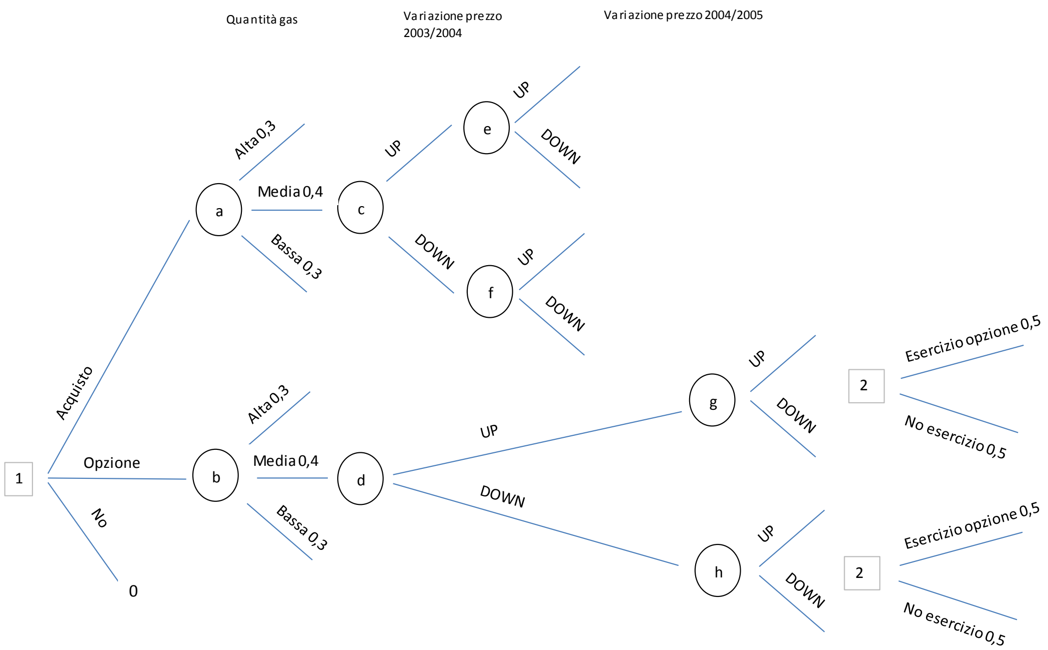

Figura 1.28: Decision tree per il calcolo del valore dell'opzione e di quello dell'acquisto con l'integrated approach.

Si stima che il prezzo sia soggetto ad una volatilità del 19% con un valore di u pari a

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} = e^{0,19\sqrt{2}} = 1,217$$

$$d = \frac{1}{u} = \frac{1}{1,217} = 0,821$$

Con u e d possiamo ricavare anche la risk neutral probability

$$p = \frac{i - d}{u - d} = \frac{1,03 - 0,821}{1,217 - 0,821} = 0,527$$

$$1 - p = 1 - 0,527 = 0,473$$

Per ogni ramo occorre calcolare il NPV alla fine dei due anni, ottenendo 12 valori per l'acquisto e 24 per l'opzione, vista la possibilità di esercitarla o meno. I valori sono negativi, in quanto, in soli due anni non è certo possibile riuscire a guadagnare quanto speso. A questo punto con il roll back method possiamo ottenere i valori nei diversi nodi, applicando *p* nel caso dei prezzi e le probabilità soggettive nel caso della quantità.

L'acquisto vale -90,53 mln $, mentre l'opzione vale -23,03 milioni $. La scelta più vantaggiosa è l'opzione che permette una perdita minore, ovvero un guadagno maggiore nel biennio.

I tre metodi portano a valori molto differenti sia nel caso dell'acquisto che nel caso dell'opzione. Il motivo risiede proprio nella costruzione dei diversi approcci: i primi due (*classic* e *subjective*) partono dal presupposto che sia possibile rinvenire all'interno del mercato un investimento simile e dal quale poter ricavare i dati per applicare la formula di Black e Scholes; il *Mad approach*, invece, ricerca la costruzione di portafogli replicanti con l'applicazione del modello binomiale; infine, gli ultimi due cercano di inserire la distinzione dei rischi. Ma se il *revised classic approach* permette solo di classificare l'investimento in base al rischio dominante, l'*integrated approach* dà la possibilità di inserire entrambi i rischi nell'albero delle decisioni.

1.3.7.2 DM method

Il DM method nasce dalla collaborazione tra Scott Mathews (Boeing Company), Vinay Datar e Blake Johnson[24] e parte dalla considerazione che la formula di Black e Scholes per il calcolo delle opzioni è sostanzialmente il metodo migliore ma risulta poco attendibile poiché la volatilità deve essere stimata con metodi non sempre ritenuti corretti.

[24] MATHEWS S., DATAR V. (2007), *A practical method for valuing real options: the boeing approach*, Journal of Applied Corporate Finance, vol. 19, issue 2, p. 95-104.

Per questo motivo l'approccio DM si basa sull'uso di software di simulazione che consentano di elaborare le distribuzioni dei profitti legati all'investimento con il passare degli anni. Da ciò è possibile ricavare, con metodi statistici la media e la varianza che consentono poi il calcolo del valore dell'opzione.

Il primo passo consiste nell'individuare gli scenari che si possono realizzare con l'investimento, come ad esempio, pessimistico, normale e ottimistico. Ad ogni scenario vanno assegnate le probabilità di realizzazione, sulla base di una stima soggettiva. I tre scenari possono essere visti come i vertici di un triangolo che identifica l'ampiezza totale delle previsioni e, quindi, la volatilità ad esse collegata. In seguito vanno stimati i profitti e i costi per ogni scenario per i diversi anni in cui l'investimento è programmato.

Usando la simulazione Monte Carlo è poi possibile stimare la distribuzione dei profitti e delle perdite, calcolandone la media e soprattutto la varianza. Grazie alla simulazione e scontando i cashflow si ottiene la distribuzione del present value. I tassi di sconto saranno diversi ad ogni scenario perché collegati a rischi differenti.

Il profitto netto, ottenuto dalla differenza tra profitti e perdite, può essere rappresentato sotto forma di distribuzione la cui media corrisponderà al valore dell'opzione.

La formula per ricavare il valore finale può essere così espressa

$$Real\ option = media\ [Max(\overline{operating\ profits} - launch\ cost; 0)]$$

Il metodo analizzato sicuramente riesce a fornire un valore attendibile usando metodi statistici. Il principale difetto sta nel fatto che difficilmente potrà essere usato dal manager che voglia capire in maniera rapida che tipo di investimento ha di fronte. Esso richiede, infatti, esperienza nell'uso di programmi di simulazione e nell'applicazione di formule statistiche. Inoltre, vi è sempre e comunque una componente soggettiva data dalle probabilità assegnate agli scenari.

1.3.7.3 Fuzzy numbers approach

Questa metodologia, implementata da Collan, Fuller e Mezei (2009)[25] si basa sui *fuzzy numbers* ovvero set di possibili valori tra loro connessi dove ognuno può assumere un valore compreso tra 0 e 1. Il principale pregio della logica fuzzy è che permette di incorporare nei calcoli l'incertezza legata al valore dei parametri. La logica bivalente che usiamo normalmente nei calcoli statistici permette solo due scelte che potremmo definire vero o falso a cui si possono attribuire i valori 1 (vero) e 0 (falso). La logica fuzzy, invece, permette di inserire nei calcoli anche le "sfumature" ossia la possibilità che non ci siano solo due risposte (vero o falso) ma ve ne siano molte di più per ogni problema. Quindi, per la logica fuzzy i valori potranno essere non solo 0 e 1 ma anche tutti quelli compresi tra 0 e 1.

Pensiamo ad esempio di avere 95 lingotti d'oro e 5 d'argento. Se ne peschiamo uno da una scatola, per la logica bivalente, abbiamo una probabilità di 0,95 che sia d'oro e di 0,05 che sia d'argento. Ma le scelte sono sempre e solo due: oro o argento. Se pensiamo di fondere l'oro e l'argento e di mescolarli e mentre sono ancora fusi preleviamo dal recipiente una certa quantità dei metalli non potremo dire se è oro o argento. È proprio qui che, mancando la possibilità di usare la logica bivalente, interviene la logica fuzzy. Essa ci permette, infatti, grazie alla sua costruzione, che la miscela ricavata è costituita al 95% da oro e al 5% da argento.

La logica fuzzy, grazie a questa sua particolarità, può essere applicata alle opzioni reali e permettere di includere l'incertezza legata alla stima dei valori futuri come ad esempio i cash flow. L'algebra dei fuzzi set permette, quindi, di inserire gli elementi che non hanno valore certo e predefinito all'interno del processo decisionale.

I fuzzy number più utilizzati sono quelli triangolari e trapezoidali. I primi sono formati da tre valori, ad esempio a, α e β, dove a rappresenta il valore

[25] COLLAN M., FULLER R., MEZEI J. (2009), *A Fuzzy pay-off method for real option valuation*, Journal of applied mathematics and decision sciences, vol. 2009, p. 1-14.

centrale, α la larghezza che si trova a sinistra del picco e β la larghezza a destra del picco. I secondi invece sono rappresentati da quattro valori con α e β come larghezze e con un intervallo di tolleranza $[a, b]$ in cui si trova il picco.

Per calcolare il valore dell'opzione basterà, quindi, applicare la seguente formula

$$ROV = \frac{\int_0^{\infty} A(x)\,dx}{\int_{-\infty}^{\infty} A(x)\,dx} \times E(A_+)$$

dove A rappresenta il fuzzy NPV, $E(A_+)$ è il valore della media fuzzy della parte positiva del fuzzy NPV, l'integrale al denominatore rappresenta l'area sotto tutto il numero A e l'integrale al numeratore è l'area positiva di A.

Il metodo fuzzy applicato alle opzioni reali prevede anzitutto la determinazione dei diversi tipi di scenario previsti per l'investimento a cui saranno assegnati i cash flow e i costi e saranno calcolati i relativi present value. La stima di profitti e costi può essere fatta dal manager sulla base delle sue considerazioni soggettive. I PV vengono scontati in base al tasso risk free per il calcolo dell'NPV.

Una volta calcolato l'NPV per ogni scenario si può costruire il fuzzy NPV attraverso la simulazione Monte Carlo. A questo punto, si può applicare la formula vista prima per ottenere il valore dell'opzione.

È una metodologia di recente introduzione che utilizza metodi matematici avanzati. Richiede, poi, una buona dose di familiarità con i software di simulazione.

2. Gli investimenti pubblici

Realizzare opere pubbliche in questi anni di crisi economica è diventata una vera e propria sfida per la Pubblica Amministrazione. I limiti sempre più stringenti imposti dal Patto di Stabilità hanno, infatti, limitato la possibilità di contrarre debiti per finanziare i progetti.

Infatti, le esternalità positive che gli investimenti generano nella società sono molte volte superate dai rischi legati alla solvibilità non solo dell'ente pubblico ma anche dello Stato stesso che creano pesanti ricadute economiche sull'economia del paese.

In questo panorama si inserisce il Paternariato Pubblico Privato ovvero una sorta di "collaborazione" tra il mondo pubblico finalizzata alla realizzazione di opere pubbliche. Tra gli strumenti utilizzabili per finanziare questi progetti vi è il project financing ossia una modalità di finanziamento a lungo termine in cui un ruolo fondamentale, per il recupero dei capitali, è svolto dalla gestione dell'opera stessa.

Grazie al PPP, quindi, si configura l'opportunità di superare l'ostacolo posto dai tagli alla spesa pubblica ma nasce anche l'esigenza di valutare correttamente quali siano gli investimenti da intraprendere che riusciranno non solo a soddisfare i bisogni della popolazione ma anche a creare un indotto economico durante la fase di costruzione e quella di gestione. Di qui la possibilità di utilizzare le opzioni reali viste in precedenza per capire non solo la convenienza dell'opera dal punto di vista della PA ma anche da quello del soggetto privato che si propone di crearla e di gestirla e che segue comunque e sempre la logica del profitto lasciando a margine le considerazioni in merito ai benefici per la società.

Vediamo anzitutto di definire il Paternariato Pubblico e Privato, di capire che cosa sia il project financing e quali sono i profili importanti dal punto di vista legislativo ma anche economico.

2.1 Il Paternariato Pubblico Privato

Il Paternariato Pubblico Privato (PPP) è una vera e propria cooperazione tra settore pubblico e settore privato. In linea generale si verifica un PPP tutte le volte che la Pubblica Amministrazione affida la progettazione, la realizzazione, la gestione e il finanziamento di un'opera pubblica a un privato.

Esistono tre tipologie di PPP:

- i progetti con capacità di generare reddito;
- i progetti in cui il concessionario fornisce direttamente servizi alla pubblica amministrazione;
- i progetti che richiedono anche contributi pubblici.

Rientrano nel primo caso tutti quei progetti che tramite le utenze sono in grado di generare un volume di ricavi, nell'arco della concessione, che permette di ripagare il debito contratto. In questo caso la pubblica amministrazione deve occuparsi di identificare le condizioni per la realizzazione del progetto, di concedere le autorizzazioni necessarie e di indire i bandi di gara per assegnare le concessioni.

Nei progetti di fornitura di servizi i privati sono ripagati dalla PA su base commerciale. Si tratta di opere pubbliche come ospedali, carceri e scuole. L'ultima categoria comprende quei progetti per i quali le sole utenze non sono in grado di generare adeguati cash flow ma creano comunque esternalità positive tali da giustificare l'erogazione di contributi pubblici per sostenere il progetto.

Dal punto di vista giuridico possiamo distinguere tra 5 forme di contratto per il PPP:

- concessioni di lavori;
- concessioni di servizi;
- locazioni finanziarie;
- sponsorizzazioni;

- contratti di disponibilità.

Nel primo tipo (*concessioni di lavori*) rientrano tutti quei contratti che prevedono la progettazione, l'esecuzione dell'opera e la sua gestione. In questo caso il beneficio per il soggetto privato consiste nel diritto di gestire l'opera, che gli assicura i ricavi di cui ha bisogno per ripagare il debito. È questo il tipo di contratto in cui più spesso si inserisce lo strumento del project financing.

Il secondo caso (*concessioni di servizi*) riguarda l'erogazione di un servizio; tramite la sua gestione e il suo sfruttamento economico vengono ricavati i proventi necessari.

Le *locazioni finanziarie* comprendono la prestazione di servizi finanziari e l'esecuzione dei lavori.

Le *sponsorizzazioni*, invece, prevedono l'esecuzione dei lavori, la prestazione di servizi e di forniture. Qui i proventi derivano dallo sfruttamento pubblicitario dell'opera.

Infine, con i *contratti di disponibilità* si crea un'opera privata che viene messa a disposizione per esercitare un servizio pubblico. Le entrate sono costituite da canoni di locazione pagati dalla PA al soggetto privato. L'opera può diventare pubblica con il pagamento del valore di riscatto.

Il PPP, quindi, prevede una collaborazione piuttosto lunga tra PA e soggetto promotore sia riguardo le modalità tecniche di realizzazione dell'opera che le possibilità di finanziamento della stessa. Possono, infatti, essere previsti, come già detto, anche contributi pubblici.

Il focus per la PA è sul beneficio a livello pubblico ottenibile con la realizzazione dell'opera, sulla qualità del servizio erogato e sui prezzi applicati. La PA, inoltre, vigila sul rispetto degli obiettivi da parte del partner privato.

Grazie a queste iniziative è possibile per la PA creare un beneficio per la collettività senza gravare sulla spesa pubblica, evitando di sforare i limiti imposti dal Patto di Stabilità e trasferendo i rischi al soggetto privato. A fronte di questi potenziali vantaggi esistono, però, delle criticità riguardanti il PPP. Molte volte, infatti, si pensa che questa possa essere una soluzione ottimale alla carenza di risorse che ormai da anni affligge la PA mentre bisognerebbe verificare la convenienza di questo strumento soprattutto per quanto riguarda l'ottimizzazione dei costi. Quest'ultima va intesa non solo come l'insieme dei costi da sostenere per realizzare un'opera, ma anche quelli relativi alla sua gestione in funzione della quantità e della qualità dei servizi che si vogliono prestare all'utenza.

Un secondo scoglio piuttosto importante riguarda la definizione degli obblighi contrattuali e la verifica successiva del rispetto di tali vincoli che richiede, quindi, un continuo lavoro di vigilanza della PA, sia nella fase di costruzione che in quella di gestione, sull'operato della controparte privata.

Lo strumento del project financing applicato al PPP è da considerarsi favorevole tutte le volte che non c'è obbligo di garanzia del soggetto privato, nei confronti del finanziatore, da parte della PA e quando i rischi riguardanti la realizzazione e la gestione del progetto sono prevalentemente a carico del promotore. D'altra parte vi è da considerare anche il fatto che i costi possono crescere notevolmente a causa della complessità del meccanismo da attuare (la legislazione italiana, infatti, richiede un iter piuttosto oneroso).

Per capire se vi è o meno la convenienza a realizzare un'opera pubblica tramite il paternariato, si può utilizzare il cosiddetto PPP test. Anzitutto questo test verifica la presenza di alcune condizioni fondamentali per l'applicazione del PPP:

- quadro normativo compatibile;
- rischi trasferibili ai privati;
- capacità organizzativa e conoscenze della PA sufficienti per applicare un PPP;
- possibilità di meccanismi di pagamento correlati a livello qualitativo e quantitativo di performance del servizio;
- possibilità di rendere tariffabile il servizio da erogare;
- verifica della disponibilità dei cittadini a pagare il servizio offerto.

Il PPP test, inoltre, confronta il PPP con le forme tradizionali di appalto pubblico utilizzando il PSC (Public Sector Comparator). Questo strumento serve per definire il costo ipotetico che dovrebbe sostenere la PA se realizzasse direttamente l'opera. Per fare ciò si utilizza il costo base dell'opera per tutto il ciclo di vita del progetto e si quantifica, in termini monetari, il rischio non trasferibile e quello trasferibile. Il PSC è espresso attraverso l'NPV e si avvale, quindi, dei flussi di cassa scontati. L'obiettivo è, quindi, confrontare gli NPV generati dai due tipi diversi di approvvigionamento delle risorse: quello pubblico e quello pubblico-privato per capire la convenienza o meno della gestione del progetto tramite PPP.

Una delle principali difficoltà nel calcolo del PSC riguarda il fatto che, nell'ambito dei costi, vengono utilizzati dati provenienti da stime e previsioni soggettive che possono non essere supportate da dati storici e risultare, quindi, fuorvianti. Inoltre, anche la quantificazione dei rischi e della loro trasferibilità risulta del tutto arbitraria in quanto frutto di valutazioni che, nonostante siano condotte in maniera attenta, sono del tutto soggettive.

Per valutare la convenienza o meno dell'uso del PPP la PA utilizza anche il Value for Money (VFM) con il quale calcola il beneficio finanziario ottenibile dalla gestione del progetto tramite paternariato. Con il VFM è inoltre possibile capire quale sia la combinazione ottimale di risorse disponibili per raggiungere gli obiettivi prefissati in termini di contenimento della spesa e di qualità del servizio erogato. In questo modo, quindi, la PA è in grado di capire se il PPP risulta conveniente e qual è la proposta di paternariato che ottimizza i costi e garantisce risultati migliori.

2.2 Il project financing

Il project financing nasce nei paesi anglosassoni come modalità di finanziamento a lungo termine per la realizzazione di progetti complessi come opere pubbliche e impianti industriali, anche se i primi esempi riguardano ambiti esclusivamente privati[26]. Esiste, però, la possibilità, come dimostrano esempi recenti[27], che tale strumento venga utilizzato per finanziare opere pubbliche. Il project financing si configura, quindi, come una possibilità di finanziamento utilizzabile nello schema del PPP visto precedentemente.

Nel project financing il soggetto, detto promotore, che finanzia, esegue e gestisce l'opera è privato e si accolla, in tutto o in parte, i costi del progetto. Accanto ad esso troviamo le banche che erogano il finanziamento necessario per costruire l'opera. I flussi di cassa, generati da una gestione efficiente dell'infrastruttura o dell'impianto, costituiscono la garanzia principale per il rimborso del debito e per la remunerazione dell'equity.

Per avviare una finanza di progetto occorre creare una società ad hoc denominata "società di progetto" (detta anche SPV o Special Purpose Vehicle) che ha come scopo quello di realizzare e gestire il progetto utilizzando i finanziamenti concessi dalle banche. In questo modo si ha la separazione del patrimonio del soggetto promotore e del patrimonio inerente il progetto: in caso di fallimento di quest'ultimo, risponderà solo la società veicolo e il patrimonio del promotore resterà intatto. Nel caso di fallimento del promotore la società di progetto potrà continuare autonomamente a proseguire la sua finalità senza che il suo patrimonio sia intaccato.

Inoltre, normalmente, si crea un'equa divisione del rischio tra soggetto promotore e banche; si cerca, quindi, di bilanciare correttamente la quantità di equity e la quantità di debito che servono a finanziare il progetto.

Nel caso in cui le banche si accollino lo stesso livello di rischio assunto dagli imprenditori oppure le garanzie vengano prestate da un terzo avremo una finanza di progetto senza rivalsa (*without recourse*).

Sul lato opposto troviamo la finanza di progetto con rivalsa piena (*total recourse*) che prevede la possibilità di rivalsa totale dei finanziatori su coloro che detengono l'equity della società veicolo. In questo caso tutto il rischio grava sugli

---

[26] I primi esempi riguardano gli impianti di produzione di energia elettrica costruiti da privati per le società private di energia negli USA.
[27] Uno dei più grandi progetti realizzati è il tunnel della Manica, concluso nel 1994. La concessione durerà fino al 2086.

azionisti e si viene a violare il principio fondamentale del project financing ossia la suddivisione dei rischi tra diversi attori per rendere possibile la realizzazione di un'opera dal rischio complessivo elevato.

Tra i due estremi vi è il *limited recourse* in cui la rivalsa delle banche sul soggetto promotore è limitata nel tempo, nella quantità e nella qualità, ossia scatta allo sforamento di alcuni parametri prestabiliti.

Sotto questo punto di vista l'esperienza italiana si differenzia da quella classica in quanto il rischio è prevalentemente a carico del soggetto promotore. Forse per questo motivo, nel nostro paese, la finanza di progetto non ha ancora avuto quel successo che tutti si aspettavano.

Il project financing si compone sostanzialmente di tre fasi:

- fase di progettazione e costituzione;
- fase di start up;
- fase di gestione operativa.

La prima coinvolge soggetto promotore e finanziatori (tipicamente banche) che valutano il progetto e decidono se sostenerlo. Nel caso delle banche, le procedure di erogazione del finanziamento sono molto rigorose e prevedono che questo venga diviso in diverse tranche assegnate in tempi diversi. Nella fase di start up si verifica che il progetto sia eseguito con le modalità e le tempistiche previste. Inoltre, vengono accertati anche i livelli di performance del progetto ed in particolare la sua capacità di funzionare secondo quanto riportato nel contratto di costruzione e quindi di generare flussi di cassa adeguati al pagamento del debito. Se ciò non si verifica bisogna agire in modo da riportare il progetto nella condizione di svolgere la propria funzione secondo le modalità previste dal contratto.

La terza fase consiste nel testare la capacità del progetto di far fronte ai finanziamenti contratti.

Il project financing è da preferire alle modalità tradizionali di finanziamento in tutti i casi in cui i flussi derivanti dal progetto consentano la copertura dei costi, un’adeguata remunerazione dei soci e la parte gestionale svolga un ruolo particolarmente importante nell’economia dell’investimento.

2.3 Le tipologie di project financing

Esistono diverse forme di project financing che variano a seconda degli accordi tra il promotore e il soggetto che ha interesse nella costruzione dell’opera che potrebbe essere sia pubblico che privato. Nell’analisi che segue ipotizzeremo che ci sia un soggetto promotore che si confronta con la PA.

2.3.1 Il BOT

La prima tipologia è il BOT o Build-operate-transfer, uno schema in cui il promotore ha il compito di finanziare, progettare, costruire e gestire l’opera sulla base di una concessione data dalla PA. La durata della concessione per la gestione dell’opera è piuttosto lunga (di solito non meno di 30 anni), il che dà al promotore il tempo di rientrare del debito contratto. Gli incassi provengono, di norma, dalle utenze che vengono calcolate per ottenere un IRR ottimale per il progetto. Alla fine del periodo di concessione (che potrebbe comunque essere rinnovato), l’opera passa in gestione alla PA, senza che vi sia alcun onere da pagare al soggetto che l’ha realizzata e gestita. L’opera, infatti, è sin dal momento della sua messa in funzione di proprietà della PA. Le principali opere costruite con questo schema sono le autostrade. In questo modo l’amministrazione, quindi, beneficia di un’opera necessaria senza che la sua realizzazione gravi sul bilancio.

2.3.2 Il BOOT

Il BOOT o Build-own-operate-transfer si differenzia dalla categoria precedente in quanto la proprietà dell’opera realizzata è in un primo momento del soggetto promotore che la gestisce in modo da ripagare il debito. Dopo il periodo di gestione l’opera passa nelle mani della PA. Le caratteristiche di questa tipologia di project financing la rendono adatta alla realizzazione di autostrade, ferrovie, centrali elettriche.

2.3.3 Il BOO

Nei progetti BOO o Build-own-operate il soggetto promotore costruisce l'opera, ne ha la proprietà e la gestisce, senza limitazioni di tempo ne trasferimenti alla PA. L'amministrazione ha solo il compito di fornire i permessi necessari per la realizzazione dell'opera. Questo accade perché la vita del progetto equivale alla durata della concessione. L'esempio più importante di questa tipologia sono le reti telefoniche dei cellulari e gli impianti per la depurazione dell'acqua. I progetti realizzati con il BOO sono caratterizzati da una produzione a ciclo continuo, da una dimensione ottimale minima molto elevata e dal fatto che c'è un impegno di acquisto prestabilito dei prodotti/servizi da parte di coloro che partecipano alla società di progetto. I soci, infatti, entrano nell'investimento proprio perché interessati ai prodotti/servizi, potendoli rivendere sui mercati finali, ma non hanno comunque la possibilità, da soli, di costruire l'impianto necessario e per questo si uniscono ad altri per diventare soggetti promotori. In questo modo si possono generare nuove opportunità sul mercato e si possono superare vincoli tecnici importanti.

2.3.4 Il BLT

Nei BLT o Build-lease-transfer il soggetto promotore, una volta costruita l'opera, la affitta alla PA. Alla scadenza della locazione, l'opera passa nelle mani della PA che paga al promotore un prezzo prestabilito. In questo modo il soggetto mantiene per tutta la durata della locazione la proprietà dell'opera e, poiché la gestione è nelle mani della PA, non sopporta il rischio operativo. Questa tipologia si configura, quindi, come un vero e proprio contratto di leasing tra le parti.

2.3.5 Il DBFO

Il DBFO o Design-build-finance-operate prevede che il promotore si faccia carico della progettazione e della costruzione dell'opera di cui la PA detiene la proprietà. Inoltre, il promotore ha anche il compito di raccogliere i finanziamenti necessari che saranno ripagati successivamente durante la gestione. La PA beneficia, inoltre, degli incassi che le pervengono dal promotore durante tutto il periodo della concessione. In qualche modo è come se la PA avesse concesso in locazione l'opera e ne riscuotesse i canoni. Normalmente questa tipologia viene usata per la costruzione delle autostrade.

2.3.6 Il DCMF

Le prigioni e gli ospedali sono i principali esempi di contratto DCMF o Design-build-operate-tansfer. Il soggetto promotore progetta, costruisce, gestisce l'opera e i proventi derivano dalla locazione dell'opera alla PA.

2.4 La legislazione italiana

La finanza di progetto viene introdotta in Italia con legge 415/1998 (Merloni ter) con lo scopo di diminuire la spesa pubblica e far finanziare, anche se solo parzialmente, le opere pubbliche dai privati. Questa legge, in realtà, prevede che il terreno su cui viene costruita l'opera pubblica venga dato in concessione d'uso o in diritto di superficie a privati. La proprietà del terreno rimane quindi pubblica e le spese di realizzazione sono a carico del privato che trattiene per sé gli utili di gestione. Questa norma prevede anche, nel caso che la gestione risulti onerosa, che l'ente pubblico possa contribuire alla sua realizzazione, naturalmente a seguito di un controllo sulle tariffe praticate all'utenza. Oggi tale controllo risulta abrogato grazie alla liberalizzazione delle tariffe.

Nel 1999 viene istituita l'unità tecnica finanza di progetto (UTFP) presso il CIPE con lo scopo di favorire il paternariato pubblico privato ed aiutare le pubbliche amministrazioni nell'individuazione dei progetti realizzabili attraverso questo strumento.

Una nuova riforma interviene nel 2002, con la legge 166 (Merloni quater), che abolisce il limite di durata della concessione e amplia le tipologie di soggetti promotori.

Nel 2004 interviene la Commissione Europea, che chiede all'Italia, tramite una procedura d'infrazione, di adeguarsi alla normativa europea in tema di appalti pubblici per quanto riguarda il contenuto dell'avviso che le amministrazioni devono pubblicare, nel quale è contenuto l'elenco delle opere realizzabili tramite project financing.

Nel 2006 la riforma dei contratti pubblici crea il codice dei contratti pubblici nel quale vengono inserite delle norme dedicate alla finanza di progetto che vanno ad abrogare tutte le disposizioni precedenti.

L'ultimo cambiamento nel 2008 per cercare di dare un impulso alla finanza di progetto e farla diventare un vero e proprio volano per la ripresa economica. Con questa riforma il d. lgs 152 prevede la possibilità che l'iniziativa per la realizzazione di opere pubbliche parta dalla PA o dai privati. Nel primo caso la PA nel suo piano di programmazione triennale inserisce un elenco delle opere in previsione e poi tramite bandi di gara individua il soggetto promotore. Nella seconda ipotesi è lo stesso soggetto promotore a candidarsi per la realizzazione una delle opere presenti nella programmazione, in caso di mancata pubblicazione del bando di gara, oppure a proporre un intervento particolare non previsto dalla PA.

2.4.1 La procedura

La procedura legata alla finanza di progetto si snoda essenzialmente attraverso tre fasi:

- fase preliminare;
- fase di gara;

- fase di costruzione e di gestione.

La prima avviene ad opera della PA che ha l'obbligo, in concomitanza con la programmazione triennale, di pubblicare un bando nel quale individua quali sono le opere che possono essere realizzate utilizzando, totalmente o parzialmente, la finanza di progetto. A questo punto i soggetti promotori possono, entro il 30 giugno di ogni anno, presentare alle amministrazioni le proposte per l'esecuzione delle opere pubbliche. Queste devono contenere tra gli altri elementi: uno studio di fattibilità, un progetto preliminare, un piano economico-finanziario approvato da un istituto di credito.

Entro 4 mesi l'amministrazione deve valutare

> […] la fattibilità delle proposte presentate sotto il profilo costruttivo, urbanistico ed ambientale, nonché della qualità progettuale, della funzionalità, della fruibilità dell'opera, dell'accessibilità al pubblico, del rendimento, del costo di gestione e di manutenzione, della durata della concessione, dei tempi di ultimazione dei lavori della concessione, delle tariffe da applicare, della metodologia di aggiornamento delle stesse, del valore economico e finanziario del piano e del contenuto della bozza di convenzione […] (art. 37-ter, L. 109/1994, successivamente modificato con L. 166/2002)

Una volta individuate le proposte di pubblico interesse, nella seconda fase la PA individua almeno due soggetti competitori con il promotore attraverso una gara ad evidenza pubblica, normalmente nella forma della licitazione privata, che ha come base d'asta il progetto presentato dal promotore stesso. A questo punto la PA, con una procedura negoziata tra il promotore e i due competitori vincitori della gara, sceglie l'aggiudicatario. Il criterio è quello dell'offerta economica più vantaggiosa.

Nella terza fase il vincitore dell'appalto costituisce una società di progetto (nella forma di spa o srl, anche consortile) che gestisce in modo autonomo costi e ricavi legati al progetto. La durata della concessione dipende dal tempo stabilito per il rientro del finanziamento e viene calcolata in modo da garantire un'adeguata redditività e il pagamento dei canoni di concessione allo stato (che sono calcolati in base al fatturato).

Una volta realizzata, l'opera è di proprietà della PA che può successivamente anche privatizzarla, mentre la gestione rimane al privato per la durata prestabilita. La concessione decorre dalla data presunta di fine lavori; per questo motivo risulta importante calcolare correttamente, in fase progettuale, i tempi di realizzazione. Una volta scaduto il termine la gestione si trasferisce alla PA che può decidere di:

- gestire direttamente l'opera;
- creare una nuova concessione e affidarla tramite gara d'appalto;
- trasferire la proprietà al concessionario.

Questo sistema può subire lievi modifiche in alcuni casi. Se, infatti, la PA, nonostante la creazione dell'elenco delle opere da realizzare, non procede alla pubblicazione del bando entro 6 mesi dall'approvazione dell'elenco stesso, l'iniziativa passa ai soggetti privati che possono nei 4 mesi successivi presentare un progetto preliminare. La PA, a questo punto, è tenuta a pubblicare un bando e a far partire la procedura come visto in precedenza, per permettere la partecipazione di più soggetti e scegliere la proposta migliore.

Nel caso, invece, in cui la PA non abbia provveduto alla stesura dell'elenco delle opere pubbliche in programma, i soggetti privati possono presentare degli studi di fattibilità su progetti da realizzare che la PA deve valutare entro 6 mesi dal loro ricevimento. L'accettazione di una proposta, per ovvi motivi di trasparenza e di regolarità, fa ripartire l'iter discusso precedentemente.

2.4.2 L'allocazione dei rischi

Uno degli aspetti più importanti nell'ambito del PPP è sicuramente la gestione del rischio e la sua allocazione tra gli attori coinvolti. Per la buona riuscita del progetto, infatti, occorre che il privato si faccia carico solo dei rischi che può governare sia dal punto di vista gestionale che economico-finanziario. In questo senso risulta fondamentale l'analisi dei rischi che consiste:

- nell'identificazione delle categorie di rischio;
- nella quantificazione dell'impatto economico-finanziario dei rischi;
- nella stima della probabilità di accadimento degli eventi dannosi;
- nella scelta dell'allocazione dei rischi per ridurne gli effetti;
- nella valutazione del rischio trasferibile e di quello non trasferibile.

Una volta identificati i rischi occorre costruire una matrice dei rischi per capire quale sia il soggetto che meglio può gestirli. La matrice è uno schema in cui si inserisce l'elenco e la descrizione dei rischi legati al progetto e si individua il soggetto a cui uno specifico rischio è attribuito (PA, soggetto privato o entrambi). Grazie alla matrice, quindi, si può capire quali siano:

- i tipi di rischio presenti;
- le cause che possono dare vita a tali rischi;
- le conseguenze dannose per il progetto;
- il soggetto su cui ricadono tali conseguenze;
- le modalità per coprire o mitigare i rischi.

Esistono tre tipi di rischi riguardanti esclusivamente il PPP, ossia la sua metodologia costruttiva:

- rischi di pre-completamento che riguardano la fase di realizzazione del progetto dell'opera e coinvolgono il lato amministrativo (permessi e concessioni), tecnico ed economico;
- rischi di post-completamento che riguardano la fase di avviamento dell'opera e la sua gestione (deve consentire l'autosufficienza finanziaria);

- rischi generali che riguardano tutto il progetto e sono di tipo tecnologico, politico, commerciale, finanziario.

Nel caso in cui il PPP sia supportato dallo strumento del project financing i rischi individuabili sono i seguenti:

- imprenditoriali, connessi alla quantità di utenti del servizio. Se si scende sotto una soglia minima non si generano gli utili sufficienti per ripagare il debito. Per ovviare a questo problema si può includere nel contratto la clausola “take or pay” che vincola la PA ad acquisire i servizi se questi scendono sotto la soglia minima;
- tecnologici, legati ad errori di scelta del processo. Il servizio, infatti, non viene erogato nei tempi, nei modi e nella qualità richiesta dal pubblico;
- ambientali;
- economici, che sono collegati ad errori nella quantificazione dei costi sia di realizzazione che di manutenzione. Essi possono dipendere da stime troppo ottimistiche o da errori di costruzione che comportano costi extra nella realizzazione dell’opera;
- finanziari, legati a valutazioni errate delle tariffe o del peso dell’inflazione;
- finanziari di approvvigionamento del capitale. Il debito va suddiviso su più banche per evitare effetti a catena sull’investimento;
- di gestione, legati al bacino di utenza, alla quota di mercato, alla manutenzione, all’obsolescenza tecnologica;
- politici, riguardanti il cambio nelle politiche tariffarie per le infrastrutture sociali.

2.5 La situazione del PPP in Italia

Con l'avvento della crisi economica, a causa delle difficoltà della finanza pubblica, le opere pubbliche hanno subito un brusco rallentamento. Tra il 2008 e il 2011, infatti, gli investimenti sono diminuiti del 24%[28]. Da ciò è nato il bisogno di trovare un modo alternativo di finanziamento che, come abbiamo visto, può dare vita ad una vera e propria collaborazione tra pubblico e privato. L'analisi dell'uso del PPP in Italia negli anni 2002-2010[29] indica che sono stati realizzati circa 13600 interventi per un valore totale di 66 miliardi €. Il picco più elevato è stato raggiunto nel 2004 con 37,3 miliardi € di lavori messi a gara. Una flessione si è avuta nel 2012: si è infatti passati dai 30 miliardi € del 2010 e del 2011 a 24 miliardi € del 2012. Inoltre, sempre nel 2012, il 35% delle opere pubbliche è stato realizzato tramite PPP.

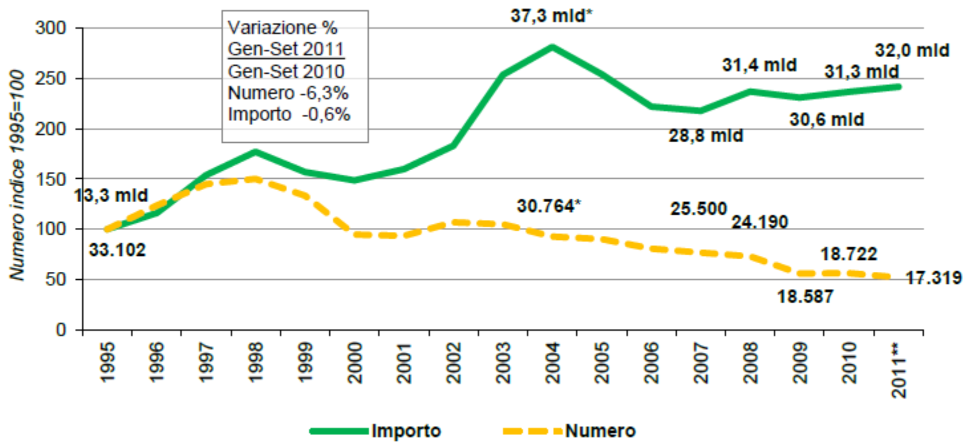

Figura 2.1: Bandi di gara per la realizzazione di opere pubbliche in Italia dal 1995 al 2010. Numero indice 1995=100.
Fonte: AA.VV. (2011), *10 anni di paternariato pubblico privato in Italia. Sintesi*, ultima visita maggio 2014.

Ad avere maggiore successo sono le concessioni di lavori pubblici e di servizi. Se queste ultime sono le più numerose in termini di numero di gare

[28] Dati presi da: AA.VV. (2011), *10 anni di paternariato pubblico privato in Italia. Sintesi*, ultima visita maggio 2014; AA.VV. (2012), *Relazione al CIPE sull'attività svolta nel 2012 dall'Unità Tecnica Finanza di Progetto (UTFP)*, ultima visita aprile 2014.

risultano però di importo più contenuto al contrario delle concessioni di lavori pubblici che seppur minori riguardano opere più grandi. Nel caso delle concessioni di servizi, per il periodo 2002-2010, si parla di importi medi intorno ai 10 mln € mentre per le concessioni di lavori pubblici ci attestiamo sui 27,3 mln €.

Per quanto riguarda le dimensioni dei PPP, tra il 2002-2010, il 36% delle gare ha riguardato importi inferiori ad 1 mln €, mentre il 50% importi fino a 5 mln € e il restante 14% importi maggiori ai 5 mln €. Questi ultimi costituiscono il 91% del volume di affari del PPP. Inoltre, il 75% delle gare di importo superiore ai 5 mln € si riferisce a concessioni di lavori pubblici su proposta del soggetto promotore o a gare di project financing.

Gli enti ad avere maggiormente usufruito di questo strumento sono i Comuni che hanno dato realizzato molte opere di importo medio: i Comuni, infatti, sono passati dal 10% del 2002 al 65% dei progetti totali nel 2010.

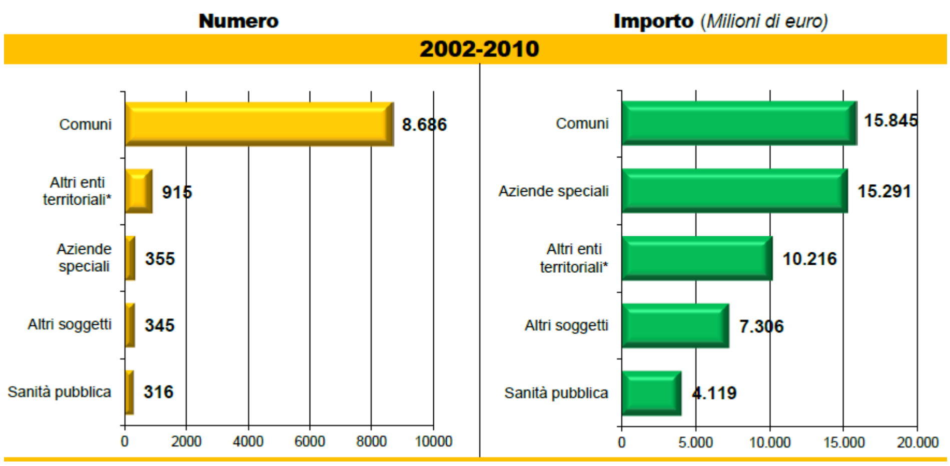

Figura 2.2: I committenti del PPP. Classifica in base al numero di gare e all'importo delle stesse tra il 2002 e il 2010.
Fonte: AA.VV. (2011), *10 anni di paternariato pubblico privato in Italia. Sintesi*, ultima visita maggio 2014.

Il maggior numero di progetti riguarda i trasporti con 13 miliardi € di progetti aggiudicati tra il 2002 e il 2010, arrivando a pesare nel 2012 per il 74% del totale dei progetti. Le reti di acqua, gas ed energia elettrica si attestano ad 8 miliardi € mentre la sanità rimane a quota 3,5 miliardi €, sempre tra il 2002-2010.

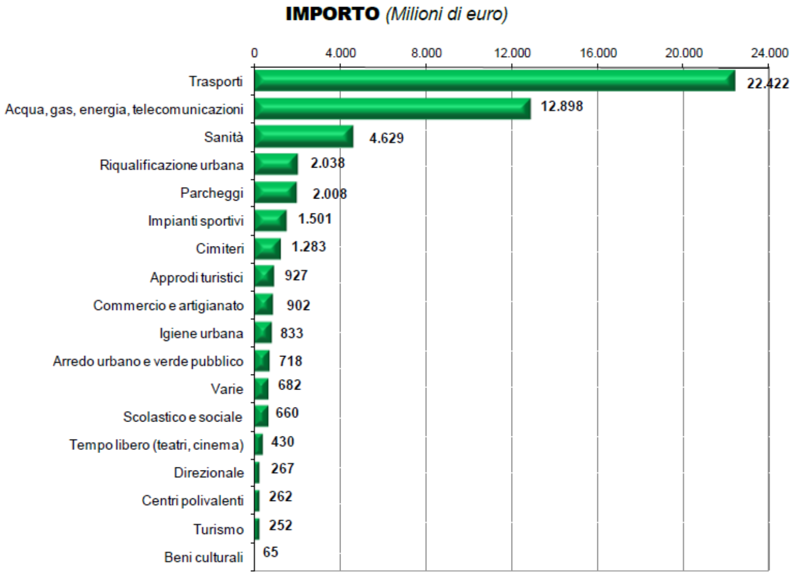

Figura 2.3: I bandi di gara del PPP divisi per settore in base all'importo. Periodo 2002-2010.
Fonte: AA.VV. (2011), *10 anni di paternariato pubblico privato in Italia. Sintesi*, ultima visita maggio 2014.

La regione che ha usufruito di più del PPP (periodo 2002-2010) è la Lombardia con oltre 9 miliardi € di progetti. Seguono poi Sicilia, Campania, Lazio e Veneto. Quest'ultimo ha realizzato progetto per un valore di 4,8 miliardi €.

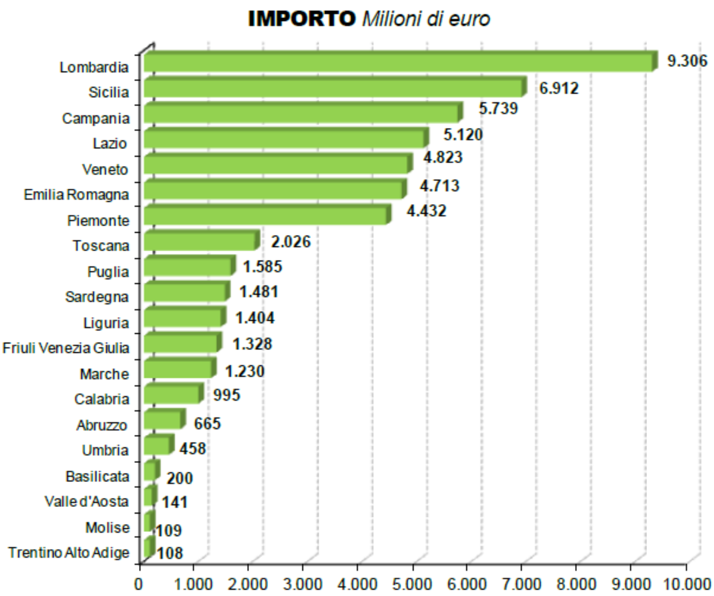

Figura 2.4: I bandi di gara del PPP divisi per regioni italiane in base all'importo. Periodo 2002-2010.
Fonte: AA.VV. (2011), *10 anni di paternariato pubblico privato in Italia. Sintesi*, ultima visita maggio 2014.

2.6 Alcuni esempi di PPP

La realizzazione di un progetto con l'uso del PPP può assumere diverse forme a seconda delle caratteristiche dell'opera da realizzare e della normativa vigente nel paese in cui viene realizzato il progetto.

Possiamo quindi trovare esempi di realizzazione di linee della metropolitana, autostrade, ospedali, scuole, reti di teleriscaldamento etc. Ognuno di questi progetti porta con sé un grado di rischio diverso e comporta quindi la creazione di un contratto ad hoc per cercare di mitigare questo rischio e di rendere l'investimento appetibile per il soggetto privato. Vediamo ora alcuni esempi di realizzazione di opere pubbliche e il relativo schema contrattuale applicato.

L'esempio più importante di PPP è il tunnel sotto la Manica. I primi progetti del tunnel risalgono al XIX secolo ma solo a partire dagli anni '70 si inizia a intravedere la possibilità di realizzare l'opera senza utilizzare fondi pubblici. Nel 1987 viene così firmata la concessione che si configura come un accordo di tipo BOT che sarebbe dovuta durare fino al 2042. Il finanziamento dell'opera viene in parte garantito dall'emissione delle azioni dell'Eurotunnel che permette di raccogliere 770 milioni di sterline. I lavori vengono completati nel 1994 e si constata che i costi sono arrivati a 10 miliardi di sterline e che la domanda probabilmente non sarebbe riuscita a garantire il ripianamento del debito anche a causa della competizione dei servizi di traghetto. Le cose peggiorano a seguito dell'incendio del 1996 che blocca il servizio fino al maggio del 1997. A questo punto si interviene per salvare la società con una ristrutturazione finanziaria e l'estensione della concessione fino al 2086. Nel 2008 le cose iniziano a migliorare tanto che la società di gestione è riuscita ad avere un utile consistente e ad erogare il primo dividendo. Una breve analisi di questo caso si può trovare nell'articolo di Damodaran del 2005, pubblicato dalla Stern School of Business[30] o nel più recente materiale didattico dello stesso autore intitolato "*Real options: fact and*

[30] DAMODARAN A. (2005), *The promise and the peril of the real options*, Stern School of Business, New York.

fantasy"[31]. Ciò che maggiormente colpisce è l'uso della sola formula di Black e Scholes per il princing dell'opzione.

Un altro esempio di PPP che riguarda sempre i trasporti è il Melbourne CityLink ossia la realizzazione di una strada a pedaggio lunga 22 km per creare un collegamento tra le tre tangenziali che corrono intorno alla città. Il progetto è innovativo, non solo per la realizzazione con finanziamenti di tipo privato, ma anche perché è la prima strada a pedaggio realizzata a Melbourne. Aperto nel 2000, con una concessione che scadrà nel 2035, il Melbourne CityLink, che si configura come un BOOT, presenta dei termini contrattuali particolari creati per cercare di diminuire i rischi per il soggetto promotore, legati soprattutto ai volumi di traffico e quindi alle tariffe da applicare.

Nel Melbourne CityLink Concession Deed è previsto che la Transurban (soggetto promotore) paghi allo Stato di Victoria, le seguenti somme: 95,6 mln $ australiani per i primi 25 anni; 45,2 mln $ dal 26°al 34° anno e 1 mln $ per gli ultimi 3 anni. È però possibile che il governo conceda alla Transurban la possibilità di differire i pagamenti fino allo scadere della concessione se l'IRR (Internal Rate of Return), calcolato come segue, è inferiore al 10%.

$$IRR = \left(\frac{P_n - \frac{r}{2}(P_n - P_0)}{P_0} \right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

dove P_n è il prezzo dei titoli Transurban al tempo $t=n$, P_0 rappresenta il prezzo delle azioni al tempo $t=0$ e r è il tasso di interesse.

Inoltre se l'IRR è maggiore del 17,5% il governo ha la facoltà di cancellare la concessione prima della scadenza, subentrando nella gestione della strada. È evidente che nel caso di rendimenti bassi si voglia aiutare il soggetto promotore sospendendo il pagamento delle somme al governo mentre nel caso in cui i

[31] DAMODARAN A. (2013), *Real options:Fact and Fantasy*, Stern School of Business, New York.

rendimenti risultino elevati il governo stesso vuole entrare nella gestione per poterne ricavare i massimi benefici.

L'analisi tramite le opzioni reali nei due articoli di Rose[32] e di Lay e Daley[33] rivela che esistono due tipi di opzioni: una call esercitabile dallo Stato che riguarda la possibilità di cancellare prima la concessione ed una put esercitabile dal concessionario che è riferibile alla facoltà di posticipare i pagamenti al governo. Gli studiosi hanno utilizzato l'albero binomiale ottenendo un valore maggiore per l'opzione put rispetto alla call. Inoltre, è stata studiata l'interazione tra le due opzioni che ha rivelato come l'opzione call abbia un valore minore nel caso in cui non sia esercitata la put. Se, infatti, la società decide di posticipare i pagamenti vi sarà un aumento dell'IRR che aumenterà il valore dell'opzione di cancellazione della concessione da parte del governo.

Il terzo caso riguarda la realizzazione della linea 4 della metropolitana di San Paolo in Brasile. Il progetto, realizzato nel 2006 e costato 340 mln $ prevede la realizzazione di 12,8 km di metropolitana con una concessione di 30 anni secondo lo schema BOT. Il principale fattore di rischio è legato alla domanda ossia al numero di persone che avrebbero usufruito di questo mezzo di trasporto preferendolo ad altri. Per cercare di contenere questo rischio si sono definiti un livello massimo e un livello minimo di domanda. Al di sotto del livello minimo il governo avrebbe dovuto concedere dei sussidi al concessionario, mentre al di sopra del massimo sarebbe stato il soggetto promotore a pagare il governo. Nel range tra il massimo e il minimo non è prevista nessuna forma di garanzia L'analisi tramite opzioni reali è estata effettuata da Brandao, Bastian-Pinto, Lima Gomes e Labes[34] che hanno analizzato soprattutto l'influenza della variabilità dei flussi di traffico sul valore dell'investimento.

---

[32] ROSE S. (1998), *Valuation of interacting real options in a tollroad infrastructure project*, The Quesrterly Review of Economics and Finance, vol. 38, special issue, p. 711-723.
[33] LAY M.G., DALEY K.F. (2002), *The Melbourne City Link Project*, Transport Policy, vol. 9, p. 261-267.
[34] BRANDAO L., BASTIAN-PINTO C., LIMA GOMES L., LABES M. (2012), *Government supports in public-private partnership contracts: metro line 4 of the São Paulo subway system*, Journal of infrastructure system, vol. 18, issue 3, p. 218-225

Gli esempi visti fino ad ora riguardano progetti in grado, almeno da un punto di vista teorico, di sostenersi da soli grazie agli introiti provenienti dai pedaggi. In questi casi, come abbiamo visto, il principale fattore di rischio è legato proprio alla domanda di quel particolare tipo di trasporto. Nel caso, infatti, di tariffe troppo elevate i passeggeri potrebbero scegliere di utilizzare il traghetto (nel caso dell'Eurotunnel) o l'autobus (nel caso della metropolitana). Come già detto per cercare di mitigare il rischio legato alla variabilità della domanda il governo può intervenire per stabilire particolari termini contrattuali come l'allungamento della concessione o eventuali sussidi nel caso di valori della domanda sotto la soglia minima prestabilita.

In Italia gli esempi più importanti di progetti con capacità di generare reddito sono le reti di teleriscaldamento realizzate in diverse città. La più famosa è sicuramente quella di Udine che collega anche Università e Ospedale. In questo caso non sono previste particolari garanzie per il soggetto promotore i cui ricavi derivano principalmente dalle utenze della rete di teleriscaldamento.

Vi sono però altri progetti di PPP in cui l'opera realizzata viene ripagata grazie ai servizi che il concessionario fornisce alla PA. Prendiamo il caso, italiano, dell'Ospedale di Mestre, attivo dal 2007 la cui concessione scade nel 2031, costato 210 mln €. Al soggetto promotore sono affidate la gestione dei laboratori d'analisi e del reparto di radiodiagnostica, i servizi di pulizia, lavanderia, ristorazione per i degenti, il servizio di riscaldamento, la manutenzione ordinaria e straordinaria degli impianti tecnologici e delle attrezzature elettromedicali, la manutenzione del verde, la gestione delle aree commerciali e del parcheggio.

3. Il Passante di Mestre e la possibilità del project financing

Come abbiamo visto il PPP può costituire un’interessante opportunità non solo per la pubblica amministrazione e per i soggetti privati ma anche per la comunità che beneficia di una nuova opera pubblica e dei servizi ad essa collegati. Per capire se questa collaborazione rappresenti per tutti un vantaggio occorre valutare l’investimento in un’ottica che colga tutti gli aspetti che possono incidere sul valore finale del progetto. Uno strumento importante in questo senso possono essere le opzioni reali viste nel primo capitolo: grazie a loro, infatti, possiamo capire se un progetto sia o meno realizzabile e valutare gli effetti di eventuali cambiamenti che possono intervenire durante la sua vita. É possibile, infatti, che, anche nell'ambito del PPP, a seconda della tipologia di progetto, si configurino diversi tipi di opzioni reali già viste: differimento, espansione, conversione, contrazione, sospensione temporanea e abbandono.

Le informazioni ricavate dall'analisi dell'investimento tramite opzioni reali sono fondamentali sia per il soggetto promotore che per la PA. Il primo, infatti, desidera sapere se i cash flow del progetto, generati durante la concessione, gli permetteranno di ripagare il debito e di disporre di un utile sufficiente a soddisfare anche eventuali altri soci presenti; per la seconda, la stima del valore si rivela utile per decidere le priorità da dare ai vari progetti. Un investimento che riesca a sostenersi grazie ai suoi flussi di cassa senza bisogno di contributi pubblici e che si preveda possa continuare ad avere buone performance anche quando l’opera sarà, alla scadenza della concessione, nelle mani della PA, sarà preferito ad un altro che richieda invece sussidi pubblici o maggiori garanzie da parte del partner pubblico. Questa visione prettamente economica va naturalmente contemperata con i benefici che la comunità può ottenere con la realizzazione dell’opera pubblica. La PA, quindi, dovrà stabilire le sue priorità considerando anche e soprattutto l’aspetto sociale.

3.1 Il Passante di Mestre

Introduciamo ora il caso del Passante di Mestre, la bretella autostradale che si snoda intorno a Mestre, come esempio di opera pubblica che poteva essere realizzata tramite PPP utilizzando lo strumento del project financing. Infatti, l'idea iniziale degli enti pubblici coinvolti nella progettazione dell'infrastruttura era quella di evitare un grosso esborso economico grazie al coinvolgimento dei privati che l'avrebbero realizzata e gestita. Questa possibilità è naufragata a seguito di un intervento dell'Unione Europea che si è espressa in merito all'irregolarità della gara di selezione del soggetto privato.

Dopo un breve riassunto del progetto si cercherà quindi di capire da una prospettiva ex ante se l'investimento sarebbe stato o meno intrapreso e in seguito, da una prospettiva ex post, se un qualsiasi soggetto privato avrebbe avuto interesse ad entrare nel progetto. L'analisi sarà svolta tramite il calcolo del classico NPV, stimando costi e benefici nel corso della realizzazione e della gestione[35], e l'uso di alcuni metodi di valutazione delle opzioni reali.

Storia del progetto

Il Passante di Mestre è la bretella autostradale che collega l'autostrada Milano-Venezia con l'autostrada Venezia-Triese, permettendo di evitare l'area urbana della zona di Mestre. Lunga 32 km è un'opera realizzata in tempi molto veloci (4 anni), dopo una lunga trafila di idee e di progetti che si susseguivano da più di trent'anni.

Inaugurato nel mese di febbraio del 2009, il Passante permette di snellire il traffico che si viene a concentrare nella zona di Mestre-Venezia a causa dell'incrocio tra i tre rami autostradali che portano rispettivamente a Milano, a Trieste e a Belluno.

[35] I dati sono ricavati dai bilanci di CAV SpA, la società che gestisce il Passante, pubblicati sul sito www.cavspa.it.

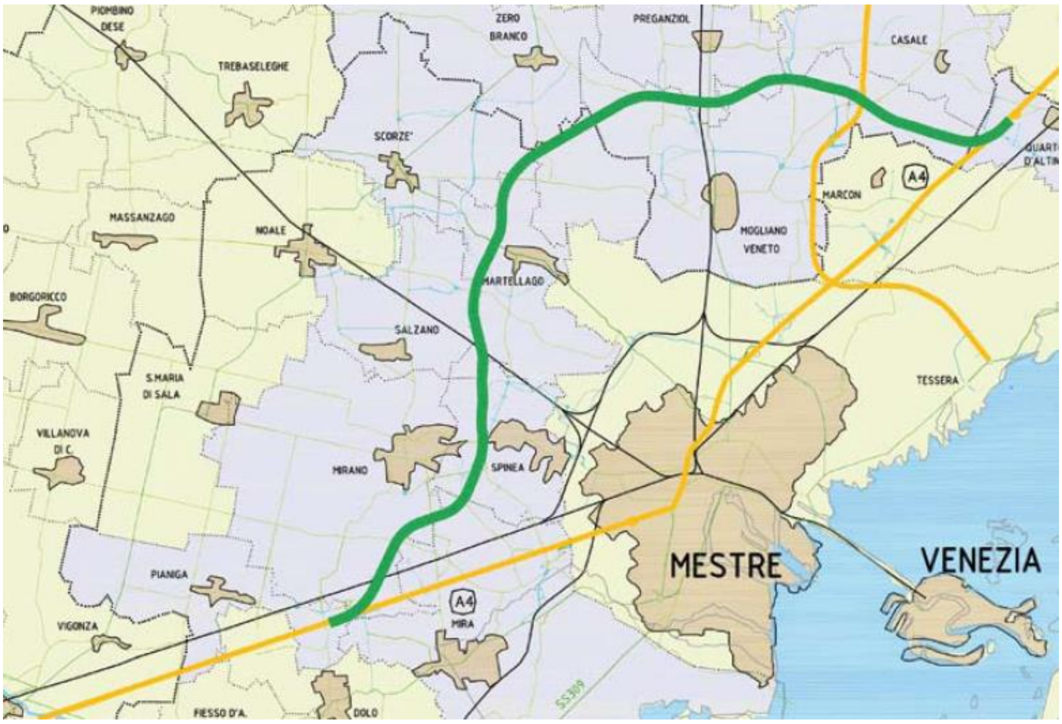

Figura 3.1: il Passante di Mestre (in verde).
Fonte: BONOMO F. (2009), *Il passante di Mestre è diventato realtà*, Quarry & construction, Aprile 2009, p. 100.

Numerose sono state le difficoltà incontrate in corso d'opera a causa della forte urbanizzazione del territorio in cui la bretella si trova a passare: si sono resi necessari migliaia di espropri e molti interventi per superare gli ostacoli dovuti alla presenza di fognature, gasdotti, oleodotti, elettrodotti, acquedotti e linee telefoniche.

La realizzazione dell'opera in tempi così stretti è stata possibile grazie alla richiesta dello stato di emergenza socio-economico-ambientale per il traffico di Mestre. Il progetto è quindi passato sotto la gestione della Protezione Civile con la nomina, a marzo 2003, di un commissario straordinario a cui sono stati affidati poteri speciali in grado di snellire e accelerare le procedure che, di norma, per interventi di questo tipo sarebbero molto più lunghe. La scelta è dovuta principalmente al fatto che, negli anni precedenti, la procedura ordinaria per la realizzazione delle infrastrutture non aveva dato gli esiti sperati ed aveva portato ad una situazione di stallo.

Inoltre, nell'ottobre 2012, a seguito della decisione di finanziare l'opera con capitali privati e assegnarne la costruzione e la gestione pluridecennale a tre concessionarie autostradali (Brescia-Padova, Autostrade per l'Italia e Autovie Venete), realizzando di fatto un vero e proprio PPP con lo strumento del project financing, interviene l'Unione Europea contestando l'assenza di gara a livello europeo e il favoreggiamento delle società italiane.

Per risolvere la situazione e iniziare al più presto i lavori si decide quindi di far gestire il progetto al commissario straordinario e di ricorrere a una gara europea per individuare il costruttore. Grazie alla presenza del commissario si è resa possibile una rapida approvazione del progetto definitivo con il successivo affidamento al costruttore e una gestione efficace dei contenziosi nati in relazione agli espropri.

Dopo una serie di difficoltà legate all'esito della gara, dovute al ricorso al TAR dell'altra società rimasta in gara, a dicembre 2004 iniziano i lavori che si concluderanno nel 2009.

Il finanziamento (pari a 986,40 milioni €) e la gestione dell'opera (fino al 2032) sono affidate a CAV (Concessioni Autostradali Venete) SpA, una società paritetica costituita a marzo 2008 da Anas e Regione Veneto. Questa idea nasce dopo il fallimento della finanza di progetto ed è anche l'unico elemento che la richiama, insieme all'uso dei pedaggi per ripianare il debito contratto. Si discosta, naturalmente, dai profili del project financing essendo i due soci entrambi enti pubblici.

I primi anni di gestione del Passante hanno visto un aumento del debito della società che è arrivato a quota 1 miliardo €, nonostante dei buoni volumi di traffico. Anche per questo motivo il pedaggio è passato da una media di € 2,7 a € 3,50[36]. Per cercare di far fronte ai suoi impegni nei confronti dell'Anas, la CAV SpA ha richiesto alla BEI (Banca Europea degli Investimenti) un finanziamento di

[36] Valore a settembre 2013, FERRAZZA D. (2013), *Pedaggi d'oro: il Passante è l'autostrada più cara d'Italia*, Il Mattino di Padova, 29 settembre 2013, edizione online.

350 mln €, intermediato dalla Cassa Depositi e Prestiti, con scadenza nel 2027. La concessione del finanziamento ha richiesto tutta una serie di garanzie tra cui la non distribuzione di dividendi e la non assunzione di altro indebitamento senza il preventivo consenso della CDP. È inoltre previsto che la CAV SpA costituisca e mantenga una riserva per far fronte al debito di importo corrispondente alla rata in scadenza.

La CAV SpA sta inoltre valutando la possibilità di emettere delle obbligazioni (project bond) per il ripianamento del debito nei confronti di Anas e Regione; operazione che potrebbe, anche secondo la BEI, avere un profilo di rischio contenuto essendo l'opera già funzionante e i volumi di traffico prevedibili dopo 5 anni di gestione. La questione ha dato vita ad un'accesa discussione, soprattutto all'interno della Regione[37] dove alcuni si oppongono all'emissione di 700 mln € di obbligazioni, con la garanzia della BEI, di cui il 50% verrebbe acquistato da CDP.

Si tratterebbe, quindi, secondo alcuni di far pagare ai cittadini due volte un'opera che per il momento non riesce a ripianare i suoi debiti.

Un'altra soluzione prospettata è l'allungamento della concessione alla CAV SpA fino al 2050[38]: in questo modo si potrebbe pensare ad un nuovo accordo sui debiti e ad un allungamento nei tempi di pagamento.

3.2 L'analisi del Passante di Mestre con le opzioni reali

L'analisi del caso del Passante di Mestre inizia con una breve introduzione sui dati del problema, molti dei quali ricavati dai bilanci presenti sul sito della società CAV SpA, che verranno usati per il calcolo dell'NPV e per il successivo calcolo del valore del progetto tramite le opzioni reali. La scelta dell'analisi tramite opzioni reali dipende dall'elevato grado di incertezza che può

[37] ARV (2014), *Passante: Pettenò (FSV), no ai project-bond, moltiplicano il debito*, Comunicato Stampa del Consiglio Regionale del Veneto, 15 maggio 2014.
[38] FERRAZZA D. (2014), *Cav: unica soluzione è l'allungamento concessione*, Il Mattino di Padova, 4 gennaio 2014, edizione online.

caratterizzare questo tipo di progetti. In particolare l'incertezza riguarda le tempistiche di realizzazione e i costi relativi alla stessa. Queste due fonti, inoltre, risultano correlate tra loro: l'allungamento dei tempi comporta un aumento dei costi. Nel caso del Passante di Mestre l'incertezza relativa a tempi e costi è stata risolta grazie all'intervento del commissario straordinario che ha permesso una prosecuzione veloce dei lavori e una soluzione rapida dei problemi relativi agli espropri.

Per quanto riguarda i costi di manutenzione, come si dirà in seguito, essi sono ipotizzati costanti poiché non è possibili che si verifichi un'espansione del progetto: essi, quindi, sono facilmente stimabili e si mantengono sullo stesso livello anche per gli anni successivi. In questo senso i costi di manutenzione non costituiscono una fonte di incertezza per il Passante.

I dati

Il progetto prevede la costruzione di 32 km di autostrada con un investimento, in 3 anni, di € 986,4 mln, suddivisi equamente per un costo di € 328,8 mln all'anno. I benefici per la società iniziano dal 4° anno, quando grazie ai pedaggi si ottengono i primi ricavi. Per gli anni dal 2009 al 2012 i valori sono ricavati dai bilanci della società. In seguito si prevede che i ricavi aumenti del 2% all'anno fino 2025 e poi rimangano costanti fino allo scadere della concessione nel 2032. L'aumento nei ricavi si ipotizza dipenda da un aumento delle tariffe mentre si stima che i livelli di traffico si mantengano costanti, intorno ai 40 mln di veicoli all'anno. Per quanto riguarda i costi di manutenzione, si ipotizza che, non essendoci nuove tratte da costruire, possano essere considerati costanti e attestarsi intorno a € 11 mln all'anno. Nell'ultimo anno di gestione, il 2032, il valore dei benefici include anche il valore residuo dell'opera che viene stimato in € 295,92 mln[39], ossia il 30% dell'investimento iniziale.

[39] Dato ricavato da uno studio sulla pianificazione delle reti di trasporto.
Fonte: CAPPELLI A. (2012), *Simulazione-ABC-Passante-Mestre-3*, Corso di pianificazione dei trasporti, Materiali didattici.

Per stimare il valore dell'opzione, poiché abbiamo a che fare con un'opzione reale, S è pari all'NPV dell'investimento, X è pari al valore dell'investimento ossia € 986,4 mln, t vale 3 e σ viene stimata tramite una simulazione Monte Carlo descritta in seguito.

Il calcolo dell'NPV

Per iniziare a capire quale sia il valore del progetto che abbiamo davanti possiamo impostare un foglio di calcolo, come in tabella 3.1, e ricavare il valore dell'NPV. Come si può notare, per i primi 3 anni vi sono solo costi. I benefici iniziano dal 2009, anno di messa in funzione dell'opera. Dal 2009 al 2012 i ricavi sono stati presi dai bilanci CAV SpA[40]. Si può notare una lieve flessione proprio nel 2012. Si ipotizza però, visti gli annunciati aumenti dei pedaggi[41], che fino al 2025 i flussi relativi ai ricavi aumentino in maniera costante fino al 2025 per poi stabilizzarsi nel 2032. Come detto in precedenza l'ultimo flusso dei ricavi include anche il valore residuo dell'opera stimato in € 295,92 mln, ossia il 30% del valore dell'investimento. Per quanto riguarda i costi, che riguarderanno la sola manutenzione della tratta esistente, non essendoci possibilità di ulteriori espansioni, si stima che rimangano costanti e pari a € 11 mln all'anno.

Come si può notare il valore dell'NPV risulta positivo (€ 584,06 mln), il che indica che il progetto è in ogni caso da intraprendere. Questo valore maggiore di zero è indipendente dal valore residuo assegnato all'investimento. Se, infatti, per ipotesi ponessimo un valore residuo pari a zero l'NPV risulterebbe pari a € 500 mln circa. Ci resta ora da capire se questo valore possa risultare superiore o inferiore con la stima tramite opzioni reali, avvalendoci dei diversi approcci visti in precedenza per poterli anche confrontare tra loro e capirne i vantaggi e i limiti.

[40] I bilanci sono pubblicati sul sito della società www.cavspa.it.
[41] SCURA G. (2014), *Padova-Dolo aumento choc:il pedaggio sale del 250%*, Il Gazzettino, 1 gennaio 2014, edizione online,

ANNO		COSTI (MLN DI EURO)	BENEFICI (MLN DI EURO)	BENEFICI NETTI	BENEFICI NETTI ATTUALIZZATI	NPV	RENDIMENTI
2006	1	328,8	0	-328,8	-328,8	-328,80	
2007	2	328,8	0	-328,8	-313,14	-641,94	
2008	3	328,8	0	-328,8	-298,23	-940,17	
2009	4	11	76,7	65,7	56,75	-883,42	
2010	5	11	121,9	110,9	91,24	-792,18	0,474739805
2011	6	11	121,6	110,6	86,66	-705,52	-0,05149897
2012	7	11	112,80	101,80	75,96	-629,56	-0,13170015
2013	8	11	115,06	104,06	73,95	-555,61	-0,02687105
2014	9	11	117,36	106,36	71,99	-483,62	-0,02691689
2015	10	11	119,70	108,70	70,07	-413,55	-0,02696165
2016	11	11	122,10	111,10	68,20	-345,35	-0,02700535
2017	12	11	124,54	113,54	66,38	-278,96	-0,02704802
2018	13	11	127,03	116,03	64,61	-214,35	-0,02708969
2019	14	11	129,57	118,57	62,88	-151,47	-0,0271304
2020	15	11	132,16	121,16	61,20	-90,27	-0,02717015
2021	16	11	134,81	123,81	59,55	-30,72	-0,02720899
2022	17	11	137,50	126,50	57,95	27,23	-0,02724693
2023	18	11	140,25	129,25	56,39	83,62	-0,02728399
2024	19	11	143,06	132,06	54,87	138,50	-0,02732021
2025	20	11	145,92	134,92	53,39	191,89	-0,0273556
2026	21	11	145,92	134,92	50,85	242,74	-0,04879016
2027	22	11	145,92	134,92	48,43	291,17	-0,04879016
2028	23	11	145,92	134,92	46,12	337,29	-0,04879016
2029	24	11	145,92	134,92	43,93	381,21	-0,04879016
2030	25	11	145,92	134,92	41,83	423,05	-0,04879016
2031	26	11	145,92	134,92	39,84	462,89	-0,04879016
2032	27	11	441,84	430,84	121,17	584,06	1,112270584
				PV	1524,23		
				NPV	584,06		

Tabella 3.1: i flussi di cassa stimati per il Passante di Mestre, con il calcolo del PV, dell'NPV e dei rendimenti.

Il calcolo della volatilità con la simulazione Monte Carlo

Una volta creato il foglio di lavoro per il calcolo dell'NPV possiamo inserire anche la colonna dei rendimenti, come mostrato in tabella 3.1, calcolati a partire dal momento in cui l'opera genera flussi di cassa ossia il 2009.

Per stimare la volatilità del progetto si è deciso di simulare una distribuzione lognormale ipotizzando che i ricavi aumentino nel tempo grazie all'incremento delle tariffe e che i costi rimangano costanti (vedi tabella 3.1) con un rendimento sempre positivo e crescente che costituisce l'argomento del logaritmo.

In questo caso si è scelto di calcolare la volatilità con un approccio di tipo consolidato ossia una stima unica sulla base di più incertezze che concorrono a crearla. È possibile procedere anche con un calcolo separato delle incertezze e ciò risulta particolarmente importante nel caso delle cosiddette opzioni di apprendimento in cui l'incertezza relativa al progetto può essere risolta solo con l'esecuzione del progetto stesso. Con l'investimento si acquisiscono nuove informazioni che contribuiscono ad aumentare il valore del progetto, se queste sono rilevanti per future decisioni relative all'andamento dello stesso. È quindi utile, in questi casi, mantenere separate le incertezze per capire quali sono le variabili che possono influenzare il valore dell'investimento.

Nel nostro caso le fonti di incertezza sono relative al prezzo e ai flussi di traffico poiché abbiamo ipotizzato costanti i costi di manutenzione. Poiché riteniamo che i flussi di traffico possano subire variazioni molto contenute la principale fonte di incertezza risiede nel pedaggio che invece aumenta di anno in anno. Per questo motivo abbiamo scelto di calcolare la volatilità in modo consolidato, utilizzando i rendimenti dei benefici netti la cui variazione dipende dall'aumento dei prezzi.

I tipi di opzioni reali

Nel caso del Passante di Mestre l'analisi tramite opzioni reali risulta limitata. Infatti, lo studio delle opzioni di differimento, espansione, contrazione, conversione, sospensione temporanea non appare coerente con il tipo di progetto considerato.

Per quanto riguarda l'ipotesi di differimento, essa sembra poco attuabile vista l'urgenza dell'esecuzione dell'opera e l'intervento del commissario straordinario per ridurre i tempi di realizzazione. Analoghe considerazioni valgono anche per la sospensione temporanea.

L'espansione non sembra possibile visto che il tracciato è predefinito e costituisce semplicemente un raccordo tra due tratte autostradali preesistenti. La contrazione, inoltre, in questo contesto non avrebbe alcun senso.

Per quanto riguarda la conversione, appare poco credibile pensare di passare da un'autostrada, quindi con pedaggio, a una semplice tangenziale di libera fruizione, soprattutto pensando al suo collocamento tra le due autostrade provenienti da Milano e da Trieste.

È invece possibile lo studio dell'opzione di abbandono dopo la fase BUILD a causa dei proventi troppo bassi. Infatti, visto l'alto carico di debiti a cui CAV S.p.A. non riesce a far fronte e che crescono sempre più, si potrebbe ipotizzare una cessione del Passante ad un'altra società come, ad esempio, Atlantia S.p.A. che gestisce le altre tratte autostradali italiane. Ovviamente un'analisi di questo tipo presuppone la stima del possibile prezzo di cessione del bene.

Nella nostro studio ci siamo limitati a capire se l'investimento risulta o meno conveniente in una prospettiva ex ante, utilizzando il Classic approach e il MAD approach, e a capire se il progetto può essere interessante per un soggetto privato.

Classic approach

Per poter applicare questa metodologia occorre anzitutto costruire il portafoglio replicante con dati provenienti dai mercati finanziari. La società CAV SpA può essere equiparata ad Atlantia SpA che gestisce tutte le tratte autostradali italiane per un totale di 2965 km. Il capitale sociale di Atlantia SpA è pari a circa € 825,8 mln[42] nel 2013 contro i 2 mln € di CAV SpA che gestisce 32 km di autostrada. Rapportando i km gestiti dalle due società possiamo dire che l'investimento di CAV SpA vale circa l'1% di Atlantia SpA, quindi S è pari a € 8,91 mln. Per quanto riguarda la volatilità del titolo si è risalito alle quotazioni giornaliere[43] del titolo Atlantia SpA dal 22 settembre 2003 al 21 maggio 2014 ottenendo una deviazione standard annuale pari a 0,297.

A questo punto applicando la formula di Black e Scholes si ottiene

[42] http://www.atlantia.it/it/il-gruppo/dati-di-mercato.html
[43] https://it.finance.yahoo.com/q/hp?s=ATL.MI

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_t}{X}\right) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{T-t}} = \frac{\ln\left(\frac{8{,}91}{986{,}4}\right) + \left(0{,}05 + \frac{1}{2}0{,}297^2\right)(3)}{0{,}297\sqrt{3}} = -8{,}601$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T-t} = -8{,}601 - 0{,}297 * \sqrt{3} = -9{,}116$$

Le due funzioni di ripartizione $N(d_1)$ e $N(d_2)$ avranno valori prossimi allo zero essendo d_1 e d_2 entrambi negativi. Il valore dell'opzione è dato da

$$C_t = S_t N(d_1) - Xe^{-r(T-t)} N(d_2) = 8{,}91 * 0{,}000 - 986{,}4 * e^{-0{,}05*3} * 0{,}000 = 0$$

Con questo risultato possiamo dire che non conviene investire ossia realizzare l'infrastruttura. Il valore così calcolato sembra però poco verosimile e ciò è dovuto a quello che risulta essere il limite di questo metodo, ossia la ricerca di un equivalente nel mercato. Se è vero che abbiamo due società che si occupano di gestione di tratte autostradali va però sottolineato che le dimensioni e i livelli di mercato delle due aziende sono poco comparabili: Atlantia SpA gestisce tutte le tratte italiane ed è una società multinazionale mentre CAV SpA solo i 32 km del Passante ed è interamente a partecipazione pubblica.

MAD approach

Dalla tabella 3.1. sappiamo che il PV vale € 1524,23 mln, possiamo quindi calcolare *u* e *d*, come di seguito illustrato

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} = e^{1{,}49\sqrt{3}} = 13{,}207$$

$$d = \frac{1}{u} = \frac{1}{13{,}207} = 0{,}076$$

Con *u* e *d* possiamo ricavare la probabilità neutrale al rischio

$$p = \frac{i-d}{u-d} = \frac{1{,}05 - 0{,}076}{13{,}207 - 0{,}076} = 0{,}074$$

$$1 - p = 1 - 0{,}074 = 0{,}926$$

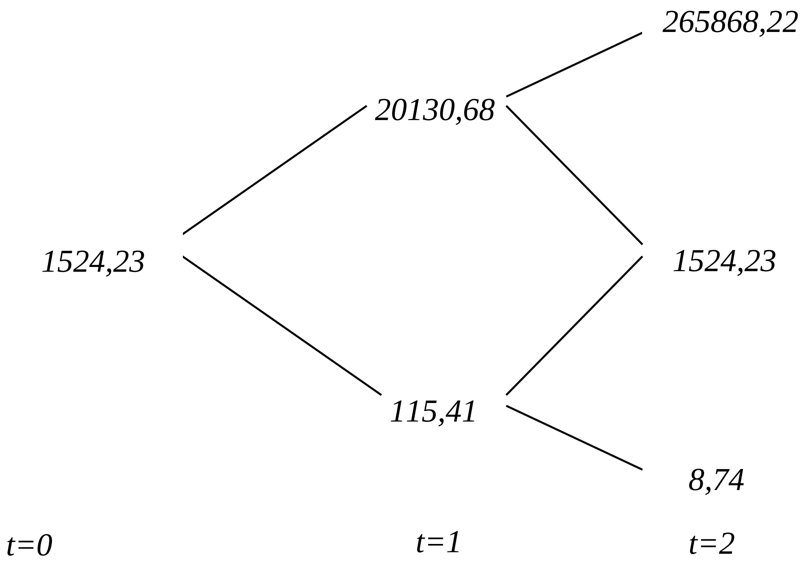

Figura 3.2: Albero binomiale multiperiodale con i valori del PV in t = 1 e t = 2 calcolati grazie a *u* e *d*.

L'albero multiperiodale con i valori del PV è illustrato in figura 3.2. A questo punto, possiamo costruire l'albero con il valore delle opzioni partendo da destra e ritornando verso sinistra. I valori al tempo *t=2* sono ottenuti dalla massimizzazione tra il valore netto dell'investimento e zero, come si vede in figura 3.3. Per calcolare il valore dell'opzione al tempo *t=1* e al tempo *t=0* occorre costruire i portafogli replicanti illustrati di seguito.

Per *t=1* il valore up è dato dalla soluzione del seguente sistema di portafogli

$$\begin{cases} 265868{,}80*m+1{,}05*B=265540 \; - \\ \quad 1524{,}23*m+1{,}05*B=1195{,}43= \end{cases}$$
$$\overline{264344{,}57*m \qquad =264344{,}57}$$

dove *m*=1 e *B*=-313,14. Il valore che si ottiene da

$$20130{,}72*m+1{,}05*B$$

è di € 19817,58 mln. Il valore dell'opzione è pari a

$$Max(19817{,}58; 20130{,}72-328{,}8)=19817{,}58$$

Per il valore down il sistema è

$$\begin{cases} 1524{,}23*m+1{,}05*B=1195{,}43 \; - \\ \quad 8{,}74*m+1{,}05*B=0 \qquad = \end{cases}$$
$$\overline{1515{,}49*m \qquad =1195{,}43}$$

dove *m*=0,789 e *B*=-6,56. Il valore ottenuto da

$$115{,}41*m+1{,}05*B$$

è € 84,47 mln. Il valore dell'opzione è pari a

$$Max(84{,}47; 115{,}41-328{,}8)=84{,}47$$

Per *t=0* avremo

$$\begin{cases} 20130{,}72*m+1{,}05*B=19817{,}58 \; - \\ \quad 115{,}41*m+1{,}05*B=84{,}47 \qquad = \end{cases}$$
$$\overline{20015{,}31*m \qquad =19733{,}11}$$

dove m=0,986 e B=-298,23. Il valore ottenuto da

$$1524{,}23 * m + 1{,}05 * B$$

è € 1204,51 mln. Il valore dell'opzione è pari a

$$Max(1204{,}51; 1524{,}23 - 328{,}8) = 1204{,}51$$

L'investimento vale € 1204,51 mln e può essere acquistato per € 986,4 mln, con un guadagno di € 218,11 mln. Da notare che, come spesso accade, il valore calcolato tramite le opzioni reali risulta superiore rispetto a quello ottenuto tramite NPV che ammonta a € 584,06 mln. La differenza di € 620,45 mln può essere dovuta all'elevata volatilità calcolata tramite la simulazione Monte Carlo.

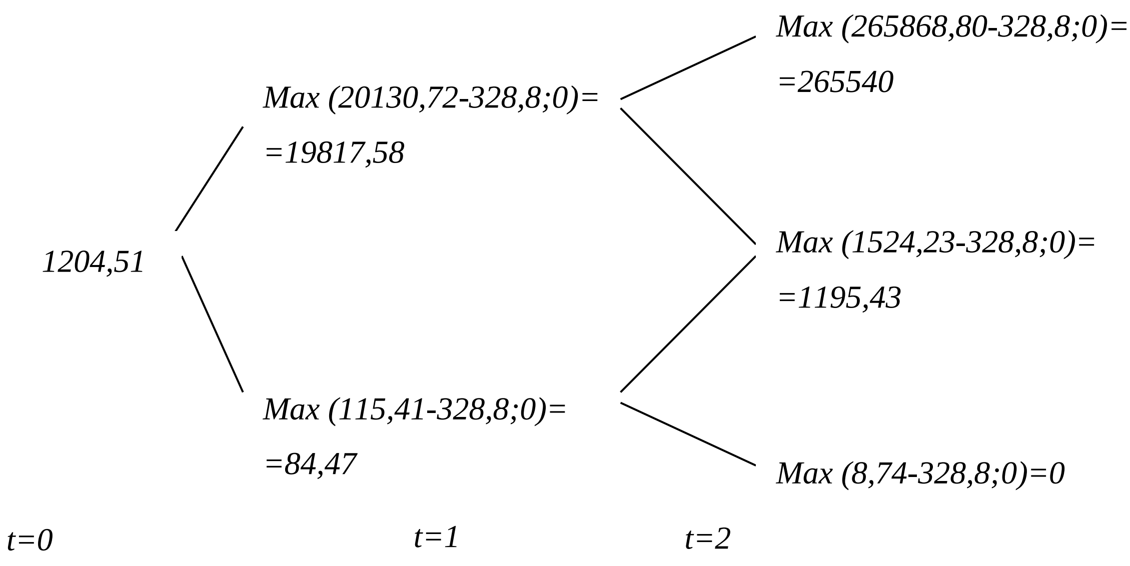

Figura 3.3: Albero binomiale multiperiodale con i valori dell'opzione calcolati tramite i portafogli replicanti.

Integrated approach

Nel caso del Passante di Mestre i due rischi principali riguardano il flusso di traffico e il prezzo del pedaggio. Il primo può essere considerato un rischio privato e il secondo un rischio pubblico. L'analisi tramite l'integrated approach richiede una stima della variabilità dei prezzi da effettuare tramite simulazione Monte Carlo. Tale volatilità, infatti, serve per calcolare i valori u, d e p da inserire nell'albero delle decisioni. Non ci siamo soffermati sul calcolo del valore dell'opzione essendo questa metodologia piuttosto laboriosa.

L'investimento dei privati

L'analisi del Passante di Mestre ci ha permesso di capire che questo tipo di progetti ha un elevato potenziale in termini di valore. È inoltre un tipo di infrastruttura che permette di avere da subito dei ricavi. I problemi dovuti al rimborso del debito da parte di CAV S.p.A. sono, quindi, spiegabili solo rispetto ad una non adeguata tariffazione dei primi anni di gestione. Molti pedaggi, infatti, sono stati persi dal 2009 al 2011 grazie ad un piccolo trucco imparato dai pendolari: bastava entrare ed uscire dal casello di Mirano per evitare di pagare l'intera tratta, spendendo solo € 0,70 invece di € 2,90[44]. Il problema è stato ora risolto ma con un ritardo di ben due anni. A ciò si potrebbero aggiungere problemi legati ai costi di gestione che non sono stati tenuti sotto controllo. Riteniamo che i problemi legati ad una gestione non efficiente delle opere pubbliche che, purtroppo, caratterizzano da sempre il nostro paese, possano essere agevolmente superati con una gestione privata. In questo caso, infatti, il privato ha l'interesse non solo a ripagare il debito ma anche a ricavare dalla gestione un utile da poter distribuire ai suoi soci e agirà per cercare di contenere i costi e far lavorare in maniera ottimale l'infrastruttura. Il tutto considerato che, nonostante si possano prevedere degli aumenti delle tariffe, queste sono comunque sottoposte alla vigilanza da parte dell'Anas S.p.A. e all'Ispettorato di Vigilanza delle Concessioni Autostradali.

[44] AA. (2011), *Passante di Mestre, furbetti del casello arriva la stangata*, Il Gazzettino, 9 febbraio 2011, edizione online, ultima visita maggio 2014.

Conclusioni

Gli investimenti sono necessari per la crescita dell'economia e risultano ancora più importanti quando si tratta di opere pubbliche che hanno un risvolto non solo economico ma anche sociale. Le PA fanno sempre più fatica a rispondere ai bisogni della collettività ed è per questo motivo che lo strumento del PPP sta avendo sempre più successo nel mondo ma anche in Italia.

L'interesse del privato è naturalmente quello di poter costruire e gestire un'opera da cui si possa ricavare anche un utile. È per questo motivo che diventa importante capire come valutare correttamente un progetto. In tal senso un ruolo fondamentale è giocato dalle opzioni reali che consentono una valutazione dell'investimento che include anche i fattori di incertezza e di flessibilità.

Il confronto tra il metodo tradizionale dell'NPV e quello delle opzioni reali ha riguardato il Passante di Mestre. Un'opera fondamentale che permette di congiungere l'autostrada Milano-Venezia e la Venezia-Trieste, evitando al traffico il passaggio sulla tangenziale di Mestre. Nonostante i tentativi il finanziamento di tipo privato non è riuscito ed il progetto è stato gestito con fondi pubblici. L'analisi ha rivelato che il valore di questo investimento è elevato e che un soggetto privato avrebbe avuto tutto l'interesse ad entrarvi. La sua gestione in un'ottica di efficienza avrebbe permesso al privato di ripagare il debito e di soddisfare i suoi soci. Nel caso in questione, invece, la gestione pubblica ha rilevato i suoi limiti a causa anche del non adeguamento delle tariffe per ben due anni che ha causato una diminuzione degli incassi.

Le opzioni reali hanno permesso di mettere in luce quelli che sono i limiti dell'analisi tramite il metodo NPV che non riesce a considerare gli scenari possibili che si possono creare durante la vita del progetto.

Bibliografia

AA.VV. (2009), *Finanza di progetto 100 domande e risposte*, Dipartimento per la programmazione e il coordinamento della politica economica

ALESSANDRI T., FORD D., LANDER D., LEGGIO K., TAYLOR M. (2004), *Managing risk and uncertainty in complex capital projects*, The quarterly review of economics and finance, vol. 44, issue 5, p. 751-767

ALONSO-CONDE A., BROWN C., ROJO-SUAREZ J. (2007), *Public private partnerships: Incentives, risk transfer and real options*, Review of Financial Economics, vol. 16, p. 335-349

AMRAM M., KULATILAKA N. (1999), *Real Options. Managing strategic investment in an uncertain world*, Harvard Business School Press, Boston

AMRAM M., KULATILAKA N. (2000), *Strategy and shareholder value creation: the real options frontier*, Journal of applied corporate finance, vol. 13, issue 2, p.15-28

BIGANO A. (A.A. 2007-2008), *Teoria delle scelte razionali in condizioni di incertezza*, materiale didattico corso di microeconomia, facoltà di scienza statistiche ed economiche, Università Bicocca, Milano,

BLACK F., SCHOLES M. (1973), *The pricing of options and corporate liabilities*, Journal of political economy, vol. 81, issue 3, p.637-654

BOLISANI E., GALVAN R. (2006), *La simulazione Montecarlo: appunti integrativi*, materiale didattico corso di economia applicata all'ingegneria, Padova

BONOMO F. (2009), *Il passante di Mestre è diventato realtà*, Quarry & construction, Aprile 2009, p. 99-109

BORISON A. (2005), *Real option analysis. Where are the Emperor's clothes?*, Journal of applied corporate finance, vol. 17, issue 2, p. 17-31

BOYLE P. (1988), *A lattice framework for option pricing with two state variables*, Journal of Financial and Quantitative Analysis, vol. 23, 1-12

BRACH M. A. (2003), *Real options in practice*, Wiley Finance, New Jersey

BRANDAO L., BASTIAN-PINTO C., LIMA GOMES L., LABES M. (2012), *Government supports in public-private partnership contracts: metro line 4 of the São Paulo subway system*, Journal of infrastructure system, vol. 18, issue 3, p. 218-225

CANESTRELLI E., NARDELLI C. (1998), *Criteri per la selezione del portafoglio*, Giappichelli Editore, Torino

CANESTRELLI E., NARDELLI C. (2003), *Modelli per la finanza qualitativa*, Giappichelli Editore, Torino

CARRA L. (2003), *Una valida alternative di finanziamento: il project financing. Strumenti e tecniche finanziarie*, Dossier On Line, Sanpaoloimprese.com

COLLAN M., FULLER R., MEZEI J. (2009), *A Fuzzy pay-off method for real option valuation*, Journal of applied mathematics and decision sciences, vol. 2009, p. 1-14

COPELAND T., ANTIKAROV V. (2003), *Opzioni reali: tecniche di analisi e valutazioni*, Il Sole 24 Ore, Milano

COPELAND T., ANTIKAROV V. (2005), *Real options meeting the Georgetown challenge*, Journal of applied corporate finance, vol. 17, issue 2, p. 32-51

COX J., ROSS S., RUBINSTEIN M. (1979), *Option pricing: a simplified approach*, Journal of financial economics, vol. 7, issue 3, p. 229-263

DALLOCCHIO M., SALVI A. (2004), *Finanza d'azienda*, Egea, Milano

D'ALPAOS C., MORETTO M., VERGALLI S. (2008), *Real Options Capitolo 1: Capital Budgeting*, Università di Padova, Materiale didattico

D'ALPAOS C., MORETTO M., VERGALLI S. (2008), *Real Options Capitolo 2: Il pricing*, Università di Padova, Materiale didattico

DAMODARAN A. (2005), *The promise and the peril of the real options*, Stern School of Business, New York

DAMODARAN A. (2013), *Real options:Fact and Fantasy*, Stern School of Business, New York

DATAR V., MATHEWS S. (2004), *European real options: an intuitive algorithm for the Black-Scholes formula*, Journal of applied finance, vol. 14, issue 1, p. 45-51

DIXIT A., PINDYCK R. (1994), *Investment under uncertainty*, Princeton University Press, Princeton

DRIOUCHI T., LESEURE M., BENNETT D. (2009), *A robustnes framework for monitoring real options under uncertainty*, The international journal of management science, vol. 37, issue 3, p. 698-710

ETRO F. (2005), *Investimenti in infrastrutture II: Partnership Pubblico-Private*, Milano

KAMRAD B. e RITCHEN P. (1991), *Multinomial approximating models for options with k state variables*, Management Science, vol. 37, 1640-1652.

LAY M.G., DALEY K.F. (2002), *The Melbourne City Link Project*, Transport Policy, vol. 9, p. 261-267

LEVINE M., STEPHAN D., SZABAT K. (2014), *Statistics for managers using Microsoft Excel*, Pearson Education

LUEHRMAN T. (1997), *What's it worth? A general manager's guide to valuation*, Harvard business review, vol. 75, issue 3, p. 132-142

LUEHRMAN T. (1998), *Investment opportunities as real options: getting started on the numbers*, Harvard business review, vol. 76, issue 4, p. 51-67

LUEHRMAN T. (1998), *Strategy as a portfolio of real options*, Harvard business review, vol. 76, issue 5, p. 89-99

MARKOWITZ H. (1952), *Portfolio Selection*, The Journal of Finance, vol. 7, issue 1, p. 77-91

MATHEWS S., DATAR V. (2007), *A practical method for valuing real options: the boeing approach*, Journal of Applied Corporate Finance, vol. 19, issue 2, p. 95-104

MICALIZZI A. (1997), *Opzioni reali. Logiche e casi di valutazione degli investimenti in contesti di incertezza*, Egea, Milano

MILLER K., WALLER G. (2003), *Scenarios, real options and integrated risk management*, Long Range Planning, vol. 36, issue 1, p. 93-107

MUN J. (2006), *Real options analysis : tools and techniques for valuing strategic investment and decisions*, Wiley finance series, Hoboken

MYERS S. (1984), *Finance theory and financial strategy*, Interfaces, vol. 14, issue 1, p. 126-137

OAKSHOTT L. (2012), *Essential quantitative methods for business, management and finance*, Palgrave Macmillan, New York

PERDKARKAR P. C. (2010), *Valuing interdependent multi-stage IT investements: a real options approach*, European Journal of Operational Research, vol. 201, issue 3, p. 847-859

REUER J., TONG T. (2007), *Real Options Theory*, Jai press

ROLLA A. (2013), *Le decisioni aziendali e la teoria dell' utilità*, materiale didattico corso di gestione aziendale, Facoltà di ingegneria, Cremona

ROSE S. (1998), *Valuation of interacting real options in a tollroad infrastructure project*, The Quesrterly Review of Economics and Finance, vol. 38, special issue, p. 711-723

ROSS S., HILLIER D., WESTERFIELD R., JAFFE J., JORDAN B. (2012), *Finanza Aziendale*, Mc Graw Hill Education, Milano

SIMONETTO S. (AA. 2011/2012), *Costo del capital e valutazione del rischio in investimenti in energie rinnovabili: il caso del biogas*, Laurea Magistrale in Economia e Finanza, Università degli Studi di Padova

SMITH J., NAU R. (1995), *Valuing Risky Projects: option pricing theory and decision analysis*, Management Science, vol. 41, issue 5, p. 795-816

SMITH J., MCCARDLE K. (1998), *Valuing oil properties: integrating option pricing and decision analysis approaches*, Operations Research, vol. 46, issue 2, p. 198-217

TRIGEORGIS L. (1995), *Real Options in Capital Investment. Models, Strategies and Applications*, Greenwood Publishing Group

TRIGEORGIS L. (1999), *Real Options. Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*, The MIT Press

Sitografia

www.affaritaliani.it/.../cs_atlantia_17-11-2011.pdf
Sito Affari Italiani, *Atlantia (ATL.MI)Higher yields, lower traffic, SOTP to €16*, rapporto della Credit Suisse sulla compagni Atlantia, ultima visita maggio 2014

www.astrid-online.it%2FOutsourcin%2FNormativa%2FCodice-dei%2FCOMMENTO-ANCI-III-Decreto-correttivo_Dlgs-n152_08-Note-del-26_01_09.pdf
Sito dell'Astrid, Fondazione per l'analisi, gli studi e le ricerche sulla riforma delle istituzioni democratiche e sull'innovazione nelle amministrazioni pubbliche, *Commento alle novità introdotte dal D. Lgs. n. 152/2008, (III° Decreto Correttivo al Codice dei contratti pubblici di lavori, servizi e forniture)*, ultima visita maggio 2014

https://www.bancaditalia.it/pubblicazioni
Sito Banca d'Italia con pubblicazioni relative a questioni economiche, ultima visita aprile 2014

http://www.bankpedia.org/index.php/it/home-page-it?id=21155
Sito associazione nazionale enciclopedia della banca e della borsa, voce modello Black e Scholes, ultima visita marzo 2014

http://www.borsaitaliana.it/bitApp/glossary.bit?target=GlossaryDetail&word=Modello%20di%20Black%20e%20Scholes
Sito borsa italiana, glossario voce modello Black e Scholes, ultima visita marzo 2014

http://www.borsaitaliana.it/bitApp/glossary.bit?target=GlossaryDetail&word=Opzione%20Call
Sito borsa italiana, glossario voce opzione call, ultima visita marzo 2014

http://www.borsaitaliana.it/bitApp/glossary.bit?target=GlossaryDetail&word=Opzione%20Put
Sito borsa italiana, glossario voce opzione put, ultima visita marzo 2014

caronte.dma.unive.it/~pianca/matfin/lattice.pdf
Sito dipartimento di matematica Università di Venezia, *Tecniche reticolari per l'options pricing*, ultima visita aprile 2014

http://www.cavspa.it/index.php?option=com_content&view=article&id=85&Itemid=187
Sito della CAV SpA, *Bilancio d'esercizio al 31 dicembre 2012 e relazioni*, ultima visita maggio 2014

http://www.consiglioveneto.it/crvportal/pageContainer.jsp?n=80&p=84&c=5&e=88&t=0&idNotizia=26290
Sito del Consiglio Regionale del Veneto, ARV (2014), *Passante: Pettenò (FSV), no ai project-bond, moltiplicano il debito*, Comunicato Stampa del Consiglio Regionale del Veneto, 15 maggio 2014, ultima visita maggio 2014

http://economia.unipr.it/DOCENTI/FAVERO/docs/files/CastBreve.pdf
Sito dell'Università degli Studi di Parma, CASTAGNOLI E. (2011), *Breve abbecedario di matematica finanziaria*, Edizioni Cakuntala, ultima visita maggio 2014

http://www.eco.unibs.it/~menoncin/mmf-micro-02.pdf
Sito del prof. Menoncin Francesco, MENONCIN F. (2012), *Microeconomia per la finanza*, Dipartimento di Scienze Economiche, Università degli Studi di Brescia, ultima visita maggio 2014

http://www.ilgazzettino.it/NORDEST/PRIMOPIANO/autostrade_padova_dolo_aumento_choc_pedaggio_sale_250/notizie/417518.shtml
Sito del quotidiano Il Gazzettino, SCURA G. (2014), *Padova-Dolo aumento choc:il pedaggio sale del 250%*, Il Gazzettino, 1 gennaio 2014, edizione online, ultima visita maggio 2014

http://www.infopieffe.com
Sito Osservatorio Nazionale sul Project Financing, pubblicazioni, AA.VV. (2011), *10 anni di paternariato pubblico privato in Italia. Sintesi*, ultima visita maggio 2014

http://www.iuav.it%2FAteneo1%2Fdocenti%2Farchitettu%2Fdocenti-st%2FAgostino-C%2Fmateriali-%2FPIANIFICAZ%2FSIMULAZIONE-ABC-PASSANTE-MESTRE-3.pdf&ei=zDGLU9aNAcuw7AbfoYDwCQ&usg=AFQjCNE-MVzgOfJFnIJ214joWLpIbisgQw&sig2=BJbYAf7dZ5JLZqyKBt0OgQ
Sito Università IUAV, Prof. Agostino Cappelli, Corso di pianificazione dei trasporti 2012, Materiali didattici, Simulazioni relative al Passante di Mestre, ultima visita maggio 2014

http://www.lestradedellinformazione.it/site/home/servizi-dinformazione/approfondimenti/articolo6289.html
Sito di informazione sulla viabilità, AA. (2011), *Passante di Mestre, furbetti del casello arriva la stangata*, Il Gazzettino, 9 febbraio 2011, edizione online, ultima visita maggio 2014

http://mattinopadova.gelocal.it/cronaca/2014/01/04/news/cav-unica-soluzione-e-l-allungamento-concessione-1.8406737
Sito del quotidiano Il Mattino di Padova, FERRAZZA D. (2014), *Cav: unica soluzione è l'allungamento concessione*, Il Mattino di Padova, 4 gennaio 2014, edizione online, ultima visita maggio 2014

http://mattinopadova.gelocal.it/cronaca/2013/09/29/news/pedaggi-d-oro-il-passante-e-l-autostrada-piu-cara-d-italia-1.7830651
Sito del quotidiano Il Mattino di Padova, FERRAZZA D. (2013), *Pedaggi d'oro: il Passante è l'autostrada più cara d'Italia*, Il Mattino di Padova, 29 settembre 2013, edizione online, ultima visita maggio 2014

http://www.or.unimore.it/corsi/MSP_MSS/TeoriaDecisioni.pdf

DELL'AMICO M. (2009), Teoria delle decisioni, ultima visita marzo 2014

http://www.partenariatopubblicoprivato.it/
Sito dedicato al paternariato pubblico privato, ultima visita aprile 2014

www.postit.anci.it/admin/prodotti/rad7BC08tmp.pdf
Sito del progetto Postit, *Il Paternariato Pubblico Privato. Modelli applicativi: il project financing*, ultima visita maggio 2014

http://www.realoptions.org
Sito della Conferenza internazionale sulle real options, sezione academic papers, BLANK F., BALDYA T., DIAS M. (2009), *Real options in public private partnerships – case of a toll road concession*, ultima visita Maggio 2014

http://www.realoptions.org
Sito della Conferenza internazionale sulle real options, sezione academic papers, HAAHTELA T. (2010), *Recombining trinomial tree for real option valuation with changing volatility*, ultima visita Maggio 2014

www.researchgate.net
Sito di pubblicazioni scientifiche, KAUT M., WALLACE S.W. (2003), *Non-recombining trees for pricing of multi-variate options*, ultima visita maggio 2014

http://sunshine.dma.unive.it/quaderni/rapp16-2003.pdf
Sito del Dipartimento di Matematica Applicata dell'Università Ca' Foscari di Venezia, PIANCA P. (2003), *Metodi e modelli quantitativi per la misurazione della performance dei fondi comuni d'investimento*, Dipartimento di Matematica Applicata, Università Ca' Foscari di Venezia, ultima visita maggio 2014

http://web.tiscali.it/lanzavecchia/pub/17-2001.htm
Sito personale del prof. Lanzavecchia, LANZAVECCHIA A., *L'utilizzo delle opzioni reali per valutare imprese e progetti ad alto rischio*, Università di Parma

http://en.wikipedia.org/wiki/Binomial_options_pricing_model
Enciclopedia online, spiegazione modello binomiale, ultima visita marzo 2014

http://en.wikipedia.org/wiki/Build-Operate-Transfer
Enciclopedia online, tipologie di project financing, ultima visita aprile 2014

http://it.wikipedia.org/wiki/Dominanza_stocastica
Enciclopedia online, definizione dominanza stocastica, ultima visita marzo 2014

http://it.wikipedia.org/wiki/Finanza_di_progetto
Enciclopedia online, definizione di project financing, ultima visita aprile 2014

http://it.wikipedia.org/wiki/Formula_di_Black_e_Scholes
Enciclopedia online, spiegazione formula di Black e Scholes, ultima visita marzo 2014

http://it.wikipedia.org/wiki/Modello_binomiale
Enciclopedia online, spiegazione modello binomiale, ultima visita marzo 2014

http://it.wikipedia.org/wiki/Modello_di_Black-Scholes-Merton
Enciclopedia online, spiegazione modello di Black e Scholes, ultima visita marzo 2014

http://it.wikipedia.org/wiki/Moto_browniano_geometrico
Enciclopedia online, definizione di Moto browniano geometrico, ultima visita marzo 2014

http://it.wikipedia.org/wiki/Opzione_%28finanza%29
Enciclopedia online, definizione opzione, ultima visita marzo 2014

http://territorio.regione.emilia-romagna.it/osservatorio/Project-financing/utilita/fasi-allocazione-dei-rischi.
Sito regione Emilia-Romagna, osservatorio dei contratti pubblici, L'allocazione dei rischi tra pubblico e privato nel project financing.pdf, ultima visita aprile 2014

http://www.utfp.it/
Sito dell'Unità Tecnica Finanza di Progetto, AA.VV. (2012), *Relazione al CIPE sull'attività svolta nel 2012 dall'Unità Tecnica Finanza di Progetto (UTFP)*, ultima visita aprile 2014

https://it.finance.yahoo.com/q/hp?s=ATL.MI
Sito Yahoo Finance, rilevazione quotazioni titolo Atlantia, ultima visita maggio 2014