



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Applicazione di un'Intelligenza Artificiale di tipo LLM nel Project Management: limiti e potenzialità nell'identificazione dei rischi

**Facoltà di Ingegneria dell'informazione, informatica e statistica
Dipartimento di Ingegneria Informatica, Automatica e Gestionale
Corso di laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale**

**Flavia Milazzo
Matricola 1709320**

Relatore
Fabio Nonino

Correlatore
Guido Mastrobuono

A.A. 2022-2023

Indice

Abstract.....	8
Indice delle Figure e Tabelle	9
Introduzione.....	12
1 Il Rischio	13
1.1 Una prima definizione	15
1.2 Rischio come incertezza.....	18
1.3 Rischio e soggettività	20
1.4 Evoluzione del concetto di rischio	23
1.4.1 Età antica	23
1.4.2 Età medievale.....	24
1.4.3 Età moderna	25
1.4.4 Età contemporanea.....	26
1.4.5 Milestones in letteratura.....	30
1.5 Risk Appetite.....	32
1.5.1 L'appetito è una tendenza.....	33
1.5.2 Fattori che influenzano il risk appetite	36
1.5.3 Risk appetite a livello aziendale.....	37
1.6 Concetto di rischio in ambito infrastrutturale.....	38
1.6.1 Normativa europea	39
1.6.2 Normativa italiana	40

1.6.3	Le fasi e tipologie di rischio della costruzione	41
1.6.4	Interdipendenze infrastrutturali	42
1.6.5	Continuità operativa	43
1.6.6	Stakeholders	43
1.6.7	Analisi delle conseguenze	44
2	Il Project Risk Management	46
2.1	Uno sguardo ai progetti	46
2.1.1	Incertezza di progetto	46
2.2	Project Risk Management	49
2.2.1	Rischi individuali e rischi globali	50
2.2.2	Ruoli e responsabilità	51
2.3	Processo di Project Risk Management	54
2.3.1	Fase del ciclo di vita del progetto	55
2.3.2	Grado di maturità dell'azienda	55
2.3.3	Fasi del Project Risk Management	58
2.3.4	Un'ulteriore fase: gestione della conoscenza del rischio	63
2.3.5	Tecniche di Risk Assessment	64
2.3.6	Incognite del sistema	66
2.3.7	L'assessment nelle fasi del progetto	67
2.3.8	Tecniche di Valutazione del rischio	68
3	Processo di Identificazione	73
3.1	Descrizione dettagliata del processo di identificazione	73

3.1.1	L'identificazione e fattori critici di successo.....	73
3.2	Strumenti per l'identificazione	75
3.2.1	Raccolta dei dati	75
3.2.2	Analisi dei dati.....	76
3.3	Tecniche di identificazione di gruppo.....	77
3.3.1	Brainstorming	78
3.3.2	Nominal Group Technique (NGT)	79
3.3.3	Tecnica Delphi	80
3.4	Italferr.....	82
3.5	L'identificazione in Italferr.....	82
3.5.1	L'analisi di contesto	82
3.5.2	Costruzione della lista di Rischi.....	86
3.5.3	Riunione di Identificazione con il Team di Commessa	92
4	Il Risk Register	94
4.1	Funzionalità del Risk Register	95
4.2	Struttura del Risk Register	96
4.2.1	Requisiti di sistema	96
4.2.2	Requisiti di alto livello.....	97
4.2.3	Proprietà relative ai dati.....	98
4.2.4	Completezza	100
4.2.5	Consistenza e coerenza.....	102
4.2.6	Unicità.....	102

4.3	Coinvolgimento degli stakeholder.....	103
4.4	Studi preliminari alla valutazione della completezza e coerenza del Risk Register	104
4.4.1	Classificazione dei rischi	104
4.5	Scopo	105
4.6	Strumenti	105
4.6.1	Tassonomia dei rischi	106
4.6.2	Risk Breakdown Structure (RBS)	106
4.7	Una RBS completa e coerente	107
4.7.1	Situazione attuale	108
5	Nuovi orizzonti con L'Intelligenza Artificiale	110
5.1	Cos'è l'IA.....	110
5.1.1	Machine Learning	111
5.1.2	Deep Learning e Reti neurali.....	112
5.1.3	Large Language Model.....	113
5.2	IA nel Risk Management.	114
5.3	Analisi proposta.....	116
5.4	Processo di valutazione di un'IA	116
5.4.1	Definizione dei dati.....	116
5.4.2	Scelta del modello	117
5.4.3	Tecniche di prompt	117
5.4.4	Input immessi	119

5.4.5	Valutazione dei risultati	121
5.5	ChatGPT.....	122
5.5.1	Fase di addestramento.....	123
5.5.2	Il Lavoro svolto.....	123
5.5.3	Risultati.....	124
5.6	ChatSonic.....	131
5.6.1	Il Lavoro svolto.....	131
5.6.2	Risultati.....	131
5.7	Bard.....	137
5.7.1	Il Lavoro svolto.....	137
5.7.2	Risultati.....	137
5.8	Valutazione dei risultati	143
	Conclusioni	146
	Bibliografia	148

Abstract

L'obiettivo del seguente elaborato è quello di far comprendere l'importanza del Project Risk Management, e più in generale della gestione del rischio, e di proporre una spinta all'utilizzo di nuove tecniche che integrino gli sviluppi attuali di Machine Learning e più in generale di Natural Language Processing, e cioè tecniche che permettono di utilizzare un linguaggio naturale per interrogare Intelligenze Artificiali. L'attenzione specifica verrà concentrata sulla fase di identificazione dei rischi nella gestione dei progetti. Per effettuare il lavoro si è collaborato con Italferr, azienda che si occupa di progetti in ambito infrastrutturale. Gli studi e le considerazioni verranno fatte in maniera specifica per progetti infrastrutturali ma i ragionamenti possono essere applicati per qualsiasi tipo di progetto. Il punto di partenza del lavoro svolto è rappresentato dall'acquisizione profonda del significato di rischio, e di tutti i concetti satelliti a lui connesso. Nel quarto sono descritti i risultati dello studio effettuato in letteratura e le considerazioni sulla natura del rischio. Fino al settimo capitolo verrà esposta fondamentalmente una rielaborazione di quanto acquisito da numerosi testi validi in letteratura con la selezione di nozioni e idee ritenute maggiormente in linea con il concetto di rischio che mi sono creata. Si analizzeranno sempre più nel dettaglio gli elementi necessari ad effettuare il lavoro successivo con delle basi solide, in ordine di capitoli: il processo di Project Risk Management, il processo di identificazione e il Risk Register. La difficoltà maggiore che si possa trovare nel Risk Management, infatti è la comprensione reale di cosa sia il rischio. L'obiettivo finale del lavoro svolto è quello di confrontare diverse tecnologie di Intelligenza Artificiale di tipo LLM¹ nell'identificare dei rischi partendo da specifiche vulnerabilità per poter aprire la strada a un nuovo modo di fare Risk Management.

Nell'ottavo capitolo si mostra il lavoro effettivamente svolto, i test effettuati e i risultati.

¹ Large Language Model

Indice delle Figure e Tabelle

Figura 2.1 - Cono di incertezza.....	47
Figura 2.2 - Ruoli del PRM.....	53
Figura 2.3 - Risk Management Maturity Model	57
Figura 2.4 - Tecniche processo di Risk Management	64
Figura 4.1 - Dettaglio della classificazione delle vulnerabilità	108
Figura 5.1 - Relazione tra IA, Machine Learning e Deep Learning.....	111
Figura 5.2 - Esempio di interrogazione di ChatGPT	117
Figura 5.3 - Esempio di interrogazione di ChatSonic	118
Figura 5.4 - Esempio di interrogazione di Bard	118
Figura 5.5 - Input immessi	120
Figura 5.6 - Output 1 ChatGPT prima parte.....	124
Figura 5.7 - Output 1 ChatGPT seconda parte	125
Figura 5.8 - Output 2 ChatGPT seconda parte.....	125
Figura 5.9 - Output 3 ChatGPT parte 2	126
Figura 5.10 - Confronto ChatGPT ed eventi Italferr.....	127
Figura 5.11 - Confronto ChatGPT e conseguenze Italferr	128
Figura 5.12 - Confronto vulnerabilità "fragilità ambientale"	129
Figura 5.13 - Confronto vulnerabilità "Necessità coordinamento gruppi di lavoro "	129
Figura 5.14 - Confronto vulnerabilità "complessità gestione asset"	130
Figura 5.15 – Confronto vulnerabilità “Complessità acquisto/appalto” ..	130

Figura 5.16 - Output 1 ChatSonic prima parte.....	131
Figura 5.17 - Output 1 Chatsonic seconda parte.....	132
Figura 5.18 - Output 2 ChatSonic seconda parte	132
Figura 5.19 - Output 3 ChatSonic seconda parte	132
Figura 5.20 - Confronto ChatSonic ed eventi Italferr	133
Figura 5.21 - Confronto ChatSonic e conseguenze Italferr.....	134
Figura 5.22 - Confronto vulnerabilità "fragilità ambientale"	135
Figura 5.23 - Confronto vulnerabilità "necessità coordinamento gruppi di lavoro"	135
Figura 5.24 - Confronto vulnerabilità "complessità gestione asset"	136
Figura 5.25 - Confronto vulnerabilità " complessità acquisto/appalto" ...	136
Figura 5.26 - Confronto Bard ed eventi Italferr.....	139
Figura 5.27 - Confronto Bard e conseguenze Italferr	140
Figura 5.28 - confronto vulnerabilità "Fragilità ambientale".....	141
Figura 5.29 - Confronto vulnerabilità "Necessità coordinamento gruppi lavoro"	141
Figura 5.30 - Confronto vulnerabilità " complessità gestione asset"	142
Figura 5.31 - Confronto vulnerabilità " complessità acquisto/appalto "...	142
Figura 5.32 – Riassunto confronto finale.....	144
Figura 5.33 – Copertura Eventi	145
Figura 5.34 - Copertura Conseguenze.....	145
Figura 5.35 – Coerenza	145

Tabella 3.1 - Esempio Scenario Attivo (prima parte)	85
Tabella 3.2 - Esempio Scenario Attivo (seconda parte)	86
Tabella 3.3 – Esempio Scenario Non Attivo (prima parte)	86
Tabella 3.4 - Esempio Scenario Non Attivo (seconda parte)	86
Tabella 3.5 - Esempio di Copertura Rischio Preliminare	87
Tabella 3.6 - Esempio di Mancata Copertura Rischio Preliminare.....	88

Introduzione

Il rischio è un concetto molto vasto e complesso, presente nella quotidianità di tutti i giorni ma non per questo compreso fino in fondo. Qualsiasi movimento che abbia come motivazione il raggiungimento di un obiettivo è investito da un certo rischio: il rischio infatti rappresenta lo scostamento negativo o positivo, in quest'ultimo caso si parla più propriamente di opportunità, da un certo obiettivo prefissato. In azienda e ancora di più nell'ambito dei progetti, il raggiungimento di un obiettivo prefissato caratterizzato da proprietà specifiche di tempi, costi, durata e qualità, rende la gestione del rischio ancora più importante. Inoltre, la natura del rischio è definita dall'incertezza, che può essere a sua volta derivata da differenti fonti: l'incertezza legata alla mancanza di informazioni, alla presenza di dati sbagliati, all'impredicibilità. Essendo i progetti per natura incerti, poiché sono elementi unici avviati in contesti complessi e influenzati da tantissimi fattori, si può cogliere il legame profondo tra Project Management e Risk Management.

Il Risk Management non è una disciplina recente, fin l'antichità venivano eseguiti processi primitivi di gestione del rischio, ma la svolta importante si è avuta nei primi anni del '900 con lo sviluppo del concetto di compagnie assicurative. Nonostante ciò, non esistono paradigmi e framework prestabiliti e sempre validi, in ragione della natura del rischio correlata al contesto e alla singolarità del progetto e dell'azienda

La sfida attuale è quella di far comprendere l'importanza del processo di Risk Management all'interno del contesto aziendale e integrarlo totalmente nella gestione dell'azienda. L'importanza e la complessità di questo argomento motiva la continua ricerca di innovazioni e la volontà di trovare un metodo per effettuare al meglio il Risk Management nella propria azienda.

1 Il Rischio

I rischi sono intorno a noi e appaiono in diverse forme. Ci interfacciamo quotidianamente con i rischi più disparati: nelle nuove tecnologie, nella medicina, nelle relazioni personali, nelle scelte finanziarie ecc.

Oltre che nella forma, questi variano anche nella conseguenza: abbiamo rischi il cui effetto è immediato, altri in cui è sul lungo periodo; rischi materiali o immateriali.

Ma se la loro natura è così variegata e mutevole, è possibile definire precisamente il loro significato?

Partiamo dal concetto più semplice: il rischio è correlato a ciò che ha valore. (Fischhoff B. e Kadvany J., 2011)

L'obiettivo di ogni azienda è quello di creare valore condiviso e cioè valore economico e sociale per l'organizzazione stessa, per tutti gli stakeholders e l'ambiente in cui opera, avendo una visione tridimensionale degli obiettivi nel tempo e nello spazio (Porter M.E. e Kramer M.R., 2011). Con l'aumentare della complessità del contesto sociale e dell'area di influenza delle aziende, si intensifica la difficoltà nella definizione e nel raggiungimento degli obiettivi prefissati, e ciò è conseguenza della presenza naturale di fonti di incertezza.

Come espresso nell'articolo "Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk" (Kahneman D. e Tversky A., 1979), il rischio è presente nella quotidianità delle persone, ma il significato reale della parola è molto complesso e più profondo di quanto si percepisca. Il concetto di rischio è collegato inevitabilmente a una tendenza verso un obiettivo significativo. Infatti, in assenza di quest'ultimo verrebbe a mancare il significato vero e proprio del rischio. Questo ragionamento assume un valore molto forte in ambito aziendale, ma può essere interpretato anche nella vita quotidiana: essere investiti da un'automobile è un rischio solo se ci interessa della nostra salute o del nostro stato attuale, e quindi l'obiettivo è quello della nostra integrità. Nel momento in cui venisse a mancare questo obiettivo, non esisterebbe più il concetto del "rischio di essere investito" ma avremmo, al massimo, "l'evento essere investito". Questo esempio seppur banale ed estremizzato può aiutare a comprendere il punto di partenza dell'analisi.

La significatività dell'obiettivo è fondamentale, ma bisogna ricordarsi sempre della soggettività presente nella valutazione della stessa e quindi nella valutazione del rischio. Il rischio legato alla sconfitta di una squadra di calcio può essere nullo per alcuni, ma può assumere un valore per un individuo che avesse scommesso dei soldi sulla vittoria o semplicemente

molto tifoso. In modo analogo anche l'impatto del rischio può assumere valori diversi indipendentemente dalla quantificazione effettiva. Ad esempio, la perdita di 10 euro può avere pesi differenti per individui con diverse capacità economiche. La presenza di soggettività nelle analisi e nelle valutazioni non preclude la possibilità di arrivare a conclusioni oggettive e fondate, ma è una condizione che bisogna sempre tenere in considerazione. Vedremo sulla base delle varie definizioni presenti in letteratura che esistono molti concetti satelliti del rischio:

- **Contesto**: ambiente in cui si origina il rischio; i rischi influenzano e sono influenzati dal contesto. È definito da caratteristiche temporali, spaziali e materiali.
- **Vulnerabilità**: caratteristica di un componente, o di un sistema nella sua interezza, per cui risulta suscettibile a particolari situazioni. Le Nazioni Unite/International Strategy for Disaster Reduction (UN/ISDR) (2004), ad esempio, definiscono la vulnerabilità come le "condizioni determinate da fattori o processi fisici, sociali, economici e ambientali che aumentano la suscettibilità di una comunità all'impatto dei pericoli".
- **Fonte di rischio**: causa, sorgente del rischio. In altre parole, la fonte di rischio è ciò che potrebbe causare un evento negativo, mentre il rischio rappresenta la possibilità che l'evento si verifichi.
- **Evento**: occorrenza o modifiche di un insieme di circostanze. (International Standards Organization (ISO), 2018)
- **Incertezza**: mancanza di sicurezza riguardo a un dato elemento, può essere causata da una mancanza di informazioni, dalla presenza di informazioni sbagliate o capite male, o dall'imprevedibilità.
- **Impatto**: è la quantificazione della deviazione dall'obiettivo a causa dell'avverarsi del rischio.
- **Probabilità**: rappresenta la probabilità di accadimento di un determinato rischio.

La differenza tra questi concetti non è assolutamente banale.

Poiché il rischio è generalmente definito come il prodotto della probabilità dell'accadimento di un evento e delle sue conseguenze, il rischio può essere visto come una funzione dell'evento di pericolo e della vulnerabilità degli elementi esposti. La vulnerabilità è spesso vista come una caratteristica intrinseca di un sistema o di un elemento. La maggior parte degli analisti riconosce che la vulnerabilità è condizionata da un pericolo, ad esempio rispetto alla sua frequenza e gravità, o che è

inutile discutere la vulnerabilità indipendentemente dal suo contesto di pericolo (Birkmann J., 2007).

1.1 Una prima definizione

Il rischio è la deviazione positiva o negativa dagli obiettivi per effetto dell'incertezza. Per quanto la parola rischio possa trarre in inganno, questa indica anche una deviazione positiva nel raggiungimento dell'obiettivo, quindi un'opportunità. Inizialmente questo termine veniva considerato come sinonimo di minaccia, ma negli anni si è capito che la minaccia è solamente il lato più facilmente visibile della medaglia; l'altro lato, quello spesso ignorato, nasconde la possibilità di opportunità (Hillson D., 2002).

Il rischio è generato da fonti di rischio, cioè elementi endogeni o esogeni al sistema che possono provocarlo, da soli o combinandosi tra di loro. Il rischio è, inoltre, legato ad eventi, cioè occorrenze o modifiche di circostanze. Affinché ci sia rischio, devono essere presenti soggetti esposti ad esso.

Gli eventi possono essere previsti e non accaduti, oppure essere impreveduti ed accaduti. Il verificarsi del rischio genera sempre delle conseguenze sugli obiettivi.

Il più recente degli standard che include sia l'opportunità che la minaccia nella sua definizione di "rischio" è l'ultima edizione della Guida al Project Management Body of Knowledge (PMI, 2017), in cui si afferma che "Il rischio di progetto è un evento o condizione incerta che, se si verifica, ha un effetto positivo o negativo su un obiettivo di progetto. Il rischio di progetto include sia le minacce agli obiettivi del progetto sia le opportunità per migliorare tali obiettivi".

La decisione di racchiudere sia le opportunità che le minacce all'interno di un'unica definizione di rischio è una chiara dichiarazione di intenti, riconoscendo che entrambe hanno influenze ugualmente importanti sul successo del progetto ed entrambe devono essere gestite in modo proattivo. Si sostiene che le opportunità e le minacce non siano di natura qualitativamente diversa, poiché entrambe implicano incertezza, la quale ha il potenziale di influenzare gli obiettivi del progetto. Di conseguenza, entrambi possono essere gestiti dallo stesso processo, anche se potrebbero essere necessarie alcune modifiche all'approccio standard di gestione del rischio per gestire efficacemente le opportunità (Hillson D., 2002).

Nella norma ISO (2018) si evidenziano altri concetti importanti come quello di incertezza, di probabilità e di conseguenze (entità del danno).

L'incertezza è la mancanza, totale o parziale, di informazioni riguardo a situazioni, stati di un sistema o eventi futuri, ed è alla base del concetto di rischio. Spesso, erroneamente, i termini 'pericolo', 'incertezza' e 'rischio' vengono considerati come sinonimi, ma la distinzione tra questi termini, seppur sottile, è indispensabile. Il pericolo rappresenta la proprietà intrinseca di un fattore di essere una potenziale fonte di danno. L'incertezza è definita dall'economista Knight (Knight F. H., 1921) come una situazione con probabilità sconosciuta, infine il rischio è definito dalle differenti probabilità di raggiungere stati o risultati diversi e può essere considerato come un'incertezza misurabile.

In letteratura esistono diverse definizioni di rischio. L'IRM (Institute of Risk Management (IRM), 2003) lo definisce come la combinazione della probabilità del verificarsi del danno e delle conseguenze che questo può avere, sia positive che negative. Si è visto che Il PMI (2017) lo definisce come un insieme di condizioni o eventi incerti che, se accadono, hanno conseguenze negative o positive su uno o più obiettivi di progetto, invece, secondo la norma ISO 31000 (International Standards Organization (ISO), 2018) il rischio è l'effetto dell'incertezza sugli obiettivi e pone un'attenzione maggiore sulle lacune informative piuttosto che sugli eventi. Ciò che accomuna queste e altre definizioni presenti è la rappresentazione della natura del rischio attraverso la combinazione di differenti eventi possibili ma non noti, non capiti oppure incerti, che causano degli scostamenti da obiettivi prefissati e pianificati sfruttando delle vulnerabilità dell'azienda. L'entità del rischio, come già visto, è legata alla deviazione generata dall'obiettivo.

La probabilità è una misura numerica della possibilità di accadimento di un evento che a sua volta genera un rischio. La probabilità varia tra 0, cioè l'evento con probabilità nulla, e 1 associabile ad un evento con probabilità di accadimento certa. Il rischio non è un'entità a sé stante ma è originata in un determinato contesto, sfruttando specifiche vulnerabilità.

Nonostante il rischio sembri un concetto molto astratto, è indispensabile che a esso siano associati valori quantificabili. Non avrebbe senso costruire un processo di gestione, e provare a controllare, qualcosa che non è misurabile. La concezione del rischio può essere interpretata in diversi modi, a seconda del contesto in cui viene utilizzata.

Una possibile concezione del rischio è quella di energia potenziale del contesto, ovvero la capacità di un ambiente di generare eventi sfavorevoli. Questa concezione mette in evidenza il fatto che i rischi non sono solo il risultato di singoli eventi, ma sono anche influenzati dal contesto in cui si verificano. Ad esempio, nella gestione del rischio ambientale, l'energia

potenziale del contesto può essere vista come la capacità di un ambiente di generare eventi che possono causare danni all'ecosistema. In questo caso, la gestione del rischio si concentra sulla valutazione e sulla mitigazione delle fonti di energia potenziale, come ad esempio l'inquinamento atmosferico o la contaminazione del suolo.

Un altro esempio di come la concezione del rischio come energia potenziale del contesto possa essere applicata è nella gestione del rischio finanziario. Qui, l'energia potenziale del contesto può essere vista come la capacità dei mercati finanziari di generare eventi che possono causare perdite economiche. In questo caso, la gestione del rischio si concentra sulla valutazione e sulla mitigazione delle fonti come, ad esempio, le fluttuazioni dei tassi di cambio o delle quote azionarie. In sintesi, il concetto di rischio come energia potenziale del contesto offre una nuova prospettiva sulla gestione del rischio, che può aiutare a comprendere meglio i rischi come parte integrante del mondo che ci circonda e a sviluppare strategie di gestione del rischio più efficaci e sostenibili. I rischi sono così elementi latenti nel sistema, per questo motivo non sono facilmente visibili o analizzabili. È indispensabile, perciò, la conoscenza profonda delle caratteristiche e proprietà del contesto per poter indagare al meglio tutti i rischi che da esso possono essere generati.

1.2 Rischio come incertezza

Un concetto importante definito sia nell'ISO che nel PMBoK (PMI, 2017) ed affrontato da molti esperti in materia di rischio è l'incertezza. L'incertezza è la causa principale della realizzazione dei rischi. Per poter parlare di rischio è necessario riuscire a quantificare l'incertezza in relazione all'obiettivo; nel caso in cui una quantificazione numerica non sia possibile è indispensabile, comunque, una descrizione qualitativa che ne definisca il peso. L'incertezza rappresenta l'inquantificabile e ciò che non si può misurare. A Knight (Risk, uncertainty and profit, 1921) si deve la prima definizione economica di rischio e la distinzione tra rischio e incertezza:

“Quello che noi viviamo è un mondo di mutamenti ed un mondo di incertezza. Noi viviamo solo perché conosciamo qualcosa del futuro; mentre i problemi della vita o almeno della condotta derivano dal fatto che noi ne conosciamo troppo poco. Questo è altrettanto vero negli affari come nelle altre sfere di attività. L'essenza della situazione sta nell'azione derivante dall'opinione, più o meno fondata e valida, che non vi è né ignoranza assoluta, né completa e perfetta informazione, ma conoscenza parziale”.

Secondo Knight si può parlare di rischio soltanto quando è possibile calcolare oggettivamente la probabilità dell'evento futuro. Quando l'evento non è prevedibile, ossia la probabilità che si verifichi non è calcolabile in modo oggettivo, o in maniera analoga l'impatto, è impossibile parlare di rischio.

A dimostrazione della fondatezza della distinzione tra rischio e incertezza Knight afferma che “se tutto ciò che fosse incerto fosse anche rischioso (e misurabile) saremmo in una situazione nella quale l'avversione al rischio annullerebbe qualsiasi opportunità di profitto”.

Il rischio è quindi definito come un'incertezza misurabile.

Il PMBOK (2017) distingue i rischi in due categorie:

- Rischi associati ad eventi;
- Rischi non associati ad eventi.

Analizzando bene il concetto di evento è possibile ricondurre la natura dei rischi all'incertezza stessa, poiché l'accadimento di un evento di per sé non causa danni, ma è l'incertezza legata all'evento stesso che genera il rischio: se nel momento in cui devo prendere una coincidenza di due treni so già che accadrà un ritardo e so la sua quantificazione, allora posso organizzarmi per prendere i biglietti dei treni con la giusta coincidenza, ma se è presente

l'incertezza sull'evento ritardo, o sulla quantificazione dello stesso, allora l'acquisto dei biglietti diventa un rischio.

Il rischio è più di un evento incerto, ma è legato a diversi tipi di incertezza:

- Incertezza aleatoria: legata a variabilità intrinseca dei fenomeni;
- Incertezza epistemica: legata a mancanza di conoscenza e che può essere ridotta acquisendo più informazioni;
- Incertezza linguistica;
- Incertezza delle decisioni: legata a giudizi professionali, alle norme della società, ai valori condivisi;
- Incertezza legata ai limiti umani;
- Impredicibilità;
- Mancanza di conoscenza che deriva dalla non comprensione dell'incertezza;
- Incertezza sugli eventi;
- Incertezza nei modelli.

L'incertezza a volte può essere diminuita o addirittura eliminata, ad esempio cercando di acquisire più dati o informazioni. In altri casi non è possibile modificarla, allora sarà ancora più importante cercare di capirla. Sapere di non sapere dà la possibilità di riconoscere il potenziale rischio e quindi di eliminarlo, mitigarlo, accettarlo e così via.

Il PMBoK si concentra sulla definizione e sulla gestione del rischio in relazione ai progetti, mentre la norma ISO 31000 definisce un approccio integrato e sistematico al rischio per l'intera organizzazione, ricordando che il framework deve essere adattato alla specificità dell'azienda, del settore in cui opera ma anche al livello operativo in cui viene adottato.

In entrambi i casi il concetto del rischio deve far parte della cultura aziendale, definendo così il grado di maturità dell'azienda sul rischio.

1.3 Rischio e soggettività

La differenza tra rischio e incertezza viene in qualche modo affiancata da quell'insieme di teorie che prendono in considerazione non solo le probabilità oggettive, ma anche l'elemento soggettivo.

Secondo le teorie delle scelte oggettive gli individui sono in grado di costruire delle stime sul verificarsi o meno di eventi futuri e quindi sono in grado di effettuare valutazioni anche in assenza di stime probabilistiche oggettive e in assenza di esperienza (dati storici). La natura soggettiva delle stime non consentirebbe di parlare di rischio, essendo il rischio definito da Knight determinato esclusivamente tramite le probabilità oggettive degli eventi. Le teorie economiche relative alle scelte soggettive hanno ribaltato le considerazioni di Knight indebolendo la differenza tra incertezza e rischio ma allo stesso tempo dando la possibilità di analizzare da un punto di vista economico situazioni che precedentemente non venivano considerate per assenza di elementi oggettivi.

Per quanto siamo abituati a considerare la probabilità come un qualcosa di oggettivo, anche essa in realtà è influenzata in parte da soggettività (si pensi solo alla scelta della teoria della probabilità a cui si fa affidamento).

Sia se parliamo di entità del rischio sia se parliamo di probabilità risulta molto forte la presenza di valutazioni soggettive intorno al rischio, un richiamo interessante può essere fatto alla Teoria del Prospetto che analizza la valutazione del possibile impatto del danno dipende dal valutatore e dalla percezione soggettiva del danno. Negli anni '70 (Kahneman D. e Tversky A., 1979) si interrogano su come si modificano i processi decisionali in situazioni di rischio avanzando la loro teoria in contrapposizione alla teoria dell'utilità attesa di Bernoulli. Nel caso in cui i soggetti sono in condizioni di rischio, la teoria classica dell'utilità attesa non funziona. Le persone, infatti, non riflettono razionalmente sulle reali probabilità di un evento, ma selezionano le informazioni sulla base di schemi soggettivi differenti. Un risultato importante nei loro studi mostra che semplicemente cambiando la formulazione di uno stesso problema, lo stesso individuo può compiere scelte diverse.

Negli ultimi decenni, come visto precedentemente, l'attenzione per il tema del rischio è aumentata esponenzialmente. Le motivazioni sono spiegate in modo molto approfondito attraverso le analisi sociologiche di Giddens (1990). In questo proposito, anche Slovic (2000) precisa che ciò che è aumentato, rispetto ad altri momenti storici, non è in realtà il numero degli eventi rischiosi, ma la "coscienza del rischio" nelle persone, la quale impone

misure di sicurezza sempre maggiori per tutti. In effetti, oggi le persone sono meno disposte ad accettare rischi che un tempo erano tollerati.

Le persone costruiscono la propria realtà e valutano i rischi secondo le loro percezioni soggettive. Questo tipo di percezione intuitiva del rischio si basa sul modo in cui vengono comunicate le informazioni sulla fonte di un rischio, sui meccanismi psicologici per l'elaborazione dell'incertezza e sull'esperienza precedente del pericolo. Questo processo mentale si traduce in un rischio percepito: una raccolta di nozioni che le persone acquisiscono sulle fonti di rischio relative alle informazioni a loro disposizione e al loro buon senso di base. (Jaeger C., Renn O., Rosa E. e Webler, T., 2002)

La percezione del rischio è influenzata da differenti fattori: geografici, sociologici, politici, psicologici e antropologici. Ciò che si qualifica come rischio è quindi soggetto a cambiamenti sociali dinamici.

La ricerca sulla percezione del rischio ha identificato una serie di modelli di percezione utilizzati dalla società per percepire e valutare il rischio. Guardando in particolare ai pericoli tecnologici e naturali, si possono identificare i seguenti modelli di percezione (Renn O. , 2004):

- **Rischio come minaccia mortale:** il valore della probabilità non ha alcun effetto sul valore percepito del rischio, è la natura casuale dell'evento che pone la sensazione di minaccia. Le persone sono più a loro agio con le minacce che possono prevedere e pianificare piuttosto che con le minacce che potrebbero materializzarsi in qualsiasi momento. Le fonti di rischio in questa categoria includono le principali strutture come le centrali nucleari, gli impianti di stoccaggio di gas naturale liquido (GNL), i siti di produzione chimica e altre fonti di potenziale pericolo che potrebbero avere effetti catastrofici sull'uomo e sull'ambiente in caso di grave incidente;
- **Rischio come destino:** rischi su cui si sa di non avere il controllo. I disastri naturali sono generalmente visti come eventi inevitabili con effetti catastrofici. La relativa rarità dell'evento fornisce un rinforzo psicologico per la negazione del rischio;
- **Il rischio come prova di forza:** le persone corrono dei rischi per mettere alla prova la propria forza e sperimentare il trionfo sulle forze naturali o su altri fattori di rischio;
- **Rischio come gioco d'azzardo:** il rischio come brivido, in cui le proprie capacità di far fronte al rischio sono strumentali per entrare nell'attività. Le aspettative statistiche non forniscono alcuno standard su cui basare un comportamento di gioco razionale;

- **Il rischio come indicatore di preallarme:** in questo modello di percezione del rischio, gli studi scientifici aiutano a individuare tempestivamente il pericolo in agguato e la scoperta di relazioni causali tra attività o eventi e i loro effetti latenti.

La probabilità e la gravità degli effetti avversi non sono gli unici componenti che la maggior parte delle persone utilizza come parametri di riferimento per percepire e valutare i rischi. È piuttosto il contesto in cui tali rischi vengono vissuti che determina il loro destino nella percezione del rischio. Questa dipendenza dalle circostanze di supporto non è casuale, ma segue alcuni principi che possono essere identificati da un'indagine psicologica sistematica. La ricerca ha fornito un lungo elenco di circostanze di supporto o fattori qualitativi.

L'analisi fattoriale di solito riduce questi elenchi a pochi importanti fattori composti. Diversi studi hanno individuato come particolarmente rilevanti i seguenti fattori:

- familiarità con la fonte di rischio;
- accettazione volontaria del rischio;
- capacità di controllare personalmente il grado di rischio;
- se la fonte di rischio è in grado di provocare un disastro (potenziale catastrofico);
- certezza dell'impatto fatale in caso di rischio (terrore);
- impatto indesiderato sulle generazioni future;
- percezione sensoriale del pericolo;
- impressione di un'equa distribuzione di benefici e rischi;
- impressione di reversibilità dell'impatto del rischio;
- congruenza tra benefattori e portatori di rischio;
- fiducia nel controllo del rischio e nella gestione del rischio operati dallo Stato;
- esperienza (collettiva e individuale) con la tecnologia e la natura;
- affidabilità delle fonti informative;
- chiarezza delle informazioni sul rischio.
- L'importanza di questi fattori qualitativi offre una spiegazione plausibile che le fonti di rischio classificate a bassa rischiosità dalla valutazione tecnica siano, in realtà, fonte di maggiore preoccupazione tra il pubblico generale. Le fonti di rischio ritenute controverse, come l'energia nucleare, sono molto spesso gravate da attributi negativi mentre le attività del tempo libero sono associate a quelle più positive.

- Se assumiamo che i meccanismi intuitivi di percezione e valutazione del rischio abbiano caratteristiche praticamente universali che possono essere più o meno rimodellate da influenze socioculturali, è possibile fornire una base fondamentale per la comunicazione di cui ci si può avvalere indipendentemente dalle differenze tra i vari punti di vista.

1.4 Evoluzione del concetto di rischio

Il concetto di rischio come elemento funzionale dell'azienda è relativamente moderno. Eventi storici chiave aiuteranno a capire la sua evoluzione nel tempo. Il tema del rischio è presente da sempre nella quotidianità degli individui. Essendo la gestione del rischio un'estensione della natura umana è ovvio che il suo mutare è un riflesso degli eventi storici, economici, sociali e ambientali. Di seguito si analizza l'evoluzione del concetto di rischio seguendo la suddivisione convenzionale della storia dell'umanità in periodi di tempo, cioè le quattro età storiche:

- Storia antica: dall'invenzione della scrittura (3500 a.C.) alla caduta dell'Impero Romano d'Occidente (476 d.C.).
- Storia medievale: dalla caduta dell'Impero Romano d'Occidente (476 d.C.) alla scoperta dell'America (1492).
- Storia moderna: dalla scoperta dell'America (1492) alla Rivoluzione francese (1789) o alla Rivoluzione industriale (1760).
- Storia contemporanea: dalla Rivoluzione francese (1789) o dalla Rivoluzione industriale (1760) al presente.

La storia contemporanea verrà suddivisa ulteriormente in base ai principali eventi scatenanti che hanno portato sviluppi importanti nello studio e nella concezione del rischio.

1.4.1 Età antica

Covello e Mumpower (1985) hanno ripercorso la storia del rischio tornando indietro a quattromila anni prima dell'anno 0, osservando l'area tra il Tigri e l'Eufrate, in cui erano presenti dei sacerdoti sumeri – la casta degli asipu – cui il popolo si rivolgeva per ottenere indicazioni circa l'opportunità di iniziative dall'esito incerto. La comprensione del rischio nella storia antica era spesso legata alla divinazione e alla religione. Ad esempio, l'oroscopo e

la lettura delle viscere degli animali sacrificate erano usati come metodi per prevedere il futuro e mitigare i rischi.

Tuttavia, l'antichità ha anche visto la nascita di alcune pratiche che possono essere considerate precorritrici del Risk Management moderno. Ad esempio, gli antichi babilonesi utilizzavano la tecnica del contratto a premio per coprire i rischi legati alla navigazione fluviale e commerciale. In base a questi contratti, i commercianti pagavano una somma iniziale (il premio) per coprire il rischio di perdere la merce a causa di eventi imprevisti come il naufragio o il furto.

Inoltre, già in questi anni si sono sviluppati alcuni concetti fondamentali che sono ancora utilizzati nella gestione del rischio. Ad esempio, la legge delle conseguenze impreviste, nota anche come effetto farfalla, che sostiene che una piccola azione può avere conseguenze imprevedibili e di grande portata, è stata formulata già dall'antico filosofo greco Eraclito. Anche il concetto di diversificazione del rischio, ovvero la pratica di ridurre il rischio attraverso l'investimento in diverse attività, è stato proposto da antichi filosofi come Aristotele e Plinio il Vecchio.

Nell'antica Roma esistevano forme di assicurazione marittima che coprivano il rischio di perdita delle merci durante il trasporto.

In generale, l'antichità ha visto la nascita di alcune pratiche e concetti fondamentali che sono stati alla base dello sviluppo del Risk Management moderno. Tuttavia, la comprensione del rischio e la sua gestione sono evolute notevolmente nel corso dei secoli successivi, grazie a importanti studi e innovazioni tecnologiche.

1.4.2 Età medievale

Durante l'età medievale il concetto di rischio si è sviluppato intorno ad un altro elemento importante: le assicurazioni. Le prime documentazioni del fenomeno assicurativo si collocano intorno al secolo XII ed alla rivoluzione commerciale che vede l'affermazione di fenomeni politici ed economici originali che fecero delle città italiane, in termini di sviluppo e di organizzazione, un vero e proprio modello. Durante l'età medievale, il concetto di rischio era legato principalmente alle attività commerciali e marittime. Gli scambi commerciali erano infatti spesso effettuati in luoghi lontani e pericolosi, come i mari infestati dai pirati, e comportavano notevoli rischi di perdite finanziarie. Nel XII secolo, a Genova, venne creata la prima forma di compagnia assicurativa marittima, per coprire i rischi di

perdita di merci e navi. Inoltre, nel XIV secolo, venne sviluppata la pratica dell'assicurazione sulla vita, grazie all'introduzione delle tontine². In questo contesto, i mercanti svilupparono strategie per minimizzare il rischio, come la diversificazione degli investimenti e la stipula di contratti di assicurazione (Pergiovanni V., 1965).

La città di Venezia, grazie alla sua posizione privilegiata, divenne uno dei principali centri del commercio marittimo medievale. Qui si sviluppò il concetto di "assicurazione a premio", che consisteva nella suddivisione del rischio tra diversi investitori, i quali avrebbero pagato una somma di denaro in cambio della garanzia di un eventuale rimborso in caso di perdite (Melis F., 1975).

Tuttavia, l'idea di una gestione sistematica del rischio non si diffuse ampiamente fino al Rinascimento, quando gli esploratori iniziarono a effettuare viaggi sempre più lunghi e pericolosi, alla ricerca di nuovi mercati e risorse. In questo contesto, l'italiano Luca Pacioli, considerato il padre della contabilità moderna, sviluppò un metodo per valutare il rischio di un'impresa commerciale, basato sull'analisi delle entrate e delle uscite.

Durante l'età medievale, inoltre, la chiesa cattolica ebbe un ruolo importante nella gestione del rischio, soprattutto in campo agricolo. La coltivazione della terra, infatti, era soggetta a molte incertezze, come la siccità, le piogge torrenziali e le malattie delle piante. Fu promossa la creazione di organismi di mutua assistenza, come le confraternite agricole, che permettevano ai contadini di condividere il rischio e di aiutarsi reciprocamente in caso di calamità naturali.

L'attenzione al rischio iniziò piano piano a diventare multidimensionale, ad aprirsi a differenti tematiche non solamente in relazione al mondo mercantile e del commercio.

1.4.3 Età moderna

Come ha ricordato Peter L. Bernstein ("Risk as a History of Ideas", 1995), è solo dal Rinascimento, con il definitivo affermarsi della numerazione araba, che il rischio è stato indagato con criteri scientifici. Il Liber de Ludo Aleae (1525), del Cardano, può forse dirsi la prima vera trattazione riguardante

² La tontina è un contratto finanziario e di investimento proposto in Francia da Lorenzo de Tonti, in cui gli aderenti versano una quota, in virtù della quale percepiscono poi interessi o rendite.

un caso specifico di probabilità: quella connessa ad alcuni giochi di carte. A partire da allora, la misurazione del rischio avrebbe tenuto impegnate numerose generazioni di matematici, specie quelli più sensibili a questioni economiche e finanziarie.

Nell'età moderna, la gestione del rischio ha subito importanti evoluzioni grazie ai moltissimi studi e innovazioni tecnologiche. Uno degli eventi chiave di questo periodo è stata la nascita della statistica come disciplina scientifica. Nel XVII secolo, il matematico inglese John Graunt (1662) utilizzò i dati demografici per studiare l'incidenza della peste nella città di Londra, riuscendo a individuare alcune delle cause della diffusione della malattia. Nel XVIII secolo, il matematico svizzero Daniel Bernoulli applicò la teoria delle probabilità alla valutazione del rischio in campo assicurativo, dimostrando come il valore di un'assicurazione dipendesse dalla probabilità di verificarsi del rischio assicurato. Sono noti, tra gli altri, i contributi di Pascal e Fermat (che, a cavallo del '600, risolsero il "dilemma dei punti" che Pacioli aveva posto oltre un secolo e mezzo prima), di Abraham de Moivre (che per primo presentò la struttura della distribuzione normale) e del già citato Daniel Bernoulli (è suo il celebre "paradosso di San Pietroburgo").

1.4.4 Età contemporanea

Nel corso del XIX secolo, la tecnologia ha fatto importanti passi avanti, contribuendo alla nascita di nuove industrie e alla diffusione di nuove tecnologie. Tuttavia, questo progresso ha comportato anche l'insorgere di nuovi rischi, come gli incidenti industriali e le malattie professionali. Per questo motivo, si è resa necessaria la creazione di nuove norme di sicurezza e la diffusione di una cultura della prevenzione del rischio.

Negli Stati Uniti, alla fine del XIX secolo, la Standard Oil Company ha sviluppato un modello di gestione del rischio che ha fatto scuola. In particolare, la compagnia ha creato un dipartimento di sicurezza industriale che si occupava di identificare i rischi associati alle attività produttive e di sviluppare soluzioni per prevenirli.

In Europa, invece, la gestione del rischio è stata influenzata dall'esperienza della Prima Guerra Mondiale, che ha evidenziato la necessità di una gestione razionale delle risorse e di una pianificazione a lungo termine. In particolare, la Germania ha sviluppato una metodologia di analisi del rischio basata sull'individuazione dei punti deboli del sistema produttivo e sulla messa in atto di interventi di prevenzione mirati.

Con l'estensione delle conoscenze matematiche e del numero di rischiosità da indagare, la ricerca sul tema ha conosciuto una rapida crescita, al punto da assicurare al Risk Management – nel Novecento – il raggiungimento di una propria autonomia disciplinare, soprattutto nel campo degli studi finanziari. Uno sviluppo talmente incisivo che, secondo lo stesso Bernstein (1996), il controllo del rischio può persino essere considerato «What [...] distinguishes the thousands of year of history from what we think of as a modern times».

Una tappa fondamentale per l'istituzionalizzazione della teoria economica del rischio e dell'incertezza è senza dubbio il volume "Risk, Uncertainty, and Profit", di Frank Knight (Risk, uncertainty and profit, 1921). Si tratta di un'opera nella quale, distinguendo appunto tra situazioni di rischio e situazioni di incertezza (nelle prime l'agente economico è in grado di stimare la probabilità del verificarsi di un evento; nelle seconde questa stima non è possibile), l'autore fissa i principali riferimenti di questa nuova formulazione teorica e costruisce su di essi una prima modellizzazione. Il contributo di Knight – negli anni a seguire – ha aperto la strada all'applicazione della teoria del rischio e dell'incertezza per la spiegazione di fenomeni economici e finanziari come i profitti, le decisioni di investimento, le aspettative, l'equilibrio economico generale, la struttura dell'impresa e la finanza aziendale. Nei successivi e più recenti decenni, il cammino di affermazione della disciplina è continuato grazie ai progressi della statistica inferenziale, mentre sul piano istituzionale sono fiorite iniziative ed enti di ricerca, associazioni di studiosi e riviste accademiche dedite all'esame del Risk Management; provvedimenti di legge, infine, e più recenti certificazioni hanno progressivamente dato una più precisa veste normativa ai principi di prudenza e di contenimento del rischio (Kloman H.F, 2010).

Il periodo che va dalla Seconda Guerra Mondiale alla metà degli anni '60 è stato un periodo formativo, caratterizzato da una fiorente intraprendenza e creatività da parte di uomini d'affari, con un grande sviluppo dei mercati finanziari. Sono apparsi nuovi rischi, quelli vecchi si sono aggravati e, spinta dalle risposte dei gestori del rischio, la funzione di gestione del rischio si è evoluta rapidamente e ha acquisito il suo titolo e una definizione fondamentale.

La concezione moderna di rischio parte dal 1955, quando Wayne Snider, professore di Assicurazioni alla Temple University, suggerì che, poiché i gestori assicurativi si stavano ora concentrando sui rischi e sui modi per controllarli, piuttosto che limitarsi all'acquisto di assicurazioni, avrebbero

dovuto essere chiamati gestori del rischio (Crockford G., 1982) . Con la "Theory of Games and Economic Behavior" (Von Neumann J. e Morgenstern O., 1944) si iniziano gli studi scientifici ed empirici sul rischio. L'assunto di base si fonda sul fatto che ogni scelta che effettuiamo è caratterizzata da incertezza, e gli studi sull'analisi del rischio hanno quindi l'obiettivo di trasformare in probabilità calcolabile tale incertezza.

Il periodo dalla metà degli anni '60 ad oggi è stato caratterizzato da nuove sfide: i rischi derivanti dalla ricerca scientifica e dalle invenzioni ingegneristiche, una maggior attenzione alle questioni sociali e al futuro ecc.

Negli anni '60, il concetto di rischio subì importanti sviluppi in diversi campi, ad esempio nel campo della medicina, con l'introduzione del concetto di "rischio relativo" nella valutazione degli effetti dei farmaci e delle terapie. Questa innovazione portò a una maggiore attenzione verso la valutazione dei rischi legati alla salute, e alla necessità di una gestione accurata del rischio nei trattamenti medici.

Negli anni '80 nacque la regolamentazione internazionale del rischio. In quegli anni la gestione del rischio subì importanti sviluppi nell'ambito del settore finanziario, con l'introduzione di nuovi prodotti finanziari come i derivati, che comportarono una maggiore complessità nella valutazione del rischio. Questo portò alla creazione di nuovi strumenti di gestione del rischio, come la copertura dei rischi tramite la creazione di portafogli di investimento diversificati. Le istituzioni finanziarie hanno sviluppato modelli interni di gestione del rischio e formule di calcolo del capitale per proteggersi da rischi imprevisti e ridurre il capitale regolamentare. Allo stesso tempo, la governance della gestione del rischio è diventata essenziale, è stata introdotta la gestione integrata del rischio ed è stata creata la posizione di Chief Risk Manager (CRM).

Dagli anni '70 con Kahneman e Tversky (1979), il rischio è diventato sempre più complesso e multidimensionale, includendo la valutazione dei rischi derivanti dalla complessità dei sistemi, come le reti sociali e le infrastrutture critiche. La percezione del rischio è stata considerata un fattore chiave nella sua valutazione, insieme alla comunicazione. Ogni decisione in cui è presente il rischio include due aspetti distinti e inseparabili: i fatti oggettivi e la soggettiva visione legata alla possibile perdita o guadagno. L'evoluzione del concetto di rischio e del Risk Management ha seguito un percorso lungo e complesso nel corso della storia umana (Bernstein P.L., 1996).

Negli anni più recenti, uno dei primi eventi che sollevarono preoccupazioni sulla gestione del rischio fu la crisi finanziaria del 1992, che portò alla svalutazione della lira italiana e alla crisi del Sistema Monetario Europeo. Questa crisi portò alla luce la vulnerabilità dei sistemi bancari e finanziari, mettendo in dubbio l'efficacia delle metodologie di valutazione del rischio fino ad allora utilizzate.

Nel 1995 fu introdotto un nuovo modello di gestione del rischio chiamato "Value at Risk" (VaR). Questo modello, che rappresentò una vera e propria rivoluzione nella gestione del rischio, consisteva nell'utilizzo di un'analisi statistica delle fluttuazioni di prezzo per calcolare il massimo potenziale di perdita di un investimento in un determinato intervallo di tempo (Morgan J.P., 1995).

Dalle pratiche divinatorie dell'antichità all'utilizzo di tecnologie avanzate nella gestione del rischio odierna, la comprensione e la gestione del rischio hanno subito numerosi sviluppi e cambiamenti. Gli eventi chiave e gli studi importanti hanno contribuito a definire le fasi di questo processo, portando alla creazione di una disciplina sempre più sofisticata e complessa. Oggi, la gestione del rischio è un'attività cruciale in quasi tutti i settori, in cui l'uso di tecniche e strumenti avanzati è indispensabile per prevenire e mitigare i rischi.

Negli ultimi decenni, la gestione del rischio è stata influenzata anche da una serie di eventi globali, come gli attacchi terroristici dell'11 settembre 2001, che portarono alla creazione di nuove politiche di gestione del rischio a livello internazionale. Inoltre, la pandemia di COVID-19 ha rappresentato una sfida senza precedenti per la gestione del rischio, portando alla creazione di nuovi modelli di valutazione dei rischi e alla revisione delle strategie di gestione del rischio.

1.4.5 Milestones in letteratura

Alcuni importanti milestones in letteratura per quanto riguarda la natura del rischio:

1815 Pierre-Simon Laplace scrive "An Essay on Probabilities" in cui introdusse la teoria delle probabilità e la sua applicazione al calcolo del rischio.

1915 Friedrich Leitner pubblica "Die Unternehmensrisiken in Berlin", una dissertazione sul rischio finanziario e alcune risposte ad esso, come l'assicurazione.

1921 Frank Knight pubblica "Risk, Uncertainty and Profit", un libro divenuto poi chiave nel risk management. Per la prima volta vengono separati il concetto di incertezza, che non è misurabile, dal rischio, invece misurabile.

1921 "The Economics of Welfare" di Arthur Pigou introdusse il concetto di "costo sociale" per affrontare gli effetti negativi delle attività economiche sull'ambiente e sulla salute pubblica.

1928 John von Neumann pubblica il suo primo articolo sulla teoria dei giochi e le strategie, "Zur Theorie der Gesellschaftsspiele", in cui introduce il concetto di "utilità attesa" come strumento per prendere le decisioni in situazioni di incertezza. La sua teoria ha fornito un modo per quantificare e confrontare i rischi in modo razionale fornendo una base teorica per la valutazione e gestione del rischio anche se non tiene in considerazione i fattori soggettivi che verranno poi introdotti più avanti negli anni.

1956 Russel B. Gallagher pubblica "Risk management: new phase of cost control", uno dei primi riferimenti al concetto di risk management presente in letteratura

1964 Robert I. Mehr e Bob A. Hedges pubblicano "Risk Management in Business Enterprise" uno dei primi libri accademici pubblicati in materia di risk management in azienda, che non si focalizza solamente sul rischio finanziario.

1979 Daniel Kahneman e Amos Tversky pubblicano la "Prospect Theory", dimostrando che la natura umana può essere irrazionale, soprattutto di fronte al rischio.

1985 È pubblicata la "ISO 31000: Risk management - Principles and guidelines", La norma che definisce i principi e le linee guida per la gestione del rischio a livello organizzativo.

1987 il PMI pubblica la prima versione del “PMBOK”, guida che ha lo scopo di documentare e standardizzare le pratiche del project management.

1992 “The COSO Report” - Il rapporto della Commissione sui sistemi di controllo interni dell'Organizzazione degli studi contabili statunitensi (COSO) presentò un quadro per la gestione del rischio aziendale e delle attività di controllo.

1996 Peter L. Bernstein pubblica “Against the Gods: The Remarkable Story of Risk” in cui si racconta la storia del concetto di rischio, della sua origine dal rinascimento a oggi

2002 “Enterprise Risk Management - Integrated Framework” di COSO - Il quadro integrato di gestione del rischio di COSO offrì un approccio olistico alla gestione del rischio aziendale, che includeva la strategia, le operazioni e la comunicazione.

2004 Terza edizione del “PMBoK” in cui è inserito un capitolo sul Project Risk Management. In precedenza, il rischio era trattato solo come una delle nove aree di conoscenza del project management.

2007 “ISO 31000:2009: Risk management - Principles and guidelines” - La norma ISO 31000 del 2009 ha aggiornato le linee guida del 1985, fornendo un approccio più flessibile e integrato alla gestione del rischio a livello organizzativo.

2010 Nassim Nicholas Taleb scrive “The Black Swan”, libro in cui introdusse il concetto di “Cigno Nero”, eventi imprevedibili con un impatto significativo sul mondo, come la crisi finanziaria del 2008.

2015 La “ISO 9001:2015” richiede di applicare un approccio basato sui rischi alla gestione della qualità. Ciò comporta l'adozione di una visione globale dei rischi dell'attività aziendale e coinvolge l'alta direzione nell'intero processo di mitigazione dei rischi.

1.5 Risk Appetite

Come abbiamo visto, nel processo di gestione del rischio, ma più in particolare nella fase di identificazione e valutazione, è indispensabile tener conto della soggettività, la quale caratterizza le considerazioni effettuate. Ogni individuo ha infatti obiettivi, punti di vista, informazioni e propensione al rischio diverse. Tutto ciò, congiuntamente alle caratteristiche intrinseche della persona, contribuisce a generare valutazioni molto differenti sui rischi.

Mentre è molto complicato andare ad analizzare il differente punto di vista di un individuo, o il suo modo di ragionare, è relativamente semplice individuare, oltre agli obiettivi, il risk appetite

Sono presenti diversi concetti simili al risk appetite, e per evitare ambiguità, forniamo le seguenti definizioni (Hillson D., 2012):

- **Risk Appetite:** tendenza interiore nel prendersi un rischio in una data situazione.
- **Risk Tolerance:** ha un significato duplice, può essere sia quanto rischio si è disposti a tollerare che, in termini misurabili, l'ampiezza della variazione di tollerabilità del rischio. Nelle organizzazioni si identifica come la disponibilità a sopportare il rischio dopo il suo trattamento al fine di raggiungere i propri obiettivi (International Standards Organization (ISO), 2009).
- **Risk Attitude:** scelta di comportamento nei confronti del rischio. Si può essere avversi, neutrali o propensi al rischio comprendendo tutte le sfumature intermedie. Nelle organizzazioni si identifica con l'approccio che queste hanno per valutare o eventualmente perseguire, mantenere, adottare o allontanarsi dal rischio (International Standards Organization (ISO), 2009).
- **Risk Treshold:** soglia di accettabilità del rischio. Al di sopra di questa soglia il rischio non è accettabile e va affrontato (PMI, 2017).
- **Risk Capacity:** si riferisce alla quantità massima di rischio che un'organizzazione è in grado di sopportare (ISACA, 2012).

La distinzione tra risk appetite e risk tolerance è molto sottile.

La tolleranza al rischio è il livello di rischio che un'organizzazione può accettare per singolo rischio, mentre la propensione al rischio è il rischio totale che l'organizzazione può sopportare in un dato profilo di rischio, solitamente espresso in forma aggregata.

I due termini sono correlati e molto vicini ma non sono interscambiabili.

La tolleranza al rischio è la quantità di deviazione accettabile dalla propensione al rischio di un'organizzazione. Mentre la propensione al rischio è un concetto filosofico ampio e strategico che guida gli sforzi di gestione del rischio di un'organizzazione, la tolleranza al rischio è un concetto molto più tattico che identifica il rischio associato a un'iniziativa specifica e lo confronta con la propensione al rischio dell'organizzazione. Si può pensare alla tolleranza al rischio di un'organizzazione per un'iniziativa specifica come alla volontà dell'organizzazione di accettare il rischio che rimane dopo che tutti i controlli pertinenti sono stati messi in atto (ISACA, 2012).

1.5.1 L'appetito è una tendenza

In ogni attività, gruppo di attività, progetto, o strategia aziendale, quando si presenta un rischio di qualsiasi tipologia, è naturale porsi le seguenti domande:

- Quanto rischio **abbiamo**?
- Quanto ne **possiamo** affrontare?
- Quanto rischio **dovremmo** prenderci?
- Quanto rischio **vogliamo** prenderci?
- Quanto rischio ci **prenderemo effettivamente**?

Per poter rispondere a questo insieme di domande, chiaramente concatenate, bisogna prima comprendere il concetto di appetito, poi quello di Risk Appetite ed infine come questo debba essere gestito.

Appetito: Tendenza a soddisfare le proprie necessità o i propri bisogni³.

L'appetito viene generato da motivazioni interne ed intrinseche che creano il desiderio di soddisfarlo. Ad esempio: Avere fame non significa avere appetito, si potrebbe chiedere "qual è il tuo appetito per il cibo?" Usiamo la fame come "proxy" per comprendere l'appetito. Successivamente possiamo valutare la fame usando una misurazione. In generale, quindi, quando si parla di appetito c'è bisogno di associargli una delega, perché è nascosto internamente.

Il Risk Appetite risponde alla domanda "quanto rischio vogliamo prenderci?"

³ Definizione del vocabolario Treccani.

Questo concetto incontra bisogni di rischio, che possono essere noti o meno, può riferirsi ad aspetti strategici, di progetto o di attività. Associando la definizione di appetito al rischio si comprende come questo sia un input interno e non è valutabile come una quantità di rischio. La quantità di rischio soddisfa l'appetito, ne è la sua espressione. Il valore di questa quantità verrà chiamato treshold (soglia).

L'importanza dell'associare la soddisfazione dell'appetito con una quantità di rischio è data dal fatto che l'appetito risponde al set di domande di cui sopra. Ogni decisione intrapresa è legata alle domande e la risposta a queste domande dipende dall'appetito al rischio.

1.5.1.1 Input e output dell'appetito

L'appetito al rischio è conseguenza di una serie di input e la sua manifestazione genera un output preciso e numerico.

Gli input del risk appetite sono: la situazione in cui si presenta un rischio, il contesto nel quale la situazione è inserita, e più nel particolare gli obiettivi che scegliamo di voler raggiungere in quella situazione.

Le decisioni vengono prese dagli individui, i quali avranno le loro **preferenze** e **propensioni** al rischio. Le preferenze sono gli aspetti intrinseci mentre la propensione è come questi vengono espressi.

I decisori influenzeranno singolarmente quanto rischio si prenderà. Questa decisione ha una declinazione nei gruppi/uffici e nella cultura del rischio aziendale. L'appetito degli individui, gruppi e organizzazione si contrappone alla situazione, essendo interni e influenzati da altri fattori, togliendo ad essa l'importanza che merita.

Gli output sono delle quantità precise e misurabili: le soglie/treshold. La soglia diviene la visione numerica (driver esterno) dell'appetito (driver interno). Il problema che si presenta è fortemente concettuale: si vuole raggiungere un valore numerico (spesso probabilistico) da poter utilizzare, sfruttando concetti (appetito, preferenza, propensione e cultura di persone, gruppi e aziende) che non vengono precisamente definiti, che sono intrinseci degli attori coinvolti e che quindi, semplicemente, non sono chiari. Una conseguenza molto probabile della scelta delle soglie di rischio, identificate tramite queste "tendenze," è che siano sbagliate, mal quantificate.

1.5.1.2 Dall'appetito all'attitude

Nella maggior parte dei casi l'appetito e tutto ciò che ne consegue devono essere moderati per poter raggiungere gli obiettivi prefissati. Ad esempio, se avessi molta fame (che soddisfa l'appetito) non dovrei andare a mangiare in un ristorante All You Can Eat se poco dopo ho un impegno che richiede un elevato sforzo fisico e mentale come un allenamento in sala pesi. Si evince, quindi, il bisogno di distinguere tra appetito semplice e appetito giudicato e controllato.

In prima istanza, bisogna controllare se la quantità di rischio che l'individuo vuole assumere sia effettivamente giusta e in linea con la capacità di gestire il rischio (**risk capacity**). Se la quantità voluta è superiore della capacità effettiva allora bisogna intervenire, prendendo delle scelte deliberate, per fare sì che il rischio intrapreso sia gestibile.

Per poter decidere in maniera più precisa quanto rischio prendersi si utilizza la **risk attitude**, che può essere definita come la risposta **scelta** deliberatamente al rischio, mossa dalle percezioni.

Essendo una scelta, possiamo decidere se essere più o meno avversi/propensi al rischio e, se questa decisione genera soglie non appropriate, si potrà sempre modificare. L'attitude offre la possibilità di moderare l'appetito al rischio, il quale è intrinseco e spinge verso un dato set di soglie sulle quali non si può intervenire.

Situazione, obiettivi, esposizione intrinseca al rischio, bias ed esperienza influenzano la percezione al rischio, la quale guida l'attitudine che si vorrà adottata. Quindi, si svolgono azioni nei confronti del rischio, le quali modificano il **rischio intrinseco** in **rischio residuo**, il quale, se servirà potrà essere gestito.

Appetito e attitudine sono concetti che hanno input e output simili, infatti, definendoli in funzione di questi si può dire che:

- L'appetito è conseguenza della situazione e delle persone, le quali producono soglie da controllare in funzione della capacità.
- L'attitudine è basata sulle percezioni che provengono dalla situazione unita a driver consci e inconsci e ha come risultato la configurazione delle soglie.

Semplificando: ci interfacciamo con una situazione importante che ha un certo rischio associato e dobbiamo decidere quanto rischio prenderci. Bisogna comprendere che abbiamo una tendenza, la quale è influenzata da individui e gruppi. Successivamente si deve prendere decisione di

posizionarci nello spettro dell'attitudine, avversi, neutrali o propensi. Questa scelta influenzerà le soglie, e quanto rischio ci prenderemo.

1.5.2 Fattori che influenzano il risk appetite

L'attitudine al rischio può variare in base a una serie di fattori, quali: settore, cultura aziendale, concorrenti, natura degli obiettivi perseguiti, solidità finanziaria e capacità dell'organizzazione.

Vale anche la pena notare che la propensione al rischio può cambiare nel tempo. È sempre una buona idea valutare i rischi in base ai criteri di rischio periodicamente o continuamente, a seconda delle circostanze, delle risorse disponibili, delle competenze, delle tecnologie o dei sistemi. Molti studi dimostrano che l'assunzione di rischi non dipende solo dalle caratteristiche generali dei soggetti dell'esperimento, ma anche dal loro attuale stato fisico, mentale e psicologico (Berlinger E. e Vàradi K., 2015):

- **Fatica della decisione:** se siamo stanchi, diventiamo automaticamente più avversi al rischio. Prendere decisioni multiple esaurisce il sé. (Baumeister R. F. e Tierney J., 2011)
- **Social Loaf:** le persone tendono a correre più rischi quando sono in gruppo che da sole. (Dobelli R., 2013)
- **Euristica affettiva:** se ci piace qualcosa o ci troviamo di buon umore, percepiamo il rischio come minore e i guadagni maggiori di quanto non siano in realtà.
- **Impulsi di genere:** come parte dell'esperimento, hanno mostrato fotografie di belle donne e, di conseguenza, i soggetti maschi partecipanti sono diventati percettibilmente più rischiosi. Questo, tuttavia, non ha funzionato con fotografie di donne meno belle o con il cambio di genere. (Baumeister R. F. e Tierney J., 2011)
- **Effetto ribalta:** le persone corrono molti più rischi in completo anonimato che sotto i riflettori. (Baltussen G., Van den Assem M. J. e Van Dolder D., 2014)
- **Effetto easy come, easy go (effetto denaro della casa):** trattiamo il denaro in modo completamente diverso a seconda che sia facile o difficile da acquisire. Se abbiamo vinto, trovato o ereditato il denaro, tendiamo a essere più accomodanti nello spenderlo e nel rischiarlo di quanto saremmo se lo avessimo guadagnato con un duro lavoro. (Thaler R. H. e Johnson E. J., 1990)
- **Effetto Minsky:** il successo aumenta la propensione al rischio, cioè la propensione al rischio aumenta come conseguenza di guadagni successivi (dipendenza dal percorso). (Minsky H. P., 1992)

Questi effetti sono in contrasto con la teoria dell'utilità perché mettono in discussione l'esistenza di una disposizione all'assunzione di rischi che sia stabile e costante nel tempo ed è caratteristica degli individui.

1.5.3 Risk appetite a livello aziendale

Ogni organizzazione ha una particolare **capacità di rischio**, definita come la quantità oggettiva di perdita che un'impresa può tollerare senza che la sua esistenza sia messa in discussione. La propensione al rischio è definita come la quantità di rischio che un'entità è disposta ad accettare nel perseguimento della propria missione. In alcuni casi, la determinazione della propensione al rischio può essere delegata dal consiglio di amministrazione all'alta direzione nell'ambito della pianificazione strategica.

La determinazione del rischio accettabile o la propensione al rischio e i criteri in base ai quali può essere valutata sono elementi essenziali per un gran numero di aspetti della sicurezza delle informazioni, nonché per la maggior parte degli altri aspetti delle attività organizzative. La propensione determina molti aspetti della strategia, inclusi gli obiettivi di controllo, l'implementazione del controllo, la sicurezza di base, i calcoli costi-benefici, le opzioni di gestione del rischio, la determinazione dei criteri di gravità, le capacità di risposta agli incidenti richieste, i requisiti assicurativi e le valutazioni di fattibilità, tra gli altri.

La propensione al rischio si traduce in una serie di standard e politiche per contenere il livello di rischio entro i limiti fissati. Questi confini devono essere regolarmente adeguati o confermati. Una volta definiti i limiti, i piani di azione da intraprendere per rispondere ai vari rischi, possono essere definiti attraverso un processo formale, che coinvolge tutta l'azienda o solamente il responsabile della gestione del rischio, e finché si è all'interno dei limiti definiti, questo ha una libertà abbastanza ampia di movimento. L'accettazione del rischio generalmente non dovrebbe superare la propensione al rischio dell'organizzazione e, sicuramente, non deve superare la capacità di rischio (che minaccerebbe la continua esistenza dell'organizzazione). (ISACA, 2012)

1.6 Concetto di rischio in ambito infrastrutturale

Spostando l'analisi sui settori dell'ingegneria civile, delle costruzioni e delle infrastrutture, il significato di rischio e tutto ciò che ne è legato ha una nuova declinazione, conseguenza dell'aumento di specificità del contesto di analisi.

I progetti che hanno come fine ultimo la costruzione di un prodotto infrastrutturale, come un palazzo, un ponte o una linea ferroviaria, hanno sia un gran numero di fonti di incertezza esterne che numerosi rischi interni ai processi di realizzazione e utilizzo dell'opera.

La gestione del rischio per questa tipologia di progetti risulta di cruciale importanza per minimizzare i potenziali effetti negativi dei rischi (massimizzando le potenziali opportunità) associati ad opere che nella quasi totalità dei casi, saranno sfruttate da un gran numero di persone per molti anni (il ponte di Brooklyn NY, terminato nel 1883 viene attraversato da oltre 116.000 macchine, 30.000 pedoni e 3.000 biciclette al giorno)⁴. Inoltre, la presenza di un sistema moderno ed efficiente di infrastrutture è una componente fondamentale dello sviluppo economico del paese, dell'integrazione territoriale e dell'aumento di competitività delle imprese. La definizione di infrastruttura sottende il concetto di beni e servizi, materiali e immateriali.

I paesi maggiormente industrializzati sono dotati di sempre più estesi e sofisticati sistemi infrastrutturali, le cosiddette Infrastrutture Critiche (IC), come le reti di distribuzione dell'energia e le infrastrutture del trasporto, così come specificato nella Direttiva del Consiglio Europeo, ma che possono riguardare anche altri settori come si vedrà meglio in seguito.

⁴ Dati del New York City Department of Transportation consultabili al seguente [link](#).

1.6.1 Normativa europea

Prima di analizzare gli aspetti ingegneristici del rischio infrastrutturale vengono introdotte le nozioni normative di maggiore interesse, essendo il suddetto rischio fortemente legato ad opere di grandissimo utilizzo.

La Direttiva Europea 114/08 CE⁵ definisce “infrastruttura critica” (IC) un elemento, un sistema o parte di questo ubicato negli Stati membri ed essenziale al mantenimento delle funzioni vitali della società, della salute, della sicurezza e del benessere economico e sociale dei cittadini, il cui danneggiamento o la cui distruzione avrebbe un impatto significativo.

La stessa Direttiva definisce “Infrastruttura Critica Europea” (ICE) un’infrastruttura critica ubicata negli Stati membri dell’UE la cui perturbazione o distruzione avrebbe un significativo impatto su almeno due Stati membri dell’UE. La rilevanza dell’impatto è valutata in termini intersettoriali. Il fatto che un’infrastruttura sia considerata critica dall’UE non significa che si rendono automaticamente necessarie misure supplementari di protezione. Le misure di protezione esistenti, che possono comprendere accordi bilaterali tra Stati membri, possono essere perfettamente adeguate e quindi rimanere immutate in caso di valutazione di IC/ICE. Inoltre, non bisognerebbe dimenticare di prendere in considerazione le IC che hanno origine o si trovano in un paese terzo, ma sono interconnesse o hanno potenzialmente un effetto diretto sugli Stati membri dell’UE. (Commissione Europea, 2005)

Il concetto di rischio nelle infrastrutture è molto ampio poiché, queste, sono soggette a numerose minacce: possono essere danneggiate, distrutte o manomesse a causa di atti deliberati di vandalismo o terrorismo, calamità naturali, negligenza, incidenti, pirateria informatica, attività criminose e comportamenti dolosi.

Un’eventualità di questo tipo diventa sempre più probabile dal momento che le nuove tecnologie e la liberalizzazione dei mercati (per esempio nel settore dell’elettricità e della fornitura di gas) fanno sì che molte infrastrutture siano parte di una rete più ampia. Ciò significa che può rendersi necessario un livello comune di protezione. Perché la protezione sia efficace è necessario che vi siano comunicazione, coordinamento e cooperazione a livello nazionale, dell’UE e internazionale tra tutti gli operatori del settore. Al fine di sostenere le attività degli Stati membri la

⁵ Direttiva dell’ 8 dicembre 2008, n.114 del Consiglio dell’Unione Europea.

Commissione delle Comunità Europee agevola l'individuazione, lo scambio e la diffusione delle migliori pratiche in materia di protezione delle infrastrutture critiche creando un quadro comune per la protezione delle infrastrutture critiche. La portata di tale quadro generale deve essere esaminata. (Commissione Europea, 2005)

1.6.2 Normativa italiana

La normativa e le raccomandazioni italiane prevedono l'applicazione sistematica dell'analisi di rischio, sostanzialmente, in due specifici ambiti relativi alla realizzazione di opere civili infrastrutturali: per la previsione dei rischi per la sicurezza e la salute dei lavoratori⁶ e per la valutazione dei rischi per la sicurezza dell'esercizio delle gallerie stradali⁷ e ferroviarie⁸.

Nell'appendice "B" del D. lgs. n. 61 dell'11 aprile 2011⁹ compaiono, in modo sintetico, alcune indicazioni circa gli elementi che il Piano di Sicurezza dell'Operatore (PSO) deve contenere. Il PSO deve necessariamente comprendere:

- L'individuazione degli elementi più importanti dell'infrastruttura. Beni, risorse e attività la cui disponibilità dovrà essere sempre garantita e ai quali applicare le azioni preventive e difensive che permettano un'efficace protezione dell'infrastruttura.
- L'analisi dei rischi, realizzata sulla prefigurazione degli scenari di rischio più rilevanti e allo scopo di individuare le vulnerabilità degli elementi dell'infrastruttura e le conseguenze che deriverebbero dal mancato funzionamento di ciascun elemento sulla funzionalità dell'intera infrastruttura.
- L'identificazione delle misure e procedure più idonee alla prevenzione e protezione distinguendole tra misure permanenti e misure ad applicazione graduata.

⁶ Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81

⁷ Decreto Legislativo 5 ottobre 2006, n. 264

⁸ Decreto Ministeriale 28 ottobre 2005, n. 89

⁹ Decreto Legislativo 11 aprile 2011, n. 61

1.6.3 Le fasi e tipologie di rischio della costruzione

Nei progetti del settore delle costruzioni i rischi possono provenire da fonti di incertezza molto diverse e possono presentarsi in ogni fase del progetto.

In letteratura si è soliti identificare le principali fonti di incertezza nei progetti di costruzione tramite il framework **PESTLE**¹⁰:

- Political,
- Economic,
- Social,
- Technological,
- Legal,
- Environmental.

Il paper intitolato “Risk Management in construction projects” (Szymanski P., 2017), invece, suddivide i rischi in cinque macro-gruppi, legati principalmente a specifiche fasi del processo di costruzione:

- Design Preliminare;
- Gara d’appalto;
- Design dettagliato;
- Costruzione;
- Finanziamento dell’investimento.

La combinazione delle fonti di incertezza con le fasi che raggruppano i rischi vanno a identificare un insieme di rischi individuali associabili, nella maggior parte dei casi, ai progetti di costruzione. È chiaro che la loro eventuale presenza e pericolosità dipenderà fortemente dal contesto di ogni singolo progetto. Non va dimenticato, inoltre, che nel tempo alcuni rischi potrebbero scomparire grazie alle innovazioni tecnologiche ma venire sostituiti da nuovi ancora non identificabili.

Al netto della precisazione, risulta intuitivo come i potenziali rischi per i progetti che abbiano come fine la costruzione di un’infrastruttura possano essere molti. Tra le fasi del progetto, la più importante e soggetta a maggior

¹⁰ Diversi articoli e paper non citano espressamente l’utilizzo del framework PESTLE ma tutti elencano tutte o quasi le fonti di incertezza che la compongono, risulta quindi più completo citare il framework in sé.

Il PESTLE è un framework molto utilizzato sia nei contesti aziendali che nelle prime fasi di progetti e sé stanti.

rischio è sicuramente la costruzione, invece, tra i rischi che si considerano più ricorrenti si evidenziano (Szymanski P., 2017):

- rischio di suolo mal riconosciuto,
- rischio di rottura equipaggiamento,
- rischio di assenza operai/dipendenti,
- rischio di basso livello materie prime,
- rischio ritardi nella consegna materiale da costruzione,
- rischio di controllo non sufficiente, ecc.

Prima di entrare nel vivo dell'analisi del significato del rischio nell'ambito infrastrutturale, bisogna capirne la complessità e le caratteristiche. Gli elementi critici principali correlati alla gestione dei rischi nelle infrastrutture sono principalmente due: la presenza di forti interdipendenze e la necessità di garantire una continuità nel servizio.

1.6.4 Interdipendenze infrastrutturali

Per valutare il rischio a cui è soggetta un'infrastruttura è necessario studiare tutte le interdipendenze che questa ha con altre infrastrutture. Bisognerà considerare le infrastrutture come sistemi adattivi complessi (CAS), cioè insieme di elementi che congiuntamente formano sinergie, influenzate dalla storia passata e in grado di modellarsi al futuro.

Un modo efficace per studiare i CAS è considerarli come popolazioni di agenti interagenti. Un agente è un'entità con una posizione specifica, capacità proprie e memoria. La posizione dell'entità definisce dove si trova in uno spazio fisico o astratto. La maggior parte dei componenti dell'infrastruttura ha una posizione ed una capacità ed è influenzata dalle esperienze passate, quindi, può venir considerata come agente.

Le infrastrutture sono spesso connesse in più punti attraverso un'ampia varietà di meccanismi, in modo tale che esista una relazione bidirezionale tra gli stati di una data coppia di infrastrutture. Le infrastrutture interdipendenti mostrano anche un'ampia gamma di caratteristiche spaziali, temporali, operative e organizzative, che possono influire sulla loro capacità di adattarsi alle mutevoli condizioni del sistema. Infine, le interdipendenze e le conseguenti topologie dell'infrastruttura possono creare sottili interazioni e meccanismi di feedback che spesso portano a comportamenti e conseguenze imprevisti durante le interruzioni. (Wang H., 2021)

Possiamo identificare quattro classi principali di interdipendenza:

- Fisica;
- Informatica;
- Geografica;
- Logica.

1.6.5 Continuità operativa

Le infrastrutture critiche devono garantire la continuità nella fornitura di servizi essenziali, questa deve essere perciò protetta e controllata.

Per garantire la continuità operativa è necessario mettere in atto misure adeguate. Per le infrastrutture critiche civili, si è resa necessaria la predisposizione del Sistema di Gestione per la Continuità Operativa (SGCO), il quale garantisce all'organizzazione la sopravvivenza in caso di interruzione dell'operatività ed il ripristino delle attività critiche entro tempi e modalità predeterminati.

Le interruzioni nelle infrastrutture critiche sono generalmente classificate come guasti a cascata ed errori di causa comune. (Rinaldi S.M., Peerenboom J.P., Kelly T.k., 2001)

Un guasto a cascata si verifica il guasto di un'infrastruttura interessa uno o più componenti in un'altra infrastruttura, comportando l'indisponibilità parziale o totale di quest'ultima. Errori di causa comune. Si verificano quando due o più infrastrutture vengono interrotte contemporaneamente perché i componenti all'interno di ciascuna infrastruttura si guastano per una causa comune.

1.6.6 Stakeholders

Più che in ogni altro progetto, nei progetti di costruzione è molto importante la presenza degli stakeholder. Bisognerebbe in prima istanza differenziare se il progetto è pubblico, finanziato dalle istituzioni o se il committente è totalmente privato. Risultano d'interesse principalmente i progetti pubblici.

In questo caso gli stakeholder principali dal design preliminare fino all'ultimazione dei lavori si può generalizzare essere gli **organi di governo** e i **contribuenti/cittadini**. In funzione dell'opera, delle sue dimensioni e importanza lo Stato sarà rappresentato da attori differenti.

Differenziando i due stakeholder risulta che:

- nel caso degli **organi di governo**, il progetto sarà influenzato fortemente dagli avvenimenti politici, positivi o negativi che siano. Se, ad esempio, una giunta regionale committente di un'opera si dovesse sciogliere per un qualsiasi motivo il progetto potrebbe venir posticipato, bloccarsi, o addirittura interrotto definitivamente. Dati del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti riportano che al 31/12/2021 in Italia ci sono 379 opere pubbliche incompiute. (Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2022)
- Per quanto riguarda i cittadini, questi andranno considerati come "ago della bilancia". Potrebbe essere la loro insoddisfazione a far interrompere i lavori o implicare modifiche di scopo al progetto, in entrambi i casi con conseguenze di dilatazione di tempi e aumento di costi. Da un altro punto di vista potrebbero essere parte integrante del progetto di costruzione se questo dovesse essere visto come un'opportunità per i locali.

1.6.7 Analisi delle conseguenze

A valle delle analisi preliminari uno degli aspetti più importanti del rischio infrastrutturale è l'analisi delle conseguenze.

Le conseguenze di un evento di guasto sono generalmente misurate in termini che interessano direttamente le persone e il loro ambiente, come la perdita di vite umane o lesioni e perdite economiche.

Una delle principali difficoltà nella stima delle conseguenze è data dal confronto tra perdite economiche dirette (danni agli edifici, perdite di produzione), le perdite indirette (ritardi o disagi degli utenti, impatto sulla crescita economica, disoccupazione) e le perdite non monetarie derivanti dagli infortuni degli operai, dalla perdita di vite umane, dai danni all'ambiente fino alla disgregazione sociale.

Per un lungo periodo non è stata considerata una buona pratica discutere, almeno in pubblico, del valore di una vita umana. Di fatto sono state sviluppate diverse tecniche per fornire un mezzo per confrontare le diverse conseguenze di diverse attività, ad esempio valutando le preferenze dei decisori in termini di confronti a coppie tra diversi attributi. (Warner F., 1992)

Sono stati fatti vari tentativi per quantificare il valore economico di una vita umana; questi includono: (Fisher U., Castagna L.G., Violette D.M., 1989)

- mancati guadagni a causa di morte prematura;

- valore economico di una vita (pari a $\$ D \cdot x$ dove $\$ D$ è l'importo che un individuo è disposto a pagare per ridurre il proprio rischio di mortalità di $1 - x$);
- denaro speso in programmi governativi per vita salvata;
- indennizzo governativo dovuto per morte per incidente.

Tuttavia, un approccio più significativo consiste nell'utilizzare un indicatore sociale che rifletta la qualità della vita in una società o in un gruppo di individui in termini di contributo individuale al Prodotto Nazionale Lordo (PNL), aspettativa di vita, tempo per godersi la vita, ecc., come l'indice di sviluppo umano o indice di qualità della vita, che possono essere utilizzati per determinare un costo implicito accettabile per evitare una fatalità. (Lind N. C., 1994)

2 Il Project Risk Management

2.1 Uno sguardo ai progetti

I progetti svolgono un ruolo fondamentale all'interno delle aziende: sono gli elementi attraverso i quali molte imprese ottengono la maggior parte dei loro profitti. Lo sviluppo di nuovi prodotti, la ricerca, l'innovazione, il miglioramento dei processi e la commercializzazione di beni e servizi si svolgono attraverso progetti.

Il progetto, per il PMI, rappresenta "uno sforzo temporaneo per creare valore attraverso un prodotto, servizio o risultato unico. Tutti i progetti hanno un inizio e una fine; hanno un team, un budget, un programma e una serie di aspettative che la squadra deve soddisfare. Ogni progetto è unico e differisce dalle operazioni di routine, le attività in corso di un'organizzazione, perché i progetti raggiungono una conclusione una volta raggiunto l'obiettivo" (PMI, 2017).

I progetti sono rischiosi per natura intrinseca:

- sono unici;
- sono complessi;
- si basano su assunzioni;
- dipendono da molte variabili;
- comportano cambiamenti;
- si sviluppano su lunghi periodi;
- coinvolgono persone.

La definizione di rischio all'interno della gestione dei progetti è analoga alla definizione del rischio aziendale con la differenza che quest'ultimo è esteso agli obiettivi strategici aziendali.

2.1.1 Incertezza di progetto

I rischi di progetto, quindi, sono prevalentemente causati dall'incertezza che li caratterizza.

La portata dell'incertezza è considerevole in qualsiasi progetto e la maggior parte delle attività di gestione del progetto riguarda la gestione dell'incertezza dalla prima fase di "ideazione" alla fase finale di "supporto" del ciclo di vita del progetto. Rivedendo le fasi di progetto, abbiamo:

- Inizializzazione;

- Pianificazione;
- Approvvigionamento;
- Esecuzione;
- Monitoraggio e controllo;
- Chiusura.

Ogni fase è un progetto nel progetto, e il livello di incertezza, così come il livello di impegno, varia di fase in fase. In Fig.1 si può osservare il cono d'incertezza.

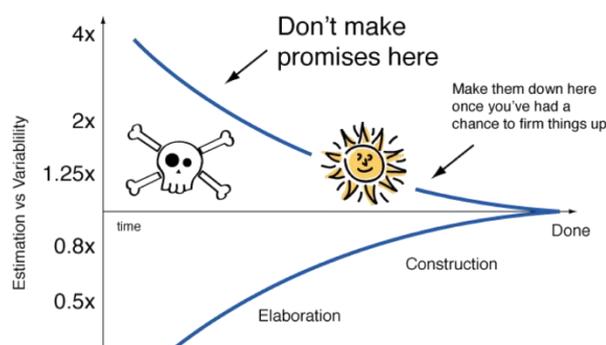


Figura 2.1 - Cono di incertezza

Nello stimare le cause del rischio identificano cinque aree di incertezza principali (Chapman C. e Ward S, 2003):

- variabilità associata ai parametri di progetto;
- le ipotesi di base per stimare i parametri;
- Modelli e logiche applicate;
- obiettivi e priorità;
- le relazioni tra le varie parti del progetto.

2.1.1.1 Variabilità dei parametri di progetto

Una delle principali fonti di incertezza relative ai progetti è legata ai parametri del progetto stesso come costi, tempi, qualità.

Le cause principali che possono causare questa incertezza sono:

- mancanza di una chiara specificazione di ciò che è richiesto;
- novità o mancanza di esperienza di una particolare attività;
- complessità in termini di numero di fattori di influenza e numero di interdipendenze tra questi;
- analisi limitata dei processi coinvolti nell'attività;

- possibile verificarsi di particolari eventi o condizioni che potrebbero avere qualche (incerto) effetto sull'attività.

2.1.1.2 Ipotesi sulla stima dei parametri

In assenza di un insieme di dati statistici sufficientemente esteso per determinare delle stime oggettive, risulta spesso necessario fare affidamento a stime soggettive delle probabilità di interesse. La qualità delle stime dipende da chi le ha prodotte, dal formato in cui vengono presentate, perché, come e quando sono state prodotte e su quali risorse ed esperienze si basano.

Una fonte di incertezza particolarmente importante è la natura delle ipotesi alla base delle stime. Tuttavia, le stime possono anche essere condizionate dal presunto non verificarsi di eventi di “forza maggiore” e da possibili cambiamenti nel contesto e nell'ambito del progetto. Gli effetti di tali eventi e cambiamenti possono essere difficili da quantificare, anche una volta identificati (Chapman C. e Ward S, 2003).

2.1.1.3 Modelli e logiche applicate

Nella fase di ideazione del progetto, la natura del deliverable finale di progetto e il processo per produrlo rappresentano le incertezze fondamentali. In linea di principio, gran parte di questa incertezza viene rimossa nelle fasi di progettazione tentando di specificare cosa deve essere fatto, come, quando e da chi, a quale costo. In pratica, una parte significativa di questa incertezza può rimanere irrisolta. La natura delle ipotesi progettuali e logistiche e l'incertezza associata possono determinare parte dell'incertezze sulla base delle stime (Chapman C. e Ward S, 2003).

2.1.1.4 Obiettivi e priorità

L'obiettivo di migliorare le prestazioni del progetto presuppone chiarezza sugli obiettivi e sulle relative priorità tra il raggiungimento obiettivi e la scelta di compromessi accettabili. Tentare la gestione del progetto o la gestione del rischio quando mancano queste assunzioni è impossibile. Le implicazioni relative alla natura degli obiettivi e alle priorità devono essere gestite tanto quanto l'incertezza su ciò che è realizzabile. È importante, perciò, stabilire obiettivi chiari e criteri di prestazione che riflettano i requisiti delle varie parti, comprese le parti interessate che non sono sempre riconosciute come attori (Morris P.W.G e Hough G.H, 1987).

2.1.1.5 Relazioni tra le parti di progetto

Una fonte importante di incertezza è la molteplicità di persone, unità aziendali e organizzazioni coinvolte in un progetto. I rapporti tra le varie parti possono essere complessi e possono comportare o meno contratti formali. Il coinvolgimento di più parti in un progetto introduce incertezza derivante dall'ambiguità in relazione a (Ward S., 1999):

- specificazione delle responsabilità;
- percezione di ruoli e responsabilità;
- comunicazione attraverso le interfacce;
- la capacità delle parti;
- condizioni dei contratti formali e loro effetti;
- meccanismi di coordinamento e controllo.

2.2 Project Risk Management

La gestione del rischio è importante nelle attività di routine dell'azienda, ma assume un ruolo primario nelle attività di cambiamento e/o innovazione, e cioè le attività di progetto.

Il risultato finale di una qualsiasi attività è composto da tre addendi: ciò che è stato pianificato, gli imprevisti accaduti e noti e i rischi, cioè eventi possibili, non pianificati e non accaduti, oppure accaduti ma non rilevati, non conosciuti o non compresi sufficientemente. I progetti devono essere gestiti in maniera che riescano a raggiungere gli obiettivi prefissati. È indispensabile, perciò, che questi ultimi siano identificati in maniera chiara e univoca, e che siano misurabili facilmente. Nonostante queste accortezze risulta molto complicato andare a misurare il successo di un progetto: bisogna considerare molti fattori differenti come il raggiungimento degli obiettivi, il tempo impiegato, il budget, la soddisfazione degli stakeholders e shareholders e le conseguenze sull'azienda.

Così come è difficile valutare il successo, anche il fallimento è complicato da valutare e spesso basta davvero poco per passare da un progetto di successo a un progetto fallimentare. La natura e la dimensione del progetto influenzano molto l'importanza e l'impatto della gestione dei rischi.

Si distinguono quindi il rischio di progetto dal rischio aziendale (Enterprise Risk), e cioè quello esteso agli obiettivi della strategia aziendale. L'analisi dei rischi all'interno dei progetti dovrebbe essere integrata e proattiva, ma non risulta essere sempre così. In accordo con uno studio fatto dal PMI nel

2017, solo il 28% dei manager di progetto utilizza le pratiche di gestione del rischio in maniera regolare e sistematica. La gestione del rischio non deve rappresentare una fase appartenente alla gestione del progetto, ma deve essere presente, integrata e reiterata in ogni momento nel ciclo di vita del progetto e ad ogni scelta o cambiamento che viene effettuato. Infatti, essendo le fonti di rischio sia interne che esterne, e poiché sono elementi molto dinamici e spesso difficili da definire con certezza nel tempo e nello spazio, la natura dei rischi può variare: ne possono emergere di nuovi e possono modificarsi quelli già esistenti. Inoltre, poiché ogni progetto è differente, l'analisi dei rischi verrà effettuata con intensità e gradi differenti richiedendo un approccio sempre più agile e flessibile. Esistono delle pratiche comuni da adottare, ma è indispensabile che per ogni azienda, e spesso anche per ogni progetto, che venga svolto un adattamento in relazione alla natura e all'entità.

Il libro di riferimento che considereremo per le pratiche da adottare e seguire nella gestione del rischio di progetto sarà il PMBoK (PMI, 2017).

2.2.1 Rischi individuali e rischi globali

Il PMBoK classifica i rischi in due categorie:

- Rischi individuali di progetto: condizioni o eventi incerti, che se accadono hanno conseguenze positive o negative su uno o più obiettivi di progetto. Rispondono alla domanda: quali sono i rischi del progetto?
- Rischi globali di progetto: l'effetto dell'incertezza sul progetto nella sua interezza, a partire da tutte le fonti di incertezza possibili, includendo i rischi individuali, rappresentando l'esposizione degli stakeholders alle implicazioni delle variazioni nei risultati del progetto, sia positive che negative. Risponde alla domanda: quanto è rischioso il progetto?

Possiamo identificare perciò due livelli di rischio, uno inferiore relativo ai rischi individuali ed uno superiore relativo al rischio globale di progetto.

In generale il Project Manager è il responsabile delle singole fonti di incertezza sul progetto e si occupa di analizzare i rischi del progetto, mentre il Project Sponsor è il responsabile della rischiosità dell'intero progetto.

Il dualismo dei progetti sta nella differenziazione tra i "rischi di progetto" e il "rischio di progetto". Non si tratta solo di un formalismo semantico ma di due concetti che afferiscono a due differenti concezioni di rischio, che

nascono e impattano su livelli differenti di progetto e richiedono approcci totalmente differenti.

L'errore più grande che si possa effettuare è quello di focalizzarsi solamente sui rischi individuali e credere che facendo così implicitamente si stia lavorando anche sul rischio globale di progetto. Il rischio globale di progetto non è ottenuto dalla somma lineare dei rischi individuali, ma essendo un rischio a sé stante, è necessario effettuare le stesse analisi effettuate sui rischi individuali, ponendo la giusta attenzione ai contributi dei singoli rischi, alle loro interazioni oltre che alle altre cause esterne.

Gestire il rischio significa agire su entrambi i livelli. Il rischio globale di progetto è un concetto univoco: ogni progetto ha un unico livello di rischio globale, e questo varia al variare del tempo, in funzione di come vengono svolte le diverse fasi di progetto. Per approcciarsi al rischio globale di progetto al meglio è importante considerarlo a partire dalla fase di pianificazione, durante la quale vengono definiti lo scopo, la struttura e gli obiettivi del progetto. In questa fase lo sponsor definisce i benefici che vuole raggiungere e i limiti di tolleranza sulle deviazioni dagli obiettivi. In questa fase vengono coinvolti anche stakeholders e Project Manager.

2.2.2 Ruoli e responsabilità

Nel Project Team esistono molte figure differenti che agiscono su diversi livelli e modalità. Prima di analizzare questi ruoli nel contesto del PRM è importante dare delle definizioni perché spesso si crea confusione su tre figure principali:

- **Project Sponsor:** è una figura importante del progetto, si occupa di assicurare le risorse necessarie. Ha forte interesse nel progetto e ne è il referente presso la direzione aziendale, a cui risponde del suo successo o insuccesso. È la persona che determina l'avvio del progetto stesso. Può coincidere con il Project Owner o essere un rappresentante dell'azienda che ha l'autorità di prendere decisioni relative al progetto.
- **Project Owner:** colui che ha il pieno controllo sul progetto, è il responsabile della definizione degli obiettivi e della pianificazione e del soddisfacimento di questi nei tempi e costi prestabiliti. Può essere interno o esterno all'azienda.

- Project Manager: ha la responsabilità generale del progetto, della gestione del team e dei processi svolti.

All'interno del Project Team risulta indispensabile la figura del Project Risk Manager (PRM), responsabile dei processi di identificazione, valutazione e controllo delle minacce. Questa figura deve essere esperta e deve conoscere al meglio le tecniche consolidate del Project Risk Management, oltre che i processi interni alle fasi di progetto.

Il team di progetto racchiude diverse figure caratterizzate da diversi obiettivi e responsabilità. Il Project Risk Manager è la figura che si occupa di sviluppare una visione condivisa sul rischio: il Project Owner e il Project Manager, i quali hanno il ruolo decisionale, possono avere diverse attitudini che influenzeranno come i rischi verranno trattati.

In genere il Project Owner si focalizza sui rischi strategici mentre il Project Manager su quelli operativi. I rischi strategici riguardano gli effetti a lungo termine dovuti al progetto, mentre i rischi operativi sono i rischi correlati ai risultati diretti del progetto.

Il Project Risk Manager è il tramite tra queste due figure, esso garantisce una panoramica sui rischi e sulle opportunità di progetto nonché il loro piano di mitigazione facilitando i processi decisionali a livello direzionale. Il Project Risk Manager garantisce il rispetto dell'intero progetto facilitando la coordinazione e la comunicazione tra le diverse parti interessate.

Il Project Owner affianca il Project Risk Manager nella condivisione del rischio, fornendo informazioni tecniche e specifiche sui rischi e le opportunità, il Project Manager invece collabora con il Project Risk Manager definendo le migliori strategie nell'affrontare i rischi, avendo una conoscenza globale del processo stesso.

Il Project Risk Manager è affiancato dal Risk Owner, responsabile dei rischi, che ne subisce direttamente i danni e si occupa spesso di definire la strategia e i piani di azione. Il Risk Owner è "la persona responsabile del monitoraggio del rischio e della selezione e implementazione di un'appropriata strategia di risposta al rischio" (Williamson B., 2019; Williamson B., 2019). In base al progetto, questa figura può coincidere con il PRM. Accanto a queste figure troviamo il team di esperti nella gestione del rischio e delle tecniche, supportati in genere da un team di analisti: è il gruppo che si occupa della gestione del progetto ed è interessato principalmente al raggiungimento degli obiettivi prefissati rimanendo nel

budget e nel tempo stabilito (Turner J.R. e Müller R., 2004; Turner J.R. e Müller R., 2004).

il Project Management Office (PMO) supervisiona la gestione dei progetti all'interno di un'organizzazione. Le relazioni tra i soggetti del Project Management sono mostrate in Fig.2.

Infine, gli stakeholder sono gli individui o le organizzazioni che hanno interesse diretto o indiretto nel risultato o in alcuni deliverables del progetto. Sono influenzati e influenzano a loro volta il progetto.

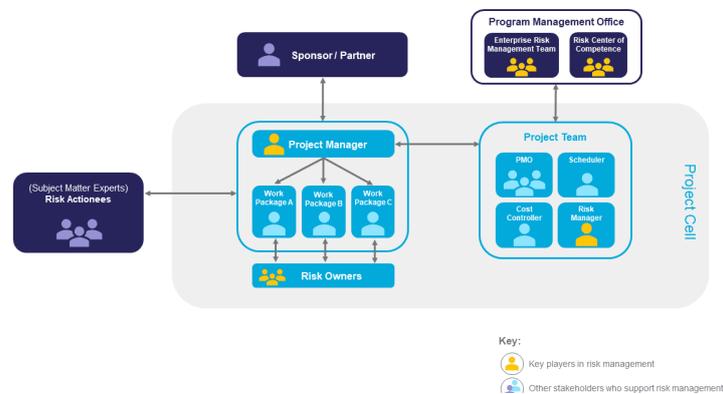


Figura 2.2 - Ruoli del PRM

2.3 Processo di Project Risk Management

Come definito in precedenza, il processo di PRM è un susseguirsi razionale di attività che ha l'obiettivo di gestire i rischi di progetto in modo che questi non abbiano un impatto negativo e potenzialmente irrecuperabile sugli obiettivi. La natura complessa e l'unicità dei progetti hanno portato a una grande varietà di diverse definizioni e approcci al processo di Risk Management. I processi di gestione del rischio e le tecniche di supporto sono stati ampiamente sviluppati e implementati sia nella letteratura che nella pratica. La moltitudine di metodi richiede strumenti che suggeriscano in quali circostanze ciascuno di essi debba essere adottato. Tuttavia, questi criteri di solito non tengono conto né dell'insieme completo delle caratteristiche uniche del progetto e del suo contesto né dell'atteggiamento di un'organizzazione nei confronti del rischio. Le Best Practices da adottare necessitano di un adattamento al progetto specifico, quindi alla sua complessità, al contesto, alla fase del progetto e al grado di maturità dell'azienda sul rischio (da Silva L.H.R. e Crispim J.A , 20014).

Dagli anni '90 sono presenti differenti studi in letteratura mirati alla definizione di un processo di Project Risk Management.

Molte pratiche hanno strutture molto simili caratterizzate principalmente da tre macro-fasi:

- comprendere le caratteristiche e gli obiettivi del progetto e pianificare lo sforzo di gestione del rischio decidendone il livello, l'ambito e lo scopo;
- identificare i rischi, le loro cause, gli effetti e come si relazionano tra loro; valutare le probabilità di accadimento e gli impatti, stabilendo le priorità; elaborare strategie di risposta al rischio e stabilendo, infine, piani di emergenza;
- realizzare delle risposte al rischio, tramite il monitoraggio e controllo; identificare e valutare nuovi rischi emergenti, comunicare i risultati del processo di gestione del rischio e registrare tutte le conoscenze.

Altri, come ad esempio il processo di gestione del rischio sviluppato dal Project Management Institute (PMI, 2017) , includono solo attività relative all'identificazione del rischio, all'analisi qualitativa e quantitativa e alla risposta non presentando fasi volte a chiarire gli obiettivi del progetto o formalizzare le conoscenze acquisite durante la gestione del rischio. (Cagliano A.C., Grimaldi S. e Rafele C. , 2014)

2.3.1 Fase del ciclo di vita del progetto

In ogni fase del ciclo di vita del progetto sono presenti differenti attività e obiettivi da raggiungere. In particolare, le fasi si differenziano tra loro per i diversi sforzi e impegni richiesti, le risorse e le informazioni possedute.

Le attività di gestione del rischio possono essere associate a ciascuna fase del ciclo di vita di un progetto (Chapman C. e Ward S, 2003).

L'identificazione delle fonti di incertezza avviene nella fase di pianificazione, la gestione dei rischi previsti e il monitoraggio dei cambiamenti nel profilo di rischio sono tipici della fase di esecuzione. Il grado di accuratezza delle informazioni è eterogeneo lungo il ciclo di vita del progetto. Inizialmente, il livello scarso di informazioni rende difficile valutare la probabilità di accadimento del rischio. Al contrario, nelle fasi successive, quando i rischi sono principalmente legati alle conseguenze delle decisioni prese nelle fasi precedenti del progetto o sono gli effetti di rischi già manifestati, le loro fonti, accadimento e impatti possono essere caratterizzati in modo più accurato grazie al maggior numero di informazioni disponibili.

In ogni fase di progetto è necessario tenere presente tutte queste considerazioni e adattare di conseguenza il processo di Project Risk Management. Inoltre, una visione orientata al ciclo di vita del progetto delle tecniche di gestione del rischio aiuta ad evitare la compartimentazione che si verifica quando ogni partecipante affronta i rischi con una prospettiva basata esclusivamente sui propri obiettivi, indipendentemente dalle altre parti del progetto e del ciclo di vita del progetto. (Cagliano A.C., Grimaldi S. e Rafele C. , 2014)

2.3.2 Grado di maturità dell'azienda

La maturità verso il rischio rappresenta la consapevolezza e la comprensione che la gestione del rischio è allo stesso livello delle attività operative, strategiche e gestionali. Non tutte le organizzazioni devono raggiungere il massimo livello di maturità dell'analisi del rischio, anche se i livelli più bassi dovrebbero essere presto abbandonati a favore di metodi che seguano principi riconosciuti e forniscano al management informazioni fruibili sul rischio del progetto che contribuiscano ad un buon processo decisionale.

I livelli più bassi di analisi del rischio possono essere implementati senza strumenti e formazione specializzati, sebbene esistano strumenti software

che possono aiutare l'applicazione, ad esempio, dell'analisi qualitativa del rischio (Hulett D. T, 2001). Una scarsa consapevolezza nei confronti del rischio spinge ad applicazioni occasionali di tecniche informali di gestione del rischio a progetti specifici. In questi casi i problemi vengono erroneamente affrontati dopo il loro verificarsi. Comprendere la rilevanza del rischio, invece, consente di gestire in modo proattivo l'incertezza. Il grado di maturità nei confronti del rischio di un'organizzazione dipende dalla sua cultura del rischio, stimolata dal contesto informativo disponibile e dalla tipologia e dimensione dell'organizzazione stessa.

In letteratura esistono diversi modelli per valutare la maturità del rischio. Uno dei primi modelli è stato definito da Hillson (Hillson D., 1997) che propone quattro stadi, associati a loro volta a quattro attributi: cultura, processo, esperienza e applicazione:

- ingenuo: un'organizzazione non sente la necessità di gestire il rischio e non utilizza approcci strutturati nella gestione dell'incertezza;
- novizio: definisce un'organizzazione che riconosce i vantaggi della gestione del rischio e sta implementando una qualche forma di governance del rischio, ma manca di un processo formalizzato per svolgere questo compito;
- normalizzato: è il grado di maturità caratterizzato da un processo di rischio formalizzato incluso nelle attività aziendali di routine i cui benefici, tuttavia, non sono costantemente raggiunti in ogni progetto;
- naturale: un'organizzazione completamente consapevole del rischio e che gestisce in modo proattivo opportunità e minacce attraverso informazioni coerenti sui rischi.

Partendo da questa base, da altre analisi effettuate in letteratura, e dalla descrizione del processo di Project Risk Management definito dalla ISO 31000, si è ulteriormente sviluppato un suo modello di maturità su 5 livelli, come mostrato in figura 1. (Proença D., Estevens J., Vieira R. e Borbinha J., 2017). I livelli, mostrati anche in Fig.3 sono:

- Livello 0: Risk Management non esistente;
- Livello 1: Risk Management Iniziale;
- Livello 2: Risk Management Gestito;
- Livello 3: Risk Management Definito;
- Livello 4: Risk Management Gestito Quantitativamente;
- Livello 5: Risk Management Ottimizzato.

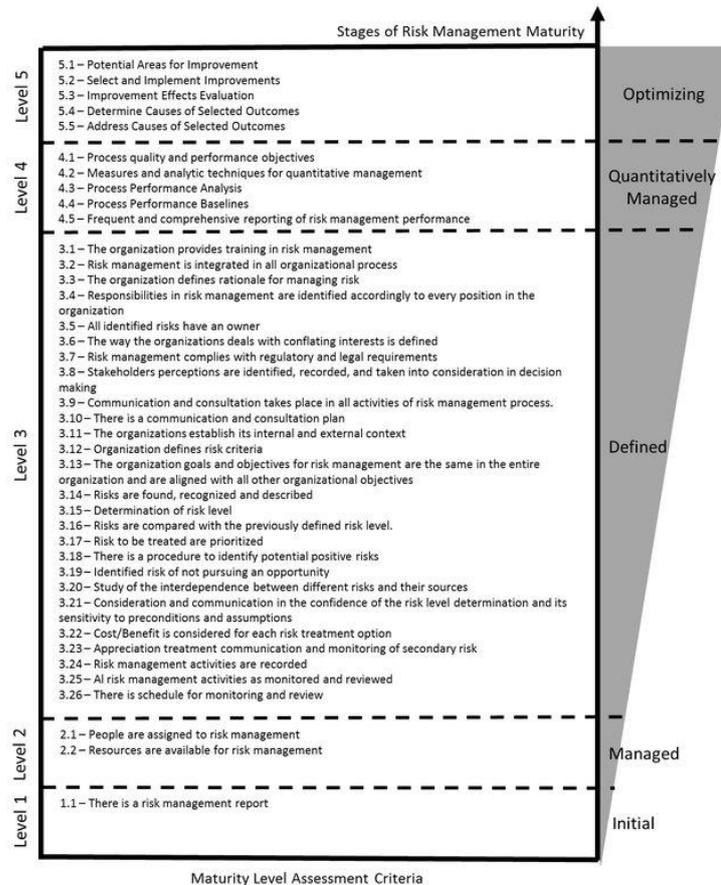


Figura 2.3 - Risk Management Maturity Model

Le organizzazioni possono passare da un livello all'altro, ma per fare ciò è indispensabile la consapevolezza del loro livello e devono soddisfare tutti i criteri del livello in cui si trovano. La consapevolezza serve non solo a definire i passi necessari a un possibile passaggio di livello, ma è utile per adattare in maniera corretta il processo di gestione dei rischi, definendo attività e tecniche in linea con il grado di maturità dei rischi dell'azienda.

Un elevato livello di consapevolezza dei rischi unitamente ad un'adeguata disponibilità di conoscenze consente di ottenere le informazioni oggettive che consentono la quantificazione del rischio. Sulla base di ciò, si può affermare che più un'organizzazione è matura nei confronti del rischio, più saranno le fasi del processo di gestione del rischio che implementerà. Le aziende con un basso grado di maturità eseguono solo l'identificazione del rischio o l'analisi qualitativa del rischio, mentre le organizzazioni con un

alto livello di maturità si occupano di tutte le fasi del processo di gestione del rischio.

2.3.3 Fasi del Project Risk Management

Si prende come riferimento il framework adottato dal PMI. Il PMBoK identifica 7 fasi principali nel processo di gestione del rischio:

- Pianificazione;
- Identificazione;
- Analisi qualitativa dei rischi;
- Analisi quantitativa dei rischi;
- Definizione del piano di risposta dei rischi;
- Implementazione delle risposte;
- Monitoraggio e controllo dei rischi.

2.3.3.1 Pianificazione

La pianificazione è la fase in cui si analizza il contesto del progetto, i suoi confini, gli obiettivi, le risorse, i vincoli e si definiscono le modalità di conduzione delle attività di gestione del rischio e le strategie. Ci si assicura che ci sia una coerenza tra l'impegno in termini di tempo e risorse e l'effettiva importanza del progetto a livello strategico, economico e di rischio intrinseco (il quale dipende dalla complessità, dal grado di innovazione, dal contesto e da tutte le caratteristiche che fungono da condizioni iniziali note). È molto importante coinvolgere gli stakeholders di progetto in modo da poter sfruttare a beneficio del progetto le loro conoscenze ed expertise e, inoltre, per allinearli da subito al processo di PRM.

Il piano finale, oltre che alla metodologia e strategia, contiene l'assegnazione dei ruoli e delle responsabilità, le tolleranze al rischio degli stakeholder, lo scheduling delle attività di Risk Management e definisce le categorie di rischio attraverso una Risk Breakdown Structure (RBS). La RBS è una rappresentazione gerarchica dei rischi di progetto identificati organizzata in categorie e sottocategorie che identificano le varie aree e cause dei rischi (PMI, 2009).

2.3.3.2 Identificazione

In questa fase l'obiettivo è creare una lista completa e dettagliata dei rischi (Registro dei Rischi o Risk Register) che possono interferire con il raggiungimento degli obiettivi del progetto. Il Risk Register non contiene solo i rischi individuati ma anche le loro caratteristiche, le aree di impatto, i responsabili e le azioni di mitigazione. Questa fase è effettuata analizzando i dati storici, se sono presenti progetti simili, facendo benchmarking, consultando il Project Manager, lo sponsor e gli stakeholders. In alcuni casi è presente un compilatore automatico che analizza, compara e pulisce il database dei rischi. Questa fase è molto importante poiché è la base delle fasi successive di gestione del rischio. È necessario quindi non solo analizzare i possibili rischi futuri ma definire anche i rischi emergenti e quelli residui. Infatti, i rischi individuati in un certo istante di tempo possono scostarsi molto da quelli individuati in un'altra fase del progetto, in base ai cambiamenti del contesto. Questa fase, perciò, deve essere aggiornata continuamente. Il Risk Register è un documento comprensivo di tutte le informazioni associate ad ogni rischio e per questo motivo è importante sottolineare che la compilazione a valle dell'identificazione sarà molto diversa da quella finale compilato e aggiornato a valle del monitoraggio e controllo.

2.3.3.3 Analisi qualitativa

È il processo in cui vengono prioritizzati i rischi. Per farlo si usano, nella maggior parte dei casi, criteri relativi alla probabilità di avvenimento e alle conseguenze dell'accadimento. In particolare, si studiano e analizzano i rischi individuali di progetto. Il metodo utilizzato più comunemente è quello della costruzione della matrice di probabilità/impatto, che associa diversi livelli di peso (solitamente sono: basso, medio alto), sia alla probabilità di accadimento dell'evento, che all'impatto di questo sugli obiettivi. Il problema principale di queste stime è dato dalla complessità di valutare in maniera oggettiva sia la quantificazione del danno, che il valore della probabilità di accadimento.

Considerando che non è possibile, o è molto difficile, comparare danni di natura differente, è necessario andare a valutare tre caratteristiche principali sulla base delle quali poi valutare l'entità del danno stesso:

- La natura
- L'estensione (severità e distribuzione)
- La tempistica (frequenza e distanza)

Nonostante queste considerazioni risulta comunque molto difficile valutare l'entità del danno in maniera oggettiva, poiché ognuno valuta la gravità di un evento in base alla propria percezione.

Il PMI presenta una serie di fattori che possono aiutare nello svolgimento dell'analisi qualitativa. Questi sono, in una piramide che va dal generale al particolare, un approccio concordato nella valutazione dei rischi, delle definizioni concordate riguardo i termini legati al rischio, la collezione di informazioni di alta qualità riguardo i rischi e l'iterazione dell'analisi qualitativa. (PMI, 2009)

Per quanto riguarda gli aspetti numerici si può dire che: la probabilità può riferirsi alla probabilità di un evento o di una conseguenza e può essere definita in vari modi (probabilità attesa, frequenza, in termini descrittivi) e anche essa è soggetta ad incertezza, mentre, la stima può variare in base al contesto, ai modelli di probabilità definiti, ai pregiudizi. (ISO 31010:2019)

2.3.3.4 Analisi quantitativa

L'obiettivo dell'analisi quantitativa è di valutare l'impatto del rischio sul progetto in termini di tempo, costo e qualità.

Si possono distinguere le analisi semi-quantitative e le analisi quantitative.

L'analisi semi quantitativa dei rischi fornisce un livello intermedio di valutazione tra quello descrittivo dall'analisi qualitativa e quello numerico dell'analisi quantitativa per mezzo di una stima a punteggio. Questa si svolge prima assegnando un indice alla probabilità ed uno all'impatto, poi moltiplicandoli tra loro; l'output di tale analisi è quindi un punteggio per ciascun rischio che ne identifica in maniera univoca la gravità rispetto ad un altro. L'analisi semi-quantitativa offre un approccio più consistente e rigoroso nella comparazione dei rischi rispetto all'analisi qualitativa ed evita alcune delle ambiguità che tale analisi può generare. Non necessita delle stesse abilità matematiche dell'analisi quantitativa né della stessa quantità di dati. Per questi motivi può essere applicata in caso mancassero dati puntuali. Tramite l'analisi qualitativa sono stati individuati i rischi sui quali è opportuno effettuare un approfondimento, tale approfondimento viene eseguito attraverso l'analisi quantitativa.

Si tratta di un processo che cerca di quantificare la conseguenza che un determinato evento avrebbe sul progetto, in modo da poterlo gestire nella maniera più opportuna.

Il PMBoK definisce l'analisi quantitativa come: "Il processo di quantificazione numerica dell'effetto combinato dei singoli rischi od altre sorgenti di incertezza sugli obiettivi di progetto".

In questo processo si utilizzano comunque i concetti di probabilità ed impatto ma essi sono stimati in maniera differente dall'analisi qualitativa, in particolare:

- La probabilità di accadimento è stimata utilizzando i dati storici;
- L'impatto è dato dall'effettiva perdita che si avrebbe se l'evento preso in considerazione si verificasse, tale perdita è misurata con un parametro relativo al progetto. (e.g. costo, tempo, qualità, ecc.).

I metodi statistici sono ampiamente utilizzati in questo tipo di analisi ed è necessaria la conoscenza delle distribuzioni di probabilità associate ai diversi fattori del modello. Sono utilizzate distribuzioni continue per rappresentare l'incertezza nelle componenti di durata delle attività o costo, e distribuzioni discrete per l'esito di un test o per un possibile scenario in un albero decisionale.

L'output di un'analisi quantitativa serve quindi per individuare le azioni di risposta al rischio più corrette ed essa dovrebbe essere ripetuta dopo la pianificazione delle stesse e insieme al monitoraggio, in modo da determinare se il rischio totale di progetto si sia sufficientemente abbassato.

Sono utilizzati differenti metodi e tecniche a supporto di questa analisi, come il metodo SWOT, l'analisi di sensibilità, l'albero delle decisioni e il metodo Monte Carlo.

2.3.3.5 Definizione piano risposta rischi

Sulla base delle analisi effettuate in precedenza e sulla propensione al rischio, vengono definiti dei piani di risposta che prevedono principalmente il perseguimento di una o più delle seguenti azioni:

- Avoid: nel caso in cui il livello di rischio del progetto è sfavorevole e al di fuori delle soglie definite per il progetto, evitare il rischio potrebbe essere la soluzione migliore. Evitare il rischio significa eliminare alla radice le fonti di incertezza che ne aumentano l'impatto. Svolgere azioni di questo tipo implica un grande sforzo in termini di costo e di tempo e vanno perseguite nel caso in cui "rischiare" di uscire dalle soglie definite avrebbe conseguenze irreparabili per il progetto o per l'impresa che lo sta svolgendo.

- **Exploit:** se il rischio di progetto è favorevole, significa che il rischio può avere un impatto positivo per il progetto, diventando un'opportunità e sfruttarlo sarà ideale. Si potrebbero aggiungere nuovi benefici per gli stakeholder chiave o aumentare le soglie per poter sfruttare l'opportunità sopraggiunta in toto.
- **Transfer/Share:** nel caso in cui il rischio di progetto è elevato ma non si hanno le risorse per gestirlo internamente può essere conveniente farlo gestire a terzi. La gestione del rischio si può svolgere tramite collaborazioni tra imprese oppure con semplici "premi" al delegato dal delegante.
- **Mitigate/Enhance:** mitigare il rischio di progetto sarà sensato nel momento in cui non c'è bisogno di evitare completamente il rischio né di sfruttarlo a proprio vantaggio. Si svolgono operazioni di mitigazione quando il rischio di progetto è vicino ad una soglia accettabile, andando a modificare le attività direttamente correlate a questo o a singoli rischi ad alta priorità. È la strategia maggiormente applicata nel PRM perché non implica modifiche allo scope di progetto né modifiche troppo stringenti alle attività già pianificate.
- **Accept:** Nel caso in cui nessuna delle precedenti alternative dovesse essere perseguibile, sia per motivi incontrollabili perché endogeni o perché il progetto ha un rischio associato molto basso si può accettare il rischio così com'è. Per far questo si potrà associare una Contingency Reserve all'intero progetto.

2.3.3.6 Implementazione

La fase di implementazione è direttamente collegata alla precedente. Consiste specificatamente al momento in cui, se ce ne dovesse essere bisogno, vengono implementati i piani di risposta ai rischi. Risulta molto importante il rispetto del piano e la comunicazione della decisione di implementazione di quest'ultimo. Nella fase successiva verranno valutati i risultati.

2.3.3.7 Monitoraggio e Controllo

Gli obiettivi primari della fase di monitoraggio e controllo sono: il tracciamento dei rischi identificati, il monitoraggio del rischio residuo, l'identificazione di nuovi rischi, l'assicurazione che le risposte ai rischi vengano eseguite nel momento giusto e la valutazione che queste siano efficaci lungo tutto il ciclo di vita del progetto.

Durante questa fase prende importanza l'aspetto comunicativo del PRM, i Risk Owner e gli altri responsabili devono essere sempre aggiornati che dei cambiamenti possono modificare le loro responsabilità. Questo vale sia nel caso un rischio non si dovesse presentare, con "l'eliminazione" della responsabilità sia nel caso in cui dovessero attivarsi dei rischi e si dovessero svolgere studi aggiuntivi per l'analisi degli impatti e degli eventi scatenanti.

Alla fine del processo di monitoraggio e controllo è consigliato valutare l'intero processo di PRM per identificare migliorie ed eliminare aspetti che si sono rilevati di poca efficacia, rimanendo sempre consci del fatto che ogni progetto è unico.

2.3.4 Un'ulteriore fase: gestione della conoscenza del rischio

Un'altra fase sta acquisendo importanza nella gestione del rischio, vale a dire il processo di gestione della conoscenza.

Al giorno d'oggi, creare, mantenere, trasferire e aumentare la conoscenza sono di fondamentale importanza per affrontare in modo efficiente la complessità dei progetti. Ciò è ancora più rilevante quando si affrontano i rischi a causa dell'elevata variabilità e delle scarse informazioni disponibili. (Cagliano A.C., Grimaldi S. e Rafele C. , 2014)

I progetti sono spesso creano disconnessioni informative, portando così a una comunicazione molto scarsa sul rischio, proprio come accade in molti altri campi e settori.

Al fine di supportare un'efficace gestione del rischio, il processo di gestione della conoscenza dovrebbe andare oltre la raccolta e la strutturazione delle informazioni. Questo processo dovrebbe orientare la scelta delle tecniche da applicare nei diversi contesti in funzione sia del progetto stesso che della maturità verso il rischio dell'impresa che lo realizza, che è a sua volta funzione della quantità di informazioni disponibili. Inoltre, è necessario che ci sia un continuo aggiornamento e studio sulla conoscenza del rischio.

2.3.5 Tecniche di Risk Assessment

Ogni processo di gestione del rischio richiede l'applicazione di specifici strumenti scelta dai Risk Team, in funzione di possibilità, bisogno, contesto e progetto. Sono state definite una grande varietà di tecniche e strumenti in letteratura. Il testo di riferimento che useremo nel definire le tecniche di risk assessment sarà l'IEC 31010 (International Standards Organization (ISO), 2019), come mostrato in figura 4.

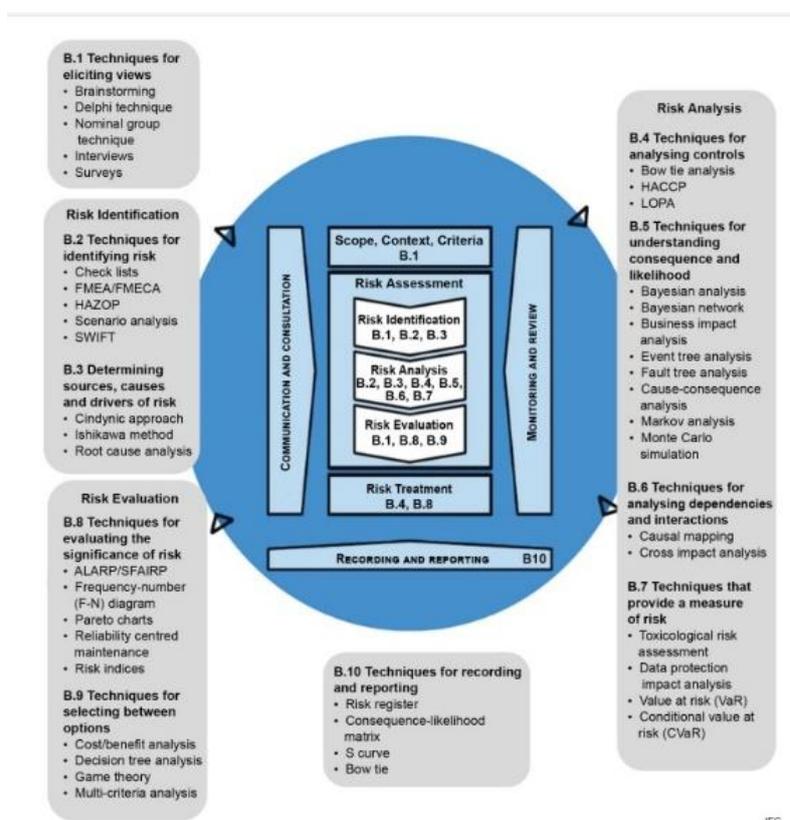


Figura 2.4 - Tecniche processo di Risk Management

In termini generali, le tecniche appropriate devono presentare le seguenti caratteristiche:

- devono essere giustificabili e adeguate alla situazione o all'organizzazione in esame;
- dovrebbero fornire risultati in una forma che aumenta la comprensione della natura del rischio e del suo trattamento;
- dovrebbero poter essere utilizzate in modo che siano tracciabili, ripetibili e verificabili.

Le ragioni per la scelta delle tecniche avvengono in funzione della loro pertinenza e idoneità. Questo vale perché, ad esempio, quando si integrano i risultati di diversi studi, le tecniche utilizzate e i risultati devono essere comparabili.

Le tecniche dovrebbero essere selezionate, basandosi su fattori quali:

- Gli obiettivi dello studio;
- L'importanza delle decisioni da prendere;
- Il tipo e la gamma dei rischi da analizzare;
- La potenziale grandezza delle conseguenze;
- Il livello di competenza, le risorse umane e le altre risorse necessarie;
- Dati e informazioni da ottenere;
- La necessità di modificare/aggiornare la valutazione dei rischi (alcune tecniche sono più modificabili di altre);
- Requisiti regolamentari e contrattuali.

Vari fattori influenzano la scelta di un approccio alla valutazione del rischio come la disponibilità di risorse, natura e grado di incertezza nei dati e nelle informazioni disponibili e la complessità dell'applicazione (International Standards Organization (ISO), 2019). Un criterio comunemente utilizzato si basa sulla natura delle informazioni disponibili. Le tecniche qualitative richiedono molte informazioni e presentano i risultati sotto forma di descrizioni e raccomandazioni, mentre le tecniche quantitative si basano su dati numerici e statistici e analizzano il verificarsi e gli effetti dei rischi. Nessuna tecnica di gestione del rischio si adatta ad ogni fase del processo di gestione del rischio, ma ciascuna dà i suoi migliori risultati se applicata a una o poche fasi. Il passaggio da una fase del ciclo di vita del progetto a un'altra implica la disponibilità di informazioni più dettagliate e quantitative, portando a un diverso grado di incertezza. Pertanto, il focus di qualsiasi analisi del rischio e delle tecniche di gestione del rischio adottate deve variare con le fasi del ciclo di vita del progetto. Ad esempio, nella fase iniziale di identificazione avremo meno informazioni rispetto che nelle fasi successive.

In base alla maturità dell'azienda le tecniche possono essere suddivise in tecniche di base, che non richiedono competenze particolari, (brainstorming), tecniche intermedie usate in aziende con una certa esperienza nella gestione del rischio, e tecniche più avanzate, come l'analisi Monte Carlo.

2.3.6 Incognite del sistema

Le discussioni relativamente recenti sul concetto fondamentale di "rischio" e altre questioni relative alla sua analisi hanno sottolineato e rafforzato questa comprensione comune che il risultato della valutazione del rischio è condizionato dalle conoscenze disponibili sul sistema e/o processo oggetto di analisi. Riconoscerlo porta ad accettare l'inevitabile esistenza di un rischio residuo legato alle incognite del sistema e/o delle caratteristiche e dei comportamenti del processo (Aven T., 2012).

Di conseguenza, gli eventi e gli scenari in un modello di valutazione del rischio sono stati classificati in base alle conoscenze disponibili al momento della valutazione (Flage R., Aven T., 2015):

1. Unknown-unknown: situazioni in cui non si è consapevoli di non sapere;
2. Unknown-known: situazioni in cui non si è consapevoli di ciò che si conosce;
3. Known-unknown: situazioni in cui si sa che si hanno delle lacune informative;
4. Known-known: conoscenze conosciute, si ha la consapevolezza di sapere.

Secondo Flage e Aven, gli eventi e gli scenari appartenenti a 1-2 e 4 sono dei "cigni neri", cioè eventi considerabili come outliers¹¹, quindi con irrisoria probabilità di accadimento con un impatto estremo, i quali si possono spiegare e comprendere dopo il loro accadimento, rendendoli prevedibili. La categoria known-unknown è rappresentativa dei rischi emergenti, cioè, rischi nuovi o rischi noti che, tuttavia, diventano evidenti in condizioni nuove o non familiari.

Da quanto sopra si può ritenere che la valutazione del rischio costituisca uno sforzo sistematico e strutturato per organizzare le conoscenze disponibili su eventi, processi e scenari che incidono su specifiche decisioni da prendere per la gestione del rischio. Per il processo decisionale, la valutazione del rischio deve fornire informazioni tracciabili per argomentare le decisioni; i risultati della valutazione del rischio devono essere comunicati in modo da consentire ai decisori di interpretarli correttamente per i loro scopi e di comprendere l'incertezza associata relativa alle conoscenze disponibili utilizzate per la valutazione.

¹¹ In statistica si intende come 'outlier' un'osservazione lontana dal grosso dei dati.

La valutazione del rischio fornisce il quadro per organizzare le conoscenze disponibili sul sistema di interesse, con l'obiettivo di comprendere come il sistema può fallire e dare priorità alle modalità di fallimento in modo che possano essere prese buone decisioni.

Quando viene eseguita una valutazione dei rischi per fornire una serie di informazioni, ci deve essere un modo per dire che è stata eseguita con tecniche adeguate e conoscenze sufficienti. Il controllo della qualità di una valutazione del rischio è essenziale, poiché l'opposizione a una particolare decisione spesso è legata ad un giudizio sulla validità della valutazione del rischio, più che sul valore o significato. (Apostolakis G.E , 2004).

2.3.7 L'assessment nelle fasi del progetto

Durante il ciclo di vita del progetto e in ogni fase del processo di gestione del rischio, la natura e la quantità delle informazioni disponibili determinano quali tecniche dovrebbero essere applicate. Nel fare questa analisi ci si baserà principalmente sull'articolo "Choosing project risk management techniques: a theoretical framework" (Cagliano A.C., Grimaldi S. e Rafele C. , 2014)

Nella fase iniziale di identificazione non sempre sono disponibili tutte le informazioni necessarie per un'analisi completa del rischio. Tale situazione richiede la costruzione di un quadro sistematico per ottenere giudizi soggettivi dagli esperti in modo chiaro e diretto. Le tecniche usate principalmente in questa fase avranno l'obiettivo di acquisire informazioni. Si utilizzano interviste, il brainstorming, la tecnica Delphi e il giudizio di esperti. A valle dello svolgimento di una o più tecniche citate sarà possibile effettuare anche un'analisi dei punti di forza e di debolezza del progetto. L'analisi SWOT¹² si può considerare la tecnica che si usa a completamento della fase di identificazione. Nel caso di progetti ripetitivi, la maggiore disponibilità di informazioni consente l'utilizzo di tabelle dettagliate come la Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) che consente di definire probabilità di accadimento e impatti economici e/o temporali per ogni evento alternativo. In questa situazione, si potrebbe passare a un'analisi quantitativa dei rischi attraverso l'uso di tabelle FMECA (Failure Mode and Effects Criticality Analysis), alberi decisionali e la Event Tree Analysis

¹² Strengths-Weaknesses-Opportunities-Threats

(ETA). In ogni caso, la quantità e il tipo di informazioni presenti in questa fase consentono una buona identificazione del rischio ma difficilmente riescono a soddisfare i requisiti della fase di valutazione/analisi.

I modi e i mezzi per raggiungere gli obiettivi del progetto diventano più chiari successivamente. Infatti, l'aumento delle informazioni disponibili, consente una più approfondita indagine dei rischi che avverrà quando il progetto sarà in fase esecutiva.

Ci si concentra sulla classificazione e prioritizzazione dei rischi individuati nella fase precedente, utilizzando strumenti che si affidano a informazioni qualitative ma anche quantitative. In base alla maturità dell'azienda si possono usare tecniche più o meno sofisticate andando ad analizzare non solo i rischi individualmente ma valutando anche le loro relazioni e interdipendenze (Analisi Bayesiana, Analisi di Markov etc.).

La fase finale è quella di monitoraggio ma anche di report e record dei rischi.

Nei prossimi paragrafi, verranno presentate singolarmente alcune tecniche di valutazione del rischio.

2.3.8 Tecniche di Valutazione del rischio

La valutazione dei rischi avviene successivamente all'identificazione ed ha l'obiettivo di fornire informazioni sugli specifici rischi, in modo da poterli classificare, prioritizzarli e aiutare nelle decisioni di gestione/mitigazione. Le fasi successive all'identificazione sono: l'analisi qualitativa, l'analisi semi-quantitativa e l'analisi quantitativa. Prima di presentare alcune delle tecniche usate in queste fasi bisogna soffermarci sul rischio dal punto di vista analitico. Il rischio viene sempre definito in funzione della probabilità di accadimento e della magnitudo o impatto relativi ad esso.

La norma ISO 31000 definisce la probabilità di accadimento del rischio come: la parola "probabilità" è usata per fare riferimento alla possibilità che qualcosa accada, che sia definito, misurato o determinato oggettivamente o soggettivamente, qualitativamente o quantitativamente e descritta usando termini generali o matematici.

Per quanto riguarda l'impatto, che la norma definisce "conseguenza", viene definito come "risultato di un evento che impatta sugli obiettivi" alla quale si aggiunge il concetto che una conseguenza può essere certa o incerta, può avere un effetto negativo o positivo il quale può essere diretto o indiretto sugli obiettivi. (ISO, 2018)

2.3.8.1 Analisi qualitativa

Nella fase di analisi qualitativa si svolgono principalmente l'analisi di diverse caratteristiche:

- Gravità del danno;
- Probabilità che tale danno si verifichi, che è funzione di: esposizione al pericolo; accadimento di un evento pericoloso; possibilità tecniche ed umane per limitare o evitare il danno.

Considerando la grande difficoltà nel comparare danni di natura differente, è necessario valutare tre caratteristiche principali sulla base delle quali risulterà più semplice identificare il danno associato alla realizzazione dell'evento rischioso:

- La natura;
- L'estensione (severità e distribuzione);
- La tempistica (frequenza e distanza).

2.3.8.1.1 Failure modes, effects and criticality analysis (FMECA)

Questa metodologia consente di analizzare sistemi complessi e processi scomponendoli in elementi più semplici. Per ogni elemento semplice l'obiettivo è analizzare come può fallire, le cause e gli effetti. Si definiscono:

- Componenti e sistemi impiegati;
- Modi di guasto dei componenti e sistemi;
- Effetti dei diversi modi di guasto;
- Classificazione che dà una valutazione dei guasti in base alla criticità.

L'output di questa analisi è una matrice le cui dimensioni sono la probabilità di impatto e le conseguenze.

2.3.8.1.2 Hazard and operability (HAZOP)

Analogamente alla FMECA, la tecnica HAZOP consente di evidenziare come un sistema potrebbe non rispettare il comportamento previsto. L'analisi viene svolta da un team di esperti, caratterizzati da diverse abilità. Il successo dell'applicazione è molto legato alle conoscenze tecniche

possedute dal team e dall'accuratezza dei dati. I termini caratteristici di questa analisi sono:

- I nodi, cioè i parametri di processo fondamentali per capire eventuali malfunzionamenti;
- Intenzioni, cioè finalità teoriche che dovrebbe perseguire il sistema;
- Deviazioni, variazioni dai parametri caratteristici;
- Cause, ciò che induce gli scostamenti;
- Conseguenze, effetti delle deviazioni;
- Parole guida, termini usati per evidenziare le situazioni in modo efficace.

2.3.8.2 Analisi semi quantitativa

L'analisi semi quantitativa è uno strumento ibrido tra i metodi qualitativi e quantitativi. In genere l'output è composto da grafici che contengono all'interno matrici o sistemi di punteggio per gli elementi di rischio.

Lo standard MIL-STD-882c (Department of Defense, 1993) individua un insieme di requisiti per la realizzazione di un programma di sicurezza (System Safety Program) con l'obiettivo di fornire specifiche progettuali e strumenti di controllo operativo, in grado di eliminare i pericoli individuati o, comunque, ridurre il rischio a livelli accettabili. La norma propone anche una metodologia semi-quantitativa per l'identificazione e la valutazione dei pericoli associati ad un generico sistema. Ad oggi, è lo schema maggiormente utilizzato, anche in forme "personalizzate" dall'utilizzatore, in cui vengono di volta in volta modificate le scale di probabilità e gravità. Gli output di questa metodologia sono:

- la matrice di rischio (Hazard Assessment Matrix),
- e un indice di rischio (Hazard Risk Index o HRI) attraverso il quale è possibile individuare le condizioni di maggior criticità per dare priorità agli interventi correttivi.

2.3.8.3 Analisi quantitativa

I metodi statistici sono ampiamente utilizzati in questo tipo di analisi ed è necessaria la conoscenza delle distribuzioni di probabilità associate ai diversi fattori del modello. Sono utilizzate distribuzioni continue per rappresentare l'incertezza nelle componenti di durata o costo e distribuzioni discrete per l'esito di un test o per un possibile scenario in un albero decisionale.

L'output di un'analisi quantitativa serve quindi per aiutare l'individuazione delle azioni di risposta al rischio più corrette. L'analisi dovrebbe essere ripetuta dopo la pianificazione delle stesse e insieme al monitoraggio, in modo da determinare se il rischio totale di progetto si sia sufficientemente abbassato.

Sono utilizzate differenti metodi e tecniche a supporto di questa analisi, come il metodo SWOT, l'analisi di sensibilità, l'albero delle decisioni e il metodo Monte Carlo.

2.3.8.3.1 Metodo SWOT

L'analisi SWOT è uno strumento di pianificazione strategica semplice ed efficace che serve ad evidenziare le caratteristiche di un progetto, di un programma, di un'organizzazione e le conseguenti relazioni con l'ambiente operativo nel quale si colloca, offrendo un quadro di riferimento per la definizione di orientamenti strategici finalizzati al raggiungimento di un obiettivo.

L'analisi SWOT consente di ragionare rispetto all'obiettivo che si vuole raggiungere tenendo simultaneamente conto delle variabili sia interne che esterne. Le variabili interne sono quelle che fanno parte del sistema e sulle quali è possibile intervenire; quelle esterne invece, non dipendendo dall'organizzazione, possono solo essere tenute sotto controllo, in modo di sfruttare i fattori positivi e limitare i fattori che invece rischiano di compromettere il raggiungimento degli obiettivi prefissati.

La SWOT Analysis si costruisce tramite una matrice divisa in quattro campi nei quali si hanno:

- I punti di forza (Strengths);
- I punti di debolezza (Weaknesses);
- Le opportunità (Opportunities);
- Le minacce (Threats).

La buona riuscita dell'analisi dipende dalla capacità di individuare in modo approfondito tutti i fattori coinvolti e dalla possibilità di realizzare un'efficace lettura incrociata.

Fondamentale, inoltre, per questo tipo di analisi è circoscrivere l'oggetto e avere ben chiaro il proprio obiettivo, altrimenti l'analisi risulterà generica e di conseguenza inefficace.

2.3.8.3.2 Analisi dell'albero dei guasti

L'albero dei guasti è una metodologia, usata nello studio dei sistemi, che consente di evidenziare, in modo quantitativo, i rapporti esistenti tra gli eventi, a partire dagli eventi scatenanti fino ad arrivare a quelli intermedi.

Lo studio prende avvio dall'individuazione dell'evento accidentale (top event), e livello dopo livello secondo un approccio top-down, si attraversano gli eventi intermedi fino ad arrivare a quelli base. In questa analisi si può intervenire con gli strumenti di calcolo per individuare la soluzione a tutto il problema, valutando la probabilità di accadimento del top event a partire da parametri probabilistici associati ai singoli eventi della catena (International Standards Organization (ISO), 2019).

2.3.8.3.3 Analisi Monte Carlo

L'analisi Monte Carlo è un metodo basato su procedimenti probabilistici che prevede la simulazione probabilistica di fenomeni fisici attraverso la generazione di valori casuali da una nota distribuzione di probabilità. È utilizzato per stimare risultati di eventi incerti, su problemi che non potrebbero essere risolti per via analitica. A differenza di un normale modello di previsione la simulazione Monte Carlo prevede una serie di risultati sulla base di un intervallo di valori stimato invece che su input fissi. Crea un modello di possibili risultati sfruttando una distribuzione di probabilità come una distribuzione normale o uniforme, per qualsiasi variabile che abbia un'incertezza intrinseca. Si calcolano i risultati in modo iterativo cambiando ogni volta la serie di numeri casuali compresi tra il minimo e il massimo. Nell'utilizzo di questo metodo è richiesto un elevato numero di input per avere una maggiore precisione.

Il più grande limite di questo tipo di analisi è tuttavia la bontà del modello utilizzato: un modello non corretto o non sufficientemente dettagliato conduce ad esiti dell'analisi fallaci ed essi possono portare a decisioni che mettono a repentaglio l'intero progetto.

3 Processo di Identificazione

Nel presente capitolo verrà analizzata nello specifico l'identificazione dei rischi. In un primo momento si cercherà di definirla in maniera puntuale da un punto di vista letterario, mentre, successivamente verranno presentati gli strumenti più utilizzati e più utili per lo svolgimento del suddetto processo. Infine, verrà presentato il processo di identificazione nel caso di Italferr, impresa pubblica di ingegneria di proprietà di Ferrovie dello Stato Italiane (FS).

3.1 Descrizione dettagliata del processo di identificazione

Per la descrizione dettagliata del processo di identificazione si farà principalmente riferimento alla 6 ed. del PMBoK (PMI, 2017) e alla Practice Standard for Project Risk Management, entrambi testi del PMI. (PMI, 2009)

Il primo processo all'interno di quello iterativo di PRM da svolgere dopo la progettazione della gestione del rischio è l'identificazione. L'obiettivo ultimo dell'identificazione è di trovare e classificare tutti i rischi che possono impattare negativamente o positivamente gli obiettivi di progetto.

Nel primo ciclo del processo di PRM è impossibile identificare tutti i rischi soprattutto per la mancanza di informazioni complete sul progetto. Nei cicli successivi, quando il progetto sarà in fase esecutiva il contesto sarà cambiato, nuovi rischi saranno identificabili e nuove informazioni saranno disponibili per una rianalisi di quelli precedentemente identificati.

3.1.1 L'identificazione e fattori critici di successo

Per l'ottimale svolgimento dell'identificazione si potrebbe riassumere che l'unico input veramente utile sono le informazioni, quindi, l'analisi di contesto del progetto.

L'identificazione deve essere svolta già nella fase di iniziazione del progetto a monte dell'approvazione dello stesso per poi continuare lungo tutta il ciclo di vita del progetto fino alla chiusura. L'identificazione non è una scienza esatta e per questo deve essere un processo continuativo durante il progetto, specialmente nel momento in cui si raggiungono fasi in cui si presentano nuovi attori o cambiamenti di scenario, i quali possono presentare nuove esperienze e punti di vista all'identificazione dei rischi. In generale, l'obiettivo del Project Manager e del Risk Manager è di mantenere il controllo dei rischi più significativi. Per assicurarsi ciò il controllo dovrà estendersi a tutto il processo di gestione dei rischi tramite un'ottima documentazione associata allo svolgimento in maniera efficace e

consistente delle attività. Nel caso in cui mancasse il controllo allora i motivi devono essere noti e dovrebbero essere presenti dei piani per gestirli.

Un'identificazione efficace deve:

- Essere sistematica, rigorosa e documentata. C'è bisogno di un metodologia che sia funzionale e facilmente comprensibile e comunicabile a tutti gli stakeholders e sponsor di progetto.
- Assicurarsi che il team di progetto sia conscio dei rischi più importanti in qualsiasi momento. Per fare ciò bisognerà includere elementi che mantengano elevata la comprensione dei rischi, come dei KPI¹³.
- Identificare i rischi su tutti i livelli del progetto. I rischi non sono solamente associati alle attività da svolgere.
- Identificare anche i rischi "positivi". Le opportunità devono essere note al PM e al RM in modo che se possibile e conveniente possano essere perseguite per beneficiarne.
- Identificare anche i rischi che possono minare il raggiungimento degli obiettivi di business. Ogni progetto, solitamente fa parte di un portafoglio e/o programma dell'impresa che lo sta svolgendo. Un rischio potrebbe non solo rendere più complicato il raggiungimento degli obiettivi di progetto ma essere pericolo per l'impresa nella sua interezza. (Goncalves M., Heda R., 2014)

Per lo svolgimento del processo sono molto importanti le documentazioni disponibili, dato che, senza informazioni puntuali sul progetto sarebbe impossibile identificare rischi coerenti. Si citano:

- tutti i piani di progetto (piano dei tempi, piano dei costi, piano della qualità, piano degli approvvigionamenti, ecc...);
- Work Breakdown Structure (WBS), cioè la decomposizione gerarchica di tutto il lavoro che deve essere svolto dal team di progetto per raggiungere gli obiettivi e creare i deliverables;
- Issue log: documento in cui sono riportate tutte le issue, cioè quei rischi già avvenuti che hanno già impattato il progetto;
- Stakeholder register: registro nel quale sono riportati tutte le informazioni relative agli stakeholder di progetto come il ruolo nel progetto, la tipologia/categoria, il livello di interesse e potere nel

¹³ Key Performance Indicator. Sono degli indici quantificabili e critici che associano una valutazione numerica all'andamento di un determinato processo. A questi vengono associate soglie da rispettare o non superare.

progetto, ecc... Può essere utile per l'identificazione dei responsabili dei rischi.

- Registro delle lesson learned, il quale è utile soprattutto durante l'esecuzione del progetto e nelle fasi finali, perché viene compilato con le informazioni note a valle dell'accadimento di rischi precedentemente identificati e già avvenuti.

3.2 Strumenti per l'identificazione

Il processo di identificazione viene svolto per trovare tutti i rischi associati ad un progetto. Questo, viene ripetuto in maniera ciclica e ogni volta è svolto con un bagaglio informativo ampliato in funzione delle attività svolte nella finestra temporale passata tra le due iterazioni. In letteratura non esiste una visione unica su quali siano gli strumenti da usare, in realtà non vengono praticamente mai citati strumenti specifici utili alla ricerca di rischi. In generale, viene consigliato di svolgere riunioni documentando tutte le informazioni disponibili e tutte le idee su possibili scenari di rischio trovate dai vari partecipanti, che saranno solitamente gli stakeholder principali.

Risulta conseguenziale presumere che ogni impresa che svolge il PRM abbia un proprio processo di identificazione e che utilizzi le tecniche più adatte al proprio contesto e ai progetti nei quali partecipa.

Successivamente verrà presentato il processo di identificazione in Italferr ma prima, si analizzerà come il PMBoK (PMI, 2017) consiglia di svolgere l'identificazione in termini di strumenti e tecniche.

3.2.1 Raccolta dei dati

Come già anticipato, i dati, ovvero le informazioni sono di cruciale importanza nella fase di identificazione. Di seguito sono elencate diverse tecniche per la raccolta dei dati:

- Checklist: le checklist sono liste di azioni, aspetti o rischi da dover considerare. Queste se utilizzate devono essere presenti prima della fase di identificazione essendo compilate con una serie di informazioni storiche provenienti da progetti finiti che abbiano similitudini con quello in essere. Possono considerarsi come liste di lesson learned di vecchi progetti, nelle quali saranno presenti i rischi più impattanti e le vulnerabilità più pericolose di vecchi progetti. Il

problema delle checklist risiede nell'impossibilità di averne tali che siano complete; quindi, sarà importante ricordare che non renderanno con certezza l'identificazione più veloce o più semplice.

- Interviste: le interviste possono essere utili per raccogliere le opinioni di stakeholder o partecipanti al progetto molto esperti. In alcuni casi potrà essere consigliato intervistare esperti esterni. La debolezza delle interviste risiede nella possibilità di raccogliere opinioni influenzate troppo dall'opinione soggettiva dell'intervistato, o ancora peggio nell'intervistare persone che non aiutino in nessun modo l'identificazione, in entrambi i casi risultando come perdite di tempo.

3.2.2 Analisi dei dati

Vengono ora presentate tecniche di analisi dei dati raccolti in precedenza:

- Root cause analysis: si utilizza principalmente per cercare le cause o fonti che sono alla base di un evento che abbia impatti negativi. Partendo da un problema specifico si cerca di individuare quale sia la minaccia che potrebbe avere come risultato la presenza del problema di partenza. Questa stessa tecnica si può usare anche nel caso delle opportunità.
- Analisi delle assunzioni e dei vincoli: Dato che ogni progetto si basa su una serie di assunzioni e vincoli generalmente considerati come veri a priori, svolgere un'ulteriore analisi cercando di confermarne la validità può essere utile per capire quali tra questi metta il progetto a rischio. Le minacce potrebbero essere conseguenza dell'inaccuratezza o incompletezza delle assunzioni mentre i vincoli se alleggeriti potrebbero comportare la nascita di nuove opportunità.
- Analisi SWOT: è la tecnica prende in esame punti di forza, debolezza, opportunità e minacce. È una delle tecniche più utilizzate nella gestione aziendale e risulta sempre molto utile per rafforzare la visione d'insieme del progetto e dei rischi associati. Scoprire punti di forza o opportunità nascoste possono beneficiare il progetto, così come identificare nuove minacce o punti di debolezza può aiutare il team di rischio a riconsiderare le analisi svolte.
- Analisi dei documenti: controllare di documenti di progetto, per quanto possa essere faticoso, può essere utile nell'identificazione dei rischi. Una documentazione incompleta, all'interno della quale si trovino incertezze o ambiguità può generare dei rischi aggiuntivi,

in alcuni casi nascosti, che possono minare il raggiungimento degli obiettivi di progetto.

3.3 Tecniche di identificazione di gruppo

Per valutare le tecniche di identificazione dei rischi svolte da gruppi di lavoro è importante comprendere le problematiche che potrebbero influenzare il gruppo nel raggiungere efficacemente i propri obiettivi (Chapman R. J., 1998).

Esistono diversi aspetti che influenzano le identificazioni di gruppo. Tra questi ci sono i vincoli propri del contesto che non possono essere modificati se non nel medio-lungo periodo. Questo è più esteso rispetto all'identificazione che, come singolo step, può durare dalle poche ore a un massimo di qualche giorno. Successivamente vanno considerati i fattori che caratterizzano il gruppo e che hanno valenza nel breve periodo, per questo motivo possono essere gestiti e modificati. Questi due insiemi di vincoli, combinandosi, hanno un effetto sui risultati della specifica tecnica utilizzata.

Tra i vincoli di contesto si evidenziano:

- le caratteristiche del gruppo, quindi la dimensione, gli obiettivi dei singoli individui e le loro caratteristiche;
- i compiti da svolgere, intendendone la natura, la chiarezza e la rilevanza;
- l'ambiente, quindi gli aspetti normativi e burocratici ma anche la posizione geografica e le varie relazioni interne al gruppo di lavoro.

Tra i fattori che possono essere gestiti nel breve periodo si trovano:

- lo stile di leadership, il quale dovrà variare in funzione del gruppo da controllare;
- processi e/o procedure che dovranno essere svolti comunque all'interno del lavoro di gruppo, si può però decidere chi svolgerà quali e perché;
- la motivazione, che sarà elevata se le attività da svolgere saranno abbastanza importanti per i singoli individui.

3.3.1 Brainstorming

Tra le tecniche di identificazione dei rischi si cita il brainstorming. Questa tecnica, proveniente dalla gestione aziendale prevede un processo che si evolve nei seguenti passaggi: ridefinizione del problema, generazione di idee, ricerca di possibili soluzioni e sviluppo delle soluzioni selezionate.

Secondo Osborn, che sviluppò il metodo negli anni '50 del '900, il brainstorming risulta efficace grazie a due aspetti. Innanzitutto, ragionare in gruppo è più produttivo che farlo singolarmente, poi nel lavoro di gruppo si generano *reinforcement* quando un'idea o una posizione viene immediatamente rafforzata dalle opinioni in accordo di altri partecipanti. (Osborn Alex F., 1953)

Osborn identificò anche quattro regole da seguire quando si effettua brainstorming:

- Le critiche sono escluse;
- Incoraggiamento del “*free-wheeling*”¹⁴;
- Bisogno di quantità, più idee ci sono più è probabile che almeno una sia utile;
- Combinazioni e miglioramento, approccio per cui si deve cercare di trovare idee sulla base di quelle già precedentemente esposte.

Per svolgere la tecnica è consigliato che il gruppo sia composto da una decina di persone eterogenee, quindi, con differenti punti di vista sul progetto. Il risultato dell'identificazione è influenzato dalla composizione del gruppo di lavoro in termini di personalità dominanti, forti differenze di status sociale e lavorativo, o minaccia di “sanzioni” tra membri. Anche se la prima regola di Osborn sottolinea che le critiche sono escluse, non è facile creare e moderare un ambiente in cui le critiche alle idee altrui vengano realmente escluse e/o posticipate. Criticare un'idea può farla perdere e consequenzialmente scoraggiare l'autore a proporle altre o comunque a partecipare al massimo delle sue possibilità.

Lo svolgimento del brainstorming deve essere completamente slegato dalle attività che i singoli partecipanti svolgono quotidianamente. Per questo motivo, le sessioni di brainstorming devono avere un titolo, un luogo e un orario ben definiti.

¹⁴ Letteralmente “ruota libera”, si intende la possibilità di presentare pensieri o idee senza limiti né vincoli.

Si può certamente affermare che il brainstorming è molto più complicato di quanto sembri. Non è una semplice chiacchierata, dalla quale cercare di trovare qualche idea interessante, o nel caso in analisi, rischi realmente esistenti. Vi partecipano tante persone, che devono rispettare una serie di regole e che soprattutto devono trovare del tempo da dedicare alla sessione. In alcuni casi potrebbero trovarsi in situazioni in cui vi è grande urgenza, la quale avrà un impatto negativo sullo svolgimento dell'identificazione, perché, probabilmente le figure dominanti caratterialmente o in termini di potere decideranno da sole il da farsi.

Concludendo, la tecnica di brainstorming può essere utile all'identificazione dei rischi nelle fasi iniziali di un progetto poco noto a diversi componenti del team, se si ha disponibilità di tempo e denaro tali da coprire sessioni che non raggiungono i risultati sperati.

3.3.2 Nominal Group Technique (NGT)

La NGT è una tecnica che venne sviluppata da Delbecq nel 1968. Il metodo si svolge nel modo seguente. Ogni componente di un gruppo di 7-10 persone scrive su un foglio le idee relative al problema in analisi, (nel caso specifico i rischi identificati). Dopo una decina di minuti ogni componente presenta a turno una delle idee/rischi a tutto il gruppo e, dopo una breve discussione, vengono documentati su una lavagna visibile a tutti. Il processo continua finché ogni membro non ha terminato tutte le idee/rischi. Infine, ogni componente del gruppo scrive la propria valutazione dei rischi più gravi/importanti ordinandoli. Come ultimo step vengono aggregate le valutazioni in modo da trovare la decisione del gruppo. (Delbecq A. L., 1968)

Le caratteristiche del processo della NGT pongono grande importanza sulle decisioni dei singoli partecipanti, superando le problematiche del brainstorming, tecnica che, come detto, può mettere in difficoltà alcuni partecipanti. Gli studi di Bouchard mostrano come la NGT abbia un numero medio di idee uniche, una media di idee totali presentate e una qualità delle idee tali da renderla una tecnica altamente produttiva. (Bouchard T. J. Jr., 1970)

Ciò che rende l'NGT così produttiva è, controintuitivamente, la mancanza di comunicazione. Dato che i rischi vengono scritti, presentati e poi ordinati con un processo preciso, il gruppo riuscirà più facilmente a rimanere "in tema". Sarà più raro che si creino contrasti ideologici, mentre è più probabile che il contrasto possa essere legato all'oggettivo problema in

considerazione. L'NGT depersonalizza i ragionamenti dei partecipanti portandoli a mantenere alta la razionalità e l'imparzialità nelle opinioni.

Come il Brainstorming, organizzare una sessione di NGT non è facile, come è tutt'altro che semplice trovare un gruppo eterogeneo ma che, allo stesso tempo, abbia un'elevata conoscenza del progetto, del Risk Management e delle possibilità dell'organizzazione. Il moderatore è molto importante, in quanto deve assicurarsi che la procedura venga rispettata passo dopo passo e variazioni o perdite di tempo non sono ammesse. Un moderatore con poca leadership può compromettere il riuscimento della Nominal Group Technique. Concludendo, per assicurarsi che la NGT possa funzionare servirà un ambiente "asettico", privo di distrazioni e che sia diverso dal normale ambiente di lavoro. Rispettando questa serie di vincoli, l'NGT può essere utilizzata, sicuramente a favore del Brainstorming.

3.3.3 Tecnica Delphi

La tecnica Delphi, messa a punto dalla RAND Corporation negli anni '50 del '900, è un metodo per la collezione sistematica di giudizi provenienti da individui anonimi riguardo un particolare tema o problema. Per lo svolgimento della tecnica è consigliato l'utilizzo di tre gruppi separati di individui:

- Decisori: coloro che aspettano il risultato della tecnica, in modo da usarlo per i loro scopi. Nel nostro caso il PM il RM e lo Sponsor di Progetto;
- Staff: gruppo che definisce il primo e tutti i successivi questionari;
- Rispondenti: coloro che dovranno compilare i questionari.

La tecnica Delphi segue una struttura per cui ad un gruppo di individui anonimi viene posta una serie di domande alle quali rispondere associando un numero (solitamente da 1 a 5); successivamente viene presentato al gruppo il risultato aggregato tramite il quale i singoli individui possono decidere se modificare la propria risposta o mantenere quella precedentemente data. Questo processo viene ripetuto finché non si raggiunge l'iterazione conclusiva predeterminata. (Megan M. Grime, George Wright, 2016)

I partecipanti ricevono le domande individualmente, contattati direttamente sul proprio device. L'eliminazione del contatto sociale diretto, la fornitura dei feedback e la possibilità di rivedere le proprie posizioni sono i principi del metodo. Per quanto riguarda il feedback, i vari partecipanti lo

ricevono in maniera tale che sia slegato dalla propria risposta, pertanto, loro rinviano la propria opinione senza svolgere un'analisi comparata delle differenze tra la loro prima stima e il risultato della stima di gruppo.

La tecnica Delphi non pone limiti al numero di partecipanti, solitamente si cerca di dimensionare il gruppo per rendere il risultato del lavoro statisticamente consistente. I membri sono anonimi, non hanno pressioni sociali o date dalla presenza di personalità forti, come nelle tecniche di cui sopra. Rispondere in solitudine e nell'anonimato rende molto più probabile una risposta totalmente sincera e razionalmente improntata verso l'obiettivo della tecnica.

I punti di forza possono essere considerati anche come punti di debolezza. La mancanza di rapporti sociali elimina la soddisfazione che si riceve quando si risolve un problema, la mancanza di comunicazione può rendere complesso per i rispondenti interpretare i risultati. In caso di risposte conflittuali lo staff deve presentare come feedback due risultati alternativi che verranno votati. Questa procedura identifica le priorità del gruppo ma non risolve il conflitto.

Da un punto di vista di identificazione dei rischi, la tecnica Delphi può essere utile se sfruttata con il seguente approccio. Partendo da una conoscenza del contesto soddisfacente per tutti i partecipanti, lo staff organizza le prime iterazioni suddividendo un insieme noto di rischi in gruppi di rischio (ad esempio: rischi legati alle attività di produzione, rischi legati a burocrazia e norme, rischi legati alla mancanza di materie prime e/o fornitura in generale, rischi di interruzione lavori). I partecipanti con le loro risposte creeranno una lista di importanza dei gruppi di rischio. Ogni gruppo di rischio, composto da una lista di rischi viene quindi ripresentato ai partecipanti in ordine di importanza. Rispondendo i partecipanti creano una lista di importanza interna ad ogni gruppo. In funzione di tempo e possibilità si decide quali e quanti gruppi di rischio analizzare singolarmente. Successivamente lo staff elimina, per ogni gruppo, tutti i singoli rischi valutati come poco importanti. Infine, si chiede se al netto delle varie ordinazioni per ogni gruppo, ci sono dei singoli rischi che, in generale, siano di maggiore importanza, andando quindi a identificare una singola lista di rischi che si può poi utilizzare in fase di assessment.

3.4 Italferr

Italferr è una società per azioni partecipata al 100% da Ferrovie dello Stato. Il settore dell'azienda è l'ingegneria dei trasporti, con una maggiore attenzione verso l'ingegneria ferroviaria. Nel settore è la più grande azienda italiana e opera sia nel mercato italiano che internazionale.

Italferr quindi assiste il cliente in tutto il ciclo di vita del progetto, partendo dal procurement fino alla messa in servizio. Nel particolare le attività che Italferr offre sono: Project Management; Direzione e Supervisione Lavori; Quality Assurance e Quality Control; Contract Management; Procurement; Collaudi e Messa in Servizio; BIM Management; Project Risk Management.

3.5 L'identificazione in Italferr

Un processo di identificazione che segue le indicazioni del PMBoK o di altri testi presenti in letteratura si compie durante delle riunioni programmate sono a valle dell'analisi da parte del team di rischio e del team di commessa dell'insieme di documenti di contesto e piani del progetto.

Italferr avendo da gestire un grandissimo numero di progetti in tempi brevi ha sviluppato un'identificazione semi-automatizzata. Il processo di identificazione, infatti, si compie in poche ore lavorative spalmate lungo un periodo che solitamente può andare dai pochi giorni al massimo di una settimana di lavoro.

Lo slancio verso l'efficientamento unito all'approccio fortemente ingegneristico dell'azienda ha permesso che il processo di identificazione divenisse una "formalità" tecnica del Risk Office in concomitanza del team di commessa del progetto in analisi. I risultati sono stati compressione dei tempi e il bisogno di un numero di risorse limitato mantenendo elevati i tassi di raggiungimento degli obiettivi interni. Infine, la qualità dell'identificazione, con l'affinamento delle tecniche è aumentata molto negli ultimi anni.

3.5.1 L'analisi di contesto

Uno degli aspetti più importanti della Gestione dei Progetti è il livello di comprensione del contesto da parte dei partecipanti al progetto. Se non si ha contezza di cosa succede al di fuori dei confini geografici, lavorativi ed economici del progetto gli obiettivi di tempo, costo e qualità saranno molto più complicati da raggiungere. Sulla base di un'analisi di contesto ben

svolta e strutturata sarà molto più semplice comprendere il progetto nella sua interezza.

L'identificazione quindi parte con la richiesta da parte del risk office di informazioni riguardo il contesto che possono mettere a rischio il progetto. Queste informazioni arriveranno dal team di commessa tramite la compilazione di un documento Excel.

Il documento è caratterizzato da un insieme di fogli, uno per ogni fattore d'interesse del progetto.

3.5.1.1 Informazioni sul progetto e obiettivi

Le prime informazioni che vengono inserite sul documento sono relative al nome del progetto e all'evoluzione attesa del contesto. Queste non hanno un grande valore nell'identificazione ma servono semplicemente come informazioni di base.

Nella pagina successiva il team di commessa deve compilare le tabelle che riguardano gli obiettivi. Questi possono essere di quattro tipologie: Tempi di realizzazione dell'Opera, Tempi di consegna del Progetto, Costi dell'Opera a vita intera, Qualità dell'Opera e Redditività dell'Opera. Solitamente gli obiettivi di maggiore interesse sono tempi e costi. Nel caso dei progetti PNRR l'obiettivo tempi risulta essere ancora più importante dato che le risorse provenienti dall'UE possono essere usate strettamente entro il 2026.

In funzione degli obiettivi di progetto verranno inserite tre informazioni:

- Baseline
- Livello Comfort
- Livello di Fall-Down

La prima si riferisce a livello pianificato per l'obiettivo, il livello di comfort indica quanto ci si può scostare dalla baseline senza ripercussioni, mentre il fall-down come suggerisce la traduzione (fallimento) non può essere superato, altrimenti vi è il rischio di fallimento del progetto.

3.5.1.2 Vulnerabilità

Le vulnerabilità sono un fattore di contesto molto importante nell'identificazione dei rischi. Una vulnerabilità è un aspetto interno o esterno al progetto che lo mette a rischio in funzione dell'accadimento o meno di determinati eventi. Si potrebbe definire alternativamente come un punto debole.

Se si è vulnerabili riguardo le proprie capacità comunicative, aumenteranno le probabilità che si presenti il rischio "forti incomprensioni" con le persone con cui si passa del tempo insieme.

Per quanto riguarda i progetti ferroviari di Italferr, il risk office ha identificato una lista, aggiornata nel tempo, composta da 81 vulnerabilità.

Ciò che viene richiesto al team di commessa è di studiare le singole vulnerabilità e indicare se queste sono presenti o meno.

Le vulnerabilità vengono suddivise in funzione che siano interne (proprie alle attività di progetto, ad esempio, la gestione del personale) o esterne (ad esempio le interferenze strutturali) e anche in funzione del contesto di provenienza (gestionale, politico, ambientale, ecc...).

Solitamente le vulnerabilità si attestano intorno al 20-40% del totale. All'aumentare della loro presenza aumenteranno i rischi potenziali associati al progetto.

3.5.1.3 Stakeholder

Nell'identificazione dei rischi gli stakeholder interessati al progetto sono uno dei driver più importanti. Possono creare, mitigare, eliminare scenari di rischio solo grazie alla loro presenza/assenza. Uno stakeholder influenza il progetto sia come persona che come decisore.

La gestione degli stakeholder è una delle attività più importanti della gestione dei progetti; quindi, questi diventano una variabile importantissima nel processo di identificazione dei rischi.

All'interno dei progetti di Italferr sono presenti un gran numero di stakeholder. Il Risk Office ne ha identificato 48, divisi in 6 gruppi.

La loro presenza o assenza viene inserita dal team di commessa che deve erogare le informazioni di contesto direttamente sul foglio Excel.

3.5.1.4 Attività

Ogni progetto è suddiviso in attività e queste, disarticolate in gruppi e sottogruppi compongono la WBS (Word Breakdown Structure). La WBS è: “un albero di attività orientate ad un obiettivo, che organizza, definisce e visualizza graficamente tutto il lavoro che deve essere fatto per raggiungere gli scopi finali di un progetto.” (Nonino F., Tonchia S., 2013) Una volta organizzato e “spacchettato” tutto si potranno inserire le singole attività a livello di Gantt.

Ogni progetto è unico e per questo sarà composta da un insieme di attività diverso da qualsiasi altro progetto, anche molto simile. Per ovviare alle problematiche informative legate al dover venire a conoscenza per ogni progetto di tutte le singole micro-attività da svolgere ha scelto di creare una lista di macro-attività che sono proprie dei progetti di costruzione e in generale dei progetti di Ingegneria Ferroviaria.

Questa lista è organizzata tramite una logica temporale e sequenziale. Infatti, vi sono una serie di attività di Progettazione legate alla “Consegna di un Progetto” e successivamente le macro-attività legate alla “Consegna di un’Opera” che si concludono con le attività di Consegna dell’Opera e Chiusura del Progetto.

In totale vi sono 44 singole attività che il team di commessa dovrà indicare se da svolgere o se sono già state concluse e superate.

3.5.1.5 Opere

Le opere fanno parte dell’ultimo insieme di variabili che il team di commessa dovrà compilare sempre secondo la modalità presente/non presente. Per opera Italferr intende le costruzioni e impianti che dovranno essere costruiti durante lo svolgimento del progetto.

La lista è composta da 15 opere tra le quali si citano le Opere Civili, gli Impianti e il Ballast e Armamento. Quest’ultima corrisponde al piazzamento dei binari lungo il percorso, nel particolare il Ballast è il pietrisco che si trova tra le assi perpendicolari/traversine.

Anche nel foglio delle Opere il team di commessa dovrà inserire se vi è presenza o assenza delle singole opere all’interno del progetto.

3.5.1.6 Issue e Rischi Preliminari

Per completare l'insieme di informazioni utili agli analisti per identificare i rischi servono anche le Issue e i Rischi Preliminari.

Secondo Italferr le Issue sono gli eventi già accaduti che hanno un impatto sugli obiettivi, quindi, sono note e da dover immediatamente gestire a differenza dei rischi che invece sono eventi futuri che potrebbero accadere. (Mastrobuono G., 2023)

Le Issue devono essere comunicate perché hanno grande influenza sugli obiettivi di progetto. Le Issue possono essere considerate secondo due approcci alternativi, o considerandole attivamente, portando il progetto già in fase di pre-identificazione in ritardo o in sovraccosto oppure si inseriscono all'interno della baseline traslandola. Il secondo caso si attiva solo ed esclusivamente a valle dell'inserimento dell'issue a contratto, modificando l'obiettivo e penali associate.

Nel file di contesto il team di commessa deve descrivere le issue, associandole all'obiettivo impattato, l'impatto che hanno e se questo sia peggiorativo o migliorativo.

I rischi preliminari sono l'insieme di rischi già identificati dal team di commessa senza lo svolgimento delle attività di PRM e faranno da scheletro all'identificazione svolta dagli analisti. Per ogni rischio preliminare si dovrà sapere questo è un'opportunità o un rischio con impatto peggiorativo e quale obiettivo impatteranno. Ognuno dovrà essere descritto tramite un linguaggio che sia il più esplicativo possibile in termini di evento scatenante e conseguenze dell'accadimento.

3.5.2 Costruzione della lista di Rischi

Una volta ricevuti in input tutti i dati di contesto sul progetto gli analisti svolgono una serie di attività con l'obiettivo di creare una watchlist. La watchlist consiste nell'elenco di tutti i possibili scenari di rischio o rischi associabili al progetto. La watchlist è quindi un documento intermedio che verrà analizzato da analisti e team di commessa con l'obiettivo di eliminare alcuni scenari di rischio secondo le indicazioni del PM e poi successivamente poter valutare i rimanenti in modo da poter creare il Risk Register del progetto. La watchlist è un documento che permette a Italferr di recuperare moltissimo tempo tra la fase di identificazione e quella di assessment. Finendo la prima si svolgono contemporaneamente le prime attività della seconda. L'assessment poi terminerà con gli studi sul rischio

di progetto e le stime degli analisti sulle possibilità di terminare in tempo e dentro i costi. Sulla base di queste stime si deciderà come mitigare.

Per costruire la watchlist gli analisti devono svolgere una serie di attività, sempre servendosi di Excel, che verranno presentate nei prossimi paragrafi.

3.5.2.1 Studio dell'analisi di contesto

Come primo step, gli analisti studiando l'analisi di contesto, comprendono quali sono le attività che verranno svolte, gli stakeholder coinvolti ecc...

Questo studio pre-identificazione unito all'esperienza degli analisti serve loro a entrare a pieno nel progetto e, inoltre, a formare le prime opinioni riguardo quali potranno essere gli scenari di rischio più importanti.

3.5.2.2 Gli scenari di rischio

In Italferr negli anni è stata creata una lista di scenari di rischio che funge da database di rischi. Questi hanno una grandissima utilità sia operativa che analitica. Gli scenari non sono stati inventati dal nulla, discussi e poi accettati come realistici, bensì gli analisti hanno svolto una serie di attività di ingegneria inversa a partire dalle analisi di rischio precedentemente svolte negli anni. Gli scenari identificati ad oggi sono oltre 200.

La descrizione degli scenari è effettuata utilizzando un metalinguaggio che segue la seguente logica: "DATO CHE è successo qualcosa, POTREBBE succedere qualcos'altro, CHE INNESCA eventi che portano un impatto sugli obiettivi." La conseguenza dell'accadimento dello scenario sarà una deviazione sul grado di raggiungimento degli obiettivi.

La logica è composta in quattro parti, la prima è la **causa**, la seconda è l'**evento incidente**, la terza viene definita **dinamica d'impatto**. Infine, successiva all'accadimento dello scenario vi è la **conseguenza**.

Gli scenari non sono solo descritti, infatti, ognuno è associato ad una t-upla di informazioni che sono:

- Event-ID: codice per ogni scenario;
- Fase: la fase può essere progettazione o realizzazione;
- Attività: una di quelle facente parte del foglio attività compilato dal team di commessa;
- Opera di riferimento: una di quelle facenti parte del foglio opere compilato dal team di commessa;

- **Obiettivo Impattato:** uno dei cinque elencati nel paragrafo 1.3.1
- **Minaccia/Opportunità**
- **Vulnerabilità:** le vulnerabilità associate possono essere più di una, il Risk Office definisce che ogni scenario di rischio può essere associato un massimo di quattro vulnerabilità. Uno scenario non deve obbligatoriamente essere associato ad una vulnerabilità. La scelta su quali vulnerabilità sono associate ai vari scenari è stata fatta dal Risk Office secondo una logica per cui la vulnerabilità è ciò che facilita il presentarsi della causa scatenante;
- **Stakeholder:** come per le vulnerabilità gli stakeholder possono essere più di uno, fino a un massimo di quattro. Uno scenario non deve essere obbligatoriamente associato ad uno stakeholder, esistono scenari che non impattano né vengono influenzati dalla presenza di stakeholder.

3.5.2.3 Studio degli Scenari e Rischi preliminari

Uno scenario si attiva se la tupla associata è completamente attiva. Questo significa che l'insieme informativo (Fase, Opera, Obiettivo, Vulnerabilità, Stakeholder) relativo al singolo scenario è stato attivato in fase di analisi di contesto dal team di commessa.

Tabella 3.1 - Esempio Scenario Attivo (prima parte)

Event-ID	Indice di Rilevanza	Fase	Chk	Attività	Chk	Opera di riferimento	Chk
XX	1	Realizzazione	1	Costruzione	1	Gallerie	1

Tabella 3.2 - Esempio Scenario Attivo (seconda parte)

Potrebbe Succedere che	Obiettivo Impattato	Chk	Minacce / Opportunità	Vulnerabilità 1	Chk	Stakeholder 1	Chk
- potrebbero verificarsi delle frane in galleria dovute a lavorazioni errate - il verificarsi di tali eventi potrebbe causare sospensioni delle attività e la successiva necessità di eseguire interventi di ripristino al fronte per il riavvio dello scavo allungando i tempi di consegna dell'opera	Tempi di realizzazione dell'Opera	1	Minaccia	Fragilità ambientale: Fragilità del territorio e pericolosità idraulica.	1	Appaltatore	1

Nel momento in cui anche solo un singolo fattore dell'insieme non è stato attivato lo scenario di rischio non sarà attivo e quindi teoricamente non inerente al progetto.

Tabella 3.3 - Esempio Scenario Non Attivo (prima parte)

Event-ID	Indice di Rilevanza	Fase	Chk	Attività	Chk	Opera di riferimento	Chk
XY	0	Progettazione	0	Direzione Lavori	1	Tutte	1

Tabella 3.4 - Esempio Scenario Non Attivo (seconda parte)

Potrebbe Succedere che	Obiettivo Impattato	Chk	Minacce / Opportunità	Vulnerabilità 1	Chk	Stakeholder 1	Chk
- potrebbero esserci criticità connesse alle attività di Direzione Lavori - alcune di queste criticità potrebbero causare ritardi - i ritardi potrebbero allungare i tempi di consegna dell'opera	Tempi di realizzazione dell'Opera	1	Minaccia	Complessità nella gestione del personale.	1	Direzione Lavori	1

Quest'ultima informazione deve essere presa "con le pinze" dato che l'analisi di contesto viene svolta dal team di commessa il quale, anche se composto da esperti in Project Management, potrebbe aver omesso inavvertitamente o commettendo un errore qualche fattore dal progetto. In tal caso ci saranno scenari non attivi che rappresentano appieno situazioni che potrebbero accadere durante lo svolgimento del progetto. Al contrario

si dovrà anche considerare la situazione in cui il team di commessa possa aver inserito qualche fattore che potrebbe essere escluso. Questi fattori in più potrebbero attivare scenari irrealistici o non inerenti al progetto.

Sulla base di queste considerazioni gli analisti studiano gli scenari attivi e iniziano un lavoro di confronto, chiamato “check di copertura” tra scenari attivi e non e i rischi preliminari. Per condurre lo studio assicurando un’analisi completa, prima di iniziare gli analisti “sdoppiano” tutti quei rischi preliminari che hanno un effetto su più obiettivi. Ad esempio, se un semplice rischio come “possibili frane in luogo X” ha un impatto sia su tempi che costi, si determineranno due rischi uguali con obiettivi impattati differenti.

Durante il check di copertura si cercano gli scenari di rischio che coprono i singoli rischi preliminari. Ogni rischio può essere coperto da più scenari.

Tabella 3.5 - Esempio di Copertura Rischio Preliminare

Obiettivo	Descrizione	Cop1	Rilev	Copertura 1	Cop2	Rilev	Copertura 2
Tempi di realizzazione dell'Opera	Interferenza Comunale - Richiesta risoluzione interferenza al comune entro febbraio 2023. Se il comune non interverrà entro quella data, l'esecuzione potrà essere delegata all'Appaltatore	YX	1	MINACCIA - Tempi di realizzazione dell'Opera - potrebbe avvenire una modifica dei requisiti di progetto da parte del Committente per variazioni della normativa e/o per richieste degli Enti - il rispetto dei requisiti modificati potrebbe richiedere una durata della costruzione maggiore di quanto inizialmente pianificato	YY	1	MINACCIA - Tempi di realizzazione dell'Opera - la risoluzione delle interferenze potrebbe essere più lenta ed onerosa di quanto previsto - la risoluzione delle interferenze potrebbe generare ritardi nelle lavorazioni

Il motivo della scelta dello scenario è a discapito del singolo analista che la effettua. Trovare uno scenario che copra un rischio preliminare significa che lo scenario in analisi contiene concettualmente al suo interno l’evento descritto dal rischio. Scenari specifici saranno associati a rischi specifici, mentre scenari più generali potrebbero coprire un gran numero di rischi specifici. Si evince che non vi è omogeneità tra i vari scenari e per questo motivo un check di copertura ben svolto potrebbe comunque avere problematiche di completezza.

Infatti, una delle peculiarità del check di copertura è la scoperta di scenari di rischio non attivi che coprono in maniera diretta alcuni rischi preliminari.

Tabella 3.6 - Esempio di Mancata Copertura Rischio Preliminare

Obiettivo	Descrizione	Cop1	Rilev	Copertura 1
Tempi di realizzazione dell'Opera	Problematiche ambientali 2 - potrebbe essere rilevato materiale inquinato da sostanze che ne rendono obbligatoria la bonifica. Eventuali ritrovamenti potrebbero richiedere azioni mitiganti non programmate	ZX	0	MINACCIA - Tempi di realizzazione dell'Opera - nell'ambito della realizzazione dell'appalto, potrebbe essere rilevato materiale inquinato da sostanze che ne rendono obbligatoria la bonifica - Il ritrovamento di materiale inquinato e la successiva bonifica potrebbero ritardare la costruzione
Costi dell'Opera	Problematiche ambientali 2 - potrebbe essere rilevato materiale inquinato da sostanze che ne rendono obbligatoria la bonifica. Eventuali ritrovamenti potrebbero richiedere azioni mitiganti non programmate	ZY	0	MINACCIA - Costi dell'Opera - nell'ambito della realizzazione dell'appalto potrebbe essere rilevato materiale inquinato da sostanze che ne rendono obbligatoria la bonifica -L'Appaltatore potrebbe ottenere il riconoscimento di oneri aggiuntivi in ragione della bonifica imprevista di materiale inquinato

Nell'esempio si può notare che il rischio preliminare, precedentemente sdoppiato interessando sia tempi che costi, è coperto dagli scenari ZX e ZY che non fanno parte della lista di scenari attivi (si evince dalla colonna "Rilev").

Dall'altro canto non è raro che diversi scenari attivi non coprano alcun rischio, rendendoli in una prima analisi meno importanti di quel che potrebbero essere.

Dell'insieme di scenari non attivi che coprono uno o più rischi preliminari, gli analisti dovranno identificare quali fattori non sono stati attivati durante l'analisi di contesto. Successivamente dovranno decidere se attivarli o meno.

Anche se lo scenario non attivo fosse l'unico a coprire un determinato rischio preliminare, che si decida immediatamente di attivare il fattore/i d'interesse. Attivare un determinato fattore (stakeholder, attività, vulnerabilità, ...) significherebbe cambiare il contesto del progetto e in qualche caso potrebbe renderlo differente dalla realtà. Inoltre, un nuovo fattore può attivare nuovi scenari, i quali dovranno essere gestiti e analizzati.

Rispettare la corrispondenza tra realistica dell'analisi di contesto, scenari di rischio e rischi preliminari è uno dei requisiti più difficili da gestire per l'analista.

A partire da queste condizioni è importante richiamare l'attenzione sull'importanza della comunicazione. Un team di commessa che ha ben

compreso l'attività di compilazione dell'analisi di contesto minimizza le ambiguità tra scenari attivi e rischi preliminari. Dall'altro canto un Risk Office che aggiorna costantemente il proprio database e che rivede i legami tra fattori e scenari, avrà meno difficoltà nello scegliere se un fattore deve o meno essere aggiunto tra le variabili di progetto.

In ogni caso quello che succede immediatamente dopo il check di copertura è una riunione tra analista e PM/PMA e altri esponenti del Risk Office e del team di commessa.

3.5.3 Riunione di Identificazione con il Team di Commessa

Una volta svolta la copertura degli scenari con i rischi preliminari con eventuali aggiunte di fattori che attivano nuovi scenari gli analisti si trovano compilato, nel file Excel di identificazione, il foglio denominato "Output Assessment".

Questo foglio, composto da tutti gli scenari di rischio associati a tutti i fattori che li hanno attivati, servirà in realtà da input al file Excel che si utilizzerà in fase di Assessment.

Il foglio "Output Assessment" del file di identificazione diverrà nel file di assessment il foglio "Input Assessment". Questo, sarà quindi composto da tutti gli scenari identificati e quelli che sono stati in precedenza associati alla lista di rischi preliminari avranno la descrizione del rischio preliminare associato nella sezione "descrizione modificata".

Anche se il foglio è chiamato "Input Assessment" verrà utilizzato nella riunione di identificazione con il team di commessa, coordinato da PM e PMA che prenderanno le decisioni definitive.

In generale la lista è composta da 40-80 rischi, cioè tra il 15% e il 30% di tutti gli scenari in database. Questo dipende fortemente dalla tipologia di progetto, dalla sua importanza in termini di portfolio e anche dall'analisi di contesto.

La riunione serve per analizzare la lista di scenari di rischio eliminare quelli non inerenti al progetto. L'eliminazione di un rischio può avvenire o tramite l'eliminazione autonoma di un fattore precedentemente inserito in fase di analisi di contesto, eliminazione che consequenzialmente disattiverà uno o più rischi, oppure identificando quale fattore si può eliminare da un rischio che di per sé non è inerente al progetto. In ogni caso il risultato della

riunione, quindi, il numero di rischi rimanenti nella lista sarà in funzione della propensione al rischio del singolo PM. Questo comporta un'ulteriore difficoltà per l'analista, il quale si troverà a mediare, in sede di riunione, le scelte del PM in caso sia troppo avverso o propenso al rischio.

In generale l'esperienza conferma che la lista tende sempre a diminuire in termini di quantità di rischi associati.

La lista che si viene a creare a valle della riunione viene definita "Watch List" ed è composta come segue: ogni rischio viene numerato, gli viene associata una sorgente di rischio, viene descritto il suo evento incidente, l'obiettivo impattato ed infine l'effetto ipotizzato.

La Watch List sarà l'effettivo documento di input per la successiva fase di assessment dalla quale verrà creato il Risk Register, composto dai rischi più pericolosi per il progetto.

4 Il Risk Register

Il Risk Register è un documento che ha l'obiettivo di monitorare i potenziali rischi specifici di un progetto. È usato in modo specifico e prevalente nell'ambito della gestione dei rischi di progetto ma è importante che ci sia consapevolezza della sua utilità nella globalità del funzionamento dell'azienda (Monferini et al, 2013).

Questo documento, che dovrebbe essere concepito non solo come un supporto alla gestione del rischio ma come elemento chiave di tutto il processo di Risk Management, è solitamente l'output della fase di identificazione.

La capacità di risposta ai rischi è correlata alla tempestività e alla disponibilità di risorse e competenze. Avere un registro dei rischi in cui sono presenti rischi identificati, sulla base di dati storici, esperienza o con le varie tecniche di identificazione, con i possibili impatti e conseguenze, permette in primis di stabilire se è opportuno effettuare delle azioni preventive per diminuire la probabilità di accadimento o l'entità dell'impatto. Una volta stabilito ciò, si avrà modo di definire in anticipo le possibili azioni di risposta da mettere in pratica nel momento in cui rischio dovesse verificarsi.

I progetti sono per natura incerti, e per riuscire a raggiungere l'obiettivo prestabilito è importante diminuire quanto più possibile questa incertezza e trasformarla in probabilità. Non tutto si può prevedere, ma l'obiettivo del Risk Register, e del processo della gestione dei rischi, non è quello di eliminare le incertezze e gli imprevisti, ma di acquisire la consapevolezza della loro esistenza e strutturarli all'interno di piani ben precisi.

Identificare i rischi in maniera corretta è alla base della costruzione del registro e quindi poi del processo di gestione dei rischi stessi.

4.1 Funzionalità del Risk Register

Il Risk Register ha il compito principale di tenere traccia e monitorare i rischi all'interno di un progetto o di un'azienda. Le funzionalità svolte in realtà non si riducono solo a quelle di un mero catalogo. Se strutturato e utilizzato in modo corretto questo strumento può essere utile per numerosi aspetti (Dunović I.B, Radujković M., Vukomanović M. , 2013):

- Monitoraggio dei rischi;
- Prioritizzazione dei rischi;
- Definizione di piani di azione;
- Comunicazione e condivisione informazioni (sia all'interno che all'esterno);
- Controllo sui dati storici;
- Previsione delle tendenze future.

Il registro è uno strumento estremamente efficace per consentire a tutti coloro che sono coinvolti nel progetto di valutare e gestire consapevolmente i rischi come parte del processo decisionale. Fornisce una piattaforma a partire dalla quale le azioni e le decisioni di mitigazione possono essere prese in futuro, garantendo una maggiore comprensione dei rischi visibili.

Questa documentazione delle informazioni è di estrema importanza, in quanto queste possono essere condivise con altri e forniscono anche i mezzi di controllo e mantenimento dei dati storici per un progetto. Il RR consente di comunicare in modo chiaro e conciso informazioni riguardo i rischi di progetto, cosa che può ulteriormente aiutare nella gestione e quindi nel raggiungimento degli obiettivi. Inoltre, consente ai nuovi membri del team di essere rapidamente aggiornati sul progetto, definendo un metodo per avviare il processo di gestione del rischio, attraverso la documentazione di informazioni univoche (Patterson F.D., Neailey K., 2002).

L'obiettivo più profondo del Risk Register è quello di creare una cultura informata a tutti i livelli aziendali, definendo un'unica visualizzazione identica delle informazioni rilevanti e condivise, il COP-Common Operation Picture (Kontogiannis, T., Leva, M.C., Balfe, N., 2017).

4.2 Struttura del Risk Register

Nonostante l'importanza di questo strumento non esistono in letteratura dei riferimenti a una struttura tipo per questo registro (Dunović I.B, Radujković M., Vukomanović M. , 2013). Sulla base di differenti analisi ed articoli, le voci principali nel Risk Register possono essere così definite:

- Nome del rischio e numero identificativo;
- Descrizione del rischio: breve panoramica sulle generalità del rischio, specificando il perché esso risulta un potenziale problema;
- Fonte del rischio;
- Categoria del rischio: ci sono diverse categorie di rischio (operativi, tecnologici, finanziari ecc.) che aiutano a identificare rapidamente i rischi potenziali. Una rapida identificazione riesce a facilitare l'assegnazione al team corretto;
- Probabilità di accadimento del rischio;
- Impatto del rischio: può essere effettuata un'analisi qualitativa o quantitativa;
- Azioni di risposta al rischio;
- Responsabile del rischio;
- Status del rischio;
- Priorità del rischio;
- Data inserimento o modifica.

Oltre a questi elementi possono essere presenti campi aggiuntivi di ulteriore approfondimento e supporto come: documentazione inerente ai controlli, trigger del rischio, cronologia del rischio, indicatori relativi alla misurazione dello stato del rischio (Leva M.C., Balfen., McAleer B., Rocke M. , 2017).

Per definire in maniera corretta il rischio, le cause e le conseguenze risulta importante rappresentare il rischio attraverso un metalinguaggio.

4.2.1 Requisiti di sistema

Affinché il Risk Register sia completo e affidabile, è necessario prima di tutto che siano effettuati i controlli caratteristici presenti in tutti i Sistemi Informativi:

- Affidabilità: capacità di fornire informazioni corrette, correlato all'accuratezza dei dati inseriti e ai controlli automatici sui dati;
- Selettività: definire a priori il livello di selettività delle informazioni a fronte dei diversi fabbisogni;

- Tempestività: rappresenta il tempo di risposta del sistema a una richiesta;
- Flessibilità: capacità di adattarsi alle esigenze informative nel tempo;
- Accettabilità: correlato al rapporto utente-SI;
- Sicurezza: definisce la capacità di evitare la corruzione dei dati, la loro perdita o l'acquisizione da parte dei non autorizzati.
- Requisiti di contenuto

In relazione al contenuto del Risk Register invece è importante fare alcune considerazioni in merito alla natura dei rischi inseriti. È necessario che i rischi identificati e inseriti nel registro siano quanto più completi e corretti possibile: la gestione del rischio pone le sue basi sui rischi identificati. Per coerenza è utile definire i rischi attraverso tre modalità principali:

- Acquisizione dei dati da fonti storiche
- Previsione di rischi futuri
- Analisi statistiche

Spesso viene effettuata un'acquisizione di rischi su due livelli: acquisizione dei rischi automatizzata che si basa su rischi identificati in progetti passati che hanno stesse fonti di rischio (stakeholders, risorse, vincoli esterni), scrematura dei rischi definiti e loro perfezionamento attraverso l'esperienza del PM.

4.2.2 Requisiti di alto livello

Un caso di studio sviluppato nell'ambito di un progetto finanziato dall'UE sulla gestione della sicurezza totale chiamato TOSCA definisce dei requisiti di alto livello per un Risk Register (Leva M.C., BalfeN., McAleer B., Roche M., 2017):

- HLR1: Creare un processo di gestione del rischio completo e coerente.
- HLR2: I rapporti/le matrici devono fornire un aggiornamento dei livelli di rischio all'interno dell'azienda in un determinato momento e tenere conto dei possibili rischi emergenti a breve termine, ad esempio condizioni meteorologiche estreme, guasti del tipo di apparecchiatura, indagini sugli incidenti interni o esterni, ecc...
- HLR3: Il sistema di gestione del rischio deve garantire che tutti i pericoli potenziali siano identificati e valutati.
- HLR4: Il sistema di gestione dei rischi deve garantire che siano messe in atto adeguate misure di controllo.

- HLR5: Il sistema di gestione dei rischi garantisce che le misure di controllo rimangano efficaci nella gestione di ciascun rischio.
- HLR6: Tutte le informazioni sui rischi devono essere conservate in un unico registro dei rischi che racchiude tutti i rischi aziendali in un'unica fonte dinamica.
- HLR7: Devono essere effettuate revisioni periodiche dei pericoli e dei rischi.
- HLR8: Tutti i pericoli devono essere identificati e devono essere effettuate revisioni periodiche dei pericoli e dei rischi.
- HLR9: Gli indicatori chiave di prestazione (KPI) devono essere sviluppati per garantire che i principali pericoli siano stati identificati e valutati, che tutti i rischi aziendali siano regolarmente rivisti e che le misure di controllo siano in atto ed efficaci nel ridurre i rischi a un livello tollerabile.
- HLR10: Il sistema deve essere completamente allineato alla strategia dell'azienda, con una leadership gestionale forte e positiva, garantendo così che i rischi aziendali siano compresi dalla sala del consiglio alla sala di controllo, con un processo decisionale di gestione del rischio in tempo reale e un processo completo di valutazione del rischio che identifichi sistematicamente, valutando e gestendo in modo appropriato il rischio derivante dalle operazioni dell'organizzazione.
- HLR11: Deve essere fornita un'unica procedura aziendale per la misurazione e la segnalazione del rischio e il rischio tollerabile deve essere chiaramente definito, compreso e utilizzato, soddisfacendo così un requisito fondamentale della sicurezza dei processi.

Anche l'analisi più dettagliata può finire per perdere gli ostacoli che potrebbero impedire il successo del progetto.

4.2.3 Proprietà relative ai dati

Un registro dei rischi è in tutto e per tutto un database, quindi, è indispensabile che siano effettuate delle analisi relative alla qualità dei dati inseriti. La Data Quality consiste nella pianificazione, implementazione e controllo delle attività che applicano tecniche di gestione della qualità dei dati, al fine di garantire che questi siano adatti allo scopo e soddisfino le esigenze degli utilizzatori (DAMA International, 2020). Secondo Gartner (Judah S., Duncan A. D., Chien M., Friedman T., 2020) “la scarsa qualità dei dati distrugge il valore del business. Una recente ricerca indica che le organizzazioni stimano il costo medio della scarsa qualità dei dati a 10,8

milioni di dollari all'anno. Questo numero è destinato ad aumentare man mano che gli ambienti di business diventano sempre più digitalizzati e complessi". L'enorme volume e l'elevata velocità di trasferimento dei dati unite alla grande varietà di dati eterogenei, la qualità è tutt'altro che perfetta. È stato stimato che dati errati costano alle imprese statunitensi 600 miliardi di dollari all'anno (Müller D., Te Y., Jain P., 2017). Le aziende in genere riscontrano un tasso di errore dei dati di circa l'1-5% e per alcune aziende è superiore al 30% (Chen C., Cho M., Huang H., 2016) (Esteves D., Rula A., Reddy A. J., Lehmann J., "Toward Veracity Assessment in RDF Knowledge Bases", Journal of Data and Information Quality , vol.9, n.3, pp.1, 2018.). Nella maggior parte dei progetti di data warehousing, la pulizia dei dati rappresenta il 30-80% del tempo di sviluppo e del budget per il miglioramento della qualità. Tempi e costi spesi in questa maniera anziché nella costruzione del sistema. Le informazioni sono la base di ogni processo aziendale e la qualità dei dati raccolti, memorizzati e utilizzati condizionano inevitabilmente il business dell'organizzazione sia nel presente che nel futuro. Insomma, la scarsa qualità dei dati distrugge il valore del business perché dai dati si arriva alle informazioni che costituiscono la conoscenza e generano le intuizioni strategiche o gestionali che portano ad un vantaggio competitivo e garantiscono il posizionamento di mercato. il DAMA (DAMA International, 2020) ha identificato sei dimensioni rispetto le quali far convergere i controlli tecnici e di business:

- Completezza: la percentuale di dati archiviati rispetto al potenziale del 100%;
- Unicità: nessuna istanza (cosa) verrà registrata più di una volta in base al modo in cui tale cosa viene identificata;
- Tempestività: il livello a cui i dati rappresentano la realtà nel momento richiesto;
- Validità: i dati sono validi se sono conformi alla sintassi (formato, tipo, intervallo) della loro definizione;
- Accuratezza: il livello in cui i dati descrivono correttamente l'oggetto o l'evento "mondo reale" che viene descritto;
- Consistenza: l'assenza di differenza, quando si confrontano due o più rappresentazioni di una "cosa" con una definizione.

In questa analisi ci si concentrerà in particolare su completezza, consistenza e unicità.

4.2.4 Completezza

La completezza è un'importante dimensione della qualità dei dati, di seguito verrà analizzata come affrontarla e perseguirla. Ballou e Pazer (Ballou D., Pazer H., 2003) suddividono in due componenti, la completezza strutturale e di contenuto. La completezza strutturale si definisce:

$$\text{Completezza strutturale} = \frac{(\text{valori che sono stati registrati})}{(\text{valori che avrebbero potuto essere registrati})}$$

Mentre la completezza di contenuto si definisce:

$$\text{Completezza di contenuto} = \frac{(\text{contenuto che è stato trasmesso})}{(\text{contenuto che si sarebbe potuto trasmettere})}$$

La completezza strutturale ha un significato legato a quello generalmente associato alla completezza; quindi, si riferisce al tasso di valori/informazioni che nello specifico si definiscono "non-NULL" (Ballou D., Pazer H., 2003). Più semplicemente Redman definisce la completezza di un insieme come "il tasso di presenza dei valori in una raccolta di dati" (Redman T.C., 1996). Per quanto riguarda la completezza di contenuto il significato è più concettuale; infatti, può capitare che un singolo dato, per quanto sia effettivamente presente, sia comunque incompleto in quanto non contenente abbastanza informazioni. Per quanto sia utile suddividere la completezza, quella di contenuto trova un'utilizzazione minore. Comprendere come sia possibile definire se un determinato dato/informazione si sarebbe potuto trasmettere diversamente è un'attività che i decisori non sono pronti a fare, essendo lunga e di difficile svolgimento. Spesso la completezza è dipendente dal contesto e si basa sulla fornitura di metadati di qualità dei dati (inclusa la misurazione della completezza strutturale o indipendente dal contesto). Inoltre, maggior parte dei decisori non ha né tale competenza né il tempo per stimare il contenuto che avrebbe potuto essere trasmesso. Pertanto, è utile adottare un approccio più generale, la completezza percepita. Redman definisce la completezza di un insieme di dati come la misura in cui il valore è presente per quello specifico insieme. Secondo Kahn la completezza è definita come la misura per cui non mancano elementi di dati e questi sono di ampiezza e profondità sufficienti per l'attività da svolgere (Kahn B.K., Strong D.M., Wang R.Y., 2002).

La completezza è quindi una misura di quanto sia completo set di dati in termini di elementi (componenti) inclusi. Questa determinazione è indipendente dal contesto. Questo concetto è simile alla "completezza strutturale" definita da Ballou e Pazer. La sufficienza di ampiezza e

profondità dipende dal contesto decisionale quindi si introducono fattori dipendenti dal contesto nella valutazione della completezza.

Alcune definizioni in letteratura:

Il DAMA (2020) definisce dei concetti relativi ai dati in relazione alla dimensione completezza:

- **Attributi:** Livello di presenza di tutti gli attributi richiesti nel dataset.
- **Registri:** Livello di presenza di tutti i registri richiesti nel dataset.
- **Data files:** Livello di presenza di tutti i file di dati richiesti.
- **Valori dei dati:** Livello di presenza di tutti i valori dei dati richiesti.
- **Valori dei dati di un attributo:** Livello di presenza dei valori di dati di un attributo richiesti.
- **Metadati:** Livello di completa descrizione dei metadati.

In relazione al risk register possiamo accettare la definizione di completezza di Jarke (Jarke M., Lenzerini M., Vassiladis P. Vassiliou Y., 1995) e cioè come la percentuale delle informazioni del mondo reale che sono inserite all'interno del registro stesso. Poiché il rischio per natura è incertezza, è normale che non sarà mai possibile avere una totale completezza totale del registro. Come già visto esistono molti limiti alla conoscenza totale dei rischi (limiti umani, imprevedibilità, scarsità delle informazioni).

Di seguito viene presentata una definizione di completezza del risk register nata durante il tirocinio svolto presso Italferr. "È possibile quindi affinare maggiormente questa definizione definendo un livello di "completezza ragionevole", che rappresenta il grado del registro di identificare la maggior parte dei rischi potenziali, considerando le conoscenze acquisite, il grado di incertezza (influenzato da diversi fattori relativi alla complessità del contesto), le informazioni disponibili in quel momento e il grado di maturità dell'azienda. La completezza del registro dipende dal livello di dettaglio e dal grado di precisione nella descrizione dei rischi e delle loro conseguenze. Il concetto di completezza ragionevole è perciò dipendente da altri fattori, e così come è definito non può essere valutato in maniera indipendente.

Viene presentata anche una versione ridotta della definizione."

"La completezza "ragionevole" del Risk Register è data dalla capacità di identificare tutti i rischi potenziali, in funzione delle conoscenze acquisite, del grado di incertezza (il quale a sua volta dipende dal contesto), dalle informazioni disponibili nel momento dell'identificazione e dal grado di maturità dell'azienda. Non esiste una completezza definibile in maniera omogenea ma dovrà essere valutata volta per volta."

4.2.5 Consistenza e coerenza

La consistenza si riferisce alla violazione delle regole semantiche definite sul set di dati. Questa proprietà valuta se c'è corrispondenza tra informazioni memorizzate e utilizzate in più istanze.

Viene espressa come percentuale di valori corrispondenti tra vari record. Dati coerenti garantiscono che l'analisi acquisisca e sfrutti correttamente il loro valore.

La coerenza dei dati si riferisce alla loro capacità di avere senso logico e di non creare contraddizioni tra di loro. In altre parole, significa che i dati devono essere conformi a una serie di regole e vincoli definiti in precedenza, in modo tale che non esistano discrepanze o ambiguità tra le informazioni presenti nel database.

La coerenza è difficile da valutare e richiede test pianificati su più set di dati. "La proprietà di coerenza dei dati in un registro di rischi deve essere considerata in relazione alla natura dei rischi. I rischi possono essere categorizzati in modi diversi, in base alla gravità, alla probabilità di accadimento o alla natura intrinseca. Inoltre, i rischi possono essere interconnessi tra di loro, in modo tale che l'occorrenza di un rischio possa influenzare la probabilità o la gravità di altri rischi. La coerenza è fortemente connessa alla struttura del registro stesso."

4.2.6 Unicità

La proprietà dell'unicità indica se un'istanza registrata nel set di dati è singola o meno. L'unicità è la dimensione più critica per garantire l'assenza di duplicazioni o sovrapposizioni. L'unicità dei dati viene misurata rispetto a tutti i record all'interno di un set di dati o, in caso, tra più set di dati. Un punteggio di unicità elevato assicura duplicati o sovrapposizioni ridotti al minimo, creando fiducia nei dati e nell'analisi.

L'identificazione delle sovrapposizioni può aiutare a mantenere l'unicità, mentre la pulizia dei dati e la deduplicazione possono correggere i record ripetitivi. L'univocità dei dati migliora anche la governance dei dati e accelera la conformità.

L'unicità dei dati nel Risk Register è molto importante all'interno del processo di gestione dei rischi. Infatti, i registri di rischi sono utilizzati per identificare e monitorare le potenziali minacce e vulnerabilità di un'organizzazione, e la duplicazione dei dati può portare a una sovrastima dei rischi effettivi. Rispettare l'unicità dei dati nel registro di rischi assicura che ogni rischio identificato sia rappresentato da un solo record all'interno

del database, evitando duplicazioni e assicurando la massima accuratezza e completezza delle informazioni.

4.3 Coinvolgimento degli stakeholder

La quantità di stakeholder coinvolti in ciascuna fase dipende dai tipi di rischi rilevati e dagli impatti che le soluzioni proposte e le decisioni aziendali avranno sui loro interessi.

Le parti interessate rappresentano persone, gruppi o persino organizzazioni interessate al raggiungimento degli obiettivi di un progetto. Essi, inoltre, esercitano un'influenza sull'ottenimento dei risultati desiderati.

Spesso non si hanno molte informazioni sugli stakeholder e sui loro interessi. Ciò significa che non si sa come i loro pensieri e comportamenti potrebbero influenzare il progetto. Questo è uno dei motivi per cui le strategie di gestione del rischio devono tenere conto di situazioni in cui lo stakeholder possa essere bellicoso, positivo, utile, distruttivo ecc...

Per gestire efficacemente le incertezze relative al lavoro con gli stakeholder, i Project Manager dovrebbero sviluppare uno Stakeholder Register in modo da saperne di più su chi sono gli stakeholder, il tipo di rischio che rappresentano e come possono essere soddisfatti senza danneggiare il progetto. Possiamo identificare tre passaggi significativi nello sviluppo di una strategia di gestione del rischio per le parti interessate:

- Identificazione degli stakeholder;
- Classificazione e profilazione;
- Definire le modalità di comunicazione corretta.

È importante che ci sia una mappatura degli stakeholder per definire i loro interessi e il loro possibile impatto sul progetto. Al tempo stesso essi sono un'importante fonte di informazioni sul progetto e su possibili rischi non identificati. Essi rappresentano sia una "minaccia" che un'"opportunità" per il progetto ed è indispensabile gestirli nel modo corretto. (Pirozzi M., 2020)

4.4 Studi preliminari alla valutazione della completezza e coerenza del Risk Register

4.4.1 Classificazione dei rischi

La scarsità degli articoli in letteratura inerenti alla classificazione dei rischi rende evidente la criticità dell'argomento. Sono presenti pochi studi e abbastanza confusi, probabilmente perché si sottostima l'importanza della classificazione dando priorità ad altre fasi dell'identificazione. La fonte principale alla base di questa trattazione è l'articolo intitolato "Theoretical aspects of risks categorisation" (Martinovičová D., Beranová M., Polák J., Drdla M, 2010).

Il passaggio chiave che collega l'identificazione/valutazione dei rischi con la loro gestione è la comprensione. In ogni situazione in cui vengono prodotti molti dati, la strutturazione è una strategia essenziale per garantire che le informazioni necessarie siano generate e comprese. I dati di rischio possono essere organizzati e strutturati per fornire una presentazione standard dei rischi di progetto che faciliti la comprensione, la comunicazione e la gestione.

Le categorie di rischio possono essere definite come la classificazione dei rischi in base a differenti fattori come l'origine del rischio, la sua natura, l'area di impatto e più in generale le loro proprietà intrinseche. Analogamente alle modalità di approccio alla comprensione del rischio, è necessario adattare qualsiasi tipo di analisi al campo di applicazione e quindi alle caratteristiche dell'organizzazione: non esistono classificazioni uniche valide per tutte le aziende. Il problema della classificazione del rischio è molto vasto. Nella letteratura scientifica vengono descritte e discusse varie categorizzazioni del rischio, mentre la categorizzazione è solitamente basata sullo scopo della classificazione presentata.

Come visto, le classificazioni possono avvenire sulla base di differenti driver:

- Rischi statici e dinamici;
- Rischi interni e esterni;
- Rischi puri e speculativi;

Ecc.

Fondamentalmente categorizzare significa effettuare un processo di riconoscimento e differenziazione dei pensieri e degli oggetti.

Data la natura del rischio, il numero elevato di variabili rilevanti, dell'incertezza e dei diversi punti di vista in base alla fase di processo

considerata, esiste necessariamente un livello di arbitrarietà. Inoltre; risulta molto difficile riuscire a definire in maniera netta e univoca le diverse categorie.

4.5 Scopo

L'obiettivo della categorizzazione del rischio è quello di creare classi di rischio omogenee in modo che i parametri di un dato rischio siano il più vicino possibile ad altri rischi nello stesso gruppo, ciò consente di definire un elenco strutturato che non verrebbe fuori altrimenti dalla sola fase di identificazione (Hillson D., 2002).

Le categorie di rischio aiutano a:

- Identificare i rischi;
- Aumentare la robustezza e la completezza nell'identificazione;
- Garantire che gli utenti possano tracciare l'origine dei rischi sottostanti e potenziali affrontati da un'organizzazione;
- Determinare l'efficienza dei sistemi di controllo implementati in tutti i reparti di un'organizzazione (garantisce che l'identificazione del rischio sia effettuata in modo completo, coprendo tutti gli aspetti probabili delle condizioni di rischio sottostanti e imminenti);
- Determinare le aree che sono altamente soggette a rischi e consentono anche l'identificazione di cause standard e probabili;
- Sviluppare adeguati meccanismi di gestione del rischio;
- Definire delle metodologie di approccio per ogni categoria.

4.6 Strumenti

Un'organizzazione deve esaminare attentamente le proprie risorse di processo per scoprire se la stessa ha un insieme definito di categorie di rischio o meno. Gli utenti possono fare uso di tecniche come la Tecnica Delfi, Analisi SWOT, revisione della documentazione, tecniche di raccolta delle informazioni, brainstorming, analisi della causa principale, interviste, analisi delle ipotesi, analisi della lista di controllo, registro dei rischi, risultati dell'identificazione dei rischi, matrice di impatto, valutazione della qualità dei dati di rischio, tecnica di simulazione, ecc.

Più nel dettaglio risulta utile definire una tassonomia del rischio e una Risk Breakdown Structure (RBS).

4.6.1 Tassonomia dei rischi

La tassonomia del rischio è la categorizzazione, spesso espressa in forma gerarchica, dei tipi di rischio. Si manifesta attraverso una struttura ad albero, in base alla quale i rischi più alti nella gerarchia vengono scomposti in manifestazioni (granulari) più specifiche. La struttura è caratterizzata da nodi padre e nodi figlio in base a differenti criteri di differenziazione dei rischi. Definire una tassonomia risulta utile per due motivi principali:

- Stabilire un grado di completezza di copertura dei rischi;
- Capire i legami tra i fattori.

Nella definizione dell'albero dei rischi, così come in generale nelle differenti classificazioni, è indispensabile che siano rispettati i seguenti requisiti:

- Copertura completa;
- Granularità;
- Disgiunzione;
- Stabilità nel tempo

4.6.2 Risk Breakdown Structure (RBS)

La dimostrazione più ovvia del valore della strutturazione all'interno del project management è la Work Breakdown Structure (WBS), che è riconosciuta come uno strumento importante per il project manager perché fornisce un mezzo per strutturare il lavoro da svolgere per raggiungere gli obiettivi del progetto.

Allo stesso modo, i dati di rischio possono essere organizzati e strutturati per fornire una presentazione standard dei rischi di progetto che faciliti la comprensione, la comunicazione e la gestione (Hillson D., 2002). Ci sono molti vantaggi nell'utilizzo di una RBS:

- Aiuto per l'identificazione dei rischi: I livelli superiori dell'RBS possono essere utilizzati come elenco rapido per garantire una copertura completa durante la fase di identificazione del rischio, mappando i rischi identificati nei livelli più bassi si possono rivelare possibili lacune o punti ciechi nell'identificazione del rischio ed esporre qualsiasi doppio conteggio o duplicazione;
- Valutazione del rischio: I rischi identificati possono essere classificati in base alla loro fonte assegnandoli ai vari elementi dell'RBS. Ciò consente poi di individuare le aree di concentrazione del rischio all'interno della RBS, indicando quali sono le fonti di rischio più significative per il progetto;

- Confronto di progetti o gare: L'RBS consente di strutturare nello stesso modo i rischi individuati su ciascun progetto o appalto, consentendo un confronto diretto. Nel caso della valutazione delle offerte, i rischi possono essere identificati per le offerte concorrenti e quindi strutturati utilizzando un RBS comune, invece di cercare di confrontare elenchi di rischi non strutturati per ciascuna gara;
- Segnalazione del rischio: L'RBS può essere utilizzato per riportare le informazioni sui rischi su un singolo progetto a un livello superiore per la segnalazione all'alta dirigenza, nonché per approfondire i dettagli richiesti per riferire sulle azioni del team di progetto.

4.7 Una RBS completa e coerente

La tassonomia è stata creata attraverso una revisione della letteratura generale mirata (Dunović I.B, Radujković M., Vukomanović M. , 2013; Hillson D., 2002; Szopinski, D., Schoormann, T., & Kundisch, D., 2019 et al.), e lo studio delle attività dell'azienda. L'obiettivo principale è quello di definire una struttura gerarchica che permetta di coprire quanti più rischi possibile, andando a facilitare l'attività di identificazione stessa. Principalmente gli obiettivi sono tre:

1. Avere una completezza del Risk Register;
2. Evitare ridondanza nei dati;
3. Garantire coerenza.

Per comprendere il rischio in un contesto organizzativo, è opportuno classificare i rischi in base alle attività organizzative dell'azienda stessa, per definire un processo tailor-made e quindi una RBS consona alle attività di progetto.

4.7.1 Situazione attuale

È presente una classificazione delle vulnerabilità, come mostrato in figura 5.

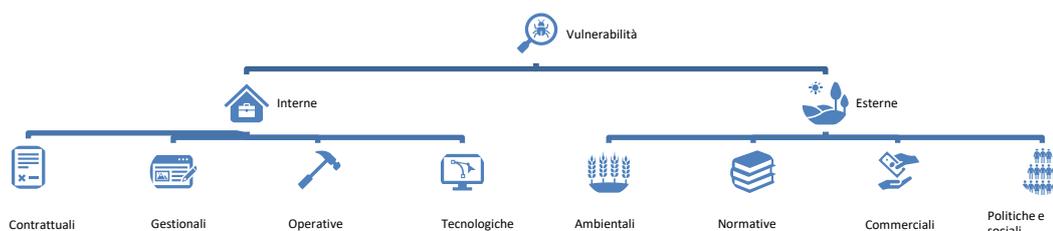


Figura 4.1 - Dettaglio della classificazione delle vulnerabilità

Andando sul 4° livello troviamo per gli interni troviamo:

- Contrattuali si dividono in:
 - Contratto Committente-Appaltatore;
 - Contratto Committente-Italferr/Soggetto Tecnico.
- Gestionali si dividono in:
 - Necessità di Coordinamento SO e Gruppi di Lavoro;
 - Sistema di Gestione Ambientale;
 - Sistema di Gestione Qualità;
 - Sistema di Gestione Salute e Sicurezza.
- Operativi si dividono in:
 - Complessa gestione di appaltatori e fornitori;
 - Complessità nella gestione degli asset;
 - Complessità nella gestione del personale;
 - Complessità nella Pianificazione;
 - Necessità di sottoporre il prodotto ad un ente che può chiedere modifiche;
 - Volatilità degli input.
- Tecnologici si dividono in:
 - Complessità degli apparati/impianti richiesti dal Committente;
 - Complessità degli strumenti utilizzati da Italferr.

Per le vulnerabilità esterne abbiamo:

- Ambientali:
 - Eventi naturali catastrofici avvenuti recentemente;
 - Fragilità ambientale;
 - Interferenze con strutture/infrastrutture.
- Normative:
 - Quadro regolatorio volatile.
- Per le commerciali:
 - Processi di acquisto e/o appalto;
- Per le politiche sociali:
 - Accadimento eventi di forza maggiore;
 - Inquadramento della Commessa in una pianificazione più ampia;
 - Tensioni Sociali.

È definito un ulteriore livello con un dettaglio maggiore. Per il nostro studio si dà per scontato che le vulnerabilità indicate siano complete.

5 Nuovi orizzonti con L'Intelligenza Artificiale

5.1 Cos'è l'IA

L'Intelligenza Artificiale (IA) non è un concetto nuovo, ma è solo negli ultimi anni che le società ha iniziato a comprendere il suo pieno potenziale.

Lo sviluppo dell'intelligenza artificiale comincia ufficialmente con il test di Turing nel 1950. La storia della sua crescita è alternata da momenti di veloce incremento a periodi di vuoti. Le mancanze di risorse informatiche hanno rallentato lo sviluppo dell'IA negli anni '70 e '80 mentre negli anni '90 la diffusione di internet e la crescita delle reti neurali hanno riportato il trend in salita. A partire dai primi anni 2000, l'aumento della potenza di calcolo e i progressi nella ricerca sui Big Data e sul Machine Learning hanno portato a un rinnovato interesse per l'IA.

Non esiste una definizione univoca di IA, ma in generale, l'IA è la teoria e lo sviluppo di sistemi informatici in grado di eseguire compiti che normalmente richiedono l'intelligenza umana, quali il ragionamento, l'apprendimento, la pianificazione e la creatività. La mancanza di una definizione univoca può essere spiegata, almeno in parte, dal fatto che l'IA non è una tecnologia in sé, ma piuttosto un insieme di tecniche che imitano il comportamento umano.

Possiamo definire quattro caratteristiche principali dell'IA:

- **Machine Learning:** la continua capacità di migliorare le prestazioni dei sistemi informatici attraverso l'utilizzo di una grande quantità di dati senza la necessità di seguire istruzioni programmate in modo esplicito.
- **Deep Learning:** gli algoritmi di deep learning sono una classe di algoritmi di Machine Learning. Si sono sviluppati sull'impronta della struttura del cervello umano e delle connessioni neurali.
- **Riconoscimento vocale ed elaborazione del linguaggio naturale:** rappresenta la capacità di comprendere e generare il linguaggio umano.
- **Riconoscimento visivo:** la capacità di identificare oggetti, scene e attività nelle immagini.

5.1.1 Machine Learning

È possibile suddividere il machine learning in due categorie:

- apprendimento supervisionato: si elaborano sia input che output dando la capacità all' algoritmo di scoprire e definire delle relazioni.
- Apprendimento non supervisionato: attraverso l'input, si induce l'output dalla struttura dell'input.

Tutto questo avviene in due fasi: apprendimento e predizione.

Il machine learning dà alla macchina la capacità di programarsi da sola accumulando esperienza.

I dati svolgono un ruolo molto importante nell'apprendimento automatico, a volte persino più importante della tecnologia stessa. Questo perché i dati sono la vera fonte di informazioni che le macchine utilizzano per imparare.

il machine learning è una tecnologia che sta rivoluzionando molti settori, tra cui l'identificazione dei rischi. Grazie alla sua capacità di analizzare grandi quantità di dati e di apprendere autonomamente, il machine learning consente di individuare pattern e relazioni nascoste nei dati, migliorando la capacità di prevenire e gestire i rischi. L'apprendimento del rischio può essere usato per identificare i rischi attraverso l'analisi dei dati storici.

Quest'ultima può essere effettuata attraverso diverse tecniche di apprendimento automatico tra cui:

- Regressione: tecnica che prevede un valore numerico di una variabile di output a partire da più input.
- Classificazione: usata per classificare le osservazioni in categorie.
- Clustering: utilizzato per raggruppare i dati in base alle loro somiglianze
- Analisi delle componenti principali (PCA): usato per ridurre i dati mantenendo le informazioni più utili.

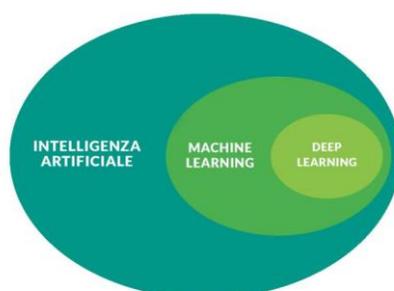


Figura 5.1 - Relazione tra IA, Machine Learning e Deep Learning

5.1.2 Deep Learning e Reti neurali

Il Deep Learning è un approccio del Machine Learning che si ispira alla struttura del cervello e alle interconnessioni dei neuroni per elaborare anche dati non strutturati. Grazie alla sua capacità di identificare autonomamente le caratteristiche distintive degli elementi, il Deep Learning non richiede categorizzazioni esterne. Principali differenze tra il Machine Learning e il Deep learning:

- Formato dati: il Machine Learning usa dati strutturati, il Deep Learning no;
- Addestramento: il primo necessita un addestratore umano, il secondo si basa su un sistema di auto-apprendimento;
- Base di dati: il machine learning ha un database controllabile, il Deep Learning ha bisogno di oltre 1000 milioni di punti dati
- Algoritmo: il Machine Learning ha un algoritmo variabile, il Deep Learning si basa su una rete neurale di algoritmi;
- Campo di applicazione: il primo è usato nelle operazioni di routine. Il secondo nei compiti complessi.

All'interno di una rete neurale artificiale i neuroni sono disposti su più strati:

- Uno strato di input: che prende in ingresso i dati, ogni neurone di questo strato rappresenta una proprietà del dataset
- Uno strato di output: che fornisce il risultato della rete neurale
- Uno o più strati nascosti: che si trovano tra lo strato di input e quello di output.

Il compito degli strati nascosti è di utilizzare le proprietà (features) del dataset per apprendere nuove proprietà.

Solitamente prima della fase di creazione di un modello di machine learning, il dataset viene analizzato e manipolato per estrarre proprietà significative da quelle di cui già si dispone. Questo processo prende il nome di feature extraction e ha un ruolo fondamentale per la creazione di un modello di machine learning robusto.

Una rete neurale artificiale automatizza il processo di feature extraction all'interno di ogni strato nascosto, per questo motivo le reti neurali artificiali sono definite modelli end-to-end, appunto perché prendono come input i dati grezzi del dataset per svolgere attività come classificazione, regressione o clustering.

5.1.3 Large Language Model

I Large Language Model sono modelli linguistici di deep learning, e in particolare di Natural Processing Language, cioè un paradigma dell'IA e rappresenta la tecnologia che permette l'interazione uomo-computer attraverso l'utilizzo del linguaggio parlato. L'elaboratore è infatti addestrato ad acquisire input sotto forma di conversazioni, elaborarli e dare in output risposte comprensibili all'uomo. I LLM¹⁵ in particolare sono in grado di analizzare parole e frasi, estrarre informazioni, classificare il testo e ovviamente analizzare e generare linguaggio parlato, e il loro obiettivo principale si basa sulla capacità di predire la parola successiva dato un input. Dal 2018 le capacità dei modelli LLM sono aumentate notevolmente grazie all'utilizzo di un'architettura di tipo transformer, che permette di elaborare grandi quantità in parallelo e non più in sequenza come in passato. I transformer, utilizzati in tutti i modelli di tipo GPT, utilizzano un meccanismo di attention che assegna pesi relativi assegnati alle diverse parole del testo, e dà la possibilità di determinare dove porre maggiormente l'attenzione. In GPT si usa un modello di self attention in cui si calcolano i pesi di tutte le parole della sequenza e la sequenza stessa. L'output finale del modello non è più una semplice parola ma una risposta completa e strutturata.

La realizzazione si fonda su due fasi principali, analoghe alle altre tecnologie di machine learning:

- Pre-Addestramento: richiede una capacità di elaborazione molto ampia e un numero elevato di dati. In generale questa fase ha l'obiettivo di riuscire a far predire una parola "mascherata", cioè nascosta, contenuta in una frase data in input. Questa attività si basa su valutazioni statistiche.
- Addestramento finale: è un'ulteriore raffinazione dei dati, attraverso lo studio degli input messi e gli output voluti.

È fondamentale il numero di dati messi in input nella fase di addestramento poiché questi modelli, terminata questo processo, non sono più in grado di imparare.

Poiché i computer non sono in grado di capire il linguaggio e la semantica è necessario convertire parole e significati in numeri.

¹⁵ Large Language Model

Ciò avviene attraverso la tokenizzazione, cioè la suddivisione del testo in singoli input unitari con significato, i token. Questi possono essere assegnati a caratteri, parole o sotto parole e rappresentano gli elementi costitutivi del linguaggio naturale, e quindi il modo più comune di elaborare il testo e convertirlo in valori numerici comprensibili dall'IA. All'interno di una singola frase il valore associato ad una parola è usato per definire il token embedding, cioè un vettore univoco che rappresenta la parola in uno spazio multidimensionale. Questo vettore è indifferente dalla posizione della parola nella frase: nelle frasi "Giulio beve un caffè con Mario" e "Vado a casa di Giulio", la codifica della parola "Giulio" ha lo stesso vettore. Per valutare la posizione della parola nella frase, si usa la codifica posizionale (nel caso di GPT): un vettore relativo alla posizione che si somma al vettore originale.

I token determinano la capacità del modello di comprendere e generare testo.

5.2 IA nel Risk Management.

Non si trovano molti articoli in letteratura relativi all'uso dell'Intelligenza Artificiale in ambito "gestione del rischio" poiché risulta una tecnologia ancora in via di sviluppo. Negli ultimi anni, fattori come l'aumento della potenza di calcolo e la disponibilità di Big Data, tra gli altri, hanno portato a un rinnovato interesse nel campo. A causa di questa costante evoluzione nella ricerca sull'IA, anche la definizione di ciò che è considerato IA è in continua evoluzione.

Sulla base di queste considerazioni, e sulle ricerche effettuate in letteratura, viene fatta un'analisi critica su differenti aspetti:

- Viene fornita una capacità decisionale ed è stata applicata per influenzare le decisioni relative all'analisi dei rischi?
- Viene fornita una capacità predittiva rispetto a situazioni future che incidono sui progetti in termini di rischio?
- Viene fornita una capacità di apprendimento, adattando le decisioni in base alle conoscenze aggiornate?
- Quanti parametri relativi al rischio (o incerti) sono considerati?
- I set di dati di grandi dimensioni vengono sfruttati?
- Quali compiti relativi alla gestione del rischio (ad es. identificazione, valutazione, risposta) vengono realizzati?

La maggior parte degli studi esaminati nell'Articolo intitolato "Gestione del rischio della catena di approvvigionamento e intelligenza artificiale: stato dell'arte e direzioni di ricerca future" (Baryannis G., Validi S., Dani S. e Antoniou G., 2019) datato 2019 si concentrano sulla progettazione e la valutazione di un modello matematico che tenga conto di una serie di incertezze e rischi, c'è meno attenzione alla definizione e all'analisi dell'applicabilità dei modelli proposti. Infatti:

- il 53% degli studi esaminati non fornisce alcuna capacità decisionale di sorta,
- il 39% offre una qualche forma di intuizioni manageriali per assistere nel processo decisionale,
- solo l'8% fornisce una qualche forma di sistema di supporto alle decisioni, principalmente nelle categorie basate su agenti, ragionamento, Machine Learning e Big Data.

Fondamentalmente l'utilizzo attuale dell'IA funge da supporto ma non pone le basi per un processo decisionale completo. L'utilizzo dell'IA con finalità predittive e di apprendimento è ancora molto limitato.

5.3 Analisi proposta

L'obiettivo dello studio svolto è quello di valutare la possibilità di utilizzare le potenzialità di un'Intelligenza Artificiale di tipo LLM nella fase di identificazione dei rischi di un progetto e quindi di supporto nella compilazione di un Risk Register completo e coerente. Lo studio si incentra sul processo di identificazione svolto da Italferr nell'ambito di progetti infrastrutturali e la modalità di analisi è adattata alle caratteristiche e ai processi dell'azienda. La volontà è quella di ottenere scenari di rischio quanto più vicini a quelli identificati dall'azienda, partendo dagli stessi input. Dopo uno studio preliminare su tutte le IA da testare, si è deciso di voler raggiungere l'obiettivo di far identificare i rischi connessi solamente a una vulnerabilità specifica: "interferenze con strutture e infrastrutture". Per comodità di studio si sono scelte 5 vulnerabilità in modo casuale tra i 22 gruppi di vulnerabilità presenti in azienda, selezionando le vulnerabilità ai quali sono associati meno di venti rischi.

5.4 Processo di valutazione di un'IA

Lo studio proposto si suddivide in differenti fasi:

- Definizione e raccolta di dati: valutare la qualità e quantità di dati disponibili e decidere quali sono rilevanti
- Scegliere il modello di IA da utilizzare
- Definire le variabili di input e output: definire le variabili usate per identificare i rischi e quelle previste dal modello.
- Definire la modalità di prompt
- Valutare i risultati

5.4.1 Definizione dei dati

Inizialmente è necessario definire su quali dati si vuole lavorare e di conseguenza quali saranno gli input da dare alle differenti IA. I dati utilizzati per vare i modelli sono stati acquisiti dai dati di differenti identificazioni effettuate dall'azienda. Si presuppone che la qualità dei dati di conseguenza sia verificata. Per valutare la quantità di dati necessaria sono stati effettuati direttamente dei test sui diversi modelli LLM.

5.4.2 Scelta del modello

Per il nostro studio si è deciso di utilizzare diversi modelli e confrontarli tra loro:

- Modelli che usano tecnologie GPT:
 - ChatGPT
 - ChatSonic
- Modelli alternativi a GPT:
 - Bard

5.4.3 Tecniche di prompt

La difficoltà maggiore nell'utilizzare un'IA è quella di capire le sue logiche di funzionamento, conoscere i suoi limiti e definire le migliori modalità per generare input giusti. Per definire il miglior modo di interrogare l'IA si sono studiati dei modelli preimpostati e si è avanzati per tentativi. Il lavoro iniziale è analogo a tutte le IA:

- Si sono effettuate inizialmente delle semplici interrogazioni, attraverso le quali si è valutata l'affidabilità delle risposte e la capacità di ogni IA, come mostrato nelle figure di seguito.

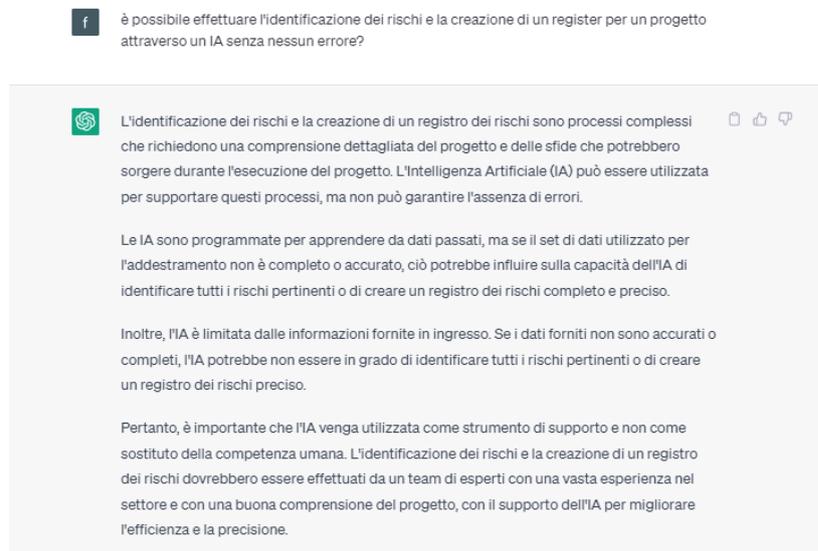


Figura 5.2 - Esempio di interrogazione di ChatGPT

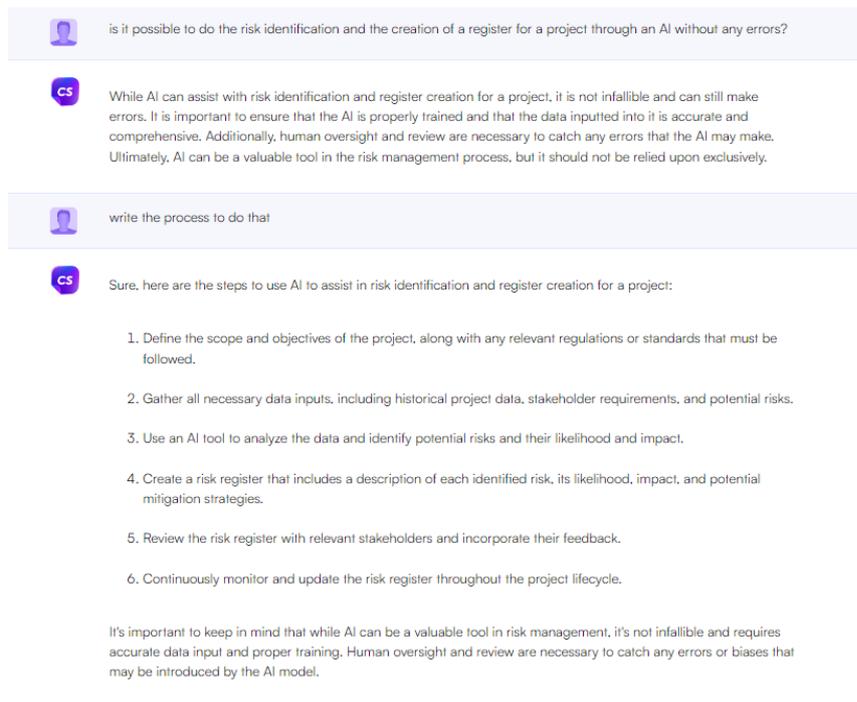


Figura 5.3 - Esempio di interrogazione di ChatSonic

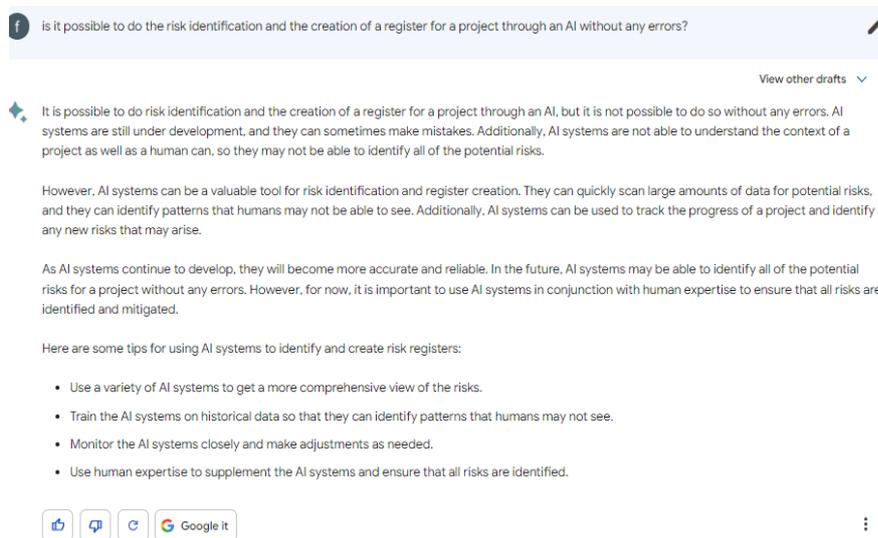


Figura 5.4 - Esempio di interrogazione di Bard

5.4.4 Input immessi

Per ogni IA ci si è poi focalizzati sull'obiettivo di trovare un input relativo all'identificazione dei rischi sulla base della vulnerabilità selezionata. Poiché in ogni IA, modificando anche solo leggermente l'interrogazione si possono ottenere output molto diversi, è stato indispensabile capire le modalità di funzionamento di ogni modello. In particolare, si è osservato che inserendo troppe richieste in input i risultati in output sono meno precisi e dettagliati. Si è osservato quindi che immettendo due o più input consecutivi e concatenati si riuscivano ad ottenere risposte migliori. Infatti, il modello elaborerà la risposta non solamente in base all'ultimo input immesso, ma anche in relazione al precedente output e il suo input relativo. L'unico vincolo alla serie di input concatenati è la memoria dei modelli, relativamente alta per ChatSonic e ChatGPT, leggermente minore per Bard.

Per tutti i modelli si sono considerate alcune vulnerabilità scelte a caso tra quelle presenti in Italferr, e si è deciso di testare i modelli su input identici. Le interrogazioni sono state fatte in inglese principalmente poiché Bard non dispone della possibilità di tradurre frasi in ingresso. Nella figura mostrata nella pagina successiva, si mostrano gli input per ogni vulnerabilità, considerando che il secondo input è sempre una richiesta al modello di creare una tabella e di riscrittura dei rischi/opportunità trovate attraverso un metalinguaggio analogo a quello utilizzato dall'azienda per descrivere gli scenari di rischio: dato che [causa], potrebbe succedere che [evento incidente] che causa [conseguenza]. In azienda è presente un ulteriore tassello che rappresenta la dinamica di impatto. Attraverso il metalinguaggio è molto più semplice "scomporre" lo scenario di rischio e individuare cause, eventi, conseguenze e le relazioni tra loro.

Come verrà anche specificato più avanti, ogni modello sulla base dello stesso input darà risposte differenti, ciò è dovuto alle modalità stesse di funzionamento dei LLM basati su pesi statistici dati ad ogni possibile risposta correlata a una domanda. Si è osservato che in generale effettuando tre interrogazioni si riesce ad avere un insieme di risposte quasi completo.

Vulnerabilità	input immesso
Interferenze con infrastrutture preesistenti	<p>input 1: the risk of a project depends on context. in each contest we have weakness that create risk. In an infrastructural project in which you have the weakness "interferences with other structures preexisting, interferences with other service" create a detailed list of the specific risks and opportunities originated from these weakness with the descriptions</p> <p>input 2: then insert these in a risk register in a tabular form with this field: risk id, risk description (the risk are described with the construction: since [this happen], it could happen that [event] that causes [consequences]), goal impacted (time or cost), is a risk or an opportunity?</p>
Fragilità ambientale	<p>input 1 : the risk of a project depends on context. in each contest we have weakness that create risks. in an infrastructure project in Italy where the "Environmental Fragility" weakness is present, define a detailed and specific list of possible risks that could occur compromising project times and costs inherent to this vulnerability and to problems related to the work area</p> <p>input 2: then insert these in a risk register in a tabular form with this field: risk id, risk description (the risk are described with the construction: since [this happen], it could happen that [event] that causes [consequences]), goal impacted (time or cost), is a risk or an opportunity?</p>
Necessità coordinamento gruppi lavoro	<p>input 1:The risk of a project depends on context. in each contest we have weakness that create risks. in an infrastructure project where the "difficulty in coordinating working group for different causes (dislocation, low experiences of workers, difficulty in work assegnation, low number of worker ecc) " weakness is present, define a detailed and specific list of possible risks that could occur compromising project times and costs inherent to this vulnerability</p> <p>input 2: then insert these in a risk register in a tabular form with this field: risk id, risk description (the risk are described with the construction: since [this happen], it could happen that [event] that causes [consequences]), goal impacted (time or cost), is a risk or an opportunity?</p>
Complessità acquisto/appalto	<p>input 1:The risk of a project depends on context. in each contest we have weakness that create risks. in an infrastructure project where the "Purchasing and/or procurement processes: Variability of Suppliers who can access the tender (quality, number), complexity of procurement strategies and tender procedures, complexity of applying standards, scarce availability of suppliers on the market) " weakness is present, define a detailed and specific list of possible risks that could occur compromising project times and costs inherent to this vulnerability</p> <p>input 2: then insert these in a risk register in a tabular form with this field: risk id, risk description (the risk are described with the construction: since [this happen], it could happen that [event] that causes [consequences]), goal impacted (time or cost), is a risk or an opportunity?</p>
Complessità gestione asset	<p>input 1:The risk of a project depends on context. in each contest we have weakness that create risks. in an infrastructure project where the "Problems in the management of sites, construction sites or factories " weakness is present, define a detailed and specific list of possible risks that could occur compromising project times and costs inherent to this vulnerability</p> <p>input 2: then insert these in a risk register in a tabular form with this field: risk id, risk description (the risk are described with the construction: since [this happen], it could happen that [event] that causes [consequences]), goal impacted (time or cost), is a risk or an opportunity?</p>

Figura 5.5 - Input immessi

5.4.5 Valutazione dei risultati

La valutazione dei risultati si basa su differenti caratteristiche definite insieme all'azienda.

Per valutare le singole IA si sono prese in considerazione alcune proprietà di un register:

- Copertura: si è definito un indice per valutare la copertura effettiva dei rischi identificati preliminarmente da Italferr:

$$I_{\text{Copertura}} = \frac{\sum \text{Rischi identificati dall'IA}}{\text{Rischi identificati da Italferr}}$$

- Coerenza: Rappresenta la correttezza e la coerenza rispetto all'input dato, delle risposte.

$$I_{\text{Coerenza}} = \frac{\sum \text{Rischi identificati coerenti}}{\text{Rischi totali identificati dall'IA}}$$

Questi due indici sono ugualmente importanti: avere un indice di copertura inferiore a uno significa sottostimare il rischio, mentre avere un indice di coerenza minore di uno definisce una sovrastima del rischio stesso.

Per confrontare i rischi identificati dai modelli, con quelli dell'azienda, si è deciso di utilizzare il metalinguaggio con cui sono descritti i rischi in Italferr, e in particolare, partendo da ogni vulnerabilità, i rischi si sono scomposti in eventi e conseguenze.

Poiché le conseguenze sono strettamente collegate agli obiettivi specifici dell'azienda, l'indice di coerenza si è valutato solamente sugli eventi.

5.5 ChatGPT

ChatGPT è un modello sviluppato da Open AI e fa parte dei modelli di intelligenza artificiale di tipo NLP basati sul machine learning, nello specifico è un large language model, caratterizzato dalla capacità di analizzare un numero molto elevato di parole. I modelli GPT (generative pretrained transformer) si basano sull'architettura Transformer e sulle tecniche di pre-addestramento.

ChatGPT si basa e' costituito da una serie di livelli, ognuno dei quali svolge un'attività specifica (Hutanu A., 2023):

- Il livello di input: contiene il testo e lo converte in una rappresentazione numerica. Questo viene fatto attraverso la tokenizzazione, in cui il testo è diviso in singoli token (di solito parole o sotto parole). A ogni token viene quindi assegnato un identificatore numerico univoco chiamato ID token.
- Embedding Layer: in questo strato, ogni token viene trasformato in un vettore ad alta dimensione, che ne rappresenta il significato semantico. Questo livello è seguito da diversi blocchi Transformer, responsabili dell'elaborazione della sequenza dei token. Ogni blocco Transformer contiene due componenti principali: un meccanismo Multi-Head Attention e una rete neurale Feed-Forward. In GPT-3 i token sono mappati in uno spazio di 12.288 dimensioni.
- I blocchi Transformer: diversi blocchi Transformer sono impilati uno sopra l'altro. L'output del blocco Transformer finale viene quindi passato attraverso una serie di livelli completamente connessi, che eseguono la previsione finale. Nel caso di ChatGPT, la previsione finale è una distribuzione di probabilità sul vocabolario, che indica la probabilità di ogni token data la sequenza di input.
- Il meccanismo di attenzione multi-head: il meccanismo di attenzione multi-head consente al modello di soppesare l'importanza di ciascun token nella sequenza quando si effettuano previsioni. Questo meccanismo opera su query, chiavi e valori, dove le query e le chiavi rappresentano la sequenza di input e i valori rappresentano la sequenza di output. L'output di questo meccanismo è una somma ponderata dei valori, in cui i pesi sono determinati dal prodotto scalare delle query e delle chiavi.
- La rete neurale Feed-Forward: è una rete neurale completamente connessa che esegue una trasformazione non lineare sull'input. L'output della rete Feed-Forward viene quindi combinato con

l'output del meccanismo Multi-Head Attention per produrre la rappresentazione finale della sequenza di input.

- Post-attenzione: concatenazione, proiezione, normalizzazione dei livelli
- Strato lineare: l'output del livello precedente è analizzato attraverso lo strato lineare
- Softmax: si ottiene la distribuzione di probabilità sul vocabolario

L'output di GPT non è costituito solamente dalla risposta all'ultimo input ma dal dialogo precedente fino al limite di 2048 token.

5.5.1 Fase di addestramento

L'addestramento si divide in tre fasi principali:

- generative pre-training: viene fornita una grande quantità di dati non strutturati, presi da tantissime fonti diverse, con l'obiettivo di definire relazioni e pattern. In questa fase è effettuata anche l'addestramento predittivo di parole mascherate all'interno di frasi.
- supervised fine tuning: è un apprendimento supervisionato, nel quale vengono date in input task più complesse (riassunti, domande complesse ecc.)
- reinforcement learning from human feedback: l'ultima fase di addestramento in cui vengono corretti errori e bias.

L'addestramento di GPT-3.5 è effettuato sulla base di un numero elevatissimo di dati presi da internet, libri aggiornato al 2021.

5.5.2 Il Lavoro svolto

Si è scelto di interrogare ChatGPT in inglese, poiché in questo modo si evitano il più possibile errori legati a possibili traduzioni sbagliate, anche se è risultato molto affidabile anche trascrivendo l'input in italiano.

Inizialmente si sono svolti degli studi preliminari alla base del funzionamento di ChatGPT. Il modello è stato interrogato attraverso input semplici ed elementari:

Partiamo dalla considerazione che effettuando una stessa domanda a ChatGPT, la risposta non sarà sempre uguale, ma secondo uno studio le risposte a una stessa domanda ripetuta in media hanno una somiglianza del 70-75 % (Schwab P.N., 2023) . La risposta inoltre varia in base alle domande

precedenti, infatti ChatGPT ha una memoria di circa 8000 parole e definisce l'output non solo in base all'ultimo input ma anche in relazione ai precedenti. Quindi in una stessa conversazione, se si effettua in ripetizione la stessa domanda la risposta sarà la stessa, mentre in conversazioni diverse avremo risposte con un grado maggiore o minore di somiglianza, in relazione a quanto l'input è specifico e dettagliato. Sulla base di queste considerazioni si è visto che inserendo uno stesso input per tre volte si riesce ad avere l'intero set di risposte.

5.5.3 Risultati

Un vantaggio ma anche limite di ChatGPT è che se viene fatta una stessa richiesta ma in due conversazioni diverse, poiché ChatGPT utilizza anche i dati precedenti nella conversazione per rispondere (con un limite di memoria), le risposte possono essere diverse.

5.5.3.1 Esempio esplicito per la vulnerabilità "interferenze con strutture e servizi"

Si riporta l'output ottenuto da ChatGPT inerente alla vulnerabilità "interferenze con strutture e servizi".

The screenshot displays the output of a ChatGPT query. It is divided into two main sections: 'Risks' and 'Opportunities'. The 'Risks' section lists six items, including Structural Integrity Risk, Service Disruption Risk, Cost Overruns, Schedule Delays, Regulatory Compliance Risk, and Disruption to Local Communities. The 'Opportunities' section lists five items, including Collaboration with Experts, Improved Design and Planning, Upgraded Infrastructure, Increased Stakeholder Engagement, and Knowledge and Experience Sharing. A concluding note states that the specific risks and opportunities will vary depending on the project's scope, location, and the nature of preexisting structures and services.

the risk of a project depends on context. in each contest we have weakness that create ris
In an infrastructural project in which you have the weakness "interferences with other
structures preexisting, interferences with other service" create a detailed list of the specif
risks and opportunities originated from these weakness with the descriptions

costs.
6. Disruption to Local Communities: Construction activities and service disruptions can
impact the daily lives of local residents and businesses. This may result in community
dissatisfaction, public protests, or legal actions against the project.

Opportunities:

1. Collaboration with Experts: Engaging with structural engineers, architects, and utility
service providers can help mitigate risks associated with interferences. Their expertise
can lead to effective solutions and minimize potential damage to existing structures or
services.
2. Improved Design and Planning: The need to address interferences can encourage
innovative design and planning approaches, resulting in improved project outcomes. This
may involve implementing cutting-edge technologies or finding alternative construction
methods.
3. Upgraded Infrastructure: The project can provide an opportunity to upgrade or
modernize preexisting structures or services, enhancing their functionality, efficiency, or
sustainability. This can lead to long-term benefits and improved user experience.
4. Increased Stakeholder Engagement: Dealing with interferences necessitates close
collaboration and communication with various stakeholders, including government
agencies, service providers, and local communities. This can foster stronger
relationships, trust, and cooperation, which may benefit the project's overall success.
5. Knowledge and Experience Sharing: Overcoming challenges related to interferences can
generate valuable insights and lessons learned. This knowledge can be shared with
future projects, improving the industry's understanding and approach to similar issues.

It's important to note that the specific risks and opportunities will vary depending on the
project's scope, location, and the nature of preexisting structures and services. Therefore, a
thorough analysis and assessment should be conducted to tailor this list to the specific
context of the infrastructural project in question.

Figura 5.6 - Output 1 ChatGPT prima parte

then insert these in a risk register in a tabular form with this field: risk id, risk description (the risk are described with the construction: since [this happen], it could happen that [event] that causes [consequences]), goal impacted (time or cost), is a risk or an opportunity?"

Certainly! Here's a risk register table incorporating the risks and opportunities related to interferences with preexisting structures and services in an infrastructural project:

Risk ID	Risk Description	Goal Impacted	Risk/Opportunity?
R1	Structural Integrity Risk: Since the project involves working near preexisting structures, it could happen that structural damage occurs, leading to collapse or damage.	Safety	Risk
R2	Service Disruption Risk: Since the project interferes with existing services, it could happen that disruptions occur, affecting power, water, or telecommunication services.	Service	Risk
R3	Cost Overruns: Since the project encounters interferences, it could happen that additional expenses are incurred for redesign, materials, or specialized equipment.	Cost	Risk
R4	Schedule Delays: Since the project deals with interferences, it could happen that changes in construction plans lead to schedule delays and missed deadlines.	Time	Risk
R5	Regulatory Compliance Risk: Since the project faces interferences, it could happen that obtaining permits, licenses, or approvals is delayed or rejected, impacting project schedules and costs.	Time, Cost	Risk

R6	Disruption to Local Communities: Since the project involves interferences, it could happen that community dissatisfaction, protests, or legal actions arise due to construction activities or service disruptions.	Reputation	Risk
O1	Collaboration with Experts: The project's need to address interferences provides an opportunity for engaging with experts, leading to effective solutions and minimized damage to existing structures/services.	N/A	Opportunity
O2	Improved Design and Planning: The project's requirement to deal with interferences promotes innovative design and planning approaches, resulting in improved outcomes.	N/A	Opportunity
O3	Upgraded Infrastructure: The project presents an opportunity to upgrade or modernize preexisting structures or services, enhancing their functionality, efficiency, or sustainability.	N/A	Opportunity
O4	Increased Stakeholder Engagement: Dealing with interferences necessitates close collaboration and communication with various stakeholders, fostering stronger relationships and cooperation.	N/A	Opportunity
O5	Knowledge and Experience Sharing: Overcoming challenges related to interferences generates valuable insights and lessons learned, benefiting future projects and industry understanding.	N/A	Opportunity

Please note that the "Goal Impacted" field includes "Time," "Cost," "Safety," "Service," and "Reputation" as possible impacts. The "Risk/Opportunity?" field indicates whether each item is classified as a risk or an opportunity.

Figura 5.7 - Output 1 ChatGPT seconda parte

Certainly! Here's a risk register in tabular form, incorporating the risks, descriptions, impacted goals, and whether each item is a risk or an opportunity:

Risk ID	Risk Description	Goal Impacted	Risk/Opportunity
R1	Structural damage could occur due to excavation, construction, or heavy machinery operation, potentially causing delays and additional costs.	Time, Cost	Risk
R2	The project may disrupt or interfere with the functioning of other services, such as utility lines, transportation systems, or telecommunication networks, leading to delays and increased costs.	Time, Cost	Risk
R3	Interferences with preexisting structures and services may result in unexpected challenges, delays, and cost overruns.	Time, Cost	Risk
R4	Inconvenience or disturbance caused by the project's interferences with local residents, businesses, or stakeholders may lead to dissatisfaction and opposition.	N/A	Risk
R5	Legal or regulatory hurdles may arise due to conflicting requirements or restrictions related to the existing structures or services, potentially resulting in delays and increased compliance costs.	Time, Cost	Risk
R6	Environmental impact may occur, such as soil erosion, pollution, or habitat disruption, due to the project's interferences with preexisting structures and services.	N/A	Risk
R7	The project's association with interferences and potential negative impacts may harm the reputation and public image of the project team or the funding organization.	N/A	Risk

O1	Conducting thorough structural assessments and implementing appropriate measures to mitigate the risk of structural damage can enhance the resilience and longevity of preexisting structures.	N/A	Opportunity
O2	Collaborating with relevant service providers to coordinate schedules, reroute services, or establish temporary alternatives can optimize project timelines and reduce disruptions.	N/A	Opportunity
O3	Conducting a comprehensive risk assessment, developing contingency plans, and proactively identifying potential interferences can mitigate delays and manage costs effectively.	Time, Cost	Opportunity
O4	Engaging in transparent and regular communication with stakeholders, addressing concerns, and involving them in decision-making processes can foster understanding, gain support, and potentially identify collaboration opportunities.	N/A	Opportunity
O5	Conducting thorough research, engaging with regulatory authorities, and seeking necessary permits or waivers can ensure legal and regulatory compliance, potentially influencing regulations for safer and more efficient infrastructure development.	N/A	Opportunity
O6	Implementing sustainable construction practices, proper waste management techniques, and mitigation measures can minimize environmental impact and contribute to ecological restoration or improvement.	N/A	Opportunity
O7	Prioritizing transparency, accountability, and responsible project management can enhance the project team's reputation and public image, showcasing commitment to community welfare, sustainable development, and stakeholder satisfaction.	N/A	Opportunity

Figura 5.8 - Output 2 ChatGPT seconda parte

Risk ID	Risk Description	Goal Impacted	Risk/Opportunity
R1	Due to interfering with preexisting structures, structural damage could occur, leading to safety risks, delays, and additional costs.	Time, Cost	Risk
R2	Interfering with other services may cause disruptions, leading to service outages, impacting daily operations and potentially incurring delays.	Time, Cost	Risk
R3	Unforeseen interferences might result in delays and cost overruns due to redesigns, additional permits, or complex workarounds.	Time, Cost	Risk
R4	Interferences with preexisting structures or services may cause stakeholder disputes, resulting in conflicts and potential project setbacks.	Time, Cost	Risk
R5	Compliance with legal and regulatory requirements related to interferences could cause delays if not appropriately addressed.	Time, Cost	Risk
R6	Technical challenges arising from interferences might introduce complexities during construction or implementation, potentially causing delays.	Time, Cost	Risk
O1	Collaborative solutions to mitigate structural damage risks can be explored, leading to improved project outcomes and enhanced safety.	Time, Cost	Opportunity
O2	Infrastructure integration with other services presents an opportunity for enhanced efficiency, reduced downtime, and improved service reliability.	Time, Cost	Opportunity
O3	Risk contingency planning can mitigate the impact of delays and cost overruns, ensuring smoother project execution.	Time, Cost	Opportunity
O4	Proactive stakeholder engagement and communication can build positive relationships and minimize disputes, benefiting project progress.	Time, Cost	Opportunity
O5	Comprehensive compliance management can streamline permit acquisition and reduce the risk of delays.		

Figura 5.9 - Output 3 ChatGPT parte 2

Per valutare l'effettiva corrispondenza tra l'output e il rischio identificato da Italferr, si è deciso di utilizzare la descrizione dei rischi effettuata nel Risk Register attraverso il metalinguaggio: la vulnerabilità combinata con un evento genera una o più conseguenze. I rischi sono stati quindi confrontati con gli eventi e le conseguenze, come mostrato nelle immagini successive.

	A1 Complicanze risultanti nella realizzazione opera (sicurezza/danneggiamenti)	A2 risoluzione conflitti non in linea con quanto pianificato	A3 l'ente responsabile della scelta delle modalità di risoluzione delle interferenze potrebbe inviare un preventivo più esoso del previsto	A4 nel corso del progetto potrebbe emergere la necessità di ulteriori lavorazioni non previste (ad es. a causa di interazioni non previste con la linea o a causa dello stato delle strutture)	A5 l'ente responsabile della scelta delle modalità di risoluzione delle interferenze potrebbe richiedere una soluzione non prevista	A6 l'ente responsabile della scelta delle modalità di risoluzione delle interferenze potrebbe inviare un preventivo significativo	Errata
ChatGPT/Eventi							
Output1							
Structural Integrity Risk: Since the project involves working near preexisting structures, it could happen that structural damage occurs, leading to collapse or damage.	X						
Service Disruption Risk: Since the project interferes with existing services, it could happen that disruptions occur, affecting power, water, or telecommunication services.							
Cost Overruns: Since the project encounters interferences, it could happen that additional expenses are incurred for redesign, materials, or specialized equipment.			X				
Schedule Delays: Since the project deals with interferences, it could happen that changes in construction plans lead to schedule delays and missed deadlines.				X			
Regulatory Compliance Risk: Since the project faces interferences, it could happen that obtaining permits, licenses, or approvals is delayed or rejected, impacting project schedules and costs.		X					
Disruption to Local Communities: Since the project involves interferences, it could happen that community dissatisfaction, protests, or legal actions arise due to construction activities or service disruptions.							
Collaboration with Experts: The project's need to address interferences provides an opportunity for engaging with experts, leading to effective solutions and minimized damage to existing structures/services.						X	
Improved Design and Planning: The project's requirement to deal with interferences promotes innovative design and planning approaches, resulting in improved outcomes.							
Upgraded Infrastructure: The project presents an opportunity to upgrade or modernize preexisting structures or services, enhancing their functionality, efficiency, or sustainability.							
Increased Stakeholder Engagement: Dealing with interferences necessitates close collaboration and communication with various stakeholders, fostering stronger relationships and cooperation.							
Knowledge and Experience Sharing: Overcoming challenges related to interferences generates valuable insights and lessons learned, benefiting future projects and industry understanding.							
Output2							1
Construction activities may cause structural damage to preexisting structures.	X						
Interference with preexisting structures without proper authorization may lead to legal disputes.		X					
Safety hazards such as collapses or falling debris may occur due to interferences with existing structures.							
Interferences with preexisting structures may cause delays in the project timeline.		X					
Collaboration with experts can provide insights to mitigate interferences with preexisting structures.							
Thorough site assessments and surveys can identify potential interferences early, reducing project risks.							
Effective stakeholder communication can facilitate problem-solving and minimize risks.							
Interferences may lead to economic opportunities through cost-sharing agreements or joint ventures.							
Construction activities may cause disruption to existing services, leading to inconvenience.	X						
Coordinating with existing services can increase project complexity.		X					
Technical challenges may arise when interfering with existing services.				X			
Unforeseen interferences with existing services can result in cost overruns.		X					
Coordinating with service providers can result in improved infrastructure integration.							
Interference with existing services may encourage the adoption of innovative construction techniques.							
Addressing interferences can lead to the incorporation of sustainable practices.							
Upgrading utilities during construction can benefit the local community with improved services.							
Output3							1
Due to interfering with preexisting structures, structural damage could occur, leading to safety risks, delays, and additional costs.	X						
Interfering with other services may cause disruptions, leading to service outages, impacting daily operations and potentially incurring delays.							
Unforeseen interferences might result in delays and cost overruns due to redesigns, additional permits, or complex workarounds.				X			
Interferences with preexisting structures or services may cause stakeholder disputes, resulting in conflicts and potential project setbacks.							
Compliance with legal and regulatory requirements related to interferences could cause delays if not appropriately addressed.							
Technical challenges arising from interferences might introduce complexities during construction or implementation, potentially causing delays.							
Collaborative solutions to mitigate structural damage risks can be explored, leading to improved project outcomes and enhanced safety.							
Infrastructure integration with other services presents an opportunity for enhanced efficiency, reduced downtime, and improved service reliability.							
Risk contingency planning can mitigate the impact of delays and cost overruns, ensuring smoother project execution.							
Proactive stakeholder engagement and communication can build positive relationships and minimize disputes, benefiting project progress.							
Comprehensive compliance management can streamline permit acquisition and reduce the risk of delays.							
Overcoming technical challenges presents an opportunity for innovative engineering solutions and improved project outcomes.							
Totale	4	5	1	3	0	1	1

Figura 5.10 - Confronto ChatGPT ed eventi Italferr

ChatGPT/Conseguenze	A1.1 potrebbe essere necessario procedere nella costruzione effettuando attività più onerose- potrebbe essere necessario procedere nella costruzione effettuando attività più lente/costose	A2.1 la risoluzione delle interferenze potrebbe rendere più oneroso e più lungo il lavoro	A3.1 il preventivo potrebbe far aumentare i costi/tempi	A4.1 le attività addizionali potrebbero generare un aumento dei costi/tempi	A5.1 la soluzione proposta potrebbe richiedere più tempo di quello previsto nella pianificazione	Non è la raccomandazione proposta potrebbe essere ottimizzata, l'ottimizzazione potrebbe ripercuotersi sui costi e	Errate /coerenza
Output1							
Structural Integrity Risk: Since the project involves working near preexisting structures, it could happen that structural damage occurs, leading to collapse or damage.							
Service Disruption Risk: Since the project interferes with existing services, it could happen that disruptions occur, affecting power, water, or telecommunication services.							
Cost Overruns: Since the project encounters interferences, it could happen that additional expenses are incurred for redesign, materials, or specialized equipment.	X			X			
Schedule Delays: Since the project deals with interferences, it could happen that changes in construction plans lead to schedule delays and missed deadlines.		X		X			
Regulatory Compliance Risk: Since the project faces interferences, it could happen that obtaining permits, licenses, or approvals is delayed or rejected, impacting project schedules and costs.							
Disruption to Local Communities: Since the project involves interferences, it could happen that community dissatisfaction, protests, or legal actions arise due to construction activities or service disruptions.							
Collaboration with Experts: The project's need to address interferences provides an opportunity for engaging with experts, leading to effective solutions and minimized damage to existing structures/services.							
Improved Design and Planning: The project's requirement to deal with interferences promotes innovative design and planning approaches, resulting in improved outcomes.							
Upgraded Infrastructure: The project presents an opportunity to upgrade or modernize preexisting structures or services, enhancing their functionality, efficiency, or sustainability.							
Increased Stakeholder Engagement: Dealing with interferences necessitates close collaboration and communication with various stakeholders, fostering stronger relationships and cooperation.							
Knowledge and Experience Sharing: Overcoming challenges related to interferences generates valuable insights and lessons learned, benefiting future projects and industry understanding.							1
Output2							
Construction activities may cause structural damage to preexisting structures.							
Interference with preexisting structures without proper authorization may lead to legal disputes.							
Safety hazards such as collapses or falling debris may occur due to interferences with existing structures.							
Interferences with preexisting structures may cause delays in the project timeline.							
Collaboration with experts can provide insights to mitigate interferences with preexisting structures.							
Thorough site assessments and surveys can identify potential interferences early, reducing project risks.							
Effective stakeholder communication can facilitate problem-solving and minimize risks.							
Interferences may lead to economic opportunities through cost-sharing agreements or joint ventures.							
Construction activities may cause disruption to existing services, leading to inconvenience.							
Coordinating with existing services can increase project complexity.							
Technical challenges may arise when interfering with existing services.							
Unforeseen interferences with existing services can result in cost overruns.		X					
Coordinating with service providers can result in improved infrastructure integration.							
Interference with existing services may encourage the adoption of innovative construction techniques.							
Addressing interferences can lead to the incorporation of sustainable practices.							
Upgrading utilities during construction can benefit the local community with improved services.							1
Output3							
Due to interfering with preexisting structures, structural damage could occur, leading to safety risks, delays, and additional costs.	X						
Interfering with other services may cause disruptions, leading to service outages, impacting daily operations and potentially incurring delays.							
Unforeseen interferences might result in delays and cost overruns due to redesigns, additional permits, or complex workarounds.		X					
Interferences with preexisting structures or services may cause stakeholder disputes, resulting in conflicts and potential project setbacks.							
Compliance with legal and regulatory requirements related to interferences could cause delays if not appropriately addressed.							
Technical challenges arising from interferences might introduce complexities during construction or implementation, potentially causing delays.				X			
Collaborative solutions to mitigate structural damage risks can be explored, leading to improved project outcomes and enhanced safety.						X	
Infrastructure integration with other services presents an opportunity for enhanced efficiency, reduced downtime, and improved service reliability.							
Risk contingency planning can mitigate the impact of delays and cost overruns, ensuring smoother project execution.							
Proactive stakeholder engagement and communication can build positive relationships and minimize disputes, benefiting project progress.							
Comprehensive compliance management can streamline permit acquisition and reduce the risk of delays.							
Overcoming technical challenges presents an opportunity for innovative engineering solutions and improved project outcomes.							
Totale	2	3	0	3	0	1	1

Figura 5.11 - Confronto ChatGPT e conseguenze Italferr

In modo analogo per le altre vulnerabilità considerate, riportiamo solo la tabella riassuntiva:

ChatGPT/Eventi	B1 potrebbero verificarsi dei fornelli/rilasci durante le lavorazioni in galleria	B2 potrebbero esserci ritrovamenti archeologici imprevisti	B3 potrebbe essere rilevato materiale inquinato da sostanze che ne rendono obbligatoria la bonifica	B4 terreni inquinati interferenti con il tracciato previsto potrebbero non essere individuati prima della consegna del progetto	B5 potrebbero esserci imprevisti geologici	indice coerenza
Output1	X	X			X	1
Output 2		X	X		X	0,8
output3	X	X			X	0,7778
ChatGPT/ conseguenze	B1.1 sospensioni delle attività (anche per effetto di eventuali infortuni) e la successiva necessità di eseguire interventi di ripristino allungando i tempi di consegna dell'opera"	B2.1 i ritrovamenti archeologici potrebbero causare un fermo lavori e/o attività addizionali che causano aumenti di tempi e costi	B3.1 L'Appaltatore potrebbe ottenere il riconoscimento di oneri addizionali in ragione della bonifica imprevista di materiale inquinato	B4.1 le problematiche non identificate in sede di progettazione potrebbero generare varianti durante l'esecuzione, le varianti potrebbero far aumentare i costi/tempi dell'opera	B5.1 fermo lavori e/o attività addizionali, il fermo lavori e/o le attività addizionali potrebbero causare un allungamento dei tempi di realizzazione dell'opera	indice coerenza
Output1	X	X			X	1
Output 2		X	X		X	0,8
output3	X	X			X	0,7778

Figura 5.12 - Confronto vulnerabilità "fragilità ambientale"

ChatGPT/Eventi	C1 alcune attività potrebbero non essere state assegnate a nessun gruppo di lavoro + gli elementi mancanti nella progettazione potrebbero non essere rilevati per tempo	C2 Alcune attività potrebbero non essere state assegnate a nessun gruppo di lavoro + difficoltà integrazione a sistema + incompletezza del progetto e/o le carenze di integrazione di sistema potrebbero non essere rilevate	C3 difficoltà nelle attività di integrazione di sistema + le carenze di integrazione di sistema potrebbero essere evidenziate tardivamente	C4 il numero di progettisti assegnati a questo progetto potrebbe essere minore di quanto pianificato	C5 il gruppo di lavoro è sottodimensionato	C6 le attività degli elaborati potrebbero essere carenti poiché risorse con poca esperienza	C7 potrebbe esserci un ritardo nell'approvazione del Progetto Esecutivo	Indice Coerenza
Output1	X				X	X		1
Output2	X					X		0,9375
Output3	X					X		1
ChatGPT/conseguenze	C1.1 la risoluzione delle non conformità potrebbe implicare ritardi nelle attività	C2.1 causa dell'incompletezza o carenza del Progetto Esecutivo, il costo/tempo della costruzione potrebbe aumentare	C3.1 la risoluzione delle non conformità potrebbe implicare ritardi nelle attività"	C4.1 il numero limitato di progettisti potrebbe generare un ritardo nella progettazione	C5.1 la mancanza di personale potrebbe rendere meno efficaci alcuni controlli	C6.1 Necessità rafforzamento di alcune lavorazioni	C7.1 il ritardo potrebbe ripercuotersi sulle attività di costruzione	Icoerenza
Output1	X			X	X	X		1
Output2	X					X		0,9375
Output3	X				X	X		1

Figura 5.13 - Confronto vulnerabilità "Necessità coordinamento gruppi di lavoro "

ChatGPT/Eventi	D1 in fase di gara, sono state richieste all'appaltatore ottimizzazioni in fase di costruzione e/o attività di value engineering	D2 l'appalto potrebbe essere aggiudicato con un ribasso superiore a quello previsto	D3 adozione di strategie di appalto inadatte	D4 difficoltà di applicazione delle norme e leggi che regolano acquisti e/o appalti	D5 gara già aggiudicata a causa di ricorsi	D6 mancanza di partecipanti	D7 Difficoltà individuazione affidatari gare	D8 meccanismi di gara incitano concorrenti a ribassi	Icoerenza
Output1			X	X		X		X	1
Output2		X		X		X	X		1
Output3			X			X		X	1
ChatGPT/conseguenze	D1.1 l'appaltatore potrebbe, quindi, proporre soluzioni efficaci che generano un abbassamento dei costi dell'opera	D 2.1 risparmio costi	D 3.1 allungamento dei tempi della gara di appalto	D4.1 allungamento dei tempi della gara	D 5.1 blocco delle procedure di assegnazione	D 6.1 allungamento dei tempi della gara	D 7.1 allungamento tempi gara	D 8.1 diminuzione tempi progetto	Icoerenza
Output1				X				X	1
Output2		X		X		X	X		1
Output3			X			X		X	1

Figura 5.15 – Confronto vulnerabilità “Complessità acquisto/appalto”

ChatGPT/Eventi	movimentazione di apparati e/o parti d'opera prefabbricate di grandi dimensioni + attività di costruzione ostacolate, ad esempio a causa delle limitate dimensioni del cantiere	E2 ritardare nella consegna delle aree	E3 potrebbero nascere problematiche legate alle aree di cantiere (ad es. consegna ritardata, ritardi nella autorizzazioni)	E4 criticità costruttive mancata disponibilità e/o capienza siti conferimento dei materiali provenienti dagli scavi e/o dalle demolizioni	E5 procedure di esproprio più complesse del previsto	Icoerenza
Output1		X	X			0,818182
Output2		X	X			0,9
Output3		X	X			1
ChatGPT/conseguenze	E1.1 la risoluzione di queste problematiche potrebbe rendere necessarie attività più onerose di quelle previste	E2.1 richiesta lavoro aggiuntivo, maggiori costi e tempi	E 3.1 problematiche potrebbero allungare i tempi di realizzazione	E4.1 l'aumento delle distanze da percorrere e l'eventuale aumento dei costi di conferimento potrebbero generare oneri imprevisiti	E5.1 consegna ritardo area e aumento tempi e costi	Icoerenza
Output1		X	X			0,818182
Output2		X	X			0,9
Output3		X	X			1

Figura 5.14 - Confronto vulnerabilità "complessità gestione asset"

5.6 ChatSonic

ChatSonic è una piattaforma LLM di WriteSonic che utilizza la tecnologia GPT 4 in modo analogo a ChatGPT ma in più presenta la possibilità di connettersi a Google dando la possibilità di avere contenuti e output continuamente aggiornati.

Anche in questo caso a seguito di uno stesso input l'output generato sarà differente, ma si vedono risultati soddisfacenti con 3/4 interrogazioni integrate tra loro. Si è provato ad ottenere delle risposte facendogli effettuare ricerche online

5.6.1 Il Lavoro svolto

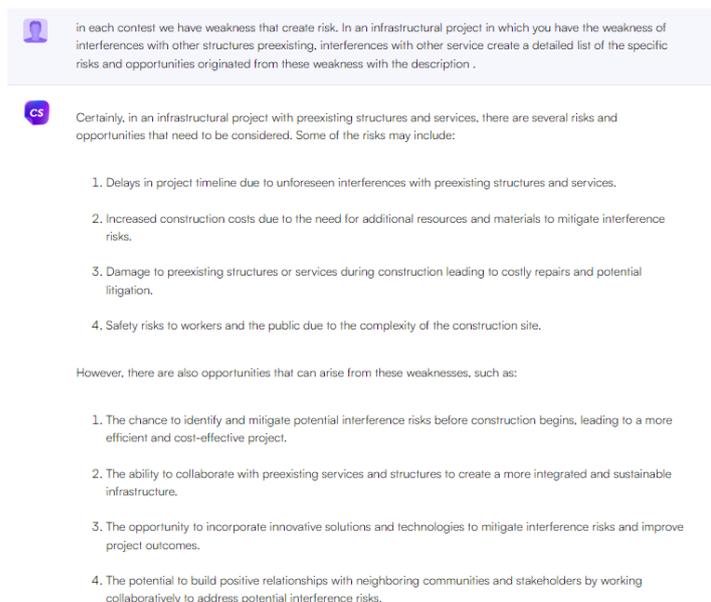
Anche in questo caso si è scelto di interrogare ChatSonic in inglese.

Le considerazioni di partenza sono del tutto analoghe a quelle di ChatGPT, quindi si sono effettuate diverse interrogazioni, provando a trovare il modo migliore per esprimere l'input. Si è valutato l'input migliore in base alla coerenza delle risposte.

5.6.2 Risultati

5.6.2.1 Esempio esplicito per la vulnerabilità "interferenze con strutture e servizi"

Come nel caso precedente si riporta un esempio di output considerando la vulnerabilità sulle interferenze infrastrutturali:



The screenshot shows a chat interface with two messages. The first message, from a user (represented by a person icon), asks for a detailed list of specific risks and opportunities from weaknesses in an infrastructural project. The second message, from ChatSonic (represented by a 'CS' icon), provides a structured response. It first lists four risks: 1. Delays in project timeline due to unforeseen interferences with preexisting structures and services. 2. Increased construction costs due to the need for additional resources and materials to mitigate interference risks. 3. Damage to preexisting structures or services during construction leading to costly repairs and potential litigation. 4. Safety risks to workers and the public due to the complexity of the construction site. It then states that there are also opportunities that can arise from these weaknesses, such as: 1. The chance to identify and mitigate potential interference risks before construction begins, leading to a more efficient and cost-effective project. 2. The ability to collaborate with preexisting services and structures to create a more integrated and sustainable infrastructure. 3. The opportunity to incorporate innovative solutions and technologies to mitigate interference risks and improve project outcomes. 4. The potential to build positive relationships with neighboring communities and stakeholders by working collaboratively to address potential interference risks.

Figura 5.16 - Output 1 ChatSonic prima parte



then insert these in a risk register in a tabular form with this field: risk id, risk description (the risk are described with the construction: since [this happen], it could happen that [event] that causes [consequences]), goal impacted (time or cost), is a risk or an opportunity?



Certainly! Here is the risk register as per your requirement:

Risk ID	Risk Description	Goal Impacted	Risk or Opportunity?
R001	Since the project involves preexisting structures and services, it could happen that unexpected issues arise during construction, causing delays and increased costs	Time and Cost	Risk
R002	Due to the complexity of the project, there is a risk of damage to the preexisting structures and services, leading to expensive repairs and legal issues	Cost	Risk
R003	Safety risks associated with construction activities could lead to accidents and injuries to workers and the public, resulting in legal and reputational damage	Time and Cost	Risk
O001	Early identification and mitigation of potential risks could lead to a more efficient and cost-effective construction process	Time and Cost	Opportunity
O002	Collaboration between stakeholders, including government agencies, contractors, and local communities, can lead to a more integrated and coordinated infrastructure	Time and Cost	Opportunity
O003	Incorporating innovative solutions, such as sustainable construction practices and new technologies, can lead to cost savings and positive environmental impacts	Cost	Opportunity
O004	Building positive relationships with stakeholders can lead to increased trust, support, and cooperation, which can contribute to a smoother construction process and long-term success of the infrastructure	Time	Opportunity

Figura 5.17 - Output 1 Chatsonic seconda parte



then insert these in a risk register in a tabular form with this field: risk id, risk description (the risk are described with the construction: since [this happen], it could happen that [event] that causes [consequences]), goal impacted (time or cost), is a risk or an opportunity?.



Sure, I can definitely help you with that! Here is a risk register table that includes the risks and opportunities associated with an infrastructural project due to interference with preexisting structures and services:

Risk ID	Risk Description	Goal Impacted	Risk/Opportunity
R1	Since the project involves construction near preexisting structures, it could happen that the vibrations from the construction equipment cause structural damage to the nearby buildings, which could result in delays and additional costs for repairs.	Time and Cost	Risk
R2	Since the project involves excavation work near preexisting utility lines, it could happen that the utility lines are damaged, which could disrupt services and result in additional costs for repairs.	Time and Cost	Risk
R3	Since the project involves working near preexisting structures, there is an opportunity to collaborate with the owners of the structures to minimize disruptions and coordinate construction schedules to reduce delays and costs.	Time and Cost	Opportunity
R4	Since the project involves upgrading infrastructure, there is an opportunity to improve the efficiency and safety of the preexisting structures and services, which could result in cost savings and increased productivity.	Time and Cost	Opportunity

Figura 5.18 - Output 2 ChatSonic seconda parte



Sure, here's an example of a risk register in a tabular format:

Risk ID	Risk Description	Goal Impacted	Risk/Opportunity
R001	Since the project involves excavation near existing structures, it could happen that the excavation causes damage to the structures, leading to delays in project completion and additional costs for repairs.	Cost	Risk
R002	If the project interferes with local services, such as power lines or water supply, it could result in service interruptions for residents and businesses in the area, leading to delays and potential penalties for the project.	Time	Risk
R003	The project provides an opportunity to upgrade existing infrastructure to be more sustainable and efficient, leading to long-term cost savings and environmental benefits.	Cost	Opportunity
R004	If the project is completed on time and within budget, it could lead to positive publicity and increased confidence in the project team and stakeholders.	Time, Cost	Opportunity

Figura 5.19 - Output 3 ChatSonic seconda parte

Di seguito si riportano le tabelle di confronto tra i tre output di ChatSonic e gli eventi e conseguenze di Italferr:

ChatSonic/eventi	A1 Complicanze risultanti nella realizzazione opera (sicurezza/danneggiamenti)	A2 risoluzione conflitti non in linea con quanto pianificato	A3 l'ente responsabile della scelta delle modalità di risoluzione delle interferenze potrebbe inviare un preventivo più esoso del previsto	A4 nel corso del progetto potrebbe emergere la necessità di ulteriori lavorazioni inizialmente non previste (ad es. a causa di interazioni non previste con la linea o a causa dello stato delle strutture)	A5 l'ente responsabile della scelta delle modalità di risoluzione delle interferenze potrebbe richiedere una soluzione non prevista	A6 L'ente responsabile della scelta delle modalità di risoluzione delle interferenze potrebbe inviare un preventivo significativo per la risoluzione dell'interferenza	Errata
Output1							
Since the project involves preexisting structures and services, it could happen that unexpected issues arise during construction, causing delays and increased costs	X			X			
Due to the complexity of the project, there is a risk of damage to the preexisting structures and services, leading to expensive repairs and legal issues	X						
Safety risks associated with construction activities could lead to accidents and injuries to workers and the public, resulting in legal and reputational damage							X
Early identification and mitigation of potential risks could lead to a more efficient and cost-effective construction process							
Collaboration between stakeholders, including government agencies, contractors, and local communities, can lead to a more integrated and coordinated infrastructure							
Incorporating innovative solutions, such as sustainable construction practices and new technologies, can lead to cost savings and positive environmental impacts						X	
Building positive relationships with stakeholders can lead to increased trust, support, and cooperation, which can contribute to a smoother process							
Output2							0,85/143
Since the project involves construction near preexisting structures, it could happen that the vibrations from the construction equipment cause structural damage to the nearby buildings, which could result in delays and additional costs for repairs.	X						
Since the project involves excavation work near preexisting utility lines, it could happen that the utility lines are damaged, which could disrupt services and result in additional costs for repairs.							X
Since the project involves working near preexisting structures, there is an opportunity to collaborate with the owners of the structures to minimize disruptions and coordinate construction schedules to reduce delays and costs.							
Since the project involves upgrading infrastructure, there is an opportunity to improve the efficiency and safety of the preexisting structures and services, which could result in							
Output3							0,75
Since the project involves excavation near existing structures, it could happen that excavation causes damage to the structures, leading to delays in project completion and additional costs for repair							X
If the project interferes with local services, such as power lines or water supply, it could result in service interruptions for residents and businesses in the area, leading to delays and potential penalties for the project							
The project provides an opportunity to upgrade existing infrastructure to be more sustainable and efficient, leading to long-term cost savings and environmental benefits							
If the project is completed on time and within budget, it could lead to positive publicity and increased confidence in the project team and stakeholders							
Totale	3	0	0	1	0	1	0,75

Figura 5.20 - Confronto ChatSonic ed eventi Italferr

ChatSonic/conseguenze	A1.1 potrebbe essere necessario procedere nella costruzione effettuando attività più onerose - potrebbe essere necessario procedere nella costruzione effettuando attività più	A2.1 la risoluzione delle interferenze potrebbe rendere più oneroso e più lungo il lavoro	A3.1 il preventivo potrebbe far aumentare i costi/tempi	A4.1 le attività aggiuntive potrebbero generare un aumento dei costi/tempi	A5.1 la soluzione proposta potrebbe richiedere più tempo di quello previsto nella pianificazione	A6.1 La risoluzione proposta potrebbe essere ottimizzata - l'ottimizzazione potrebbe ripercuotersi sui costi e tempi	Errore
Output1							
Since the project involves preexisting structures and services, it could happen that unexpected issues arise during construction, causing delays and increased costs	X			X			
Due to the complexity of the project, there is a risk of damage to the preexisting structures and services, leading to expensive repairs and legal issues							
Safety risks associated with construction activities could lead to accidents and injuries to workers and the public, resulting in legal and reputational damage							X
Early identification and mitigation of potential risks could lead to a more efficient and cost-effective construction process							
Collaboration between stakeholders, including government agencies, contractors, and local communities, can lead to a more integrated and coordinated infrastructure							
Incorporating innovative solutions, such as sustainable construction practices and new technologies, can lead to cost savings and positive environmental impacts						X	
Engaging and transparent communication with stakeholders can lead to increased trust, support, and cooperation, which can contribute to a smoother construction process and better overall project outcomes							
Output2							0.857143
Since the project involves construction near preexisting structures, it could happen that the vibrations from the construction equipment cause structural damage to the nearby buildings, which could result in delays and additional costs for repairs.	X						
Since the project involves excavation work near preexisting utility lines, it could happen that the utility lines are damaged, which could disrupt services and result in additional costs for repairs.							
Since the project involves working near preexisting structures, there is an opportunity to collaborate with the owners of the structures to minimize disruptions and coordinate construction schedules to reduce delays and costs.							
Since the project involves upgrading infrastructure, there is an opportunity to improve the efficiency and safety of the preexisting structures and services, which could result in							
Output3							1
since the project involves excavation near existing structures, it could happen that excavation causes damage to the structures, leading to delays in project completion and additional costs for repair							X
if the project interferes with local services, such as power lines or water supply, it could result in service interruptions for residents and businesses in the area, leading to delays and potential penalties for the project							
the project provides an opportunity to upgrade existing infrastructure to be more sustainable and efficient, leading to long-term cost savings and environmental benefits							
if the project is completed on time and within budget, it could lead to positive publicity and increased confidence in the project team and stakeholders							
Totale	2	0	0	1	0	1	0.75

Figura 5.21 - Confronto ChatSonic e conseguenze Italferr

Di seguito le tabelle riassuntive per le altre interferenze:

ChatSonic/Eventi	B1 potrebbero verificarsi dei fornelli/rilasci durante le lavorazioni in galleria	B2 potrebbero esserci ritrovamenti archeologici imprevisti	B3 nell'ambito della realizzazione dell'appalto potrebbe essere rilevato materiale inquinato da sostanze che ne rendono obbligatoria la bonifica	B4 terreni inquinati interferenti con il tracciato previsto potrebbero non essere individuati prima della consegna del progetto	B5 potrebbero esserci imprevisti geologici	Indice coerenza
Output1					X	0,833333
Output 2	X				X	0,571429
output3						0,75
ChatSonic/Conseguenze	B1.1 il verificarsi di tali eventi potrebbe causare sospensioni delle attività (anche per effetto di eventuali infortuni) e la successiva necessità di eseguire interventi di ripristino al fronte per il riavvio dello scavo allungando i tempi di consegna dell'opera"	B2.1 i ritrovamenti archeologici potrebbero causare un fermo lavori e/o attività aggiuntive che causano aumenti di tempi e costi	B3.1 L'Appaltatore potrebbe ottenere il riconoscimento di oneri aggiuntivi in ragione della bonifica imprevista di materiale inquinato	B4.1 le problematiche non identificate in sede di progettazione potrebbero generare varianti durante l'esecuzione, le varianti potrebbero far aumentare i costi/tempi	B5.1 gli imprevisti geologici potrebbero causare un fermo lavori e/o attività aggiuntive. il fermo lavori e/o le attività aggiuntive potrebbero causare un allungamento dei tempi	Indice coerenza
Output1					X	0,833333
Output 2	X				X	0,571429
output3					X	0,75

Figura 5.22 - Confronto vulnerabilità "fragilità ambientale"

ChatSonic/Eventi	C1 alcune attività potrebbero non essere state assegnate a nessun gruppo di lavoro + gli elementi mancanti nella progettazione potrebbero non essere rilevati per tempo	C2 Alcune attività potrebbero non essere state assegnate a nessun gruppo di lavoro + difficoltà integrazione a sistema + incompiutezza del progetto e/o le carenze di integrazione di sistema potrebbero non essere rilevate	C3 difficoltà nelle attività di integrazione di sistema + le carenze di integrazione di sistema potrebbero essere evidenziate tardivamente	C4 il numero di progettisti assegnati a questo progetto potrebbe essere minore di quanto pianificato	C5 il gruppo di lavoro è sottodimensionato	C6 le attività degli elaborati potrebbero essere carenti poiché risorse con poca esperienza	C7 potrebbe esserci un ritardo nell'approvazione del Progetto Esecutivo	Indice coerenza
Output1	X							1
Output2								0,33
Output3						X		0,2
ChatSonic/conseguenze	C1.1 la risoluzione delle non conformità potrebbe implicare ritardi nelle attività	C2.1 causa dell'incompiutezza o carenza del Progetto Esecutivo, il costo/tempo della costruzione potrebbe aumentare	C3.1 la risoluzione delle non conformità potrebbe implicare ritardi nelle attività"	C4.1 il numero limitato di progettisti potrebbe generare un ritardo nella progettazione	C5.1 la mancanza di personale potrebbe rendere meno efficaci alcuni controlli	C6.1 Necessità rificamento di alcune lavorazioni	C7.1 il ritardo potrebbe ripercuotersi sulle attività di costruzione	Indice coerenza
Output1								1
Output2								0,33
Output3						X		0,2

Figura 5.23 - Confronto vulnerabilità "necessità coordinamento gruppi di lavoro"

ChatSonic/ Eventi	D1 in fase di gara, sono state richieste all'appaltatore ottimizzazioni in fase di costruzione e/o attività di value engineering	D2 l'appalto potrebbe essere aggiudicato con un ribasso superiore a quello previsto	D3 adozione di strategie di appalto inadatte	D4 difficoltà di applicazione delle norme e leggi che regolano acquisti e/o appalti	D5 gara già aggiudicata a causa di ricorsi	D6 mancanza di partecipanti	D7 Difficoltà individuazione affidatari gare	D8 meccanismi di gara incitano concorrenti a ribassi	Icoerenza
Output1			X	X		X			1
Output2									0
Output3				X					1
ChatSonic/ conseguenze	D1.1 l'appaltatore potrebbe, quindi, proporre soluzioni efficaci che generano un abbassamento dei costi dell'opera	D 2.1 risparmio costi	D 3.1 allungamento dei tempi della gara di appalto	D4.1 allungamento dei tempi della gara	D 5.1 blocco delle procedure di assegnazione	D 6.1 allungamento dei tempi della gara	D 7.1 allungamento tempi gara	D 8.1 diminuzione tempi progetto	Icoerenza
Output1			X	X					1
Output2									0
Output3				X					1

Figura 5.25 - Confronto vulnerabilità " complessità acquisto/appalto"

ChatSonic/Eventi	E1 movimentazione di apparati e/o parti d'opera prefabbricate di grandi dimensioni +alcune attività di costruzione potrebbero essere ostacolate, ad esempio a causa delle limitate dimensioni del cantiere	E2 ritardare nella consegna delle aree	E3 potrebbero nascere problematiche legate alle aree di cantiere (ad es. consegna ritardata, ritardi nella autorizzazioni)	E4 criticità costruttive connesse alla mancata disponibilità e/o capienza dei siti di conferimento dei materiali provenienti dagli scavi e/o dalle demolizioni	E5 procedure di esproprio più complesse del previsto	Icoerenza
Output1						0,5
Output2	X					0,4
Output3			X			0,33
ChatSonic/ Conseguenze	E1.1 la risoluzione di queste problematiche potrebbe rendere necessarie attività più onerose di quelle previste	E2.1 richiesta lavoro aggiuntivo, maggiori costi e tempi	E 3.1 problematiche potrebbero allungare i tempi di realizzazione	E4.1 l' aumento delle distanze da percorrere e l'eventuale aumento dei costi di conferimento potrebbero generare oneri imprevisti	E5.1 consegna ritardo area e aumento tempi e costi	Icoerenza
Output1						0,5
Output2	X					0,4
Output3			X			0,33

Figura 5.24 - Confronto vulnerabilità "complessità gestione asset"

5.7 Bard

Bard è un modello conversazionale creato da Google. Si basa sul paradigma LaMDA – Language Model for Dialogue Applications, una famiglia dei conversational Large Language Model. LaMDA si basa, in analogia a GPT-3 sulla tecnologia dei trasformatori. È caratterizzato da 2,6 miliardi di parametri. La fase di addestramento di LaMDA è divisa anche essa in due momenti:

- Pre- formazione in cui un enorme set di dati (1,56 T) preso da varie fonti è dato in pasto al modello. In questa fase avviene anche la tokenizzazione e si addestra il modello nella capacità predittiva.
- Messa a punto in cui vengono forniti dei punteggi di sicurezza alle risposte, per allenare il modello a una maggiore precisione.

La maggiore differenza rispetto a ChatGPT sta nella possibilità di accedere alle informazioni online.

5.7.1 Il Lavoro svolto

Bard ha il vincolo della lingua, è possibile interrogarlo solamente in inglese.

Il modello è stato interrogato attraverso input semplici ed elementari, in modo analogo agli altri due casi.

5.7.2 Risultati

5.7.2.1 Esempio esplicito per la vulnerabilità “interferenze con strutture e servizi”

Riportiamo le immagini inerenti al confronto degli eventi e delle conseguenze correlate ai rischi:

	A1 Complicanze risultanti nella realizzazione opera (sicurezza/danneggiamenti)	A2 risoluzione conflitti non in linea con quanto pianificato	A3 l'ente responsabile della scelta delle modalità di risoluzione delle interferenze potrebbe inviare un preventivo più esoso del previsto	A4 nel corso del progetto potrebbe emergere la necessità di ulteriori lavorazioni inizialmente non previste (ad es. a causa di interazioni non previste con la linea o a causa dello stato delle strutture su cui si dovrà intervenire	A5 l'ente responsabile della scelta delle modalità di risoluzione delle interferenze potrebbe richiedere una soluzione non prevista	A6 L'ente responsabile della scelta delle modalità di risoluzione delle interferenze potrebbe inviare un preventivo significativo per la risoluzione dell'interferenza	Errata
BARD/Eventi							
Output1							
Since the project will interfere with other structures or services it could happen that the project will be delayed or cancelled to the need to coordinate with other stakeholders		X					
Since the project will interfere with other structures or services it could happen that the project will be more expensive due to the need to take additional precautions to avoid damaging other structures or services	X	X		X			
Since the project will interfere with other structures or services it could happen that the project will be more expensive due to the need to work around existing structures or services	X						
Since the project will interfere with other structures or services it could happen that the project will have a negative impact on the environment due to the need to disturb or remove existing vegetation or wildlife							X
Since the project will interfere with other structures or services it could happen that the project will be able to leverage existing infrastructures, such as roads, bridges, and power lines							
Since the project will interfere with other structures or services it could happen that the project will be able to improve the efficiency of existing services, such as transportation and communication							
Since the project will interfere with other structures or services it could happen that the project will create new jobs opportunities for businesses in the area							
Since the project will interfere with other structures or services it could happen that the project will improve the quality of life for residents and businesses in the area							
Output2							0,875
since the project team may need to demolish or relocate existing structures, or to install additional infrastructure, it could happen that the project cost will increase. This could lead to schedule delays and public opposition	X						
Since the project may need to wait permission to work in certain areas or to coordinate with other contractors, it could happen that the project schedule will be delayed. This could lead to cost overruns and public opposition.		X					
Since the project may create safety hazards, such as the potential for collapses or accidents, it could happen that workers or the public will be injured. This could lead to lawsuits and public opposition							X
since the project may damage the environment, such as by polluting waterways or disrupting wildlife habitat, it could happen that the project will be shut down or fined. This could lead to cost overruns and public opposition.							X
since the project may be seen as disruptive or harmful to the community, it could happen that the project will face public opposition. This could lead to delay, cost, overruns and even cancellation of the project.							
Output3							0,6
since the project will be close in proximity to existing structures and services, it could happen that these structures or services could be damaged during construction, which could cause costly repairs or even the need to rebuild.	X						
since the project could encounter unexpected interferences with existing structures or services, it could experience delays. This could lead to cost overruns and inconvenience for the public.		X		X			
the cost of the project could increase if it encounter unexpected interferences with existing structures and services. This is because the project may need to be redesigned or modified to avoid or mitigate the impact of interferences.		X		X			
the project could create safety hazards if it is not carefully planned and executed. This is because the project may involve working in close proximity to existing structures or services, which could pose a risk of collapse or other accidents							
the project could create public relations if it is not properly communicated to the public. This is because the project may cause disruption to the community, and it's important to keep the public informed about the project and its benefits.							
the project could be used to improve existing structures or services							
the project could create new opportunity for businesses and residents							
the project could improve the quality of life for the community							
Totale		4	5	0	3	0	1

Figura 5.26 - Confronto Bard ed eventi Italferr

	A1 Complicanze risultanti nella realizzazione opera (sicurezza/danneggiamenti)	A2 risoluzione conflitti non in linea con quanto pianificato	A3 l'ente responsabile della scelta delle modalità di risoluzione delle interferenze potrebbe inviare un preventivo più esoso del previsto	A4 nel corso del progetto potrebbe emergere la necessità di ulteriori lavorazioni inizialmente non previste (ad es. a causa di interazioni non previste con la linea o a causa dello stato delle strutture su cui si dovrà intervenire	A5 l'ente responsabile della scelta delle modalità di risoluzione delle interferenze potrebbe richiedere una soluzione non prevista	A6 L'ente responsabile della scelta delle modalità di risoluzione delle interferenze potrebbe inviare un preventivo significativo per la risoluzione dell'interferenza	Errata
BARD/Conseguenze							
Output1							
Since the project will interfere with other structures or services it could happen that the project will be delayed or cancelled to the need to coordinate with other stakeholders							
Since the project will interfere with other structures or services it could happen that the project will be more expensive due to the need to take additional precautions to avoid damaging other structures or services	X			X			
Since the project will interfere with other structures or services it could happen that the project will be more expensive due to the need to work around existing structures or services			X				
Since the project will interfere with other structures or services it could happen that the project will have a negative impact on the environment due to the need to disturb or remove existing vegetation or wildlife							X
Since the project will interfere with other structures or services it could happen that the project will be able to leverage existing infrastructures, such as roads, bridges, and power lines							
Since the project will interfere with other structures or services it could happen that the project will be able to improve the efficiency of existing services, such as transportation and communication							
Since the project will interfere with other structures or services it could happen that the project will create new jobs opportunities for businesses in the area							
Since the project will interfere with other structures or services it could happen that the project will improve the quality of life for residents and businesses in the area							
Output2							0,875
since the project team may need to demolish or relocate existing structures, or to install additional infrastructure, it could happen that the project cost will increase. This could lead to schedule delays and public opposition							
since the project may need to wait permission to work in certain areas or to coordinate with other contractors, it could happen that the project schedule will be delayed. This could lead to cost overruns and public opposition.		X					
Since the project may create safety hazards, such as the potential for collapses or accidents, it could happen that workers or the public will be injured. This could lead to lawsuits and public opposition							X
since the project may damage the environment, such as by polluting waterways or disrupting wildlife habitat, it could happen that the project will be shut down or fined. This could lead to cost overruns and public opposition.							X
since the project may be seen as disruptive or harmful to the community, it could happen that the project will face public opposition. This could lead to delay, cost, overruns and even cancellation of the project.							
Output3							0,6
since the project will be close in proximity to existing structures and services, it could happen that these structures or services could be damaged during construction, which could cause costly repairs or even the need to rebuild.	X						
since the project could encounter unexpected interferences with existing structures or services, it could experience delays. This could lead to cost overruns and inconvenience for the public.		X		X			
the cost of the project could increase if it encounter unexpected interferences with existing structures and services. This is because the project may need to be redesigned or modified to avoid or mitigate the impact of interferences.							
the project could create safety hazards if it is not carefully planned and executed. This is because the project may involve working in close proximity to existing structures or services, which could pose a risk of collapse or other accidents							
the project could create public relations if it is not properly communicated to the public. This is because the project may cause disruption to the community, and it's important to keep the public informed about the project and its benefits.							
the project could be used to improve existing structures or services							
the project could create new opportunity for businesses and residents							
the project could improve the quality of life for the community							
Totale	2	2	1	2	0	0	1

Figura 5.27 - Confronto Bard e conseguenze Italferr

Di seguito le tabelle di confronto riassuntive delle altre vulnerabilità:

Bard/Eventi	B1 potrebbero verificarsi dei fornelli/rilasci durante le lavorazioni in galleria	B2 potrebbero esserci ritrovamenti archeologici imprevisti	B3 nell'ambito della realizzazione dell'appalto potrebbe essere rilevato materiale inquinato da sostanze che ne rendono obbligatoria la bonifica	B4 terreni inquinati interferenti con il tracciato previsto potrebbero non essere individuati prima della consegna del progetto	B5 potrebbero esserci imprevisti geologici	Indice coerenza
Output1					X	0,285714
Output2					X	0,5
Output3					X	0,4
Bard/Conseguenze	B1 potrebbero verificarsi dei fornelli/rilasci durante le lavorazioni in galleria	B2 potrebbero esserci ritrovamenti archeologici imprevisti	B3 nell'ambito della realizzazione dell'appalto potrebbe essere rilevato materiale inquinato da sostanze che ne rendono obbligatoria la bonifica	B4 terreni inquinati interferenti con il tracciato previsto potrebbero non essere individuati prima della consegna del progetto	B5 potrebbero esserci imprevisti geologici	Indice coerenza
Output1					X	0,285714
Output2					X	0,5
Output3					X	0,4

Figura 5.28 - confronto vulnerabilità "Fragilità ambientale"

Bard/Eventi	C1 alcune attività potrebbero non essere state assegnate a nessun gruppo di lavoro + gli elementi mancanti nella progettazione potrebbero non essere rilevati per tempo	C2 Alcune attività potrebbero non essere state assegnate a nessun gruppo di lavoro + difficoltà integrazione a sistema + incompletezza del progetto e/o le carenze di integrazione di sistema potrebbero non essere rilevate	C3 difficoltà nelle attività di integrazione di sistema + le carenze di integrazione di sistema potrebbero essere evidenziate tardivamente	C4 il numero di progettisti assegnati a questo progetto potrebbe essere minore di quanto pianificato	C5 il gruppo di lavoro è sottodimensionato	C6 le attività degli elaborati potrebbero essere carenti poiché risorse con poca esperienza	C7 potrebbe esserci un ritardo nell'approvazione del Progetto Esecutivo	Icoerenza
Output1								0,57142857
Output2								0,5
Output3								0,77777778
Bard/conseguenze	C1.1 la risoluzione delle non conformità potrebbe implicare ritardi nelle attività	C2.1 causa dell'incompletezza o carenza del Progetto Esecutivo, il costo/tempo della costruzione potrebbe aumentare	C3.1 la risoluzione delle non conformità potrebbe implicare ritardi nelle attività"	C4.1 il numero limitato di progettisti potrebbe generare un ritardo nella progettazione	C5.1 la mancanza di personale potrebbe rendere meno efficaci alcuni controlli	C6.1 Necessità rifacimento di alcune lavorazioni	C7.1 il ritardo potrebbe ripercuotersi sulle attività di costruzione	Icoerenza
Output1								0,57142857
Output2								0,5
Output3								0,77777778

Figura 5.29 - Confronto vulnerabilità "Necessità coordinamento gruppi lavoro"

Bard/Eventi	D1 in fase di gara, sono state richieste all'appaltatore ottimizzazioni in fase di costruzione e/o attività di value engineering	D2 l'appalto potrebbe essere aggiudicato con un ribasso superiore a quello previsto	D3 adozione di strategie di appalto inadatte	D4 difficoltà di applicazione delle norme e leggi che regolano acquisti e/o appalti	D5 gara già aggiudicata a causa di ricorsi	D6 mancanza di partecipanti	D7 Difficoltà individuazione affidatari gare	D8 meccanismi di gara incitano concorrenti a ribassi	Icoerenza
Output1				X		X			1
Output2						X			1
Output3			X	X		X			0,8
Bard/ conseguenze	D1.1 l'appaltatore potrebbe, quindi, proporre soluzioni efficaci che generano un abbassamento dei costi dell'opera	D 2.1 risparmio costi	D 3.1 allungamento dei tempi della gara di appalto	D4.1 allungamento dei tempi della gara	D 5.1 blocco delle procedure di assegnazione	D 6.1 allungamento dei tempi della gara	D 7.1 allungamento tempi gara	D 8.1 diminuzione tempi progetto	Icoerenza
Output1				X					1
Output2						X			1
Output3						X			0,8

Figura 5.31 - Confronto vulnerabilità " complessità acquisto/appalto "

Bard/Eventi	E1 movimentazione di apparati e/o parti d'opera prefabbricate di grandi dimensioni +alcune attività di costruzione potrebbero essere ostacolate, ad esempio a causa delle limitate dimensioni del cantiere	E2 ritardare nella consegna delle aree	E3 potrebbero nascere problematiche legate alle aree di cantiere (ad es. consegna ritardata , ritardi nella autorizzazioni)	E4 criticità costruttive connesse alla mancata disponibilità e/o capienza dei siti di conferimento dei materiali provenienti dagli scavi e/o dalle demolizioni	E5 procedure di esproprio più complesse del previsto	Icoerenza
Output1				X		0,6
Output2			X			0,43
Output3						0,67
Bard/ conseguenze	E1.1 la risoluzione di queste problematiche potrebbe rendere necessarie attività più onerose di quelle previste	E2.1 richiesta lavoro aggiuntivo , maggiori costi e tempi	E 3.1 problematiche potrebbero allungare i tempi di realizzazione	E4.1 l' aumento delle distanze da percorrere e l'eventuale aumento dei costi di conferimento potrebbero generare oneri imprevisti	E5.1 consegna ritardo area e aumento tempi e costi	Icoerenza
Output1						0,6
Output2			X			0,43
Output3						0,67

Figura 5.30 - Confronto vulnerabilità " complessità gestione asset"

5.8 Valutazione dei risultati

Sulla base degli output ottenuti e degli scenari presenti nel risk register dell'azienda è stata effettuata una valutazione della bontà delle risposte. Nella figura di seguito si può osservare un sommario dei risultati per ogni vulnerabilità, con la valutazione degli eventi e delle conseguenze coperte da ogni modello, e con la definizione dei due indici.

Si può osservare che in generale i rischi non coperti dai vari modelli sono correlati a specifici processi aziendali o alla presenza di particolari stakeholders.

Vulnerabilità	Evento	Chat GPT	ChatSonic	Bard	Conseguenze	Chat GPT	ChatSonic	Bard	
Interferenze con infrastrutture preesistenti	A1 Complicanze risultanti nella realizzazione opera (sicurezza/danneggiamenti)	X	X	X	A1.1 potrebbe essere necessario procedere nella costruzione effettuando attività più onerose - potrebbe essere necessario procedere nella costruzione effettuando attività più lente/costose	X	X	X	
	A2 risoluzione conflitti non in linea con quanto pianificato	X		X	A2.1 la risoluzione delle interferenze potrebbe rendere più oneroso e più lungo il lavoro	X		X	
	A3 l'ente responsabile della scelta delle modalità di risoluzione delle interferenze potrebbe inviare un preventivo più esoso del previsto	X			A3.1 il preventivo potrebbe far aumentare i costi/tempi			X	
	A4 nel corso del progetto potrebbe emergere la necessità di ulteriori lavorazioni inizialmente non previste (ad es. a causa di interazioni non previste con la linea o a causa dello stato delle strutture su cui si dovrà intervenire)	X	X	X	A4.1 le attività aggiuntive potrebbero generare un aumento dei costi/tempi	X	X	X	
	A5 l'ente responsabile della scelta delle modalità di risoluzione delle interferenze potrebbe richiedere una soluzione non prevista				A5.1 la soluzione proposta potrebbe richiedere più tempo di quello previsto nella pianificazione				
	A6 l'ente responsabile della scelta delle modalità di risoluzione delle interferenze potrebbe inviare un preventivo significativo per la risoluzione dell'interferenza	X	X		A6.1 la risoluzione proposta potrebbe essere ottimizzata, l'ottimizzazione potrebbe ripercuotersi sui costi e tempi	X	X		
	lcoerenza		1	0,75	0,6	lcoerenza	1	0,75	0,6
	lcompletezza	0,833333333		0,5	0,66666667	lcompletezza	0,666667	0,5	0,666667
Fragilità ambientale	B1 potrebbero verificarsi dei fornelli/rilasci durante le lavorazioni in galleria	X	X		B1.1 il verificarsi di tali eventi potrebbe causare sospensioni delle attività (anche per effetto di eventuali infortuni) e la successiva necessità di eseguire interventi di ripristino al fronte per il riavvio dello scavo allungando i tempi di consegna dell'opera"	X	X		
	B2 potrebbero esserci ritrovamenti archeologici imprevisti	X			B2.1 i ritrovamenti archeologici potrebbero causare un fermo lavori e/o attività aggiuntive che causano aumenti di tempi e costi	X			
	B3 nell'ambito della realizzazione dell'appalto potrebbe essere rilevato materiale inquinato da sostanze che ne rendono obbligatoria la bonifica	X			B3.1 l'Appaltatore potrebbe ottenere il riconoscimento di oneri aggiuntivi in ragione della bonifica imprevista di materiale inquinato	X			
	B4 terreni inquinati interferenti con il tracciato previsto potrebbero non essere individuati prima della consegna del progetto				B4.1 le problematiche non identificate in sede di progettazione potrebbero generare varianti durante l'esecuzione, le varianti potrebbero far aumentare i costi/tempi dell'opera				
	B5 potrebbero esserci imprevisti geologici	X	X	X	B5.1 gli imprevisti geologici potrebbero causare un fermo lavori e/o attività aggiuntive. il fermo lavori e/o le attività aggiuntive potrebbero causare un allungamento dei tempi di realizzazione dell'opera	X	X	X	
	lcoerenza	0,77777778		0,57	0,4	lcoerenza	0,77778	0,57	0,285714
lcompletezza	0,8		0,4	0,16666667	lcompletezza	0,8	0,4	0,166667	
Necessità coordinamento gruppi lavoro	C1 alcune attività potrebbero non essere state assegnate a nessun gruppo di lavoro + gli elementi mancanti nella progettazione potrebbero non essere rilevati per tempo	X	X		C1.1 la risoluzione delle non conformità potrebbe implicare ritardi nelle attività	X			
	C2 Alcune attività potrebbero non essere state assegnate a nessun gruppo di lavoro + difficoltà integrazione a sistema + incompletezza del progetto e/o le carenze di integrazione di sistema potrebbero non essere rilevate				C2.1 causa dell'incompletezza o carenza del Progetto Esecutivo, il costo/tempo della costruzione potrebbe aumentare				
	C3 difficoltà nelle attività di integrazione di sistema + le carenze di integrazione di sistema potrebbero essere evidenziate tardivamente				C3.1 la risoluzione delle non conformità potrebbe implicare ritardi nelle attività"				
	C4 il numero di progettisti assegnati a questo progetto potrebbe essere minore di quanto pianificato				C4.1 il numero limitato di progettisti potrebbe generare un ritardo nella progettazione				
	C5 il gruppo di lavoro è sottodimensionato	X			C5.1 la mancanza di personale potrebbe rendere meno efficaci alcuni controlli	X			
	C6 le attività degli elaborati potrebbero essere carenti poiché risorse con poca esperienza	X	X		C6.1 Necessità rifacimento di alcune lavorazioni	X	X		
	C7 potrebbe esserci un ritardo nell'approvazione del Progetto Esecutivo				C7.1 il ritardo potrebbe ripercuotersi sulle attività di costruzione				
	lcoerenza	0,9375		0,2	0,5	lcoerenza	0,9375	0,2	0,5
lcompletezza	0,428571429	0,285714286		0	lcompletezza	0,428571	0,142857143	0	

Vulnerabilità	Evento	Chat GPT	ChatSonic	Bard	Conseguenze	Chat GPT	ChatSonic	Bard	
Complessità acquisto/appalto	D1 in fase di gara, sono state richieste all'appaltatore ottimizzazioni in fase di costruzione e/o attività di value engineering				D1.1 l'appaltatore potrebbe, quindi, proporre soluzioni efficaci che generano un abbassamento dei costi dell'opera				
	D2 l'appalto potrebbe essere aggiudicato con un ribasso superiore a quello previsto	X			D 2.1 risparmio costi	X			
	D3 adozione di strategie di appalto inadatte	X	X	X	D 3.1 allungamento dei tempi della gara di appalto	X	X		
	D4 difficoltà di applicazione delle norme e leggi che regolano acquisti e/o appalti	X	X	X	D4.1 allungamento dei tempi della gara	X	X	X	
	D5 gara già aggiudicata a causa di ricorsi				D 5.1 blocco delle procedure di assegnazione				
	D6 mancanza di partecipanti	X	X	X	D 6.1 allungamento dei tempi della gara	X		X	
	D7 difficoltà individuazione affidatari gare	X			D 7.1 allungamento tempi gara	X			
	D8 meccanismi di gara incitano concorrenti a ribassi	X			D 8.1 di riduzione tempi progetto	X			
	lcoerenza		1	0	0,8	lcoerenza	1	0	0,8
	lcompletezza		0,75	0,375	0,375	lcompletezza	0,75	0,5	0,25
Complessità gestione asset	E1 alcune attività richiedono la movimentazione di apparati e/o parti d'opera prefabbricate di grandi dimensioni - alcune attività di costruzione potrebbero essere ostacolate, ad esempio a causa delle limitate dimensioni del cantiere		X		E1.1 la risoluzione di queste problematiche potrebbe rendere necessarie attività più onerose di quelle previste		X		
	E2 ritardare nella consegna delle aree	X			E2.1 richiesta lavoro aggiuntivo , maggiori costi e tempi	X			
	E3 potrebbero nascere problematiche legate alle aree di cantiere (ad es. consegna ritardata , ritardi nella autorizzazioni)	X	X	X	E 3.1 problematiche potrebbero allungare i tempi di realizzazione	X	X	X	
	E4 criticità costruttive connesse alla mancata disponibilità e/o capienza dei siti di conferimento dei materiali provenienti dagli scavi e/o dalle demolizioni			X	E4.1 l'eventuale aumento delle distanze da percorrere e l'eventuale aumento dei costi di conferimento potrebbero generare oneri imprevisti				
	E5 procedure di esproprio più complesse del previsto				E5.1 consegna ritardo area e aumento tempi e costi				
	lcoerenza		0,82	0,33	0,43	lcoerenza	0,82	0,33	0,43
	lcompletezza		0,4	0,4	0,4	lcompletezza	0,4	0,4	0,2

Figura 5.32 – Riassunto confronto finale

Come si può osservare dalle figure di seguito, ChatGPT risulta maggiormente accurato rispetto agli altri due modelli, infatti:

- ChatGPT ha un indice di copertura che in media si aggira intorno al 70%, arrivando a scendere sotto al 50% solamente nel caso della terza e quinta vulnerabilità, quelle che hanno riscontrato valori minimi per tutti i modelli. L'indice di coerenza non scende mai al di sotto del 70%.
- ChatSonic ha l'indice di copertura che in media si aggira intorno al 38% con un minimo del 28%, anche in questo caso riscontrato nella seconda vulnerabilità. L'indice di coerenza risulta molto variabile, arrivando anche a raggiungere lo 0.
- L'indice di copertura di Bard è il peggiore, intorno al 30%. L'indice di coerenza risulta molto variabile.

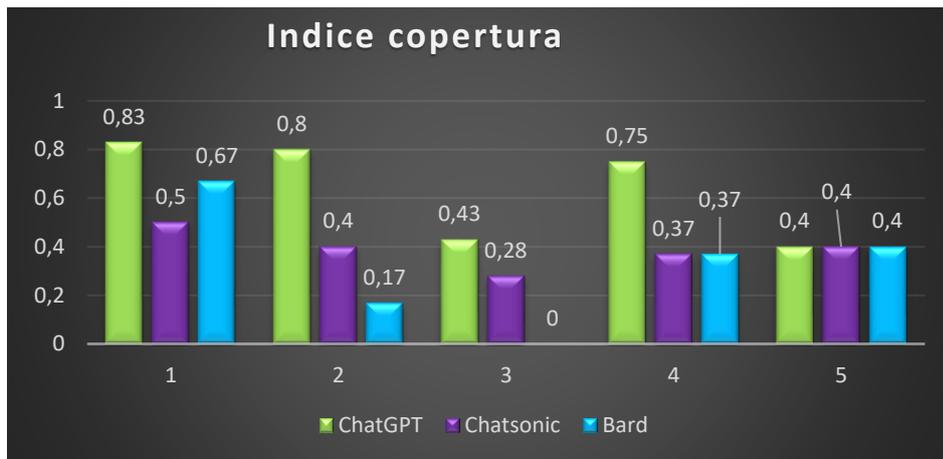


Figura 5.33 – Copertura Eventi



Figura 5.34 - Copertura Conseguenze

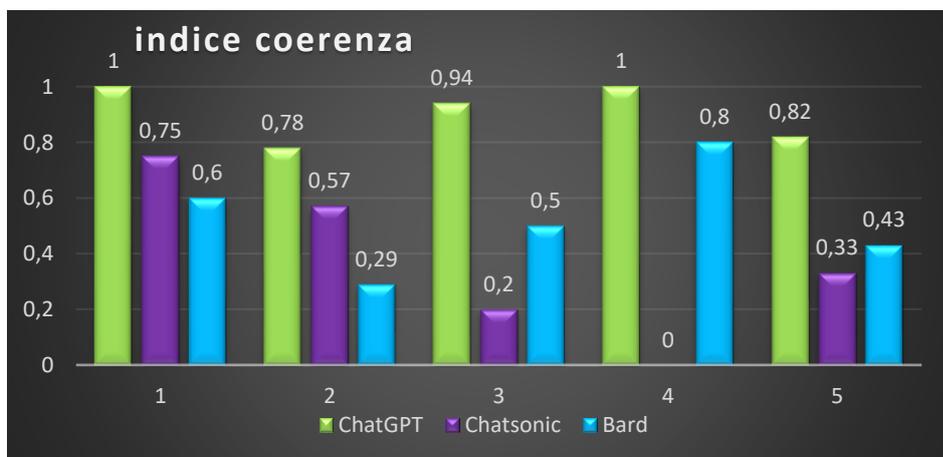


Figura 5.35 – Coerenza

Conclusioni

Considerando che le vulnerabilità scelte per interrogare le diverse Chat sono state acquisite in modo casuale dalle vulnerabilità di Italferr, i risultati avuti sono abbastanza soddisfacenti: senza avere dati specifici sul contesto, sull'azienda e sul progetto ChatGPT si è rilevato in grado di coprire fino all'83% dei rischi di Italferr, i quali risultano descritti in maniera coerente e con un livello molto vicino di granularità rispetto ai rischi presenti nel Risk Register di Italferr, considerando anche che i rischi non coperti sono rischi strettamente legati al processo aziendale di Italferr. Anche il livello di coerenza risulta accettabile, si trova sempre al di sopra del 70% e non mostra una grande variabilità. ChatSonic risulta leggermente meno accurato rispetto al ChatGPT osservando sia la copertura che la coerenza. Bard è risultato più carente rispetto agli altri due in relazione alla copertura, mentre in alcune vulnerabilità il livello di coerenza risulta molto superiore a quello di ChatSonic. Entrambi risultano molto variabili, soprattutto per quanto riguarda l'indice di coerenza.

Osserviamo che oltre alla presenza della variabilità di risposte intrinseca nei modelli, i risultati peggiori per tutti i modelli, dal punto di vista della copertura, si sono ottenuti nella terza vulnerabilità "Necessità di coordinamento dei gruppi di lavoro". Ciò è dovuto principalmente al fatto che i rischi identificati da Italferr per questa vulnerabilità sono specifici, simili tra loro e legati a processi dell'azienda: due scenari non coperti riguardano nello specifico attività di integrazione di sistema, mentre altri due riguardano le attività di progettazione.

ChatGPT ha avuto risultati minori rispetto alla sua media anche nel caso della quinta vulnerabilità "complessità gestione asset". In questo caso i rischi non coperti di Italferr risultano scritti con il giusto grado di genericità, ma la maggior parte riguarda attività legate a specifiche attività aziendali (attività di esproprio, attività di demolizione).

Si evidenzia che ponendo input differenti alle chat si sono riusciti a raggiungere anche risultati migliori di quelli proposti, soprattutto nel caso di ChatSonic, che addirittura supera le prestazioni di ChatGPT sia in relazione alla coerenza che alla copertura, ma questo non fa altro che evidenziare la variabilità elevata dell'output anche in presenza di piccole modifiche dell'output.

Per quanto riguarda la capacità di individuare rischi aggiuntivi rispetto alle vulnerabilità, sia ChatGPT che ChatSonic hanno identificato anche rischi che Italferr non ha inserito nel proprio Risk Register poiché non attinenti

nel loro contesto, ma che comunque possono presentarsi in concomitanza con la vulnerabilità in input.

L'ampia variabilità dei risultati mette in luce la necessità di una continua supervisione da parte dell'uomo che garantisca che il lavoro svolto dall'IA sia corretto e valido. Ciò impedisce di trovare un vantaggio totale nei tempi di lavoro, anche se l'attività dell'uomo sarà principalmente quella di supervisione che richiederà meno tempo rispetto al lavoro completo di elaborazione e definizione dei rischi.

Inoltre, si ricorda che le IA utilizzate sono state addestrate solamente su dati "esterni" all'azienda, di conseguenza applicando un LLM all'interno dell'azienda e dandogli in input l'elaborazione di dati passati, processi e progetti, l'utilizzo potrà molto probabilmente portare a vantaggi non indifferenti.

Bibliografia

- Schwab P.N. (2023, Febbraio 16). *ChatGPT: 1000 testi analizzati e fino al 75,3% di somiglianza*. Tratto da Into The Minds: <https://www.intotheminds.com/blog/it/chatgpt-somiglianza-piano/>
- Apostolakis G.E . (2004). "How useful is quantitative risk assessment?". *Risk Analysis*, 24 (3) : 515-520.
- Aven T. (2012). "The risk concept—historical and recent development trends". *Reliability Engineering & System Safety*, 99: 33-44.
- Ballou D., Pazer H. (2003). Modeling completeness versus consistency tradeoffs in information decision contexts. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 240-243.
- Baltussen G., Van den Assem M. J. e Van Dolder D. (2014). "Risky Choices in the Limelight". *Review of Economics and Statistics*, 98 (2): 318-332.
- Baryannis G., Validi S., Dani S. e Antoniou G. (2019). "Supply chain risk management and artificial intelligence: state of the art and future research directions". *International Journal of Production Research*, 57 (7): 2179-2202.
- Baumeister R. F. e Tierney J. (2011). *Willpower: Rediscovering the Greatest Human Strength*. New York: Penguin Books.
- Berlinger E. e Vàradi K. (2015). "Risk Appetite". *Public Finance Quarterly*, 60(1): 49-62.
- Bernstein P.L. (1995). "Risk as a History of Ideas". *Financial Analysts Journal*, 51: 7-11.
- Bernstein P.L. (1996). *Against the Gods. The Remarkable Story of Risk*. New York: John Wiley & sons.
- Birkmann J. (2007). "Risk and vulnerability indicators at different scales: Applicability, usefulness and policy implications". *Environmental Hazards*, 7: 20-31.
- Bouchard T. J. Jr. (1970). Personality, Problem Solving Procedures and Performance in Small Groups. *Journal of Applied Psychology*.
- Cagliano A.C., Grimaldi S. e Rafele C. . (2014). Cagliano A.C., Grimaldi S. "Choosing project risk management techniques A theoretical framework". *Journal of Risk Research*, 18(2): 232-248.
- Cardano G. (1525). *Liber de ludo aleae*. Edizione a cura di Tamborini M., Milano: Franco Angeli (2006).

- Chapman C. e Ward S. (2003). *Project Risk Management: Processes, Techniques and Insights*. (2^{ed.}). John Wiley & Sons Inc.
- Chapman R. J. (1998). The effectiveness of working group risk identification and assessment techniques. *International Journal of Project Management*.
- Chen C., Cho M., Huang H. (2016). Development of Energy Cloud for Energy Saving of Kaohsiung City. *3rd International Conference on Green Technology and Sustainable Development (GTSD)*, 39-44.
- Commissione Europea. (2005, novembre 17). Libro Verde relativo a un programma europeo per la protezione delle Infrastrutture Critiche. Bruxelles.
- Covello V.T e Mumpower J. (1985). "Risk Analysis and Risk Management: An Historical Perspective". *Risk Analysis*, 5: 103-120.
- Crockford G. (1982). "The Bibliography and History of Risk Management: Some Preliminary Observation". *The Geneva Papers on Risk and Insurance - Issues and Practice*, 7: 169-179.
- da Silva L.H.R. e Crispim J.A . (20014). "The project risk management process, a preliminary study". *Procedia Technology* , 16 : 943-949.
- DAMA International. (2020). *DMBOK*. Technics Publications.
- Delbecq A. L. (1968). *The World within the Span of Control Managerial Behaviour in groups of Varied Size*. Business Horizons.
- Departement of Defense. (1993). *Military Standard System Safety Program Requirement "MIL-STD-882C"* .
- Dobelli R. (2013). *The Art of Thinking Clearly*. New York: Harper USA.
- Dunović I.B, Radujković M., Vukomanović M. . (2013). "Risk register development and implementation for construction projects". *GRAĐEVINAR*, 65: 23-35.
- Fischhoff B. e Kadvany J. (2011). *Risk: A Very Short Introduction*. Oxford: OUP Oxford.
- Fisher U., Castagna L.G., Violette D.M. (1989). "The Value of Reducing Risks of Death: A Note on New Evidence". *Journal of Policy Analysis and Management*, 8(1): 88-100.
- Flage R., Aven T. . (2015). "Emerging risk – Conceptual definition and a relation to black swan". *Reliability Engineering and System Safety*, 144: 61-67.

- Giddens A. (1990). *The consequence of modernity*. Stanford: Stanford University Press.
- Goncalves M., Heda R. (2014). *Risk Management for Project Managers*. New York, USA: ASME.
- Graunt J. (1662). *Natural and political observations mentioned in a following index, and made upon the bills of mortality*. Londra: Royal Society.
- Hillson D. (1997). "Towards a risk maturity model". *The International Journal of Project & Business Risk Management*, 1(1): 35-45.
- Hillson D. (2002). "Extending the risk process to manage opportunities". *International Journal of Project Management*, 20: 235-240.
- Hillson D. (2002). Use a Risk Breakdown Structure (RBS) to understand your risks. *Project Management Institute Annual Seminars & Symposium*. San Antonio: Project Management Institute.
- Hillson D. (2012). *Understanding Risk Appetite*. Dal sito https://www.youtube.com/watch?v=JtM68YIS19o&t=2589s&ab_channel=RiskDoctorVideo: (visitato il 28 marzo 2023).
- Hulett D. T. (2001). "Key characteristics of a mature risk management process". *Proceedings of the European Project Management Conference/PMI Europe*.
- Hutanu A. (2023, aprile 24). *Come funziona ChatGPT e Fondamenti di AI, ML e PNL*. Tratto da Pentablog: <https://www.pentalog.com/blog/tech-trends/chatgpt-fundamentals/>
- Institute of Risk Management (IRM). (2003). *Standard di Risk Management*. Bruxelles: FERMA.
- International Standards Organization (ISO). (2009). *ISO 73 – Risk Management Vocabulary*.
- International Standards Organization (ISO). (2018). *ISO 31000:2018 - Risk management [ebook]*. www.iso.org.
- International Standards Organization (ISO). (2019). *IEC 31010:2019*.
- International Standards Organization (ISO). (2019). *ISO 31010:2019*.
- ISACA. (2012). *CISM review manual*. Isaca.
- ISO. (2018). *ISO 31000*. ISO.
- Jaeger C., Renn O., Rosa E. e Webler, T. (2002). *Risk and Rational Action*. Londra: Earthscan.

- Jarke M., Lenzerini M., Vassiladis P. Vassiliou Y. (1995). *Fundamentals of Data Warehouses*. Springer.
- Judah S., Duncan A. D., Chien M., Friedman T. (2020). *5 Steps to Build a Business Case for Continuous Data Quality Assurance*. Gartner.
- Kahn B.K., Strong D.M., Wang R.Y. (2002). "Information quality benchmarks: product and service performance". *Communications of the ACM*, 45(4) : 184-193.
- Kahneman D. e Tversky A. (1979). "Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk". *Econometrica*, 47(2) : 263-292.
- Kloman H.F. (2010). *A brief history of risk management*. In Fraser J. e Simkins B.J., *Enterprise Risk Management: Today's Leading Research and Best Practices for Tomorrow's Executives*. John Wiley & Sons Inc.
- Knight F. H. (1921). *Risk, uncertainty and profit*. Boston: Houghton Mifflin.
- Kontogiannis, T., Leva, M.C., Balfe, N. (2017). "Total Safety Management: Principles, Processes and Methods". *Safety Science*, 100(b): 128-142.
- Leva M.C., BalfeN., McAleer B., Rocke M. . (2017). "Risk registers Structuring data collection to develop risk intelligence". *Safety Science*, 100(b): 143-156.
- Lind N. C. (1994). "Target Reliability Levels from Social Indicators". *Structural Safety and Reliability*, 1897-1904.
- Martinovičová D., Beranová M., Polák J., Drdla M . (2010). Theoretical aspects of risks categorisation. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 58(3):131-136.
- Mastrobuono G. (2023). L'approccio al rischio in Italferr. *Qualità*.
- Megan M. Grime, George Wright. (2016). Delphi Method. *Wiley StatsRef: Statistics Reference Online*.
- Melis F. (1975). *Origini e sviluppi delle Assicurazioni in Italia*. Roma: Istituto Nazionale delle Assicurazioni.
- Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. (2022, luglio 4). *Opere pubbliche: 379 opere incompiute, 64 in meno rispetto al 2020 (-14,4%)*. Tratto da [mit.gov.it: https://www.mit.gov.it/comunicazione/news/opere-pubbliche-379-opere-incompiute-64-meno-rispetto-al-2020-144](https://www.mit.gov.it/comunicazione/news/opere-pubbliche-379-opere-incompiute-64-meno-rispetto-al-2020-144)
- Minsky H. P. (1992). *The Financial Instability Hypothesis*. New York: The Jerome Levy Economics Institute of Bard College.

- Monferini et al. (2013). A compound methodology to assess the impact of human and organizational factors impact on the risk level of hazardous industrial plants. *Reliability Engineering & System Safety*, 280-289.
- Morgan J.P. (1995). *RiskMetrics – Technical Document*. New York: Morgan Guaranty Trust Company.
- Morris P.W.G e Hough G.H. (1987). *The anatomy of major projects: a study of the reality of project management*. Chichester: Wiley & Sons Ltd.
- Müller D., Te Y., Jain P. (2017). Improving data quality through high precision gender categorization. *IEEE International Conference on Big Data*, 2628-2636.
- Nonino F., Tonchia S. (2013). *La guida del Sole 24 Ore al Project Management*. Milano: IISole24Ore.
- Osborn Alex F. (1953). *Applied Imagination*. New York: Scribner.
- Patterson F.D., Neailey K. (2002). "A Risk Register Database System to aid the management of project risk". *International Journal of Project Management*, 20: 365-374.
- Pergiovanni V. (1965). "Norme, scienza e pratica giuridica tra Genova e l'Occidente medievale e moderno". *Annali della Facoltà di Giurisprudenza dell'Università di Genova*, 4: 230-275.
- Pirozzi M. (2020). *la prospettiva degli stakeholders*. Milano: Franco Angeli.
- PMI. (2009). *Practice Standard for Project Risk Management*. Newtown Square, Pennsylvania USA: Project Management Institute, Inc.
- PMI. (2017). *Guida al Project Management Body of Knowledge (Guida al PMBOK®)*. (6° ed.). Pennsylvania: PMI, Inc.
- Porter M.E. e Kramer M.R. (2011). "Creating Shared Value - How to reinvent capitalism and unleash a wave of innovation and growth". *Harvard Business Review*, 89: 62-77.
- Proença D., Estevens J., Vieira R. e Borbinha J. (2017). "Risk Management: A Maturity Model Based on ISO 31000". *IEEE 19th Conference on Business Informatics (CBI)*, 99-108.
- Redman T.C. (1996). *Data quality for the information age*. Boston, MA: Artech House.
- Renn O. . (2004). "Perception of risks". *Toxicology letters*, 149 (1-3) : 405-413.

- Rinaldi S.M., Peerenboom J.P., Kelly T.k. (2001). Identify, understanding, and analyzing critical infrastructure interdependencies. *IEEE Control Systems Magazine*, 21(6) : 11-25.
- Slovic P. (2000). *The perception of risk*. New York: Taylor & Francis.
- Szymanski P. (2017, dicembre 1). "Risk Management in construction projects". *Procedia Engineering*, 208:174-182.
- Thaler R. H. e Johnson E. J. (1990). "Gambling with the House Money and Trying to Break Even: The Effects of Prior Outcomes". *Management Science*, 36 (6): 643-660.
- Turner J.R. e Müller R. (2004). "Communication and co-operation on projects between the project owner as principal and the project manager as agent". *European Management Journal*, 22 (3) : 327-336.
- United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UN/ISDR). (2004). *Living with Risk. A Global Review of Disaster Reduction Initiatives*. Ginevra: United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UN/ISDR),2004. Livin UN Publications.
- Von Neumann J. e Morgenstern O. (1944). *Theory of Games and Economic Behavior*. New Jersey: Princeton University Press.
- Wang H. (2021). "Assessing the Effects of Applying Different Simulation Models on Resilience Evaluation of Critical Infrastructure Systems". *IEEE 3rd International Conference on Frontiers Technology of Information and Computer (ICFTIC)*.
- Ward S. (1999). "Requirements for an effective project risk management process". *Project Management Journal*, 30(3): 37-43.
- Warner F. (1992). *Risk: Analysis, Perception and Management*. Londra: The Royal Society.
- Williamson B. (2019). *Lo standard per la gestione del rischio in portafogli, programmi e progetti*. Project Management Institute (PMI).

