

POLITECNICO DI MILANO

Facoltà di Ingegneria dei Sistemi

Corso di Laurea in
Ingegneria Gestionale



**L'utilizzo di poche informazioni aggregate e rilevanti nella
simulazione di un progetto**

Relatore: Prof. Caron FRANCO

Tesi di Laurea di:

Gianluca TESTA Matr. 764430

Anno Accademico 2011 - 2012

Ringraziamenti

La prima persona alla quale devo un ringraziamento particolare è il professor Caron, per la grande disponibilità dimostratami in ogni occasione fin dal primo incontro e, certamente, per tutti i suoi preziosi suggerimenti.

E come non ringraziare lo staff di Eni? Spero di averli ripagati con un lavoro all'altezza. Un sincero "grazie" a Bruno Sartorello, al quale dovrei dedicare un monumento, ma per ora mi limito a ringraziarlo per il suo contributo fondamentale e per le impeccabili risposte all'infinità di domande che gli ho posto. Ringrazio Paolo Rossi, per le sue dritte concise ma efficaci, di quelle che ti rimettono subito in carreggiata. Grazie anche agli altri colleghi del Vask, sempre disponibili ad aiutarmi. Ringrazio, inoltre, Alice e Luca per avermi sopportato in ufficio per oltre tre mesi!

Ringrazio tutte le persone che mi sono state vicine in questi anni. Grazie ai compagni, o meglio, amici di università e agli intramontabili amici del 2e70, per le studiate, le chiacchierate, le feste, le grigliate e tutti i momenti passati insieme.

Il più grande e dovuto ringraziamento lo devo ai miei genitori per il sostegno e le possibilità che mi hanno concesso, in particolar modo vorrei ringraziarli per lo sforzo economico per quel semestre di studi negli Stati Uniti che non dimenticherò mai.

Con questa tesi di laurea spero di aver regalato una piccola soddisfazione alle persone che hanno sempre creduto in me e che, finalmente, possono vedere il proprio figlio, nipote o amico diventare "ingegnere".

Grazie!

Indice Generale

SOMMARIO.....	1
SUMMARY.....	31
INTRODUZIONE.....	59
1. STATO DELL'ARTE.....	63
1.1. Le definizioni di rischio, incertezza e rischio complessivo di progetto	63
1.2. L'analisi dei rischi	67
2. IL CONTESTO AZIENDALE	75
2.1. Eni E&P.....	75
2.2. Vask e la gestione del rischio	77
3. UNA PROCEDURA ALL'AVANGUARDIA PER LA QRA	81
4. LA QRA TRADIZIONALE E I SUOI LIMITI.....	91
5. LA FAST-QRA.....	95
5.1. La FastModelQRA	97
5.2. La FastRiskQRA	98
5.3. La VeryFastQRA.....	102
5.4. Misurazione dell'efficacia di una FastQRA	103
6. IL CASO APPLICATIVO.....	109
6.1. La FastModelQRA	110
6.2. La FastRiskQRA	119
6.3. La VeryFastQRA.....	129
CONCLUSIONE.....	135
BIBLIOGRAFIA.....	139

Elenco delle Figure

Sommario

Figura 1	Costo e utilità delle informazioni.....	4
Figura 2	Esempio di reticolo semplificato di un progetto	5
Figura 3	Forme di incertezza.....	6
Figura 4	Valutazione dell'efficacia di una FastQRA	12
Figura 5	Confronto output FastQRA vs QRA tradizionale	12
Figura 6	Valori assunti dall'Indice di Confronto	13
Figura 7	Project A, schedule-FastRiskQRA in funzione dell'incertezza di input	20
Figura 8	Project A, cost-FastRiskQRA in funzione dell'incertezza di input	20
Figura 9	Project B, schedule risk: FastModelQRA, FastRiskQRA, VeryFastQRA vs QRA trad... 24	
Figura 10	Project B, cost risk: FastModelQRA, FastRiskQRA, VeryFastQRA vs QRA trad	25

Summary

Figure 1	Cost and utility of information.....	34
Figure 2	Example of a simplified project schedule	35
Figure 3	Forms of uncertainty.....	36
Figure 4	Evaluation of the effectiveness of the FastQRA	41
Figure 5	Outputs comparison: FastQRA vs traditional QRA.....	42
Figure 6	Values assumed by the Index of Comparison.....	43
Figure 7	Project A, schedule-FastRiskQRA as a function of input uncertainty	49
Figure 8	Project A, cost-FastRiskQRA as a function of input uncertainty	49
Figure 9	Project B, schedule risk: FastModelQRA, FastRiskQRA, VeryFastQRA vs Trad. QRA 53	
Figure 10	Project B, cost risk: FastModelQRA, FastRiskQRA, VeryFastQRA vs Trad. QRA	53

Tesi

Figura 1.1	Legame tra rischio e incertezza.....	66
Figura 1.2	Matrice Probabilità/Impatto	71
Figura 1.3	Funzionamento della simulazione Monte Carlo	73
Figura 2.1	Ciclo operativo del settore E&P (www.eni.com)	75

Figura 2.2	La gestione dei rischi nel ciclo di vita di un progetto	78
Figura 3.1	Procedura all'avanguardia per la QRA	82
Figura 3.2	Esempio di reticolo CPM per la QRA di un progetto	83
Figura 3.3	Esempio di distribuzioni di probabilità della durata e del costo di un progetto	88
Figura 3.4	Esempio di report dell'analisi di sensitività	89
Figura 4.1	Fase di front-end nel ciclo di vita di un progetto	93
Figura 5.1	Costo e utilità delle informazioni	95
Figura 5.2	Forme di incertezza	99
Figura 5.3	Raccolta dati probabilistici in una FastRiskQRA: step 1	99
Figura 5.4	Ordine di priorità dei rischi a partire dalla matrice Probabilità/Impatto	100
Figura 5.5	Raccolta dati probabilistici in una FastRiskQRA: step 2	100
Figura 5.6	Raccolta dati probabilistici in una FastRiskQRA: step 3	101
Figura 5.7	Raccolta dati probabilistici in una FastRiskQRA: step 4	102
Figura 5.8	Valutazione dell'efficacia di una FastQRA	104
Figura 5.9	Confronto output FastQRA vs QRA tradizionale	104
Figura 5.10	Valori assunti dall'Indice di Confronto	105
Figura 6.1	Reticolo semplificato di Project B	111
Figura 6.2	Project B, schedule risk: FasModelQRA vs QRA tradizionale	116
Figura 6.3	Project B, cost risk: FastModelQRA vs QRA tradizionale	116
Figura 6.4	FastRiskQRA(X,Y,W,Z) vs QRA tradizionale	119
Figura 6.5	Project A, IC = FastRiskQRA(X,Y)	122
Figura 6.6	Project A, IC = FastRiskQRA(W,Z)	123
Figura 6.7	Project A, schedule risk: FasRiskQRA vs QRA tradizionale	125
Figura 6.8	Project A, cost risk: FastRiskQRA vs QRA tradizionale	125
Figura 6.9	Project A, schedule risk: FasRiskQRA vs QRA tradizionale	127
Figura 6.10	Project A, cost risk: FastRiskQRA vs QRA tradizionale	127
Figura 6.11	Fase di raccolta dei dati probabilistici in una FastRiskQRA	130
Figura 6.12	Project B, schedule risk: VeryFastQRA vs FastModelQRA vs QRA tradizionale	131
Figura 6.13	Project B, cost risk: VeryFastQRA vs FasModelQRA vs QRA tradizionale	131
Figura 6.14	Project B, schedule risk: FastModelQRA, FastRiskQRA, VeryFastQRA vs Trad	132
Figura 6.15	Project B, cost risk: FastModelQRA, FastRiskQRA, VeryFastQRA vs Trad	133

Elenco delle Tabelle

Sommario

Tabella 1	Esempio di elenco semplificato delle voci di costo	6
Tabella 2	Esempio di quantificazione di un rischio	7
Tabella 3	Esempio di quantificazione di incertezze di stima	7
Tabella 4	Caratteristiche base di Project A e Project B	15
Tabella 5	Project B: FastModelQRA vs QRA tradizionale, sintesi dei risultati	17
Tabella 6	Project A: FastRiskQRA vs QRA tradizionale, sintesi dei risultati	19
Tabella 7	Quantità di rischi e incertezze di stima da considerare nella FastRiskQRA	21
Tabella 8	Project B: FastRiskQRA vs QRA tradizionale, sintesi dei risultati	22
Tabella 9	Project B: VeryFastQRA vs QRA tradizionale, sintesi dei risultati	24
Tabella 10	Project B: FastModelQRA, FastRiskQRA, VeryFastQRA vs QRA tradizionale	25
Tabella 11	Vantaggi e svantaggi della FastQRA proposta	28

Summary

Table 1	Example of a simplified list of cost items	36
Table 2	Example: quantification of risks	37
Table 3	Example: quantification of uncertainties on estimates	37
Table 4	Basic features of Project A and Project B	44
Table 5	Project B: FastModelQRA vs Traditional QRA, summary of results	46
Table 6	Project A: FastRiskQRA vs Traditional QRA, summary of results	48
Table 7	Amount of risks and uncertainties on estimates to consider in the FastRiskQRA	50
Table 8	Project B: FastRiskQRA vs Traditional QRA, summary of results	50
Table 9	Project B: VeryFastQRA vs Traditional QRA, summary of results	52
Table 10	Project B: FastModelQRA, FastRiskQRA, VeryFastQRA vs Traditional QRA	54
Table 11	Advantages and disadvantages of the FastQRA proposed	57

Tesi

Tabella 1.1	Differenze tra analisi qualitativa e quantitativa	68
Tabella 1.2	Elenco di tecniche di analisi dei rischi	69
Tabella 3.1	Esempio di elenco delle voci di costo	84
Tabella 3.2	Esempio di quantificazione di un rischio	85
Tabella 3.3	Esempio di quantificazione di incertezze di stima	86
Tabella 6.1	Caratteristiche base di Project A e Project B	109
Tabella 6.2	FastModelQRA (Project B): attività riassuntive e milestones fondamentali	110
Tabella 6.3	Elenco semplificato delle voci di costo per Project B	112
Tabella 6.4	FastModelQRA (Project B): quantità di elementi e di dati probabilistici	114
Tabella 6.5	Project B: FastModelQRA vs QRA tradizionale, sintesi dei risultati	117
Tabella 6.6	Project A: FastRiskQRA(X,Y)	121
Tabella 6.7	Project A: FastRiskQRA(W,Z)	121
Tabella 6.8	Quantità di incertezze di input nella FastRiskQRA	124
Tabella 6.9	Project A: FastRiskQRA vs QRA tradizionale, sintesi dei risultati	126
Tabella 6.10	Project B: FastRiskQRA vs QRA tradizionale, sintesi dei risultati	128
Tabella 6.11	VeryFastQRA (Project B): rischi selezionati e quantificati	130
Tabella 6.12	Project B: VeryFastQRA vs QRA tradizionale, sintesi dei risultati	132
Tabella 6.13	Project B: FastModelQRA, FastRiskQRA, VeryFastQRA vs QRA tradizionale ..	133
Tabella C.1	Vantaggi e svantaggi della FastQRA proposta	137

SOMMARIO

Scopo

Nel mondo Exploration & Production (E&P) del settore Oil & Gas sta assumendo sempre più importanza l'analisi quantitativa dei rischi (*QRA – Quantitative Risk Analysis*) condotta con tecnica di *simulazione Monte Carlo*, per quei grandi progetti di ingegneria finalizzati alla messa in produzione di giacimenti petroliferi o di gas naturale.

La QRA permette una valutazione quantitativa del *rischio complessivo di progetto (overall project risk)*, definito come l'esposizione degli stakeholders alle conseguenze di variazioni nel risultato del progetto (APM, 2004; Hillson & Simon, 2007; PMI, 2009). Il concetto di rischio complessivo di progetto nasce dall'idea che non è sufficiente elencare e “sommare” tutti i rischi (eventi individuali) che interessano un progetto per valutarne la rischiosità complessiva, ma risulta necessario considerare l'effetto combinato dei rischi individuali e di altre sorgenti di incertezza sugli obiettivi del progetto stesso (Hillson & Simon, 2007). In linea teorica, per definire quanto un progetto sia rischioso nel suo complesso, si dovrebbe tenere conto dell'incertezza legata a tutti i possibili obiettivi, come tempi, costi, ritorno economico, scopo, qualità, impatto sociale, ambientale, strategico e reputazionale. In realtà, quando si parla di rischio complessivo di progetto, si fa riferimento all'effetto congiunto dell'incertezza su pochi obiettivi d'interesse, lasciando la valutazione dell'effetto sugli altri obiettivi ad una trattazione a livello di rischio individuale (i.e. ogni singolo rischio impatta in un certo modo sugli obiettivi). In questo lavoro di tesi si trattano progetti per cui risulta particolarmente importante valutare il rischio complessivo di progetto con riferimento agli obiettivi di tempo (*project schedule risk*) e di costo (*project cost risk*), ossia in termini di variabilità della durata e del costo totale del progetto. Si vuole verificare che sono sufficienti poche informazioni aggregate e rilevanti per eseguire una QRA che consenta di stimare in modo esauriente tale variabilità, la cui comprensione è importante per prendere decisioni su come limitare o evitare il rischio di overrun della durata e del costo totale del progetto: intraprendendo le opportune azioni di

mitigazione dei rischi individuali, includendo una riserva di contingency al budget totale del progetto¹ o, nel peggiore dei casi, non approvando il progetto.

Lo strumento d'eccellenza per effettuare una QRA che consenta di determinare ed analizzare il "project schedule risk" e il "project cost risk" è la *simulazione Monte Carlo*, internazionalmente riconosciuta come best practice nel Project Risk Management, tanto è vero che i due termini (QRA e simulazione Monte Carlo) vengono utilizzati di frequente come sinonimi. Un approccio comune è quello di condurre due analisi separate sui tempi e sui costi del progetto, ma questo non permette di tenere conto delle forti interdipendenze esistenti (e.g. se un'attività dura di più costa di più). Un approccio più innovativo consiste nell'integrazione dei due aspetti in un unico modello, per modellizzare le interdipendenze tra tempi e costi e riprodurre più verosimilmente una situazione reale (Hulett, 2011). E' bene premettere che in questo lavoro di tesi ci si serve dell'approccio integrato.

A partire da un modello di tempi e costi del progetto, la simulazione Monte Carlo riconosce gli elementi incerti (variabili aleatorie) descritti da una particolare distribuzione di probabilità specificata dal Risk Analyst. Monte Carlo riproduce il progetto molteplici volte, creando anche migliaia di progetti che potrebbero rappresentare quello reale. Per ciascuna iterazione e per ciascuna variabile aleatoria Monte Carlo seleziona casualmente un possibile valore e per ogni iterazione calcola la durata e il costo totale del progetto sommando questi valori secondo la logica dettata dal modello. L'insieme delle iterazioni effettuate consente l'elaborazione dei due output principali della simulazione Monte Carlo: la distribuzione di probabilità della durata e del costo del progetto e un'analisi di sensitività che consente di determinare quali sono le cause principali che originano tale variabilità. La simulazione Monte Carlo viene spesso preferita ad altre tecniche di analisi quantitativa (PERT, Alberi degli Eventi, ecc.) perché offre un grado di realismo decisamente superiore e consente di rispondere con buona attendibilità a domande del tipo:

- ✓ Con che probabilità il progetto finirà entro una certa data o un determinato costo?
- ✓ Quali sono i singoli rischi e le singole attività che più incidono sulla variabilità della durata e del costo totale del progetto, per i quali si possono rendere necessarie azioni di mitigazione?

¹ Budget totale del progetto (Total project budget) = Costo di baseline (Baseline cost) + Riserva di contingency (Contingency reserve) (PMI, 2008).

- ✓ Qual è il livello della riserva di contingency da aggiungere al costo di baseline per rendere accettabile il rischio di superamento del budget totale del progetto?

Sembra fuori discussione che la QRA in termini di simulazione Monte Carlo possa rappresentare uno strumento molto utile per il Project Risk Management. Questo strumento può assumere particolare importanza nella fase di *front-end* del progetto, quando si tratta di decidere se finanziare o meno il progetto e, in caso affermativo, di determinare il budget totale che gli deve essere riservato. D'altra parte resta il fatto che la QRA² possiede anche due grandi punti di debolezza:

- 1) **Scarsa economicità:** la QRA richiede uno sforzo non indifferente per essere realizzata e riaggiornata, pertanto alcuni autori consigliano di riservarla ai soli progetti di maggiori dimensioni o ad alto rischio, per i quali l'investimento in questa tecnica può essere giustificato (Hillson & Simon, 2007). Si stima che la realizzazione ex novo di una QRA per un grande progetto di ingegneria (100.000.000 di dollari o superiore) impieghi dall'uno ai due mesi. Il 70% di questo tempo è dedicato alla costruzione del modello di simulazione e il 30% alla raccolta di informazioni probabilistiche da inserire nel modello. L'eventuale aggiornamento della QRA, invece, dura circa due settimane.
- 2) **Difficile realizzazione con informazione limitata:** Williams et al. (2009) sottolineano che nella fase di front-end di un progetto, quando l'incertezza è molto elevata, risulta difficoltoso e talvolta impraticabile reperire informazioni di dettaglio. Questo rappresenta una debolezza per la QRA, poiché tradizionalmente richiede un modello costituito da molti elementi di dettaglio (attività e voci di costo), con associate informazioni probabilistiche anch'esse di dettaglio.

La figura 1, tratta da Williams et al. (2009) e riadattata per questa tesi, mostra che il costo (o sforzo) per raccogliere le informazioni cresce progressivamente all'aumentare delle informazioni raccolte e del loro livello di dettaglio; l'utilità delle informazioni aggiuntive, invece, tende a decrescere. Di conseguenza, esiste un limite alla quantità d'informazioni e al loro livello di dettaglio che rappresenta la soluzione ottimale per prendere una certa decisione o per condurre una determinata analisi (in questo caso la QRA).

² Da qui in avanti nel sommario, salvo diversa specificazione, con "QRA" si intende sempre una Quantitative Risk Analysis in termini di simulazione Monte Carlo.

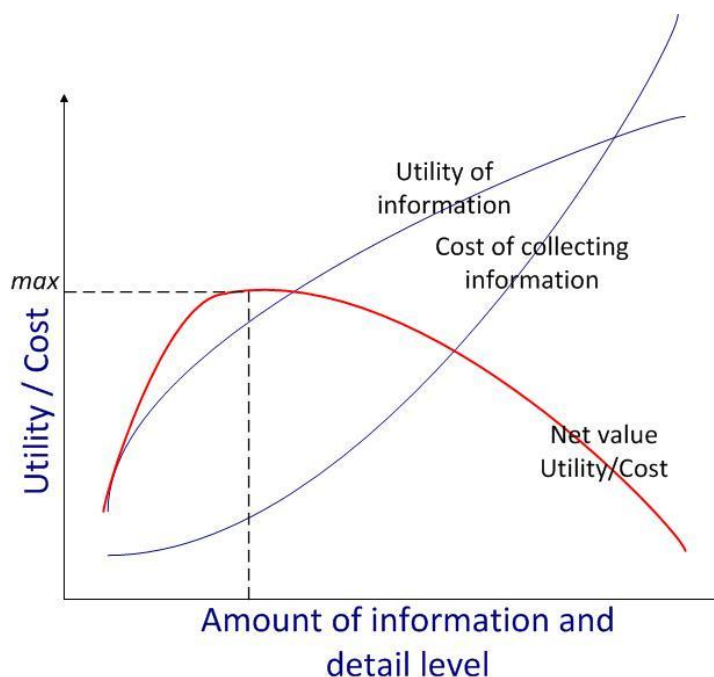


Figura 1 Costo e utilità delle informazioni

Lo scopo che si propone questa tesi di laurea è di verificare che l'utilizzo di poche informazioni aggregate e rilevanti è adatto per condurre una QRA, poiché consentirebbe di contrastarne i punti di debolezza sovraesposti, rendendo la QRA più semplice, economica e applicabile anche in fase preliminare di un progetto, quando le informazioni di dettaglio non si conoscono o sono difficilmente reperibili.

Per raggiungere questo scopo si è fatto uso di due leve: *la costruzione di un modello semplificato del progetto* da cui partire per realizzare la QRA e *la riduzione dei dati probabilistici* da raccogliere e inserire nel modello. Nel primo caso si tratta di utilizzare *poche informazioni aggregate*, nel secondo caso si tratta di utilizzare *poche informazioni rilevanti*, non necessariamente aggregate. Si osserva che sia la costruzione del modello semplificato del progetto, sia la riduzione dei dati probabilistici, non possono derivare dalla rielaborazione (ex post) di un'analisi di dettaglio già portata a termine. In questo elaborato, benché le QRA di dettaglio dei progetti considerati fossero già disponibili, si è agito come se queste non esistessero. Come si vedrà in seguito, le QRA di dettaglio (denominate "QRA tradizionali") saranno utilizzate unicamente come riferimento per valutare i risultati delle loro versioni semplificate (denominate "FastQRA").

La costruzione di un modello semplificato del progetto in un approccio integrato d'analisi tempi-costi comprende la costruzione di un *reticolo semplificato del progetto* e l'elaborazione di un *elenco semplificato delle voci di costo* da associare alle attività del reticolo. La costruzione del reticolo semplificato del progetto (figura 2) consiste nella creazione di un reticolo CPM (Critical Path Method) costruito ad hoc per la QRA, attraverso il quale è possibile determinare immediatamente la durata deterministica prevista del progetto.

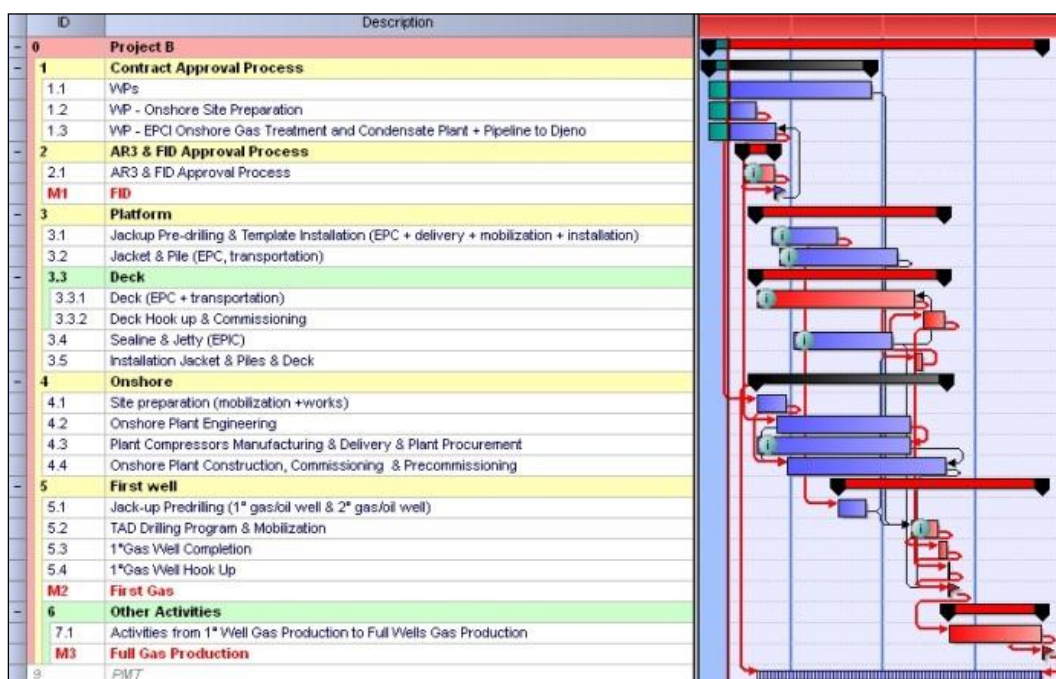


Figura 2 Esempio di reticolo semplificato di un progetto

L'elaborazione dell'elenco semplificato delle voci di costo (tabella 1) consiste nella scelta di poche voci aggregate di diverso tipo che, se sommate, forniscono la stima deterministica del costo totale del progetto. Una singola voce di costo può riferirsi al "costo di un'attività", ottenuto dall'integrazione della WBS (Work Breakdown Structure) con la CBS (Cost Breakdown Structure), oppure a una "categoria di costo", tratta direttamente dalla CBS. A loro volta queste due tipologie di voci di costo possono essere "time dependent" se rappresentano costi espressi nell'unità di tempo che, nel momento in cui sono associati ad un'attività, vengono moltiplicati per la relativa durata, oppure "time independent" (o "lump sum") se riguardano costi fissi, che non dipendono dalla durata dell'attività a cui vengono associati.

Tabella 1 Esempio di elenco semplificato delle voci di costo

Descrizione	Tipologia 1	Tipologia 2	Attività associate
Onshore plant engineering	Costo d'attività	Time independent	Onshore plant engineering
Taxes	Categoria di costo	Time independent	No specific activity
PMT (Project Management Team)	Categoria di costo	Time dependent	From onshore activities to full production
...

È evidente che la semplificazione del modello del progetto consente un'automatica riduzione considerevole dei dati probabilistici da raccogliere e inserire nel modello in una fase successiva, dal momento che le incertezze dovranno essere associate a pochi dati aggregati (tempi e costi aggregati). Il fatto di effettuare stime direttamente su dati aggregati risulta vantaggioso se le stime su dati di dettaglio non sono sufficientemente affidabili (Aigner & Goldfeld, 1974), il che succede prevalentemente nella fase preliminare del progetto.

La riduzione dei dati probabilistici consiste in un'applicazione del principio di Pareto, conosciuto anche come regola dell'80/20, in base al quale viene quantificata in termini probabilistici soltanto quella parte di incertezza che può avere una sostanziale influenza sugli obiettivi del progetto, trascurando la parte restante. L'*incertezza* che conta, nel suo significato letterale di "mancanza di certezza", si può manifestare sia sotto forma di *rischio* (evento o condizione incerta), sia sotto forma di *incertezza di stima dei parametri* (variabilità della stima di tempi e costi) (figura 3).

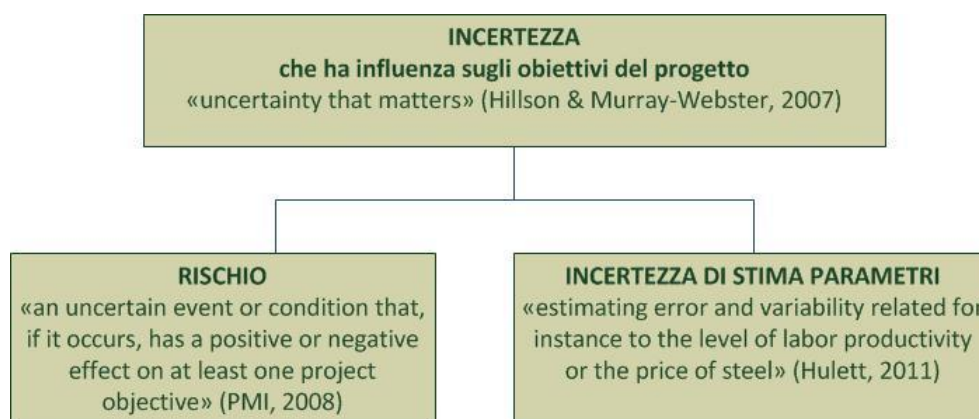


Figura 3 Forme di incertezza

Ai fini della QRA è opportuno quantificare l'incertezza in termini di "rischi" laddove possibile (tabella 2) e quantificare l'incertezza in termini di "incertezze di stima" quando non è possibile mettere a fuoco la miriade di circostanze sottostanti e, pertanto, si sposta l'attenzione sul loro effetto complessivo (l'incertezza di stima dei parametri) (tabella 3). Con la riduzione dei dati probabilistici si vuole evitare di quantificare i rischi e le incertezze di stima che hanno poca influenza, o che addirittura non ne hanno, sugli obiettivi del progetto.

Tabella 2 Esempio di quantificazione di un rischio

Descrizione del rischio	Probabilità di accadimento	Attività su cui impatta	Distribuzione di probabilità sulla durata (e.g. distrib. triangolare)	Distribuzione di probabilità sul costo (e.g. distrib. triangolare)
Bad meteo conditions during the site preparation	50%	Site Preparation Mobilization	Min = 20 d ML = 30 d Max = 60 d	NO
		Site Preparation Works	Min = 10 d ML = 20 d Max = 30 d	Min = 1.000 \$ ML = 2.000 \$ Max = 3.500 \$
		Civil Works & Structures	Min = 10 d ML = 20 d Max = 30 d	NO

Tabella 3 Esempio di quantificazione di incertezze di stima

Descrizione	Tipologia parametro	Distribuzione	% rispetto alla stima base deterministica
Site Preparation Mobilization	Durata	Beta	MIN = 90% ML = 100% MAX = 120%
PMT (Project Management Team)	Costo	Triangolare	MIN = 80% ML = 100% MAX = 110%

Una quantificazione dei rischi come quella in tabella 2 può consentire di correlare la durata o il costo di diverse attività in modo indiretto, senza ricorrere all'uso di coefficienti di correlazione difficilmente determinabili: la correlazione si instaura dal momento che uno stesso rischio, quando accade, impatta su due o più attività. Talvolta le diverse attività non hanno un rischio in comune, ma possono essere comunque correlate per altre ragioni, per esempio perché fanno uso della stessa

manodopera (una bassa produttività della manodopera comporta un aumento della durata/costo di tutte le attività che ne fanno uso), oppure perché a seconda dell'andamento di un'attività cambiano le durate e i costi di altre attività (e.g. se durante la progettazione di un impianto si rivela necessaria una quantità di acciaio superiore alla stima deterministica, succede che anche i costi di approvvigionamento, i costi di trasporto, il tempo di costruzione dell'impianto e i costi di manodopera eccederanno i valori puntuali previsti). In questi casi è necessario quantificare le correlazioni in modo diretto (si parla di *correlazioni dirette*), cioè attraverso l'uso di coefficienti di correlazione tra durate incerte e/o costi incerti, sebbene la scelta di un valore adatto per il coefficiente di correlazione sia un compito assai arduo. Indipendentemente da come avvenga la modellizzazione delle correlazioni, è importante far notare che l'effetto finale delle correlazioni è di amplificare in maniera anche rilevante la variabilità della durata e del costo totale del progetto, per questa ragione occorre tenerne conto.

Metodologia

Il piano di lavoro si è suddiviso in tre fasi, corrispondenti a tre livelli di semplificazione:

- Nella prima fase si è intervenuti spingendo al limite la semplificazione del modello del progetto, costruito prendendo in considerazione attività aggregate (macro-attività) e costi aggregati (macro-costi). Questo processo di aggregazione, oltre a consentire un minore sforzo nella costruzione del modello, permette anche una riduzione complessiva dei parametri del progetto, con la conseguente riduzione dei dati probabilistici da raccogliere ad essi associabili. In questo caso si otterrebbe un particolare vantaggio in termini di accuratezza dell'analisi qualora le stime su dati aggregati fossero più accurate rispetto ad aggregati di stime di dettaglio. La QRA realizzata semplificando il modello del progetto è stata denominata "*FastModelQRA*".
- Nella seconda fase del lavoro ci si è occupati della riduzione dei dati probabilistici senza semplificare il modello del progetto: è stata ideata una procedura che permette di prendere in considerazione soltanto i rischi, le incertezze di stima e le correlazioni più rilevanti. In questo caso la raccolta delle informazioni probabilistiche si concentrerebbe su pochi dati di dettaglio rilevanti, trascurando i meno importanti. La QRA realizzata seguendo tale procedura è stata denominata "*FastRiskQRA*".

- Nella terza fase si sono applicate contemporaneamente la FastModelQRA (semplificando il modello del progetto) e la FastRiskQRA (riducendo ancora di più il numero di dati probabilistici). Il risultato è stato un'ulteriore semplificazione della QRA, che si basa sull'uso di poche informazioni aggregate e rilevanti. A questo livello la QRA è stata denominata “*VeryFastQRA*”.

La FastModelQRA è una QRA che prevede un *modello semplificato del progetto* composto da poche attività aggregate e poche voci di costo aggregate. Per il resto la FastModelQRA si esegue allo stesso modo di una QRA tradizionale, con la differenza che i dati probabilistici si riferiscono a durate e costi più aggregati.

Riguardo alla costruzione del *reticolo semplificato del progetto* occorre selezionare le attività da inserire nel reticolo e definirne i collegamenti logici. Le attività inserite nel modello sono prevalentemente macro-attività, cioè aggregati di attività più dettagliate. La scelta di aggregazione delle attività deve essere funzionale alla determinazione del rischio complessivo del progetto, per questa ragione il consiglio è quello di partire dal più alto livello della WBS, selezionando le principali “attività-summary” e poi, se necessario, scomporle in modo da garantire il mantenimento della logica del reticolo e in modo da evidenziare le attività critiche perché affette da incertezze particolarmente rilevanti.

Invece, per quanto riguarda il fronte costi, l'elaborazione *dell'elenco semplificato delle voci di costo* avviene distribuendo l'intero budget del progetto tra le macro-attività, sotto forma di costi fissi (time independent) o di costi nell'unità di tempo (time dependent). Anche in questo caso si tratta prevalentemente di macro-costi, cioè di costi aggregati. Ancora una volta è buona scelta lasciare disaggregati i costi tipicamente affetti da incertezze molto influenti sul rischio di superamento del budget.

Una volta completato il modello semplificato del progetto si raccolgono ed inseriscono nel modello le informazioni quantitative sulle incertezze del progetto, proseguendo con l'esecuzione della simulazione come in una QRA tradizionale.

La FastRiskQRA è una QRA tradizionale (cioè senza la semplificazione del modello del progetto) con una procedura aggiuntiva in fase di raccolta dei dati probabilistici. Tale procedura è articolata in quattro semplici step (riportati in seguito) e permette di selezionare e quantificare soltanto i rischi, le incertezze di stima e le correlazioni più rilevanti:

- **Step 1:** *selezione e quantificazione dei rischi più rilevanti.*

Partendo dall'ordine di priorità stabilito dall'analisi qualitativa dei rischi (e.g. utilizzando la matrice Probabilità-Impatto) si selezionano e si quantificano solo i rischi più rilevanti. Questo modo di procedere non richiede un ulteriore sforzo, dal momento che l'analisi qualitativa è solitamente disponibile al momento di una QRA. Inoltre, l'analisi qualitativa fornisce un ordine di priorità dei rischi sufficientemente robusto, che in linea di massima si mantiene anche osservando i risultati forniti dall'analisi di sensitività della QRA.

- **Step 2:** *selezione e quantificazione delle incertezze di stima di durata più rilevanti.*

Con lo step 2 vengono “perturbate” le stime puntuali delle durate di tutte le attività del modello assegnando loro una stessa distribuzione triangolare, determinata da minimo, moda e massimo espressi in termini percentuali rispetto alla relativa stima base deterministica (e.g. min = 90%, moda = 100%, max = 120% per tutte le durate delle attività). Così facendo si viene a creare un modello provvisorio compreso delle incertezze di stima inserite e dei rischi individuali selezionati allo step 1. A partire da tale modello (provvisorio) si esegue la simulazione³. Da un'analisi di sensitività si possono ricavare i coefficienti di correlazione tra la durata di ciascuna attività e la durata dell'intero progetto, oppure un indicatore che tiene conto del numero di iterazioni nelle quali ciascuna attività è capitata sul cammino critico. Le attività con coefficiente di correlazione più alto (o quelle che sono capitate più volte sul cammino critico) sono quelle più importanti che, se realmente incerte, potrebbero determinare maggiormente lo slittamento della fine del progetto. Con riferimento a queste attività occorre quantificare le effettive incertezze di stima di durata in termini di distribuzioni di probabilità, per esempio chiedendole ad esperti, e inserirle nel modello originale. Anche questa procedura è piuttosto robusta, poiché consente di selezionare non soltanto le attività che stanno sul cammino critico nel modello risk-free, ma anche quelle che possono facilmente diventare critiche in una situazione reale.

³ Poche iterazioni necessarie per questo passaggio (e.g. 1000 iterazioni).

- **Step 3:** *selezione e quantificazione delle incertezze di stima di costo più rilevanti.*

Lo step 3 prevede un ranking delle voci di costo che sono state associate alle attività del reticolo del progetto, dalla più incerta alla meno incerta (in termini assoluti). La quantificazione avviene solo per le incertezze di stima delle voci che occupano i primi posti della classifica. La definizione dell'ordine di priorità richiederebbe una buona dose di esperienza e un registro di dati storici. Una via alternativa, efficace solo in alcuni casi particolari, è quella di assumere che le incertezze di stima di costo sono pressappoco le stesse in termini di variazione percentuale rispetto alla stima base deterministica e, perciò, quantificare le incertezze di stima associate ai soli costi più elevati.

- **Step 4:** *selezione e quantificazione delle correlazioni più rilevanti.*

Con lo step 4 si quantificano e si inseriscono nel modello le correlazioni dirette (in termini di coefficiente di correlazione) che interessano soltanto le durate incerte e i costi incerti inseriti nel modello con gli step precedenti.

La *VeryFastQRA* è una QRA caratterizzata da un modello semplificato del progetto come previsto dalla *FastModelQRA*, ma a differenza della *FastModelQRA* include tutta o parte della procedura a quattro step per selezionare e quantificare soltanto i rischi, le incertezze di stima e le correlazioni più rilevanti.

Per verificare l'efficacia di una "**FastQRA**", sia essa *FastRiskQRA*, *FastModelQRA* o *VeryFastQRA*, si è confrontato il suo output (distribuzioni di probabilità della durata e del costo del progetto) con quello della "QRA tradizionale" dello stesso progetto, cioè svolta senza le semplificazioni proposte (figura 4). Assumendo che la QRA tradizionale sia stata condotta nel modo più accurato possibile, più l'output della *FastQRA* corrisponde a quello della QRA tradizionale, più la *FastQRA* si può considerare una soluzione alternativa efficace oltre che conveniente. Si osserva che sebbene la QRA tradizionale di riferimento sia sempre stata a disposizione, per rendere più realistica la situazione, non si è mai fatto uso dei suoi risultati per realizzare una *FastQRA*, cioè si è agito come se sul progetto non fosse ancora stata fatta alcuna analisi quantitativa.

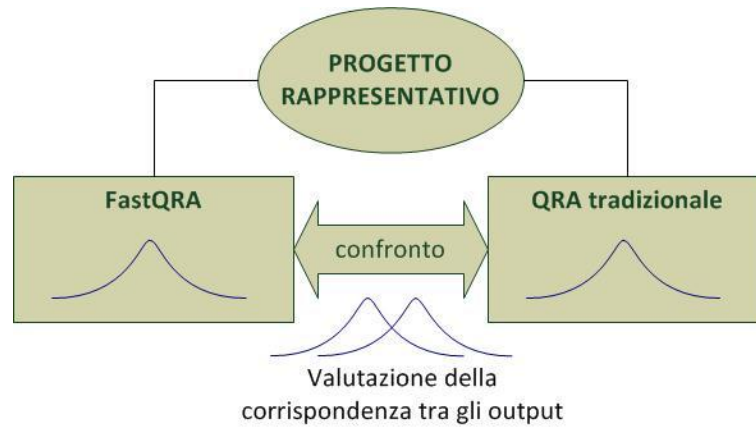


Figura 4 Valutazione dell'efficacia di una FastQRA

Il confronto tra i risultati (distribuzioni di probabilità della durata e del costo del progetto) di una FastQRA rispetto a quelli di una QRA tradizionale è avvenuto osservando gli scostamenti dei tre quantili di ordine 0,1 (P10), 0,5 (P50) e 0,9 (P90) e la variazione della probabilità di completamento del progetto entro i termini puntuali pianificati (figura 5). $\Delta P10$ ($P10_{QRAtrad} - P10_{FastQRA}$), $\Delta P50$ ($P50_{QRAtrad} - P50_{FastQRA}$), $\Delta P90$ ($P90_{QRAtrad} - P90_{FastQRA}$) rappresentano gli scostamenti dei tre quantili rappresentativi, *det* è la stima deterministica risk-free e $\Delta Prob(det)$ ($Prob(det)_{QRAtrad} - Prob(det)_{FastQRA}$) rappresenta la variazione della probabilità di completamento del progetto entro il valore *det*.

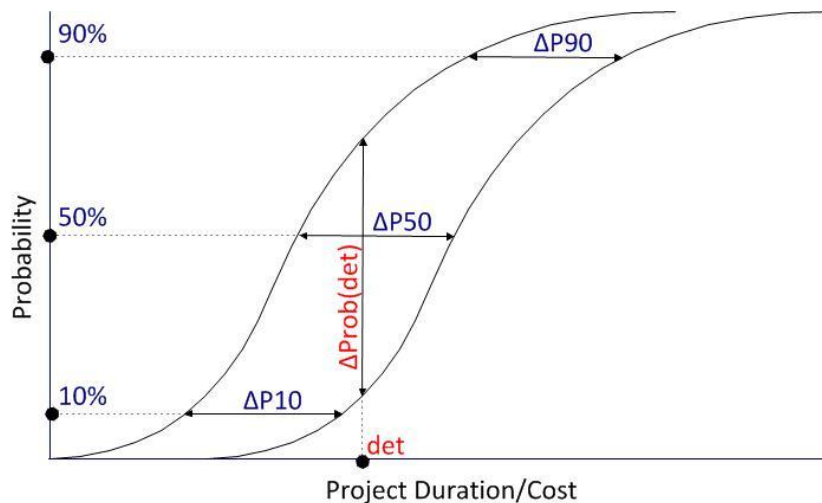


Figura 5 Confronto output FastQRA vs QRA tradizionale

Per approfondire e sintetizzare tale confronto è stato ideato un indicatore, denominato **Indice di Confronto (IC)**, definito come nell'equazione (1):

$$IC = \frac{Media_{FastQRA} + Devstd_{FastQRA} - Det}{Media_{QRAtrad} + Devstd_{QRAtrad} - Det} \quad (1)$$

Dove:

- ✓ $Media_{FastQRA}$ e $Devstd_{FastQRA}$ sono rispettivamente la Media e la Deviazione Standard campionarie della durata/costo del progetto nell'output della FastQRA;
- ✓ $Media_{QRAtrad}$ e $Devstd_{QRAtrad}$ sono rispettivamente la Media e la Deviazione Standard campionarie della durata o del costo del progetto nell'output della QRA tradizionale;
- ✓ Det è la stima deterministica risk-free della durata/costo del progetto.

L'Indice di Confronto, sotto l'assunzione che le incertezze negative surclassano quelle positive, assume il valore 0% nel "caso deterministico" (assenza di incertezza) e 100% in una QRA tradizionale; più l'output di una FastQRA si avvicina a quello di una QRA tradizionale, più il valore dell'Indice di Confronto si avvicinerà al 100% (figura 6). Per esempio, $IC = 80\%$ concettualmente significa che la FastQRA in esame descrive l'80% dell'incertezza descritta da una QRA tradizionale.

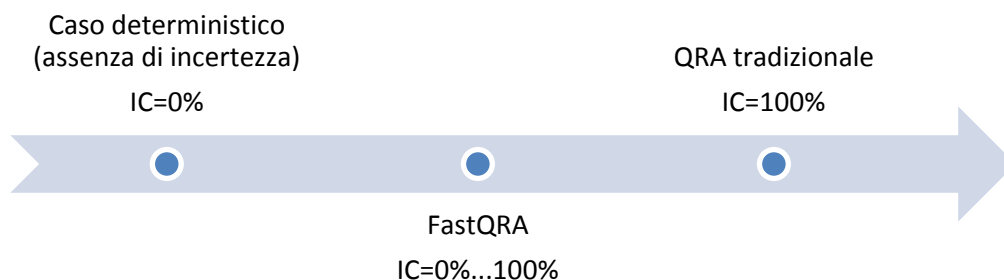


Figura 6 Valori assunti dall'Indice di Confronto

Si osserva che l'Indice di Confronto può essere riscritto come nell'equazione (2):

$$IC = \frac{PXX_{FastQRA} - Det}{PXX_{QRAtrad} - Det} \quad (2)$$

Dove:

- ✓ $PXX_{FastQRA}$ indica un quantile prossimo al P85 della durata/costo del progetto nell'output della FastQRA;
- ✓ $PXX_{QRAtrad}$ indica un quantile prossimo al P85 della durata/costo del progetto nell'output della QRA tradizionale.

PXX è tanto più prossimo al P85, quanto più la distribuzione di probabilità della durata/costo del progetto è prossima a una distribuzione normale.

L'Indice di Confronto ritornerà particolarmente utile in seguito per rappresentare graficamente gli effetti di variazioni della quantità di rischi e incertezze di stima di input sui risultati di una QRA (si vedano figure 7 e 8 a pagina 20).

Campo di applicazione

Lo spunto per la stesura di questa tesi di laurea deriva da un'esperienza presso Eni E&P (Exploration & Production), pertanto, i progetti oggetto dell'analisi sono quei grandi progetti di ingegneria per la messa in produzione di giacimenti petroliferi o di gas naturale. Tuttavia, si è convinti che molte delle considerazioni presenti all'interno di questo elaborato siano estendibili anche ad altre realtà aziendali, poiché il contributo è prettamente di carattere procedurale più che contenutistico.

La tabella 4 riporta le caratteristiche principali dei due progetti rappresentativi presi in considerazione per questo elaborato (Project A e Project B). Project A è un progetto per la messa in produzione di gas in un giacimento offshore collocato a circa 50 km dalla costa e a circa 70 m di profondità. Project B è anch'esso un progetto offshore finalizzato alla messa in produzione di un giacimento ad alto potenziale di gas e condensati situato a 20 km dalla costa in acque profonde da 30 a 60 m. Mentre Project A è in fase di esecuzione (circa al 50% dell'opera), Project B non è ancora stato approvato, si trova, cioè, ancora nella fase di front-end, quando l'incertezza associata al progetto è ancora a livelli molto elevati e le informazioni di dettaglio potrebbero essere difficilmente reperibili.

La FastModelQRA è stata realizzata su Project B. La FastRiskQRA è stata esplorata su Project A (Project B non era al momento disponibile) e verificata in seguito su Project B. La VeryFastQRA è stata realizzata direttamente su Project B.

Tabella 4 Caratteristiche base di Project A e Project B

	Project A	Project B
<i>Phase</i>	Execution	FID (Final Investment Decision)
<i>Total base cost</i>	300 MUSD	750 MUSD
<i>Actual cost / Total base cost</i>	42%	0%
<i>Remaining cost / Total base cost</i>	58%	100%
<i>Total base duration</i>	700 d	950 d
<i>Actual duration / Total base duration</i>	47%	0%
<i>Remaining duration / Total base duration</i>	53%	100%

Nella realtà in cui si è operato la QRA di riferimento (*QRA tradizionale*) viene eseguita con il software Primavera Risk Analysis di Oracle e attualmente è riservata ai progetti di dimensione superiore a circa 300 MUSD. Comincia con la costruzione di un modello (costruito ad hoc per eseguire la QRA) costituito da un reticolo composto da 100-200 attività con associate 40-90 voci di costo. Relativamente a questo modello vengono quantificate ed inserite le informazioni probabilistiche su 10-20 rischi⁴, 40-90 incertezze di stima di durate e 30-80 incertezze di stima di voci di costo.

La QRA tradizionale di riferimento rappresenta un approccio all'avanguardia, che consente:

- ✓ Un *approccio integrato d'analisi tempi-costi* per valutare simultaneamente il rischio di overrun della durata e del costo del progetto. E' più realistico, infatti, valutare il rischio di superamento del budget combinando costi e tempi in un unico modello poiché tra essi esiste una forte dipendenza (Hulett, 2011).
- ✓ Un *focus sull'incertezza e non solo sul rischio* per valutare il rischio complessivo del progetto come effetto combinato di tutte le incertezze e non soltanto dei rischi col loro significato di "eventi incerti". Questo è un

⁴ 10-20 rischi rappresentano circa il 40% dei rischi totali identificati e contenuti nel Risk Register.

importante vantaggio dal momento che una prospettiva del Project Risk Management orientata soltanto al rischio in termini di evento porta a trascurare molte altre aree di incertezza (Ward & Chapman, 2003). I rischi vengono inseriti nel modello direttamente in termini di probabilità di accadimento e distribuzioni di probabilità dei loro impatti sulle attività. Il software stesso provvede a modellizzare le informazioni inserite⁵. Le altre incertezze del progetto, invece, vengono inserite sotto forma di incertezza di stima dei parametri, assegnando una distribuzione di probabilità al parametro in questione (durata di attività o voce di costo), che diventa una variabile aleatoria a tutti gli effetti.

- ✓ Un'analisi di sensitività per valutare i singoli rischi e le singole attività che incidono sul rischio di overrun della durata e del costo del progetto. L'analisi di sensitività lega le variabili aleatorie di input (rischi, durate di attività, costi di attività), con le variabili aleatorie di output (durata e costo dell'intero progetto). L'analisi di sensitività fornisce, per esempio, il coefficiente di correlazione tra la durata di una specifica attività e la durata dell'intero progetto, tra il costo di una specifica attività e il costo totale del progetto, tra un rischio e la durata o il costo totale del progetto.

Risultati

La FastModelQRA ha fornito risultati che si avvicinano a quelli di una QRA tradizionale (tabella 5). Dimostra che esistono margini di semplificazione della QRA tradizionale già dalla costruzione del modello del progetto: con un modello composto da sole 15-25 macro-attività e 20-30 macro-costi si possono raggiungere risultati prossimi a quelli di una QRA tradizionale.

⁵ La modellizzazione avviene trasformando il rischio in vere e proprie attività o voci di costo del modello. Tali "attività-rischio" o "voci di costo-rischio" accadono con la probabilità di accadimento del rischio e, se accadono, influenzano la durata o il costo dell'attività su cui impatta il rischio seguendo la distribuzione di probabilità del suo impatto.

Tabella 5 Project B: FastModelQRA vs QRA tradizionale, sintesi dei risultati⁶

	FastModelQRA	QRA tradizionale
<i>Quantità di elementi nel modello del progetto⁷</i>	14% della QRA tradizionale	
<i>Quantità di informazioni probabilistiche⁸</i>	53% della QRA tradizionale	
Durata Progetto		
<i>ΔP10 (quantile di ordine 0,1)</i>	31 g (3,6% rispetto alla durata attesa del progetto)	
<i>ΔP50 (quantile di ordine 0,5)</i>	43 g (5,0% rispetto alla durata attesa del progetto)	
<i>ΔP90 (quantile di ordine 0,9)</i>	33 g (3,8% rispetto alla durata attesa del progetto)	
<i>ΔProb(det)</i>	-5%	
<i>Indice di Confronto</i>	71%	100%
Costo Progetto		
<i>ΔP10 (quantile di ordine 0,1)</i>	-10,7 MUSD (-1,5% rispetto al costo atteso del progetto)	
<i>ΔP50 (quantile di ordine 0,5)</i>	0,5 MUSD (0,1% rispetto al costo atteso del progetto)	
<i>ΔP90 (quantile di ordine 0,9)</i>	20,7 MUSD (2,8% rispetto al costo atteso del progetto)	
<i>ΔProb(det)</i>	4%	
<i>Indice di Confronto</i>	89%	100%

Con riferimento ai due obiettivi di questo elaborato elencati all'inizio del sommario (migliorare l'economicità della QRA ed estendere l'applicabilità della QRA in condizione di informazione limitata), l'implementazione della FastModelQRA consentirebbe:

- *Una maggiore economicità*: si ottiene un risparmio di tempo dell'ordine del 50%, derivante in misura maggiore dalla velocizzazione nella costruzione del modello del progetto, in misura minore dalla riduzione dei dati probabilistici da raccogliere e inserire nel modello. Anche in fase di

⁶ Si ricorda che le variazioni $\Delta P10$, $\Delta P50$, $\Delta P90$ e $\Delta Prob(det)$ equivalgono a: $P10_{QRAtrad} - P10_{FastQRA}$, $P50_{QRAtrad} - P50_{FastQRA}$, $P90_{QRAtrad} - P90_{FastQRA}$, $Prob(det)_{QRAtrad} - Prob(det)_{FastQRA}$.

⁷ Quantità di elementi nel modello del progetto = numero di attività + numero di collegamenti logici + numero di voci di costo.

⁸ Quantità di informazioni probabilistiche raccolte ed inserite nel modello = numero di probabilità di accadimento + numero di distribuzioni di probabilità + numero di coefficienti di correlazione.

aggiornamento della QRA (che può essere richiesta più volte nel corso del ciclo di vita di un progetto) si ottiene un risparmio di tempo sostanziale, quantificabile intorno al 75%. Questa rapidità di realizzazione e aggiornamento della QRA permetterebbero di applicarla ad un numero maggiore di progetti senza dover investire in ulteriori risorse.

- *Un alto grado di applicabilità in condizioni di informazione limitata:* per eseguire la QRA non servono più dati di dettaglio, ma dati aggregati più facilmente reperibili. Questo consente di anticipare l'applicazione della QRA anche in fase preliminare del progetto, quando il livello di conoscenza dei dettagli è ai minimi livelli. Inoltre, come già visto in precedenza, in queste condizioni di elevata incertezza generalmente risulta più accurato fare previsioni su dati aggregati, rispetto che farle su dati di dettaglio poco affidabili.

Oltre a questi due grandi vantaggi, l'adozione della FastModelQRA porterebbe ad una serie di ulteriori benefici collaterali:

- ✓ *Non si perde di vista la visione globale del progetto con le sue dinamiche significative.* Questo evita di perdersi in dettagli di poca importanza che possono portare a tralasciare incertezze realmente importanti.
- ✓ *Si limita la possibilità di obsolescenza dei dati di input.* La maggiore rapidità della procedura limita la possibilità che i dati di input si modifichino tra il momento in cui vengono raccolti e il momento dell'ottenimento dei risultati, il che svalorizzerebbe fortemente l'analisi.
- ✓ *Si agevola l'implementazione e la gestione di un registro di dati storici, dal momento che si tratta di registrare solo poche incertezze importanti⁹.*

Per la FastModelQRA non pare ci siano ostacoli particolari nell'applicazione a progetti di altro tipo: si ritiene che un modello ragionevolmente semplificato del progetto possa essere sufficiente per eseguire una QRA anche in altre realtà aziendali, soprattutto nella fase di front-end del progetto, quando l'incertezza è molto elevata e l'informazione limitata.

La FastRiskQRA consentirebbe uno sforzo minore nell'elicitazione delle informazioni: per dare un'idea, si quantificherebbero e inserirebbero nel modello le informazioni relative approssimativamente a 5-10 rischi, 10-20 incertezze di stima

⁹ Il registro di dati storici costituisce un ottimo strumento critico per il Risk Analyst nel valutare l'attendibilità delle informazioni probabilistiche che gli vengono fornite da esperti.

di durate e 5-10 incertezze di stima di costi rispetto ai 10-20, 40-90, 30-80 di una QRA tradizionale. Per quanto riguarda Project A, nonostante questa drastica riduzione di dati probabilistici da raccogliere e inserire nel modello, si sono ottenuti risultati del tutto approssimabili ad una QRA tradizionale, che vengono sintetizzati in tabella 6.

Tabella 6 Project A: FastRiskQRA vs QRA tradizionale, sintesi dei risultati

	FastRiskQRA	QRA tradizionale
<i>Quantità di informazioni probabilistiche</i>	25% della QRA tradizionale	
Durata Progetto		
$\Delta P10$ (quantile di ordine 0,1)	0 g (0,0% rispetto alla durata rimanente del progetto ¹⁰)	
$\Delta P50$ (quantile di ordine 0,5)	1 g (0,1% rispetto alla durata rimanente del progetto)	
$\Delta P90$ (quantile di ordine 0,9)	2 g (0,3% rispetto alla durata rimanente del progetto)	
$\Delta Prob(det)$	-3%	
<i>Indice di Confronto</i>	86%	100%
Costo Progetto		
$\Delta P10$ (quantile di ordine 0,1)	0,2 MUSD (1,3% rispetto al costo rimanente del progetto ¹¹)	
$\Delta P50$ (quantile di ordine 0,5)	0,5 MUSD (3,2% rispetto al costo rimanente del progetto)	
$\Delta P90$ (quantile di ordine 0,9)	0,3 MUSD (1,9% rispetto al costo rimanente del progetto)	
$\Delta Prob(det)$	0%	
<i>Indice di Confronto</i>	94%	100%

La scelta di considerare questa mole specifica di incertezze deriva da una laboriosa analisi eseguita sullo stesso Project A, per la quale sono state realizzate numerose FastRiskQRA variando la quantità di rischi e incertezze di stima di input e studiandone l'output attraverso l'uso dell'Indice di Confronto (figura 7 e figura 8).

¹⁰ Durata rimanente del progetto (Remaining duration) = Total base duration – Actual duration.

¹¹ Costo rimanente del progetto (Remaining cost) = Total base cost – Actual cost.

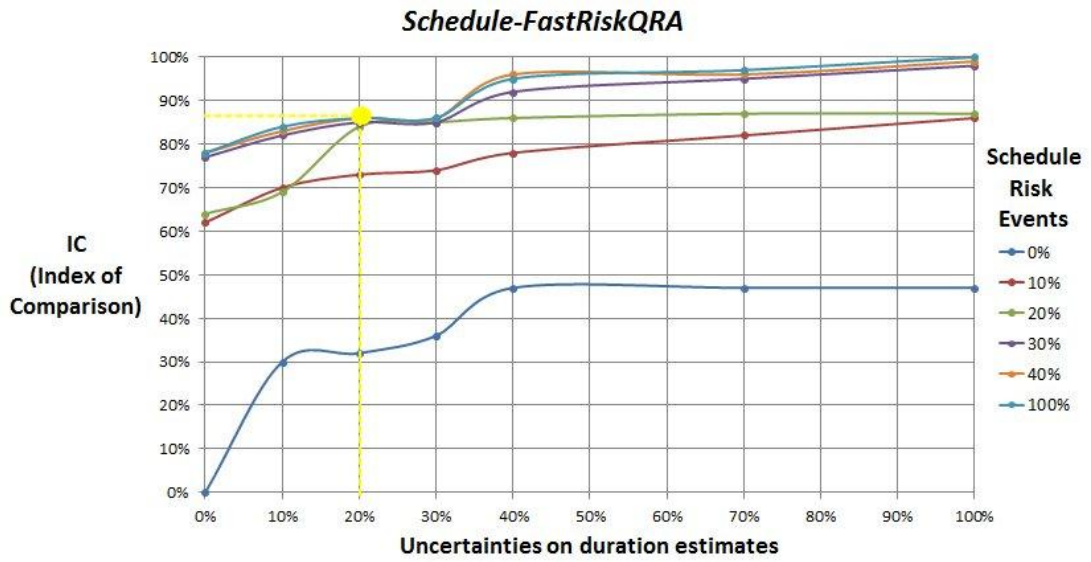


Figura 7 Project A, schedule-FastRiskQRA in funzione dell'incertezza di input

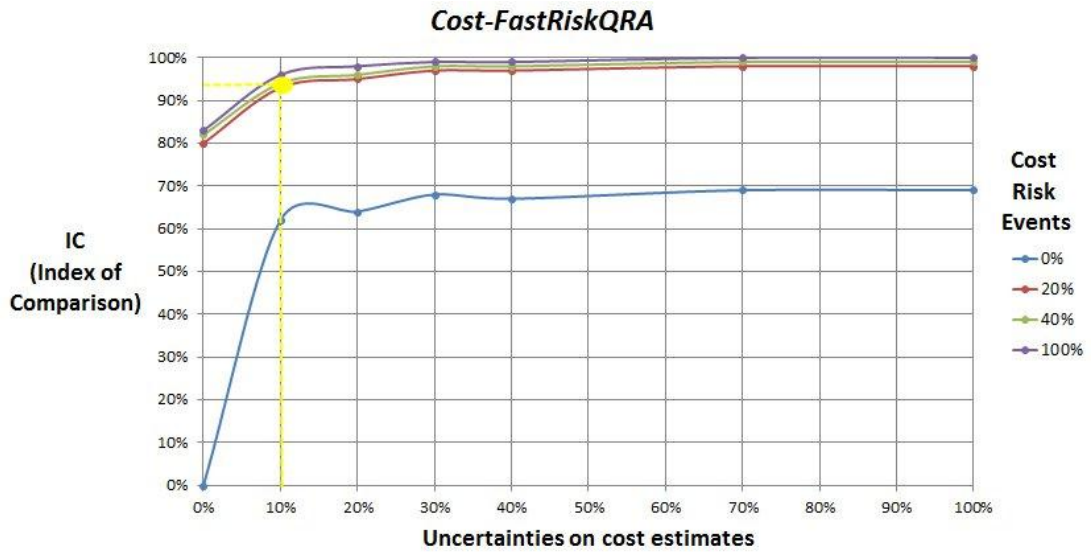


Figura 8 Project A, cost-FastRiskQRA in funzione dell'incertezza di input

La chiave di lettura dei grafici è la seguente: ognuna delle curve colorate rappresenta la variazione dell'Indice di Confronto (asse delle ordinate), al variare della percentuale di incertezze di stima considerate (asse delle ascisse) per una data percentuale di rischi considerati (colori delle curve). Le percentuali sono espresse rispetto alla QRA tradizionale, che resta il benchmark dell'analisi.

I risultati riportati in precedenza in tabella 6 si riferiscono alla FastRiskQRA rappresentata nelle figure 7 e 8 con un pallino giallo, che è stata scelta come soluzione ottimizzante il trade-off tra riduzione dei dati probabilistici e corrispondenza dei risultati. Questa soluzione considera il 40% dei rischi con impatto sui tempi, il 20% delle incertezze di stima di durate, il 40% dei rischi con impatto sui costi e il 10% delle incertezze di stima di costi¹². Da qui si sono fatte le deduzioni sulla quantità assoluta di rischi e incertezze di stima da considerare nella costruzione di una FastRiskQRA, riassunte in tabella 7.

Tabella 7 Quantità di rischi e incertezze di stima da considerare nella FastRiskQRA

	QRA tradizionale		Percentuale da considerare	FastRiskQRA
<i>Quantità di rischi</i>	10-20	*	40%	≈ 5-10
<i>Quantità di incertezze di stima di durate</i>	40-90	*	20%	≈ 10-20
<i>Quantità di incertezze di stima di costi</i>	30-80	*	10%	≈ 5-10

Questi risultati sono stati dedotti dall'analisi di Project A, ma non è detto che valgano per altri progetti. Lo confermano i risultati della FastRiskQRA applicata su Project B (tabella 8) prendendo in considerazione proprio 5-10 rischi, 10-20 incertezze di stima di durate e 5-10 incertezze di stima di costi. Come si nota da questi risultati emerge che esistono delle problematiche nella determinazione della variabilità del costo totale del progetto. Questo succede perché non è sempre detto che le incertezze di stima (e le correlazioni) di sole 5-10 voci di costo siano sufficienti per descrivere la variabilità del costo totale del progetto. Con un po' di flessibilità in più si sarebbero potuti raggiungere risultati migliori.

¹² Percentuali rispetto alla QRA tradizionale.

Tabella 8 Project B: FastRiskQRA vs QRA tradizionale, sintesi dei risultati

	FastRiskQRA	QRA tradizionale
<i>Quantità di informazioni probabilistiche</i>	39% rispetto alla QRA tradizionale	
Durata Progetto		
<i>ΔP10 (quantile di ordine 0,1)</i>	7 g (0,8% rispetto alla durata attesa del progetto)	
<i>ΔP50 (quantile di ordine 0,5)</i>	10 g (1,2% rispetto alla durata attesa del progetto)	
<i>ΔP90 (quantile di ordine 0,9)</i>	15 g (1,7% rispetto alla durata attesa del progetto)	
<i>ΔProb(det)</i>	-1%	
<i>Indice di Confronto</i>	89%	100%
Costo Progetto		
<i>ΔP10 (quantile di ordine 0,1)</i>	8,3 MUSD (1,1% rispetto al costo atteso del progetto)	
<i>ΔP50 (quantile di ordine 0,5)</i>	35,4 MUSD (4,9% rispetto al costo atteso del progetto)	
<i>ΔP90 (quantile di ordine 0,9)</i>	71,5 MUSD (9,8% rispetto al costo atteso del progetto)	
<i>ΔProb(det)</i>	-8%	
<i>Indice di Confronto</i>	50%	100%

Ciò che si vuole dimostrare attraverso l'analisi effettuata su Project A (figura 7 e 8) e attraverso i risultati ottenuti applicando la FastRiskQRA su Project A e B (tabella 6 e 8) non è tanto definire una quantità assoluta di rischi e incertezze di stima da considerare, il che risulterebbe davvero poco attendibile, quanto più si vuole fornire una prova eclatante che non serve perdere tempo nel quantificare tutta l'incertezza di input per effettuare una QRA, ma quantificando solo i rischi, le incertezze di stima e le correlazioni più rilevanti, indipendentemente da come possa essere definito l'ordine di rilevanza, è possibile ottenere comunque risultati molto vicini a quelli di una QRA tradizionale. Quest'ultima considerazione è generalizzabile ad ogni tipo di progetto, anche appartenente ad altre realtà aziendali, perché si ritiene che la maggior parte dell'incertezza di un progetto sia solitamente determinata da un ristretto numero di rischi, incertezze di stima e correlazioni. La procedura caratterizzante la FastRiskQRA può costituire uno strumento di supporto generale per individuare questa piccola ma determinante parte di incertezza.

Se eseguita all'insegna del buon senso e dell'esperienza, la FastRiskQRA consentirebbe:

- *Un leggero miglioramento dell'economicità*: si ottiene un leggero risparmio di tempo di esecuzione complessivo (di circa il 15%) derivante dalla riduzione dei dati probabilistici da raccogliere, inserire nel modello ed aggiornare in una fase successiva. Si tratterebbe, comunque, di un risparmio di tempo non comparabile con quello della FastModelQRA, dal momento che la FastRiskQRA richiede un modello di dettaglio che deve essere costruito ed aggiornato.
- *Un leggero vantaggio in condizioni di informazioni di dettaglio limitate*: il fatto di quantificare poche informazioni probabilistiche di dettaglio argina il problema dell'informazione limitata, poiché gli sforzi vanno orientati a reperire soltanto poche informazioni di dettaglio. Il problema però non si risolve alla radice, dal momento che la FastRiskQRA richiede comunque un modello di dettaglio.

La VeryFastQRA ottenuta applicando l'intera procedura caratterizzante la FastRiskQRA (step 1-4) oggettivamente non ha molto senso, poiché si sta agendo già su un modello semplificato del progetto, in cui la quantità di informazioni probabilistiche da inserire si è già fortemente ridotta. Il suggerimento è di applicare la procedura caratterizzante la FastRiskQRA soltanto per ridurre i rischi da quantificare (step 1), senza procedere con la riduzione delle incertezze di stima e delle correlazioni dirette. Gli step 2 e 3, infatti, non garantiscono la certezza di considerare tutte le informazioni importanti riguardo alle incertezze di stima: attività molto incerte lontane dal cammino critico e costi inaspettatamente incerti potrebbero essere trascurati. Inoltre, lo step 4 trascura la possibilità che tante correlazioni poco rilevanti possono avere nell'insieme un effetto rilevante.

La VeryFastQRA costruita in questo modo ha lo stesso grado di semplificazione della FastModelQRA, con la differenza che si considerano 5-10 rischi invece che 10-20. I risultati della VeryFastQRA applicata su Project B si riassumono in tabella 9 e sostanzialmente corrispondono a quelli ottenuti con la FastModelQRA. Questa corrispondenza si può osservare anche dalle figure 9 e 10 e dalla tabella 10, dove si mettono a confronto i risultati di FastModelQRA, FastRiskQRA e VeryFastQRA per Project B.

Tabella 9 Project B: VeryFastQRA vs QRA tradizionale, sintesi dei risultati

	VeryFastQRA	QRA tradizionale
<i>Quantità di elementi nel modello del progetto</i>	14% rispetto alla QRA tradizionale	
<i>Quantità di informazioni probabilistiche</i>	40% rispetto alla QRA tradizionale	
Durata Progetto		
$\Delta P10$ (quantile di ordine 0,1)	31 g (3,6% rispetto alla durata attesa del progetto)	
$\Delta P50$ (quantile di ordine 0,5)	43 g (5,0% rispetto alla durata attesa del progetto)	
$\Delta P90$ (quantile di ordine 0,9)	34 g (3,9% rispetto alla durata attesa del progetto)	
$\Delta Prob(det)$	-6%	
<i>Indice di Confronto</i>	70%	100%
$\Delta P10$ (quantile di ordine 0,1)	-5,8 MUSD (-0,8% rispetto al costo atteso del progetto)	
$\Delta P50$ (quantile di ordine 0,5)	6,3 MUSD (0,9% rispetto al costo atteso del progetto)	
$\Delta P90$ (quantile di ordine 0,9)	26,7 MUSD (3,6% rispetto al costo atteso del progetto)	
$\Delta Prob(det)$	2%	
<i>Indice di Confronto</i>	83%	100%

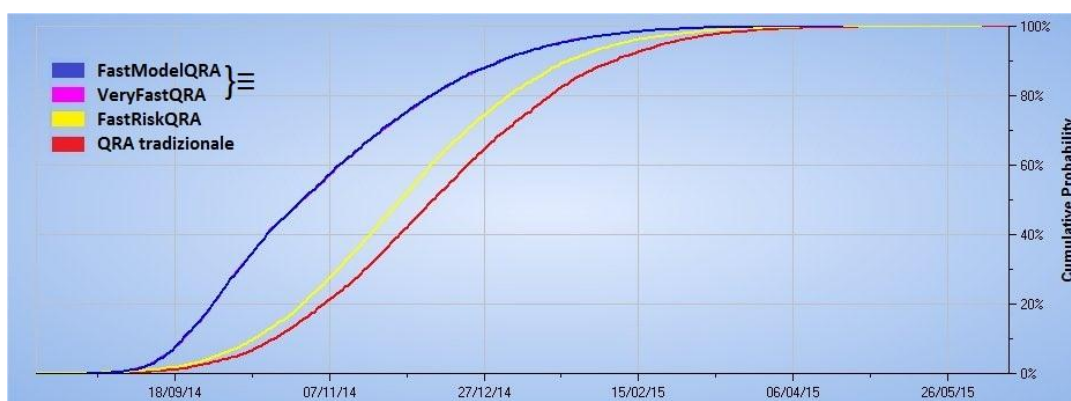


Figura 9 Project B, schedule risk: FastModelQRA, FastRiskQRA, VeryFastQRA vs QRA trad.

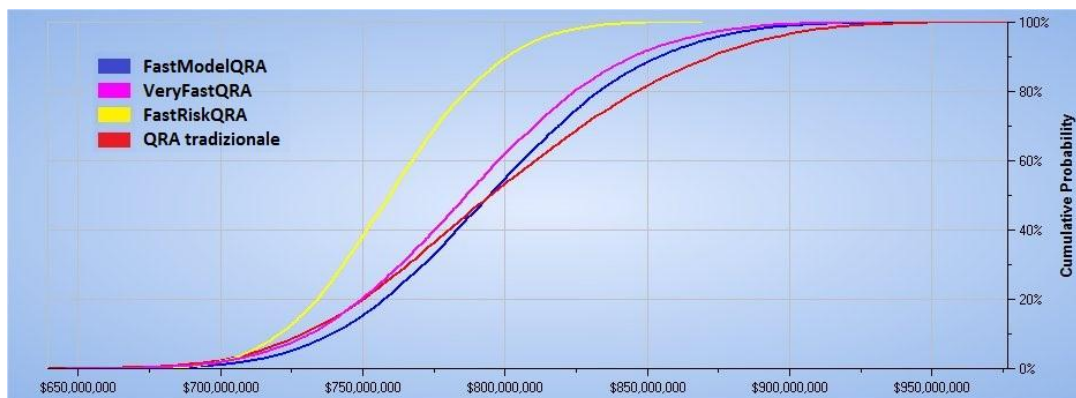


Figura 10 Project B, cost risk: FastModelQRA, FastRiskQRA, VeryFastQRA vs QRA trad.

Tabella 10 Project B: FastModelQRA, FastRiskQRA, VeryFastQRA vs QRA tradizionale

	FastModelQRA	FastRiskQRA	VeryFastQRA
<i>Quantità di elementi nel modello del progetto [% rispetto alla QRA tradizionale]</i>	14%	100%	14%
<i>Quantità di informazioni probabilistiche [% rispetto alla QRA tradizionale]</i>	53%	39%	40%
Durata Progetto			
<i>ΔP10 / Durata Attesa Progetto</i>	3,6%	0,8%	3,6%
<i>ΔP50 / Durata Attesa Progetto</i>	5,0%	1,2%	5,0%
<i>ΔP90 / Durata Attesa Progetto</i>	3,8%	1,7%	3,9%
<i>ΔProb(det)</i>	-5%	-1%	-6%
<i>Indice di Confronto</i>	71%	89%	70%
Costo Progetto			
<i>ΔP10 / Costo Atteso Progetto</i>	-1,5%	1,1%	-0,8%
<i>ΔP50 / Costo Atteso Progetto</i>	0,1%	4,9%	0,9%
<i>ΔP90 / Costo Atteso Progetto</i>	2,8%	9,8%	3,6%
<i>ΔProb(det)</i>	4%	-8%	2%
<i>Indice di Confronto</i>	89%	50%	83%

Il giudizio finale che si fornisce è che la VeryFastQRA sia la migliore soluzione, che attraverso poche informazioni aggregate e rilevanti è in grado di descrivere la variabilità della durata e del costo del progetto. In questo caso la procedura a quattro step caratterizzante la FastRiskQRA rappresenta più uno strumento di “integrazione” piuttosto che di “esclusione”, vale a dire che può offrire un supporto per capire su quali rischi, incertezze di stima e correlazioni dedicare il maggiore sforzo al momento della loro quantificazione, ma senza che vi siano esclusioni. Il fatto di considerare 5-10 rischi non comporta necessariamente il fatto di trascurare i rimanenti: questi possono essere inglobati nella quantificazione delle incertezze di stima dei parametri su cui impattano, includendoli nella miriade di circostanze che fanno sì che la stima di un parametro non può essere eseguita in modo puntuale. Una soluzione di questo tipo porta con sé i vantaggi della FastModelQRA e della FastRiskQRA, rendendo la QRA una procedura più economica e applicabile anche in condizioni di informazione di dettaglio limitata, ma comunque in grado di garantire un risultato più che soddisfacente.

Conclusion

In questa tesi di laurea ci si è focalizzati sull’analisi quantitativa dei rischi (QRA) tramite simulazione Monte Carlo, per determinare il rischio complessivo di progetto in termini di variabilità della durata e del costo totale. Si è cercato di capire entro quali limiti è possibile estendere la QRA a un numero maggiore di applicazioni: renderla accessibile a un maggior numero di progetti e renderla applicabile in fase preliminare del progetto, quando risulta impossibile o comunque difficoltoso reperire informazioni di dettaglio.

Per raggiungere questo obiettivo sono state individuate due leve su cui agire: *la costruzione di un modello semplificato del progetto* da cui partire per realizzare la QRA e *la riduzione dei dati probabilistici* da raccogliere ed inserire nel modello.

In primo luogo si è visto come attraverso una semplificazione ragionata del modello del progetto sia possibile ottenere risultati prossimi a quelli ottenuti utilizzando un modello di dettaglio, con il vantaggio di impiegare uno sforzo minore non solo in fase di costruzione del modello, ma anche in fase di raccolta dei dati probabilistici da inserire nel modello stesso, dal momento che le incertezze vengono associate a pochi dati aggregati (tempi e costi aggregati). Inoltre, si è visto come la semplificazione del modello del progetto trova vantaggio particolare in condizioni

di informazione limitata, quando è meglio gestire dati aggregati piuttosto che dati di dettaglio.

In un secondo momento ci si è concentrati prettamente sulla fase di raccolta dei dati probabilistici. Si è visto come, ai fini dell'esecuzione della QRA convenga quantificare l'incertezza caratterizzante un progetto in termini di "rischi" (eventi) laddove possibile e quantificare l'incertezza in termini di "incertezze di stima parametri" quando non è possibile mettere a fuoco la miriade di circostanze sottostanti e, pertanto, risulta opportuno spostare l'attenzione sul loro effetto complessivo (l'incertezza di stima dei parametri). A partire dal modello di dettaglio di un progetto si è verificato come i rischi e le incertezze di stima parametri "che contano" ai fini della determinazione della variabilità della durata e del costo del progetto rappresentano una piccola parte dell'incertezza totale di input. Per riuscire ad identificare a priori (cioè prima di eseguire la QRA) questa piccola ma determinante parte di incertezza è stata proposta una procedura articolata in quattro step, che consente di identificare i rischi, le incertezze di stima e le correlazioni più rilevanti. La quantificazione di pochi dati probabilistici rilevanti consentirebbe un leggero vantaggio sia in termini economicità della procedura (sforzo minore), sia in termini di estendibilità della procedura con informazione limitata (solo pochi dati probabilistici di dettaglio vanno quantificati).

Per concludere si è fornito un suggerimento finale per eseguire un'analisi quantitativa "veloce" (FastQRA), che permette di sfruttare i risultati ottenuti nei due punti di analisi precedenti. Con riferimento a realtà aziendali che gestiscono progetti simili a quelli considerati, la QRA eseguita nel modo consigliato prevede di:

- ✓ Costruire un modello semplificato del progetto composto da un reticolo di 15-25 macro-attività e un elenco di 20-30 macro-costi;
- ✓ Quantificare con accuratezza 5-10 rischi rilevanti (circa il 20% dei rischi totali identificati e contenuti nel Risk Register), selezionati dall'analisi qualitativa utilizzando, per esempio, la matrice Probabilità-Impatto;
- ✓ Quantificare l'incertezza rimanente in termini di incertezza di stima dei parametri (e correlazioni dirette), con riferimento a tutte le macro-attività e a tutti i macro-costi del modello semplificato, ponendo maggiore attenzione a quelle più rilevanti¹³.

¹³ Per selezionare le incertezze di stima (e correlazioni dirette) più rilevanti ci si può avvalere come supporto degli step 2,3,4 della procedura caratterizzante la FastRiskQRA.

Generalizzando il discorso a tutte le realtà aziendali e con riferimento a tutti i tipi di progetto si forniscono i seguenti suggerimenti per l'esecuzione di una FastQRA:

- ✓ Valutare se il modello del progetto utilizzato per la QRA sia sufficientemente semplificato, sapendo che una semplificazione ragionata del modello può portare a risultati vicini a quelli ottenuti utilizzando un modello di dettaglio;
- ✓ Selezionare e quantificare soltanto pochi rischi rilevanti e prestare attenzione alla loro quantificazione, sapendo che generalmente sono pochi i rischi ad avere un impatto sostanziale sul rischio complessivo del progetto.
- ✓ Quantificare l'incertezza rimanente in termini di incertezze di stima dei parametri (e correlazioni dirette) relative a tutte le macro-attività e a tutti i macro-costi del modello semplificato, ponendo maggiore attenzione a quelle più rilevanti (cfr. nota 13).

Così facendo si renderebbe la QRA tradizionale un processo più economico, ma comunque accurato, applicabile anche in condizione di informazione limitata. Questo consentirebbe di eseguire l'analisi quantitativa in termini di simulazione Monte Carlo in molti più casi a parità di risorse impiegate. Inoltre, con l'uso di QRA semplificate per ciascun progetto, sarebbe possibile pensare ad un'unica grande "QRA di portafoglio" nel cui modello figurano un set di progetti interdipendenti invece che uno solo, ma l'applicazione di questa possibilità la si lascia come spunto per una eventuale successiva ricerca.

Per finire, la tabella 11 riassume vantaggi e svantaggi della FastQRA suggerita.

Tabella 11 Vantaggi e svantaggi della FastQRA proposta

Vantaggi	Svantaggi
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Risultati paragonabili a quella di una QRA tradizionale, nonostante la migliore economicità (sforzo minore sia nell'esecuzione "ex novo", sia in fase di aggiornamento). ▪ Applicabilità anche in condizione di informazione di dettaglio limitata, tipica della fase di front-end del progetto. ▪ Consente di non perdere di vista la visione globale del progetto: evita di perdersi nei dettagli e di commettere errori grossolani tralasciando incertezze veramente importanti. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nella costruzione del modello semplificato del progetto potrebbe essere difficoltoso effettuare i collegamenti logici tra le macro-attività. ▪ Si perde parte dell'efficacia di un approccio integrato costi-tempi dal momento che alcuni costi "time dependent" devono essere trasformati in costi "time independent" perché dipendono dalla durata di attività singole e non dalla durata di attività aggregate.

Vantaggi	Svantaggi
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Generalmente è più facile e accurato fare previsioni su dati aggregati, rispetto che farle su dati di dettaglio poco affidabili. ▪ Agevola l'implementazione e la gestione di un registro di dati storici, poiché si tratta di registrare solo pochi rischi e incertezze di stima. ▪ Si limita la possibilità di obsolescenza dei dati di input grazie alla rapidità di esecuzione. ▪ Si pone enfasi sulla quantificazione accurata dei rischi e delle incertezze di stima veramente rilevanti. ▪ Possibilità di implementare un'unica "QRA di portafoglio" nel cui modello figurano un set di progetti interdipendenti invece che uno solo. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ L'analisi potrebbe perdere di credibilità perché dietro previsioni su dati aggregati possono esserci state una serie di valutazioni o calcoli non immediatamente evidenti e motivabili. ▪ Potrebbe essere difficoltoso determinare l'impatto di un rischio su attività aggregate. ▪ Correlazioni tra durate e costi di attività potrebbero non essere così evidenti come in un modello di dettaglio.

SUMMARY

Project Simulation Using Aggregated and Relevant Information

Scope

In the Exploration & Production (E&P) companies operating in the Oil and Gas sector the *Quantitative Risk Analysis (QRA)* using *Monte Carlo simulation* is growing in importance for those engineering megaprojects designed to put into production an oil or gas field.

The QRA permits a quantitative evaluation of the *overall project risk*, defined as the exposure of stakeholders to the consequences of variations in the project outcome (APM, 2009; Hillson & Simon, 2007; PMI, 2009). The concept of overall project risk is based on the idea that it's not enough to list and "sum" all the individual risk events to evaluate the overall risk level of the project, but it is necessary to consider the joint effect of individual risks and other sources of uncertainty on the project objectives (Hillson & Simon, 2007). Theoretically, in order to define how risky is a project, it should be taken into account the uncertainty related to all the project objectives, such as time, cost, economic return, scope, quality, social and environmental sustainability, strategic fit and reputational effect. In practice, whenever the term "overall project risk" is used, it refers to the combined effect of uncertainty on a few objectives of interest, leaving to an individual risk level the evaluation of the effect on the other objectives (i.e. each single risk impacts on the project objectives in a certain way). This thesis deals with projects for those it is particularly important to evaluate the overall project risk referring to the time objective (*project schedule risk*) and to the cost objective (*project cost risk*), that is the project duration and cost variability. The purpose is to

verify that aggregated and relevant information is sufficient to execute a QRA that allows to accurately estimate this variability, whose comprehension is important to make decisions about how to reduce or avoid the cost overrun or time delay: by undertaking the appropriate mitigation actions for individual risks, by including a contingency reserve in the total project budget¹⁴ or, in the worst case, not approving the project at all.

The most widely used technique for executing a QRA which permits to determine and analyze the “project schedule risk” and the “project cost risk” is the *Monte Carlo simulation*, internationally recognized as best practice in the Project Risk Management, so that the two terms (QRA and Monte Carlo simulation) are frequently used as synonyms. A familiar approach is to conduct two separate analyses for the schedule risk and for the cost risk, but it doesn’t permit to consider the strong interdependencies between them (e.g. the more an activity lasts, the more it costs). A more innovative approach is the integration of the two aspects into a single model, in order to embody the interdependencies between times and costs to reproduce a far more representative real-world situation (Hulett, 2011). In this thesis the innovative cost-schedule integrated approach has been used.

Starting from the schedule and cost model of the project, Monte Carlo simulation recognizes the uncertain elements (random variables) described by a particular probability distribution specified by the Risk Analyst. Monte Carlo “runs” or “iterates” the project multiple times, creating often thousands of projects that could represent the real one. For each iteration and for each random variable Monte Carlo selects at random a possible value and, for each iteration, calculates the total cost and duration summing those values according to the logic of the model. The result of all these iterations allows the elaboration of the two Monte Carlo simulation principal outputs: the probability distributions of the project cost and duration and the sensitivity analysis for identifying the principal causes behind that variability. Monte Carlo simulation is often preferred to other quantitative risk analysis techniques (PERT, Event Trees, etc.) because it offers a much higher level of realism and it enables to answer with good confidence to some questions such as:

- ✓ How likely is the project to finish by a target date or cost?

¹⁴ Total project budget = Baseline cost + Contingency reserve (PMI, 2008).

- ✓ Which single risks and activities are the most important to determine the variability of the project duration and cost, for those mitigation actions might be required?
- ✓ How much cost contingency reserve should be added to the baseline cost to make the risk of total budget overrun acceptable?

It seems out of the question the QRA in terms of Monte Carlo simulation can represent a very useful tool for the Project Risk Management. This tool may become especially important in the *front-end* phase of the project, when the matter is to decide either to finance the project or not and, if so, to determine the total project budget. On the other hand the QRA¹⁵ has got two significant weaknesses as well:

- 1) **High effort:** the QRA requires a great effort to be made and updated, thus some authors suggest to reserve its use for projects that are large or high-risk, where the investment in such technique can be justified (Hillson & Simon, 2007). It is estimated that a new QRA for an engineering megaproject (100.000.000 dollars or more) takes between one or two months to be completed. The 70% of this time is dedicated to the construction of the model and the other 30% to collect the probabilistic data to enter into the model. Moreover the QRA updating may take about two weeks.
- 2) **Difficult use with limited information:** Williams et al. (2009) point out that in the front-end phase of projects, when the level of uncertainty is very high, it is difficult and sometimes impossible to get detailed information. This represents a weakness for the QRA, since it traditionally requires a model consisting of detailed elements (activities and cost items) and as much detailed probabilistic data.

Figure 1 from Williams et al. (2009), adapted for this thesis, shows that the cost (or effort) to collect information typically increases progressively with the amount of information collected and its detail level; on the other hand, the gain in utility of additional information tends to decrease. Consequently, maximizing the utility/cost ratio will set a limit to the amount of information and to its detail level, that is the optimal solution to make a decision or to conduct a certain analysis (the QRA in this case).

¹⁵ From now on in the summary, without other specification, the term “QRA” refers to a Quantitative Risk Analysis using Monte Carlo simulation.

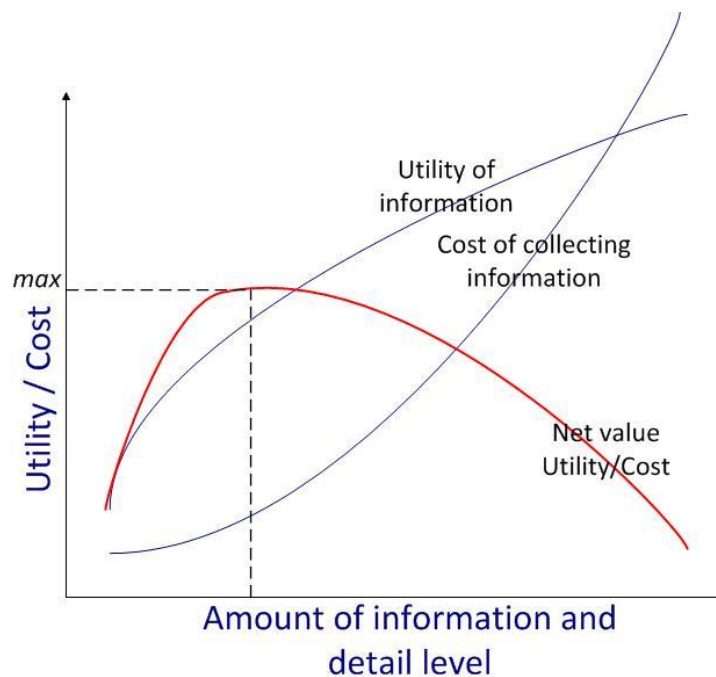


Figure 1 Cost and utility of information

The scope of this master's thesis is to verify that the use of aggregated and relevant information is appropriate to execute a QRA, as it allows to face the weaknesses listed above, making the QRA simpler, more affordable and easily applicable also in the front-end phase of projects, when detailed information is unknown or difficult to collect.

Two drivers have been selected in order to reach this scope: *the construction of a simplified model of the project* from which to start to execute the QRA and the *reduction of the probabilistic data* to collect and enter into the model. In the first case the object is the use of *aggregated information*, in the second case the object is the use of *relevant information*, not necessarily aggregated. It is important to point out that both the construction of the simplified model and reduction of the probabilistic data cannot come from the rearrangement of a detailed analysis already executed. In this work, although the detailed QRA were already available, they have not been considered, as if they never existed. As explained later on the summary, the completed detailed QRAs (named "*traditional QRAs*") will be only used as a benchmark for evaluating the results of their simplified versions (named "*FastQRAs*").

The construction of a simplified model of the project in an integrated cost-schedule approach includes the construction of a *simplified schedule* and the development of a *simplified list of cost items* related to the activities of the schedule model. The construction of the simplified schedule of the project (figure 2) consists in the creation of a CPM (Critical Path Method) schedule tailored for the QRA, which enables to determine immediately the expected deterministic duration of the project.

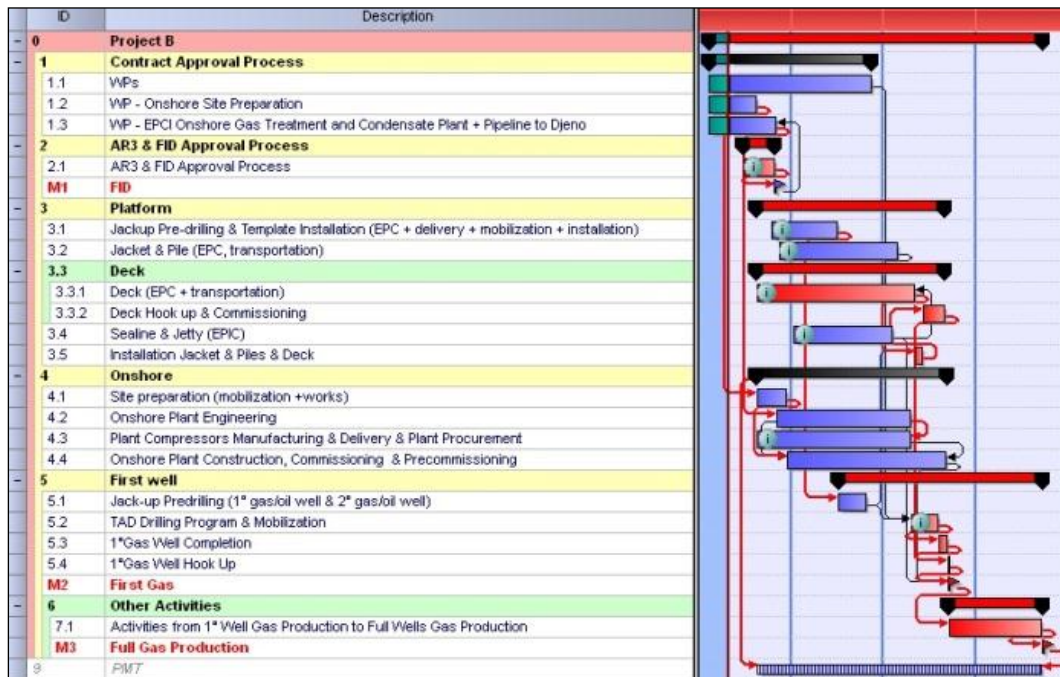


Figure 2 Example of a simplified project schedule

The development of the simplified list of cost items (table 1) consist in the choice of a few aggregated costs of different types, which, if added up, give the deterministic estimate of the total project cost. One single cost item may refer either to an “activity cost”, obtained from the WBS (Work Breakdown Structure) and CBS (Cost Breakdown Structure) integration, or to “a cost category”, derived directly from the CBS. Furthermore, these two typologies of cost items can be either “time dependent” if they represent costs per unit of time (once associated to an activity they are multiplied by the relative duration), or “time independent” (or “lump sum”) if they do not depend on any activity duration.

Table 1 Example of a simplified list of cost items

Description	Type 1	Type 2	Associated activities
Onshore plant engineering	Activity cost	Time independent	Onshore plant engineering
Taxes	Cost category	Time independent	No specific activity
PMT (Project Management Team)	Cost category	Time dependent	From onshore activities to full production
...

It is evident that the simplification of the project model implies a huge reduction of probabilistic data to collect and enter into the model in a following phase, since the uncertainties will be associated to a few aggregated data (aggregated activities and cost items). Estimating directly from aggregated data represents an advantage when the estimates on detailed data are not sufficiently reliable (Aigner & Goldfeld, 1974); this particularly happens in the preliminary phases of projects.

The reduction of probabilistic data is an application of the Pareto Principle, also termed the 80/20 rule, basing on which only the part of uncertainty that might have a relevant influence on the project objectives should be quantified in probabilistic terms, ignoring the rest. The *uncertainty* that matters, in its meaning from the dictionary of “lack of certainty”, can assume either the form of *risk* (uncertain event or condition) or the form of *uncertainty on estimate of parameters* (variability of time and cost estimates) (figure 3).

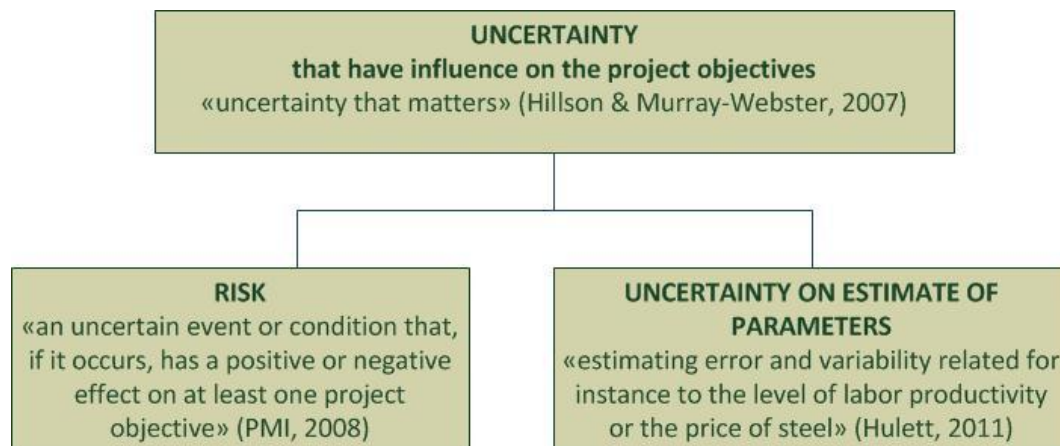


Figure 3 Forms of uncertainty

In order to execute properly a QRA, well worth to quantify the uncertainty in terms of “risks” if possible (table 2) and quantify the uncertainty in terms of “uncertainties on estimates” when it is impossible to focus on the infinite underlying circumstances and, thus, the focus shifts on their overall effect (the uncertainty on estimate of parameters) (table 3). The reduction of probabilistic data is thought to avoid the quantification of those risks and uncertainties on estimates which have little influence or no influence at all, on the project objectives.

Table 2 Example: quantification of risks

Risk description	Probability of occurrence	Impacted activities	Probability distribution of duration (e.g. triangular distrib.)	Probability distribution of cost (e.g. triangular distrib.)
Bad meteo conditions during the site preparation	50%	Site Preparation Mobilization	Min = 20 d ML = 30 d Max = 60 d	NO
		Site Preparation Works	Min = 10 d ML = 20 d Max = 30 d	Min = 1.000 \$ ML = 2.000 \$ Max = 3.500 \$
		Civil Works & Structures	Min = 10 d ML = 20 d Max = 30 d	NO

Table 3 Example: quantification of uncertainties on estimates

Description	Type of parameter	Distribution	% of the deterministic estimate
Site Preparation Mobilization	Duration	Beta	MIN = 90% ML = 100% MAX = 120%
PMT (Project Management Team)	Cost	Triangular	MIN = 80% ML = 100% MAX = 110%

A risk quantification similar to the one illustrated in table 2 permits to correlate the duration or cost of different activities in an indirect way, without using correlation coefficient difficult to determine: the correlation arises because the same risk, if happens, impacts on two or more activities. Sometimes different activities do not have a risk in common, but they can be correlated for other reasons, for instance

because they need the same labor (a low labor productivity causes an increase in the duration/cost of all the activities using that labor), otherwise because the advancement of an activity may change the duration or cost of other activities (e.g. if during a system design it becomes necessary to use an amount of steel larger than the deterministic estimate, then the procurement costs, the transportation costs, the duration of the system construction and the cost of labor will exceed the deterministic estimates as a consequence). In these cases it is necessary to quantify directly the correlations (*direct correlations*), namely using correlation coefficients between uncertain durations and/or uncertain costs, although the choice of an appropriate value for the correlation coefficient is a pretty difficult task. Regardless of how the correlation is modeled, it is important to point out that the final effect of correlations is to amplify the variability of the total project duration and cost, also significantly. This is the reason why correlations should always be taken into account.

Methodology

The work plan has been divided into three phases, corresponding to three different levels of simplification:

- In the first phase the simplification of the project model has been pushed to the limit by considering aggregated activities (macro-activities) and aggregated costs (macro-costs). This aggregation process reduces the effort in the construction of the model and allows the overall reduction of the project parameters, consequently reducing also the amount of probabilistic data to associate with the parameters. In this case a particular advantage in terms of accuracy would be achieved if the estimates on aggregated data are more reliable than aggregates of detailed estimates. The QRA resulting from the simplification of the project model has been named "*FastModelQRA*".
- In the second phase the probabilistic data have been reduced without simplifying the project model: a procedure has been created to take into consideration only the most relevant risks, uncertainties on estimates and correlations. In this case the collection of the probabilistic information includes only a few relevant detailed data, ignoring the rest. The QRA created using this procedure has been named "*FastRiskQRA*".
- In the third phase the *FastModelQRA* (simplification of the project model) and the *FastRiskQRA* (further reduction of the probabilistic data) have been

applied together. The result has been an extra-simplification of the QRA, based on aggregated and relevant information. At this level the QRA has been named “*VeryFastQRA*”.

The FastModelQRA is a QRA built on a *simplified model of the project* consisting of few aggregated activities and few aggregated cost items. The rest of the procedure is conducted in a traditional way, with the single difference that the probabilistic data refer to aggregated durations and costs.

The construction of the *simplified schedule of the project* requires selecting the proper activities and defining their logic links. The activities are basically “macro-activities”, namely aggregates of detailed activities. The choice of which activities to aggregate should be functional to the determination of the overall project risk, for this reason the recommendation is to start from the highest level of the WBS, selecting the main “summary-activities” and then, if necessary, break up these summary-activities in order to guarantee the logic of the schedule and highlight the most uncertain activities.

The development of the *simplified list of cost items* consists in distributing the entire project budget among the macro-activities either in the form of lump sum costs (time independent) or as costs per unit of time (time dependent). Also in this case we are dealing with “macro-costs”, namely aggregates of costs. Again, a good recommendation would be to keep disaggregated the uncertain costs typically leading to the budget overrun.

Once the simplified project model is completed, the quantitative data about uncertainties need to be collected and entered into the model, proceeding with the execution of the simulation like in a traditional way.

The FastRiskQRA is a traditional QRA (without the simplification of the model) integrated with a procedure before the collection and the entry of the probabilistic data. This procedure is articulated into four simple steps (presented below) and permits the selection and the quantification of just the major risks, the major uncertainties on estimates and the major correlations:

- ***Step 1: selection and quantification of the major risks.***

Starting from the risk ranking provided by the qualitative risk analysis (e.g. using the Probability-Impact matrix), the major risks are selected and quantified. This approach does not need a further effort, as the qualitative

risk analysis is usually available when the QRA begins. Furthermore the qualitative analysis provides a risk ranking that is sufficiently robust, broadly corresponding to the one updated after the QRA.

- **Step 2:** *selection and quantification of the major uncertainties on duration estimates.*

In the second step all the deterministic duration estimates are “disrupted” assigning them a dummy triangular probability distribution, defined by a minimum, a mode and a maximum, all expressed as a percentage of the relative deterministic estimate (e.g. min = 90%, mode = 100%, max = 120% for each activity duration). Doing in this way a temporary model is created, which includes the dummy duration uncertainties and the individual risks selected in the step 1. Starting from this (temporary) model the simulation can be run¹⁶. From a sensitivity analysis some useful indicators can be obtained, such as the correlation coefficients between the duration of each activity and the duration of the entire project, or such as an index that counts the number of iterations each activity lay on the critical path. The activities with the highest correlation coefficient (or the activities that lay most on the critical path) are the most important: if they are really uncertain, they are likely to determine the project delay. Referring to these activities, the effective uncertainties on duration estimates must be quantified in terms of probability distributions (e.g. asking to an expert), which will fill the original model. This can be considered a robust procedure, since it enables to select the activities that can easily become critical in a real-world situation, not just considering the activities that lie on the critical path in the risk-free model.

- **Step 3:** *selection and quantification of the major uncertainties on cost estimates.*

The step 3 provides a ranking of the cost items, from the most uncertain to the least uncertain (in absolute terms). The quantification occurs only for those uncertainties in the first places in the standing. The definition of the ranking would require good experience and a database of historical data. An alternative way, effective only in particular cases, consists in quantifying the uncertainties of the highest costs, assuming that the uncertainties on cost estimates are more or less the same in terms of percentage variation of the deterministic estimates.

¹⁶ Few iterations necessary at this stage (e.g. 1000 iterations).

- **Step 4:** selection and quantification of the major correlations.

In the step 4 the major direct correlations (expressed in terms of correlation coefficients) are selected and quantified. The major direct correlations are supposed to be those related to the major uncertain durations and the major uncertain costs selected in the previous steps.

The VeryFastQRA is a QRA characterized by a simplified model of the project, but unlike the FastModelQRA it requires all or part of the four-steps-procedure described above to select and quantify only the major risks, the major uncertainties on estimates and the major correlations.

To verify the effectiveness of a “FastQRA”, whether it is *FastRiskQRA*, *FastModelQRA* or *VeryFastQRA*, a comparison has been made between its output (probability distribution of the project duration or cost) and the output of the “traditional QRA” of the same project, that is the QRA executed without any of the simplifications proposed (figure 4). Assuming that the traditional QRA is executed in the best possible way, the more the output of the FastQRA matches the one of the traditional QRA, the more the FastQRA can be considered an effective (and convenient) alternative solution. It is important to point out that in this work, although the traditional QRAs of the projects considered were available, their results have never been used to execute any FastQRA, as if the traditional QRAs never existed.

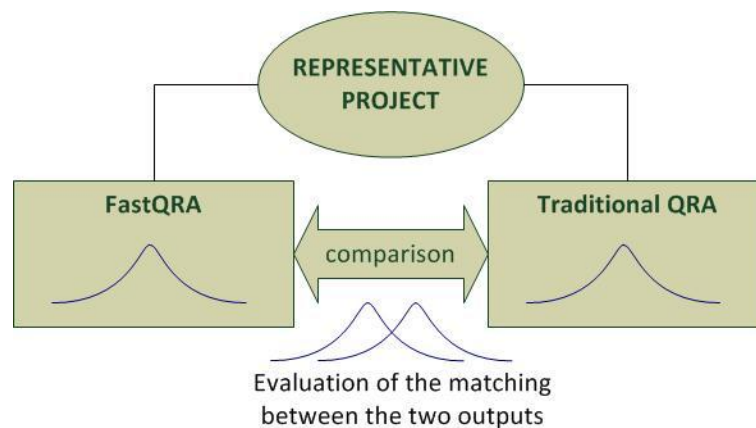


Figure 4 Evaluation of the effectiveness of the FastQRA

The comparison between the results (probability distributions of the project duration or cost) of a FastQRA and a traditional QRA is made by measuring the variations of the three quintiles of order 0,1 (P10), 0,5 (P50) e 0,9 (P90) and the variation of the probability to complete the project by the deterministic term planned (figure 5). $\Delta P10$ ($P10_{tradQRA} - P10_{FastQRA}$), $\Delta P50$ ($P50_{tradQRA} - P50_{FastQRA}$), $\Delta P90$ ($P90_{tradQRA} - P90_{FastQRA}$) represent the variations of the three representative quintiles, *det* is the deterministic risk-free estimate and $\Delta Prob(det)$ ($Prob(det)_{tradQRA} - Prob(det)_{FastQRA}$) indicates the variation of the probability to complete the project by the value *det*.

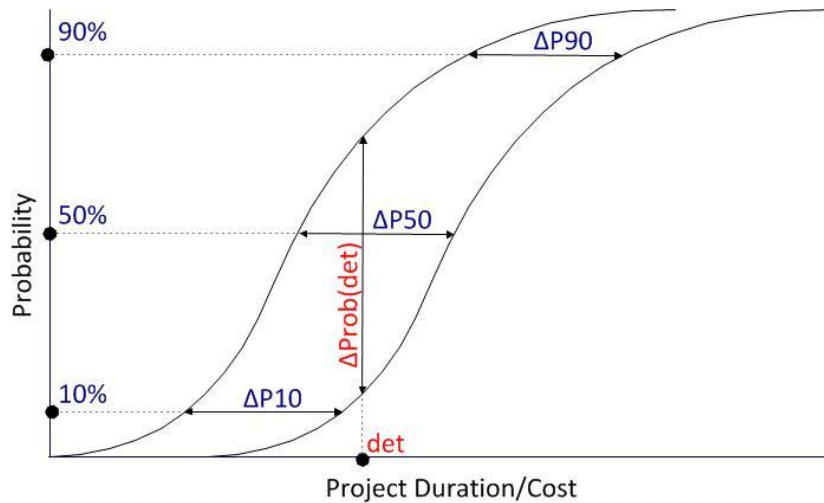


Figure 5 Outputs comparison: FastQRA vs traditional QRA

Moreover, a new index has been created to summarize and study in deep this comparison. This index has been named *Index of Comparison (IC)* and is defined in the equation (1):

$$IC = \frac{Mean_{FastQRA} + Stdev_{FastQRA} - Det}{Mean_{tradQRA} + Stdev_{tradQRA} - Det} \quad (1)$$

Where:

- ✓ $Mean_{FastQRA}$ and $Stdev_{FastQRA}$ are respectively the sample Mean and the sample Standard Deviation of project duration/cost in the output of the FastQRA;

- ✓ $Mean_{tradQRA}$ e $Stdev_{tradQRA}$ are respectively the sample Mean and the sample Standard Deviation of project duration/cost in the output of the traditional QRA;
- ✓ Det is the risk-free estimate of project duration/cost.

The Index of Comparison, under the assumption that negative uncertainties overwhelm positive uncertainties, assumes the value of 0% in the “deterministic case” (absence of uncertainty) and 100% in a traditional QRA; the more the output of the FastQRA matches the one of the traditional QRA, the more the Comparison Index will approach 100% (figure 6). For example, $IC = 80\%$ conceptually means that the FastQRA considered describes the 80% of the uncertainty described by a traditional QRA.

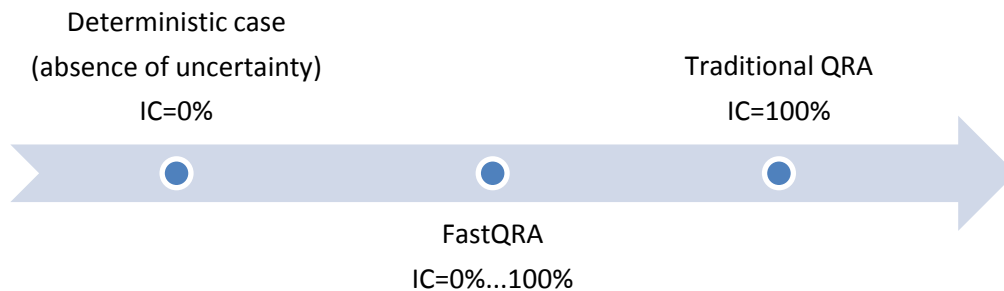


Figure 6 Values assumed by the Index of Comparison

It can be noticed that the Index of Comparison can be written also as follows in the equation (2):

$$IC = \frac{PXX_{FastQRA} - Det}{PXX_{tradQRA} - Det} \quad (2)$$

Where:

- ✓ $PXX_{FastQRA}$ indicates a quintile close to the P85 of the project duration/cost distribution in the output of the FastQRA;
- ✓ $PXX_{tradQRA}$ indicates a quintile close to the P85 of project duration/cost distribution in the output of the traditional QRA;

PXX is close to the P85 as more the probability distribution of the project duration/cost is close to a normal distribution.

The Index of Comparison will be particularly useful later to represent in a graph the effects of variations in the amount of input uncertainty on the results of a QRA (see figure 7 and 8 at page 49).

Context of application

The inspiration to write this master thesis comes from a job experience in Eni E&P (Exploration & Production), thus, the projects analyzed are those engineering megaprojects to put into production oil and gas fields. However, many of the considerations in this paper can be extended to other businesses, as the contribution is more procedural than about contents. Table 4 summarizes the main features of the representative projects considered in this work (Project A and Project B). Project A is an offshore project to put into production a gas field located 50 km from the coast at 70 m depth. Like project A, also Project B is an offshore project to exploit an high potential field of gas and condensate, located 20 km from the coast at 30-60 m depth. While Project A is in the execution phase (about 50% completion), Project B has not been approved yet, namely, it is still in the front-end phase, when the uncertainty associated to the project is still at a very high level and it might be difficult to get detailed information.

The FastModelQRA has been performed on Project B. The FastRiskQRA has been applied in details on Project A (Project B was not available at the moment) and then verified on Project B. The VeryFastQRA has been performed directly on Project B.

Table 4 Basic features of Project A and Project B

	Project A	Project B
<i>Phase</i>	Execution	FID (Final Investment Decision)
<i>Total base cost</i>	300 MUSD	750 MUSD
<i>Actual cost / Total base cost</i>	42%	0%
<i>Remaining cost / Total base cost</i>	58%	100%
<i>Total base duration</i>	700 d	950 d
<i>Actual duration / Total base duration</i>	47%	0%
<i>Remaining duration / Total base duration</i>	53%	100%

In this context of application the typical QRA (*traditional QRA*) is executed by the software Primavera Risk Analysis from Oracle and now is used for those projects above approximately 300 MUSD. It begins with the construction of the schedule and cost model (tailored for the QRA), consisting of 100-200 activities with 40-90 cost items associated. Relatively to this model the probabilistic information about 10-20 risks¹⁷, 40-90 uncertainties on duration estimates and 30-80 uncertainties on cost estimates are quantified and put into the model.

The traditional QRA (the benchmark) is an innovative approach, that allows:

- ✓ An *integrated cost and schedule approach* to evaluate simultaneously the risk of schedule and cost overrun. In fact it is more realistic to evaluate the risk of budget overrun combining times and costs in a single model as they are strongly interdependent (Hulett, 2011).
- ✓ A *focus on uncertainty and not just on risk* to evaluate the overall project risk as the combined effect of all the uncertainties and not only of risk events. This is an important advantage since an event-based prospective of the Project Risk Management can result in a lack of attention in several important areas of uncertainty (Ward & Chapman, 2003). Risks are entered into the model in terms of probability of occurrence and probability distributions of their impacts on the activities. The software itself will model the entered information¹⁸. On the contrary, the other uncertainties of the project are directly entered into the model as “uncertainties on estimates”, assigning a probability distribution to the parameter considered (activity duration or cost item), transforming the parameter in a random variable.
- ✓ A *sensitivity analysis* to evaluate the individual risks and the single activities that might determine the duration or cost overrun of the project. The sensitivity analysis relates the input random variables (risks, activity durations, activity costs) with the output random variables (total project cost and duration). The sensitivity analysis provides for instance the correlation coefficient between the duration of a specific activity and the duration of the entire project, between the cost of a specific activity and the cost of the entire project, between a risk and the total project duration or cost.

¹⁷ 10-20 risks represent about the 40% of all the risks identified and listed in the Risk Register.

¹⁸ A risk is transformed into an activity or a cost item. Such “risk-activity” or “risk-cost item” occurs with the probability of the risk and, if it occurs, affects the activities impacted by the risk following the probability distribution of the impact.

Results

The FastModelQRA demonstrates that it is possible to get results very similar to the ones of a traditional QRA using a simplified project model, made of only 15-25 macro-activities and 20-30 macro-costs (table 5).

Table 5 Project B: FastModelQRA vs Traditional QRA, summary of results¹⁹

	FastModelQRA	Traditional QRA
<i>Amount of project elements</i> ²⁰	14% of the traditional QRA	
<i>Amount of probabilistic information</i> ²¹	53% of the traditional QRA	
Project Duration		
<i>ΔP10 (quintile of order 0,1)</i>	31 d (3,6% of the expected project duration)	
<i>ΔP50 (quintile of order 0,5)</i>	43 d (5,0% of the expected project duration)	
<i>ΔP90 (quintile of order 0,9)</i>	33 d (3,8% of the expected project duration)	
<i>ΔProb(det)</i>	-5%	
<i>Index of Comparison</i>	71%	100%
Project Cost		
<i>ΔP10 (quintile of order 0,1)</i>	- 10,7 MUSD (-1,5% of the expected project cost)	
<i>ΔP50 (quintile of order 0,5)</i>	0,5 MUSD (0,1% of the expected project cost)	
<i>ΔP90 (quintile of order 0,9)</i>	20,7 MUSD (2,8% of the expected project cost)	
<i>ΔProb(det)</i>	4%	
<i>Index of Comparison</i>	89%	100%

Referring to the two goals of this work listed at the beginning of the summary (reduce the effort to execute a QRA and extend the use of the QRA also in cases of limited information), the implementation of the FastModelQRA would allow:

¹⁹ $\Delta P10$, $\Delta P50$, $\Delta P90$ and $\Delta Prob(det)$ are equivalent to: $P10_{tradQRA} - P10_{FastQRA}$, $P50_{tradQRA} - P50_{FastQRA}$, $P90_{tradQRA} - P90_{FastQRA}$, $Prob(det)_{tradQRA} - Prob(det)_{FastQRA}$.

²⁰ Amount of probabilistic elements = amount of activities + amount of links + amount of cost items.

²¹ Amount of probabilistic information = amount of probabilities of occurrence + amount of probability distributions + amount of correlation coefficients.

- *A strong reduction in the effort:* 50% time reduction can be reached, principally coming from the major speed to construct the model, secondly from the reduction of the probabilistic data to collect and put into the model. Moreover the updating phase of the QRA (the QRA may be required several times during the project life cycle) can be strongly accelerated, approximately by the 75%. This quickness to execute and update the QRA would enable to extend its use to a larger amount of projects, without investing in further resources.
- *An high applicability in conditions of limited information:* the QRA can be executed using aggregated data easier to get. This permits to anticipate the use of the QRA also in a preliminary phase of the project, when the knowledge of detailed data is at the minimum level. Moreover, as previously mentioned, in this high uncertainty condition is usually more accurate to make predictions basing on aggregated data, instead of using unreliable detailed data.

Furthermore, the use of the FastModelQRA would bring other collateral benefits:

- ✓ *It keeps the overall view of the project with its main dynamics.* This avoids to focus on poor details and, thus, to neglect uncertainties that really matter.
- ✓ *The obsolescence of input data is limited.* The major speed of the procedure limits the possibility that input data become out of date, as they may change from the moment they are collected to the moment of the results (situation that would strongly undervalue the analysis).
- ✓ *A register of historical data can be easily used and managed,* since there are only a few important uncertainties to register²².

It seems there are no particular obstacles to apply the FastModelQRA in different kind of projects: a reasonably simple model of the project can be sufficient to execute the QRA also in other business realities, particularly in the front end phase of the project, when uncertainty is very high and the information is limited.

The FastRiskQRA would allow a lower effort in the elicitation of information: to give an idea, it would require the probabilistic information relative to approximately 5-10 risks, 10-20 uncertainties on duration estimates and 5-10

²² A register of historical data represents a very useful tool for the Risk Analyst to evaluate the reliability of the probabilistic information provided by experts.

uncertainties on cost estimates compared to the 10-20, 40-90, 30-80 of a traditional QRA. Considering Project A, despite of this drastic reduction of the probabilistic data, the FastRiskQRA provided results very close to the ones of a traditional QRA, summarized in table 6.

Table 6 Project A: FastRiskQRA vs Traditional QRA, summary of results

	FastRiskQRA	Traditional QRA
<i>Amount of probabilistic information</i>	25% of the traditional QRA	
Project Duration		
<i>ΔP10 (quintile of order 0,1)</i>	0 d (0,0% of the remaining project duration ²³)	
<i>ΔP50 (quintile of order 0,5)</i>	1 d (0,1% of the remaining project duration)	
<i>ΔP90 (quintile of order 0,9)</i>	2 d (0,3% of the remaining project duration)	
<i>ΔProb(det)</i>	-3%	
<i>Index of Comparison</i>	86%	100%
Project Cost		
<i>ΔP10 (quintile of order 0,1)</i>	0,2 MUSD (1,3% of the remaining project cost ²⁴)	
<i>ΔP50 (quintile of order 0,5)</i>	0,5 MUSD (3,2% of the remaining project cost)	
<i>ΔP90 (quintile of order 0,9)</i>	0,3 MUSD (1,9% of the remaining project cost)	
<i>ΔProb(det)</i>	0%	
<i>Index of Comparison</i>	94%	100%

The choice to select this particular amount of uncertainties comes from a sophisticated analysis executed on Project A itself. This analysis consisted in the realization many FastRiskQRAs by changing the amount of input risks and input uncertainties on estimates and then studying their output looking at the values assumed by the Index of Comparison (figure 7 and figure 8). The key to understand the two graphs is the following: each colored curve represents the variation of the Index of Comparison (y-axis), varying the percentage of input uncertainties on estimates (x-axis) for a determined percentage of risk events (colors of the curves).

²³ Remaining duration = Total base duration – Actual duration.

²⁴ Remaining cost = Total base cost – Actual cost.

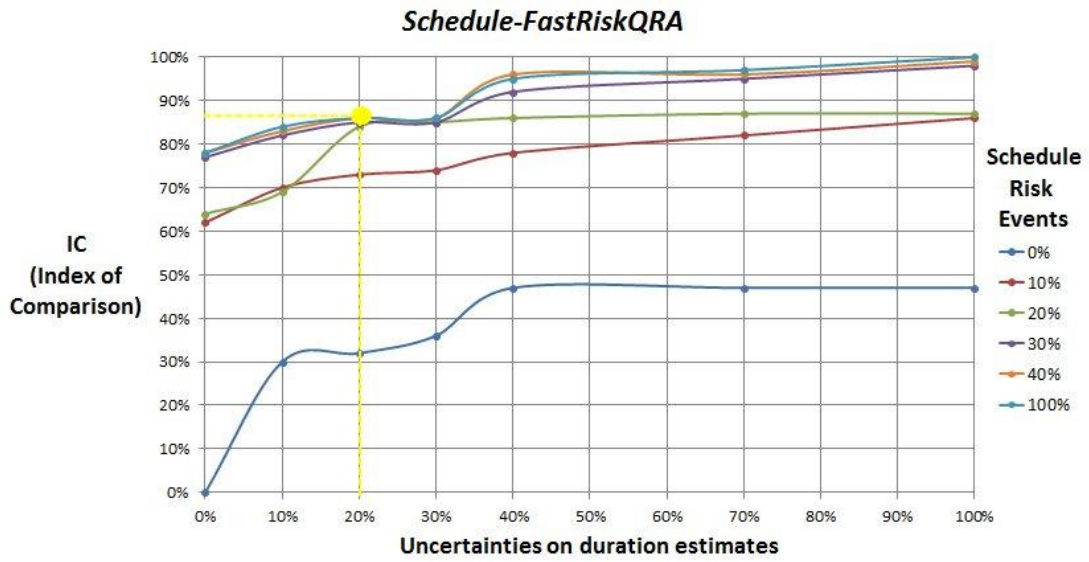


Figure 7 Project A, schedule-FastRiskQRA as a function of input uncertainty

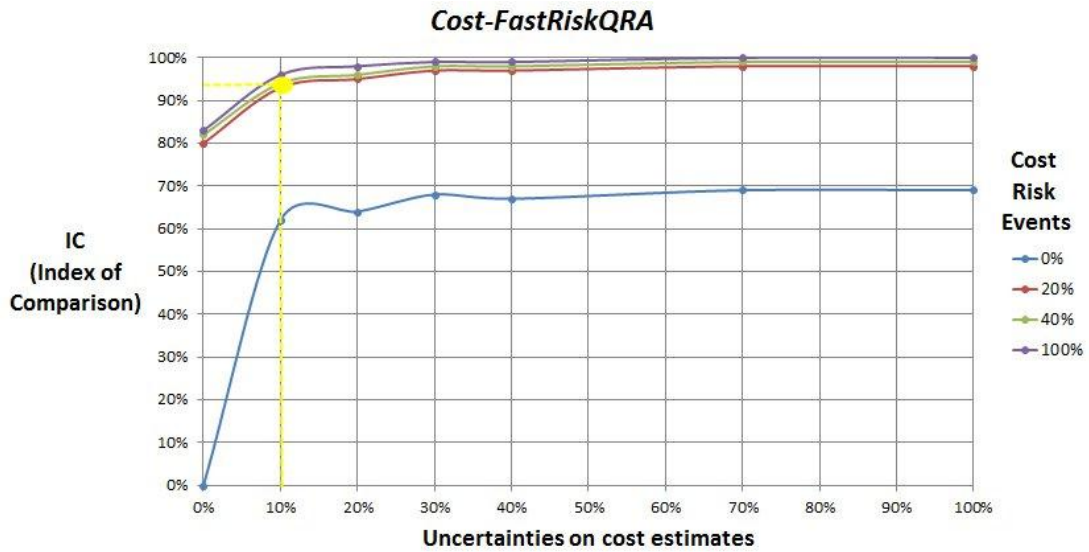


Figure 8 Project A, cost-FastRiskQRA as a function of input uncertainty

The previous results in table 6 refer to the FastRiskQRA represented by a yellow circle in figures 7 and 8. That point has been chosen as a good solution for managing the trade-off between the reduction of probabilistic data and the matching of the results. This solution considers the 40% of schedule risks, the 20% of uncertainties on duration estimates, the 40% of cost risks and the 10% of uncertainties on cost estimates. The conclusion about the absolute amount of risks and uncertainties on estimates to consider comes from these percentages (table 7).

Table 7 Amount of risks and uncertainties on estimates to consider in the FastRiskQRA

	Traditional QRA		Percentage to consider	FastRiskQRA
<i>Amount of risks</i>	10-20	*	40%	≈ 5-10
<i>Amount of uncertainties on duration estimates</i>	40-90	*	20%	≈ 10-20
<i>Amount of uncertainties on cost estimates</i>	30-80	*	10%	≈ 5-10

These results derived from the analysis on Project A, but it does not mean that they are valid also for other projects. This consideration has been confirmed by the results of the FastRiskQRA on Project B (table 8) executed considering exactly 5-10 risks, 10-20 uncertainties on duration estimates, 5-10 uncertainties on cost estimates. From these results emerges that there are some problems in determining the variability of the total project cost. That happens because taking into consideration the uncertainties (and the correlations) of 5-10 cost items cannot be the rule. Better results could have been reached with more flexibility.

Table 8 Project B: FastRiskQRA vs Traditional QRA, summary of results

	FastRiskQRA	Traditional QRA
<i>Amount of probabilistic information</i>	39% of the traditional QRA	
Project Duration		
<i>ΔP10 (quintile of order 0,1)</i>	7 d (0,8% of the expected project duration)	
<i>ΔP50 (quintile of order 0,5)</i>	10 d (1,2% of the expected project duration)	
<i>ΔP90 (quintile of order 0,9)</i>	15 d (1,7% of the expected project duration)	
<i>ΔProb(det)</i>	-1%	
<i>Index of Comparison</i>	89%	100%

	FastRiskQRA	Traditional QRA
Project Cost		
$\Delta P10$ (quintile of order 0,1)	8,3 MUSD (1,1% of the expected project cost)	
$\Delta P50$ (quintile of order 0,5)	35,4 MUSD (4,9% of the expected project cost)	
$\Delta P90$ (quintile of order 0,9)	71,5 MUSD (9,8% of the expected project cost)	
$\Delta Prob(det)$	-8%	
Index of Comparison	50%	100%

The analysis on Project A (figures 7 e 8) and the results in tables 6 and 8 do not aim to establish an optimal absolute amount of risks and uncertainties on estimates to consider, that would be pretty unreliable, rather they want to make clear that it is not necessary to spend time on quantifying all the input uncertainty to execute a QRA, but considering only the major risks, the major uncertainties on estimates and the major correlations, independently to how the order of importance can be established, it is possible to get results very close to the ones of a traditional QRA. This last consideration is extendible to every project, in different business realities, because the major part of uncertainty is usually determined by few risks, few uncertainties on estimates and few correlations. The procedure characterizing the FastRiskQRA can be used as a support to determine this small but determinant part of uncertainty.

If constructed with experience and good judgment the FasRiskQRA would allow:

- *A slight reduction in the effort:* a slight saving of time (about 15%) coming from the reduction of probabilistic data to collect, enter into the model and to update in a following phase. That would be a saving of time not comparable with the one achievable using the FastModelQRA, since the FastRiskQRA needs a detailed model to be constructed and updated.
- *A slight advantage in conditions of limited information:* only relevant probabilistic information needs to be quantified. It represents an advantage in limited information because the effort can be concentrated on getting only a few details. But the root cause of the problem is not solved, since the FastRiskQRA still needs a detailed model.

The VeryFastQRA obtained using the entire procedure characterizing the FastRiskQRA (steps 1-4) does not make too much sense, as it is built on a simplified project model and the amount of probabilistic information has already been strongly reduced. The advice is to apply the procedure characterizing the FastRiskQRA just to reduce the risks to quantify (step 1), without proceeding with the reduction of the uncertainties on estimates and correlations. The steps 2 and 3, in fact, do not guarantee to consider all the relevant uncertainties on estimates: very uncertain activities lying far from the critical path and unexpectedly uncertain costs might be neglected. Moreover the step 4 does not consider that many little correlations might have together a relevant effect.

In this proposal the VeryFastQRA is very similar to the FastModelQRA, with the unique difference that only 5-10 risks are considered instead of 10-20. The results of the VeryfastQRA applied on Project B are summarized in table 9 and they are substantially the same of the ones achieved by the FastModelQRA.

Table 9 Project B: VeryFastQRA vs Traditional QRA, summary of results

	VeryFastQRA	Traditional QRA
<i>Amount of project elements</i>	14% of the traditional QRA	
<i>Amount of probabilistic information</i>	40% of the traditional QRA	
Project Duration		
$\Delta P10$ (quintile of order 0,1)	31 d (3,6% of the expected project duration)	
$\Delta P50$ (quintile of order 0,5)	43 d (5,0% of the expected project duration)	
$\Delta P90$ (quintile of order 0,9)	34 d (3,9% of the expected project duration)	
$\Delta Prob(det)$	-6%	
<i>Index of Comparison</i>	70%	100%
Project Cost		
$\Delta P10$ (quintile of order 0,1)	- 5,8 MUSD (-0,8% of the expected project cost)	
$\Delta P50$ (quintile of order 0,5)	6,3 MUSD (0,9% of the expected project cost)	
$\Delta P90$ (quintile of order 0,9)	26,7 MUSD (3,6% of the expected project cost)	
$\Delta Prob(det)$	2%	
<i>Index of Comparison</i>	83%	100%

The similarity between the VeryFastQRA and the FastModelQRA can be easily verified looking at figure 9, figure 10 and table 10, where the results of the FastModelQRA, the FastRiskQRA and the VeryFastQRA applied on Project B are compared.

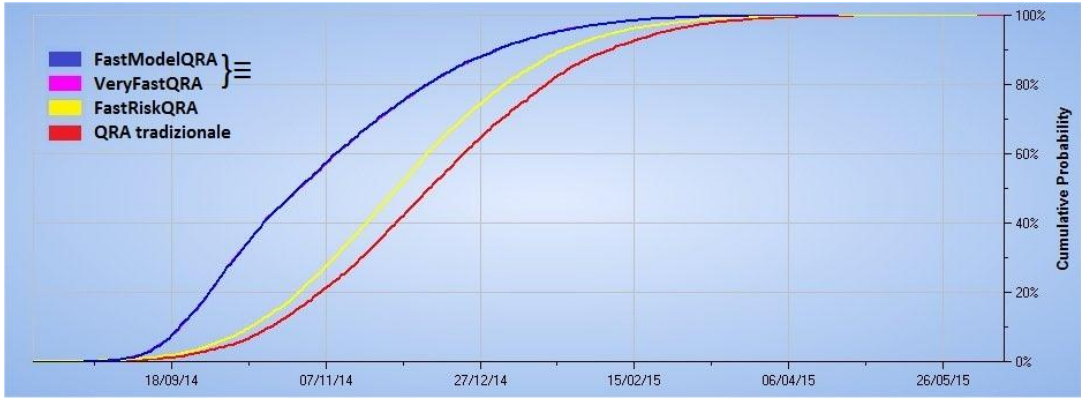


Figure 9 Project B, schedule risk: FastModelQRA, FastRiskQRA, VeryFastQRA vs Trad. QRA

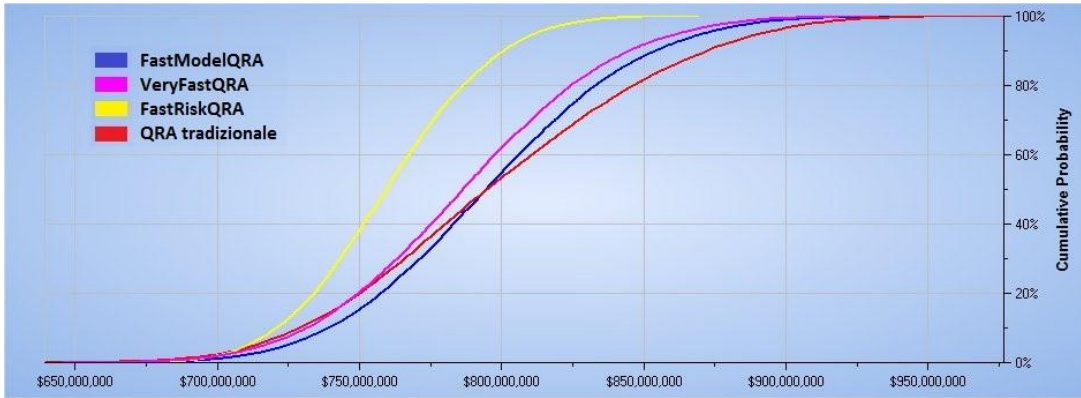


Figure 10 Project B, cost risk: FastModelQRA, FastRiskQRA, VeryFastQRA vs Trad. QRA

Table 10 Project B: FastModelQRA, FastRiskQRA, VeryFastQRA vs Traditional QRA

	FastModelQRA	FastRiskQRA	VeryFastQRA
<i>Amount of project elements (divided by the amount of project elements in the traditional QRA)</i>	14%	100%	14%
<i>Amount of probabilistic information (divided by the amount of probabilistic information in the traditional QRA)</i>	53%	39%	40%
Project Duration			
<i>ΔP10 / Expected Project Duration</i>	3,6%	0,8%	3,6%
<i>ΔP50 / Expected Project Duration</i>	5,0%	1,2%	5,0%
<i>ΔP90 / Expected Project Duration</i>	3,8%	1,7%	3,9%
<i>ΔProb(det)</i>	-5%	-1%	-6%
<i>Index of Comparison</i>	71%	89%	70%
Project Cost			
<i>ΔP10 / Expected Project Cost</i>	-1,5%	1,1%	-0,8%
<i>ΔP50 / Expected Project Cost</i>	0,1%	4,9%	0,9%
<i>ΔP90 / Expected Project Cost</i>	2,8%	9,8%	3,6%
<i>ΔProb(det)</i>	4%	-8%	2%
<i>Index of Comparison</i>	89%	50%	83%

The final judgment is that the VeryFastQRA is the best solution achieved, which through the use of aggregated and relevant information can describe the variability of project cost and duration. In this case the four-steps procedure characterizing the FastRiskQRA can become an “integration tool” rather than an “exclusion tool”, namely it can offer a support to understand which risks and which uncertainties on estimates deserve the major effort in their quantification, without making any exclusion. Furthermore, taking into consideration 5-10 risks does not necessarily mean to neglect the remaining: they can be included into the infinite circumstances behind the uncertainty on estimate of parameters.

The proposed solution brings the benefits of both the FastModelQRA and the FastRiskQRA, making the QRA an effective, quick and affordable procedure, even applicable in a condition of limited detailed information.

Conclusion

This thesis focuses on the Quantitative Risk Analysis (QRA) using Monte Carlo simulation, for determining the overall project risk in terms of project duration and cost variability. The application limits of the QRA have been explored, understanding if it is possible to extend the use of the QRA to a broader number of projects and make it applicable also in the very preliminary phase of a project, when it is difficult to get detailed information.

In order to reach this goal two drivers have been identified: *the construction of a simplified model of the project* from which to start to execute the QRA and the *reduction of the probabilistic data* to collect and enter into the model.

In the first phase it has been shown how can be possible to get good results through a rational simplification of the project model instead of using a detailed model. The main advantage has been a strong reduction of the effort to construct the model and to collect the probabilistic data, as the uncertainties are associated to a few data (aggregated activities and aggregated costs). Furthermore, the simplification of the project model takes advantage in condition of limited information, when is better to manage aggregates than details.

In the second phase the main topic has been the data collection. It has been explained that in the execution of the QRA is convenient to quantify the project uncertainty in terms of “risk events” when possible and in terms of “uncertainties on estimate of parameters” when it cannot be possible to focus on the infinite circumstances behind and, thus, it is necessary to focus on their effect (the uncertainty on estimates). Starting from the detailed model of a project, it has been shown that the risks and the uncertainties on estimates “that matter” represent a fraction of the total input uncertainty. In order to determine this fraction of uncertainty before the execution of the QRA, a four-steps procedure has been proposed, which allows to identify the major risks, the major uncertainties on estimates and the major correlations. On one hand, the quantification of a few probabilistic data would permit a slight advantage in affordability of the QRA (lower effort); on the other hand, it would take another slight advantage in its applicability with limited information (a few probabilistic data need to be quantified).

In conclusion a final proposal has been provided to execute a quick quantitative risk analysis (FastQRA), which enables to exploit the results obtained in both the

previous two phases. Referring to those companies managing projects similar to those considered in this work, the proposal consists in:

- ✓ Building a simplified project model composed by a schedule of 15-25 macro-activities and 20-30 macro-costs;
- ✓ Quantifying with accuracy 5-10 major risk events (about the 20% of all the risks identified and listed in the Risk Register) selected from the qualitative risk analysis, for instance using the Probability-Impact matrix;
- ✓ Quantifying the remaining uncertainty in terms of uncertainties on estimates of parameters (and direct correlations), referring to each macro-activity and to each macro-cost of the simplified model and focusing on the major ones²⁵.

Generalizing to all business realities, regardless of the type of project, the following advices should be used to execute a FastQRA:

- ✓ Evaluate if the project model is sufficiently simplified, as a rational simplification of the model may lead to results very close to the ones achieved using a detailed model;
- ✓ Select and quantify only a few relevant risks and put the main effort on their accurate quantification, as generally a few risks have the main impact on the overall project risk.
- ✓ Quantify the remaining uncertainty in terms of uncertainties on estimates of parameters (and direct correlations), referring to each macro-activity and to each macro-cost of the simplified model and focusing on the major ones²⁶.

Using this approach the QRA would become a process much faster but still accurate, applicable even in conditions of limited information. This would enable to perform a quantitative analysis in terms of Monte Carlo simulation on many other cases, using the same resources. In addition, due to the simplification of the QRAs of the single projects, it would be possible to think about a “portfolio QRA” which includes in the model a set of interdependent projects instead of one, but the application of this possibility is left for a future research.

²⁵ The last three steps of the four-steps procedure characterizing the FastRiskQRA can be used to select the most relevant uncertainties on estimates (and direct correlations).

²⁶ See note 25.

Table 11 summarizes the advantages and the disadvantages to use the FastQRA proposed.

Table 11 Advantages and disadvantages of the FastQRA proposed

Advantages	Disadvantages
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Results similar to a traditional QRA, despite of the lower effort in the first-time execution and in the updating process. ▪ Applicability in conditions of limited detailed information, typical in the front-end phase of a project. ▪ It keeps the general view of the project, avoiding the focus of details that do not matter. This allows the Risk Analyst to avoid irresponsible errors due to the oversight of important uncertainties. ▪ Usually it is easier and more accurate to make forecasts basing on aggregated data, instead of making prediction basing on unreliable detailed data. ▪ A register of historical data can be easily used and managed, since there are only a few important uncertainties to register. ▪ The obsolescence of input data is limited due to the fastness of the process. ▪ The emphasis is on the accurate quantification of the major risks and major uncertainties on estimates. ▪ Possibility to implement a “Portfolio QRA” which includes in the model a set of interdependent projects instead of one. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ It may be difficult to set the links among the macro-activities during the construction of the simplified project model. ▪ Some effectiveness of the time-cost integrated approach is lost, since some “time-dependent costs” must be transformed in “time independent costs” because they depend on the duration of single activities and not on the duration of aggregated activities. ▪ The analysis might appear not enough credible because behind forecasts on aggregated data there might be some calculations or evaluations not immediately evident and justifiable. ▪ It might be difficult to determine the impact of a risk on aggregated activities. ▪ Correlations among activity durations and costs might result not as evident as in a detailed model.

INTRODUZIONE

L'esperienza di stage presso il dipartimento Vask (Value & Risk) in Eni E&P (Exploration & Production) mi ha offerto lo spunto per la stesura della seguente tesi di laurea. Il dipartimento si occupa dell'intero processo di gestione dei rischi (identificazione, analisi, pianificazione delle risposte, monitoraggio e controllo) per i cosiddetti progetti di sviluppo, ossia quei grandi progetti di ingegneria per la messa in produzione di giacimenti petroliferi o di gas naturale. Tuttavia, si è convinti che molte delle considerazioni presenti all'interno di questo elaborato siano estendibili anche ad altre realtà aziendali, poiché il contributo è prettamente di carattere procedurale più che contenutistico.

Tra le varie fasi del processo di gestione dei rischi in un contesto di Project Management ci si è focalizzati sulla fase di analisi, ossia il processo di valutazione finalizzato a comprendere la dimensione dei rischi legati alla realizzazione di un progetto. Nel dipartimento, come del resto nella letteratura più moderna del Project Risk Management, si sono consolidate due tecniche di analisi dei rischi: l'analisi qualitativa e l'analisi quantitativa. L'analisi qualitativa consente di valutare le caratteristiche chiave dei singoli rischi identificati e di classificarli al fine di avere un supporto per azioni successive, come la pianificazione delle risposte o l'analisi quantitativa. L'analisi quantitativa, in gergo *QRA (Quantitative Risk Analysis)*, invece, valuta il cosiddetto *rischio complessivo di progetto*, definito come l'effetto combinato dei rischi e di altre sorgenti di incertezza sugli obiettivi del progetto (tipicamente tempi e costi). E' sull'analisi quantitativa che si concentra il lavoro di tesi.

Il quadro di riferimento, perciò, si è ristretto alle tecniche di analisi quantitativa per valutare il rischio complessivo di progetto in termini di variabilità della durata e del costo totale del progetto (*project schedule risk* e *project cost risk*). Tra di esse spicca la *simulazione Monte Carlo*, internazionalmente riconosciuta come best practice nel Project Risk Management. Attraverso l'uso di software specifici, la simulazione Monte Carlo consente di rispondere, tra le altre, a tre domande chiave:

- ✓ Con che probabilità il progetto finirà entro una certa data o un determinato costo?

- ✓ Quali sono i singoli rischi e le singole attività che più incidono sulla variabilità della durata e del costo totale del progetto, per i quali si possono rendere necessarie azioni di mitigazione?
- ✓ Qual è il livello della riserva di contingency da aggiungere al costo di baseline per rendere accettabile il rischio di superamento del budget totale del progetto?

In linea teorica sarebbe ideale riuscire a rispondere a queste domande per tutti i progetti del portafoglio, in particolare per quelli in fase di *front-end*, quando si tratta di decidere se finanziare o meno il progetto e, in caso affermativo, di determinare il budget totale che gli deve essere riservato. In realtà questo non succede perché la realizzazione della simulazione Monte Carlo, anche con software alla mano e competenze necessarie a disposizione, richiede uno sforzo considerevole e l'utilizzo delle risorse non sempre è giustificato dall'utilità del suo output. Inoltre, la simulazione Monte Carlo richiede tradizionalmente un modello costituito da molti elementi di dettaglio (attività e voci di costo), con associate informazioni probabilistiche anch'esse di dettaglio, il che rappresenta un altro limite della simulazione Monte Carlo, poiché nella fase di front-end del progetto potrebbe risultare difficoltoso (e talvolta impraticabile) reperire informazioni dettagliate.

Resta il fatto che, se non fosse per questi punti di debolezza, farebbe comodo estendere l'applicazione della simulazione Monte Carlo a un numero maggiore di progetti e applicarla il prima possibile nelle loro fasi preliminari. La domanda cui la tesi vuole rispondere è ormai chiara:

“E’ possibile semplificare, economizzare e rendere applicabile la QRA (simulazione Monte Carlo) anche in fase preliminare di un progetto, quando le informazioni di dettaglio non si conoscono o sono difficilmente reperibili?”

Le leve sulle quali agire sono due:

- la *costruzione di un modello semplificato del progetto*;
- la *riduzione dei dati probabilistici* da raccogliere ed inserire nel modello.

In altri termini, si vuole dimostrare che attraverso ***l'utilizzo di poche informazioni aggregate e rilevanti*** è possibile rispondere in modo affermativo alla domanda sovraesposta.

- *La costruzione di un modello semplificato del progetto*, in un approccio che integri l'analisi di tempi e costi in un unico modello (*integrated cost-*

schedule risk analysis), comprende la costruzione di un *reticolo semplificato del progetto* e l'elaborazione di un *elenco semplificato delle voci di costo* da associare alle attività del reticolo.

- *La riduzione dei dati probabilistici* consiste, invece, nella quantificazione di soltanto quella parte di incertezza che può avere una sostanziale influenza sugli obiettivi del progetto (tempi e costi), trascurando la parte restante.

Il piano di lavoro per realizzare una QRA (simulazione Monte Carlo) che risponda alle esigenze di economicità ed estendibilità alla fase preliminare dei progetti – definita sinteticamente “*FastQRA*” – si è suddiviso in tre fasi, corrispondenti a tre livelli di semplificazione, derivanti dall'uso più o meno combinato delle due leve:

- Nella prima fase si spinge al limite la semplificazione del modello del progetto, costruito prendendo in considerazione attività aggregate (macro-attività) e costi aggregati (macro-costi). Questo processo di aggregazione, oltre a consentire un minore sforzo nella costruzione del modello, permette anche una riduzione complessiva dei parametri del progetto, con la conseguente riduzione dei dati probabilistici da raccogliere ad essi associabili. La QRA realizzata semplificando il modello del progetto sarà denominata “*FastModelQRA*”.
- Nella seconda fase del lavoro ci si occupa della riduzione dei dati probabilistici senza semplificare il modello del progetto: sarà illustrata una procedura che permette di prendere in considerazione soltanto i rischi, le incertezze di stima e le correlazioni più rilevanti. In questo caso la raccolta delle informazioni probabilistiche si concentra su pochi dati di dettaglio rilevanti, trascurando i meno importanti. La QRA realizzata seguendo tale procedura sarà denominata “*FastRiskQRA*”.
- Nella terza fase si applicano contemporaneamente la *FastModelQRA* (semplificando il modello del progetto) e la *FastRiskQRA* (riducendo ancora di più il numero di dati probabilistici). Il risultato è un'ulteriore semplificazione della QRA, che si basa sull'uso di poche informazioni aggregate e rilevanti. A questo livello la QRA sarà denominata “*VeryFastQRA*”.

Queste tre fasi sono studiate dal punto di vista metodologico nel quinto capitolo e applicate nel sesto capitolo. Il primo capitolo offre un quadro di riferimento dal punto di vista letterario dalla definizione di “rischio”, “incertezza” e “rischio complessivo di progetto”, fino ad esplorare le tecniche di analisi dei rischi, con particolare focus sulla matrice Probabilità-Impatto e la simulazione Monte Carlo.

Nel secondo capitolo si descrive il contesto aziendale nel quale si è operato, dapprima fornendo un quadro generale di Eni E&P, successivamente offrendo i caratteri generali sul funzionamento del dipartimento di gestione dei rischi. Nel terzo capitolo si fornisce la descrizione di come può essere eseguita una QRA all'avanguardia tramite un approccio integrato (tempi e costi nello stesso modello di simulazione). Il quarto capitolo descrive le caratteristiche e i limiti della “*QRA tradizionale*”, ossia la simulazione Monte Carlo realizzata senza le semplificazioni proposte.

Mentre i primi quattro capitoli costituiscono il “blocco introduttivo”, il quinto capitolo costituisce il “blocco metodologico” e, infine, il sesto capitolo rappresenta il “blocco applicativo”. Per finire si traggono le conclusioni del lavoro compiuto.

1. STATO DELL'ARTE

1.1. Le definizioni di rischio, incertezza e rischio complessivo di progetto

Un dibattito tuttora aperto in letteratura riguarda le definizioni di rischio e incertezza e il loro legame. Risulta utile fare chiarezza sull'argomento per definire la terminologia che si utilizzerà nel corso dei prossimi capitoli.

Forse, la definizione più chiara e completa di *rischio* la fornisce il Project Management Institute: “un evento o condizione incerta che, se si dovesse verificare, avrebbe un effetto positivo o negativo sugli obiettivi del progetto” (PMI, 2008).

I rischi di un progetto, dunque, sono intesi con l'accezione di “eventi”. E' per sottolineare questa caratteristica che diversi autori prediligono il termine “risk events” piuttosto che parlare generalmente di “rischi”. Altri autori, invece, utilizzano l'espressione “rischi individuali” (individual risks) per mettere enfasi sul fatto che i rischi possono essere identificati e trattati come singoli.

Dalla definizione PMI (2008) emerge anche la distinzione tra “rischio negativo” (threat) e “rischio positivo” (opportunity) a seconda delle conseguenze sugli obiettivi del progetto (e.g. tempo, costo, scopo, qualità). L'importanza di gestire i rischi positivi al pari dei rischi negativi è universalmente riconosciuta in letteratura (Hillson, 2004; Olsson, 2007; OSPMI, 2007; PMI, 2009; ecc.). Tipicamente i rischi negativi superano quelli positivi sia in termini di quantità, sia in termini di entità delle conseguenze.

In un progetto per l'estrazione del petrolio esempi di possibili rischi sono: la mancata approvazione dei partner dell'esecuzione del progetto, il maltempo, il ritrovamento di materiali dannosi nel sottosuolo, ecc.

L'*incertezza*, nel suo significato letterale di “mancanza di certezza”, si può manifestare sia sotto forma di *rischio* (evento incerto), sia sotto forma di *incertezza di stima parametri*. Come si vedrà nel prossimo capitolo, per eseguire un'analisi

quantitativa all'avanguardia che consenta di determinare l'incertezza complessiva del progetto, occorre trattare le incertezze in termini di "rischi" laddove possibile e trattare le incertezze in termini di "incertezze di stima" quando non è possibile mettere a fuoco la miriade di circostanze sottostanti e, pertanto, si sposta l'attenzione sul loro impatto complessivo (la variabilità della stima dei parametri).

In un contesto aziendale, per definire l'incertezza di stima dei parametri spesso si usa semplicemente il termine "incertezza" (uncertainty) riferendosi al suo significato statistico: la variabilità per la quale un valore puntuale stimato potrebbe discostarsi dal valore reale. L'espressione "*duration uncertainty*" (o *uncertainty on duration estimate*) indica l'incertezza che si riferisce alla stima di una durata, mentre "*cost uncertainty*" (o *uncertainty on cost estimate*) indica l'incertezza riguardante la stima di un costo²⁷.

Esempi di incertezze di stima (non riconducibili a eventi specifici sottostanti) sono l'incertezza della stima del prezzo delle materie prime, del tasso di cambio, della durata di un'attività di cui non si conosce esattamente la produttività del lavoro, la durata o il costo di un'attività mai effettuata in precedenza, ecc.

Per evitare fraintendimenti, quando si userà il termine "incertezza" senza ulteriori specificazioni, si farà riferimento al suo significato generale di "mancanza di certezza" e non al suo significato statistico di "incertezza di stima".

L'effetto combinato delle incertezze così definite sul progetto viene definito **rischio complessivo di progetto** (*overall project risk*), che rappresenta l'incertezza associata all'intero progetto e viene definito come l'esposizione degli stakeholders alle conseguenze di variazioni nel risultato del progetto (APM, 2004; Hillson & Simon, 2007; PMI, 2009; ecc.). Il concetto di rischio complessivo di progetto nasce dall'idea che non è possibile "sommare" tutti i rischi (eventi individuali) che interessano un progetto per valutarne la rischiosità complessiva, ma risulta necessario considerare il loro effetto combinato con altre sorgenti di incertezza sugli obiettivi del progetto stesso (Hillson & Simon, 2007). In linea teorica, per definire quanto un progetto sia rischioso nel suo complesso, si dovrebbe tenere conto dell'incertezza legata a tutti i possibili obiettivi, come tempi, costi, ritorno economico, scopo, qualità, impatto sociale, ambientale, strategico e reputazionale. In realtà, quando si parla di rischio complessivo di progetto, si fa riferimento all'effetto congiunto dell'incertezza su pochi obiettivi di interesse, lasciando la

²⁷ Terminologia utilizzata anche nel software Primavera Risk Analysis (versione 8.7) e in Hulett, 2011.

valutazione dell'effetto sugli altri obiettivi a una trattazione a livello di rischio individuale (i.e. ogni singolo rischio impatta in un certo modo sugli obiettivi). In questo lavoro di tesi si trattano progetti per cui risulta particolarmente importante valutare il rischio complessivo di progetto con riferimento agli obiettivi di tempo (*project schedule risk*) e di costo (*project cost risk*), ossia in termini di variabilità della durata e del costo totale del progetto.

Come si vedrà in seguito, lo scopo principale dell'analisi quantitativa è quello di valutare il rischio complessivo del progetto. In particolare, la simulazione Monte Carlo può consentire tramite un approccio integrato di valutare simultaneamente il *project schedule risk* e il *project cost risk*, come effetto combinato di tutte le incertezze che caratterizzano il progetto. L'analisi qualitativa, invece, ha lo scopo di valutare i rischi individualmente.

Di seguito viene riportato un breve glossario dei termini fin qui emersi, che potrebbero ricorrere nel seguito.

- ***Incerteza*** (*uncertainty*) = mancanza di certezza, che si può manifestare sia sotto forma di “rischio”, sia sotto forma di “incerteza di stima dei parametri”.
- ***Rischio*** (*risk*) o ***risk event*** o ***rischio individuale*** (*individual risk*) = un evento o condizione incerta che, se si dovesse verificare, avrebbe un effetto positivo o negativo sugli obiettivi del progetto.
- ***Incerteza di stima*** (*uncertainty on estimate*) = la variabilità per la quale un valore puntuale stimato potrebbe discostarsi dal valore reale. Se l'incerteza è relativa alla stima della durata di un'attività si parla di ***duration uncertainty*** (o *uncertainty on duration estimate*), se è relativa alla stima di un costo si parla di ***cost uncertainty*** (o *uncertainty on cost estimate*).
- ***Rischio complessivo del progetto*** (*overall project risk*) = esposizione degli stakeholders alle conseguenze di variazioni nel risultato del progetto. Rappresenta l'incerteza associata all'intero progetto, determinata dall'effetto combinato di rischi e incertezze di stima sugli obiettivi del progetto. Si parla di ***project schedule risk*** per definire la possibilità di mancato raggiungimento degli obiettivi di durata e di ***project cost risk*** per definire la possibilità di mancato raggiungimento degli obiettivi di costo.

La figura 1.1 chiarifica ulteriormente il legame tra rischio e incerteza: i rischi sono una manifestazione d'incerteza che, insieme con altre forme d'incerteza traducibili in incertezze di stima parametri, vanno a determinare il rischio

complessivo del progetto. La freccia tra “rischi” e “incertezze di stima parametri” indica che un rischio, oltre a rappresentare una forma di incertezza in quanto “evento incerto”, in un certo senso costituisce anche una sorgente di incertezza, perché l’effetto di un rischio, in fin dei conti, è quello di alterare la stima di uno o più parametri.

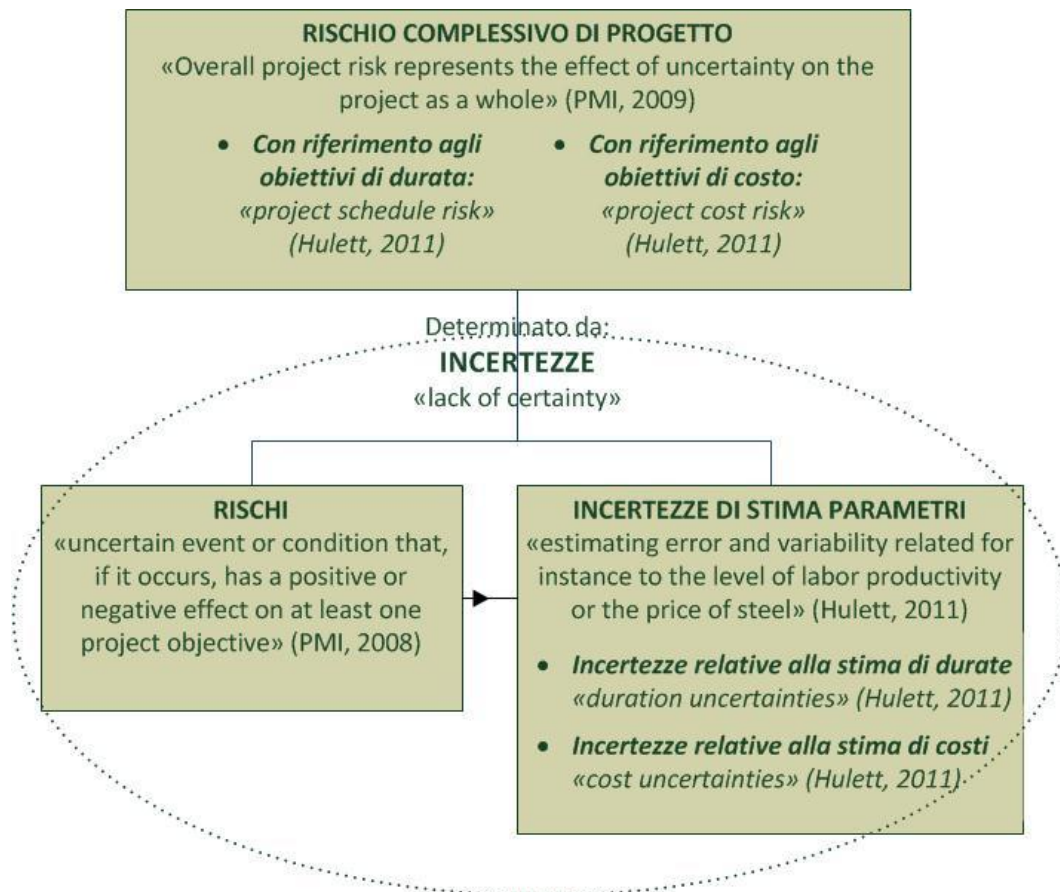


Figura 1.1 Legame tra rischio e incertezza

1.2. L'analisi dei rischi

PMI (2008) mostra le tipiche fasi del processo di gestione dei rischi di progetto:

- Fase 1) Pianificazione del processo (risk management planning)
- Fase 2) Identificazione dei rischi (risk identification)
- Fase 3) Analisi qualitativa dei rischi (qualitative risk analysis)
- Fase 4) Analisi quantitativa dei rischi (quantitative risk analysis)
- Fase 5) Pianificazione delle risposte al rischio (risk response planning)
- Fase 6) Monitoraggio e controllo dei rischi (risk monitoring and control)

L'analisi dei rischi, oggetto del lavoro, comprende la terza e la quarta fase nel processo sopraelencato. PMI (2009) fornisce una descrizione sintetica di entrambe:

“Qualitative techniques are used to gain a better understanding of individual risks, considering a range of characteristics such as probability of occurrence, degree of impact on project objectives, manageability, timing of possible impacts, relationships with other risks, common causes or effects ecc.”

“Quantitative techniques provide insights into the combined effect of identified risks on the project outcome by taking into account probabilistic or project-wide effects, such as correlation between risks, interdependency, and feedback loops, thereby indicating the degree of overall risk faced by the project.”

La principale differenza tra *qualitative risk analysis* e *quantitative risk analysis* è che l'analisi qualitativa consente di stimare direttamente i parametri di valutazione dei rischi individuali²⁸, ma non considera l'effetto combinato dei rischi su uno o più obiettivi del progetto e, quindi, non permette di valutare il rischio complessivo di progetto. Tale risultato può essere raggiunto soltanto attraverso l'uso di tecniche di analisi quantitativa.

²⁸ I tipici parametri di valutazione di un rischio individuale sono la probabilità di accadimento e l'impatto sui principali parametri di progetto (tempo, costo, scopo, qualità). Altri parametri utilizzati sono: l'impatto sociale, economico, strategico, ambientale e reputazionale. Hillson (2004) suggerisce una serie di altri parametri: gestibilità (controllabilità), familiarità (esperienza, conoscenza, competenze), frequenza (ripetibilità in un dato periodo di tempo), urgenza (prossimità temporale). Inoltre, è generalmente riconosciuta l'importanza di valutare un rischio in relazione ad altri rischi: correlazioni, presenza di sorgenti ed effetti comuni.

Una seconda differenza riguarda la finalità della valutazione: l'analisi qualitativa consente di capire la dinamica dei rischi individuali, di classificarli e di prioritizzarli, al fine di offrire un punto di partenza per la pianificazione delle risposte e per favorire la quantificazione dei rischi in un'eventuale analisi quantitativa successiva. L'analisi quantitativa, invece, consente di stimare la probabilità di rispettare gli obiettivi progettuali e permette di determinare la riserva di contingency necessaria per far sì che tale probabilità sia di un livello adeguato. Anche l'analisi quantitativa genera un ordine di priorità tra i rischi, suggerendo con maggiore precisione al Risk Analyst quali sono i rischi maggiori che occorre mitigare.

La terza grande differenza riguarda lo sforzo di realizzazione: mentre l'analisi qualitativa è ormai diventata un must per una gestione dei rischi di successo, una valutazione quantitativa richiede risorse che non sempre ne giustificano lo svolgimento. In proposito, Hillson & Simon (2007) suggeriscono di riservare l'analisi quantitativa ai soli progetti di grandi dimensioni o ad alto rischio, per i quali le risorse investite possono essere giustificate. E' proprio su quest'ultima differenza che si vuole agire: far sì che l'analisi quantitativa dei rischi diventi accessibile ad un numero più ampio di progetti affinché si possa avere un quadro di valutazione dei rischi completo per più progetti.

La tabella 1.1 riassume le tre principali differenze tra analisi qualitativa e analisi quantitativa dei rischi.

Tabella 1.1 Differenze tra analisi qualitativa e quantitativa

Analisi qualitativa	Analisi quantitativa
Consente la valutazione dei rischi individuali.	Consente la valutazione di un gruppo combinato di rischi o del rischio complessivo di progetto.
E' finalizzata a stabilire un ordine di priorità tra i rischi individuali, funzionale alla determinazione del piano delle azioni di risposta e alla quantificazione dei rischi per un eventuale analisi quantitativa successiva.	E' finalizzata a determinare la probabilità di rispettare degli obiettivi e permette di determinare la riserva di contingency necessaria per far sì che tale probabilità sia di un livello adeguato. Permette anche di stabilire con più precisione un ordine di priorità tra i rischi.
Necessaria per una gestione dei rischi di successo.	Non sempre necessaria, dal momento che necessita di uno sforzo che non sempre ne giustifica l'esecuzione.

Si osserva, infine, che esiste un ponte tra analisi qualitativa (dei rischi individuali) e analisi quantitativa (del rischio complessivo del progetto): la quantificazione dei rischi individuali, ossia l'attribuzione di valori numerici (o distribuzioni di probabilità) ai parametri di valutazione di un rischio. In tal senso, la quantificazione dei rischi individuali rappresenta un requisito per l'analisi quantitativa, ma può anche semplicemente costituire un complemento per l'analisi qualitativa.

Williams et al. (2009) elencano le tecniche di analisi qualitativa e quantitativa dei rischi in circolazione come in tabella 1.2.

Tabella 1.2 Elenco di tecniche di analisi dei rischi

Technique	Type	Description
Bayesian Network	Quantitative	Graphical structure and set of conditional and unconditional probability distributions, as well as an algorithm for updating uncertainty based on evidence received overtime.
Cognitive maps and concept maps	Qualitative	Individual mind maps (cognitive map) or a mapping of a group's thoughts (concept map) about a particular situation or problem of interest.
Event trees, probability trees and decision trees	Quantitative	Diagram of a sequence of uncertain events where the chain or path through the tree represents a particular scenario. Mathematically solved using probability and utility theory.
Exercises	Qualitative	Event using role playing, physical system interactions and decision making in controlled environments intended to reflect possible real-world scenarios.
Failure Mode and Effect Analysis	Quantitative	Diagram that identifies sequences of events that lead to system failure, consequences of the failure modes and mitigating actions or counter-measures.
Fault Trees, success trees and attack trees	Quantitative	Graphical hierarchical tree structure where an undesirable event (called the top event) and the possible means for this top event to occur are analyzed using probabilities and Boolean algebra.
Influence diagrams and decision diagrams	Quantitative	Graphical representation and algorithm for analyzing the probabilistic relationships among factors relevant to a decision. Solved using graph and utility theory.

Technique	Type	Description
Monte Carlo simulation	Quantitative	Software that uses probability distributions, mathematical functional relationships and simulation to obtain a probability distribution of system or process outputs.
Multi-objective decision analysis	Quantitative	Mathematical technique for analyzing complex problems with multiple, conflicting objectives under uncertainty.
Probabilistic risk assessment	Quantitative	Graphical and mathematical techniques using probability distributions to assess system behavior and estimate the likelihood of unfavorable consequences (includes all probabilistic risk methods).
Project scheduling using PERT and CPM	Quantitative	Graphical scheduling methods to plan, schedule and control complex project. CPM (Critical Path Method) and PERT (Program Evaluation Review Technique) are two common techniques. Both can be done with Monte Carlo analysis.
Risk matrix (Likelihood-consequence matrix)	Qualitative	Matrix that categories risk using two dimensions: likelihood of occurrence and the potential consequences, given occurrence of the event.
Scenario analysis	Qualitative	Study that develops and analyzes uncertain future events (scenarios) using an internally consistent story about how events might unfold over time.
System dynamics	Quantitative	A simulation methodology for studying and managing complex dynamic feedback systems.

Ai fini di questo elaborato, si vedono nel dettaglio soltanto due di queste tecniche di analisi dei rischi: la *matrice Probabilità/Impatto* per effettuare l'analisi qualitativa e la *simulazione Monte Carlo* per effettuare l'analisi quantitativa.

La matrice Probabilità/Impatto

La matrice Probabilità/Impatto è il tipico strumento di Risk Management per definire la priorità tra i rischi individuali. Usando questa matrice (figura 1.2) è possibile identificare i rischi più importanti, cioè quelli con una maggiore probabilità di accadimento e una maggiore magnitudo dell'impatto sugli obiettivi del progetto. In genere, si utilizzano diversi colori sulla matrice per ottenere un

rating dei rischi (e.g. high-rosso, medium-giallo, low-verde). I rischi più importanti meritano maggiore attenzione nella pianificazione delle azioni in risposta ai rischi stessi.

		IMPACT										
		Threats					Opportunities					
		1	2	3	4	5	5	4	3	2	1	
PROBABILITY	5											
	4											
	3											
	2											
	1											

Figura 1.2 Matrice Probabilità/Impatto

I livelli della probabilità di accadimento e dell’impatto possono essere divisi sulla base di una scala del tutto qualitativa o sulla base di una scala numerica, oppure tramite una combinazione di entrambe. In genere l’impatto di un rischio si riferisce a un determinato project objective, si hanno cioè, diverse matrici Probabilità/Impatto per ciascuno degli obiettivi del progetto. E’ anche possibile mappare i rischi su una singola matrice attraverso l’uso di un determinato criterio, per esempio considerando come livello dell’impatto di un rischio il massimo tra gli impatti sui diversi project objectives.

La simulazione Monte Carlo

Lo strumento d’eccellenza per effettuare una QRA che consenta di determinare ed analizzare il “project schedule risk” e il “project cost risk” è la *simulazione Monte Carlo*, internazionalmente riconosciuta come best practice nel Project Risk Management, tanto è vero che i due termini (QRA e simulazione Monte Carlo) vengono utilizzati di frequente come sinonimi.

La simulazione Monte Carlo viene spesso preferita ad altre tecniche di analisi quantitativa (PERT, Alberi degli Eventi, ecc.) perché offre un grado di realismo

decisamente superiore e consente di rispondere con buona attendibilità a domande del tipo:

- ✓ Con che probabilità il progetto finirà entro una certa data o un determinato costo?
- ✓ Quali sono i singoli rischi e le singole attività che più incidono sulla variabilità della durata e del costo totale del progetto, per i quali si possono rendere necessarie azioni di mitigazione?
- ✓ Qual è il livello della riserva di contingency da aggiungere al costo di baseline per rendere accettabile il rischio di superamento del budget totale del progetto²⁹?

Un approccio comune è quello di condurre due analisi separate sui tempi e sui costi del progetto, ma questo non permette di tenere conto delle forti interdipendenze esistenti (e.g. se un'attività dura di più costa di più). Un approccio più innovativo consiste nell'integrazione dei due aspetti in un unico modello, per modellizzare le interdipendenze tra tempi e costi e riprodurre più verosimilmente una situazione reale (Hulett, 2011). E' bene premettere che in questo lavoro di tesi ci si serve dell'approccio integrato.

A partire da un modello di tempi e costi del progetto, la simulazione Monte Carlo riconosce gli elementi incerti (variabili aleatorie) descritti da una particolare distribuzione di probabilità specificata dal Risk Analyst. Monte Carlo riproduce il progetto molteplici volte, creando anche migliaia di progetti che potrebbero rappresentare quello reale. Per ciascuna iterazione e per ciascuna variabile aleatoria Monte Carlo seleziona casualmente un numero r compreso tra 0 e 1 usando un generatore di numeri casuali. Questo valore costituisce il valore di input della funzione inversa F^{-1} della distribuzione cumulata F che descrive la variabile aleatoria X presa in considerazione. L'output della funzione inversa è il valore che assume la tale variabile aleatoria X : $X = F^{-1}(r)$. Per ogni iterazione Monte Carlo calcola la durata e il costo totale del progetto sommando questi valori secondo la logica dettata dal modello. L'insieme delle iterazioni effettuate consente l'elaborazione dell'output principale della simulazione Monte Carlo: la distribuzione di probabilità della durata e/o costo totale del progetto. La figura 1.3 chiarisce questo funzionamento. La simulazione Monte Carlo offre, inoltre, un

²⁹ Budget totale del progetto (Total project budget) = Costo di baseline (Baseline cost) + Riserva di contingency (Contingency reserve) (PMI, 2008).

secondo output che consiste in un'analisi di sensitività che consente di determinare quali sono le cause principali che originano tale variabilità.

Per i dettagli su come può essere eseguita una QRA integrata tempi-costi tramite simulazione Monte Carlo si rimanda al capitolo 3, dove si descrive passo dopo passo una procedura di realizzazione all'avanguardia, come quella seguita nel dipartimento in cui si è operato.

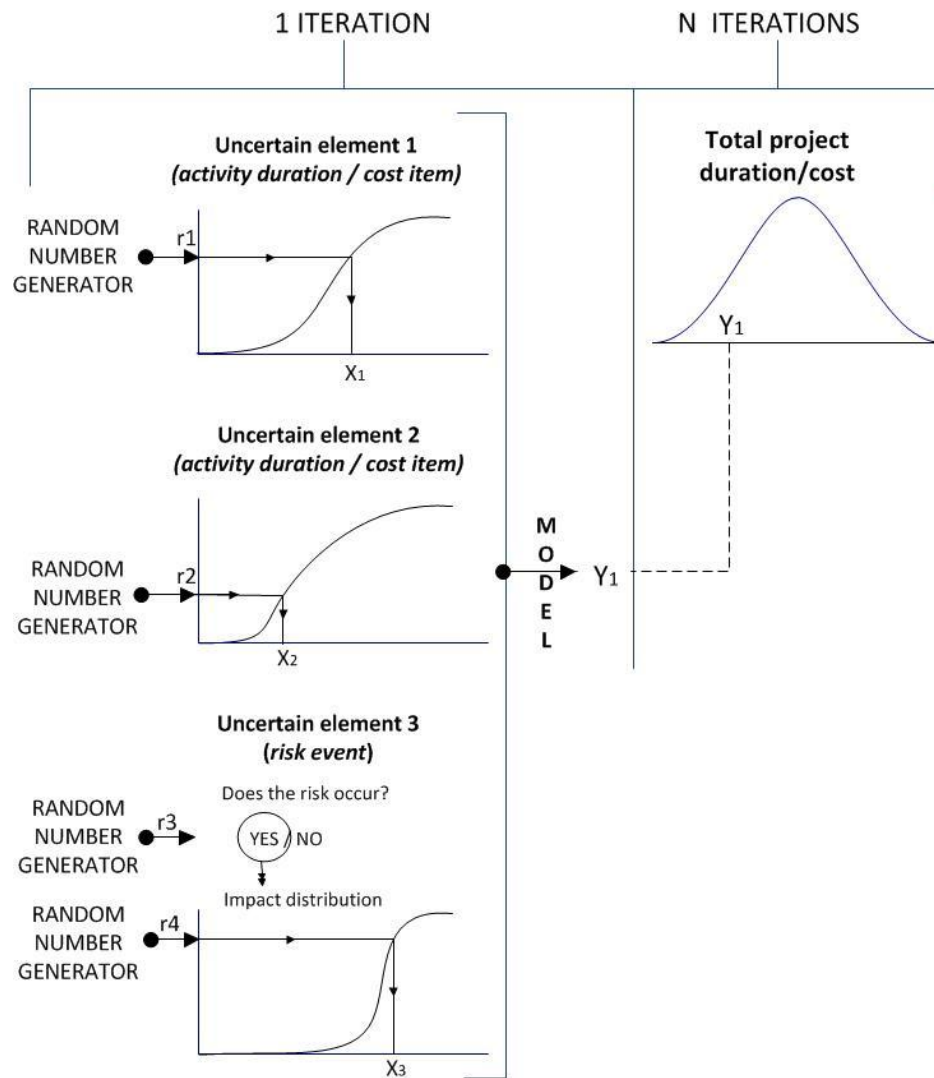


Figura 1.3 Funzionamento della simulazione Monte Carlo

2. IL CONTESTO AZIENDALE

2.1. Eni E&P

Eni è un'impresa energetica integrata, che opera nel campo del petrolio e del gas naturale, della generazione e commercializzazione di energia elettrica, della petrolchimica e dell'ingegneria e costruzioni. In particolare, la divisione E&P (Exploration & Production) si occupa delle attività relative al petrolio e al gas naturale. Il ciclo operativo del settore Esplorazione e Produzione comprende le fasi di esplorazione, sviluppo, produzione e commercializzazione (figura 2.1).

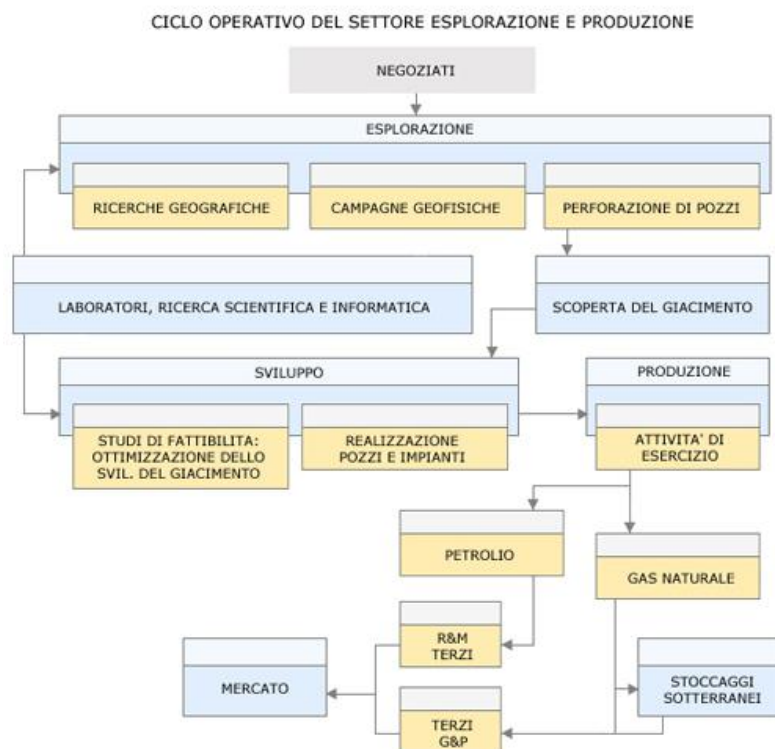


Figura 2.1 Ciclo operativo del settore E&P (www.eni.com)

L'**esplorazione** dei giacimenti petroliferi può cominciare solo se l'azienda possiede il diritto legale di cercare. Tale diritto si può ottenere tramite negoziati diretti o partecipazioni a gara. La compagnia petrolifera stipula il contratto con lo Stato, che di norma è il proprietario del diritto minerario. Comunemente avviene che lo stato ospite non si limita più a una concessione di ricerca e sfruttamento dei giacimenti scoperti, con i relativi introiti delle royalties, ma, quasi sempre, partecipa direttamente agli utili della produzione.

La scelta dell'area per un'avventura esplorativa viene valutata in base ad elementi geologici fondamentali (studi e ricerche, conoscenza dell'area, valutazione del rischio minerario) oltre che su considerazioni di carattere economico.

Le operazioni esplorative iniziano con la prospezione geofisica, di norma tramite rilevamento sismico a riflessione, che consente l'individuazione delle cosiddette trappole (serbatoi di rocce che consentono la formazione e l'accumulo di idrocarburi). Fanno seguito i pozzi esplorativi, che hanno il compito di accertare se la trappola contiene effettivamente idrocarburi, di che tipo e in quale quantità.

Lo **sviluppo** consiste nella messa in produzione del giacimento, perforando un numero ottimale di pozzi di produzione ed installando le attrezzature necessarie per liberare il gas e l'olio dalle componenti indesiderate (particelle solide, acqua, Sali ecc.) e per separare la fase liquida da quella gassosa.

Le operazioni di sviluppo si differenziano tra onshore (sulla terraferma) e offshore (in mare). Le operazioni in mare sono più complesse e avvengono tramite piattaforme fisse di vario tipo (in acciaio, in cemento, semisommersibili, ancorate con cavi ecc.).

La **produzione** comincia una volta terminata la fase di sviluppo. Attraverso le attività di produzione gli idrocarburi vengono estratti dal giacimento, trattati negli impianti e inviati al mercato tramite pipeline o navi.

Durante la vita produttiva del giacimento, che può durare anche decenni, il giacimento è continuamente monitorato, vengono effettuati interventi nei pozzi per ottimizzare la produzione e, in alcuni casi, si procede a progetti di recupero avanzati, con l'iniezione di gas o acqua, per aumentare la quantità di idrocarburi recuperabili.

In alcuni casi il gas naturale prodotto viene stoccato in appositi giacimenti sotterranei per modulare la quantità da erogare in funzione della domanda e per consentire l'ottimizzazione della produzione dai giacimenti.

La **commercializzazione** del petrolio avviene sul mercato internazionale in funzione delle opportunità del momento e con prezzi che variano giornalmente. Il gas, invece, viene generalmente venduto con contratti a lungo termine, siglati in molti casi prima della fase di sviluppo del giacimento.

2.2. Vask e la gestione del rischio

Il dipartimento Vask (Value and Risk) in Eni E&P si occupa dell'intero processo di gestione dei rischi (identificazione, analisi, pianificazione delle risposte, monitoraggio e controllo) per i progetti di sviluppo (Development Projects), ossia quei grandi progetti di ingegneria per la messa in produzione di giacimenti petroliferi o di gas naturale.

Vask interviene in diversi momenti e con diverse modalità durante il ciclo di vita dei progetti di sviluppo, che si articola sempre in cinque fasi (fig. 2.2):

1. *Evaluation* – Valutazione dell'opportunità di business;
2. *Concept Selection* – Selezione della miglior soluzione progettuale;
3. *Concept Definition* – Perfezionamento della soluzione ed elaborazione del Project Execution Plan;
4. *Execution* – Esecuzione del progetto;
5. *Production & Close-out* – Valutazione delle prestazioni produttive e chiusura del progetto.

L'identificazione e la valutazione dei rischi cominciano già nella fase di **Evaluation**, durante la quale i rischi maggiori vengono identificati e valutati. Questi vengono descritti, valutati e prioritizzati nel Risk Register attraverso un'analisi qualitativa (e.g. matrice Probabilità-Impatto).

Durante la fase di **Concept Selection** il Risk Register viene aggiornato, includendo anche i rischi minori. Durante questa fase, almeno per i rischi maggiori, viene integrato al Risk Register il Risk Management Plan, contenente la strategia di controllo e il piano delle azioni di risposta.

Nella fase di **Concept Definition** il Risk Register viene riaggiornato. Al termine di questa fase si avrà un Risk Management Plan per tutti i rischi (non solo quelli maggiori). A valle di questa fase avviene l'approvazione finale del progetto o FID (Final Investment Decision), per la quale può essere richiesta un'analisi quantitativa dei rischi (i.e. simulazione Monte Carlo).

Nel corso della fase di **Execution** i rischi vengono continuamente monitorati e controllati sulla base del Risk Management Plan. Un aggiornamento dell'analisi qualitativa e quantitativa o una correzione delle azioni di risposta può ancora essere richiesta durante questa fase.

La fase di **Production & Close-out** coincide con la chiusura del processo di gestione dei rischi di competenza del dipartimento.

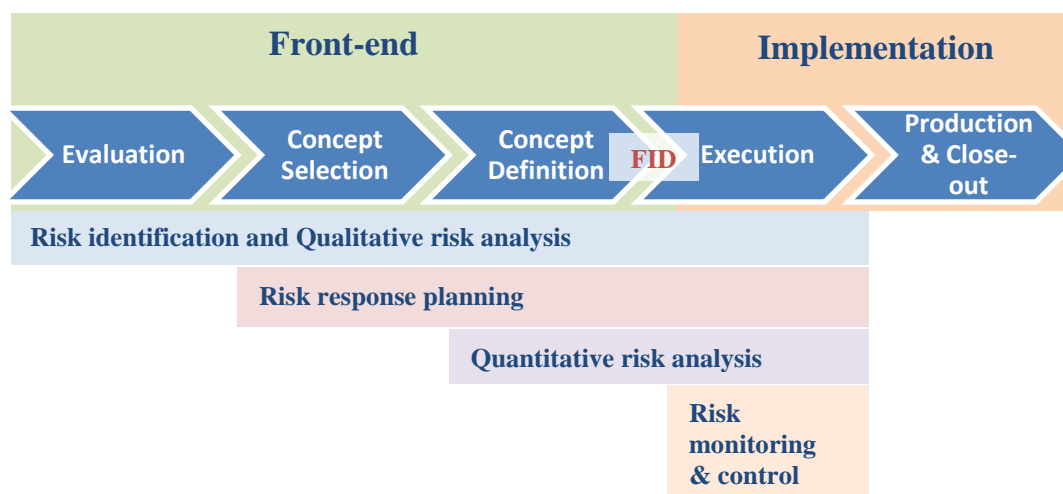


Figura 2.2 La gestione dei rischi nel ciclo di vita di un progetto

Fra le tecniche di analisi qualitativa e quantitativa dei rischi adottate dal dipartimento figurano quelle descritte nel capitolo precedente:

- le *matrici Probabilità-Impatto* per l'analisi qualitativa dei rischi individuali,
- la *simulazione Monte Carlo* per l'analisi quantitativa (QRA).

Si osserva che una prima bozza di matrici Probabilità-Impatto è presente già in fase di **Evaluation**, per poi assumere una forma sempre più completa nelle fasi successive. La simulazione Monte Carlo, invece, è richiesta in forma integrata

(integrated cost-schedule QRA) in occasione della FID e poi si eseguono aggiornamenti in fase di Execution.

E' importante sottolineare che attualmente la QRA, in termini di simulazione Monte Carlo, viene eseguita soltanto per i progetti più costosi, ma in ottica futura si vorrebbe estendere l'uso a tutti (o quasi) i progetti di sviluppo e, magari, anticiparne l'esecuzione. E' da qui che nasce il lavoro di tesi.

3. UNA PROCEDURA ALL'AVANGUARDIA PER LA QRA

In questo capitolo si vuole mostrare per intero una procedura all'avanguardia per eseguire la QRA³⁰, al fine di valutare il rischio complessivo di progetto in termini di “project schedule risk” e “project cost risk”. Tale procedura consente in:

- ✓ Un *approccio integrato d'analisi tempi-costi* per valutare simultaneamente il rischio di overrun della durata e del costo del progetto. E' più realistico, infatti, valutare il rischio di superamento del budget combinando costi e tempi in un unico modello poiché tra essi esiste una forte dipendenza (Hulett, 2011). Per esempio, si supponga che un consulente esterno debba svolgere una determinata attività e che sia pagato in base ai giorni lavorati. La durata di tale attività potrebbe essere soggetta a variabilità perché esiste un rischio che potrebbe ritardarla o semplicemente perché una serie di micro-fenomeni ne rendono la stima incerta. E' evidente come la variabilità del costo dell'attività sia strettamente legato alla variabilità della sua durata.
- ✓ Un *focus sull'incertezza e non solo sul rischio* per valutare il rischio complessivo del progetto come effetto combinato di tutte le incertezze e non soltanto dei rischi col loro significato di “eventi incerti”. Questo è un importante vantaggio dal momento che una prospettiva del Project Risk Management orientata soltanto al rischio in termini di evento porta a trascurare molte altre aree di incertezza (Ward & Chapman, 2003). I rischi vengono inseriti nel modello di simulazione direttamente in termini di probabilità di accadimento e distribuzioni di probabilità dei loro impatti sulle attività. Il software stesso provvede a modellizzare le informazioni inserite. Le altre incertezze del progetto, invece, vengono inserite sotto forma di incertezza di stima dei parametri, assegnando una distribuzione di probabilità al parametro in questione (durata di attività o voce di costo), che rende il parametro una variabile aleatoria a tutti gli effetti.

³⁰ Da qui in avanti nella tesi, salvo diversa specificazione, con “QRA” si intende sempre una Quantitative Risk Analysis in termini di *simulazione Monte Carlo*.

- ✓ Un'analisi di sensitività per valutare i singoli rischi e le singole attività che incidono sul rischio di overrun della durata e del costo del progetto. L'analisi di sensitività lega le variabili aleatorie di input (rischi, durate di attività, costi di attività), con le variabili aleatorie di output (durata e costo dell'intero progetto). L'analisi di sensitività fornisce, per esempio, il coefficiente di correlazione tra la durata di una specifica attività e la durata dell'intero progetto, tra il costo di una specifica attività e il costo totale del progetto, tra un rischio e la durata o il costo totale del progetto.

Gli step della procedura sono riassunti in figura 3.1 e saranno spiegati nei dettagli nel seguito di questo capitolo.



Figura 3.1 Procedura all'avanguardia per la QRA

La costruzione del modello del progetto

Il primo passo è la costruzione del *modello del progetto* che evidenzia i parametri caratteristici che si vogliono analizzare (tempi e costi). Il modello di riferimento deve comprendere il *reticolo del progetto* (evidenzia i tempi) e l'*elenco delle voci di costo* da associare alle attività del reticolo (evidenzia i costi).

Il *reticolo del progetto*, in gergo “schedula”, è la concatenazione logica delle attività con associata la stima base deterministica (baseline estimate) della rispettiva durata. Si tratta di un reticolo CPM (Critical Path Method) costruito ad hoc per la QRA. Attraverso tale reticolo è possibile determinare immediatamente la durata base deterministica del progetto. La figura 3.2 mostra come esempio una parte del reticolo di un progetto in Primavera Risk Analysis.

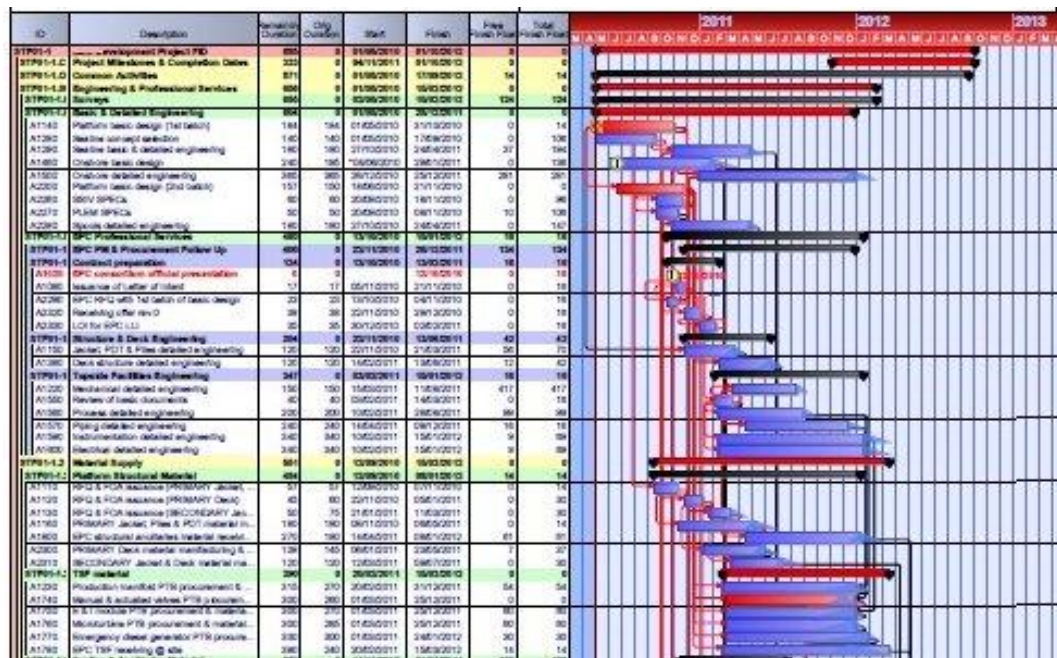


Figura 3.2 Esempio di reticolo CPM per la QRA di un progetto

L'*elenco delle voci di costo* è costituito da voci di diverso tipo che, se sommate, forniscono la stima deterministica del costo totale del progetto, per ognuna delle quali successivamente dovrà essere quantificata la relativa incertezza di stima (a meno che si sappia il costo con certezza). Una singola voce di costo può essere:

- Il *costo di un'attività*, se ottenuto dall'integrazione della WBS (Work Breakdown Structure) con la CBS (Cost Breakdown Structure). Tale costo raccoglie costi di una diversa categoria che riguardano quella determinata attività.
- Una *categoria di costo*, se tratto direttamente dalla CBS. Tale costo può essere associato a una singola attività o un insieme di attività.

A loro volta queste due tipologie di voci di costo possono essere:

- “*Time dependent*” se rappresentano costi espressi nell'unità di tempo che, nel momento in cui sono associati a un'attività, vengono moltiplicati per la relativa durata. Esempi includono il costo del lavoro, l'attrezzatura in affitto e alcuni macchinari che hanno un costo giornaliero. E' evidente come l'incertezza di un costo time-dependent dipenda dall'incertezza della durata dell'attività alla quale è associato. L'esistenza dei costi dipendenti dal tempo è il motivo principale per il quale si esegue una simulazione Monte Carlo integrata tempi-costi.
- “*Time independent*” (o “*lump sum*”) se riguardano costi fissi, che non dipendono dalla durata dell'attività a cui vengono associati. Esempi sono i costi delle materie prime e dell'attrezzatura non in affitto. I costi lump-sum possono essere comunque incerti, ma non per il fatto che un'attività duri di più o di meno.

La tabella 3.1 riporta un esempio di possibili voci di costo, la prima colonna ne fornisce la descrizione, la seconda e la terza colonna indicano la tipologia della voce di costo, la quarta colonna indica le attività alle quali è associata.

Tabella 3.1 Esempio di elenco delle voci di costo

Descrizione	Tipologia 1	Tipologia 2	Attività associate
Plant engineering	Costo d'attività	Time independent	Plant engineering
Template installation	Costo d'attività	Time dependent	Template installation
Taxes	Categoria di costo	Time independent	No specific activity
PMT (Project Management Team)	Categoria di costo	Time dependent	From onshore activities to full production
...

Nella creazione del modello del progetto collaborano con il Risk Analyst due figure professionali: il Planner (o Scheduler) e il Cost Estimator. Il Planner si occupa della costruzione del reticolo del progetto, mentre il Cost Estimator collabora nell'elaborazione dell'elenco delle voci di costo.

La raccolta dei dati probabilistici

Una volta che si ha il modello di riferimento occorre quantificare i *rischi*, le *incertezze di stima* e le varie *correlazioni*, cominciando la fase di ***raccolta dei dati probabilistici***.

Innanzitutto è necessaria una ***quantificazione dei rischi***: ad ogni singolo rischio (evento) vanno associate una probabilità di accadimento e le distribuzioni di probabilità dei suoi impatti³¹. La tabella 1.2 mostra un esempio di quantificazione di un rischio.

Tabella 3.2 Esempio di quantificazione di un rischio

Descrizione del rischio	Probabilità di accadimento	Attività su cui impatta	Distribuzione di probabilità sulla durata (e.g. distrib. triangolare)	Distribuzione di probabilità sul costo (e.g. distrib. triangolare)
Bad meteo conditions during the site preparation	50%	Site Preparation Mobilization	Min = 20 d ML = 30 d Max = 60 d	NO
		Site Preparation Works	Min = 10 d ML = 20 d Max = 30 d	Min = 1.000 \$ ML = 2.000 \$ Max = 3.500 \$
		Civil Works & Structures	Min = 10 d ML = 20 d Max = 30 d	NO

In secondo luogo è necessaria la ***quantificazione delle incertezze di stima dei parametri***, per considerare l'incertezza non definibile in termini di rischio. Se i parametri incerti sono le durate delle attività, si parla di "*incertezze di stima di durata*" ("*uncertainties on duration estimates*", o "*duration uncertainties*"); se i

³¹ Un singolo rischio può avere diversi impatti poiché può impattare su diversi parametri (costi o tempi) di una o più attività.

parametri incerti sono voci di costo, si parla di *incertezze di stima di costo* (“*uncertainties on cost estimates*”, o “*cost uncertainties*”). La quantificazione delle incertezze di stima avviene assegnando una distribuzione di probabilità ad hoc alla stima del parametro in questione. In tabella 3.3 viene riportato un esempio di quantificazione dell’incertezza di stima di una durata e di una voce di costo.

Tabella 3.3 Esempio di quantificazione di incertezze di stima

Descrizione	Tipologia	Distribuzione	% rispetto al valore deterministico pianificato
Site Preparation Mobilization	Durata	Beta	MIN = 90% ML = 100% MAX = 120%
PMT (Project Management Team)	Costo	Triangolare	MIN = 80% ML = 100% MAX = 110%

Infine avviene la *quantificazione delle correlazioni*. Una quantificazione dei rischi come quella in tabella 3.2 può consentire di correlare la durata o il costo di diverse attività in modo indiretto, senza ricorrere all’uso di coefficienti di correlazione difficilmente determinabili: la correlazione si instaura dal momento che uno stesso rischio, quando accade, impatta su due o più attività. Talvolta le diverse attività non hanno un rischio in comune, ma possono essere comunque correlate per altre ragioni, per esempio perché fanno uso della stessa manodopera (una bassa produttività della manodopera comporta un aumento della durata/costo di tutte le attività che ne fanno uso), oppure perché a seconda dell’andamento di un’attività cambiano le durate e i costi di altre attività (e.g. se durante la progettazione di un impianto si rivela necessaria una quantità di acciaio superiore alla stima deterministica, succede che anche i costi di approvvigionamento, i costi di trasporto, il tempo di costruzione dell’impianto e i costi di manodopera eccederanno i valori puntuali previsti). In questi casi è necessario quantificare le correlazioni in modo diretto (si parla di *correlazioni dirette*), cioè attraverso l’uso di coefficienti di correlazione tra durate incerte e/o costi incerti, sebbene la scelta di un valore adatto per il coefficiente di correlazione sia un compito assai arduo. Indipendentemente da come avvenga la modellizzazione delle correlazioni, è importante far notare che l’effetto finale delle correlazioni è di amplificare in maniera anche rilevante la variabilità della durata e del costo totale del progetto, per questa ragione occorre tenerne conto.

Inserimento dei dati raccolti

Segue la fase di *inserimento dei dati raccolti*, che consiste nell'inserimento nel modello delle informazioni probabilistiche raccolte nella fase precedente. I rischi, le durate delle attività e le voci di costo diventano variabili aleatorie correlate tra loro. Questa fase non è molto dispendiosa in termini di tempo ma richiede la conoscenza tecnica del software. Come già accennato in precedenza, i software di ultima generazione per l'analisi quantitativa dei rischi (e.g. Primavera Risk Analysis) consentono l'inserimento dei dati probabilistici così come sono stati raccolti, permettendo la distinzione tra “rischi” e “incertezze di stima”:

- Per quanto riguarda i rischi è sufficiente inserire le probabilità di accadimento e le distribuzioni di probabilità dei loro impatti sulle durate e sui costi delle attività. Il software stesso provvede a modellizzare le informazioni inserite trasformando il rischi in vere e proprie attività o voci di costo del modello. Tali “attività-rischio” o “voci di costo-rischio” accadono con la probabilità di accadimento del rischio e, se accadono, influenzano la durata o il costo dell'attività su cui impatta il rischio seguendo la distribuzione di probabilità del suo impatto.
- Le distribuzioni di probabilità che descrivono le incertezze di stima, invece, possono essere associate direttamente alle durate delle attività e alle voci di costo.

Questo modo di procedere, detto anche “Risk Driver Method” (Hulett, 2011), segna un passo evolutivo importante rispetto al vecchio modo di procedere secondo il quale ci si focalizza soltanto sulle incertezze di stima parametri e non sul rischio stesso, inglobando gli effetti dei rischi nelle incertezze di stima dei parametri. In primo luogo non è più necessaria la scomoda trasformazione dei rischi in incertezze di stima prima che possano essere inseriti nel modello, in secondo luogo molte correlazioni tra le durate e i costi di diverse attività dovute alla comunanza di un rischio vengono modellizzate automaticamente, senza il bisogno di inserire un coefficiente di correlazione difficilmente quantificabile.

La simulazione

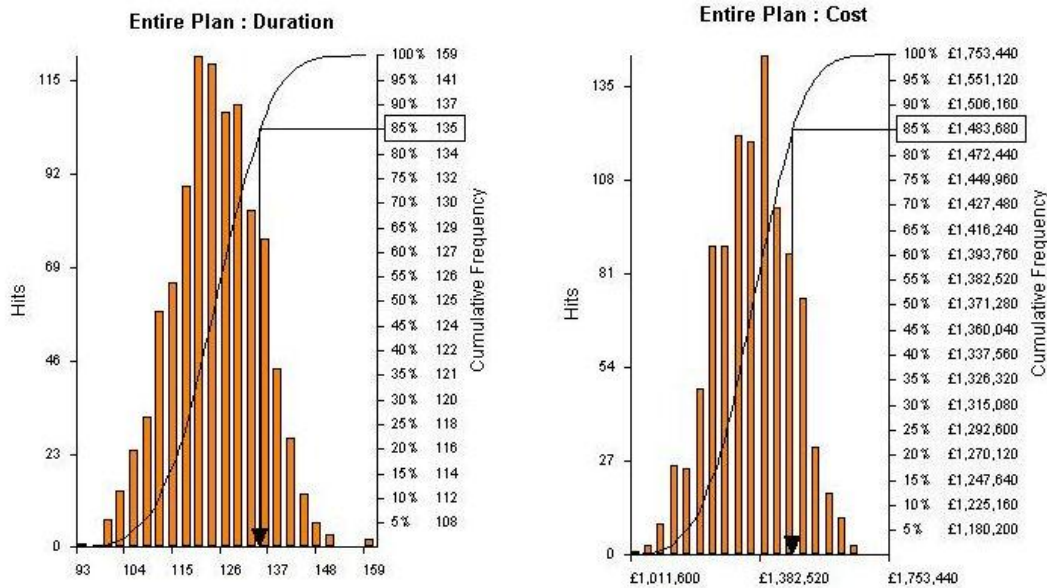
A questo punto si esegue la *simulazione Monte Carlo* vera e propria nella modalità descritta nel paragrafo 1.2. Il progetto viene riprodotto più volte, creando migliaia di progetti che potrebbero rappresentarlo. Tipicamente gli analisti suggeriscono

5.000-10.000 iterazioni per ottenere risultati accurati, ma in alcuni casi i risultati provenienti da 5.000 iterazioni non si discostano significativamente da quelli prodotti da 2.000 iterazioni. Un numero inferiore di iterazioni può essere utile per eventuali test, prima di eseguire la simulazione finale con 5.000-10.000 iterazioni. L'esecuzione della simulazione avviene in pochi secondi, anche per effettuare 10.000 iterazioni (Hulett, 2011).

L'output

L'insieme delle iterazioni effettuate consente l'elaborazione dei due **output** principali della simulazione Monte Carlo: le *distribuzioni di probabilità della durata e del costo del progetto* e un'analisi di sensitività.

Le **distribuzioni di probabilità della durata e del costo del progetto** (o di qualsiasi singola attività) - si veda figura 3.3 - consentono di determinare, tra le altre cose, con che probabilità il progetto finirà entro una certa data o un determinato costo e il livello della riserva di contingency che rende accettabile il rischio di superamento del budget totale del progetto.

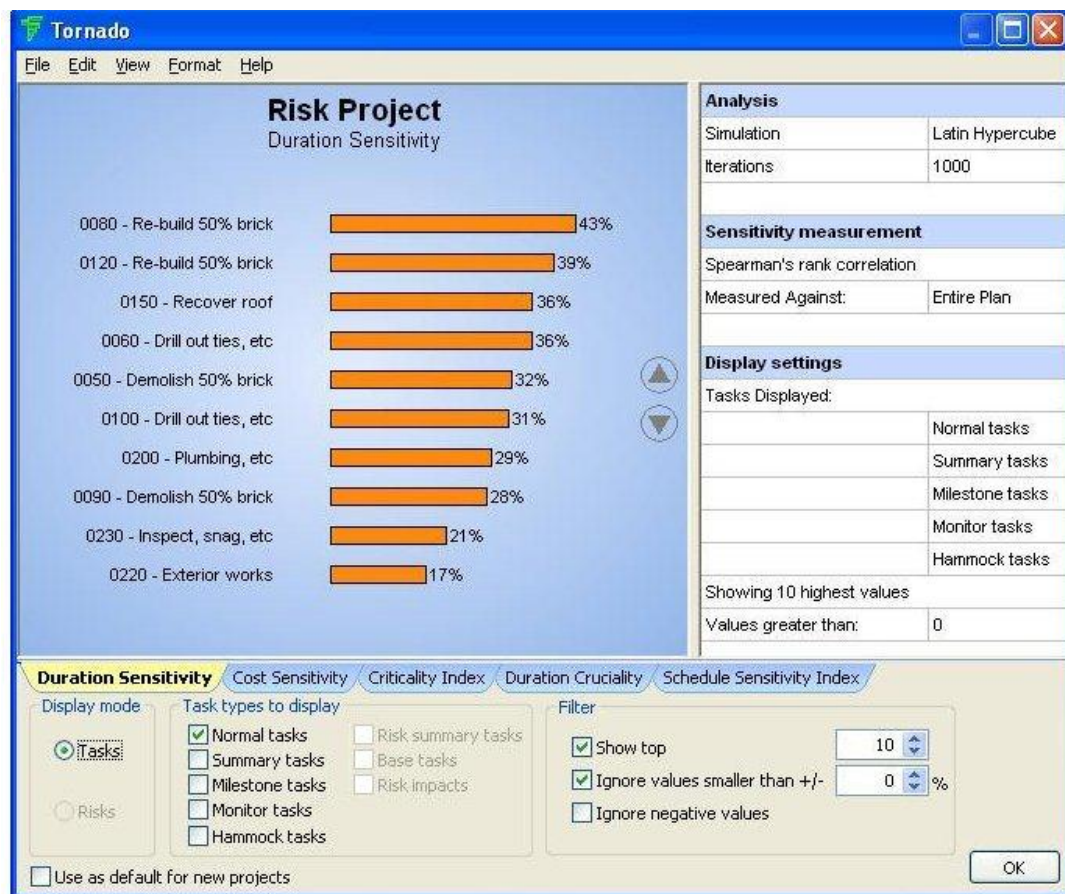


Distribution shows there is an 85% chance of completing the project 135 days or less

Distribution shows there is an 85% chance of completing the project under £1.483.680

Figura 3.3 Esempio di distribuzioni di probabilità della durata e del costo di un progetto

L'analisi di sensitività permette di determinare quali sono le singole attività e i singoli rischi che più incidono sul rischio di overrun della durata e del costo del progetto. La figura 3.4 mostra una parte del report dell'analisi di sensitività ottenuto con il software Primavera Risk Analysis di Oracle: in questo caso le attività del progetto sono ordinate in base alla correlazione tra la propria durata e quella dell'intero progetto, correlazione elevata per le attività in alto nel grafico e correlazione via via minore andando verso il basso.



The Tornado Graph is used to display and rank sensitivity, criticality, cruciality and schedule sensitivity values. The sample below shows the top 10 duration sensitivity values in a project.

Figura 3.4 Esempio di report dell'analisi di sensitività

4. LA QRA TRADIZIONALE E I SUOI LIMITI

La *QRA tradizionale* è l'analisi quantitativa dei rischi così come viene eseguita nel dipartimento in cui si è operato. Essa segue la procedura all'avanguardia descritta nel capitolo precedente e presenta le seguenti caratteristiche:

- E' riservata a progetti di dimensione superiore a circa 300 MUSD.
- Assume particolare importanza nella fase di front-end del progetto, quando si tratta di decidere se finanziare o meno il progetto e, in caso affermativo, di determinare il budget totale che gli deve essere riservato.
- Comincia con la costruzione di un modello (costruito ad hoc per eseguire la QRA) costituito da un reticolo composto da 100-200 attività con associate 40-90 voci di costo.
- Relativamente a questo modello vengono quantificate ed inserite le informazioni probabilistiche su 10-20 rischi³², 40-90 incertezze di stima di durate e 30-80 incertezze di stima di voci di costo.

Come si può intendere dalle ultime due caratteristiche di questo elenco la QRA tradizionale è di una complessità elevata e richiede numerose informazioni di dettaglio. Tale complessità della QRA è una proprietà diffusa al di là del contesto nel quale si è operato; per questa ragione la QRA tradizionale può rappresentare una condizione di partenza tipica di altre realtà aziendali che effettuano l'analisi quantitativa dei rischi. A causa di questa complessità si possono individuare due grandi punti di debolezza che caratterizzano la QRA tradizionale o, più generalmente, una QRA: la *scarsa economicità* e la *difficile realizzazione con informazione limitata*. In seguito si approfondiscono queste due debolezze della QRA, mentre, nel capitolo successivo si troverà il modo per minimizzarle, il che è lo scopo principale di questa tesi di laurea.

³² 10-20 rischi rappresentano circa il 40% dei rischi totali identificati e contenuti nel Risk Register.

Scarsa economicità

A fronte della grande utilità che può avere, la QRA richiede uno sforzo non indifferente per essere realizzata e riaggiornata, pertanto alcuni autori consigliano di riservarla ai soli progetti di maggiori dimensioni o ad alto rischio (Hillson & Simon, 2007).

Si stima che la realizzazione ex novo di una QRA per un grande progetto di ingegneria (100.000.000 di dollari o superiore) impieghi dall'uno ai due mesi. Il 70% di questo tempo è dedicato alla costruzione del modello di simulazione e il 30% alla raccolta di informazioni probabilistiche da inserire nel modello. L'eventuale aggiornamento della QRA, invece, dura circa due settimane.

Nel lavoro si è cercato un modo per far fronte a questo problema di "economicità", in modo tale da estendere l'applicazione della simulazione Monte Carlo a un parco progetti più ampio senza investire in ulteriori risorse.

Inoltre, molti autori mettono in risalto che nel portafoglio progetti di molte realtà aziendali esistono interdipendenze tra progetti diversi che devono essere riconosciute e capite per un Project Portfolio Management di successo. Killen & Kjaer (2012) individuano le seguenti possibili interdipendenze tra progetti: interdipendenze tra risorse (risorse che vengono condivise o presenza di risorse scarse), interdipendenze tra mercati o tra benefici (effetti di compensazione o di competizione), dipendenze di risultati (il risultato di un progetto può servire a un altro progetto), dipendenze di apprendimento (le capacità e le conoscenze acquisite in un progetto possono servire per un altro progetto), dipendenze economiche. Verma & Sinha (2002) si limitano a distinguere tra interdipendenze tra risorse, interdipendenze tecnologiche e interdipendenze di mercato. Se fosse possibile eseguire simulazioni Monte Carlo in modo veloce per ogni progetto, non sarebbe più paradossale pensare ad un'unica grande simulazione Monte Carlo "di portafoglio" nel cui modello di simulazione figurano un set di progetti invece che uno solo. In tal caso si potrebbero modellizzare molte delle interdipendenze che condizionano il "*portfolio schedule risk*" e il "*portfolio cost risk*".

In un portafoglio di progetti per l'estrazione di petrolio esempi di interdipendenze possono essere:

- La mancata concessione di un permesso su un progetto da parte di un governo può significare la mancata concessione di permessi su altri progetti nello stesso paese.

- L'incremento del prezzo dell'acciaio o del cemento comporta un incremento del costo di tutti i progetti del portafoglio.
- Una guerra civile può avere un effetto sistemico sulla durata e sul costo di tutti i progetti localizzati sul quel territorio e non solo: potrebbe scatenare instabilità politica anche nei paesi circostanti, creando una sorta di “effetto domino” che incrementa il rischio dei progetti anche al di fuori di quel paese.
- Il fallimento di un trattista ha effetto su tutti i progetti per cui opera.

Questa idea di simulazione Monte Carlo eseguita contemporaneamente per un set di progetti rimane come tale, dal momento che in questo lavoro non è stata applicata; ma resta fuori discussione che una semplificazione della procedura per ogni singolo progetto ne faciliterebbe la realizzazione.

Difficile realizzazione con informazione limitata

Si è già visto osservato come la QRA possa assumere particolare importanza nella fase di *front-end* del progetto. La fase di front-end comincia con la pura idea di eseguire un progetto per un determinato scopo e si conclude con la decisione di finanziare o meno il progetto (FID = Final Investment Decision). Questo processo può impiegare anni, anche decenni, in alcuni grandi investimenti progettuali pubblici (Williams et al., 2009).

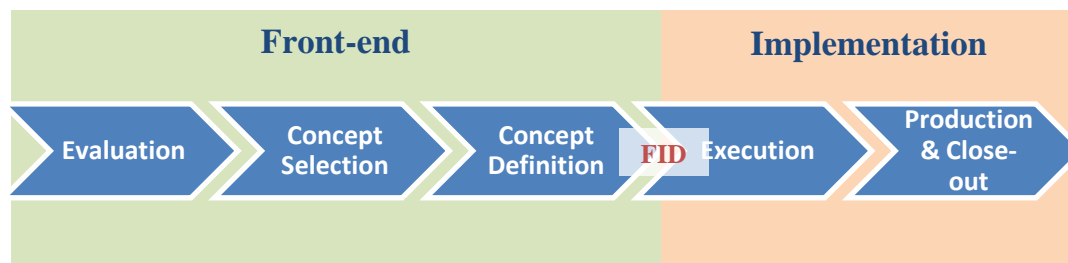


Figura 4.1 Fase di front-end nel ciclo di vita di un progetto

Con riferimento alla figura 4.1 la fase di front-end del progetto include:

1. *Evaluation* – Valutazione dell'opportunità di business;

2. *Concept Selection* – Selezione della miglior soluzione progettuale;
3. *Concept Definition* – Perfezionamento della soluzione ed elaborazione del Project Execution Plan.

Al termine della fase di front-end comincia la fase di implementazione del progetto (*implementation phase*), che comincia una volta che la decisione di investimento è stata presa e include la pianificazione di dettaglio, la mobilitazione delle risorse e l'implementazione, fino al raggiungimento degli obiettivi. La fase di implementazione include l'esecuzione del progetto (*execution*), la valutazione delle prestazioni produttive e la chiusura del progetto (*production & close-out*). A questo punto, una volta che il progetto è stato completato, comincia la fase operativa (*operational phase*), non riportata in figura 4.1, durante la quale il progetto viene sfruttato ai fini per cui è stato progettato.

Williams et al. (2009) sottolineano che nella fase di front-end di un progetto, quando l'incertezza è molto elevata, risulta difficoltoso e talvolta impraticabile reperire informazioni di dettaglio. Questo rappresenta una debolezza per la QRA, poiché tradizionalmente richiede un modello costituito da molti elementi di dettaglio (attività e voci di costo), con associate informazioni probabilistiche anch'esse di dettaglio.

Come appena accennato, due sono le ragioni per cui si possono riscontrare difficoltà nell'esecuzione della QRA nella fase preliminare del progetto:

- 1) Perché le informazioni di dettaglio *non sono recuperabili*.
- 2) Perché le informazioni di dettaglio *sono difficilmente recuperabili*.

Nel primo caso è impraticabile recuperare informazioni di dettaglio e l'unico modo per eseguire una QRA tradizionale è attendere il corso degli eventi. Nel secondo caso le informazioni di dettaglio possono essere recuperate, ma a fronte di uno sforzo non indifferente e non giustificato dall'utilità di tali informazioni.

5. LA FAST-QRA

Nel capitolo precedente si sono messi in luce i due limiti principali della QRA tradizionale, ai quali questo capitolo cerca di far fronte: la scarsa economicità e la difficile realizzazione in condizione di informazione limitata.

La figura 5.1, tratta da Williams et al. (2009) e riadattata per questa tesi, mostra che il costo (o sforzo) per raccogliere le informazioni tipicamente cresce progressivamente all'aumentare delle informazioni raccolte e del loro livello di dettaglio; l'utilità delle informazioni aggiuntive, invece, tende a decrescere. Questo succede perché esiste una quantità ottimale d'informazioni di un certo livello di dettaglio per prendere una determinata decisione o per condurre una determinata analisi (in questo caso la QRA).

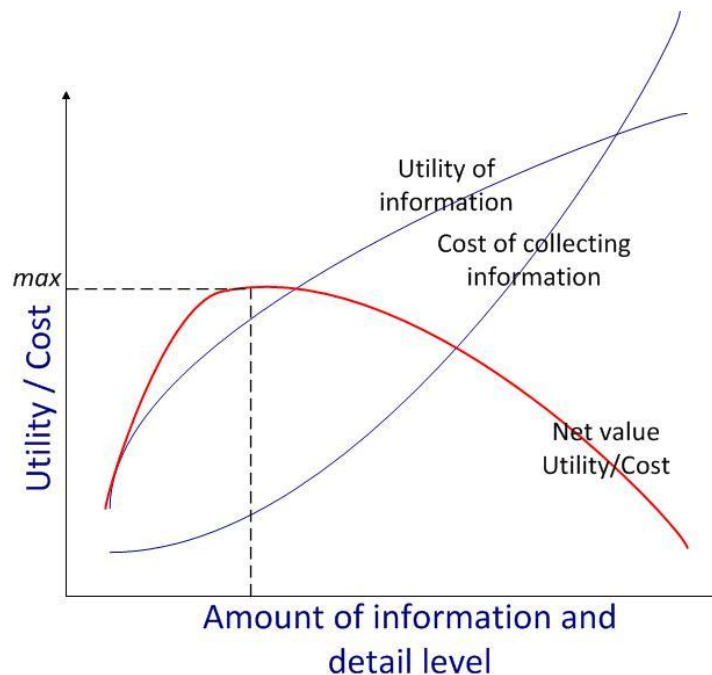


Figura 5.1 Costo e utilità delle informazioni

Lo scopo di questa tesi di laurea è proprio quello di verificare che l'utilizzo di poche informazioni aggregate e rilevanti è adatto per condurre una QRA.

In altre parole si vuole rendere la QRA una procedura più semplice, economica e applicabile anche in fase preliminare dei progetti, quando le informazioni di dettaglio non si conoscono o sono difficilmente reperibili. Una QRA di questo tipo è stata denominata "***FastQRA***".

Per raggiungere questo scopo si è fatto uso di due leve:

- 1) la ***costruzione di un modello semplificato del progetto*** di partenza;
- 2) la ***riduzione dei dati probabilistici*** da raccogliere e inserire nel modello.

Nel primo caso si tratta di utilizzare *poche informazioni aggregate*, nel secondo caso si tratta di utilizzare *poche informazioni rilevanti*, non necessariamente aggregate. Si osserva che sia la costruzione del modello semplificato del progetto, sia la riduzione dei dati probabilistici, non possono derivare dalla rielaborazione (ex post) di un'analisi di dettaglio già portata a termine. In questo elaborato, benché le QRA di dettaglio (QRA tradizionali) dei progetti considerati fossero già disponibili, si è agito come se queste non esistessero. Come si vedrà nel paragrafo 5.4, le QRA tradizionali saranno utilizzate unicamente come riferimento per valutare i risultati delle loro versioni semplificate: le ***FastQRA***.

Il piano metodologico si è suddiviso in tre fasi, corrispondenti a tre livelli di semplificazione:

- Nella prima fase (paragrafo 5.1) si è intervenuti spingendo al limite la semplificazione del modello del progetto, costruito prendendo in considerazione attività aggregate (macro-attività) e costi aggregati (macro-costi). Questo processo di aggregazione, oltre a consentire un minore sforzo nella costruzione del modello, permette anche una riduzione complessiva dei parametri del progetto, con la conseguente riduzione dei dati probabilistici da raccogliere ad essi associabili. In questo caso si otterrebbe un particolare vantaggio in termini di accuratezza dell'analisi qualora le stime su dati aggregati fossero più accurate rispetto ad aggregati di stime di dettaglio. La QRA realizzata semplificando il modello del progetto è stata denominata "***FastModelQRA***".
- In una seconda fase (paragrafo 5.2) ci si è occupati della riduzione dei dati probabilistici senza semplificare il modello del progetto: è stata ideata una procedura che permette di prendere in considerazione soltanto i rischi, le

incertezze di stima e le correlazioni più rilevanti. In questo caso la raccolta delle informazioni probabilistiche si concentrerebbe su pochi dati di dettaglio rilevanti, trascurando i meno importanti. La QRA realizzata seguendo tale procedura è stata denominata “*FastRiskQRA*”.

- Nella terza fase (paragrafo 5.3) si sono applicate contemporaneamente la FastModelQRA (semplificando il modello del progetto) e la FastRiskQRA (riducendo ancora di più il numero di dati probabilistici). Il risultato è stato un’ulteriore semplificazione della QRA, che si basa sull’uso di poche informazioni aggregate e rilevanti. A questo livello la QRA è stata denominata “*VeryFastQRA*”.

5.1. La FastModelQRA

La *FastModelQRA* è una QRA che prevede un *modello semplificato del progetto* composto da poche attività aggregate e poche voci di costo aggregate. Per il resto la FastModelQRA si esegue allo stesso modo di una QRA tradizionale, con la differenza che i dati probabilistici si riferiscono a durate e costi più aggregati.

Riguardo alla costruzione del *reticolo semplificato del progetto* occorre selezionare le attività da inserire nel reticolo e definire i loro collegamenti logici. Le attività inserite nel modello sono prevalentemente macro-attività, cioè aggregati di attività più dettagliate. La scelta di aggregazione delle attività deve essere funzionale alla determinazione del rischio complessivo del progetto, per questa ragione il consiglio è quello di partire dal più alto livello della WBS, selezionando le principali “attività-summary” e poi, se necessario, scomporle in modo da garantire il mantenimento della logica del reticolo e in modo da evidenziare le attività critiche perché affette da incertezze particolarmente rilevanti.

Invece, per quanto riguarda il fronte costi, l’elaborazione *dell’elenco semplificato delle voci di costo* avviene distribuendo l’intero budget del progetto tra le macro-attività, sotto forma di costi fissi (time independent) o di costi nell’unità di tempo (time dependent). Anche in questo caso si tratta prevalentemente di macro-costi, cioè di costi aggregati. Ancora una volta è buona scelta lasciare disaggregati i costi tipicamente affetti da incertezze molto influenti sul rischio di superamento del budget.

Una volta completato il modello semplificato del progetto si possono raccogliere ed inserire nel modello le informazioni quantitative sulle incertezze del progetto, proseguendo con l'esecuzione della simulazione come in una QRA tradizionale.

È evidente che la semplificazione del modello del progetto consente un'automatica riduzione considerevole dei dati probabilistici da raccogliere e inserire nel modello in una fase successiva, dal momento che le incertezze dovranno essere associate a pochi dati aggregati (tempi e costi aggregati). Il fatto di effettuare stime direttamente su dati aggregati risulta vantaggioso se le stime su dati di dettaglio non sono sufficientemente affidabili (Aigner & Goldfeld, 1974), il che succede prevalentemente nella fase preliminare del progetto.

5.2. La FastRiskQRA

La *FastRiskQRA* è una QRA tradizionale (cioè senza la semplificazione del modello del progetto) che prevede una procedura aggiuntiva in fase di raccolta dei dati probabilistici per *ridurre i dati probabilistici* da raccogliere e inserire nel modello.

La riduzione dei dati probabilistici consiste in un'applicazione del principio di Pareto, conosciuto anche come regola dell'80/20, in base al quale viene quantificata in termini probabilistici soltanto quella parte di incertezza che può avere una sostanziale influenza sugli obiettivi del progetto, trascurando la parte restante.

L'*incertezza* che importa, nel suo significato letterale di “mancanza di certezza”, si può manifestare sia sotto forma di *rischio* (evento o condizione incerta), sia sotto forma di *incertezza di stima parametri* (variabilità della stima di tempi e costi) (figura 5.2). Si è già puntualizzato nel capitolo 3 come ai fini della QRA sia opportuno quantificare parte dell'incertezza di input sotto forma di “rischi” (dove possibile) e la parte restante in termini di “incertezze di stima”. Con la riduzione dei dati probabilistici si vuole evitare di quantificare i rischi e le incertezze di stima sui parametri con poca influenza, o che addirittura non ne hanno, sugli obiettivi del progetto.

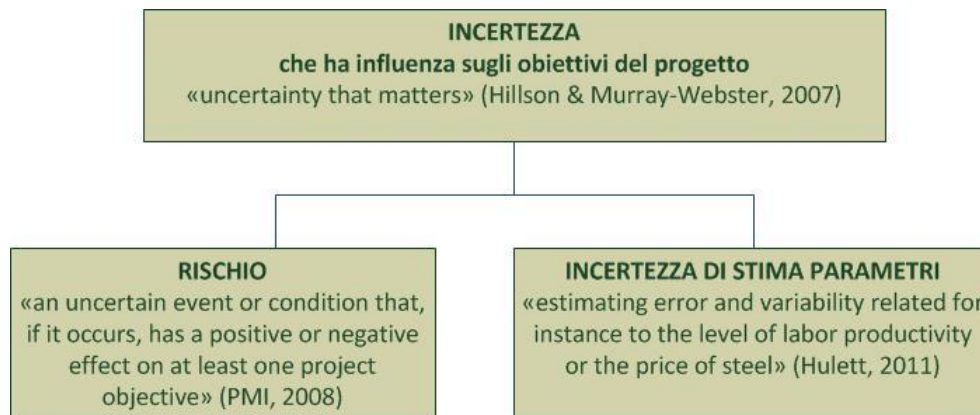


Figura 5.2 Forme di incertezza

La procedura aggiuntiva per selezionare e quantificare soltanto l'incertezza che conta è articolata in quattro semplici step, descritti in seguito.

Step 1: selezione e quantificazione dei rischi individuali più rilevanti.



Figura 5.3 Raccolta dati probabilistici in una FastRiskQRA: step 1

Esistono rischi che impattano in maniera trascurabile sui project objectives per due possibili ragioni:

- impattano sulle durate di attività che hanno un grande total float³³,
- hanno un effetto trascurabile rispetto alla durata/costo totale del progetto.

L'analisi qualitativa dovrebbe tener conto di entrambe queste possibilità nel definire un ordine di priorità di massima dei rischi individuali, per questa ragione può essere utilizzata per selezionare i major risks e trascurare tutti gli altri. Questo

³³ Si definisce total float (o total slack) di un'attività il lasso di tempo entro cui un'attività può ritardare senza ritardare la fine del progetto.

modo di procedere non richiede un ulteriore sforzo, dal momento che l'analisi qualitativa è solitamente disponibile al momento di una QRA. Inoltre, l'analisi qualitativa fornisce un ordine di priorità dei rischi sufficientemente robusto, che in linea di massima si mantiene anche osservando i risultati forniti dall'analisi di sensitività della QRA.

Partendo dall'ordine di priorità stabilito dall'analisi qualitativa dei rischi, per esempio utilizzando la matrice Probabilità-Impatto (figura 5.4) si selezionano e si quantificano soltanto i rischi più rilevanti.

		IMPACT									
		Threats					Opportunities				
		1	2	3	4	5	5	4	3	2	1
PROBABILITY	5	21°	15°	8°	5°	1°	1°	5°	8°	15°	21°
	4	22°	16°	9°	6°	2°	2°	6°	9°	16°	22°
	3	23°	17°	13°	7°	3°	3°	7°	13°	17°	23°
	2	24°	19°	14°	11°	4°	4°	11°	14°	19°	24°
	1	25°	20°	18°	12°	10°	10°	12°	18°	20°	25°

Figura 5.4 Ordine di priorità dei rischi a partire dalla matrice Probabilità/Impatto

Lo step 1 consente una selezione dei rischi individuali, ma possono esistere anche incertezze di stima trascurabili, che si può evitare di quantificare. Per la selezione delle incertezze di stima più rilevanti occorrono gli step 2 e 3.

Step 2: selezione e quantificazione delle incertezze di stima di durata (duration uncertainties) più rilevanti.



Figure 5.5 Raccolta dati probabilistici in una FastRiskRA: step 2

Lo step 2 serve per raccogliere informazioni probabilistiche sulla durata delle attività che possono determinare in misura maggiore lo slittamento della fine del progetto. Il problema, dunque, si riconduce alla selezione di tali attività: quelle che giacciono sul cammino critico e quelle che potrebbero formare nuovi cammini critici in una situazione reale.

Con lo step 2 vengono “perturbate” le stime puntuali delle durate di tutte le attività del modello assegnando loro una stessa distribuzione triangolare, determinata da minimo, moda e massimo espressi in termini percentuali rispetto alla relativa stima base deterministica (e.g. min = 90%, moda = 100%, max = 120% per tutte le durate delle attività). Così facendo si viene a creare un modello provvisorio compreso delle incertezze di stima inserite e dei rischi individuali selezionati allo step 1. A partire da tale modello (provvisorio) si esegue la simulazione³⁴. Da un’analisi di sensitività si possono ricavare i coefficienti di correlazione tra la durata di ciascuna attività e la durata dell’intero progetto, oppure un indicatore che tiene conto del numero di iterazioni nelle quali ciascuna attività è capitata sul cammino critico. Le attività con coefficiente di correlazione più alto (o quelle che sono capitate più volte sul cammino critico) sono quelle più importanti che, se realmente incerte, potrebbero determinare maggiormente lo slittamento della fine del progetto. Con riferimento a queste attività occorre quantificare le effettive incertezze di stima di durata in termini di distribuzioni di probabilità, per esempio chiedendole ad esperti, e inserirle nel modello originale. Anche questa procedura è piuttosto robusta, poiché consente di selezionare non soltanto le attività che stanno sul cammino critico nel modello risk-free, ma anche quelle che possono facilmente diventare critiche in una situazione reale.

Step 3: selezione e quantificazione delle incertezze di stima di costo (cost uncertainties) più rilevanti.



Figura 5.6 Raccolta dati probabilistici in una FastRiskQRA: step 3

³⁴ Poche iterazioni necessarie per questo passaggio (e.g. 1000 iterazioni).

Lo step 3 prevede un ranking delle voci di costo che sono state associate alle attività del reticolo del progetto, dalla più incerta alla meno incerta (in termini assoluti). La quantificazione avviene solo per le incertezze di stima delle voci che occupano i primi posti della classifica. La definizione dell'ordine di priorità richiederebbe una buona dose di esperienza e un registro di dati storici. Una via alternativa, efficace solo in alcuni casi particolari, è quella di assumere che le incertezze di stima di costo sono pressappoco le stesse in termini di variazione percentuale rispetto alla stima base deterministica e, perciò, quantificare le incertezze di stima associate alle sole voci di costo più elevate.

Step 4: selezione e quantificazione delle correlazioni più rilevanti.



Figura 5.7 Raccolta dati probabilistici in una FastRiskQRA: step 4

Con lo step 4 si quantificano e si inseriscono nel modello le correlazioni dirette (in termini di coefficiente di correlazione) che interessano soltanto le durate incerte e i costi incerti inseriti nel modello con gli step precedenti (step 2 e 3).

5.3. La VeryFastQRA

La VeryFastQRA è una QRA caratterizzata da un modello semplificato del progetto come previsto dalla FastModelQRA, ma a differenza della FastModelQRA include tutta o parte della procedura aggiuntiva di raccolta dati probabilistici che caratterizza la FastRiskQRA per selezionare e quantificare soltanto i rischi, le incertezze di stima e le correlazioni più rilevanti. Nella costruzione della FastModelQRA, infatti, non si fa alcuna valutazione su quali siano le incertezze che realmente vale la pena quantificare ed inserire nel modello: la riduzione delle

informazioni probabilistiche è solo una diretta conseguenza della semplificazione del modello del progetto. Perciò, esiste ancora la possibilità di applicare al modello semplificato del progetto la procedura a quattro step caratterizzante la FastRiskQRA.

5.4. Misurazione dell'efficacia di una FastQRA

Per verificare l'efficacia di una “*FastQRA*”, sia essa *FastRiskQRA*, *FastModelQRA* o *VeryFastQRA*, si è confrontato il suo output (distribuzioni di probabilità della durata e del costo del progetto) con quello della “QRA tradizionale” dello stesso progetto, cioè svolta senza le semplificazioni proposte (figura 5.8). Assumendo che la QRA tradizionale sia stata condotta nel modo più accurato possibile, più l'output della FastQRA corrisponde a quello della QRA tradizionale, più la FastQRA si può considerare una soluzione alternativa efficace oltre che conveniente. Si osserva che sebbene la QRA tradizionale di riferimento sia sempre stata a disposizione, al fine di rendere più realistica la situazione, non si è mai fatto uso dei suoi risultati per realizzare una FastQRA, cioè si è agito come se sul progetto non fosse ancora stata fatta alcuna analisi quantitativa.



Figura 5.8 Valutazione dell'efficacia di una FastQRA

Il confronto tra i risultati (distribuzioni di probabilità della durata e del costo del progetto) di una FastQRA rispetto a quelli di una QRA tradizionale è avvenuto osservando gli scostamenti dei tre quantili di ordine 0,1 (P10), 0,5 (P50) e 0,9 (P90) e la variazione della probabilità di completamento del progetto entro i termini puntuali pianificati (figura 5.9). $\Delta P10$ ($P10_{QRAtrad} - P10_{FastQRA}$), $\Delta P50$ ($P50_{QRAtrad} - P50_{FastQRA}$), $\Delta P90$ ($P90_{QRAtrad} - P90_{FastQRA}$) rappresentano gli scostamenti dei tre quantili rappresentativi, *det* è la stima deterministica risk-free e $\Delta Prob(det)$ ($Prob(det)_{QRAtrad} - Prob(det)_{FastQRA}$) rappresenta la variazione della probabilità di completamento del progetto entro il valore *det*.

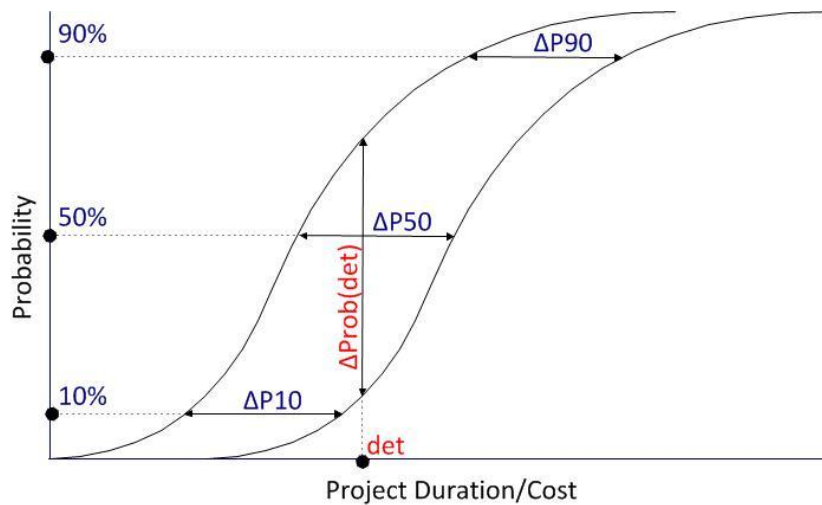


Figura 5.9 Confronto output FastQRA vs QRA tradizionale

Per approfondire e sintetizzare tale confronto è stato ideato un indicatore, denominato **Indice di Confronto (IC)**, definito come nell'equazione (5.1):

$$IC = \frac{Media_{FastQRA} + Devstd_{FastQRA} - Det}{Media_{QRAtrad} + Devstd_{QRAtrad} - Det} \quad (5.1)$$

Dove:

- ✓ $Media_{FastQRA}$ e $Devstd_{FastQRA}$ sono rispettivamente la Media e la Deviazione Standard campionarie della durata/costo del progetto nell'output della FastQRA;

- ✓ $Media_{QRAtrad}$ e $Devstd_{QRAtrad}$ sono rispettivamente la Media e la Deviazione Standard campionarie della durata o del costo del progetto nell'output della QRA tradizionale;
- ✓ Det è la stima deterministica risk-free della durata/costo del progetto.

L'assunzione alla base della definizione dell'Indice di Confronto è che:

“I rischi negativi (threats) surclassano quelli positivi (opportunities) e le incertezze di stima negative surclassano quelle positive³⁵.”

Ciò significa in primo luogo che l'Indice di Confronto non può assumere valori negativi, in secondo luogo che all'aumentare dei rischi, delle incertezze di stima e delle correlazioni tendenzialmente aumenta anche il Media (e la Deviazione Standard) della durata e del costo del progetto. Si deduce che più l'output di una FastQRA si avvicina a quello di una QRA tradizionale, più il valore dell'Indice di Confronto si avvicina al 100% (figura 5.10).

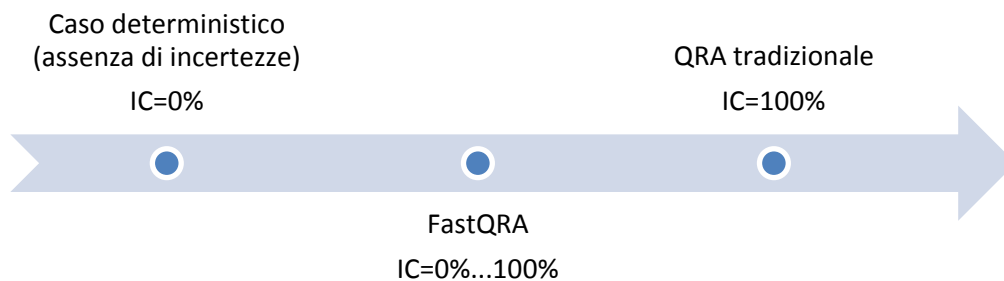


Figura 5.10 Valori assunti dall'Indice di Confronto

L'interpretazione concettuale dell'Indice di Confronto è la seguente:

“L'Indice di Confronto misura la corrispondenza di una FastQRA rispetto alla QRA tradizionale. Per esempio, $IC = 80\%$ significa che la FastQRA in esame descrive l'80% dell'incertezza descritta dalla QRA tradizionale.”

³⁵ In Project A e Project B queste assunzioni sono verificate.

Oppure:

“L’Indice di Confronto misura l’errore di una FastQRA rispetto alla QRA tradizionale. Per esempio, IC = 80% significa che la FastQRA in esame trascura il 20% dell’incertezza descritta dalla QRA tradizionale.”

L’Indice di Confronto ha anche un significato “fisico” oltre che concettuale: nel caso le variabili aleatorie “durata del progetto” e “costo del progetto” seguano una distribuzione Normale, la somma tra Media e Deviazione Standard rappresenta con buona approssimazione il quantile di ordine 0,85 (P85)³⁶. Se, invece, tali variabili aleatorie non seguono una distribuzione Normale, la somma tra Media e Deviazione Standard rappresenterà un altro specifico quantile PXX prossimo al P85 tanto più la distribuzione si avvicina ad una Normale. Perciò, l’Indice di Confronto può essere riscritto come nell’equazione (5.2):

$$IC = \frac{PXX_{FastQRA-Det}}{PXX_{QRA\ trad-Det}} \quad (5.2)$$

Dove:

- ✓ $PXX_{FastQRA}$ indica un quantile prossimo al P85 della durata/costo del progetto nell’output della FastQRA;
- ✓ $PXX_{QRA\ trad}$ indica un quantile prossimo al P85 della durata/costo del progetto nell’output della QRA tradizionale.

Per esempio, se si considera il P90³⁷ al posto di PXX come valore prossimo al P85. In tal caso si può fornire la seguente *interpretazione fisica* dell’Indice di Confronto:

“L’Indice di Confronto misura la distanza tra il P90 e la stima deterministica risk-free della FastQRA rispetto alla distanza tra il P90 e la stima deterministica risk-free della QRA tradizionale. Per esempio, IC = 80% significa che il P90 della FastQRA in esame cade sull’80% della distanza tra il P90 e la stima deterministica risk-free della QRA tradizionale.”

Oppure:

³⁶ Con esattezza il quantile di ordine 0,8413.

³⁷ In genere P90 o P80 sono i valori di riferimento utilizzati per la determinazione della riserva di contingency da aggiungere al costo di baseline per determinare il budget totale del progetto.

“L’Indice di Confronto misura la distanza che manca al P90 della FastQRA per raggiungere il P90 della QRA tradizionale. Per esempio, $IC = 80\%$ significa che al P90 della FastQRA manca il 20% della distanza tra il P90 e la stima deterministica risk-free della QRA tradizionale per raggiungere il P90 della QRA tradizionale.”

L’Indice di Confronto ritornerà particolarmente utile in seguito per rappresentare graficamente gli effetti di variazioni della quantità di rischi e incertezze di stima di input sui risultati di una QRA (paragrafo 6.2).

6. IL CASO APPLICATIVO

La tabella 6.1 riporta le caratteristiche principali dei due progetti rappresentativi presi in considerazione per questo elaborato (**Project A** e **Project B**). Project A è un progetto per la messa in produzione di gas in un giacimento offshore collocato a circa 50 km dalla costa e a circa 70 m di profondità. Project B è anch'esso un progetto offshore finalizzato alla messa in produzione di un giacimento ad alto potenziale di gas e condensati situato a 20 km dalla costa in acque profonde da 30 a 60 m. Mentre Project A è in fase di esecuzione (circa al 50% dell'opera), Project B non è ancora stato approvato, si trova, cioè, ancora nella fase di front-end, quando l'incertezza associata al progetto è ancora a livelli molto elevati e le informazioni di dettaglio potrebbero essere difficilmente reperibili.

La FastModelQRA è stata realizzata su Project B. La FastRiskQRA è stata esplorata su Project A (Project B non era al momento disponibile) e verificata in un secondo momento su Project B. La VeryFastQRA è stata realizzata direttamente su Project B.

Tabella 6.1 Caratteristiche base di Project A e Project B

	Project A	Project B
<i>Phase</i>	Execution	FID (Final Investment Decision)
<i>Total base cost</i>	300 MUSD	750 MUSD
<i>Actual cost / Total base cost</i>	42%	0%
<i>Remaining cost / Total base cost</i>	58%	100%
<i>Total base duration</i>	700 d	950 d
<i>Actual duration / Total base duration</i>	47%	0%
<i>Remaining duration / Total base duration</i>	53%	100%

6.1. La FastModelQRA

Una versione semplificata del modello del progetto è consigliata per l'esecuzione della simulazione Monte Carlo, giacché si è di fronte ad un'analisi strategica, che non giustifica un livello eccessivo di dettaglio (Hulett, 2011).

Ma fino a che punto si può semplificare?

Hulett (2011), suggerisce di partire da un reticolo costituito da 300-1000 attività (per progetti fino a 10 miliardi di dollari). In questo paragrafo si vuole verificare che un reticolo di 15-25 macro-attività e un elenco di 20-30 macro-voci di costo possono essere più che sufficienti. A questo scopo, grazie all'aiuto di esperti, è stata realizzata la **FastModelQRA** su Project B, così come è illustrato nel seguito.

La costruzione del modello semplificato del progetto

Costruzione del reticolo semplificato del progetto

A partire dalla WBS sono state individuate 6 attività riassuntive (summary tasks) dell'intero progetto e 3 milestones fondamentali (tabella 6.2).

Tabella 6.2 FastModelQRA: attività riassuntive e milestones fondamentali

ID	Nome	Descrizione
Summary tasks		
1	<i>Contract Approval Process</i>	Comprende le attività di approvazione dei contratti per la realizzazione del primo pozzo.
2	<i>AR3 & FID Approval Cycle</i>	Comprende le attività di approvazione interna del progetto, che si concludono con la milestone M1 (FID).
3	<i>Platform</i>	Comprende le attività di costruzione della piattaforma offshore.
4	<i>Onshore</i>	Comprende l'insieme delle attività onshore.
5	<i>First Well</i>	Comprende le attività di realizzazione del primo pozzo fino all'estrazione del primo flusso di gas, cioè fino alla milestone M2 (First Gas).
6	<i>Other Activities</i>	Comprende tutte le attività che vanno dall'estrazione del primo flusso di gas alla messa in produzione di gas in tutti gli altri pozzi, cioè fino alla milestone M3 (Full Gas Production).

ID	Nome	Descrizione
Milestones		
M1	<i>FID</i>	Final Investment Decision, è la decisione finale dell'investimento.
M2	<i>First Gas</i>	Rappresenta l'estrazione del primo flusso di gas. L'estrazione della prima goccia di petrolio avviene in seguito.
M3	<i>Full Gas Production</i>	Coincide con la messa in produzione di gas in tutti i pozzi. La messa in produzione di petrolio in tutti i pozzi avviene in una fase successiva, che non interessa rappresentare nel reticolo ai fini dell'analisi dei rischi.

Tali attività riassuntive, dove necessario, sono state scomposte in attività più dettagliate in modo da garantire il mantenimento della logica del reticolo e in modo da evidenziare le attività particolarmente soggette ad incertezza (rischi individuali o incertezze di stima). La figura 6.1 rappresenta il reticolo semplificato finale di Project B, composto da 19 attività (scritta blu su sfondo bianco), 3 milestones (scritta rossa su sfondo bianco), 8 summary tasks (scritta nera su sfondo colorato) e 26 collegamenti logici.

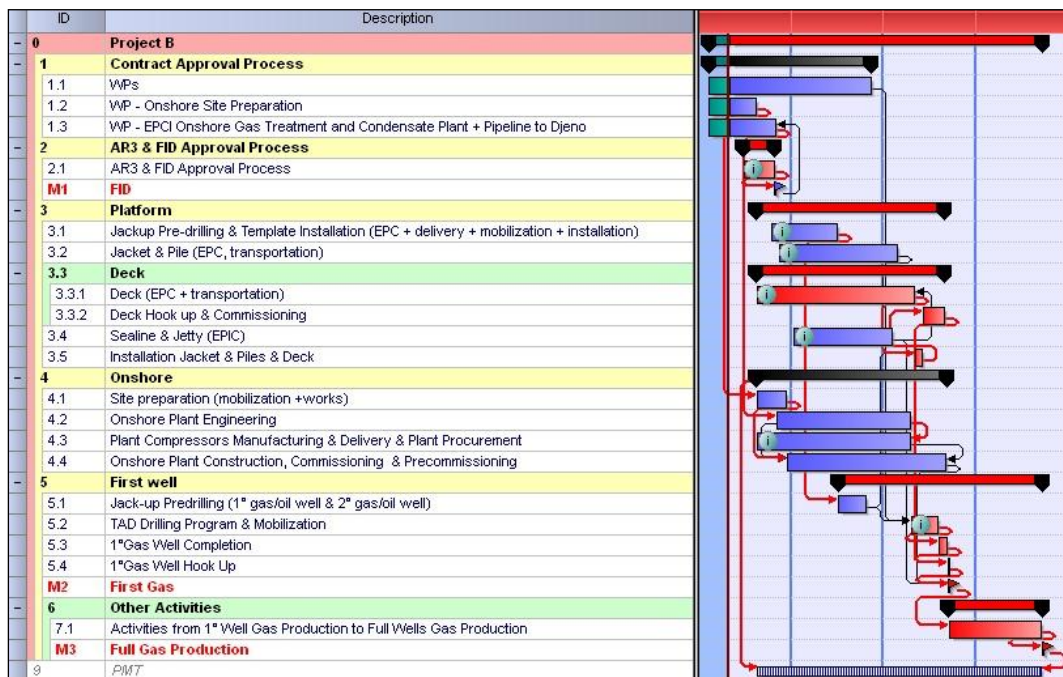


Figura 6.1 Reticolo semplificato di Project B

Elaborazione dell'elenco semplificato delle voci di costo

A partire dalla CBS e dalla WBS si è elaborato l'elenco semplificato delle voci di costo, distribuendo l'intero budget alle macro-attività del progetto sotto forma di costi fissi (time-independent) e di costi nell'unità di tempo (time-dependent).

Se per l'assegnazione dei costi time-independent non esistono particolari problemi, per l'assegnazione dei costi time-dependent il discorso potrebbe essere diverso: con un reticolo composto da sole 19 attività non sempre è possibile mantenere i costi time-dependent come tali, dal momento che essi possono dipendere dalla durata di un'attività più di dettaglio rispetto alla macro-attività inserita nel reticolo semplificato del progetto. In questo caso esistono tre alternative per fronteggiare il problema:

- Assegnare comunque il costo time-dependent alla macro-attività; questa soluzione potrebbe andar bene se la durata della macro-attività è determinata quasi completamente dall'attività associata al costo.
- Trasformare il costo time-dependent in un costo time-independent e, in seguito, attribuire l'incertezza di stima direttamente a tale costo.
- Scomporre ulteriormente la macro-attività in questione, dettagliando di più il reticolo del progetto; questa appare la soluzione migliore dal punto di vista dell'accuratezza, ma potrebbe richiedere più tempo.

Nel caso applicativo in questione si è scelta la seconda alternativa: dove non è stato possibile assegnare i costi time-dependent alle attività sono stati trasformati in costi lump-sum.

Il risultato è un reticolo dei costi costituito da 28 voci di costo, tra time-dependent e time-independent (tabella 6.3).

Tabella 6.3 Elenco semplificato delle voci di costo per Project B

ID	NAME	ID	NAME
1	Template Installation by Jack up	15	Plant Construction & Commissioning
2	Template EPC & Delivery@Site + Jackup Mobilization	16	Jack-up Predrilling (1° gas/oil well & 2° gas/oil well)
3	Jacket & Pile transportation	17	1°Gas Well Completion

ID	NAME	ID	NAME
4	Jacket & Pile EPC	18	Other activities costs
5	Deck Transportation	19	Corporate and affiliate support
6	Deck EPC	20	Taxes
7	Deck Hook-Up & Commissioning	21	Infrastructures
8	Line Pipes Installation 40KM	22	Insurance
9	Sealine & Jetty (EPIC)	23	Third party inspection
10	Installation Jacket & Pile	24	Land acquisition
11	Deck Installation	25	Other costs (Ops and Log)
12	Site preparation	26	PMT
13	Onshore Plant Engineering	27	Exchange Rate €/€
14	Plant Procurement	28	Exchange Rate €/£

La raccolta dei dati probabilistici

Modello del progetto alla mano, si sono chieste all'esperto (in questo caso direttamente al PM) le informazioni quantitative sui rischi, sulle incertezze di stima e sulle loro correlazioni, come si farebbe in una QRA tradizionale.

Raccolta dati sui rischi individuali

Per quanto riguarda la raccolta dati sui rischi si possono riscontrare due situazioni difficoltose:

- se il rischio impatta sulla durata di un'attività non dettagliata nel modello;
- se il rischio impatta sulla durata di un'attività il cui costo è stato reso time-independent nell'elenco delle voci di costo.

Nel primo caso occorre attribuire l'impatto del rischio alla macro-attività (un'alternativa sarebbe quella più onerosa di scomporre la macro-attività nel reticolo del progetto). Nel secondo caso occorre quantificare l'impatto del rischio direttamente sul costo dell'attività. In entrambi i casi ci si è basati sull'abilità del PM, che ha fornito le distribuzioni degli impatti dei rischi superando queste due problematiche.

Raccolta dati sulle incertezze di stima

L'elicitazione delle informazioni quantitative sulle incertezze di stima delle macro-durate e dei macro-costi è avvenuta senza che si evidenziassero particolari problematiche.

Raccolta dati sulle correlazioni dirette

Come già spiegato nel paragrafo 3.2 l'attribuzione delle correlazioni dirette tra le attività del modello è un compito assai arduo e anche in questo caso il PM ha avuto difficoltà nell'attribuire un valore specifico ai coefficienti di correlazione tra le durate incerte e/o i costi incerti. Perciò è stata utilizzata una tecnica molto semplice, in cui si è attribuito un coefficiente di correlazione pari al 90% per le correlazioni giudicate elevate, 50% per le correlazione giudicate moderate e 25% per le correlazioni giudicate basse (Hulett, 2011). La difficoltà nel quantificare le correlazioni non è dovuta al fatto che siamo di fronte a una FastModelQRA, dal momento che anche in una QRA tradizionale si riscontrano le stesse difficoltà.

Inserimento dei dati probabilistici ed esecuzione della simulazione

Si sono inserite le informazioni raccolte all'interno del modello e si è eseguita la simulazione (10.000 iterazioni).

Nella tabella 6.4 si mettono a confronto la FastModelQRA e la QRA tradizionale di Project B in termini di quantità di elementi contenuti nel modello del progetto e quantità di dati probabilistici raccolti ed inseriti nel modello stesso.

Tabella 6.4 FastModelQRA (Project B): quantità di elementi e di dati probabilistici

	FastModelQRA	QRA tradizionale
<i>Elementi nel modello del progetto</i>		
<i>Numero di attività (normal tasks)</i>	19	162
<i>Numero di collegamenti logici</i>	26	312
<i>Numero di voci di costo</i>	28	61
<i>Totale</i>	73 (14%)	535

	FastModelQRA	QRA tradizionale
<i>Dati probabilistici</i>		
<i>Numero di probabilità di accadimento dei rischi + numero di distribuzioni di probabilità dei loro impatti</i>	56	78
<i>Numero di distribuzioni di probabilità di durate</i>	15	49
<i>Numero di distribuzioni di probabilità di voci di costo</i>	28	41
<i>Numero di coefficienti di correlazione</i>	15	45
<i>Totale</i>	<i>114 (53%)</i>	<i>213</i>

Con la FastModelQRA la quantità di elementi contenuti nel modello del progetto tra attività, collegamenti logici e voci di costo è pari al 14% della QRA tradizionale. La quantità di dati probabilistici raccolti ed inseriti nel modello, tra probabilità di accadimento, distribuzioni di probabilità e coefficienti di correlazione è pari al 53% della QRA tradizionale.

Risultati

La FastModelQRA su Project B dimostra che esistono margini di semplificazione della QRA tradizionale già dalla costruzione del modello del progetto: con un modello composto da sole 15-25 macro-attività e 20-30 macro-costi si possono raggiungere risultati prossimi a quelli di una QRA tradizionale.

Le figure 6.2 e 6.3 riportano a confronto le distribuzioni cumulate di FastModelQRA e QRA tradizionale relative rispettivamente alla durata e al costo del progetto. Nelle figure si sono segnalate le distanze tra i quantili di ordine 0,1 (P10), 0,5 (P50) e 0,9 (P90). Con riferimento alla durata del progetto, le distanze tra questi quantili sono risultate tutte inferiori al 5% rispetto alla durata attesa del progetto. Riguardo al costo del progetto, le distanze tra questi quantili sono risultate tutte inferiori al 3% rispetto al costo atteso del progetto.

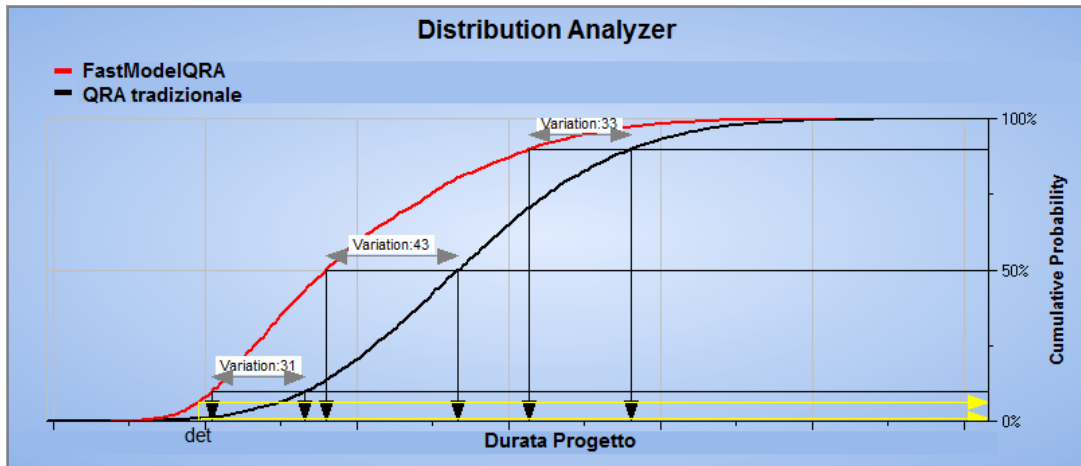


Figura 6.2 Project B, schedule risk: FastModelQRA vs QRA tradizionale

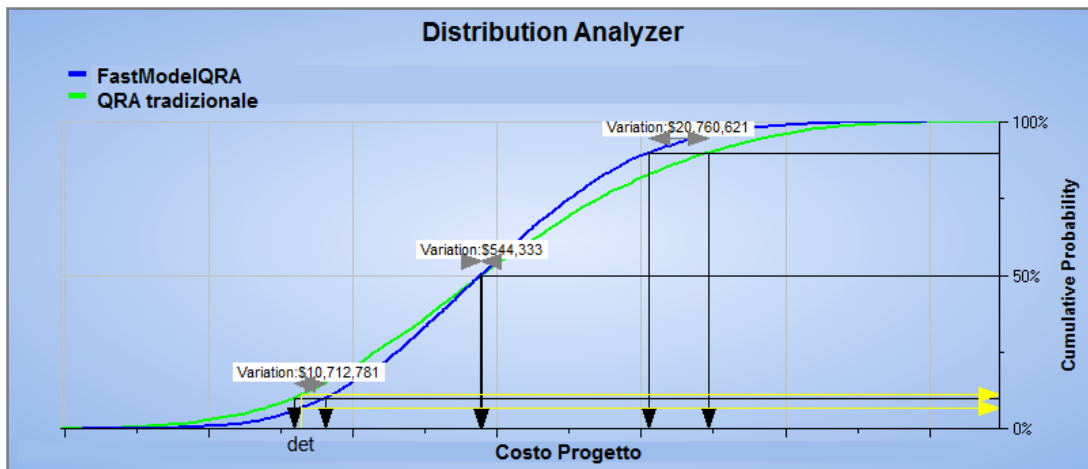


Figura 6.3 Project B, cost risk: FastModelQRA vs QRA tradizionale

La tabella 6.5 riporta i risultati evidenziati dalle figure e sintetizza i risultati ottenuti servendosi degli altri strumenti descritti nel paragrafo 5.4, per esempio, riportando il valore assunto dagli Indici di Confronto: IC=71% con riferimento al project schedule risk e IC=89% per il project cost risk.

Tabella 6.5 Project B: FastModelQRA vs QRA tradizionale, sintesi dei risultati³⁸

	FastModelQRA	QRA tradizionale
<i>Quantità di elementi nel modello del progetto</i> ³⁹	14% della QRA tradizionale	
<i>Quantità di informazioni probabilistiche</i> ⁴⁰	53% della QRA tradizionale	
Durata Progetto		
$\Delta P10$ (quantile di ordine 0,1)	31 g (3,6% rispetto alla durata attesa del progetto)	
$\Delta P50$ (quantile di ordine 0,5)	43 g (5,0% rispetto alla durata attesa del progetto)	
$\Delta P90$ (quantile di ordine 0,9)	33 g (3,8% rispetto alla durata attesa del progetto)	
$\Delta Prob(det)$	-5%	
Indice di Confronto	71%	100%
Costo Progetto		
$\Delta P10$ (quantile di ordine 0,1)	- 10,7 MUSD (-1,5% rispetto al costo atteso del progetto)	
$\Delta P50$ (quantile di ordine 0,5)	0,5 MUSD (0,1% rispetto al costo atteso del progetto)	
$\Delta P90$ (quantile di ordine 0,9)	20,7 MUSD (2,8% rispetto al costo atteso del progetto)	
$\Delta Prob(det)$	4%	
Indice di Confronto	89%	100%

Da questi risultati si può dedurre che i risultati della FastModelQRA si avvicinano molto a quelli di una QRA tradizionale nonostante la riduzione significativa di elementi del modello (attività, voci di costo, collegamenti logici) e di dati probabilistici (probabilità di accadimento, distribuzioni di probabilità, coefficienti di correlazione).

Con riferimento ai due obiettivi principali di questo elaborato (migliorare l'economicità della QRA ed estendere l'applicabilità della QRA in condizione di informazione limitata), l'implementazione della FastModelQRA consentirebbe:

³⁸ Si ricorda che le variazioni $\Delta P10$, $\Delta P50$, $\Delta P90$ e $\Delta Prob(det)$ equivalgono a: $P10_{QRAtrad} - P10_{FastQRA}$, $P50_{QRAtrad} - P50_{FastQRA}$, $P90_{QRAtrad} - P90_{FastQRA}$, $Prob(det)_{QRAtrad} - Prob(det)_{FastQRA}$.

³⁹ Quantità di elementi nel modello del progetto = numero di attività + numero di collegamenti logici + numero di voci di costo.

⁴⁰ Quantità di informazioni probabilistiche raccolte ed inserite nel modello = numero di probabilità di accadimento + numero di distribuzioni di probabilità + numero di coefficienti di correlazione.

- *Una maggiore economicità*: si ottiene un risparmio di tempo dell'ordine del 50%, derivante in misura maggiore dalla velocizzazione nella costruzione del modello del progetto, in misura minore dalla riduzione dei dati probabilistici da raccogliere e inserire nel modello. Anche in fase di aggiornamento della QRA (che può essere richiesta più volte nel corso del ciclo di vita di un progetto) si ottiene un risparmio di tempo sostanziale, quantificabile intorno al 75%. Questa rapidità di realizzazione e aggiornamento della QRA permetterebbero di applicarla ad un numero maggiore di progetti senza dover investire in ulteriori risorse.
- *Un alto grado di applicabilità in condizioni di informazione limitata*: per eseguire la QRA non servono più dati di dettaglio, ma dati aggregati più facilmente reperibili. Questo consente di anticipare l'applicazione della QRA anche in fase preliminare del progetto, quando il livello di conoscenza dei dettagli è ai minimi livelli. Inoltre, come già visto nel paragrafo 5.1, in queste condizioni di elevata incertezza generalmente risulta più accurato fare previsioni su dati aggregati, rispetto che farle su dati di dettaglio poco affidabili.

Oltre a questi due grandi vantaggi, l'adozione della FastModelQRA porterebbe ad una serie di ulteriori benefici collaterali:

- ✓ *Non si perde di vista la visione globale del progetto con le sue dinamiche significative*. Questo evita di perdersi in dettagli di poca importanza che possono portare a tralasciare incertezze realmente importanti.
- ✓ *Si limita la possibilità di obsolescenza dei dati di input*. La maggiore rapidità della procedura limita la possibilità che i dati di input si modifichino tra il momento in cui vengono raccolti e il momento dell'ottenimento dei risultati, il che svalorizzerebbe fortemente l'analisi.
- ✓ *Si agevola l'implementazione e la gestione di un registro di dati storici*, dal momento che si tratta di registrare solo poche incertezze importanti⁴¹.

Per la FastModelQRA non pare ci siano ostacoli particolari nell'applicazione a progetti di altro tipo: si ritiene che un modello ragionevolmente semplificato del progetto possa essere sufficiente per eseguire una QRA anche in altre realtà aziendali, soprattutto nella fase di front-end del progetto, quando l'incertezza è molto elevata e l'informazione limitata.

⁴¹ Il registro di dati storici costituisce un ottimo strumento critico per il Risk Analyst nel valutare l'attendibilità delle informazioni probabilistiche che gli sono fornite da esperti.

6.2. La FastRiskQRA

Un ristretto, ma ben selezionato, volume di informazioni è sufficiente per prendere una decisione o per compiere una determinata analisi (Williams et al., 2009).

Questo è il principio alla base della *FastRiskQRA*: pochi rischi e poche incertezze di stima rilevanti possono essere sufficienti per eseguire una QRA. La metodologia a quattro step descritta nel paragrafo 5.2 consente di stabilire a priori (prima dell'esecuzione della QRA) un ordine di rilevanza.

Ma quanti rischi e incertezze di stima rilevanti selezionare e quantificare?

Per rispondere alla domanda sono state eseguite varie FastRiskQRA su *Project A* variando la quantità di rischi, incertezze di stima (e correlazioni) rilevanti di input; per ogni simulazione si è osservato come varia il suo output rispetto a quello della QRA tradizionale attraverso l'*Indice di Confronto*⁴² (figura 6.4).

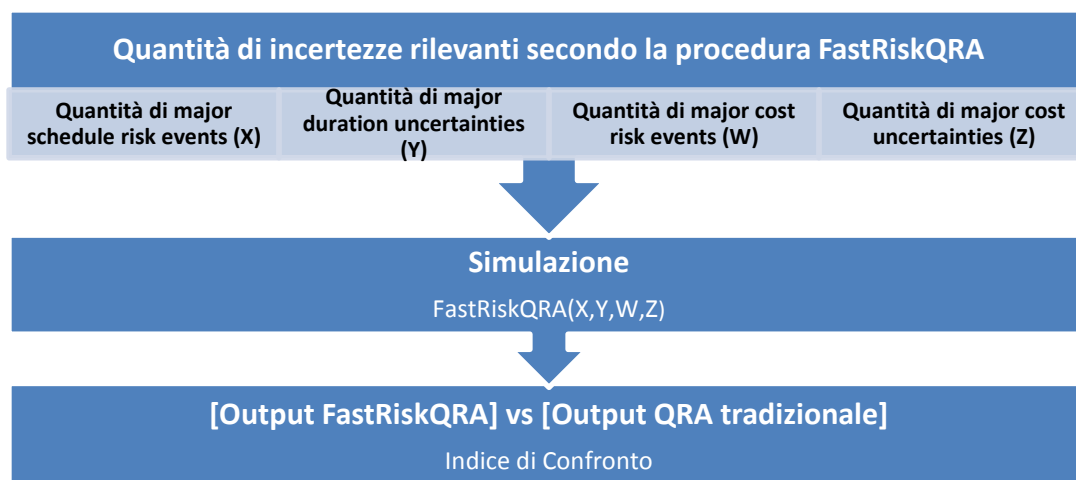


Figura 6.4 FastRiskQRA(X,Y,W,Z) vs QRA tradizionale

Come riportato in figura 6.4, sono state definite quattro variabili di input (X,Y,W,Z) che rappresentano le quantità percentuali dei rischi e delle incertezze di stima considerati (i più rilevanti) rispetto alle quantità considerate nella QRA tradizionale:

X = % di rischi che impattano sui tempi (*schedule risk events*);

⁴² L'Indice di Confronto è stato descritto nel paragrafo 5.4.

Y = % di incertezze di stima di durata (*duration uncertainties*);

W = % di rischi che impattano sui costi (*cost risk events*);

Z = % di incertezze di stima di costo (*cost uncertainties*).

La notazione ***FastRiskQRA(X,Y,W,Z)*** indica l'insieme delle simulazioni (FastRiskQRA) al variare di X , Y , W e Z . Per esempio, la FastRiskQRA(40,30,50,20) è la simulazione ottenuta prendendo in considerazione:

- ✓ il 40% di “schedule risk events”,
- ✓ il 30% di “duration uncertainties”,
- ✓ il 50% di “cost risk events”,
- ✓ il 20% di “cost uncertainties”.

Si nota che i due casi limite sono la FastRiskQRA(0,0,0,0) e la FastRiskQRA(100,100,100,100):

- la FastRiskQRA(0,0,0,0) rappresenta il “caso deterministico” (assenza di incertezza), caso secondo il quale il progetto durerà e costerà esattamente come pianificato;
- la FastRiskQRA(100,100,100,100) rappresenta la QRA tradizionale.

L'output di una generica FastRiskQRA(X,Y,W,Z) tra questi due casi limite comprende sia la distribuzione di probabilità della durata del progetto, sia la distribuzione di probabilità del costo del progetto; consente, cioè, di valutare sia il *project schedule risk*, sia il *project cost risk*. Lo stesso identico output si otterrebbe considerando separatamente una FastRiskQRA(X,Y,0,0) - o ***FastRiskQRA(X,Y)*** - per valutare il *project schedule risk* e una FastRiskQRA(0,0,W,Z) - o ***FastRiskQRA(W,Z)*** - per valutare il *project cost risk*⁴³. L'approccio separato è più comodo ai fini di questa analisi.

Per prima cosa ci si è occupati della valutazione del *project schedule risk* e a questo scopo sono state generate ed eseguite 42 FastRiskQRA(X,Y) che vengono riportate in tabella 6.6:

⁴³ In realtà, i valori di X e Y non si mantengono uguali a zero al variare di W e Z a causa dell'esistenza dei costi “time dependent”: in questo caso le variabilità nei tempi generano variabilità nei costi. Quindi, talvolta, aumentare W e Z significa aumentare X e Y , che non rimangono uguali a zero. Per questa ragione viene preferita la notazione ***FastRiskQRA(W,Z)*** alla notazione ***FastRiskQRA(0,0,W,Z)***.

Tabella 6.6 Project A: FastRiskQRA(X,Y)

FastRiskQRA(X,Y)	X (% di schedule risks)					
Y (% di duration uncertainties)	(0,0)	(10,0)	(20,0)	(30,0)	(40,0)	(100,0)
	(0,10)	(10,10)	(20,10)	(30,10)	(40,10)	(100,10)
	(0,20)	(10,20)	(20,20)	(30,20)	(40,20)	(100,20)
	(0,30)	(10,30)	(20,30)	(30,30)	(40,30)	(100,30)
	(0,40)	(10,40)	(20,40)	(30,40)	(40,40)	(100,40)
	(0,70)	(10,70)	(20,70)	(30,70)	(40,70)	(100,70)
	(0,100)	(10,100)	(20,100)	(30,100)	(40,100)	(100,100)

In secondo ci si è concentrati sulla valutazione del project cost risk e a questo scopo sono state generate ed eseguite 28 FastRiskQRA(W,Z) riportate in tabella 6.7:

Tabella 6.7 Project A: FastRiskQRA(W,Z)

FastRiskQRA(W,Z)	W (% di cost risks)			
Z (% di cost uncertainties)	(0,0)	(20,0)	(40,0)	(100,0)
	(0,10)	(20,10)	(40,10)	(100,10)
	(0,20)	(20,20)	(40,20)	(100,20)
	(0,30)	(20,30)	(40,30)	(100,30)
	(0,40)	(20,40)	(40,40)	(100,40)
	(0,70)	(20,70)	(40,70)	(100,70)
	(0,100)	(20,100)	(40,100)	(100,100)

Sia per quanto riguarda la creazione delle FastRiskQRA(X,Y) che per quanto riguarda la creazione delle FastRiskQRA(W,Z) si è seguito lo stesso metodo: si è partiti dal “caso deterministico” e, mano a mano che si aggiungevano al modello le incertezze (e le correlazioni) in ordine di rilevanza, si eseguivano le simulazioni, fino ad arrivare alla costruzione della QRA tradizionale. Per ciascuna delle simulazioni così ottenute si è calcolato l’Indice di Confronto (IC), che assume il valore 0% nel “caso deterministico” e 100% nella QRA tradizionale; più l’output di

una $\text{FastRiskQRA}(i,j)^{44}$ si avvicina alla QRA tradizionale, più il valore dell'Indice di Confronto si avvicinerà al 100%.

Attraverso le 42 $\text{FastRiskQRA}(X,Y)$ in tabella 6.6 si è mappata la funzione $\text{IC}=\text{FastRiskQRA}(X,Y)$ in figura 6.5. Attraverso le 28 $\text{FastRiskQRA}(W,Z)$ in tabella 6.7 si è mappata la funzione $\text{IC}=\text{FastRiskQRA}(W,Z)$ in figura 6.6.

La chiave di lettura dei grafici nelle figure 6.5 e 6.6 è la seguente: ognuna delle curve colorate rappresenta la variazione dell'Indice di Confronto (asse delle ordinate), al variare della percentuale di incertezze di stima considerate (asse delle ascisse) per una data percentuale di rischi considerati (colori delle curve). Le percentuali sono espresse rispetto alla QRA tradizionale, che resta il benchmark dell'analisi.

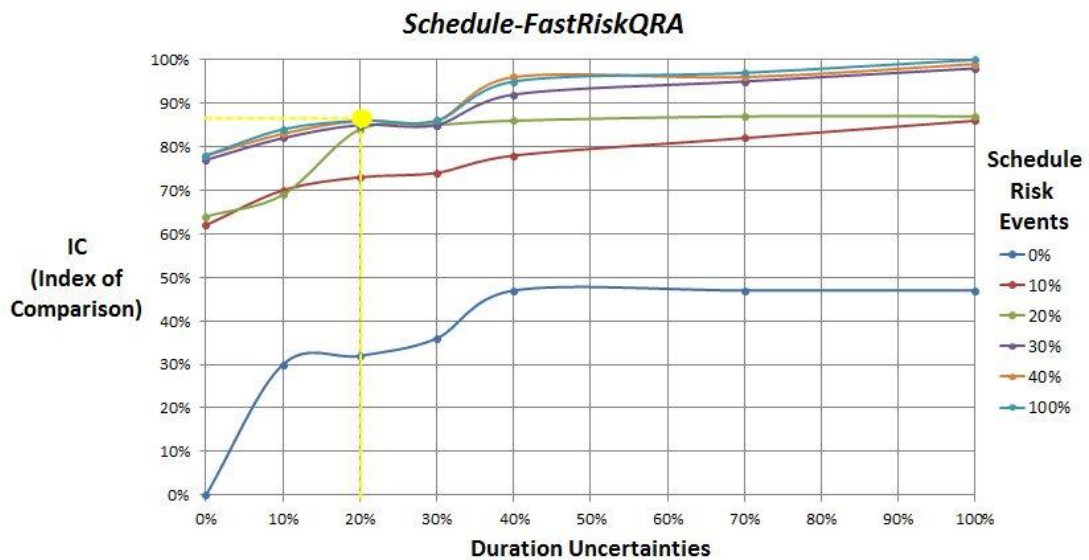


Figure 6.5 Project A, $\text{IC} = \text{FastRiskQRA}(X,Y)$

Dal grafico in figura 6.5 si possono trarre le seguenti osservazioni:

- I rischi contano più delle duration uncertainties, ma se considerati da soli in assenza di incertezze di stima ($Y=0$) permettono di raggiungere al massimo $\text{IC}=78\%$.

⁴⁴ $(i,j) = (X,Y)$ se si stanno confrontando le distribuzioni di probabilità della durata del progetto, $(i,j) = (W,Z)$ se si stanno confrontando le distribuzioni di probabilità del costo del progetto.

- Soltanto il 10% dei rischi più rilevanti che impattano sui tempi insieme con il 10% delle duration uncertainties più rilevanti fanno assumere all'Indice di Confronto un valore del 70%.

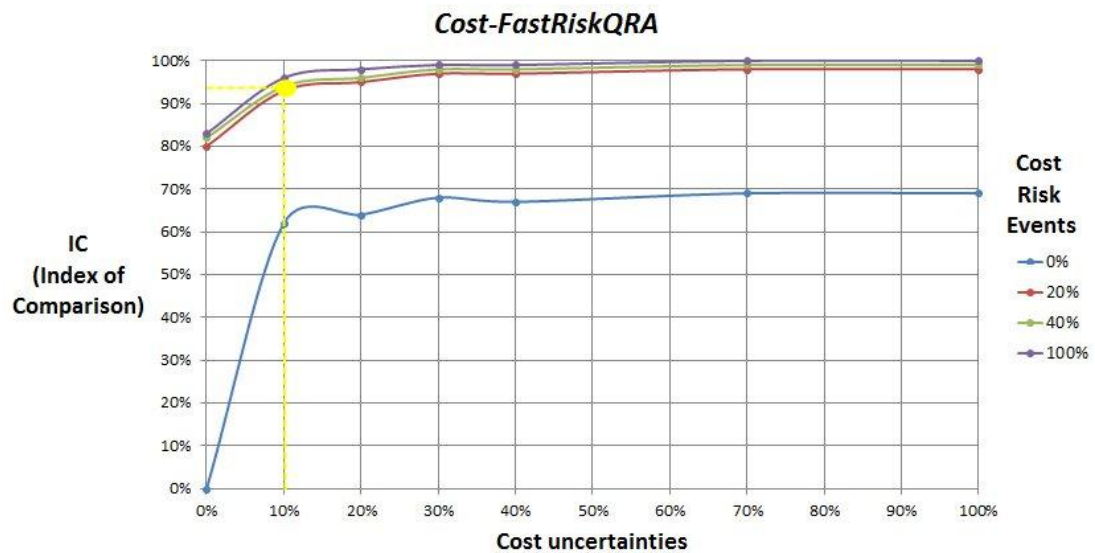


Figura 6.6 Project A, $IC = \text{FastRiskQRA}(W,Z)$

Le osservazioni sul grafico in figura 6.6 sono molto simili a quelle relative al grafico 6.5:

- I rischi contano più delle cost uncertainties, ma se considerati da soli in assenza di cost uncertainties ($Z=0$) permettono di raggiungere al massimo $IC=83\%$.
- Soltanto il 20% dei rischi più rilevanti che impattano sui costi insieme con il 10% delle cost uncertainties più rilevanti fanno assumere all'Indice di Confronto un valore del 93%.

Si supponga ora che il Risk Analyst decida di adottare la metodologia FastRiskQRA per un progetto analogo a Project A a patto che l'Indice di Confronto assuma un valore maggiore dell'85% relativamente sia al project schedule risk, sia al project cost risk. Nel primo caso la figura 6.5 mostra che la soluzione più rapida (pallino giallo) è quella di considerare $X=40\%$ -cioè il 40% degli schedule risks- e $Y=20\%$ -cioè il 20% delle duration uncertainties-. Nel secondo caso dalla figura 6.6

si evince che la soluzione più rapida (pallino giallo) è quella di considerare $W=20\%$ -cioè il 20% dei rischi con impatto sui costi- e $Z=10\%$ -cioè il 10% delle cost uncertainties-. In sintesi, la soluzione più rapida per ottenere un Indice di Confronto superiore all'85% è quella di una FastRiskQRA(40,20,20,10).

Da questa soluzione si è azzardata una generalizzazione riassunta in tabella 6.8 che ha consentito di rispondere alla domanda iniziale (quanti rischi e incertezze di stima rilevanti selezionare e quantificare?)

Tabella 6.8 Quantità di incertezze di input nella FastRiskQRA

	QRA tradizionale	Percentuale da considerare		FastRiskQRA	
<i>Quantità di rischi</i>	10-20	*	40%	≈	5-10
<i>Quantità di incertezze di stima di durate</i>	40-90	*	20%	≈	10-20
<i>Quantità di incertezze di stima di costi</i>	30-80	*	10%	≈	5-10

Si rimarca che questi criteri di selezione sono stati dedotti dall'analisi di Project A, ma non è detto che valgano per altri progetti. Lo confermeranno i risultati della FastRiskQRA applicata su Project B applicando questi criteri (cfr. tabella 6.9 nel prossimo paragrafo).

I risultati che seguono si riferiscono, appunto, alle FastRiskQRA applicate su Project A e Project B prendendo in considerazione 5-10 rischi, 10-20 incertezze di stima di durate e 5-10 incertezze di stima di costi.

Risultati

La FastRiskQRA consentirebbe uno sforzo minore nell'elicitazione delle informazioni: per dare un'idea, si quantificherebbero e inserirebbero nel modello le informazioni relative approssimativamente a 5-10 rischi, 10-20 incertezze di stima di durate e 5-10 incertezze di stima di costi rispetto ai 10-20, 40-90, 30-80 di una QRA tradizionale.

Per quanto riguarda Project A, nonostante questa drastica riduzione di dati probabilistici da raccogliere e inserire nel modello, si sono ottenuti risultati del tutto

approssimabili ad una QRA tradizionale, che vengono raffigurati nelle figure 6.7 e 6.8 e poi sintetizzati in tabella 6.9.

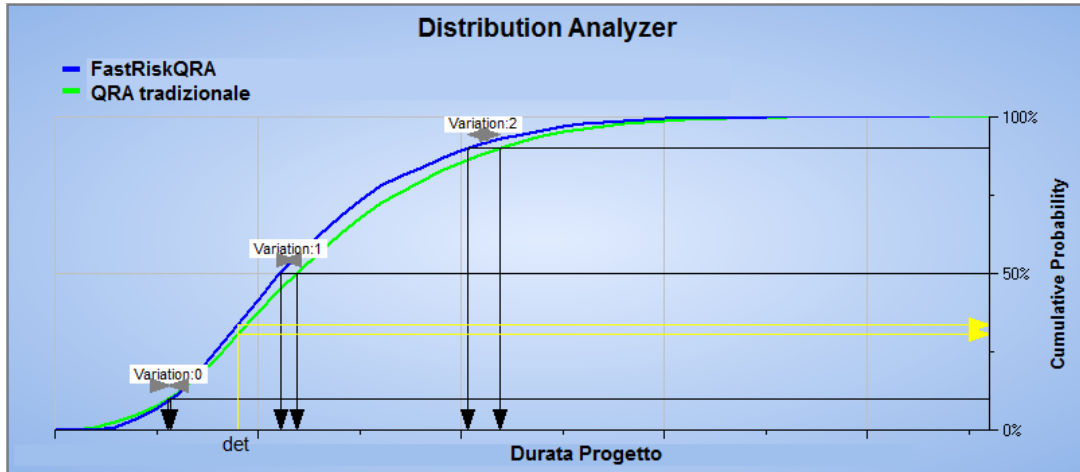


Figure 6.7 Project A, schedule risk: FastRiskQRA vs QRA tradizionale

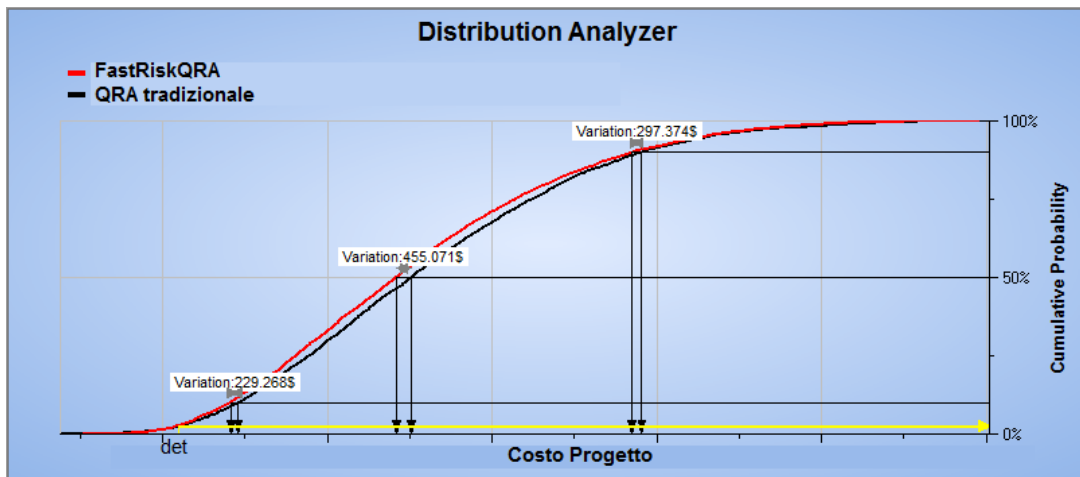


Figura 6.8 Project A, cost risk: FastRiskQRA vs QRA tradizionale

Tabella 6.9 Project A: FastRiskQRA vs QRA tradizionale, sintesi dei risultati

	FastRiskQRA	QRA tradizionale
<i>Quantità di informazioni probabilistiche</i>	25% della QRA tradizionale	
Durata Progetto		
$\Delta P10$ (quantile di ordine 0,1)	0 g (0,0% rispetto alla durata rimanente del progetto ⁴⁵)	
$\Delta P50$ (quantile di ordine 0,5)	1 g (0,1% rispetto alla durata rimanente del progetto)	
$\Delta P90$ (quantile di ordine 0,9)	2 g (0,3% rispetto alla durata rimanente del progetto)	
$\Delta Prob(det)$	-3%	
Indice di Confronto	86%	100%
Costo Progetto		
$\Delta P10$ (quantile di ordine 0,1)	0,2 MUSD (1,3% rispetto al costo rimanente del progetto ⁴⁶)	
$\Delta P50$ (quantile di ordine 0,5)	0,5 MUSD (3,2% rispetto al costo rimanente del progetto)	
$\Delta P90$ (quantile di ordine 0,9)	0,3 MUSD (1,9% rispetto al costo rimanente del progetto)	
$\Delta Prob(det)$	0%	
Indice di Confronto	94%	100%

Nella FastRiskQRA di Project A ottenuta seguendo questi tre criteri sono state inserite il 25% delle informazioni probabilistiche (probabilità di accadimento, distribuzioni di probabilità e coefficienti di correlazione) rispetto alla QRA tradizionale. Le distanze tra i quantili di ordine 0,1 (P10), 0,5 (P50) e 0,9 (P90) sia delle distribuzioni di probabilità della durata del progetto (FastRiskQRA vs QRA tradizionale), sia delle distribuzioni di probabilità del costo del progetto (FastRiskQRA vs QRA tradizionale) si sono rivelate tutte inferiori all'1% rispetto alla durata/costo rimanente del progetto. Anche l'elevato valore assunto dall'Indice di Confronto (86% per l'analisi dei tempi e 94% per l'analisi dei costi) conferma che la FastRiskQRA ha fornito sostanzialmente gli stessi risultati della QRA tradizionale.

⁴⁵ Durata rimanente del progetto (Remaining duration) = Total base duration – Actual duration.

⁴⁶ Costo rimanente del progetto (Remaining cost) = Total base cost – Actual cost.

Diversa è la situazione della FastRiskQRA applicata a Project B, i cui risultati vengono riportati in figura 6.9 e 6.10 e sintetizzati in tabella 6.10.

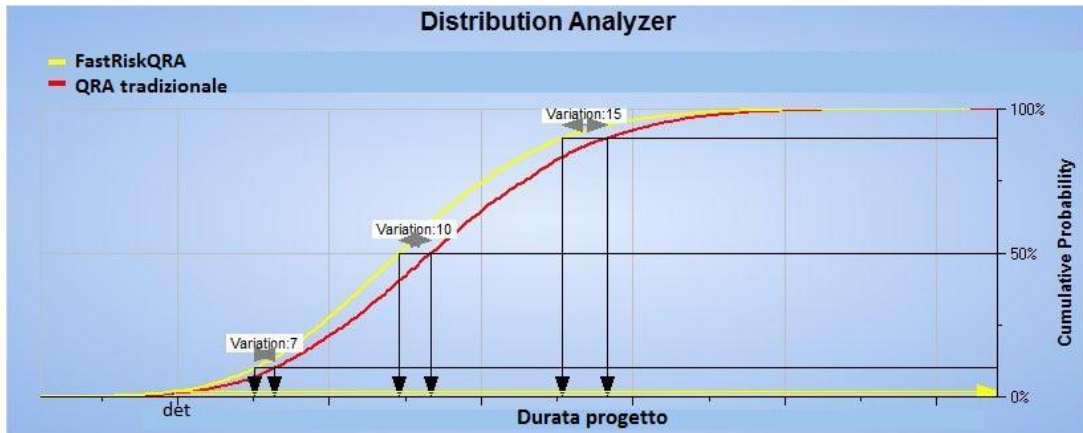


Figura 6.9 Project B, schedule risk: FastRiskQRA vs QRA tradizionale

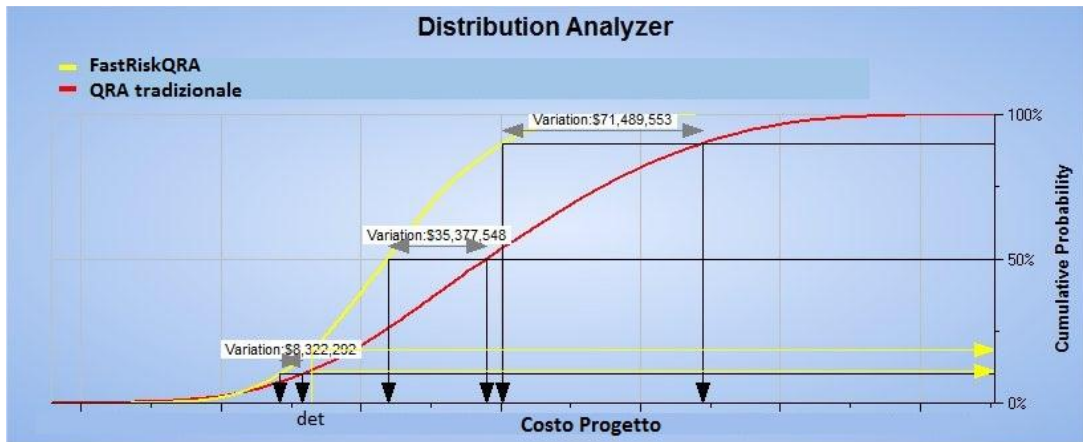


Figura 6.10 Project B, cost risk: FastRiskQRA vs QRA tradizionale

Tabella 6.10 Project B: FastRiskQRA vs QRA tradizionale, sintesi dei risultati

	FastRiskQRA	QRA tradizionale
<i>Quantità di informazioni probabilistiche</i>	39% rispetto alla QRA tradizionale	
Durata Progetto		
<i>ΔP10 (quantile di ordine 0,1)</i>	7 g (0,8% rispetto alla durata attesa del progetto)	
<i>ΔP50 (quantile di ordine 0,5)</i>	10 g (1,2% rispetto alla durata attesa del progetto)	
<i>ΔP90 (quantile di ordine 0,9)</i>	15 g (1,7% rispetto alla durata attesa del progetto)	
<i>ΔProb(det)</i>	-1%	
<i>Indice di Confronto</i>	89%	100%
Costo Progetto		
<i>ΔP10 (quantile di ordine 0,1)</i>	8,3 MUSD (1,1% rispetto al costo atteso del progetto)	
<i>ΔP50 (quantile di ordine 0,5)</i>	35,4 MUSD (4,9% rispetto al costo atteso del progetto)	
<i>ΔP90 (quantile di ordine 0,9)</i>	71,5 MUSD (9,8% rispetto al costo atteso del progetto)	
<i>ΔProb(det)</i>	-8%	
<i>Indice di Confronto</i>	50%	100%

Come si nota da questi risultati emerge che esistono delle problematiche nella determinazione della variabilità del costo totale del progetto. Questo succede perché non è sempre detto che prendere in considerazione l'incertezza di stima (e le correlazioni) di sole 5-10 voci di costo sia sufficiente per descrivere la variabilità del costo totale del progetto. Con un po' di flessibilità in più si sarebbero potuti raggiungere risultati migliori.

Ciò che si vuole dimostrare, attraverso l'analisi effettuata su Project A (figura 6.5 e 6.6) e attraverso i risultati ottenuti applicando la FastRiskQRA su Project A e B (tabella 6.9 e 6.10) non è tanto definire una quantità assoluta di rischi e incertezze di stima da considerare, il che risulterebbe davvero poco attendibile, quanto più si vuole fornire una prova eclatante che non serve perdere tempo nel quantificare tutta l'incertezza di input per effettuare una QRA, ma quantificando solo i rischi, le incertezze di stima e le correlazioni più rilevanti, indipendentemente da come possa essere definito l'ordine di rilevanza, è possibile ottenere comunque risultati molto vicini a quelli di una QRA tradizionale. Quest'ultima considerazione è generalizzabile ad ogni tipo di progetto, anche appartenente ad altre realtà aziendali, perché si ritiene che la maggior parte dell'incertezza di un progetto sia

solitamente determinata da un ristretto numero di rischi e di incertezze di stima e correlazioni. La procedura caratterizzante la FastRiskQRA può costituire uno strumento di supporto generale per individuare questa piccola ma determinante parte di incertezza.

Se eseguita all'insegna del buon senso e dell'esperienza la FastRiskQRA consentirebbe:

- *Un leggero miglioramento dell'economicità*: si ottiene un leggero risparmio di tempo di esecuzione complessivo (di circa il 15%) derivante dalla riduzione dei dati probabilistici da raccogliere, inserire nel modello ed aggiornare in una fase successiva. Si tratterebbe, comunque, di un risparmio di tempo non comparabile con quello della FastModelQRA, dal momento che la FastRiskQRA richiede un modello di dettaglio che deve essere costruito ed aggiornato.
- *Un leggero vantaggio in condizioni di informazioni di dettaglio limitate*: il fatto di quantificare poche informazioni probabilistiche di dettaglio argina il problema dell'informazione limitata, poiché gli sforzi vanno orientati a reperire soltanto poche informazioni di dettaglio. Il problema però non si risolve alla radice, dal momento che la FastRiskQRA richiede comunque un modello di dettaglio.

6.3. La VeryFastQRA

La FastModelQRA (paragrafo 6.1) e la FastModelQRA (paragrafo 6.2) permettono già un consistente semplificazione, ma ci si potrebbe spingere oltre attraverso la *VeryFastQRA*.

In questa sezione la VeryFastQRA è stata applicata su Project B.

Il punto di partenza è il modello risk-free semplificato di Project B, costituito da 19 attività e 28 voci di costo (vedi figura 6.1 e tabella 6.3 a pagina 111 e 112). Partendo da tale modello è possibile applicare la procedura a quattro step della FastRiskQRA per selezionare i dati probabilistici da quantificare, riproposta in figura 6.11.



Figura 6.11 Fase di raccolta dei dati probabilistici in una FastRiskQRA

La VeryFastQRA ottenuta applicando questa procedura per intero (step 1-4) oggettivamente non ha molto senso, poiché si sta agendo già su un modello semplificato del progetto, in cui la quantità di informazioni probabilistiche da inserire si è già fortemente ridotta. Il suggerimento è di applicare la procedura caratterizzante la FastRiskQRA soltanto per ridurre la quantità di rischi da quantificare (step 1), senza procedere con la riduzione della quantità di incertezze di stima e delle correlazioni dirette. Gli step 2 e 3, infatti, non garantiscono la certezza di considerare tutte le informazioni importanti riguardo alle incertezze di stima: attività molto incerte lontane dal cammino critico e costi inaspettatamente incerti potrebbero essere trascurati. Inoltre, lo step 4 trascura la possibilità che tante correlazioni poco rilevanti possono avere nell'insieme un effetto rilevante.

La VeryFastQRA costruita in questo modo usa lo stesso grado di semplificazione della FastModelQRA, con la differenza che si considerano 5-10 rischi invece che 10-20. Nel caso di Project B si sono selezionati e quantificati 8 rischi (tabella 6.11), contro i 17 della QRA tradizionale.

Tabella 6.11 VeryFastQRA (Project B): rischi selezionati e quantificati

ID	Risk description	ID	Risk description
1	Problems in jacket fabrication tolerance/quality	5	Drilling rig not available for the planned pre-drilling campaign
2	Bad meteo conditions during the site preparation	6	Problems with partners approvals
3	Contract awards slippage	7	PDT (Pre Drilling Template) out of tolerance
4	LLIs arrive after the due date	8	TAD (Tender Assisted Drilling Unit) stand-by

Risultati

Le figure 6.12 e 6.13 riportano le distribuzioni cumulate della VeryFastQRA così ottenuta a confronto con FastModelQRA e QRA tradizionale. In queste figure compaiono i valori delle distanze (VeryFastQRA vs FastModelQRA) tra le coppie di quantili di ordine 0,1 (P10), 0,5 (P50) e 0,9 (P90). Tali distanze risultano tutte inferiori all'1% rispetto alla durata/costo atteso del progetto. La tabella 6.12, invece, sintetizza i dettagli dei risultati ottenuti mettendoli a confronto con la QRA tradizionale.

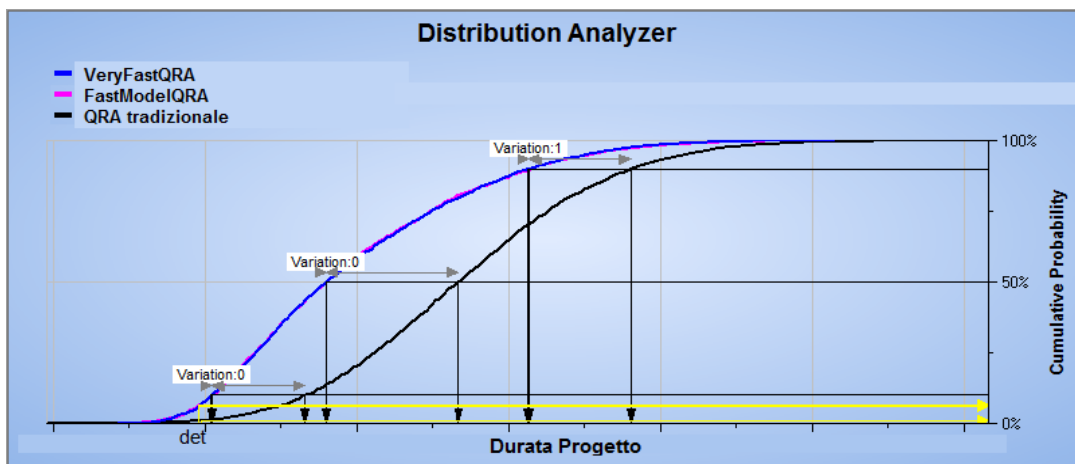


Figura 6.12 Project B, schedule risk: VeryFastQRA vs FastModelQRA vs QRA tradizionale

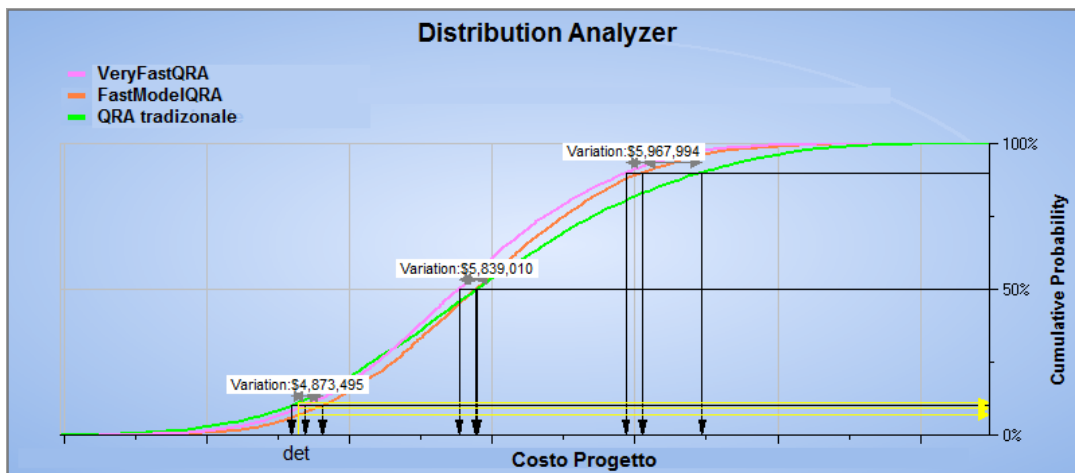


Figura 6.13 Project B, cost risk: VeryFastQRA vs FastModelQRA vs QRA tradizionale

Tabella 6.12 Project B: VeryFastQRA vs QRA tradizionale, sintesi dei risultati

	VeryFastQRA	QRA tradizionale
<i>Quantità di elementi nel modello del progetto</i>	14% rispetto alla QRA tradizionale	
<i>Quantità di informazioni probabilistiche</i>	40% rispetto alla QRA tradizionale	
Durata Progetto		
$\Delta P10$ (quantile di ordine 0,1)	31 g (3,6% rispetto alla durata attesa del progetto)	
$\Delta P50$ (quantile di ordine 0,5)	43 g (5,0% rispetto alla durata attesa del progetto)	
$\Delta P90$ (quantile di ordine 0,9)	34 g (3,9% rispetto alla durata attesa del progetto)	
$\Delta Prob(det)$	-6%	
<i>Indice di Confronto</i>	70%	100%
Costo Progetto		
$\Delta P10$ (quantile di ordine 0,1)	- 5,8 MUSD (-0,8% rispetto al costo atteso del progetto)	
$\Delta P50$ (quantile di ordine 0,5)	6,3 MUSD (0,9% rispetto al costo atteso del progetto)	
$\Delta P90$ (quantile di ordine 0,9)	26,7 MUSD (3,6% rispetto al costo atteso del progetto)	
$\Delta Prob(det)$	2%	
<i>Indice di Confronto</i>	83%	100%

Le figure 6.14 e 6.15 e la tabella 6.13 mettono a confronto i risultati di FastModelQRA, FastRiskQRA, VeryFastQRA e QRA tradizionale per Project B.

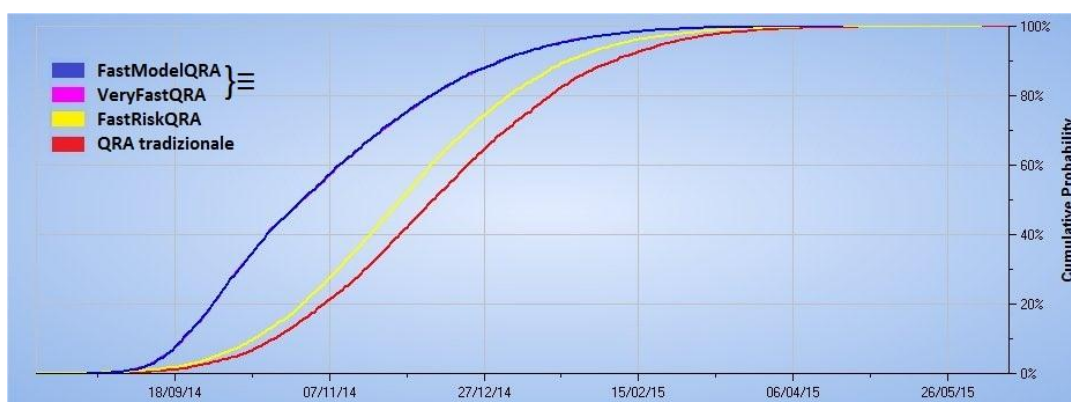


Figura 6.14 Project B, schedule risk: FastModelQRA, FastRiskQRA, VeryFastQRA vs QRA Trad.

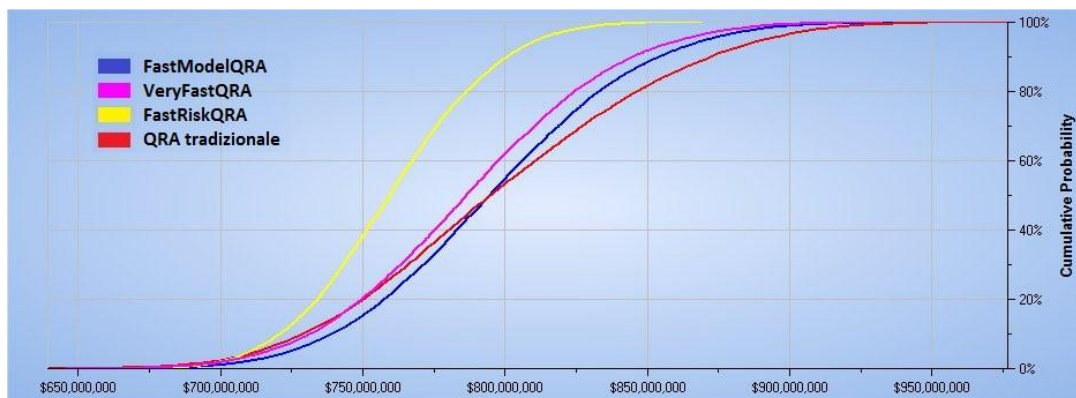


Figura 6.15 Project B, cost risk: FastModelQRA, FastRiskQRA, VeryFastQRA vs QRA Trad.

Tabella 6.13 Project B: FastModelQRA, FastRiskQRA, VeryFastQRA vs QRA tradizionale

	FastModelQRA	FastRiskQRA	VeryFastQRA
<i>Quantità di elementi nel modello del progetto [% rispetto alla QRA tradizionale]</i>	14%	100%	14%
<i>Quantità di informazioni probabilistiche [% rispetto alla QRA tradizionale]</i>	53%	39%	40%
Durata Progetto			
<i>ΔP10 / Durata Attesa Progetto</i>	3,6%	0,8%	3,6%
<i>ΔP50 / Durata Attesa Progetto</i>	5,0%	1,2%	5,0%
<i>ΔP90 / Durata Attesa Progetto</i>	3,8%	1,7%	3,9%
<i>ΔProb(det)</i>	-5%	-1%	-6%
<i>Indice di Confronto</i>	71%	89%	70%
Costo Progetto			
<i>ΔP10 / Costo Atteso Progetto</i>	-1,5%	1,1%	-0,8%
<i>ΔP50 / Costo Atteso Progetto</i>	0,1%	4,9%	0,9%
<i>ΔP90 / Costo Atteso Progetto</i>	2,8%	9,8%	3,6%
<i>ΔProb(det)</i>	4%	-8%	2%
<i>Indice di Confronto</i>	89%	50%	83%

Il giudizio finale che si fornisce è che la VeryFastQRA sia la migliore soluzione, che attraverso poche informazioni aggregate e rilevanti è in grado di descrivere la variabilità della durata e del costo del progetto. In questo caso la procedura caratterizzante la FastRiskQRA può diventare uno strumento di “integrazione” piuttosto che di “esclusione”, vale a dire che può offrire un supporto per capire su quali rischi, incertezze di stima e correlazioni dedicare il maggiore sforzo al momento della loro quantificazione, ma senza che vi siano esclusioni. Il fatto di considerare 5-10 rischi non comporta necessariamente il fatto di trascurare i rimanenti: questi possono essere inglobati nella quantificazione delle incertezze di stima dei parametri su cui impattano, includendoli nella miriade di circostanze che fanno sì che la stima di un parametro non può essere eseguita in modo puntuale. Una soluzione di questo tipo porta con sé i vantaggi della FastModelQRA e della FastRiskQRA, rendendo la QRA una procedura economica e applicabile anche in condizioni di informazione di dettaglio limitata, ma comunque in grado di garantire un risultato più che soddisfacente.

CONCLUSIONE

In questa tesi di laurea ci si è focalizzati sull'analisi quantitativa dei rischi (QRA) tramite simulazione Monte Carlo, per determinare il rischio complessivo di progetto in termini di variabilità della durata e del costo totale. Si è cercato di capire entro quali limiti è possibile estendere la QRA a un numero maggiore di applicazioni: renderla accessibile a un maggior numero di progetti e renderla applicabile in fase preliminare del progetto, quando risulta impossibile o comunque difficoltoso reperire informazioni di dettaglio.

Per raggiungere questo obiettivo sono state individuate due leve su cui agire: *la costruzione di un modello semplificato del progetto* da cui partire per realizzare la QRA e *la riduzione dei dati probabilistici* da raccogliere ed inserire nel modello.

In primo luogo si è visto come attraverso una semplificazione ragionata del modello del progetto sia possibile ottenere risultati prossimi a quelli ottenuti utilizzando un modello di dettaglio, con il vantaggio di impiegare uno sforzo minore non solo in fase di costruzione del modello, ma anche in fase di raccolta dei dati probabilistici da inserire nel modello stesso, dal momento che le incertezze vengono associate a pochi dati aggregati (tempi e costi aggregati). Inoltre, si è visto come la semplificazione del modello del progetto trova vantaggio particolare in condizioni di informazione limitata, quando è meglio gestire dati aggregati piuttosto che dati di dettaglio.

In un secondo momento ci si è concentrati prettamente sulla fase di raccolta dei dati probabilistici. Si è visto come, ai fini dell'esecuzione della QRA convenga quantificare l'incertezza caratterizzante un progetto in termini di "rischi" (eventi) laddove possibile e quantificare l'incertezza in termini di "incertezze di stima parametri" quando non è possibile mettere a fuoco la miriade di circostanze sottostanti e, pertanto, risulta opportuno spostare l'attenzione sul loro effetto complessivo (l'incertezza di stima dei parametri). A partire dal modello di dettaglio di un progetto si è verificato come i rischi e le incertezze di stima parametri "che contano" ai fini della determinazione della variabilità della durata e del costo del progetto rappresentano una piccola parte dell'incertezza totale di input. Per riuscire ad identificare a priori (cioè prima di eseguire la QRA) questa piccola ma

determinante parte di incertezza è stata proposta una procedura articolata in quattro step, che consente di identificare i rischi, le incertezze di stima e le correlazioni più rilevanti. La quantificazione di pochi dati probabilistici rilevanti consentirebbe un leggero vantaggio sia in termini economicità della procedura (sforzo minore), sia in termini di estendibilità della procedura con informazione limitata (solo pochi dati probabilistici di dettaglio vanno quantificati).

Per concludere si è fornito un suggerimento finale per eseguire un'analisi quantitativa “veloce” (FastQRA), che permette di sfruttare i risultati ottenuti nei due punti di analisi precedenti. Con riferimento a realtà aziendali che gestiscono progetti simili a quelli considerati, la QRA eseguita nel modo consigliato prevede di:

- ✓ Costruire un modello semplificato del progetto composto da un reticolo di 15-25 macro-attività e un elenco di 20-30 macro-costi;
- ✓ Quantificare con accuratezza 5-10 rischi rilevanti (circa il 20% dei rischi totali identificati e contenuti nel Risk Register), selezionati dall'analisi qualitativa utilizzando, per esempio, la matrice Probabilità-Impatto;
- ✓ Quantificare l'incertezza rimanente in termini di incertezza di stima dei parametri (e correlazioni dirette), con riferimento a tutte le macro-attività e a tutti i macro-costi del modello semplificato, ponendo maggiore attenzione a quelle più rilevanti⁴⁷.

Generalizzando il discorso a tutte le realtà aziendali e con riferimento a tutti i tipi di progetto si forniscono i seguenti suggerimenti per l'esecuzione di una FastQRA:

- ✓ Valutare se il modello del progetto utilizzato per la QRA sia sufficientemente semplificato, sapendo che una semplificazione ragionata del modello può portare a risultati vicini a quelli ottenuti utilizzando un modello di dettaglio;
- ✓ Selezionare e quantificare soltanto pochi rischi rilevanti e prestare attenzione alla loro quantificazione, sapendo che generalmente sono pochi i rischi ad avere un impatto sostanziale sul rischio complessivo del progetto.
- ✓ Quantificare l'incertezza rimanente in termini di incertezze di stima dei parametri (e correlazioni dirette) relative a tutte le macro-attività e a tutti i

⁴⁷ Per selezionare le incertezze di stima (e correlazioni dirette) più rilevanti ci si può avvalere come supporto degli step 2,3,4 della procedura caratterizzante la FastRiskQRA.

macro-costi del modello semplificato, ponendo maggiore attenzione a quelle più rilevanti (cfr. nota 47).

Così facendo si renderebbe la QRA tradizionale un processo più economico, ma comunque accurato, applicabile anche in condizione di informazione limitata. Questo consentirebbe di eseguire l'analisi quantitativa in termini di simulazione Monte Carlo in molti più casi a parità di risorse impiegate. Inoltre, con l'uso di QRA semplificate per ciascun progetto, sarebbe possibile pensare ad un'unica grande "QRA di portafoglio" nel cui modello figurano un set di progetti interdipendenti invece che uno solo, ma l'applicazione di questa possibilità la si lascia come spunto per una eventuale successiva ricerca.

Per finire, la tabella 11 riassume vantaggi e svantaggi della FastQRA suggerita.

Tabella C.1 Vantaggi e svantaggi della FastQRA proposta

Vantaggi	Svantaggi
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Risultati paragonabili a quella di una QRA tradizionale, nonostante la migliore economicità (sforzo minore sia nell'esecuzione "ex novo", sia in fase di aggiornamento). ▪ Applicabilità anche in condizione di informazione di dettaglio limitata, tipica della fase di front-end del progetto. ▪ Consente di non perdere di vista la visione globale del progetto: evita di perdersi nei dettagli e di commettere errori grossolani tralasciando incertezze veramente importanti. ▪ Generalmente è più facile e accurato fare previsioni su dati aggregati, rispetto che farle su dati di dettaglio poco affidabili. ▪ Agevola l'implementazione e la gestione di un registro di dati storici, poiché si tratta di registrare solo pochi rischi e incertezze di stima. ▪ Si limita la possibilità di obsolescenza dei dati di input grazie alla rapidità di esecuzione. ▪ Si pone enfasi sulla quantificazione accurata dei rischi e delle incertezze di stima veramente rilevanti. ▪ Possibilità di implementare un'unica "QRA di portafoglio" nel cui modello figurano un set di progetti interdipendenti invece che uno solo. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nella costruzione del modello semplificato del progetto potrebbe essere difficoltoso effettuare i collegamenti logici tra le macro-attività. ▪ Si perde parte dell'efficacia di un approccio integrato costi-tempi dal momento che alcuni costi "time dependent" devono essere trasformati in costi "time independent" perché dipendono dalla durata di attività singole e non dalla durata di attività aggregate. ▪ L'analisi potrebbe perdere di credibilità perché dietro previsioni su dati aggregati possono esserci state una serie di valutazioni o calcoli non immediatamente evidenti e motivabili. ▪ Potrebbe essere difficoltoso determinare l'impatto di un rischio su attività aggregate. ▪ Correlazioni tra durate e costi di attività potrebbero non essere così evidenti come in un modello di dettaglio.

BIBLIOGRAFIA

Aigner & Goldfeld, 1974, Estimation and prediction from aggregated data when aggregates are measured more accurately than their components, *Econometrica*, 42 (1), 113-134.

APM (Association of Project Management), 2004, PRAM Guide, Association for Project Management Publishing Ltd.

Caron & Cagno, 2000, *Analisi dei rischi di progetto*, Cusl.

Caron, Fumagalli, Rigamonti, 2007, Engineering and contracting projects: A value at risk based approach to portfolio balancing, *International Journal of Project Management*, 25 (6), 569-578.

Caron, 2009, *Gestione dei grandi progetti di ingegneria*, Isedi.

Edwards & Bowen, 2005, *Risk management in project organizations*, Elsevier.

Eni S.p.A, www.eni.com.

Hillson, 2004, *Effective opportunity management for projects – Exploiting positive risk*, Marcel Dekker.

Hillson & Murray-Webster, 2007, *Understanding and managing risk attitude*, Second edition, Gower.

Hillson & Simon, 2007, *Practical project risk management – The ATOM methodology*, Management Concepts.

Hulett, 2009, *Practical project schedule risk analysis*, Gower Publishing.

Hulett, 2011, *Integrated cost-schedule risk analysis*, Gower Publishing.

Hulett & Associates, www.projectrisk.com.

Killen & Kjaer, 2012, Understanding project interdependencies: the role of visual representation, culture and process, *International Journal of Project Management*, 30 (5), 554-566.

Larson & Gray, 2011, Project management: The managerial process, McGraw-Hill, Fifth edition.

Leimberg, Riggin, Howard, Kallman, Schmidt, 2002, The tools & techniques of risk management & insurance - and the 2009 supplement update, The National Underwriter.

Merrow, 2011, Industrial megaprojects: concepts, strategies, and practices for success, John Wiley & Sons.

Olsson, 2007, In search of opportunity management: Is the risk management enough?, International Journal of Project Management, 25 (8), 745-752.

Oracle, Primavera Risk Analysis Tutorials (Version 8.7).

OSPMI (Office of Statewide Project Management Improvement), 2007, Project Risk Management Handbook, Second edition.

Petit, 2012, Project portfolios dynamic environments: Organizing for uncertainty, International Journal of Project Management, 30 (5), 539-553.

PMI (Project Management Institute), 2008, PMBOK® Guide, Fourth edition.

PMI (Project Management Institute), 2009, Practice Standard for Project Risk Management.

PMI (Project Management Insitute), www.risk.vc.pmi.org, PMI Project Risk Management Community of Practice.

Sugiyama, 2008, Monte Carlo simulation/risk analysis on a spreadsheet: review of three software packages, Foresight: The International Journal of Applied Forecasting, 2008, 9, 36-41.

Williams, Samet, Sunnevåg, 2009, Making essential choices with scant information, Palgrave Macmillan.

Verma & Sinha, 2002, Toward a theory of project interdependences in high tech R&D environments, International Journal of Project Management, 20 (5), 451-468.

Ward & Chapman, 2003, Transforming project risk management into project uncertainty management, International Journal of Project Management, 21 (2), 97-105.