



**Politecnico
di Torino**

Politecnico di Torino

Ingegneria gestionale

A.a. 2024/2025

Sessione di Laurea Dicembre 2025

Applicazione dell'Intelligenza Artificiale ai processi di Risk Management: analisi del contesto aziendale e proposte di miglioramento

Relatori:

Carlo Rafele

Filippo Maria Ottaviani

Candidati:

Francesco Mazzoli



**Politecnico
di Torino**

Indice

Introduzione	6
Capitolo 1: Introduzione all'azienda INCAS	7
1.1 Introduzione all'azienda INCAS S.p.A.	7
1.2 Parte del gruppo SSI Schäfer	7
1.3 Modello di Business e Valori Aziendali	8
1.4 Breve descrizione esperienza di tirocinio	8
1.5 Il Settore dell'Intralogistica e dei Magazzini Automatici: Contesto e Innovazione Tecnologica	9
1.6 Prodotti Incas	11
Fonti usate per la stesura del capitolo	13
Capitolo 2 – Il ruolo del Project Manager nella gestione dei progetti	14
2.1 Che cos'è un progetto	14
2.2 Project management e project manager	14
2.3 Competenze del Project Manager	15
2.4 Strumenti e metodologie	17
2.4.1 Fase di Avvio	17
2.4.2 Fase di Pianificazione	17
2.4.3 Fase di Progettazione ed Esecuzione	18
2.4.4 Strumenti di Supporto alla Gestione	18
2.5 Analisi e gestione del rischio	19
2.5.1 Il Processo di Pianificazione del Rischio	19
2.5.2 Fase di Identificazione del Rischio	20
2.5.3 Stima di Probabilità e Impatto del Rischio	21
2.5.4 Pianificazione delle Risposte al Rischio	22
2.5.5 Monitoraggio e Controllo dei Rischi	22
2.5.6 Reportistica e Lessons Learned	22
2.6 Approcci di gestione: predittivo, agile, ibrido	23
2.7 Benefici e criticità del ruolo del PM	24



**Politecnico
di Torino**

Fonti usate per la stesura del capitolo	25
Capitolo 3: Procedura standard PMI	26
3.1 Panoramica generale del processo di Project Management in INCAS	26
3.1.1 Fase 1: Avvio (Start-Up Phase)	27
3.1.2 Fase 2: pianificazione (Planning Phase)	30
3.1.3 Fase 3: esecuzione e monitoraggio	36
3.1.4 Fase 4: chiusura (Closing Phase)	44
3.2 Attori coinvolti nel processo	47
3.3 Strumenti operativi e documentali	49
3.4 Applicazioni pratiche durante il tirocinio.....	51
Conclusioni Capitolo 4.....	53
Fonti usate per la stesura del capitolo:	53
Capitolo 4: Analisi critica e proposte di miglioramento	54
4.1 Gestione dei rischi inefficiente	54
4.2 Vantaggi previsti dalle soluzioni	55
4.3 Revisione contrattuale completamente manuale.....	55
Capitolo 5: L'Intelligenza Artificiale nei Sistemi Informativi: Fondamenti, Ciclo di Vita e Sfide Organizzative	57
5.1 Fondamenti teorici dell'Intelligenza Artificiale	57
5.2 Evoluzione storica dell'IA	57
5.3 Machine Learning e Deep Learning.....	58
5.4 Elaborazione del Linguaggio Naturale (NLP) e Visione Artificiale	59
5.5 Intelligenza Artificiale Generativa	60
5.6 Intelligenza Artificiale Data-Centric vs Model-Centric.....	61
5.8 Modelli metodologici per la gestione dei progetti di IA	61
5.8.1 CRISP-DM: un modello strutturato e sequenziale.....	62
5.8.2 CDAC AI Lifecycle: un framework sistemico e multidimensionale	62
5.8.3 DST: un approccio flessibile per la data science moderna.....	63
5.8.4 Confronto e integrazione.....	64
5.9 Risorse, strumenti e framework per il ciclo di vita del Machine Learning.....	64



**Politecnico
di Torino**

5.10. Trasparenza e responsabilità nei modelli di IA: le Model Cards	65
5.10.1 Obiettivi delle Model Cards	66
5.10.2 Struttura standard di una Model Card	66
5.10.3 Approfondimenti metodologici	67
5.11 Validazione e monitoraggio dei modelli: garantire performance e affidabilità	67
5.11.1 Validazione del modello: garantire la generalizzazione	67
5.11.2 Metriche di valutazione e loro significato operativo	68
5.11.3 Monitoraggio dopo il deployment: il problema del model drift	69
5.12 Bias, rischi etici e sostenibilità dell'IA	70
5.12.1 Bias nei dati e nei modelli	70
5.12.2 Strategie di mitigazione	70
5.12.3 Rischi ambientali	71
5.12.4 Rischi legali e sociali	71
5.12.5 Verso un'IA etica e responsabile	72
5.13 Implicazioni organizzative e strategiche nell'adozione dell'IA	72
5.13.1 Evoluzione dei sistemi informativi	73
5.13.2 Cultura data-driven e governance dei dati	73
5.13.3 L'IA come leva strategica	74
Conclusione del capitolo 5	74
Fonti usate per la stesura del capitolo	74
Capitolo 6: Roadmap di implementazione delle proposte	76
6.1 Introduzione dell'intelligenza artificiale all' interno dei processi di project management	76
6.2 Standardizzazione del processo di analisi dei rischi	77
6.2.1 Fase 1: estrazione ticket e compilazione del data register su excel	79
6.2.2 addestramento di vari modelli regressione e di classificazione	79
6.2.3 Commento risultati modello di classificazione	94
6.2.4 Programma per individuare e proporre una lista di possibili rischi	95
6.2.5 considerazioni finali e future implementazioni	98
6.2.6 Applicazioni del modello in un contesto reale	98



**Politecnico
di Torino**

6.3 – Miglioramento digitale delle pratiche di gestione dei documenti.....	100
6.3.1 Architettura tecnica di uno strumento di analisi dei contratti supportato dall'IA	100
6.3.2 Considerazioni finali e future implementazioni.....	103
Fonti usare per la stesura del capitolo:.....	103
Capitolo 7: conclusione Tesi e commento finale	104



**Politecnico
di Torino**

Introduzione

Lo scopo di questo elaborato è quello di fornire una visione generale della figura del Project Manager, con riferimento al contesto Incas S.p.A., azienda che mi ha ospitato durante la mia esperienza di tirocinio curricolare.

Si farà riferimento alle procedure IPMA, standard adottati all'interno dell'azienda, che fungono da linee guida da seguire e applicare.

La parte iniziale fornirà una descrizione delle attività di cui si occupa il Project Manager e delle procedure che deve seguire nella pratica, in un contesto reale e dinamico.

Infine, verrà mostrato e presentato un esempio di programma che sfrutta una tecnologia emergente di grande attualità, ovvero l'intelligenza artificiale, concepita per facilitare e fornire supporto alla figura del Project Manager.

Le potenzialità offerte dall'intelligenza artificiale in questo ambito sono estremamente ampie; l'obiettivo del lavoro è quindi mostrare come, attraverso l'uso di strumenti innovativi, sia possibile migliorare l'efficienza e l'affidabilità delle decisioni nella gestione dei progetti.



**Politecnico
di Torino**

Capitolo1: Introduzione all'azienda INCAS

1.1 Introduzione all'azienda INCAS S.p.A.

INCAS S.p.A. è un'azienda che opera nel settore dell'automazione intralogistica, fondata nel 1981 a Biella, utilizzando come sede una vecchia fabbrica tessile, tipica del territorio biellese.

Inizialmente l'azienda proponeva soluzioni esclusivamente per il settore manifatturiero, in particolare per la gestione della pesatura e dell'etichettatura. Nel corso degli anni, INCAS ha ampliato la propria offerta, proponendo strutture complete, automatizzate e personalizzate.

Un punto di svolta nella storia dell'azienda è stata l'acquisizione, avvenuta nel 2018, da parte del gruppo tedesco SSI Schäfer, uno dei leader mondiali del settore. Questa operazione ha portato vantaggi a entrambe le realtà: ha garantito a SSI Schäfer un polo strategico in Italia e una maggiore conoscenza del territorio, e a Incas l'accesso alle tecnologie avanzate e alla vasta rete globale del gruppo.

Prima dell'acquisizione, il gruppo disponeva solo di una sede a Parma in Italia che competeva direttamente con Incas, ma non riusciva a ottenere i risultati sperati, poiché le soluzioni offerte non erano pienamente in linea con le esigenze delle aziende italiane. Infatti, le strutture proposte erano standard utilizzati e venduti in altri Paesi, come Austria e Germania, caratterizzati da realtà aziendali più grandi e con esigenze differenti rispetto a quelle italiane. Incas d'altro canto si distingue per la capacità di offrire soluzioni personalizzate e scalabili, in grado di adattarsi alle specifiche necessità dei propri clienti.

1.2 Parte del gruppo SSI Schäfer

L'acquisizione di INCAS S.p.A. da parte del gruppo tedesco SSI Schäfer, avvenuta nel 2018, ha rappresentato un punto di svolta strategico fondamentale per entrambe le aziende. In particolare, ha garantito a Incas un posizionamento nel mercato internazionale dell'intralogistica.

L'operazione ha permesso di integrare i principali punti di forza delle due realtà, con l'obiettivo di unire la profonda conoscenza del mercato italiano e del Sud Europa di Incas con la solidità finanziaria, la vasta rete globale e il portafoglio tecnologico all'avanguardia di SSI Schäfer, uno dei leader mondiali nelle soluzioni di automazione per magazzini.

Incas continua a operare in Italia e in altri Paesi con la propria identità, sebbene sotto la denominazione ufficiale di Incas – SSI Schäfer. In questo modo, l'azienda ha potuto mantenere la propria clientela consolidata, sfruttando al tempo stesso le risorse e le innovazioni messe a disposizione dal gruppo SSI Schäfer. In particolare, l'integrazione ha consentito a Incas di ampliare



**Politecnico
di Torino**

la propria offerta, includendo sistemi e soluzioni che in precedenza non erano presenti nel suo portfolio.

Questa sinergia ha permesso a Incas di offrire ai propri clienti soluzioni intralogistiche sempre più complesse e complete, garantendo al tempo stesso la personalizzazione degli impianti, che è sempre stata una delle core competence dell'azienda.

L'appartenenza al gruppo SSI Schäfer consente inoltre a Incas di beneficiare di un costante flusso di ricerca e sviluppo, assicurando l'accesso alle più recenti innovazioni tecnologiche e la possibilità di competere efficacemente su scala internazionale, pur mantenendo un forte legame con il territorio e con le specificità del mercato italiano.

1.3 Modello di Business e Valori Aziendali

Il modello di business di INCAS S.p.A. si fonda sulla sua identità di System Integrator. L'azienda offre soluzioni "chiavi in mano" che coprono l'intero ciclo di vita di un progetto logistico. Questo processo inizia con una fase di consulenza strategica, dove team specializzati analizzano in profondità i processi operativi del cliente, le dinamiche di flusso dei materiali e i requisiti di performance. L'obiettivo è sviluppare un design di sistema che non solo risolva le criticità attuali, ma che sia anche scalabile e flessibile per adattarsi alle future esigenze di mercato.

Elemento necessario e centrale è l'innovazione che giustamente è vista come un mezzo per creare valore aggiunto, attraverso l'integrazione di tecnologie all'avanguardia con un'ingegneria di sistema, e qui è stata fondamentale l'integrazione con il gruppo.

Naturalmente anche per Incas la sostenibilità è un elemento molto importante in particolare le soluzioni proposte sono progettate per massimizzare l'efficienza energetica e l'utilizzo dello spazio. Ad esempio, la densità di stoccaggio aumentata dai magazzini automatici e l'ottimizzazione dei percorsi dei veicoli automatizzati (AGV) contribuiscono a ridurre l'impronta ambientale. L'affidabilità e la qualità, infine, sono garantite non solo dalla scelta di componenti duraturi, ma anche dalla profonda integrazione tra l'hardware e il software proprietario dell'azienda, che assicura un controllo totale e una gestione ottimale delle operazioni logistiche.

1.4 Breve descrizione esperienza di tirocinio

Durante il tirocinio presso INCAS ho avuto l'opportunità di osservare e comprendere il lavoro di un project manager in un contesto strutturato e dinamico. Il team, composto da un responsabile d'area, tre project manager senior e uno junior, ha mostrato un forte spirito di collaborazione e supporto reciproco, con meeting periodici per allineare lo stato dei progetti e discutere criticità.



**Politecnico
di Torino**

Le prime attività hanno riguardato l'ambientamento, lo studio della struttura organizzativa, delle procedure interne e la lettura di contratti per comprendere vincoli e penali, oltre alla compilazione del project handover e a una prima risk analysis.

Successivamente ho partecipato alla gestione di una commessa reale, elaborando un time schedule su Microsoft Project, definendo le fasi operative, le milestone e i legami tra attività, e partecipando a incontri di confronto per adattare la pianificazione alle esigenze del cliente e dell'azienda.

Ho inoltre contribuito all'organizzazione e all'ottimizzazione della lista dei progetti HOP CS, inizialmente disordinata, attraverso tentativi di automazione e successivamente mediante gestione manuale per garantire maggiore chiarezza e fruibilità.

Infine, ho svolto l'analisi delle attività extra di un progetto, verificando le ore effettivamente impiegate, identificando i Waiting Time e preparando il materiale per le richieste di risarcimento (claim), individuando le clausole contrattuali violate e bilanciando il recupero economico con il mantenimento di buoni rapporti con il cliente.

1.5 Il Settore dell'Intralogistica e dei Magazzini Automatici: Contesto e Innovazione Tecnologica

Il settore dell'intralogistica e dell'automazione dei magazzini è in continuo sviluppo, ed è indispensabile nelle catene di approvvigionamento globali (supply chain), poiché sono necessarie per velocizzare i tempi di smistamento e picking all'interno di un magazzino, riducendo i costi e garantendo un maggior controllo delle attività, favorendo quindi una disponibilità più veloce e immediata del prodotto. Questo settore quindi, non si limita alla movimentazione delle merci, ma il suo scopo è quello di massimizzare l'efficienza operativa, riducendo i costi e minimizzando gli errori attraverso l'uso di tecnologie innovative.

Il settore intralogistica e in generale tutte le catene di approvvigionamento, operano in un contesto molto dinamico e incerto, influenzato da tendenze macroeconomiche globali e da politiche industriali orientate alla digitalizzazione e alla sostenibilità. L'incertezza del mercato moderno sta modificando il panorama attuale; in particolare, si sta sviluppando la tendenza ad avvicinare i nodi della supply chain, con il cosiddetto **reshoring**, riportando parte della produzione e della logistica più vicino ai mercati di consumo. Questa tendenza e situazione di incertezza globale, ha accresciuto la necessità di magazzini più automatizzati, capaci di rispondere con flessibilità a variazioni improvvise della domanda e alla crescente complessità delle reti distributive.

Inoltre, con lo sviluppo tecnologico, si sta entrando nell'era dell'**Industria 5.0**, rafforzando il ruolo dell'intralogistica come elemento cardine. Le tecnologie digitali, come sensori IoT, sistemi cyberfisici, intelligenza artificiale e robotica collaborativa, in particolare, non sono più considerate strumenti isolati, ma vengono integrate con l'intelligenza umana, garantendo maggiore efficienza, resilienza e adattabilità dei processi produttivi e logistici. In questo nuovo contesto vengono messi in rilievo tre elementi: l'uomo e il suo rapporto con le macchine e con la tecnologia emergente, la



**Politecnico
di Torino**

resilienza, cioè la capacità di sopravvivere alle continue perturbazioni del mercato, e la sostenibilità (sociale, ambientale ed economica).

Le politiche europee di sostenibilità e innovazione tecnologica, come il Green Deal e il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), spingono le imprese a investire in soluzioni intralogistiche a basso impatto ambientale. Questi incentivi sostengono l'adozione di sistemi più efficienti dal punto di vista energetico, l'uso di materiali riciclabili e l'integrazione di software intelligenti in grado di ottimizzare i flussi e ridurre gli sprechi.

Quindi, riassumendo, le principali difficoltà che deve affrontare il settore dell'intralogistica e in generale tutte le attività collegate alla supply chain e alla sua gestione, derivano da una crescente incertezza generale causata da situazioni geopolitiche instabili, dal continuo sviluppo tecnologico e dall'aumento della domanda, proveniente dall'e-commerce, dalla richiesta di personalizzazione di massa e dall'urgenza di garantire maggiore sostenibilità. Questi elementi richiedono sistemi flessibili e scalabili.

Focalizzando l'attenzione sulla componente tecnologica, l'integrazione tra automazione fisica e intelligenza digitale, favorita dall'IoT, dall'intelligenza artificiale e dal machine learning, consente oggi di prevedere guasti, ottimizzare i percorsi dei robot e gestire le scorte in tempo reale.

I magazzini automatizzati moderni si basano su una combinazione di hardware e software avanzati, migliorando l'efficienza e riducendo gli errori operativi. Tra i sistemi principali si trovano gli AS/RS – Automated Storage and Retrieval Systems, come trasloelevatori verticali, shuttle, miniload e sistemi di stoccaggio orizzontale. Ciascuna soluzione è progettata per rispondere a specifiche esigenze di spazio, volume di merci e frequenza di prelievo, consentendo di gestire con precisione le operazioni di stoccaggio e movimentazione, in base al contesto specifico in cui operano.

Tra le componenti software più rilevanti troviamo i Warehouse Management System (WMS) che gestiscono quali prodotti devono essere stoccati, prelevati o spediti, pianificando le operazioni a livello logistico. I Warehouse Control System (WCS), invece, coordinano in tempo reale i movimenti dei robot, dei carrelli automatizzati e dei trasloelevatori per garantire operazioni sincronizzate. L'integrazione tra WMS e WCS favorisce un'ottimizzazione dei costi, riducendo i waiting time e gli errori.

Negli ultimi anni, l'introduzione di tecnologie come IoT, intelligenza artificiale e machine learning ha aperto nuove possibilità di ottimizzazione. Ad esempio, la manutenzione predittiva consente di prevedere guasti o malfunzionamenti, riducendo i fermi macchina. L'analisi dei flussi in tempo reale permette di ottimizzare percorsi dei robot e gestione delle scorte, mentre l'uso dei gemelli digitali (digital twin) consente di simulare scenari operativi, testare soluzioni alternative e prendere decisioni più informate senza interrompere le operazioni reali.

In questo modo, le soluzioni tecnologiche adottate nei magazzini automatizzati non solo migliorano l'efficienza e la velocità dei processi, ma offrono anche un controllo più accurato, maggiore affidabilità e la possibilità di personalizzare le soluzioni in base alle esigenze specifiche di ciascun cliente.



**Politecnico
di Torino**

1.6 Prodotti Incas

Incas, in particolare il gruppo SSI Schafer, offre un'ampia varietà di prodotti. In particolare, come già accennato precedentemente Incas opera prevalentemente sul territorio italiano, in cui le principali realtà sono di piccole medie dimensioni, quindi necessitano prevalentemente soluzioni personali e più piccole rispetto a quanto SSI Schafer fosse abituato a fornire.

I prodotti offerti riguardano strumenti impiegati nelle attività di stoccaggio, nel picking & Handling, nella movimentazione & trasporto fino allo smaltimento dei rifiuti.

Entrando più nel dettaglio per ogni funzione o attività vengono offerti particolari prodotti:

1. Parlando di **stoccaggio**, lo scopo ultimo è quello di massimizzare lo spazio disponibile, a costi minimi. Un requisito fondamentale è quello di avere un'ampia porzione di merce immagazzinata facilmente accessibile in qualsiasi momento. A tale scopo vengono offerte soluzioni manuali, semi automatici o completamente automatizzati.
In particolare, il portfolio prevede:
 - a. **Pallet racks**: le scaffalature per pallet sono la struttura prevalentemente usata per lo stoccaggio delle merci, devono essere solide, robuste, sicure ed espandibili. Le strutture sono principalmente personalizzate per soddisfare al meglio le esigenze del cliente (stoccaggio a singola o doppia profondità, corsie larghe o strette ecc..), sono caratterizzati da un sistema plug-in, perciò facili da montare e hanno elevate capacità di carico. Un esempio è il PR 600: sistema di scaffalature multifunzionali per grandi unità di carico.
 - b. **Contenitori** per il picking, stoccaggio e trasporto.
 - c. **Soppalchi**: per garantire un'ottimizzazione dello sfruttamento dello spazio.
 - d. **Minload system**: è una macchina di stoccaggio e prelievo e per sfruttare la capacità di carico verticale. È disponibile nella versione a uno o due colonne e le attrezzature di presa si adattano in modo ottimale alle esigenze del cliente.
 - e. **Sistemi automatici per pallet**: comprendono macchine di stoccaggio e recupero e sistemi di navette. Ottimi per garantire un trasporto rapido dei materiali e tempi di accesso ridotti. Due esempi interessanti sono la SSI Lift & Run e la SSI Exyz.
 - f. **Shuttle system**: macchine che garantiscono soluzioni per lo stoccaggio e prelievo automatizzati per merci di piccole dimensioni, come cassette vassoi e cartoni. Esempi sono: SSI Flexi, SSI Cuby e SSI Miniload.
2. I sistemi per il **picking & Handling** consentono di svolgere attività manuali in magazzino e di evadere gli ordini in modo rapido ed efficace. Anche per questa attività esistono soluzioni manuali (person to goods), semi-automatici (goods to person) e picking automatico.



**Politecnico
di Torino**

L'introduzione di strumenti questo tipo consentono un'ottimizzazione sia in termini di costi che tempo.

Parlando di soluzioni manuali, si sottolinea il ruolo rilevante dell'uomo in cui l'addetto al picking accede alle merci stoccate in postazioni fisse. Tra le soluzioni più rilevanti troviamo:

- a. **Pick by Light and Put to Light:** Ogni scomparto di stoccaggio è dotato di una spia luminosa di segnalazione con un display e almeno un pulsante di riconoscimento. Quando il contenitore raggiunge la posizione di prelievo, la spia si accende per indicare agli operatori lo scomparto corretto da cui prelevare e il display indica il numero corretto di articoli da prelevare; per confermare il prelievo basta cliccare sul pulsante apposito.
- b. **Pick by Voice:** gli operatori vengono guidati a voce lungo il processo di prelievo e possono dare conferma tramite feedback acustici o anche correggere il numero di articoli prelevati. Di conseguenza, i dipendenti devono usare le mani solo per il prelievo.
- c. **RF Picking:** picking a radiofrequenza, vengono sfruttate interfacce utenti mobili (UIM) per scambiare dati via radio tra singoli terminali.

Parlando invece di Picking semi automatico permette di aumentare l'efficienza del magazzino, le soluzioni proposte sono:

- a. **Advanced Pick Station:** una postazione di lavoro automatizzata per il picking "goods-to-person", cioè in cui i prodotti vengono portati all'operatore invece di farlo muovere tra gli scaffali. Permette di prelevare fino a 1.000 articoli all'ora da contenitori o cartoni, guidando l'operatore con un sistema Pick by Light (luci che indicano cosa prelevare) e sensori che controllano la correttezza del prelievo. È progettata in modo ergonomico e accessibile. Può essere configurata a uno o due livelli, a seconda del volume e del flusso di lavoro richiesto.
- b. **Goods in station:** stazioni di lavoro per le merci in arrivo. La merce viene consegnata, controllata, preparata per l'utilizzo in magazzino e poi reimballata in contenitori standard. Quando la merce arriva, viene trasferita da una stazione pallet regolabile elettricamente in altezza al piano di lavoro. I codici a barre vengono scansionati per registrare i dati nel sistema e quindi la merce viene trasferita nei contenitori di stoccaggio. I contenitori vengono spinti su un nastro trasportatore, posizionato alla stessa altezza del tavolo, per essere trasportati in magazzino. Un altro nastro trasportatore situato in alto trasporta le scatole vuote.

I sistemi di picking automatici invece assicurano la massima produttività possibile, mantenendo una qualità costante. Le soluzioni proposte sono:

- a. **A-Frame:** adatta per prodotti di piccole dimensioni e ad alta rotazione. I prodotti vengono espulsi automaticamente dai canali e convogliati su un nastro centrale, che li raccoglie e li indirizza verso la spedizione o il confezionamento.



**Politecnico
di Torino**

- b. **Robotica:** impiego di Robot intelligenti ad alte prestazioni.
 - c. **3D-MATRIX Solution:** La soluzione Matrix è composta da tre componenti fondamentali: sistemi shuttle, elevatori e sistemi di convogliamento. I sistemi shuttle funzionano sull'asse X del magazzino. Gli elevatori assicurano la movimentazione sull'asse verticale Y. I sistemi di convogliamento si occupano del trasporto orizzontale sull'asse Z, portando la merce in apposite postazioni di picking o confezionamento o direttamente alla spedizione.
 - d. **SSI Case Picking:** pensata per magazzini di grande distribuzione o centri logistici dove si movimentano pallet o imballi completi. Il sistema combina trasloelevatori, robot e convogliatori per prelevare, sequenziare e pallettizzare automaticamente le casse secondo l'ordine richiesto.
 - e. **Fulfilment Factory:** ideale per le attività di e-commerce e la distribuzione multicanale. Combina tecnologie come shuttle, robot mobili, sistemi di picking “goods-to-person” e pallettizzazione automatica, gestite da un software di controllo unico.
3. Anche per le attività di **Movimentazione & trasporto** SSI Schaefer propone diverse soluzioni:
- a. **Sistemi di trasporto sopra elevati**
 - b. **Sistemi di trasporto per carichi leggeri:**
 - c. **Sistemi di trasporto per grandi vettori di carico**
 - d. **AGV – Veicoli a Guida Automatica**

Fonti usate per la stesura del capitolo

- [ssi-schaefer Italia](http://www.ssi-schaefer.it)
- Materiale corso supply chain titolare professore Carlo Rafele
- Automated Storage and Retrieval Systems: A Comprehensive Review autore: Zeenat Khan Capital University of Science and Technology



**Politecnico
di Torino**

Capitolo 2 – Il ruolo del Project Manager nella gestione dei progetti

2.1 Che cos'è un progetto

Un **progetto** si definisce come un'attività temporanea mirata alla creazione di un prodotto, servizio o risultato esclusivo. Diversamente dalle attività operative, che sono continuative e cicliche, i progetti si distinguono per alcune peculiarità fondamentali:

- **Temporaneità:** ogni progetto ha una durata limitata, con un inizio e una fine chiaramente definiti, anche se i suoi effetti o risultati possono avere un impatto duraturo nel tempo.
- **Unicità:** i progetti producono esiti unici.
- **Elaborazione progressiva:** lo sviluppo di un progetto avviene in modo iterativo e incrementale. Nuove informazioni e requisiti emergenti consentono continui aggiornamenti e miglioramenti sia nella pianificazione sia nell'esecuzione.

Questi aspetti rendono la gestione dei progetti una disciplina articolata ma indispensabile per il conseguimento degli obiettivi strategici delle organizzazioni.

Il ciclo di vita di un progetto segue una sequenza strutturata di fasi che lo guidano dalla concezione alla conclusione. Solitamente, queste fasi principali si articolano in cinque momenti chiave:

1. **Inizio:** si stabiliscono gli obiettivi generali, si identificano gli stakeholder coinvolti e si ufficializza l'approvazione per attivare il progetto.
2. **Pianificazione:** vengono sviluppati piani dettagliati che abbracciano ambito, tempi, costi, qualità, comunicazione, rischi e approvvigionamenti, definendo un quadro operativo per l'esecuzione e il controllo.
3. **Esecuzione:** durante questa fase operativa si mobilitano le risorse e si svolgono le attività previste, mirando alla produzione dei deliverable del progetto.
4. **Monitoraggio e controllo:** si analizzano progressi e prestazioni rispetto ai piani iniziali, correggendo eventuali deviazioni per garantire il raggiungimento degli obiettivi prefissati.
5. **Chiusura:** si formalizza la conclusione delle attività progettuali, si dismettono le risorse utilizzate e si archiviano le conoscenze acquisite per supportare progetti successivi.

2.2 Project management e project manager

Il **Project Management** consiste nell'applicazione di conoscenze, competenze, strumenti e tecniche alle attività progettuali con l'obiettivo di soddisfare i requisiti previsti.



**Politecnico
di Torino**

Mentre il **Project Manager (PM)** rappresenta la figura professionale incaricata di guidare un progetto verso il raggiungimento degli obiettivi strategici e operativi. Il suo ruolo è cruciale, poiché richiede un mix di competenze tecniche, organizzative e relazionali. Secondo il PMBOK, il Project Manager si occupa della direzione operativa del progetto, dell'implementazione delle modifiche approvate, della comunicazione con gli stakeholder e della gestione delle risorse. Le responsabilità principali del PM includono:

1. Definire e perseguire gli obiettivi del progetto, garantendo la loro coerenza con le aspettative degli stakeholder e la compatibilità con le risorse disponibili.
2. Mediare tra esigenze contrastanti, bilanciando priorità, interessi e vincoli organizzativi, favorendo il consenso tra le parti coinvolte.
3. Coordinare team multifunzionali, incoraggiando la collaborazione tra membri con competenze diversificate e creando un ambiente di lavoro orientato al raggiungimento dei risultati.
4. Monitorare rischi, vincoli e opportunità, identificandoli, analizzandoli e pianificando risposte adeguate, in linea con il processo di Risk Management previsto dal PMBOK che verrà approfondito successivamente.
5. Gestire le risorse del progetto, umane e materiali, ottimizzandone l'utilizzo per rispettare scadenze, costi e standard di qualità.
6. Assicurare una comunicazione efficace, condividendo le informazioni rilevanti con tutti gli stakeholder secondo il Communication Management Plan.
7. Supervisionare gli approvvigionamenti, ove richiesto, tramite la definizione di contratti, la selezione dei fornitori e il monitoraggio delle forniture.

Il PMBOK evidenzia inoltre la rilevanza della leadership e della capacità decisionale del Project Manager. Questa figura deve essere in grado di anticipare problematiche, prendere decisioni rapide ed efficaci e guidare il team anche nei contesti più complessi e incerti.

2.3 Competenze del Project Manager

Secondo l'International Project Management Association (IPMA), il successo di un progetto dipende in maniera significativa dalla capacità del Project Manager di gestire un ampio spettro di competenze, che spaziano dalle tecniche alle comportamentali e contestuali. Queste competenze sono descritte nel dettaglio all'interno dello standard internazionale IPMA che identifica 28 abilità suddivise in tre principali categorie: tecniche, comportamentali e contestuali.



**Politecnico
di Torino**

1. **Competenze Tecniche:** Le competenze tecniche riguardano le attività specifiche legate alla gestione del progetto, prevedono l'uso di strumenti e metodi e mirano a un controllo efficace delle sue variabili.
L'ICB4 individua 14 abilità fondamentali, tra cui:
 - a. **Pianificazione Tempi e Progetto:** creazione della sequenza logica delle attività, stima delle durate e definizione del cronoprogramma mediante strumenti come WBS e Gantt.
 - b. **Gestione delle Risorse e dei Costi:** calcolo e monitoraggio di risorse e budget utilizzando sistemi quantitativi, ad esempio l'Earned Value Management.
 - c. **Gestione dei Rischi e delle Opportunità:** valutazione probabilistica degli impatti e formulazione di azioni per mitigare i rischi o valorizzare le opportunità.
 - d. **Gestione della Qualità:** impostazione di standard qualitativi e verifica dei deliverable.
 - e. **Coinvolgimento degli Stakeholder:** identificazione degli stakeholder e gestione delle loro aspettative.
2. **Competenze Comportamentali:** Riguardano le capacità relazionali e personali del Project Manager, essenziali per la guida del team e l'interazione con gli stakeholder. Tra le principali troviamo:
 - a. **Leadership:** motivare, ispirare e indirizzare il team verso obiettivi condivisi.
 - b. **Comunicazione:** adattare il linguaggio al contesto, gestire feedback e mantenere efficaci flussi comunicativi.
 - c. **Gestione dei Conflitti e delle Crisi:** affrontare divergenze o situazioni critiche con approcci costruttivi e orientati alle soluzioni.
 - d. **Lavoro di Squadra:** favorire coesione, delega e senso di appartenenza tra i membri del gruppo.
 - e. **Auto-riflessione e Affidabilità:** analizzare le proprie azioni e assumersi la responsabilità delle decisioni prese.
3. **Competenze Contestuali:** Questa categoria si focalizza sull'abilità di comprendere il contesto in cui opera il progetto e adeguare le pratiche gestionali alle dinamiche esterne e interne. Le competenze principali includono:
 - a. **Conformità, Standard e Regolamenti:** conoscenza e applicazione dei requisiti legali, contrattuali e normativi.
 - b. **Cultura e Valori:** adattarsi ai sistemi culturali dell'organizzazione o a contesti transnazionali.



**Politecnico
di Torino**

- c. **Sostenibilità, Salute e Sicurezza:** promuovere pratiche sostenibili e garantire un ambiente lavorativo sicuro.
- d. **Strategia Organizzativa e Governance:** allineare il progetto agli obiettivi aziendali, gestendo politiche interne e strutture decisionali.

L'approccio definito dall'IPMA ICB4 rappresenta un modello completo per sostenere lo sviluppo e valutare le competenze nel project management. Nel panorama odierno, caratterizzato da costanti cambiamenti e forte competitività, il Project Manager deve dimostrare una professionalità poliedrica, capace di adattarsi a contesti differenti, guidare team con efficacia e affrontare la complessità attraverso una visione strategica.

2.4 Strumenti e metodologie

Dopo aver analizzato le responsabilità e le competenze del Project Manager, è fondamentale descrivere le **attività operative** che egli svolge nelle diverse fasi del progetto, nonché gli **strumenti e le tecniche** utilizzati a supporto della gestione. Queste attività si articolano lungo il ciclo di vita del progetto e sono strettamente legate ai processi descritti nel *PMBOK® Guide* e agli standard professionali come l'IPMA ICB4.

2.4.1 Fase di Avvio

Durante la fase iniziale, il Project Manager si occupa di definire le basi del progetto. Le attività principali includono:

- **Stesura del Business Case:** documento che giustifica l'investimento nel progetto, evidenziando benefici attesi, costi, rischi e alternative.
- **Analisi e registrazione degli stakeholder:** identificazione, classificazione e analisi degli stakeholder, con la compilazione di un registro che ne descrive interessi, influenza e strategie di coinvolgimento.
- **Redazione del Project Charter:** documento formale che autorizza l'avvio del progetto. Include obiettivi, requisiti iniziali, stakeholder principali, vincoli, assunzioni e il nome del Project Manager. Il Project Charter rappresenta il riferimento ufficiale per l'intero progetto.

2.4.2 Fase di Pianificazione

In questa fase, il Project Manager definisce in dettaglio come il progetto sarà eseguito, monitorato e controllato. Gli strumenti principali includono:



**Politecnico
di Torino**

- **Work Breakdown Structure (WBS):** suddivisione gerarchica orientata ai deliverable, che consente di strutturare il lavoro in componenti gestibili chiamati *Work Packages*. Ogni Work Package può essere associato a tempi, risorse e costi. Le logiche di scomposizione possono essere basate su fasi, funzioni, prodotti o aree geografiche.
- **Cost Breakdown Structure (CBS):** struttura che organizza i costi del progetto in modo gerarchico, facilitando il controllo e la rendicontazione.
- **Matrice di Assegnazione delle Responsabilità (RAM):** spesso rappresentata tramite la matrice **RACI** (Responsible, Accountable, Consulted, Informed), definisce ruoli e responsabilità per ciascuna attività o deliverable, favorendo il coordinamento interfunzionale e riducendo le ambiguità organizzative.

2.4.3 Fase di Progettazione ed Esecuzione

Durante la progettazione operativa e l'esecuzione, il Project Manager utilizza strumenti di pianificazione temporale e analisi delle dipendenze:

- **Diagramma di Gantt:** rappresentazione grafica del piano temporale, che mostra attività, durate, dipendenze e allocazione nel tempo. È utile per monitorare l'avanzamento e comunicare la sequenza logica delle attività.
- **Critical Path Method (CPM):** tecnica deterministica per identificare il percorso critico, ovvero la sequenza di attività che determina la durata minima del progetto.
- **Program Evaluation and Review Technique (PERT):** tecnica probabilistica che utilizza tre stime (ottimistica, pessimistica, attesa) per ogni attività, utile in contesti di elevata incertezza.
- **Precedence Diagram Method (PDM):** metodo di rappresentazione delle relazioni tra attività, basato su nodi e archi.
- **Critical Chain Method (CCM):** approccio che considera le risorse limitate e introduce buffer per proteggere il percorso critico.
- **Critical Resource Diagram:** strumento per identificare le risorse critiche e ottimizzare la loro allocazione.

2.4.4 Strumenti di Supporto alla Gestione

Oltre agli strumenti di pianificazione un importante documento che viene redatto è il **registro delle lezioni apprese**: raccoglie esperienze e conoscenze acquisite, promuovendo il miglioramento continuo e la capitalizzazione del know-how.



**Politecnico
di Torino**

Inoltre, la gestione moderna dei progetti è supportata da strumenti digitali avanzati, scelti in base alla complessità del progetto, al modello organizzativo e alla maturità gestionale dell'azienda. Tra i più diffusi:

- **Microsoft Project:** per la pianificazione e il controllo temporale.
- **Primavera P6:** utilizzato in progetti complessi, soprattutto in ambito industriale.
- **Microsoft Planner / Teams:** per la gestione operativa e la collaborazione in tempo reale.
- **Jira:** ampiamente adottato nei contesti Agile e nello sviluppo software.

In ambienti strutturati come quello di **INCAS**, questi strumenti vengono integrati nel framework IPM (Integrated Project Management), garantendo coerenza, tracciabilità e visibilità lungo tutto il ciclo di vita del progetto.

2.5 Analisi e gestione del rischio

Essendo parte centrale della tesi, un approfondimento mirato sull'argomento è necessario. Questa fase è necessaria perché permette di determinare come affrontare, pianificare ed eseguire le attività di gestione dei rischi di un progetto. Inoltre, è necessario sviluppare un approccio omogeneo alla gestione dei rischi, conforme ai requisiti dell'organizzazione. Le risposte ai rischi riflettono ciò che l'organizzazione percepisce come punto di equilibrio tra l'assumere e l'evitare il rischio.

Il processo di pianificazione della gestione del rischio garantisce che il livello, il tipo e la visibilità della gestione dei rischi siano proporzionati al rischio e all'importanza data dall'organizzazione al progetto in modo da fornire sufficienti risorse e tempo per le attività di gestione del rischio e concordare un criterio di base per la valutazione dei rischi.

2.5.1 Il Processo di Pianificazione del Rischio

Un **rischio** rappresenta un evento o una condizione incerti che, se si verificano, influiscono positivamente o negativamente su almeno uno degli obiettivi di progetto, come tempi, costi, ambito o qualità. Un rischio può derivare da una o più cause e, se si verifica, può provocare anche più di un impatto.

Il processo di **pianificazione della gestione del rischio** è un approccio sistematico per identificare, analizzare e definire strategie di risposta ai rischi, con l'obiettivo di minimizzare l'impatto negativo e massimizzare le opportunità. Questo processo viene generalmente completato nelle prime fasi di pianificazione del progetto, poiché è essenziale per la corretta esecuzione degli altri processi. Vengono organizzati dei meeting o delle riunioni in cui si discute l'impatto dei rischi sul costo e sulla schedulazione di un progetto, aggiornando conseguentemente il budget e la schedulazione. Vengono inoltre assegnate le responsabilità in relazione ai rischi.



**Politecnico
di Torino**

2.5.2 Fase di Identificazione del Rischio

L'identificazione del rischio è un processo dinamico e iterativo, poiché nuovi rischi possono emergere con l'avanzare del ciclo di vita del progetto. Diverse metodologie e strumenti sono comunemente impiegati in questa fase per garantire un'analisi completa e strutturata. Tra i principali troviamo:

- **Brainstorming:** Una tecnica collaborativa che consente di creare un elenco dettagliato e inclusivo dei rischi legati al progetto.
- **Tecnica Delphi:** Utilizzata per ottenere il consenso tra esperti in maniera anonima, favorendo così un approccio oggettivo e libero da influenze personali.
- **Colloqui:** Interviste mirate con gli stakeholder, fondamentali per raccogliere informazioni dirette e rilevanti sul contesto e sui potenziali rischi.
- **Identificazione della causa principale:** Strumento indispensabile per analizzare e individuare le cause radice che generano i rischi identificati.
- **Analisi SWOT:** Una prospettiva multidimensionale che esamina il progetto secondo le quattro aree della SWOT: punti di forza (Strengths), debolezze (Weaknesses), opportunità (Opportunities) e minacce (Threats).
- **RBS (Risk Breakdown Structure):** Una rappresentazione grafica organizzata in modo gerarchico per categorizzare i rischi potenziali di un progetto in base alle loro origini o settori d'impatto.
- **Liste di controllo:** Strumento basato su esperienze passate, dati storici e conoscenze consolidate. Include elenchi predefiniti di rischi, aggiornati al termine di ogni progetto per favorire il riutilizzo in iniziative future. Possono anche essere arricchite attraverso l'integrazione di standard industriali e linee guida esterne.
- **Diagrammi:** Metodi grafici di rappresentazione per comprendere meglio le interrelazioni e potenziali cause dei rischi:
 - a. **Diagrammi causa-effetto:** Analizzano le possibili origini di un rischio e le sue implicazioni.
 - b. **Diagrammi di flusso:** Illustrano chiaramente le connessioni e le interazioni tra i vari elementi di un sistema.
 - c. **Diagrammi di influenza:** Offrono una visione dettagliata delle relazioni causali e temporali tra le variabili rilevanti. Questi strumenti permettono una panoramica approfondita, dall'identificazione alla comprensione strutturata dei rischi, contribuendo a ottimizzare la gestione del progetto in tutte le sue fasi.



**Politecnico
di Torino**

L'output che ne deriva è il **registro dei rischi**, che contiene l'elenco dei rischi identificati, delle potenziali risposte e delle cause principali.

2.5.3 Stima di Probabilità e Impatto del Rischio

Nella pianificazione del rischio, un aspetto fondamentale è stimare sia la probabilità che l'impatto del rischio:

- **Probabilità:** rappresenta la possibilità che un rischio si manifesti. Può essere espressa in termini qualitativi (ad esempio, bassa, media, alta) o quantitativi (come 0.1 equivalente al 10%).
- **Impatto:** indica le conseguenze o gli effetti che il rischio potrebbe avere sugli obiettivi del progetto (come costi, tempi, qualità o ambito) qualora si verificasse. Anche l'impatto può essere valutato sia qualitativamente che quantitativamente.

Per attribuire priorità a un rischio, uno strumento frequentemente utilizzato è la **matrice di probabilità e impatto**, che combina i due valori per classificarli. È altrettanto essenziale considerare e aggiornare regolarmente i limiti di tolleranza degli stakeholder.

Per l'analisi quantitativa dei rischi, si possono impiegare diverse tecniche, tra cui:

- **Analisi di sensitività:** aiuta a identificare i rischi che potrebbero influire maggiormente sugli obiettivi del progetto. Questa tecnica misura l'incidenza dell'incertezza relativa a ogni elemento del progetto, mantenendo costanti tutti gli altri fattori rispetto ai valori di riferimento.
- **Analisi del valore monetario atteso (EMV):** serve a stimare l'impatto economico potenziale di situazioni incerte. Si basa su principi statistici e calcola il valore medio atteso moltiplicando il risultato economico di ciascun evento possibile per la sua probabilità, sommando poi i risultati.
- **Analisi dell'albero delle decisioni:** è un metodo grafico e quantitativo che schematizza possibili alternative decisionali in un contesto di incertezza. L'analisi si articola tramite un diagramma ad albero che descrive la situazione iniziale, le opzioni disponibili, le probabilità associate a ciascun evento e le relative implicazioni economiche, come costi e benefici.
- **Modellazione e simulazione:** strumenti avanzati per analizzare quantitativamente i rischi. Tra queste, la simulazione Monte Carlo è una tecnica molto diffusa. Consiste nella costruzione di un modello che incorpora le variabili critiche del progetto e le relative distribuzioni di probabilità. Il modello viene simulato molteplici volte, randomizzando i valori di input, per ottenere una distribuzione complessiva dei risultati. Questo tipo di analisi è utile per stimare ad esempio il costo totale del progetto o la data prevista di completamento.



**Politecnico
di Torino**

2.5.4 Pianificazione delle Risposte al Rischio

Dopo aver identificato e valutato i rischi, è essenziale pianificare le risposte adeguate e assegnare la responsabilità di ciascuna azione a una o più persone. Le risposte devono essere proporzionate alla rilevanza del rischio individuato. Le quattro strategie principali per gestire il rischio includono:

- a. **Evitare:** Modificare il piano di Project Management per eliminare la minaccia, isolare gli obiettivi dagli effetti del rischio o ridimensionare l'ambito dell'obiettivo.
- b. **Trasferire:** Delegare a terzi sia l'impatto che la gestione della risposta a una minaccia. Sebbene questa strategia non elimini il rischio, sposta la responsabilità, rivelandosi particolarmente utile nei casi di rischi per esempio finanziari.
- c. **Mitigare:** Ridurre la probabilità e/o l'impatto di un evento rischioso fino a livelli accettabili. Intervenire preventivamente è generalmente più efficace rispetto alla gestione delle conseguenze una volta che il rischio si è concretizzato.
- d. **Accettare:** Optare per questa strategia quando non è possibile eliminare un rischio o quando si sceglie di non apportare modifiche al piano di progetto. L'accettazione può essere passiva, senza azioni preventive, o attiva, con misure di contingenza pianificate come margini di tempo, budget o risorse specifiche.

2.5.5 Monitoraggio e Controllo dei Rischi

Il monitoraggio e il controllo diventano fasi essenziali dopo aver definito le risposte ai rischi. Nel PMBOK Guide, il monitoraggio dei rischi è identificato come una delle attività principali del processo di Risk Management. Questo include la raccolta continua di dati, l'analisi degli indicatori di rischio e l'aggiornamento delle misure correttive, con l'obiettivo di determinare se i rischi si stanno effettivamente manifestando, valutare l'efficacia delle strategie adottate e individuare eventuali nuovi rischi.

Il PMBOK sottolinea inoltre l'importanza di integrare il monitoraggio dei rischi all'interno del sistema di controllo del progetto, utilizzando strumenti come il registro dei rischi aggiornato, rapporti sullo stato di avanzamento e revisioni regolari. In aggiunta, promuove una cultura organizzativa improntata alla gestione proattiva del rischio, basata su trasparenza e collaborazione. In questo contesto, il project manager riveste un ruolo chiave nel garantire la tempestiva condivisione delle informazioni sui rischi e nel favorire decisioni fondate su analisi oggettive e dati concreti.

2.5.6 Reportistica e Lessons Learned

Infine, è importante redigere dei **report** che raccolgano tutta la documentazione prodotta, le analisi svolte e i risultati ottenuti durante il processo di pianificazione. Questi report permettono di tenere traccia delle esperienze maturate, offrendo spunti utili per progetti futuri e trasformandosi in vere e proprie **"lessons learned"**.



**Politecnico
di Torino**

2.6 Approcci di gestione: predittivo, agile, ibrid

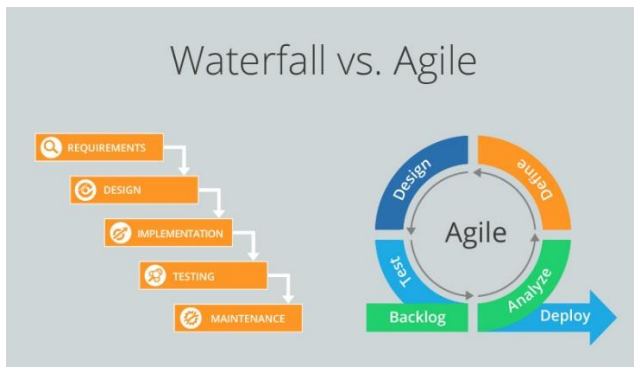


figura 2.1: Questa figura è utile per schematizzare le differenze tra questi due approcci nella gestione dei progetti.

Negli ultimi decenni, il project management ha vissuto un'evoluzione significativa, sviluppando approcci metodologici diversificati in base alla natura dei progetti, alla volatilità dei contesti e alle competenze organizzative richieste. Nel PMBOK® Guide del Project Management Institute (PMI) ha introdotto un cambiamento importante, sostituendo il tradizionale modello basato sui processi con un metodo più adattivo e contestuale, identificando tre principali approcci operativi: predittivo, agile e ibrido. Come mostrato nella (figura 2.1) i tre possibili approcci sono:

1. **Approccio Predittivo (Waterfall):** Comunemente chiamato sequenziale o tradizionale, questo modello si basa su una pianificazione dettagliata a monte e su una suddivisione in fasi lineari: avvio, pianificazione, esecuzione, monitoraggio e chiusura. Ogni fase deve essere completata prima di procedere alla successiva, con una documentazione ampia e ben strutturata già dall'inizio. È particolarmente indicato per progetti con requisiti stabili e chiari, in contesti caratterizzati da bassa incertezza tecnica e ambientale. Trova largo impiego in settori regolamentati o industriali come costruzione, ingegneria e logistica impiantistica, dove sono prioritari la prevedibilità, il controllo dei costi e la conformità normativa.
2. **Approccio Agile:** Questo modello si basa su cicli brevi e iterativi (sprint), favorendo feedback continui e rilasci incrementali. Le priorità possono essere adattate durante il progetto per massimizzare il valore per il cliente tramite un coinvolgimento attivo degli stakeholder e un'elevata capacità di risposta ai cambiamenti. Le caratteristiche principali includono team auto-organizzati e interdisciplinari, una gestione dinamica del cambiamento, interazione continua con il cliente e focus sulla semplicità e sui risultati concreti. I valori fondamentali vengono definiti nel Manifesto Agile del 2001: collaborazione, adattabilità, semplicità e attenzione al risultato. Tra i framework più diffusi ci sono Scrum, Kanban, SAFe® e XP. Questo approccio è ideale per progetti complessi o caratterizzati da alta incertezza, ambienti altamente innovativi o in rapido mutamento e team piccoli e ben coordinati.



**Politecnico
di Torino**

3. **Approccio Ibrido:** Si tratta di una combinazione tra principi del primo e del secondo approccio, è pensata per bilanciare esigenze di rigore, ad esempio, in termini di controllo del budget o sicurezza con la necessità di flessibilità e adattamento continuo. In genere, la fase iniziale del progetto (come definizione dei requisiti e progettazione) adotta un approccio predittivo, mentre le fasi esecutive (come sviluppo, personalizzazioni o test) seguono tecniche agili. Questa metodologia è sempre più diffusa nei contesti industriali complessi, quali automazione e intralogistica, dove alcune attività richiedono rigore metodologico mentre altre, come sviluppo di software, interfacce HMI e collaudi, beneficiano di cicli iterativi.

2.7 Benefici e criticità del ruolo del PM

Il ruolo del Project Manager riveste un'importanza fondamentale per il successo di qualsiasi progetto, agendo come figura centrale nel garantire coerenza tra obiettivi, vincoli e risultati, oltre a promuovere l'allineamento tra le varie funzioni coinvolte. L'introduzione sistematica di questa figura professionale in un'organizzazione genera benefici tangibili su diversi livelli: strategico, operativo, economico e relazionale. Uno dei principali vantaggi consiste nella capacità del PM di trasformare la strategia aziendale in azioni operative, grazie alla definizione di obiettivi chiari, una pianificazione precisa e un monitoraggio costante. Il Project Manager non si limita al coordinamento delle attività, ma si afferma come agente di cambiamento, guidando il team verso obiettivi condivisi e mantenendo un equilibrio tra qualità, tempi, costi e ambito. Un altro aspetto rilevante è la centralizzazione della comunicazione. In progetti complessi, il PM minimizza il rischio di dispersione delle informazioni, assicurando un flusso uniforme di dati tra gli stakeholder. Questo vantaggio assume particolare importanza in contesti multidisciplinari, dove l'assenza di una figura di coordinamento può causare incomprensioni, conflitti o ritardi decisionali. Sul piano della gestione del rischio, il contributo del Project Manager è altrettanto significativo. Attraverso strumenti come registri dei rischi, analisi impatto-probabilità e piani di contingenza, il PM anticipa potenziali criticità, affronta imprevisti e rafforza la resilienza organizzativa. Questo approccio, unito a una trasparenza operativa verso i clienti, migliora la soddisfazione del committente, offrendo chiarezza sulle responsabilità, aggiornamenti costanti sui progressi e risposte rapide alle esigenze.

Tuttavia, il Project Manager ha molte sfide da dover affrontare. Tra gli ostacoli emergono questioni legate al contesto organizzativo o culturale, come la sovrapposizione dei ruoli o la mancata chiarezza sulle responsabilità, che possono generare conflitti interni o limitare l'autonomia decisionale del PM. La pressione derivante da vincoli stringenti, tempi ridotti, budget limitati o requisiti mutevoli, può causare stress operativo elevato, richiedendo una gestione efficace delle priorità e delle aspettative. Inoltre, la resistenza al cambiamento da parte di team o reparti interni rappresenta una problematica frequente, soprattutto quando un progetto introduce modifiche organizzative o nuovi processi operativi. In tali casi, il PM deve dimostrare doti di leadership, negoziazione e gestione dei conflitti, unite a solide competenze tecniche. Infine, gli strumenti disponibili e la maturità dei processi aziendali giocano un ruolo cruciale: senza metodologie consolidate, repository aggiornati o sistemi



**Politecnico
di Torino**

informativi integrati, anche il PM più esperto può trovarsi in difficoltà nell'esercitare efficacemente il proprio ruolo.

Nel contesto specifico di INCAS S.p.A., queste dinamiche risultano particolarmente evidenti. Il Project Manager ricopre un ruolo determinante nella gestione trasversale di progetti complessi ad alto contenuto ingegneristico, assicurando un coordinamento tra ufficio tecnico, software, logistica, automazione, fornitori esterni e clienti finali. La figura del PM è indispensabile per mantenere il controllo operativo su iniziative spesso caratterizzate da innovazione e stringenti vincoli contrattuali. Inoltre, la necessità di gestire subappaltatori, rispettare milestone operative rigorose e garantire la tracciabilità documentale secondo standard IPM attribuiscono al PM elevate responsabilità. Questa posizione richiede non solo competenze tecniche avanzate ma anche capacità di leadership relazionale.

In sintesi, il ruolo del Project Manager genera vantaggi significativi e trasversali che contribuiscono al successo aziendale. Tuttavia, l'efficacia del suo operato dipende dall'interazione tra individuo, processi e contesto operativo. In realtà strutturate come INCAS S.p.A., i progetti rappresentano il cuore del valore aziendale, rendendo questa figura imprescindibile per l'eccellenza organizzativa.

Fonti usate per la stesura del capitolo

- Project Management Institute (PMI), PMBOK® Guide, 2004.
- [IPMA International Project Management Association](#)
- Corso gestione progetti politecnico di Torino del professore Zenezini e Carlo Rafele
- [asana_vantaggi_gestione_progetti](#)



**Politecnico
di Torino**

Capitolo 3: Procedura standard PMI

3.1 Panoramica generale del processo di Project Management in INCAS

Questa sezione analizza in dettaglio il metodo attualmente adottato dal gruppo SSI Schäfer e quindi anche in INCAS S.p.A. per la gestione dei progetti, con un focus specifico sulla struttura operativa, sui ruoli coinvolti, sugli strumenti utilizzati e sulle principali criticità emerse. L'intento è fornire una visione completa delle pratiche aziendali.

La gestione dei progetti è fondata su un framework metodologico solido e standardizzato, rappresentato dal modello IPM (Integrated Project Management). Questo approccio è stato concepito per assicurare uniformità, qualità e tracciabilità nelle attività progettuali, dimostrando particolare efficienza in ambienti caratterizzati da elevata complessità tecnica, multipli stakeholder, diversità tecnologiche e restrizioni temporali significative. Il processo operativo si sviluppa attraverso una serie di fasi ben strutturate. Ogni fase è scandita da specifici Quality Gates (QG), punti di controllo formali il cui superamento dipende dall'approvazione di deliverable prestabiliti, documentazione valida. Il documento IPM Project Management Guideline definisce lo standard minimo obbligatorio per la gestione dei progetti all'interno del gruppo SSI Schäfer. È responsabilità di ciascun Project Manager seguire con precisione le procedure indicate, garantendo così uniformità operativa, trasparenza nella gestione dei progetti e piena aderenza agli obiettivi aziendali. Le linee guida forniscono un approccio metodologico chiaro e strutturato da adottare in ogni fase del ciclo di vita del progetto, mettendo a disposizione un framework essenziale per orientare sia le attività operative che quelle decisionali. Per sostenere il modello IPM, INCAS utilizza diversi strumenti digitali conformi agli standard previsti, che verranno descritti nel dettaglio successivamente:

- Planisware, obbligatorio per progetti di classe A e B e facoltativo per quelli di classe C e D, utilizzato per la pianificazione e il controllo delle attività e delle risorse;
- TeamDoc, per la gestione documentale e la tracciabilità dei file;
- JIRA, impiegato per il monitoraggio delle criticità e l'archiviazione delle esperienze apprese;
- SharePoint e Microsoft Planner, dedicati al coordinamento operativo e alla condivisione delle attività.

La struttura organizzativa dei progetti è codificata nei documenti interni dell'azienda sotto forma di Project Organization Chart.

I progetti vengono classificati in categorie (A, B, C, D) in base alla complessità dello stesso e soprattutto al valore economico assegnato (a partire da progetti con un valore di qualche milione a progetti di centinaia di milioni di Euro), che si tramuta quindi in una diversa complessità di gestione



**Politecnico
di Torino**

e, in base alla tipologia del progetto, si assegnano i ruoli chiave, come ad esempio il Project Manager (PMA), i membri del Project Core Team (PCTM) e le figure tecniche specialistiche. La differenziazione dei progetti in base alla loro complessità, da A a D, consente di applicare standard minimi di gestione differenti, evitando eccessiva burocrazia e garantendo una gestione più adeguata e snella per i progetti più semplici. Infatti, questo approccio influisce principalmente sull'organizzazione del progetto e sull'impiego di metodi, processi e strumenti di project management.

I membri del core team sono assegnati per l'intera durata del progetto e ogni eventuale sostituzione richiede l'approvazione del PMA e project sponsor. Un aspetto cruciale del modello è la sessione formale di Lessons Learned, obbligatoria per i progetti di classe A e B, da registrare in JIRA. Lo scopo di questo strumento è quello di valorizzare le competenze maturate e promuovere un processo di crescita costante, tramite l'ottimizzazione delle attività.

Nei paragrafi seguenti vengono approfondite le quattro fasi operative che costituiscono il ciclo di gestione del progetto: Avvio, Pianificazione, Esecuzione e Chiusura. Ogni fase è correlata ai Quality Gates di transizione e agli output documentali richiesti, in linea con le indicazioni contenute nelle linee guida IPM.

3.1.1 Fase 1: Avvio (Start-Up Phase)

Questo passaggio segna un punto cruciale tra la chiusura dell'accordo commerciale e l'inizio della pianificazione tecnica e operativa del progetto. Parte ufficialmente con la firma del contratto e continua con la condivisione delle informazioni dal team commerciale al Project Manager. L'obiettivo primario è garantire che ogni dato strategico e operativo indispensabile sia accurato, completo e allineato per supportare una pianificazione efficace. Nel modello IPM, questa fase si sviluppa attraverso i seguenti Quality Gates:

- QG D: Project Evaluation Meeting done
- QG G: Contratto firmato
- QG H: Completamento del Project Handover Meeting con il team commerciale
- QG 1: Firma del Project Handover Protocol e registrazione delle eventuali questioni aperte.

Questa è la fase precedente alla presa in carico della commessa da parte del project manager.

Innanzitutto, la prima attività svolta è la revisione del progetto durante il Project Evaluation Meeting, a cui partecipano le varie aree specializzate. Questo avviene prima che il documento di offerta definitivo, completo del prezzo fisso e di tutti gli allegati richiesti, sia inviato al cliente. Il completamento di questa fase segna il superamento del **Quality Gate D (QG D)**.

In particolare, viene eseguita una valutazione del contratto, della documentazione associata e delle proposte tecnico-economiche. Ci si concentra in particolare sulle clausole vincolanti, i Service Level Agreement (SLA), le penali, le milestone contrattuali e i requisiti di fornitura definiti. Vengono inoltre



**Politecnico
di Torino**

analizzate le esigenze del cliente, esaminando le funzionalità richieste, le prestazioni attese, la conformità alle normative vigenti e gli standard qualitativi. Si verificano anche eventuali discrepanze rispetto ai termini riportati nella documentazione contrattuale.

Successivamente, la proposta viene inviata al cliente per l'analisi, l'approvazione e la firma. Una volta approvata formalmente dal cliente, si raggiunge il **QG G**.

Una volta che il cliente ha ricevuto e approvato formalmente la proposta, superando così il **QG G**, viene organizzato il meeting di **Project Handover**. Durante questo incontro, tutte le informazioni e la documentazione rilevante vengono trasferite dal Bid Manager al Project Manager e ai membri del team di progetto. A questo proposito, viene redatto il **Project Handover Document**, un documento fondamentale che raccoglie tutte le informazioni fornite dall'area commerciale, come i vincoli contrattuali, le milestone principali, l'elenco dei documenti ricevuti, il piano preliminare e l'analisi delle criticità ancora aperte. Ciò segna il raggiungimento del **QG H**.

Infine, il documento viene analizzato e verificato in dettaglio dal Project Manager. Egli verifica l'esistenza di eventuali **open issue** e, in caso di incongruenze, richiede al BM (Bid Manager) di modificare l'**Handover Protocol** e di sistemare i punti aperti. Se il Bid Manager non dovesse essere d'accordo con la decisione del Project Manager, la decisione finale verrebbe richiesta al Project Sponsor.

Quando il Project Manager accetta il progetto, firma il documento e tutte le responsabilità passano a lui, segnando così la conclusione del **QG 1**.

Durante questa fase è fondamentale una stretta collaborazione tra i diversi dipartimenti, che include il team commerciale, il controllo di gestione, l'area tecnica e il procurement. Una gestione efficace della transizione riveste un ruolo chiave; eventuali informazioni incomplete o poco chiare possono compromettere le fasi successive, causando rallentamenti, spese impreviste e problemi operativi.

I deliverable IPM obbligatori per la fase di avvio includono:

- **Protocollo della Riunione di Valutazione del Progetto:** Questo documento rappresenta il verbale ufficiale dell'incontro preliminare dedicato alla valutazione del progetto. L'incontro viene organizzato prima della firma definitiva del contratto; il verbale risultante verrà poi riesaminato e convalidato al momento dell'avvio effettivo del progetto, segnando il superamento del **QG D**. Il protocollo ha la funzione principale di sintetizzare le caratteristiche chiave della commessa, analizzarne la complessità, identificare eventuali rischi tecnici e organizzativi già emersi e classificare il progetto in base ai criteri IPM (A, B, C o D). Lo scopo fondamentale è quello di fornire al Project Manager una visione iniziale, chiara e strutturata del progetto, includendo sia le aspettative del cliente sia i vincoli critici individuati durante la fase di offerta. La redazione del documento è curata dal Bid Manager con il supporto dei referenti commerciali e tecnici, rendendolo un punto di partenza per le analisi future. Sebbene la Riunione di Valutazione del Progetto non sia obbligatoria in tutti i casi, è altamente consigliata per progetti caratterizzati da elevata complessità (classi A-B).



**Politecnico
di Torino**

- **Project Handover Protocol:** Il documento formale che sancisce il passaggio di consegne dal team commerciale al Project Manager rappresenta uno dei deliverable essenziali del Quality Gate 1. La sua validazione, attraverso la firma del PMA, del Bid Manager e se è necessario anche dal Project Sponsor, costituisce un requisito indispensabile per consentire l'avanzamento del progetto alla fase di pianificazione. Il protocollo offre una panoramica completa degli aspetti chiave del contratto, tra cui lo scopo, le condizioni vincolanti, le principali milestone, l'elenco dei documenti tecnici disponibili e una sezione dedicata alle questioni ancora irrisolte (Open Issues). Questo documento assume il ruolo di guida operativa per il team incaricato dell'esecuzione ed è conservato come riferimento ufficiale nel repository TeamDoc.
- **Sales Layout:** Si tratta di un documento tecnico-commerciale che presenta graficamente l'impianto o il sistema proposto, solitamente tramite una planimetria tecnica in formato CAD o PDF. Questo documento è sviluppato dal team tecnico per supportare l'area commerciale e fornisce una rappresentazione dettagliata della configurazione consigliata, dei flussi di materiale, delle zone funzionali e delle principali interfacce. Il layout preliminare viene successivamente trasmesso al Project Manager e costituisce una base per la fase di progettazione esecutiva. Qualora emergano discrepanze rispetto alle esigenze del cliente o ai termini contrattuali, il layout viene revisionato e sottoposto a nuova approvazione durante il processo di pianificazione.
- **Calculation Tool (GCT) o Group Calculation Tool (GCT):** È un foglio di calcolo strutturato che offre una stima economica approfondita del progetto. Contiene una suddivisione dettagliata dei costi per aree funzionali, come materiali, installazione, software ed engineering. Include anche i margini previsti, i costi indiretti e diversi indicatori di redditività, oltre ai KPI finanziari. Questo strumento viene elaborato nella fase di offerta dal reparto controllo budget in collaborazione con gli ingegneri, servendo come base per la pianificazione economica del progetto. Inoltre, si rivela particolarmente utile per il monitoraggio dei costi durante la fase di esecuzione.
- **Lista delle Open Issues (registrata in JIRA e TeamDoc):** L'elenco dettagliato delle criticità, ambiguità o aspetti da chiarire raccoglie tutti gli elementi rimasti irrisolti durante la fase commerciale. Questo include, ad esempio, dubbi sulle specifiche tecniche, richieste del cliente ancora da formalizzare, rischi legati al contratto o dettagli progettuali che richiedono ulteriore conferma. La lista viene condivisa tra il team commerciale e quello operativo, registrata su JIRA per garantirne un monitoraggio continuo e aggiornata regolarmente. Inoltre, viene allegata al protocollo di consegna del progetto (Project Handover Protocol). È fondamentale che tutte le questioni aperte vengano risolte entro la fase di pianificazione, in particolare prima di superare il Quality Gate 2.



**Politecnico
di Torino**

I cinque deliverable rappresentano nel loro insieme il nucleo informativo indispensabile per avviare in modo efficace la gestione operativa del progetto. La loro redazione accurata, approvazione e archiviazione, seguendo le procedure previste dal modello IPM, sono passaggi essenziali per garantire tracciabilità, conformità contrattuale e un coordinamento ottimale tra i team coinvolti.

Gli obiettivi della fase sono:

- Assicurare la disponibilità e validazione delle informazioni fondamentali
- Prevenire malintesi contrattuali o tecnici con il cliente
- Evitare conflitti di responsabilità interni
- Impostare correttamente la pianificazione operativa.

La fase termina con la validazione del Project Handover Protocol e il superamento del QG 1, che attesta la preparazione del progetto per procedere alla fase di pianificazione. Seguendo il modello IPM, INCAS considera l'avvio non semplicemente una formalità, ma una fase cruciale per garantire il successo complessivo del progetto, con un impatto diretto su tempistiche, costi e qualità dell'implementazione.

3.1.2 Fase 2: pianificazione (Planning Phase)

Il suo obiettivo principale consiste nel trasformare le informazioni raccolte durante la fase preliminare in un piano chiaro, dettagliato e condiviso. In questa fase si definiscono le fondamenta operative del progetto, includendo la pianificazione delle tempistiche, l'allocazione delle risorse, la stima dei costi, l'individuazione degli obiettivi intermedi e la scelta degli strumenti per il monitoraggio. Una pianificazione ben eseguita gioca un ruolo fondamentale nella riduzione dei rischi di insuccesso, agevola la gestione delle problematiche e permette di anticipare potenziali limitazioni o ostacoli.

In linea con il modello IPM, questa fase prevede diversi momenti di verifica formale, definiti Quality Gates:

- QG 2: chiusura delle Open Issues e approvazione del Project Charter.
- QG 3: completamento del piano di progetto e sottoscrizione del Kick-Off Protocol.
- QG 4: validazione finale da parte del cliente del layout aggiornato e degli output previsti.

Solo dopo il superamento del QG 4 è possibile procedere formalmente con l'avvio della fase esecutiva.

Una volta firmato l'handover protocol, con ancora open issues, si avvia la preparazione di una bozza del Project Charter. Successivamente, si risolvono le problematiche aperte e viene firmata la relativa lista di risoluzione. Come ultimo passo prima del QG2, il Project Sponsor approva e firma il Project Charter.

Una volta raggiunto il QG2, si entra nella fase di **Project Preparation**. Durante il Kick Off meeting il progetto viene presentato al team designato in cui vengono condivise informazioni quali: cliente,



**Politecnico
di Torino**

luogo del progetto, layout generale, scopo (cosa rientra nei confini del progetto e cosa no), timeline (pianificazione temporale e le scadenze principali), budget (le risorse finanziarie a disposizione) e i rischi (potenziali pericoli o incertezze che potrebbero compromettere il successo del progetto).

Tutti i documenti analizzati e in cui sono contenute le informazioni relative al progetto, vengono condivisi all'interno del team tramite TeamDoc.

Gli obiettivi di questa condivisione sono:

- Allineare tutti i membri del team, assicurandosi che tutti possano comprendere gli obiettivi e i vincoli progettuali.
- Far emergere eventuali criticità ed inefficienze, in modo tale da ottimizzare il processo e prevenire eventuali future complicazioni.
- Proporre delle changes request, con l'obiettivo di ottimizzare il processo e, una volta approvate, potrebbero avere un impatto positivo sul profitto previsto e una diminuzione della probabilità di far insorgere rischi.

Questa fase di discussione delle proposte di miglioramento è definita **System Optimization**. Se i punti non sono chiari o presentano inefficienze vengono discussi nuovamente con il cliente.

Le modifiche discusse possono essere:

- **Esterne:** sono necessarie per ottimizzare il sistema e non vengono fatturate al cliente
- **Interne:** si tramutano in change request a carico del cliente.

Dopo questa fase, il reparto vendite rimane responsabile solo per il layout venduto e per eventuali chiarimenti, a meno che non si presentino ulteriori problematiche.

L'ultimo punto della fase di pianificazione è il raggiungimento del GQ4, ovvero l'approvazione firmata del cliente.

Riassumendo la fase di pianificazione si basa su una serie di attività principali:

- **Creazione della Work Breakdown Structure (WBS):** Il progetto viene scomposto in Work Packages (WP), unità operative autonome, tracciabili e attribuibili. La WBS costituisce la struttura portante per tutti gli elementi gestionali, tra cui tempi, costi, risorse e qualità. In INCAS, questa struttura viene frequentemente condivisa attraverso strumenti collaborativi come Planner o file Excel ospitati su SharePoint e viene ufficializzata durante incontri di allineamento multidisciplinare.
- Il processo di pianificazione in INCAS trasforma la WBS in un piano operativo realistico attraverso la definizione del **reticolo di progetto** e del **Cronoprogramma**. In questa fase, il Project Manager stabilisce le dipendenze logiche e i prerequisiti tra le attività. Questa logica viene definita strategicamente in base alle esigenze di consegna; ad esempio, per rispettare una milestone vincolante, il PMA può decidere di eseguire alcune attività in parallelo,



**Politecnico
di Torino**

modificando intenzionalmente le dipendenze classiche. Questa logica è l'input primario che consente di individuare il **Percorso Critico** (Critical Path), ovvero la sequenza di attività che determina la durata minima teorica del progetto. Le attività, così strutturate logicamente, vengono organizzate in un **Cronoprogramma dettagliato** (Time Schedule), che traduce la sequenza del Reticolo in date specifiche di calendario e responsabilità. Il Percorso Critico assume un ruolo centrale in questo processo, poiché guida il PMA nella gestione strategica del tempo e nella prioritizzazione delle attività vincolanti per il rispetto delle milestone contrattuali.

- **Stima dei costi e allocazione delle risorse:** I costi vengono calcolati adottando un approccio bottom-up, iniziando dalle singole attività individuate nella WBS. Partendo da questa analisi, si assegnano le risorse necessarie, siano esse umane, tecniche o materiali, e si distribuiscono nel tempo in modo adeguato.
- **Definizione delle milestone:** Le milestone agiscono come indicatori chiave di progresso e sono integrate nei Quality Gate come metriche di verifica. Oltre alle attività standard come installazione, collaudo e go-live, vengono integrate ulteriori operazioni mirate, a seconda della complessità dell'impianto.
- **Gestione del rischio:** viene predisposto un registro dei rischi, meglio conosciuto come Risk Register. Questo documento raccoglie l'analisi della probabilità e dell'impatto dei rischi, definisce le responsabilità e dettaglia le strategie di mitigazione. Tra i rischi più frequenti si riscontrano ritardi nelle forniture, difficoltà nell'integrazione del software e incertezze legate al cliente.

Per l'individuazione di un rischio non vengono utilizzate tecniche particolari: spesso si effettua una ricerca manuale su JIRA di progetti simili, oppure si prendono in considerazione i rischi più ricorrenti emersi in passato. In altri casi, i rischi vengono individuati e riportati nel Risk Register sulla base dell'esperienza pregressa del Project Manager. Da sottolineare che l'area commerciale, nella suddivisione dei costi per attività nel MPO (figura 3.2), considera una percentuale standard che include già i rischi generali.

L'analisi del rischio, teoricamente, dovrebbe essere condotta una volta ricevuto l'MPO con la scomposizione del budget per attività. Il PM dovrebbe valutare se ciascuna cifra del budget è sufficiente oppure no, valutando eventuali rischi probabili, ed eventualmente rispedire la proposta al commerciale, che deve poi trattare con il cliente oppure chiedere un aumento di budget al Project Sponsor. Nella pratica, difficilmente viene svolto questo passaggio, perché spesso ci sono dinamiche particolari che fanno sì che vengano accettate commesse anche se non portano al margine previsto; per esempio, con lo scopo di instaurare un rapporto con un cliente, con la possibilità di iniziare in futuro progetti più grandi.



Politecnico
di Torino

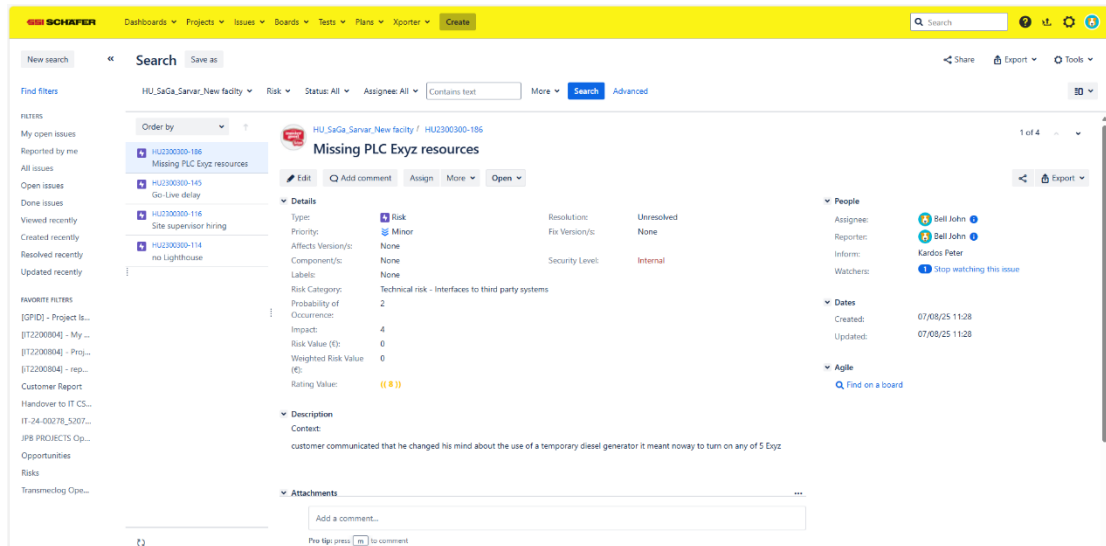


Figura 3.1: Viene mostrato un estratto del software JIRA, in cui sono riportati e caricati i rischi individuati dal Project Manager. Per ciascun rischio vengono indicate la descrizione, la categoria, la probabilità di occorrenza e il relativo impatto, consentendo così una visione sintetica ma completa dello stato di rischio del progetto.

- **Preparazione dei piani ausiliari:** La pianificazione include lo sviluppo di piani dedicati come:
 - a. Comunicazione interne ed esterne (reportistica, relazioni con il cliente);
 - b. Qualità e gestione documentale;
 - c. Approvigionamenti e sub appalti;
 - d. Sicurezza e organizzazione del cantiere;
 - e. Gestione delle modifiche (Change Request Procedure): È stabilito un piano formale per la gestione delle modifiche, che determina i criteri e i processi di approvazione per qualsiasi variazione rispetto al perimetro contrattuale originario. Ogni richiesta di modifica viene esaminata dal Project Manager e deve ottenere un'approvazione documentata prima della sua attuazione.
- **Assegnazione delle responsabilità:** Il piano generale, conosciuto come Project Management Plan, assegna le responsabilità tramite la Responsibility Assignment Matrix (RAM) e stabilisce le modalità per la comunicazione, il reporting e la gestione delle escalation. È un documento dinamico, costantemente aggiornato per garantire coerenza con il perimetro contrattuale.



**Politecnico
di Torino**

Una volta descritto le attività che vengono svolte in questa fase è necessario anche un approfondimento dei documenti elaborati e firmati, in ordine:

- **Project Handover protocol** firmato e una prima bozza del **project chart**. In base alle dinamiche operative di INCAS S.p.A., il **Project Charter** assume un ruolo più esteso rispetto alla sua definizione standard. Questo documento non si limita a formalizzare l'autorizzazione del progetto, ma funge da strumento di pianificazione iniziale che include già la scomposizione del budget in Work Packages dettagliati. Tale approccio garantisce che ogni Work Package, ovvero un pacchetto di deliverable specifici, sia immediatamente associato a una chiara responsabilità finanziaria e operativa. L'approvazione del Project Charter da parte del Project Manager e dei responsabili di funzione è un requisito obbligatorio per il superamento del **QG 2** (Quality Gate 2).

Dopo il raggiungimento del QG2 i documenti in output sono:

- **Project Organization Chart**, in cui viene indicate e rappresentata la struttura del team di progetto. Viene definito chi sono i membri e le loro responsabilità e la gerarchia prevista.
- **Internal Kickoff meeting protocol/presentation filed**, in cui vengono documentate le decisioni prese, gli argomenti discussi e le azioni da intraprendere.
- **Documentation of contract workshop incl. contract risk assessment**
- **Project schedule**, in cui viene definite la sequenza delle attività e la loro durata.
- **Project charter**
- **Customer Kickoff meeting protocol/presentation filed**, ovvero i documenti relative alla riunione di avvia con il cliente.

Una volta superato il QG3 e prima di passare alla fase di esecuzione e monitoraggio raggiungendo anche il QG4, i documenti/obiettivi richiesti sono:

- **Layout approval meeting and documented.**
- **Revised layout** (layout ottimizzato del sistema / parti del layout ottimizzato del sistema) approvato dal cliente.
- **Revised schematic layout / material flow chart** approvato dal cliente nel Layout schematico vengono mostrata e riportata la disposizione fisica delle attrezzature e dei macchinari, mentre nel diagramma di flusso dei materiali mostra come quest'ultimi si muovono all'interno dell'impianto.
- **Carichi di fondazione** per tutti i sottosistemi che rientrano nell'ambito di applicazione della SSI fornitura, in cui vengono raccolti i dati relative ai carichi di macchinari, apparecchiature, ecc, esercitano sulle loro fondamenta. Infatti, parlando di carichi di fondazione si intende tutte



**Politecnico
di Torino**

le forze e i pesi che una struttura esercita sulla base di appoggio. Tutte queste informazioni vengono aggregate in un unico disegno.

- **Engineering Lessons Learned**, in cui vengono riassunte tutte le esperienze e conoscenze acquisite dal team di ingegneria.
- **Layout of transport units** approvato dal cliente (SIM¹).

Questa fase prevede il coinvolgimento trasversale di numerose funzioni aziendali dal Project Manager ai dipartimenti tecnico, software, automazione, logistica, controlling, acquisti e soprattutto con il cliente. In INCAS si promuove un approccio collaborativo asincrono che si concretizza tramite:

- Riunioni di pianificazione interne o con il cliente;
- Condivisione di file su SharePoint;
- Controllo economico attraverso fogli Excel ottimizzati con macro integrate.

Il costante allineamento fra le varie funzioni è imprescindibile per una pianificazione realistica e sostenibile.

Il successo della fase di pianificazione non dipende unicamente dalla qualità tecnica dei documenti prodotti, ma anche dalla chiarezza delle informazioni, dal coinvolgimento negli obiettivi e dalla capacità di prevedere sia le criticità che le opportunità. Una pianificazione solida permette a INCAS di:

- ridurre l'incertezza operativa e la variabilità;
- migliorare la precisione nella stima di tempi e costi;
- potenziare il controllo e garantire maggiore trasparenza nella gestione;
- consolidare la fiducia da parte dei clienti e del management;
- ottimizzare l'utilizzo delle risorse interne e dei fornitori.

INCAS considera la pianificazione una leva strategica imprescindibile, capace di incidere in modo significativo sull'affidabilità e sulla competitività delle soluzioni ingegneristiche proposte al mercato. Gli elaborati prodotti in questa fase, come il cronoprogramma, la Responsibility Assignment Matrix (RAM), il registro dei rischi e il piano economico, costituiscono le baseline del progetto. Questi parametri formali fungono da riferimento per il monitoraggio e il controllo durante le fasi operative. La valutazione della corrispondenza tra le previsioni iniziali e i risultati raggiunti avviene tramite

¹ SIM (System Integration Manager): professionista che coordina e gestisce l'integrazione di sistemi, software e hardware diversi per farli funzionare insieme in modo efficiente non solo all'interno della propria azienda ma anche in relazione all'infrastruttura e ai processi del cliente. Il suo ruolo è fondamentale per assicurare che le diverse tecnologie di un'azienda comunichino e collaborino senza problemi.



**Politecnico
di Torino**

specifici indicatori di performance, quali il progresso percentuale, la deviazione dei costi, le discrepanze rispetto al piano e l'impiego dei margini di buffer. In questo contesto, la pianificazione supera la semplice funzione di guida operativa per diventare un pilastro essenziale di controllo oggettivo, indispensabile per una gestione efficiente e per favorire un continuo processo di miglioramento.

Gli strumenti citati sono utilizzati con un grado di obbligatorietà variabile, che viene stabilito in base alla categoria del progetto (A, B, C o D). Documenti come il Project Charter, la Gantt Chart e il Risk Register sono richiesti obbligatoriamente per i progetti delle classi A e B, mentre nei progetti meno complessi vengono considerati opzionali con l'intento di calibrare il carico documentale alla reale entità del lavoro.

Una volta completata questa fase e superato il Quality Gate 4 con la validazione ufficiale del piano, il progetto può entrare nella sua fase operativa. La qualità della pianificazione risulta quindi determinante per garantire il successo delle successive fasi di esecuzione e controllo.

3.1.3 Fase 3: esecuzione e monitoraggio

Durante questa fase, le baseline definite in fase di pianificazione, riguardanti tempi, costi e ambito, assumono un ruolo centrale nelle attività di controllo. Esse rappresentano i parametri fondamentali per valutare eventuali discrepanze e monitorare le prestazioni del progetto. La fase di esecuzione e monitoraggio costituisce il nucleo operativo, momento in cui le attività previste vengono implementate, le risorse assegnate e i primi risultati iniziano a prendere forma. L'obiettivo primario è assicurarsi che lo sviluppo del progetto prosegua in linea con le baseline stabilite, attraverso un controllo continuo e interventi correttivi quando necessario. Il Project Manager riveste un ruolo determinante in questo periodo: coordina il team, tiene sotto controllo i KPI, gestisce i rapporti con i fornitori e mantiene una comunicazione regolare con il cliente. Una comunicazione chiara e strutturata, affiancata da un'accurata documentazione, è essenziale per garantire trasparenza e tracciabilità nelle decisioni maturate lungo l'intero processo.

Nel modello IPM, questa fase si suddivide in vari momenti di controllo formale, ovvero i Quality Gate, tra cui:

- QG 5 per il completamento dell'ingegneria di dettaglio
- QG 6 per la firma delle specifiche funzionali da parte del cliente
- QG 7 per l'avvio dell'installazione
- QG 8 per il completamento dell'installazione
- QG9 sviluppo software
- QG10: commissioning
- QG 11 Test di sistema in loco e accettazione interna del progetto



**Politecnico
di Torino**

- QG 12 per lo User Acceptance Test (UAT) /Ready for Go-Live
- QG13 Project Acceptance signed

Questi checkpoint consentono di verificare l'avanzamento reale rispetto al piano approvato prima di procedere con le fasi successive.

Una volta concluso il **QG4** si avvia la fase di **Detailed Engineering**. Si entra nel dettaglio nella progettazione dell'impianto. A partire dal layout ottimizzato dell'impianto si conducono degli studi ed analisi approfondite per esaminare l'interazione tra le vari componenti del sistema, si verifica la presenza di eventuali collisioni tra i vari componenti e si controlla se sono necessarie delle modifiche.

Inoltre, si esegua anche un'analisi sul funzionamento delle componenti elettriche del sistema e si verifica la loro regolarità, si definiscono le aree di stop d'emergenza e viene aggiornato il grafico del flusso dei materiali. Tutti i componenti e prodotti vengono specificati nel dettaglio e infine è creato il **building site equipment layout**, ovvero il layout delle attrezzature del cantiere, che mostra tutte le informazioni rilevanti come spazi per i container ufficio, posizione dei distributori di energia, ingressi per il materiale, aree di stoccaggio, parcheggi, ecc. Questo layout è fondamentale per organizzare in modo efficiente il cantiere e preparare il sito per l'installazione.

Una volta conclusa l'analisi di dettaglio si raggiunge il **QG5** e si passa alla fase di **Analysis & Planning**. Che consiste nello scrivere le specifiche IT, con un livello nel dettaglio tale per cui il cliente sappia cosa il team stia progettando. Solo dopo la revisione del cliente e una sua approvazione formale, viene condotto lo sviluppo software. Questo processo garantisce che le specifiche siano corrette fin dall'inizio, riducendo al minimo la probabilità di errori e la necessità di costose correzioni in corso d'opera.

Il **QG6** rappresenta l'approvazione formale da parte del cliente. Successivamente, si passa alla fase di **installazione**, di cui il cliente è responsabile della preparazione e pulizia del cantiere. Il responsabile di installazione è il **Site Manager**, con presa in carico anche della sicurezza e salute del personale di installazione e del cliente. Sono necessari aggiornamenti continui sullo stato di installazione e su eventuali problemi insorti tramite riunioni settimanali. L'installazione comprende sia la parte meccanica che quella elettrica con i relativi dispositivi di sicurezza per entrambi i componenti e il test del loro funzionamento. Una volta superata la fase di installazione si raggiungono i **QG7** e **QG8**.

La successiva fase di **Realizzazione (Software)** si articola in due step principali, a partire dalle specifiche e dalle richieste del cliente. Il processo inizia con una modellazione e una parametrizzazione preliminare, che porta alla creazione di un modello iniziale non ottimale. Questo modello ha lo scopo primario di consentire i primi test funzionali e la verifica del codice e viene successivamente perfezionato e adattato per aderire perfettamente al contesto operativo richiesto.

Con la conclusione del **Quality Gate 9 (QG9)**, si avvia la fase di **Commissioning**. Questo è il processo interno condotto dal team SSI per eseguire i test sul sito di installazione e verificare che l'apparecchiatura o l'impianto funzioni correttamente, portando al **QG10**. Lo step successivo è l'**User Acceptance Test (UAT)**. In questa fase, la verifica avviene con il cliente e include il training del



**Politecnico
di Torino**

personale sulle specifiche tecniche del sistema, raggiungendo così il **QG11**. Solo una volta completato l'UAT, il progetto o il sistema è pronto per il **Go-Live** e l'uso commerciale (**QG12**), dando così inizio al periodo di garanzia sull'impianto.

Quando il cliente decide di procedere con il **Go-Live**, il sistema produttivo viene preparato per una fase di **ramp-up** secondo lo scenario prestabilito. In questa fase, il sistema è monitorato costantemente: vengono analizzati e corretti eventuali bug e, se necessario, vengono proposte migliorie per l'ottimizzazione.

Il progetto si conclude con la firma del **certificato di accettazione finale**, raggiungendo il **Quality Gate 13 (QG13)**, che permette di avviare la fase di chiusura del progetto.

Anche per queste fasi vengono redatti diversi documenti che attestano lo sviluppo del progetto e il suo stato di avanzamento.

A partire dal QG5 gli output obbligatori sono:

- **System risk analysis**, svolta su un file excel o Safexpert, per valutare e mitigare i potenziali pericoli e rischi associati a un macchinario
- **Safety Matrix and/or Emergency stop protocol** (Emergency stop planning; special requirements), che descrive il funzionamento del sistema di sicurezza e, in particolare, il protocollo di arresto di emergenza
- **Building site equipment layout**, è una mappa dettagliata che mostra la disposizione fisica di tutte le macchine, attrezzature e componenti all'interno di un'area di installazione o un cantiere. Questo documento è cruciale per la logistica e l'organizzazione del lavoro.
- **Finished list of devices needing network**, che è una lista dei dispositivi (es. PLC, sensori, HMI, robot, telecamere) che richiedono una connessione di rete per la comunicazione, il controllo e il monitoraggio

Alla fase successiva, ovvero al QG6, troviamo:

- **WAMAS Specifications (Functional Specification WAMAS and Host Interface Specifications)**, firmata dal cliente, la Functional Specification WAMAS descrive cosa fa la WMS mentre la Host Interface Specifications descrive come la WAMAS interagisce con il sistema IT esistente del cliente.
- **Detailed planning of QA activities (Quality Assurance)**, indicano le attività che devono essere svolte per garantire la qualità e gli standard richiesti tra cui test, controllo del superamento di certi criteri.



**Politecnico
di Torino**

- **MFS PLC Interface Specification**, è un documento che descrive i telegrammi, ovvero specifici pacchetti di dati scambiati tra il PLC ²(Programmable Logic Controller) e il MFS³(Material Flow System)
- **Communication Point Overview**, è una rappresentazione schematica dell'intero sistema, che mostra l'architettura di comunicazione dell'intero sistema, vengono indentificati tutti i punti di reporting (sensori di posizione, scanner di codici a barre) e indica la direzione del flusso di dati tra i vari componenti software e hardware.
- **Commissioning plan**: descrivono le fasi della messa in servizio dell'impianto. Include anche il Training Plan che definisce i destinatari e i tempi della formazione del personale del cliente.
- **Ramp-up plan**: Descrive la progressione della produzione, partendo da un volume ridotto (es. test con carico minimo) fino al raggiungimento della piena capacità operativa.
- **WAMAS WMS/MFS & WCC**: riguarda la progettazione dell'infrastruttura hardware necessaria per ospitare le soluzioni software WAMAS (WMS, MFS e WCC)
- **WCC**: azione specifica per la progettazione e l'acquisto del server dedicato al WCC (Warehouse Control Center), qualora questo componente richieda un'infrastruttura separata o dedicata per la sua esecuzione.

Per quanto riguarda invece i documenti rilasciati nella fase di installazione, ovvero nel QG7 e QG8, troviamo:

- **Defined availability model**: Questo documento definisce il livello di operatività del sistema garantito al cliente
- **3rd party installation guides**: manuali e le guide di installazione fornite dai fornitori di componenti terzi.
- **Site clearance protocol**: documento che sancisce la transizione della responsabilità operativa e tecnica di un'area di progetto da un team a un altro.
- **Risk Assessments and Method Statements**: documenti relativi alla sicurezza sul lavoro.
- **Performance test protocol**: documento che definisce il piano per i test di prestazione sui singoli componenti dell'impianto.

² PLC: È il componente hardware che controlla direttamente i componenti fisici, come motori e sensori, di una singola macchina (es. un nastro trasportatore). Esegue comandi specifici in tempo reale.

³ MFS: è un software, che si posiziona tra il WMS (Warehouse Management System) e i vari PLC, coordina il flusso di materiali in tutto l'impianto, inviando istruzioni ai vari PLC per fargli compiere la sequenza di operazioni desiderata.



**Politecnico
di Torino**

- **Handover Protocols Installation**, in conformità con il Piano di Assicurazione della Qualità (QA Plan), attesta che tutti i componenti meccatronici (strutture, trasportatori, sensori, attuatori) sono stati installati, cablati e testati a livello funzionale.
- **Approved electrical installation measurement protocols**, documentano i risultati delle misurazioni elettriche obbligatorie eseguite sull'impianto installato
- **In-House ⁴Component Test Controls & In-House Component Integration Test Controls**: certificano uno il funzionamento di ogni componente hardware e l'altro invece l'integrazione tra i diversi componenti di controllo.
- **In-House Component Integration Test Controls & WAMAS**: documenta il successo dell'integrazione tra il sistema di controllo hardware e software con il WAMAS.
- **Weekly installation progress reports**: forniscono lo stato di avanzamento dei lavori di installazione.

Nel Quality Gate successivo (QG9) viene rilasciato:

- **In-House Component Test WAMAS & In-House Component Integration Test WAMAS**, certifica il funzionamento dei componenti WAMAS e l'integrazione tra di loro

Nella fase di **Commissioning (QG10)** e in quella successiva (**QG11**), vengono rilasciati tutti i documenti che dimostrano il funzionamento e l'accettazione sul sito di installazione di tutti i componenti, hardware e software.

È fondamentale, invece, elencare i documenti rilasciati una volta raggiunto il **QG12**, dove il sistema è pronto per il **Go-Live**:

- **Ramp-up plan**, definitivo e allineato con le esigenze del cliente.
- **Performance Acceptance Test**, firmato dal cliente, in cui viene attestato che l'impianto rispetti le specifiche desiderate.
- **Documenti necessari per la dichiarazione CE**, gestiti dal CE Manager, che dimostrano la conformità dell'impianto con le direttive e i regolamenti dell'unione europea. Questo è un processo lungo e formale prima di ottenere effettivamente la Dichiarazione CE.
- **Provisional Acceptance Certificate**, firmata dal cliente, per attestare che l'impianto è stato installato e messo in funzione.

In questa fase vengono trattati molti temi e attività fondamentali per quanto riguarda il project management:

⁴ In-House: indica che i test sono stati condotti in ambiente controllato.



**Politecnico
di Torino**

- **Esecuzione operativa:** I Work Packages definiti nella WBS vengono sviluppati seguendo il cronoprogramma stabilito, utilizzando le risorse previste e garantendo la produzione di deliverable conformi agli standard tecnici e qualitativi richiesti.
- **Monitoraggio dell'avanzamento:** Il Project Manager analizza periodicamente lo stato fisico e finanziario del progetto, confrontandolo con le baseline stabilite. Tra gli strumenti più comuni per questa attività figurano il diagramma di Gantt aggiornato, i Progress Report, i registri delle attività e i fogli di calcolo condivisi. Nei progetti di classe A e B, il monitoraggio dell'avanzamento avviene tramite strumenti strutturati come Planisware, utilizzato per aggiornare il Gantt, tracciare le milestone e gestire le risorse in modo ottimale. Per mantenere il controllo sulle criticità, viene adottato JIRA come registro ufficiale delle issue, permettendo il tracciamento delle problematiche, l'assegnazione delle responsabilità e la documentazione delle azioni correttive intraprese.

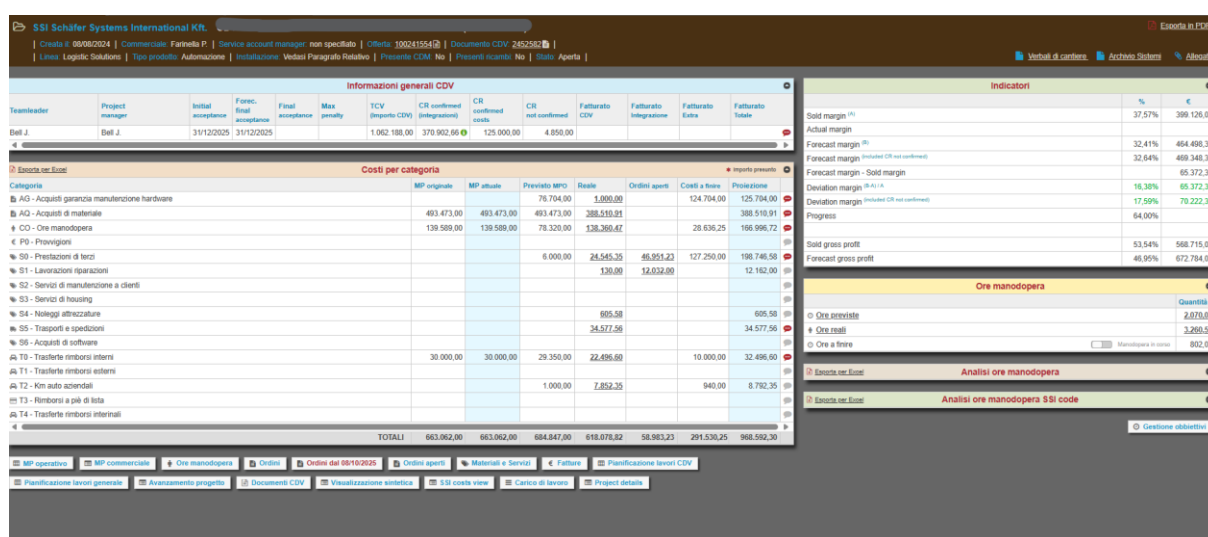


Figura 3.2: Viene mostrato uno strumento di visualizzazione dello stato di avanzamento di una commessa chiamato MPO. Questo documento è suddiviso in tre parti principali. Per ogni categoria di attività vengono indicate diverse voci di costo, tra cui le principali: l'MPO previsto dall'area commerciale a inizio progetto, che mostra un'iniziale suddivisione del budget destinato alle varie attività, costituendo uno strumento analogo alla CBS; i costi a finire, che servono per stimare quanto manca al completamento della commessa; e la proiezione, ovvero quanto ci si aspetta di spendere complessivamente. La CBS suddivide il budget complessivo del progetto collegando ogni cifra a una specifica attività, rendendo così chiare le responsabilità di spesa. In particolare, vengono evidenziati il budget inizialmente destinato e il valore corrente, che permette di identificare eventuali scostamenti. L'obiettivo è che la voce proiezione risulti inferiore o, al massimo, simile alla voce MPO, in modo da garantire la sostenibilità economica del progetto. Le varie voci di costo, gli ordini e le attività eseguite vengono inseriti dai membri delle diverse aree funzionali che compongono il team di progetto; ognuno



Politecnico
di Torino

aggiorna le proprie voci di competenza in un'apposita sezione del documento, mentre spetta poi al Project Manager consolidare e aggiornare i dati complessivi. A partire da queste informazioni vengono calcolati automaticamente il margine previsto e lo stato di avanzamento del progetto. Il documento viene generalmente aggiornato con cadenza settimanale dal Project Manager. Eventuali scostamenti o voci di costo anomale devono essere analizzate, spiegate e motivate prima della presentazione al Project Sponsor, il quale a sua volta riferisce sull'avanzamento dei progetti all'Amministratore Delegato di INCAS.

Un altro strumento di monitoraggio presente tra le pagine di questo documento riguarda lo stato di fatturazione, in cui viene mostrato lo stato dei pagamenti relativi alla commessa e alle eventuali change request.

È interessante sottolineare che questo strumento è interamente sviluppato internamente da INCAS ed è tuttora utilizzato. Infatti, quelli descritti rappresentano i due principali strumenti di controllo, ma nello stesso documento sono presenti molte altre sezioni e funzionalità che, pur essendo disponibili, vengono raramente utilizzate. In particolare, vale la pena evidenziare come, prima dell'acquisizione di INCAS da parte del gruppo Schäfer, molte aziende del gruppo si limitassero a utilizzare semplici file Excel, a conferma della maggiore completezza e maturità dello strumento INCAS.

SSC Cost Code	Initial Budget	Current Budget	Current Costs	Costs to Complete	Forecast Final Costs	Current Deviation	Forecast Deviation	Comment	History
Project Lead Evaluation Data	1,477,070.00	1,055,831.50	589,080.45	349,315.53	938,395.98	12,234.76	117,435.52		
SS125 Software external	30,000.00	0.00	0.00	3,628.80	3,628.80	0.00	-3,628.80	Moved to SS120 a SW VP	
SS175 Third-party acqui...	493,473.00	493,473.00	389,412.25	124,000.00	513,412.25	0.00	-19,939.25	various optimization	
SS205 Project managem...	55,545.00	59,901.00	42,214.00	3,060.00	45,274.00	0.00	14,627.00		
SS210 Project Impleme...	0.00	0.00	23,162.75	0.00	23,162.75	0.00	-23,162.75		
SS215 Planning	35,420.00	39,151.50	23,509.88	3,944.25	27,454.13	0.00	11,697.37		
SS235 Installation (pack...	0.00	0.00	11,063.51	62,233.23	73,296.74	9,979.20	-73,296.74	FixedRolls damaged by SAGA	
SS245 IT hours	60,996.00	60,996.00	35,383.23	16,805.25	52,188.48	1,010.56	8,807.52		
SS255 PLC hours	0.00	0.00	1,575.00	0.00	1,575.00	-1,575.00	-1,575.00	Eye Commissioning training to support Gile where lack of commissioners	
SS265 Other	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		

Figura 3.3: La figura mostra un estratto del GPR (Global Project Reporting), uno strumento utilizzato a livello mondiale dal gruppo Schäfer. Esso presenta diverse funzioni simili a quelle dell'MPO descritto nella Figura 3.1, inclusa la partizione del budget per ciascuna attività, rappresentando così un chiaro esempio di CBS (Cost Breakdown Structure). Sono inoltre riportati i costi effettivamente sostenuti e quelli previsti per completare il lavoro, rendendo possibile la valutazione di eventuali scostamenti e dello stato di avanzamento delle attività. A differenza dell'MPO, che monitora l'avanzamento dei costi principalmente in termini economici, il GPR consente anche di valutare l'avanzamento in termini di tempo e soddisfazione del cliente, offrendo quindi una visione più completa dello stato del progetto.



**Politecnico
di Torino**

Analisi ore manodopera		
	Ore previste	Ore reali
ordinamento > w-pm project management coordinamento john bell	350,00	910,00
ordinamento > w-progettazione meccanica -- costagaia 100+ rossi240	340,00	687,50
attività sw pc > analisi sw	160,00	332,50
attività sw pc > sviluppo sw pc	160,00	531,00
attività sw pc > installazione sw pc c/o cliente	400,00	
attività sw pc > attività sistemistica c/o cliente		
attività sw plc > analisi sw plc		6,00
attività sw plc > sviluppo sw plc		
attività sw plc > installazione sw plc c/o cliente		43,00
attività elettrica e meccanica > preparazione in sede		
attività elettrica e meccanica > installazione hw c/o cliente		
attività elettrica e meccanica > w-progettazione meccanica -minozzo	350,00	519,50
attività elettrica e meccanica > progettazione elettrica		84,50
attività elettrica e meccanica > attività sistemistica in sede	50,00	98,00
sicurezza e documentazione > w-stesura manuale impianto - pidello	60,00	38,50
sicurezza e documentazione > qualità e sicurezza	40,00	2,00
systore4smallprojects > addestramento tecnico spagnolo c/o incas (suo costo di trasferta incluso)	160,00	
Ore non abbinate		
TOTALE	2.070,00	3.260,50

Figura 3.4: La figura mostra un foglio in cui sono riportate le ore previste per ciascuna attività, affiancate dalle ore effettivamente svolte. Questo consente di confrontare pianificazione e realizzazione, evidenziando eventuali scostamenti tra le stime iniziali e il lavoro effettivamente eseguito. Questa differenza importante tra ore previste e reali, sono dovute dalle numerose change request presentate nella commessa.

- **Controllo dei KPI:** si analizzano gli indicatori chiave di performance, come:
 - a. Percentuale di avanzamento rispetto al piano;
 - b. Deviazioni temporali (schedule variance);
 - c. Scostamenti di costo (cost variance);
 - d. Efficienza nell'impiego delle risorse;
 - e. Conformità dei deliverable agli standard qualitativi.
- **Gestione delle modifiche (Change management):** La gestione delle modifiche, o Change Management, rappresenta un processo fondamentale per affrontare variazioni rispetto al piano originario di un progetto. Tali modifiche vengono sottoposte a un'analisi sistematica, approvate formalmente e documentate per garantirne la tracciabilità. Nel sistema INCAS, il processo viene gestito attraverso moduli dedicati che coinvolgono sia il cliente che le unità aziendali interessate. Le eventuali discrepanze rispetto al piano iniziale vengono trattate mediante una procedura di richiesta di modifica, che prevede la compilazione di un modulo specifico, l'analisi degli impatti su costi, tempistiche e ambito progettuale e l'approvazione



**Politecnico
di Torino**

formale da parte del Project Manager, con il coinvolgimento del cliente quando necessario. Una volta approvate, le modifiche sono registrate in JIRA e archiviate in TeamDoc per garantire una completa tracciabilità. Particolare attenzione è posta sulla distinzione tra **Change Request** e **Claim**. La **Change Request** consiste in una modifica contrattuale concordata e approvata reciprocamente tra le parti interessate, mentre il **Claim** rappresenta una richiesta legale di risarcimento derivante da inadempienze, ritardi o interpretazioni errate delle clausole contrattuali. Entrambi i processi richiedono un approccio strutturato e devono essere accompagnati da documentazione appropriata, inclusiva di riferimenti contrattuali, tecnici e normativi.

Il Project Manager assume un ruolo cruciale nella risoluzione delle criticità, individuando prontamente eventuali deviazioni o problematiche emergenti e attivando piani specifici di mitigazione, escalation o correzione per garantire la corretta esecuzione del progetto. Una gestione sistematica degli issue log favorisce, inoltre, una collaborazione efficace tra le funzioni aziendali coinvolte.

Per il coordinamento e la comunicazione interna vengono organizzate riunioni regolari con l'obiettivo di monitorare lo stato di avanzamento delle attività, rivedere le priorità operative e identificare potenziali criticità. Gli strumenti principali utilizzati a supporto di queste attività collaborative includono Teams, Planner, To Do e SharePoint.

La gestione del rapporto con il cliente prevede un coinvolgimento diretto nelle fasi cruciali del progetto, come milestone e verifiche intermedie. Il cliente riceve aggiornamenti regolari attraverso report periodici e partecipa a ispezioni tecniche o revisioni documentali, quando necessario. La soddisfazione del cliente è, in questo contesto, un elemento decisivo per il successo e lo sviluppo positivo del progetto.

I deliverable principali prodotti in questa fase comprendono report di avanzamento, aggiornamenti al diagramma di Gantt, moduli di Change Request approvati, checklist di collaudo (FAT e SAT), verbali delle riunioni operative, report dei test e documentazione tecnica aggiornata. Tutti questi materiali vengono archiviati su TeamDoc e rappresentano un riferimento essenziale per la successiva fase di chiusura.

In sintesi, la fase di esecuzione e monitoraggio richiede un elevato grado di coordinamento, prontezza operativa e rigore gestionale. Una gestione accurata di questa fase è fondamentale per completare il progetto in stretta conformità con i requisiti contrattuali.

3.1.4 Fase 4: chiusura (Closing Phase)

La fase di chiusura, designata come **Quality Gate 14 (QG14)**, segna l'ultimo step nel ciclo di vita di un progetto, con l'obiettivo di formalizzare la conclusione delle attività, confermare la conformità ai requisiti contrattuali e capitalizzare le esperienze acquisite. Durante questa fase, si verifica che tutti i deliverable siano stati completati e approvati dal cliente, assicurandosi inoltre che qualsiasi attività residua venga affrontata e gestita in modo adeguato. Questo momento riveste un'importanza



**Politecnico
di Torino**

fondamentale per agevolare una transizione organizzata verso il post-vendita, la manutenzione o il supporto continuativo, in funzione della tipologia del progetto.

Le principali attività che caratterizzano questa fase includono:

- **Raccolta e organizzazione della documentazione:** Tutta la documentazione tecnica, amministrativa e contrattuale prodotta viene centralizzata e archiviata seguendo criteri definiti di tracciabilità e gestione delle versioni. I documenti conclusivi, quali manuali, disegni "as-built", validazioni tecniche, verbali di collaudo e certificazioni, vengono integrati sulla piattaforma TeamDoc, garantendo un accesso regolamentato e una corretta storicizzazione. Le eventuali non conformità residue sono monitorate e gestite tramite il sistema JIRA fino alla loro completa risoluzione.
- **Redazione del dossier di chiusura:** ovvero i documenti necessari per concludere formalmente un progetto:
 - a. **Project Close-Out Report:** Questo documento formale, redatto dal Project Manager, sintetizza in modo strutturato l'intero ciclo progettuale e certifica la sua conclusione. Si configura come uno strumento di riepilogo amministrativo, tecnico ed economico con la duplice funzione di attestare ufficialmente gli esiti finali e fornire una base per l'analisi critica e il miglioramento continuo. Il report include l'analisi degli scostamenti rispetto al piano originale (tempi, costi, ambito), le azioni correttive adottate, un bilancio economico finale e suggerimenti per futuri progetti. Costituisce uno dei deliverable obbligatori richiesti per la valutazione del QG14 e la sua versione definitiva deve essere caricata su TeamDoc, firmata dal Project Manager e condivisa con il top management.
 - b. **Foglio dati HOPS:** Strumento interno ideato per agevolare la transizione del progetto dal team di delivery al team post-vendita o Customer Service. Riassume in modo conciso informazioni rilevanti come dati generali dell'impianto, cronologia delle fasi, contatti di riferimento, stato delle non conformità e configurazioni software. Viene redatto dal Project Manager e condiviso con il referente del Customer Service prima della chiusura formale per garantire la gestione continua e la pronta risoluzione di eventuali necessità post-progetto. Per ogni progetto viene indicate tutte le informazioni più rilevanti come il nome del cliente, la data del go -live, la percentuale di training sulla parte hardware, plc e software e la data di presa in carico da parte del CS, che idealmente deve essere 4 settimane dopo la data del go-live.
 - c. **Lessons Learned:** Questo documento costituisce una componente essenziale per capitalizzare il know-how maturato. Serve a individuare gli aspetti positivi, gli errori da cui trarre insegnamento e le opportunità di ottimizzazione per futuri progetti. La redazione, gestita dal Project Manager con il coinvolgimento attivo dei membri del team, si concentra sull'esame di episodi rilevanti, problematiche frequenti e strategie correttive. Le informazioni raccolte sono strutturate in un formato uniforme per assicurare la



**Politecnico
di Torino**

consultabilità e l'utilizzo. Nell'ambito del modello IPM, le Lessons Learned sono un requisito obbligatorio per il superamento del QG14, archiviate in JIRA, e rappresentano una risorsa strategica per l'apprendimento organizzativo e l'ampliamento del know-how aziendale.

- **Gestione delle non conformità residue:** Le problematiche ancora irrisolte vengono annotate in un documento specifico e affrontate entro le tempistiche stabilite, generalmente con il supporto del team specializzato nel post-vendita.
- **Analisi delle lezioni apprese:** Il processo consente al team di valutare ciò che ha funzionato e ciò che deve essere migliorato, arricchendo il patrimonio di conoscenze aziendali e promuovendo una cultura orientata al miglioramento continuo.
- **Fase di chiusura amministrativa e contrattuale:** Include tutte le attività economiche e amministrative necessarie per terminare formalmente il progetto, come l'emissione della fatturazione finale, la verifica dei pagamenti e la dismissione degli ordini di acquisto correlati, inclusa l'eventuale liquidazione dei fornitori.
- **Rilascio delle risorse:** Le risorse umane e materiali vengono riassegnate per essere utilizzate in nuovi progetti. Questo processo implica la revisione del piano operativo dei team e, quando opportuno, l'organizzazione di una sessione di debriefing con il personale coinvolto.

La fase si conclude con l'approvazione del **Quality Gate 13 (QG13)**, che rappresenta la conferma definitiva da parte del cliente e attesta l'accettazione conclusiva del progetto.

Successivamente, il QG14 segna la chiusura ufficiale del progetto all'interno dell'organizzazione, includendo la validazione di tutti i deliverable, la gestione della chiusura economica e il rilascio delle risorse. Con il completamento di questi ultimi passaggi, la chiusura del progetto viene formalizzata in via definitiva. Questo momento rappresenta anche un'opportunità per condividere i risultati con il top management e riconoscere il valore del contributo apportato dal team.

Una chiusura ben strutturata permette di:

- garantire una gestione accurata e tracciabile delle informazioni;
- trasferire competenze tra progetti;
- aumentare la soddisfazione del cliente e migliorare la reputazione aziendale;
- ottimizzare future iniziative grazie alla riflessione sugli aspetti migliorabili.

Nel sistema INCAS, la fase di chiusura del modello IPM non si riduce alla semplice certificazione del completamento tecnico ed economico del progetto, ma rappresenta un momento fondamentale per capitalizzare le competenze acquisite e migliorare i processi futuri. Una chiusura approfondita, correttamente documentata e condivisa, è essenziale per assicurare che il valore generato dal progetto si estenda ben oltre la sua realizzazione pratica.



**Politecnico
di Torino**

3.2 Attori coinvolti nel processo

Il modello IPM implementato da INCAS favorisce un'interazione organizzata tra diversi attori, sia interni che esterni, ciascuno con ruoli e responsabilità ben definiti e formalizzati all'interno della documentazione progettuale. La struttura di governance è concepita per assicurare un equilibrio ideale tra controllo, operatività e assistenza, in linea con le direttive dell'organigramma funzionale descritto nei documenti aziendali.

Elemento centrale del processo è il **Project Manager (PMA)**, figura chiave incaricata della pianificazione, del coordinamento operativo e del monitoraggio complessivo del progetto. Tra i suoi compiti principali spiccano il rispetto delle scadenze, il controllo dei costi e il mantenimento degli standard qualitativi prefissati. Inoltre, il PMA si occupa della gestione del team interfunzionale e della comunicazione con il cliente.

Un ruolo fondamentale del PMA è la supervisione dei Quality Gates, attraverso la preparazione e validazione della documentazione richiesta, in collaborazione con i referenti delle diverse funzioni. Nell'ambito del modello IPM, il PMA interno e il PMA del cliente rivestono le principali funzioni decisionali, con l'obbligo di approvare congiuntamente qualsiasi scelta critica. Tutte le comunicazioni operative devono includere il PMA in copia per garantire continuità di controllo e tracciabilità.

In INCAS, e in generale nel Gruppo Schäfer, il PM è una figura leader e unico responsabile della corretta esecuzione di un progetto. I membri del team rispondono direttamente a lui, garantendo un controllo efficace. Quindi, la struttura organizzativa conferisce al Project Manager un'alta autorità decisionale, assicurando che le risorse siano primariamente dedicate al successo del progetto, con un riporto gerarchico diretto e univoco al PMA.

Oltre al rapporto diretto con il team, il PM mantiene un flusso di comunicazione costante con le altre funzioni aziendali, come l'ufficio tecnico, l'area commerciale, l'area procurement e il PMO, garantendo chiarezza, coordinamento e tracciabilità delle decisioni. Per quanto riguarda la disponibilità delle risorse e la risoluzione di eventuali sovraccarichi, il PM si interfaccia con il Project Sponsor, che interviene per assicurare il corretto avanzamento del progetto e il supporto necessario.

La selezione del Project Manager è basata sulla tipologia di progetto, sull'esperienza e anzianità del candidato e sulla sua disponibilità. Di conseguenza, un progetto ad alta complessità è assegnato solo a un Project Manager Senior.

Infine, osservando le dinamiche aziendali, il ruolo del PMA può essere definito equilibrato-forte: egli è l'unico responsabile della corretta esecuzione del progetto, avendo quindi potere decisionale a livello operativo, pur mantenendo però un costantemente l'allineamento con il PMO e il Project Sponsor.

Altre due figure fondamentali del project management sono il **Project Management Office (PMO)** e il **Project Sponsor**.



**Politecnico
di Torino**

In INCAS, il **PMO** non è concepito come un ufficio strutturato, bensì come un individuo responsabile della governance di progetto. Le sue principali responsabilità sono la definizione e l'implementazione degli standard metodologici, degli strumenti e delle metriche in maniera trasversale, garantendo che tutti i Project Manager operino seguendo approcci omogenei e ben coordinati. Inoltre, il PMO è incaricato di tradurre e applicare le direttive centrali ovvero, gli standard aziendali stabiliti da Schäfer, al fine di mantenere la coerenza operativa. In sintesi, il PMO svolge la funzione cruciale di garante della metodologia e di ponte per la traduzione degli standard centrali nel contesto operativo locale. È fondamentale sottolineare che il PMO ricopre a sua volta il ruolo di Project Manager Senior, mantenendo un coinvolgimento diretto nella gestione operativa di specifici progetti.

Il **Project Sponsor**, invece, rappresenta una figura che agisce come riferimento strategico per il progetto. È il responsabile diretto del successo complessivo del progetto, assicurandosi che esso progredisca e rimanga in linea con gli obiettivi aziendali. A differenza del PMO, il suo ruolo non consiste nella gestione quotidiana delle attività, ma nella facilitazione strategica. Il Project Sponsor si occupa di garantire la disponibilità delle risorse indispensabili e intervenire sui blocchi operativi più complessi, che vanno oltre le competenze del Project Manager, come conflitti sulle priorità aziendali o approvazioni di budget che richiedono autorità esecutiva. Infatti, il suo intervento è fondamentale per risolvere conflitti tra team o tra progetti concorrenti, decidendo le priorità e garantendo che le risorse siano allocate in modo ottimale.

Un'altra responsabilità del Project Sponsor è quella di aggiornare l'Amministratore Delegato di INCAS, mantenendolo allineato sullo sviluppo e sull'andamento dei progetti, in particolare di quelli più rilevanti dal punto di vista economico, e fornendo giustificazioni per eventuali anomalie o caratteristiche fuori norma riscontrate nel corso della gestione.

Queste ultime due figure descritte collaborano spesso tra di loro al fine di assicurare coerenza metodologica, monitorare l'avanzamento dei progetti e fornire supporto decisionale in caso di criticità operative o strategiche.

A livello aziendale non esiste un vero e proprio Program Manager, ma è il PMO ad assicurare un corretto coordinamento tra i vari progetti, grazie anche al ruolo del Project Sponsor, che interviene a livello strategico sulle risorse da assegnare, garantendo il successo di un progetto.

L'area commerciale interviene prevalentemente nelle fasi iniziali del progetto, mettendo a disposizione del Project Manager informazioni essenziali riguardanti obiettivi di fornitura, condizioni contrattuali, offerte approvate e possibili vincoli.

L'ufficio tecnico è coinvolto lungo l'intero ciclo di vita del progetto, collaborando attivamente con il Project Manager per definire specifiche tecniche, validare layout progettuali, sviluppare soluzioni impiantistiche e supervisionare l'installazione. All'interno di questa area operano figure strategiche come Project Engineer, Technical Leader e specialisti in automazione e software. Questi membri vengono selezionati dai responsabili delle varie aree funzionali in base alle esigenze e disponibilità.

L'Area Procurement si occupa di gestire l'acquisizione di materiali e servizi necessari allo svolgimento del progetto. I compiti principali sono: la gestione dei fornitori, il controllo e gestione dei tempi di consegna e la verifica della conformità delle forniture, intervenendo quindi in caso di



**Politecnico
di Torino**

ritardi o altri imprevisti. L'attività è strettamente coordinata con il Project Manager garantendo il sincronismo tra approvvigionamenti e pianificazione operativa.

Il **cliente** finale ricopre un ruolo attivo nelle fasi strategiche del progetto. In fase iniziale contribuisce alla definizione dei requisiti funzionali; successivamente approva layout, specifiche tecniche, test plan e documentazione; infine partecipa alle verifiche funzionali (SAT, UAT) e formalizza l'accettazione dell'impianto. Il livello di coinvolgimento del cliente può variare in funzione del contratto e della natura del progetto.

Per favorire una collaborazione efficace tra tutte le parti interessate, INCAS impiega strumenti digitali condivisi come Microsoft Teams per le comunicazioni, Planner e To Do per la gestione e il monitoraggio delle attività, e SharePoint per un'organizzazione strutturata della documentazione. La combinazione dei vari strumenti descrive un contesto in cui sono presenti sia elementi tipici dell'Agile sia Waterfall. Infatti, certe fasi come la pianificazione e il controllo dei Quality Gates sono tipiche delle pratiche Waterfall, mentre a livello di gestione quotidiana dei task e collaborazione dei team si identificano elementi tipici dell'Agile.

3.3 Strumenti operativi e documentali

Il modello organizzativo adottato da INCAS si fonda su un approccio sinergico che combina strumenti digitali, checklist operative e documentazione tecnica. Questa configurazione ha l'obiettivo di assicurare tracciabilità, coordinamento e conformità agli standard metodologici IPM, favorendo una gestione ottimale dei progetti. Gli strumenti digitali rappresentano l'elemento centrale di questo sistema, facilitando la comunicazione interna tra i team, la gestione e archiviazione delle informazioni, oltre al controllo costante dei processi operativi. Tra i principali strumenti utilizzati:

- **TeamDoc:** Una piattaforma documentale centralizzata pensata per offrire un archivio unico e organizzato di tutti i file relativi al progetto. Dotata di funzionalità avanzate come archiviazione, gestione degli accessi basata sui ruoli e conservazione delle modifiche secondo le linee guida IPM, TeamDoc si rivela indispensabile in ogni fase del ciclo di vita del progetto. È utilizzata per caricare e gestire contratti, piani progettuali, report di stato, deliverable tecnici, checklist e documentazione finale, garantendo inoltre un supporto completo per audit interni ed esterni grazie alla tracciabilità dettagliata di ogni operazione effettuata sui file.
- **Planisware:** È impiegato per i progetti di classe A e B, con l'obiettivo di garantire una pianificazione operativa precisa e un controllo avanzato. Lo strumento permette di organizzare e aggiornare il cronoprogramma (Gantt), gestire le risorse, monitorare le milestone e collegare i dati tecnici ai costi e ai carichi di lavoro. Integrandosi con le baseline di progetto, diventa un elemento chiave per analisi di avanzamento e report periodici. L'utilizzo di Planisware è infatti obbligatorio per i progetti di classe A e B, mentre è opzionale per quelli di classe C e D.



**Politecnico
di Torino**

Analogamente a TeamDoc, anche Planisware e SharePoint prevedono livelli di accesso configurabili in base al ruolo e alla funzione, garantendo la riservatezza e il controllo autorizzativo sui contenuti caricati.

- **SharePoint:** Rappresenta un ambiente collaborativo dedicato alla gestione documentale, in cui vengono conservati file essenziali come la WBS, il cronoprogramma in formato Excel, la RAM, le checklist dei Quality Gate, i moduli di Change Request e le tabelle operative adottate nei diversi passaggi del progetto.
- **Microsoft Planner e To Do:** Sono invece utilizzati per gestire l'assegnazione e il monitoraggio delle attività operative dei team. Entrambi offrono una panoramica in tempo reale delle responsabilità, del progresso delle attività e delle priorità, integrandosi direttamente con Microsoft Teams per favorire una comunicazione efficiente tra i reparti, coordinare le riunioni operative e gestire in modo asincrono le informazioni condivise.
- **JIRA:** Svolge un ruolo fondamentale nella gestione delle criticità che si manifestano durante il ciclo progettuale. Ogni problema viene documentato, categorizzato e seguito attraverso workflow predefiniti. JIRA rappresenta inoltre lo strumento ufficiale utilizzato per gestire le Lessons Learned, archiviate in formato standard al termine del progetto. L'integrazione con TeamDoc assicura una tracciabilità completa, sia dal punto di vista tecnico sia decisionale, per tutte le azioni correttive messe in atto.
- L'organizzazione adotta modelli standardizzati in Word ed Excel per gestire documentazioni specifiche, tra cui RAM, Project Charter, checklist di reparto e protocolli di accettazione tecnica come FAT, SAT e UAT. L'uso di questi modelli garantisce uniformità e coerenza nei progetti, agevolando la consultazione e il processo di approvazione nei Quality Gate.

Analogamente a TeamDoc, anche Planisware e SharePoint permettono di configurare livelli di accesso che variano in base a ruolo e funzione, garantendo così riservatezza e un controllo preciso sui contenuti condivisi.

L'integrazione di questi strumenti contribuisce a una gestione dei progetti più strutturata, responsabile e trasparente, migliorando notevolmente l'efficienza operativa e favorendo il raggiungimento ottimale degli obiettivi strategici.

SSI Schäfer, per la gestione del proprio portafoglio, adotta un approccio di Multi Project Management basato sull'utilizzo di piattaforme centralizzate come GPR (Global Project Reporting) e Power BI. Questi strumenti consentono di aggregare i dati dei singoli progetti in dashboard sintetiche, fondamentali per una gestione strategica più efficace. Il Project Manager assume il compito di aggiornare in tempo reale le performance del progetto di competenza, contribuendo così a una visione globale integrata che agevola il monitoraggio dell'avanzamento del lavoro, l'analisi dei rischi e la valutazione della marginalità su scala globale.



**Politecnico
di Torino**

3.4 Applicazioni pratiche durante il tirocinio

Questo paragrafo descrive e mostra alcuni documenti utilizzati durante l'esperienza di tirocinio come project manager.

In primo luogo, si vuole mostrare un esempio di time schedule proposto a un cliente, documento che rappresenta una delle fasi più significative nella pianificazione progettuale. Lo scopo principale è illustrare la proposta di organizzazione temporale delle attività predisposta da Incas, così da fornire al cliente una visione chiara della sequenza delle lavorazioni, delle principali dipendenze temporali e delle milestone di progetto.

Il time schedule viene sviluppato in Microsoft Project a partire dalla struttura WBS (Work Breakdown Structure) precompilata, che scompone il progetto in work packages e ne definisce le durate, le risorse e le relazioni logiche. Tuttavia, poiché il file completo contiene un numero elevato di attività tecniche e dettagli operativi difficilmente comprensibili per un interlocutore esterno, viene realizzata una versione semplificata del diagramma temporale.

In questa versione, riportata sulla time bar di Microsoft Project, sono rappresentate esclusivamente le attività più significative dal punto di vista del cliente, ovvero quelle che hanno un impatto diretto sulla sua pianificazione interna. Tra queste, ad esempio, la data entro la quale il cliente deve garantire la disponibilità di un cantiere pronto per l'avvio delle installazioni oppure il periodo di indisponibilità di una determinata area di magazzino.

Questa rappresentazione è necessaria per garantire un confronto facile e veloce con il cliente, senza entrare in dettagli tecnici che renderebbero più difficile la comunicazione e potrebbero portare a eventuali fraintendimenti, rallentando di conseguenza i lavori.

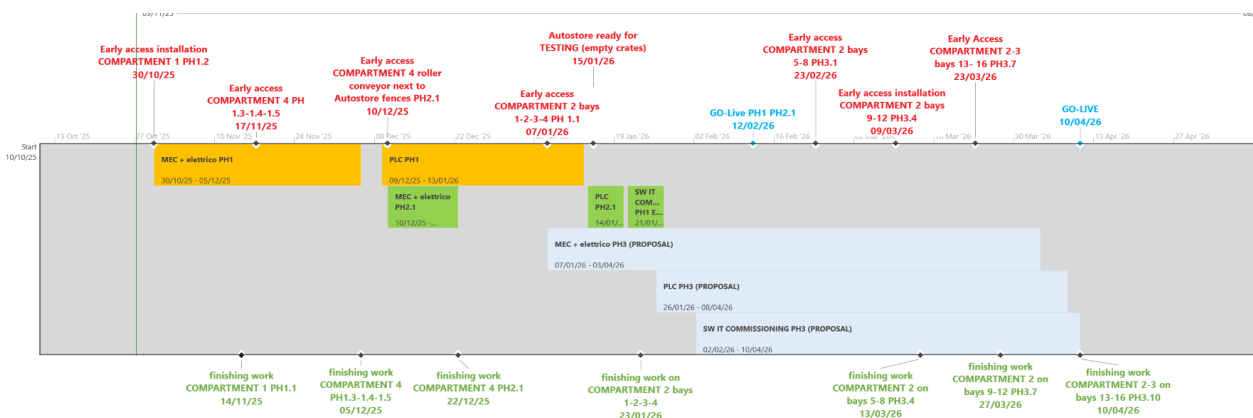


Figura 3.5 Viene illustrata la timebar presentata al cliente. Sono state inserite le milestone e le attività più rilevanti per il cliente.



**Politecnico
di Torino**

Un altro documento visto e affrontato durante il tirocinio è quello che sancisce il passaggio di responsabilità dal Project Manager al Customer Service, chiamato HOP CS. Come programma è stato usato Microsoft Lists e, per ogni progetto, vi vengono descritti il nome del cliente, il PM responsabile, una breve descrizione del progetto, il codice identificativo del progetto (GPID), la data del go-live e lo stato di avanzamento relativo all'addestramento della parte hardware, software e PLC, includendo eventuali note operative o criticità riscontrate.

Lo scopo del documento non è solo quello di ordinarli e schedarli, ma anche di garantire una transizione ordinata e tracciabile verso il Customer Service, assicurando che tutte le informazioni operative e tecniche siano disponibili per il team di supporto. In questo modo si riducono al minimo rischi di errori o ritardi nell'avvio delle attività di assistenza post-installazione, permettendo una gestione più efficiente dei progetti in chiusura.

Un altro documento interessante osservato è il Site Journal, utilizzato per registrare tutte le attività extra svolte in cantiere. In esso vengono riportate le ore lavorate da ciascun operatore, il costo orario e il numero di persone coinvolte. Questo documento serve successivamente per predisporre una richiesta di claim al cliente, a titolo di compensazione per i lavori aggiuntivi effettuati rispetto a quanto previsto dal contratto iniziale.

Extra work and special occurrences						
Nr.	Date	Description (including number)	h / Pcs.	Amount	Σ h	Remarks
1	17.06.2025 - 20.6.2025	Covering all deliveries for PCS conveyors, because of storms, rain falls, costumer did not provide space inside warehouse, we used "cerada", foils to cover it, to secure all material for PCS JIRA: https://jira.ssi-schaefer.com/browse/HU2300300-188	20,0	4,0	80,0	KW25
2	23.6.2025 - 24.6.2025	Covering all deliveries for PCS conveyors, because of storms, rain falls, costumer did not provide space inside warehouse, we used "cerada", foils to cover it, to secure all material for PCS JIRA: https://jira.ssi-schaefer.com/browse/HU2300300-188	10,0	2,0	20,0	KW26
3	26.6.2025 - 27.6.2025	Covering all deliveries for PCS conveyors, because of storms, rain falls, costumer did not provide space inside warehouse, we used "cerada", foils to cover it, to secure all material for PCS JIRA: https://jira.ssi-schaefer.com/browse/HU2300300-188	10,0	2,0	20,0	KW26
4	07/07/2025	Uncovering conveyors, transport to inside, clean outside area JIRA : https://jira.ssi-schaefer.com/browse/HU2300300-188	10,0	2,0	20,0	KW28
5	15.7.2025 - 16.7.2025	New measurements for prezone, doors are off, from the middle for 30mm in Aisle 1 to 4, distance from rack is smaller for 30mm, distance is different in Aisle 1 & 2 JIRA: https://jira.ssi-schaefer.com/browse/HU2300300-189	8,0	5,0	40,0	KW29
6	17/07/2025	moving costumer material on other side, our conveyors in warehouse, on costumer demand, cleaning the floors for our conveyors again, because of mud on our floor, made from costumer Cherry lifter. https://jira.ssi-schaefer.com/browse/HU2300300-190	15,0	1,0	15,0	KW29
		New measurement for conveyors starting from Fire doors area. Moving of Desk04 Desk03 for 40mm away from Fire doors / mistakes in				

Figura 3.6: Viene mostrato un estratto contenente tutte le attività extra registrate per una determinata commessa. Per ciascuna attività sono riportati la data, la descrizione, il numero di ore svolte per persona, il totale delle persone coinvolte e la settimana di riferimento.



**Politecnico
di Torino**

Conclusioni Capitolo 4

L'analisi condotta nel capitolo ha permesso di delineare in modo chiaro e approfondito il modello strutturale e operativo attualmente impiegato da INCAS nella gestione dei progetti. Questo sistema si fonda sulla metodologia standardizzata del modello IPM (Integrated Project Management), articolata in quattro fasi essenziali: avvio, pianificazione, esecuzione e chiusura. Ogni fase include Quality Gate formali, deliverable specifici e momenti di verifica strutturati che assicurano rigore e coerenza. Aspetti chiave come la definizione accurata dei ruoli, l'integrazione delle tecnologie digitali e l'utilizzo di pratiche consolidate garantiscono un controllo completo del ciclo di vita dei progetti, mantenendo un forte allineamento tra gli obiettivi iniziali e i risultati finali ottenuti.

La crescente digitalizzazione del processo, facilitata dall'uso di piattaforme come TeamDoc, JIRA, SharePoint e Planisware, favorisce non solo una gestione operativa più efficiente, ma anche un monitoraggio avanzato della tracciabilità, dei rischi e delle opportunità di miglioramento continuo. Tuttavia, l'efficacia del sistema IPM dipende in maniera significativa dalla capacità del team di progetto di applicarlo in modo coerente, collaborativo e tempestivo. Alcuni aspetti critici, tra cui la gestione delle problematiche trasversali, il coordinamento interfunzionale e la valorizzazione delle Lessons Learned, richiedono attenzioni specifiche per evitare inefficienze, dispersioni o ridondanze informative.

Nel suo complesso, il modello IPM adottato da INCAS si configura come uno strumento avanzato e consolidato per affrontare le sfide della gestione progettuale nell'ambito industriale. Nonostante ciò, sono possibili miglioramenti rivolti a incrementare ulteriormente la sua efficacia. Suggerimenti come l'automazione dei processi, l'impiego strategico dei dati storici e la semplificazione dei flussi documentali saranno affrontati nei capitoli successivi della tesi.

Fonti usate per la stesura del capitolo:

- documenti interni forniti dall'azienda



**Politecnico
di Torino**

Capitolo 4: Analisi critica e proposte di miglioramento

Durante l'esperienza in INCAS, sono emersi alcuni aspetti del processo operativo che, pur basandosi su un impianto metodologico solido come quello offerto dal modello IPM, evidenziano spazi di miglioramento. Lo scopo di questo capitolo è quindi mettere in luce possibili inefficienze le cui proposte di sviluppo e soluzione verranno approfondite nel Capitolo 6.

4.1 Gestione dei rischi inefficiente

Un'area di possibile miglioramento individuata per INCAS riguarda la gestione dell'analisi dei rischi nelle fasi iniziali dei progetti. Sebbene l'azienda utilizzi uno strumento come JIRA per tracciare e archiviare le criticità emerse nei progetti precedenti, questo database non viene ancora sfruttato pienamente in fase di pianificazione. Attualmente, l'identificazione dei potenziali rischi si basa principalmente sull'esperienza soggettiva del singolo Project Manager, un approccio che risulta inefficiente, soprattutto per i nuovi PM che non possiedono ancora una conoscenza approfondita delle tipologie di commesse gestite da INCAS.

Con l'avvento dell'intelligenza artificiale, i dati aziendali rappresentano una risorsa di valore strategico. Un loro utilizzo non ottimale limita la possibilità di generare valore aggiunto e di migliorare l'efficienza nell'allocazione delle risorse disponibili.

Saranno presentate due proposte di soluzione a supporto del Project Manager in due fasi cruciali: la prima riguarda l'individuazione dei rischi, mentre la seconda si concentra sulla stima della probabilità e dell'impatto di un'eventuale occorrenza.

La prima prevede di supportare l'attività superando il limite della "lavagna vuota," un problema comune quando si affronta un nuovo progetto. Infatti, anziché dover attingere unicamente alle proprie esperienze e al proprio intuito, il Project Manager fornisce all'assistente i dati essenziali del nuovo progetto, come tipologia, creatore e area geografica di riferimento. Lo strumento, in pochi istanti, esegue un'analisi approfondita del database storico aziendale. Il risultato è una lista di rischi potenziali che si sono manifestati in contesti analoghi, un punto di partenza solido che consente un significativo risparmio di tempo. Anche in questo caso, la lista non è da intendersi come definitiva, ma piuttosto come un punto di partenza da valutare e analizzare successivamente dal Project Manager.

La seconda soluzione si concentra sullo sviluppo di un assistente intelligente il cui scopo principale non è sostituire il giudizio del Project Manager, ma aiutarlo e affiancarlo fornendo una stima della probabilità di occorrenza e dell'impatto di ciascun rischio. Operando in modo complementare alle figure professionali, l'assistente arricchisce il processo decisionale, garantendo che ogni progetto possa beneficiare delle esperienze passate registrate su JIRA. Infatti, una volta ottenuta la lista dei rischi, il programma valuta la complessità e le peculiarità di ciascun rischio, stimandone la probabilità di occorrenza e il potenziale impatto.



**Politecnico
di Torino**

Lo scopo di questa soluzione è prioritizzare in modo oggettivo le minacce, concentrando immediatamente tempo e risorse sui rischi più critici. Inoltre, l'assistente è in grado di evidenziare rischi non immediatamente evidenti, che l'esperienza del singolo Project Manager potrebbe non considerare. Il framework agisce quindi come un partner che propone un'analisi mirata e basata sui dati, lasciando al Project Manager il compito insostituibile di interpretare, convalidare e prendere la decisione finale.

4.2 Vantaggi previsti dalle soluzioni

L'implementazione di un assistente di questo tipo garantisce una serie di benefici che possono ottimizzare il processo, sia in termini di efficienza che di riduzione dei tempi.

Le decisioni sarebbero prese a partire da dati concreti anziché da supposizioni personali, riducendo l'incertezza e migliorando l'accuratezza della pianificazione e la fase di individuazione dei rischi verrebbe sicuramente accelerata.

Inoltre, il sistema contribuisce a una standardizzazione del processo, garantendo che le conoscenze pregresse non rimangano confinate a un singolo team, ma diventino un patrimonio aziendale condiviso.

Tuttavia, è cruciale considerare alcune criticità. L'efficacia dello strumento è strettamente legata alla qualità dei dati storici: un database incompleto o inaccurato potrebbe compromettere la precisione delle previsioni, rendendo fondamentale un processo di pulizia e manutenzione dei dati. Un'altra possibile sfida è la resistenza al cambiamento da parte dei professionisti, che potrebbero preferire i metodi tradizionali e guardare con diffidenza l'intelligenza artificiale. Sarà quindi essenziale comunicare chiaramente che l'assistente è un supporto, non un sostituto, e dimostrare i benefici concreti che può apportare.

Infine, pur fornendo un'analisi predittiva, ogni progetto presenta peculiarità uniche. Il giudizio e l'esperienza del Project Manager rimangono insostituibili per adattare le previsioni al contesto specifico e per prendere le decisioni finali.

4.3 Revisione contrattuale completamente manuale

Una criticità rilevante emersa durante le fasi iniziali di progetto riguarda la gestione della documentazione contrattuale, in particolare nelle attività di revisione ed estrazione delle informazioni fondamentali per il Project Handover Protocol. Durante il tirocinio, è stato effettuato un esercizio pratico che prevedeva la lettura di un contratto reale e la compilazione manuale del relativo Project Handover Document.



**Politecnico
di Torino**

Questa attività, svolta senza l'ausilio di strumenti digitali o modelli strutturati, ha messo in evidenza alcune debolezze operative nel processo. Nello specifico, l'identificazione manuale delle clausole critiche (come milestone, penali, SLA, condizioni di fornitura e obblighi documentali) richiede un notevole impegno di tempo da parte del Project Manager e introduce un rischio di soggettività interpretativa.

Attualmente, la redazione del Project Handover Protocol, pur rappresentando un deliverable obbligatorio secondo il modello IPM per il superamento del Quality Gate 1, avviene interamente in formato Word utilizzando template statici. Non sono previsti automatismi per l'estrazione delle informazioni chiave dai contratti, e la validazione finale richiede una rilettura completa da parte del PM e un confronto dettagliato con altri reparti, al fine di assicurare coerenza tra contenuto contrattuale, proposta tecnica ed esecuzione operativa.

Un'altra possibile attività che gioverebbe l'introduzione di sistemi autonomi di rilevamento delle informazioni di un documento è la procedura di richiesta di un claim. Infatti, invece di verificare a mano richiesta per richiesta confrontandole con i vincoli di contratto, un sistema automatizzato velocizzerebbe il processo, favorendo e semplificando la comprensione dei vincoli contrattuali.



**Politecnico
di Torino**

Capitolo 5: L'Intelligenza Artificiale nei Sistemi Informativi: Fondamenti, Ciclo di Vita e Sfide Organizzative

Poiché la proposta descritta per ottimizzare la fase di gestione e pianificazione dei rischi si basa sull'uso di modelli e strumenti che sfruttano l'intelligenza artificiale, è doveroso fare un approfondimento esaustivo su questo tema.

5.1 Fondamenti teorici dell'Intelligenza Artificiale

L'intelligenza artificiale (IA) è uno strumento che grazie alle sue numerose possibilità di applicazione e soprattutto per l'impatto che ha su queste attività è destinata a ridefinire in profondità i sistemi informativi e i processi aziendali. Le sue possibilità di applicazione sono infinite, potendo potenzialmente essere applicata in qualsiasi settore, dalla **percezione visiva** e l'elaborazione del linguaggio naturale, fino alla **diagnosi medica predittiva** e ai sistemi di guida autonoma. Infatti, è stata riconosciuta come **General-Purpose Technology (GPT)**. Per comprenderne meglio l'impatto che ha avuto e che avrà in futuro, può essere messa allo stesso livello di invenzioni quali l'elettricità e Internet, che hanno portato a cambiamenti sistemici a livello economico e sociale.

Quando si parla di AI ci si riferisce ad un **agente razionale**, ovvero un'entità che percepisce l'ambiente e agisce in modo da massimizzare la probabilità di raggiungere uno specifico obiettivo, non vincolata nel seguire semplicemente delle regole predefinite, ma è in grado di apprendere, adattarsi e prendere decisioni ottimali in contesti incerti.

5.2 Evoluzione storica dell'IA

La storia dell'evoluzione e sviluppo dell'Intelligenza Artificiale (IA) non è stata sempre lineare anzi è stata caratterizzata da molti rallentamenti noti come "AI Winter", dovuti principalmente agli scarsi strumenti che avevano a disposizione nella metà del '900. Le fondamenta teoriche, infatti, risalgono già a metà del secolo scorso, ancora prima che il termine "intelligenza artificiale" fosse coniato. In questo periodo, vengono introdotti concetti come il modello di neurone artificiale proposto nel 1943 da McCulloch e Pitts, e il principio di apprendimento di Donald Hebb (il cosiddetto "Hebbian learning"), che suggeriva come le sinapsi si rafforzassero con l'uso, gettando così le basi neuroscientifiche per lo sviluppo futuro di reti computazionali capaci di apprendere.

Nel 1956 grazie al workshop organizzato al Dartmouth College venne utilizzato per la prima volta il termine intelligenza artificiale. Durante questo evento, l'IA viene definita come la scienza del fare macchine intelligenti. I primi sistemi sviluppati, come il Logic Theorist di Newell e Simon, sono focalizzati sulla simulazione del ragionamento umano attraverso la manipolazione di simboli.



**Politecnico
di Torino**

Successivamente, tra gli anni '70 e '80, vengo introdotti i sistemi esperti, come MYCIN e DENDRAL. Questi sistemi, basati su estese basi di conoscenza e su regole logiche del tipo "if-then" (se-allora), dimostrarono la capacità di risolvere problemi complessi in domini specifici, come ad esempio la diagnosi medica o l'analisi chimica. Tuttavia, la loro applicazione e quindi efficacia era vincolata dalla necessità di una programmazione manuale incapace quindi di apprendere da soli.

Negli anni '80 avviene la svolta con l'introduzione dell'algoritmo di backpropagation. Questo metodo rivoluzionario consentì di addestrare in modo efficiente le reti neurali artificiali, superando uno dei principali ostacoli che ne avevano frenato lo sviluppo. Successivamente, negli anni '90, vengono introdotti modelli statistici e probabilistici come le Bayesian networks e gli Hidden Markov Models permise ai sistemi di gestire l'incertezza e di apprendere schemi complessi da dati non strutturati. In questo periodo nascono concetti quali su tutti il data mining e il machine learning, che vengono considerate la base dei sistemi AI moderni.

Attualmente, la disponibilità di Big Data, generati dall'integrazione di Internet e dai dispositivi digitali, e l'aumento esponenziale della potenza di calcolo hanno permesso di addestrare modelli di apprendimento automatico e sempre più efficaci.

5.3 Machine Learning e Deep Learning

Il **Machine Learning (ML)** rappresenta il cuore dei sistemi moderni che apprendono in modo autonomo dai dati input. Si differenzia dalla programmazione tradizionale, dove ogni regola è esplicitamente definita, in quanto consente ai modelli di identificare pattern e correlazioni a partire da un database, utilizzando poi queste conoscenze per effettuare previsioni o prendere decisioni.

Questo processo di apprendimento si articola in tre paradigmi principali:

1. **l'apprendimento supervisionato**, dove i modelli vengono addestrati su dati etichettati, con lo scopo di individuare relazioni tra questi per fornire un output. Infatti, a partire da features di cui si conosce il significato e valore, questo modello ti fornisce la previsione la label.
2. **l'apprendimento non supervisionato**, in cui il sistema è incaricato di scoprire pattern e relazioni nascoste tra dati non etichettati. Per far ciò viene utilizzata comunemente una tecnica di clustering, in cui vengono delimitati e definiti dei raggruppamenti naturali in base alle caratteristiche dei dati di partenza. In questo caso si conoscono solo le features ma non sa cosa predire, manca la label da individuare, cerca delle relazioni profonde tra i dati.
3. **l'apprendimento per rinforzo**, ovvero un agente che compie previsioni attraverso un processo iterativo try and error. In particolare, il modello, non viene istruito su quale sia l'azione corretta da compiere, ma riceve un segnale di rinforzo (un premio) massimizzando una funzione di ricompensa in un dato ambiente.



**Politecnico
di Torino**

Il **Deep Learning (DL)** invece costituisce un'evoluzione del Machine Learning, caratterizzandosi per l'uso di reti neurali artificiali profonde. Queste reti, composte da un gran numero di strati (input, strati nascosti e output), sono in grado di modellare relazioni estremamente complesse tra i dati. L'utilizzo del DL è stato possibile grazie dall'**algoritmo di backpropagation**, che permette di calcolare e aggiornare in modo efficiente i pesi all'interno della rete, minimizzando l'errore tra l'output previsto e quello effettivo.

In base alla natura dei dati e gli obiettivi che si vogliono conseguire, ci sono diverse architetture di Deep Learning tra cui:

- il **Perceptron**, un modello semplice per problemi lineari;
- **CNN** (Convolutional Neural Network), utili per elaborare immagini e segnali visivi;
- le **RNN** (Recurrent Neural Network) e le loro evoluzioni come le **LSTM**, invece sono per analizzare dati sequenziali come testi e serie temporali;
- i **Transformer**, che hanno rivoluzionato il campo del linguaggio naturale, diventando la base di modelli come **BERT**, **GPT** e **T5**.

Sebbene il Deep Learning sia particolarmente efficace nell'analizzare grandi quantità di dati non strutturati (immagini, testi, audio), la sua implementazione ha anche delle criticità importanti da affrontare, tra cui la necessità elevate risorse computazionali e la difficoltà di interpretabilità, poiché il funzionamento interno di queste reti complesse non è sempre trasparente in quanto è difficile comprenderne il processo decisionale.

5.4 Elaborazione del Linguaggio Naturale (NLP) e Visione Artificiale

L'**Elaborazione del Linguaggio Naturale (NLP)** e la **Visione Artificiale (Computer Vision)**, sono considerate due delle aree più innovative e moderne dei sistemi AI moderni. La **NLP** si concentra sulla capacità delle macchine di comprendere, interpretare e generare linguaggio umano. Può essere utilizzata, a partire dalla sentiment analysis, che analizza il tono emotivo di un testo, alla sofisticazione delle chatbot, fino a sistemi complessi di classificazione documentale e di traduzione automatica. Favorendo di conseguenza un'interazione con l'ambiente umano migliore e più efficiente, estraendo significato da dati testuali non strutturati.

La **visione artificiale**, invece, permette alla macchina di interpretare immagini e video, sfruttando sistemi DL, come ad esempio **CNN (Convolutional Neural Networks)**. Queste reti neurali sono progettate per analizzare dati visivi e rilevando in maniera efficace pattern spaziali. Le principali applicazioni sono la diagnostica medica, dove i sistemi sono in grado di analizzare radiografie, la sicurezza, per la sorveglianza automatica, controllo qualità manifatturiero, dove i sistemi possono rilevare difetti nei prodotti in tempo reale.

Sono state proposte anche soluzioni ibride che combinano diverse architetture per elaborare dati e sistemi complessi. Ad esempio, è sempre più comune l'impiego di strati CNN e RNN in un'unica



**Politecnico
di Torino**

architettura per analizzare simultaneamente dati visivi e temporali, come nel caso dell'analisi di spettrogrammi audio o di sequenze video.

5.5 Intelligenza Artificiale Generativa

La **Generative AI** comprende modelli progettati per generare contenuti coerenti a partire da dati esistenti, infatti a partire da diversi input generano un output che può essere un testo, un'immagine un audio o un video. Infatti, non genera solo nuovi dati e crea nuove versioni di dati esistenti.

I principali algoritmi che consentono di creare un modello di questo tipo sono:

- **GAN (Generative Adversarial Networks)**, che operano attraverso un meccanismo di competizione tra due reti neurali (un "generatore" che crea i dati e un "discriminatore" che ne valuta l'autenticità);
- **VAE (Variational Autoencoders)**, che utilizzano modelli probabilistici per comprimere e generare dati;
- **Transformer** e i **Large Language Models (LLM)**, come ad esempio GPT;
- **Diffusion Models**, con strumenti alla base come DALL·E 2 e Stable Diffusion, hanno ulteriormente perfezionato la qualità della generazione di contenuti.

Le applicazioni della Generative AI sono in rapida espansione, influenzando settori chiave. Nella creazione di contenuti, ha rivoluzionato il design, la produzione musicale e la stesura di testi. Nello sviluppo software, strumenti come GitHub Copilot assistono i programmatori. Anche i settori dell'educazione e della medicina ne beneficiano attraverso la creazione di esperienze di apprendimento personalizzate e la generazione di immagini. Anche il marketing e la customer experience stanno sfruttando questi strumenti per creare contenuti mirati e interazioni più efficaci.

Nonostante il potenziale, la Generative AI presenta molte limitazioni tra cui:

- Le **allucinazioni**, ovvero la generazione di contenuti plausibili ma fattualmente falsi, rappresentano una sfida critica per l'affidabilità;
- Problemi legati al **copyright** e all'uso non autorizzato di opere altrui;
- L'**impatto ambientale** legato all'elevato consumo energetico necessario per l'addestramento di questi modelli.

Infine, una sfida emergente, che può essere vista anche come opportunità, riguarda l'interazione tra umano e macchina. La Generative AI sta ridefinendo i modelli di collaborazione e richiedendo l'acquisizione di nuove competenze, come il prompt engineering, ovvero la competenza di formulare istruzioni efficaci per ottenere i risultati desiderati dai modelli.



**Politecnico
di Torino**

5.6 Intelligenza Artificiale Data-Centric vs Model-Centric

Nello sviluppo di modelli basati su intelligenza artificiale, tradizionalmente è sempre stato privilegiato un approccio **Model-Centric**, focalizzandosi sull'ottimizzazione dell'algoritmo e meno sulla qualità dei dati input. Venivano assunti idonei i dati input, perciò l'unica difficoltà era la selezione e l'addestramento del modello migliore, il *tuning* degli iperparametri e sull'ottimizzazione delle metriche di valutazione, trascurando l'importanza critica della qualità del dato stesso.

Negli ultimi anni, l'approccio è cambiato considerando l'**Intelligenza Artificiale Data-Centric**, ponendo quindi attenzione alla qualità dei dati input, sostenendo che è sempre possibile raggiungere risultati soddisfacenti se la base di partenza ovvero il database di addestramento lo è altrettanto.

Quando si parla di qualità dei dati ci si riferisce a tre caratteristiche essenziali:

1. l'**accuratezza**, ovvero la correzione di etichette errate o ambigue;
2. la **coerenza**, l'uniformità semantica e sintattica all'interno del dataset;
3. la **rappresentatività**, assicurando che i dati coprano adeguatamente tutte le classi e i casi d'uso rilevanti, riducendo i bias e le lacune informative.

A livello operativo ci si riferisce a due attività principali:

1. il **refinement**, che consiste nel migliorare i dati esistenti,
2. l'**estensione**, che si focalizza sull'acquisizione di nuovi dati pertinenti che forniscano informazioni aggiuntive utili per migliorare la qualità della risposta.

Esistono strumenti a supporto della pulizia e ottimizzazione del database di partenza come ad esempio **Cleanlab**, **Prodi.gy** e **Gretel.ai**.

L'adozione di questo paradigma ha importanti implicazioni per l'ingegneria dei sistemi informativi, promuovendo una maggiore attenzione alla validità, alla tracciabilità e alla governance dei dati, elementi che diventano centrali per il successo di qualsiasi progetto di IA.

5.8 Modelli metodologici per la gestione dei progetti di IA

Per garantire coerenza tra gli obiettivi strategici e lo sviluppo tecnico, è fondamentale adottare modelli metodologici che guidino la gestione del ciclo di vita dell'intelligenza artificiale. La scelta del modello appropriato dipende dalla natura del problema, dalla disponibilità dei dati, dalla maturità organizzativa e dal contesto etico-normativo. L'integrazione di approcci diversi può anche rivelarsi una soluzione efficace per adattarsi alle specifiche esigenze di un progetto.



**Politecnico
di Torino**

L'implementazione efficace di soluzioni di Intelligenza Artificiale (IA) richiede un approccio sistemico e strutturato, chiamato come **AI Lifecycle**. L'obiettivo è quello di garantire un allineamento costante tra la visione strategica e l'impatto operativo, si articola in una serie di fasi iterative che conducono un progetto dalla sua concezione alla sua integrazione.

5.8.1 CRISP-DM: un modello strutturato e sequenziale

Uno dei modelli più consolidati per formalizzare questo processo è il **CRISP-DM (Cross Industry Standard Process for Data Mining)**, costituito da sei fasi sequenziali.

1. **Business Understanding**, in cui si definiscono gli obiettivi strategici e il contesto aziendale, necessario per comprendere in che modo opera l'azienda
2. **Data Understanding**, ovvero l'esplorazione e la raccolta dei dati, per capire quali sono i dati a disposizione da qui partire;
3. **Data Preparation**, ovvero come descritto nel paragrafo precedente la pulizia, trasformazione e normalizzazione dei dati, per garantire un database efficiente su cui addestrare il proprio modello.
4. **Modeling**, in cui vengono scelti e addestrati gli algoritmi;
5. **Evaluation**, lancio del programma e analisi e confronto delle metriche di performance per valutare l'efficacia del modello proposto.
6. **Deployment** prevede l'integrazione della soluzione nei sistemi aziendali e un successivo **Monitoring** continuo delle performance.

Questo approccio sequenziale è particolarmente adatto a contesti in cui gli obiettivi e i dati sono ben definiti, offrendo un processo standardizzato. Tuttavia, la sua rigidità può limitare l'adattabilità in ambienti dinamici o esplorativi, dove la necessità di cicli di feedback più frequenti e di aggiustamenti continui necessiterebbero di processi più flessibili.

5.8.2 CDAC AI Lifecycle: un framework sistemico e multidimensionale

Un altro approccio proposto è il **CDAC AI Lifecycle**, introdotto per la prima volta da De Silva e Alahakoon nel 2022, si distingue come un framework progettato per gestire la complessità dei progetti di intelligenza artificiale moderni. Infatti, a differenza dell'approccio descritto precedentemente supera la visione puramente tecnica ovvero come la semplice scelta dell'algoritmo o la preparazione dei dati, ma vengono integrati aspetti organizzativi, etici e normativi fin dalle prime fasi di sviluppo.

Il CDAC comprende 19 stadi operativi. Questi stadi coprono l'intero percorso del progetto, includendo passaggi critici come la **valutazione preliminare dei rischi**, la **revisione etica** del progetto, l'**acquisizione di dati esterni**, il **benchmarking** con soluzioni esistenti e l'attenzione alla **Spiegabilità (XAI)**, un aspetto cruciale per la trasparenza e la fiducia nel modello. È inclusa anche



**Politecnico
di Torino**

la fase di **Monitoring post-deployment**, in quanto i modelli AI operano in contesti dinamici, non statici promuovendo l'utilizzo di pratiche **AIOps/MLOps**, che garantiscono una gestione efficace e continua nel tempo. MLOps (Machine Learning Operations) indica un l'insieme di pratiche che mirano a rendere il ciclo di vita dell'IA più efficiente e affidabile, includendo il monitoraggio, il retraining automatico dei modelli e la gestione delle versioni, mentre AIOps (Artificial Intelligence for IT Operations) indica l'impiego di strumenti IA per automatizzare operazioni IT, inclusa la gestione e il monitoraggio dei modelli stessi, spesso integrando i concetti di MLOps.

Per la sua completezza e il suo approccio multidimensionale, il CDAC AI Lifecycle è particolarmente indicato per progetti complessi in contesti delicati e specifici, in cui i processi sono molto regolamentati o strategici, in cui sono richiesti elevati standard di trasparenza, conformità e responsabilità.

5.8.3 DST: un approccio flessibile per la data science moderna

Infine, l'ultimo metodo che viene descritto è il **DST (Data Science Trajectories)** che è un modello che supera i limiti di rigidità di approcci sequenziali come il CRISP-DM, offrendo una visione non lineare del ciclo di vita del progetto. Le attività non sono rappresentate e descritte come una sequenza fissa di passaggi, ma invece come un grafo aciclico diretto, in cui le diverse fasi possono essere eseguite in modo iterativo e non sequenziale, potendo tornare a fasi precedenti o percorrere percorsi paralleli, permettendo quindi una gestione più flessibile e adattiva.

Alla base di questo modello ci sono concetti quali:

- **Goal exploration**, definire e ridefinire gli obiettivi in corso d'opera se necessario. Infatti, in contesti incerti, quest'ultimi possono evolvere e cambiare, bisogna quindi adattarsi per far sì che il progetto rimanga allineato con il valore da creare.
- **Data value exploration**, per scoprire il potenziale valore nascosto nei dati. Non si limita quindi alla pulizia e alla preparazione dei dati, ma vengono continuamente analizzati allo scopo di trovare nuove opportunità di valore e relazioni che li descrivono.
- **Narrative exploration**, ovvero la comunicazione dei risultati in modo chiaro e persuasivo. L'obiettivo è quello di fornire risultati comprensibili anche per tutti gli stakeholder meno tecnici.
- **Product exploration**, per esplorare nuove opportunità di prodotto che possono emergere da nuove interpretazioni dei dati.

Questo modello è particolarmente indicato per progetti nuovi e innovativi, dove i risultati non sono predefiniti e la flessibilità è un requisito fondamentale. La sua caratteristica principale è la flessibilità e adattabilità che lo rendono ideale in contesti poco standardizzati e molto incerti, offrendo un supporto concreto a una gestione più agile e iterativa.



**Politecnico
di Torino**

5.8.4 Confronto e integrazione

La scelta del modello metodologico per la gestione dei progetti di intelligenza artificiale non è universale, ma dipende strettamente dalla **natura del problema**, dalla **disponibilità e qualità dei dati**, dalla **maturità organizzativa** e dal **contesto normativo ed etico** in cui si opera.

Di seguito è stata presentato un confronto riassuntivo dei tre approcci spiegati e descritti mettendo in luce i punti di forza e i limiti, mostrando i contesti di applicazione di ciascuno.

1. Il **CRISP-DM**, con la sua struttura sequenziale e le sei fasi ben definite, si conferma come il modello più adatto per progetti di data science che operano in contesti strutturati, in cui gli obiettivi e i dati sono chiari. Il suo vantaggio principale sta nella sua semplicità e standardizzazione del processo. Però, d'altro canto è poco flessibile e, di conseguenza, meno adatto ad ambienti dinamici in cui è richiesta una costante ridefinizione del percorso.
2. Il **CDAC AI Lifecycle** invece è ideale per la gestione di progetti complessi e regolamentati. Il suo punto di forza è l'approccio sistemico, che integra nel ciclo operativo aspetti organizzativi, normativi e di governance fin dalle prime fasi. Il punto di forza del modello è quello di rispondere alle esigenze di trasparenza e responsabilità richieste in settori sensibili, come ad esempio quello medico o finanziario. Tuttavia, ne rappresenta anche il limite principale, poiché si traduce in una maggiore complessità gestionale.
3. **DST (Data Science Trajectories)** è ideale per progetti nuovi in contesti dinamici. Il suo punto di forza è l'adattabilità. Però la sua natura agile, il DST è meno indicato per contesti altamente normati, dove la tracciabilità e la standardizzazione sono requisiti prioritari.

In conclusione, la scelta non deve essere un'opzione esclusiva; in molti casi, può risultare vantaggioso integrare più modelli, combinando ad esempio la chiarezza del CRISP-DM con l'approccio esplorativo del DST, per adattarsi in modo ottimale alle specifiche esigenze di ogni singolo progetto.

5.9 Risorse, strumenti e framework per il ciclo di vita del Machine Learning

In ambito del machine learning sono state individuate due categorie di risorse necessarie nel ciclo di vita di un progetto basato su intelligenza artificiale sono:

1. Le **risorse primarie** rappresentano gli input e gli output tangibili e diretti del ciclo di vita del ML, e costituiscono il cuore operativo del sistema; sono inclusi i **dati** (grezzi, pre-processati o etichettati), che sono il fondamento imprescindibile di ogni modello; i **modelli** addestrati, pre-addestrati e messi in produzione (*deployed*), dopo il processo di apprendimento; e l'**output** finale del sistema, che può manifestarsi come previsioni, interfacce utente o *insight* strategici.
2. Le **risorse secondarie**, che non costituiscono direttamente l'input o l'output del sistema ma sono essenziali per supportare le attività del ciclo di vita. Rientrano in questa categoria i **tool**



**Politecnico
di Torino**

specializzati per l'annotazione dei dati, per la verifica della loro qualità e per il feature engineering, le **infrastrutture** hardware e software necessarie per l'addestramento e il deployment. Sono compresi anche gli **strumenti di monitoraggio** delle performance, le **competenze umane** specializzate (come quelle dei data scientist).

La corretta interazione e gestione di queste risorse, sia primarie che secondarie, sono decisive per il successo di qualsiasi iniziativa di Machine Learning.

Le risorse interagiscono tra loro attraverso una rete complessa di **effetti diretti e indiretti**.

1. Gli **effetti diretti** si manifestano quando una risorsa alimenta o influenza direttamente la successiva nel flusso di lavoro; ad esempio il **supplementing**, dove i dati pre-processati diventano l'input per il modello nella fase successiva, l'**iterating**, quando i log di produzione⁵ vengono utilizzati per il retraining del modello in cicli successivi, o la **reusability**, ovvero la possibilità di riutilizzare risorse già pronte, come i modelli pre-addestrati, per velocizzare lo sviluppo.
2. Gli **effetti indiretti**, invece, sono interazioni che non sono parte del flusso di lavoro principale ma lo supportano, lo facilitano o lo migliorano. Un esempio sono le interazioni di **automating**, che coinvolgono strumenti che automatizzano fasi del ciclo, le interazioni di **informing**, dove strumenti come le dashboard forniscono insight e visualizzazioni per supportare le decisioni e infine l'**extending**, dove tool specifici, come la data augmentation o la generazione di dati sintetici, creano nuove risorse partendo da quelle esistenti.

5.10. Trasparenza e responsabilità nei modelli di IA: le Model Cards

Con l'applicazione dell'intelligenza artificiale (IA) in ambiti ad alto impatto sociale, è diventato fondamentale garantire la **trasparenza**, la **tracciabilità** e l'**accountability** dei modelli utilizzati. A tal proposito sono state introdotte particolari strumenti e metodologie in grado di aumentare la tracciabilità, per garantire maggiore trasparenza dei processi e dei risultati. In particolare, viene svolto un approfondimento sul concetto di **Model Card**, introdotto da Mitchell et al. nel 2019. Queste sono uno strumento il cui scopo è quello di fornire una documentazione completa in cui vengono riassunte le caratteristiche tecniche, etiche e operative di un modello di machine learning. Il loro scopo è quello di garantire una comunicazione più trasparente e semplice tra gli sviluppatori e gli stakeholder non tecnici, permettendo quindi a tutti gli attori coinvolti di comprendere appieno le implicazioni del sistema e di valutare i rischi associati.

⁵ Log di produzione: un registro dettagliato e automatico di tutti gli eventi, le operazioni e le interazioni che avvengono mentre un sistema (come un'applicazione software o un modello di intelligenza artificiale) è in uso nel suo ambiente reale, cioè dopo essere stato rilasciato.



**Politecnico
di Torino**

Questa documentazione è fondamentale per promuovere una gestione responsabile dell'IA, dove le decisioni basate su algoritmi sono prese con piena consapevolezza delle loro caratteristiche e dei loro potenziali impatti.

5.10.1 Obiettivi delle Model Cards

Il loro obiettivo primario è garantire **trasparenza** e **responsabilità** nell'uso dei modelli, fornendo una documentazione completa e accessibile a tutti gli stakeholder, sia tecnici che no.

Uno dei vantaggi delle Model Cards è che permettono di fornire una visione delle **prestazioni disaggregate** del modello e i contesti d'uso, mostrando per quali campioni di applicazione il progetto funziona meglio e dove meno. Ciò è importante quindi perché, permette di individuare e comunicare potenziali **bias** o disparità di performance che potrebbero passare inosservate in una valutazione aggregata.

Inoltre, queste schede sono ideate per evidenziare **i limiti del modello**, i **rischi etici** e le raccomandazioni per la sua **corretta implementazione e applicazione**. Infine, un altro scopo delle Model Cards è quello di facilitare la **compliance normativa**, fornendo la documentazione necessaria per adempiere a regolamentazioni sempre più stringenti, come l'**AI Act** in Europa o il **GDPR**, e dimostrando un impegno proattivo verso la governance dell'IA.

5.10.2 Struttura standard di una Model Card

La **Model Card** è uno strumento progettato per fornire una panoramica completa e trasparente di un modello di machine learning. Una Model Card, quindi, include diverse sezioni e argomenti che trattano aspetti tecnici, operativi ed etici, tra cui:

- I **Dettagli del modello** forniscono informazioni di base come il nome dello sviluppatore, la versione, il tipo di modello e la sua licenza.
- La sezione **Intended Use** descrive gli usi previsti e sconsigliati, specificando anche gli utenti target e i contesti di applicazione ideali.
- I **Fattori** che influenzano il funzionamento del modello, come le condizioni ambientali, gli strumenti di acquisizione dei dati e i gruppi demografici.
- Le **Metriche** di valutazione delle performance del modello, le soglie decisionali utilizzate e il grado di incertezza associato alle previsioni, per valutarne l'efficacia e il monitoraggio.
- La sezione **Dataset** descrive i dati utilizzati per il training e il test, inclusi dettagli sulle tecniche di preprocessing applicate.
- L'**Analisi quantitativa** presenta risultati disaggregati per sottogruppi, offrendo una visione dettagliata delle prestazioni.



**Politecnico
di Torino**

- Le **Considerazioni etiche** analizzano gli impatti potenziali del modello, le strategie di mitigazione adottate per i rischi identificati e le raccomandazioni finali per un utilizzo responsabile.

5.10.3 Approfondimenti metodologici

Riassumendo le **Model Cards**, non sono una semplice documentazione descrittiva, ma integrano strumenti e concetti metodologici avanzati per garantire una valutazione approfondita ed etica dei modelli di intelligenza artificiale.

Un elemento chiave è l'**analisi disaggregata** che valuta l'efficacia del modello su specifici sottogruppi demografici, come genere, età o etnia, per rivelare eventuali disparità e assicurare che il sistema sia equo per tutti gli utenti.

A supporto di questa analisi, vengono impiegate specifiche **metriche di equità**, tra queste, vi sono il False Positive Rate (FPR), il False Negative Rate (FNR) e il False Discovery Rate (FDR) che permettono di valutare se il modello tratta in modo equo i diversi gruppi.

Infine, le Model Cards si basano sulla **teoria dell'intersezionalità**, un concetto introdotto da Kimberlé Crenshaw. Secondo questa teoria le performance di un modello devono essere analizzate non su singole categorie indipendenti come i modelli tradizionali (genere o origine etnica) ma sulle loro intersezioni (uomo asiatico, donna asiatica) rivelando bias che altrimenti rimarrebbero nascosti.

5.11 Validazione e monitoraggio dei modelli: garantire performance e affidabilità

Una fase importante ma spesso sottovalutata del ciclo di vita dell'intelligenza artificiale è quella della validazione e del monitoraggio. Queste attività rappresentano le fasi operative conclusive del modello in cui viene valutata anche la sostenibilità, la robustezza e la capacità di adattamento nel tempo.

5.11.1 Validazione del modello: garantire la generalizzazione

La **validazione del modello** consiste nel testare l'efficacia di un modello sui dati non utilizzati durante l'addestramento in cui viene valutato il discostamento tra i dati predetti e reali.

L'obiettivo principale è valutare la capacità di **generalizzazione** delle previsioni del modello, che devono essere accurate e affidabili su dati nuovi e sconosciuti. A tale scopo, vengono impiegate diverse tecniche di cui la più comune è l'**hold-out validation**, che consiste nel suddividere il dataset in due parti: il *training set*, utilizzato per addestrare il modello, e il *test set*, usato esclusivamente per la sua valutazione finale. Mentre un'altra tecnica che è stata utilizzata nella proposta descritta nel capitolo precedente è la **cross-validation**, che consiste nel suddividere il dataset in più blocchi (*folds*)



**Politecnico
di Torino**

e addestrare il modello su diverse combinazioni di questi blocchi, per poi valutarlo sul restante. Questo approccio garantisce una valutazione più robusta e stabile delle performance.

Lo scopo di queste analisi è evitare due problemi critici: l'**overfitting**, dove il modello memorizza il training set e non riesce a generalizzare a dati nuovi, e l'**underfitting**, dove il modello è troppo semplice e non riesce a cogliere le relazioni fondamentali presenti nei dati.

5.11.2 Metriche di valutazione e loro significato operativo

Nel prossimo capitolo, in cui verrà illustrato concretamente la proposta di ottimizzazione dei processi di risk management, sono stati utilizzati due modelli differenti, classificazione e regressione e in questo paragrafo verranno descritte le principali differenze e le misure di performance utilizzate per analizzare il modello.

La scelta dell'uno o dell'altro modello dipende dalla natura della variabile outoput. Infatti, la regressione lavora con variabili continue e il suo obbiettivo principale è quello di minimizzare gli errori ovvero la differenza tra i valori reali e stimati. La classificazione invece, ha come obbiettivo quella di dividere i dati in classi discrete o etichette di classi.

Focalizzandosi adesso sulle metriche di valutazione delle performance, si può affermare che sono strumenti imprescindibili per valutare l'efficacia del modello analizzato. La scelta della metrica è differente **classificazione**, che prevede una categoria discreta, **regressione**, che prevedono un valore numerico continuo.

Per i modelli di **classificazione**, l'obiettivo è misurare l'accuratezza delle previsioni categoriche. La prima metrica analizzata è l'**Accuracy** che calcola la percentuale di previsioni corrette, questa però può risultare fuorviante in presenza di classi sbilanciate. Infatti, se un modello predicesse sempre la classe maggioritaria otterrebbe un'alta accuratezza, pur essendo inefficace. Pertanto, sono state introdotte altre misure, tra cui la **Precision** e la **Recall**. La **prima** si focalizza sulla minimizzazione dei falsi positivi (ad esempio, un falso allarme di frode), mentre il **secondo**, invece, mira a minimizzare i falsi negativi (una frode non rilevata).

Per bilanciare l'esigenza di Precision e Recall, si ricorre spesso all'**F1-score**, che ne rappresenta la media armonica, che a differenza di una semplice media tende a penalizzare i valori bassi, infatti un valore f1 alto indica un modello affidabile (alta precision) e completo (alto recall).

In conclusione, l'**AUC-ROC** offre una valutazione completa della capacità discriminante del modello, ovvero dice quanto sia efficace a distinguere due classi diverse. Calcola un'area Area Under the Curve) che misura la sua capacità di separare correttamente le classi, un valore prossimo ad uno indica un modello perfetto, mentre un valore dello 0,5 indica un modello che non è migliore nell'individuazione delle classi corrette di apparenza dei dati di un semplice lancio di una moneta.

Per i modelli di **regressione**, l'obiettivo è quantificare l'entità dell'errore tra i valori previsti e quelli effettivi. Le metriche più comuni includono il **MAE (Mean Absolute Error)**, che calcola l'errore medio assoluto. Essendo espresso nella stessa unità della variabile target, il MAE è di facile interpretazione e robusto nei confronti degli outlier. L'**RMSE (Root Mean Squared Error)**, al



**Politecnico
di Torino**

contrario, penalizza in modo più significativo gli errori di grande entità a causa dell'elevamento al quadrato, rendendola la metrica ideale quando un errore elevato è particolarmente indesiderabile (ad esempio, nella previsione del carico su una rete elettrica). Infine, l'**R-squared (R²)**, o coefficiente di determinazione, misura la percentuale di varianza dei dati che il modello è in grado di spiegare. Un valore più vicino a 1 indica una forte aderenza del modello ai dati, offrendo una misura sintetica della sua capacità esplicativa.

In sintesi, la scelta della metrica non è un mero esercizio tecnico, bensì una decisione strategica che riflette gli obiettivi specifici del progetto e il costo associato ai diversi tipi di errore.

5.11.3 Monitoraggio dopo il deployment: il problema del model drift

Dopo la fase di deployment se raggiunge le performance desiderate, il modello di intelligenza artificiale viene funzione nel contesto reale, ovvero in un ambiente dinamico, dove le condizioni e i dati possono evolvere nel tempo. Questo scenario espone il sistema al rischio di **model drift** (o **data drift**), un fenomeno critico che si verifica quando la performance del modello si degrada progressivamente. Il drift può essere causato da un cambiamento nella **distribuzione dei dati in input** (ad esempio, nuovi comportamenti dei consumatori o variazioni economiche) o da un'alterazione della **relazione tra i dati in input e l'output atteso** (ad esempio, le regole che un tempo governavano un certo fenomeno non sono più valide). Quindi, senza un adeguato monitoraggio continuo, un modello è soggetto a model drift e rischia di conseguenza di generare previsioni errate o non più efficaci, diminuendo l'affidabilità. Per questo motivo, il monitoraggio post-deployment è una fase imprescindibile del ciclo di vita del machine learning.

Questa fase permette di rilevare quindi l'eventuale diminuzione delle performance del modello, di identificare anomalie o l'emergere di nuove tendenze nei dati e in tal caso sarebbe necessario innescare processi di retraining e aggiornare il modello con dati più recenti e rappresentativi.

Di conseguenza il processo di monitoraggio è essenziale per garantire che il modello mantenga nel tempo la sua validità e la sua efficacia operativa.

Per svolgere questa fase sono richieste l'adozione **strumenti di tracciamento delle performance** come Prometheus, Grafana o le funzionalità di monitoraggio di MLflow, per visualizzare e analizzare in tempo reale le metriche chiave. La responsabilità del monitoraggio deve essere assegnata e condivisa tra i diversi team: dai data scientist che si occupano della validazione del modello, al team IT che gestisce l'infrastruttura, fino al business che valuta l'impatto delle previsioni. Infine, è necessario predisporre chiare procedure di risposta per gestire prontamente e in modo efficace il degrado prestazionale.

Infine, in contesti particolarmente dinamici o soggetti a regolamentazioni stringenti, è cruciale implementare strategie di automated retraining e aggiornamento continuo, che consentono al modello di adattarsi automaticamente ai cambiamenti dei dati, garantendo la sua validità e il suo valore operativo nel tempo.



**Politecnico
di Torino**

5.12 Bias, rischi etici e sostenibilità dell'IA

Importante è analizzare l'impatto **etico, sociale, ambientale e legale** che ha intelligenza artificiale. Infatti, i sistemi IA, se non progettati e monitorati con attenzione, possono amplificare disuguaglianze, generare discriminazioni e produrre effetti collaterali non intenzionali.

5.12.1 Bias nei dati e nei modelli

Il termine **bias** indica il verificarsi di risultati distorti come output di un modello AI e machine learning che derivano principalmente da distorsioni nei dati di addestramento. Le principali tipologie di bias includono:

- **Bias di rappresentazione:** si verifica quando il set di dati non è rappresentativo della realtà, infatti può accadere che alcuni gruppi siano sottorappresentati nei dati di addestramento, portando il modello a non essere in grado di generalizzare in modo efficace per tali gruppi.
- **Bias di etichettatura:** le etichette associate ai dati possono essere influenzate da giudizi soggettivi degli annotatori, compromettendo di conseguenza la qualità e la rappresentatività del dataset.
- **Bias algoritmico:** come conseguenza di un'errata scelta dell'algoritmo e del programma durante la progettazione del modello.
- **Bias di deployment:** dovuto al fatto che il modello viene erroneamente utilizzato in contesti diversi da quelli per cui è stato addestrato e pensato, portando a performance imprevedibili e a risultati sbagliati.
- **Bias di feedback:** i più difficili da individuare poiché derivano dal fatto che i risultati del modello stesso influenzano i dati futuri, creando cicli autoreferenziali che amplificano i bias iniziali.

5.12.2 Strategie di mitigazione

Esistono diverse strategie per mitigare i bias, qui sotto sono elencati le principali tecniche.

Partendo dal **reweighting**, che aggiusta il peso dei dati per bilanciare la rappresentazione dei gruppi minoritari e dall'**adversarial debiasing**, un approccio più sofisticato che addestra una rete neurale a non discriminare in base a un attributo sensibile. Inoltre, il **data augmentation** e la **generazione sintetica** di dati, permettono di arricchire i dataset per garantire una rappresentazione più equa e completa.

Importante, nonché indispensabile, è la formazione di **team eterogenei e multidisciplinari**, poiché la diversità di prospettive aiuta a identificare potenziali pregiudizi fin dalle prime fasi e garantire una



**Politecnico
di Torino**

visione complessiva più ampia in grado di aumentare l'efficienza e la qualità del servizio che si vuole offrire.

Un concetto che verrà ribadito più volte in questa tesi è la necessità della **supervisione umana** nei processi decisionali automatizzati, specialmente in contesti ad alto impatto. L'IA è infatti uno strumento dalle potenzialità illimitate, che ha rivoluzionato il mondo e continuerà a farlo, però non deve sostituire l'essere umano, anzi come spiegato è necessaria una collaborazione al fine di ottimizzare i risultati.

Un altro strumento l'esecuzione di **audit algoritmici periodici** garantisce che il modello rimanga equo nel tempo e non sviluppi nuovi bias a causa di cambiamenti nei dati.

Infine, è da sottolineare che la **trasparenza** e la **spiegabilità (XAI)** sono fondamentali per identificare e correggere i bias, oltre che per costruire fiducia negli stakeholder. Fornendo una comprensione chiara del funzionamento del modello viene garantito l'individuazione delle fonti di distorsione e successivamente quindi l'implementare delle correzioni necessarie, rendendo l'IA più affidabile.

5.12.3 Rischi ambientali

Un aspetto critico e molto discusso è legato all'impatto ambientale che hanno certi modelli, in particolare, l'addestramento di quelli di grande dimensione, tra cui i Large Language Models (LLM). Di fatti comportano un notevole consumo energetico e significative emissioni di CO₂.

Come evidenziato da Sasha Luccioni nel suo intervento TED, i rischi non si limitano a scenari apocalittici, ma si manifestano in effetti tangibili e quotidiani, tra cui il pesante onere ecologico derivante da attività computazionali intensive. Per comprenderne veramente la scala di dimensione, l'addestramento di un singolo modello può richiedere centinaia di migliaia di ore di calcolo su GPU, con un consumo di energia paragonabile a quello di intere abitazioni per un anno.

Per affrontare questa sfida, è necessario sviluppare e adottare misure di sostenibilità computazionale e promuovere pratiche di Green AI. Queste includono l'ottimizzazione dei modelli, per renderli più efficienti dal punto di vista energetico, il riutilizzo di modelli pre-addestrati, riducendo la necessità di ricominciare il training da zero, e la trasparenza sul consumo energetico associato alle attività di sviluppo e utilizzo, per sensibilizzare i consumatori.

5.12.4 Rischi legali e sociali

L'uso sempre più diffuso dell'intelligenza artificiale porta con sé una serie di rischi legali e sociali che richiedono particolari attenzioni.

Uno dei problemi più discussi e moderni è la **violazione del copyright**. Molti modelli generativi di IA di fatto sono addestrati su enormi dataset che posso includere anche opere artistiche, testi e altri contenuti protetti da copyright, spesso senza il consenso esplicito degli autori, generando problemi a livello legale.



**Politecnico
di Torino**

Un altro rischio significativo è l'uso delle generative AI per creare **deepfake e disinformazione**. Potendo facilmente produrre contenuti falsi, come immagini o video estremamente realistici, esiste il rischio di minaccia alla privacy delle persone e la pubblicazione di contenuti falsi che possono avere una certa influenza su chi li legge o guarda. Va impattare sulla fiducia sul contenuto digitale e rendendo sempre più difficile distinguere il vero dal falso.

Infine, l'**opacità e la mancanza di accountability** sono problemi inerenti ai modelli "black box". Specialmente per quanto riguarda questi sistemi complessi e privi di una logica spiegabile, rendono estremamente difficile capire il motivo di una specifica decisione o previsione.

In conclusione, considerando tutte queste criticità, diventa complicato attribuire responsabilità in caso di errore o di danno, creando un vuoto normativo e fiduciario che può compromettere l'adozione etica e sicura dell'IA in contesti critici.

5.12.5 Verso un'IA etica e responsabile

Dopo le considerazioni fatte bisogna sottolineare che un progetto e proposta di un sistema basato su intelligenza artificiale deve tenere conto non solo delle problematiche tecniche derivanti l'implementazione e sviluppo ma anche degli aspetti etici e ambientali, in linea con le esigenze e gli obiettivi messi in luce dal concetto di industria 5.0.

Per raggiungere questo obiettivo, è fondamentale:

- **Adottare framework etici:** Le aziende devono implementare linee guida che bilancino la ricerca delle performance con i principi di equità, trasparenza e rispetto.
- **Educare utenti e sviluppatori:** È cruciale sensibilizzare tutti gli attori coinvolti sui limiti intrinseci e sui potenziali rischi dell'IA. Una maggiore consapevolezza riduce la possibilità di un uso improprio e favorisce l'identificazione di bias.
- **Implementare strutture di governance:** importante è definire nelle organizzazioni i ruoli, le responsabilità e i processi decisionali da compiere per lo sviluppo di un'AI.
- **Collaborare con enti regolatori:** Infine, la cooperazione con istituzioni e governi è essenziale per definire standard e normative chiare. Esempi come l'**AI Act europeo** mostrano il quadro normativo che bisogna seguire per lo sviluppo e l'uso dell'IA in modo sicuro e sostenibile per la società.

5.13 Implicazioni organizzative e strategiche nell'adozione dell'IA

Con l'introduzione dell'intelligenza artificiale nei processi aziendali si modificato profondamente il modo in cui le imprese raccolgono, elaborano e utilizzano le informazioni, ridefinendo ruoli, gli stessi processi e modelli decisionali, parlando di una vera e propria rivoluzione industriale.



**Politecnico
di Torino**

5.13.1 Evoluzione dei sistemi informativi

I sistemi informativi hanno subito una modifica radicale diventando veri e propri **sistemi cognitivi**, superando il ruolo di semplice elaboratore di dati diventando capace di:

- **Analizzare grandi volumi di dati** in tempo reale, estraendo valore da flussi informativi complessi, individuando relazioni nascoste dei dati spesso incomprensibili per l'essere umano.
- **Generare insight predittivi e prescrittivi**, aiutando a prevedere scenari futuri e a suggerire azioni ottimali, da integrare nelle decisioni aziendali.
- **Automatizzare decisioni complesse**, riducendo i tempi di risposta e minimizzando l'intervento umano in attività ripetitive, permettendo a quest'ultimo di investire il proprio tempo in attività a maggior valore aggiunto.
- **Adattarsi dinamicamente al contesto**, apprendendo dalle interazioni e migliorando continuamente le proprie performance, favorendo un adattamento più rapido ai contesti dinamici moderni.

Questi cambiamenti hanno comportato necessariamente, ad un cambiamento radicale nelle aziende definendo nuovi ruoli e modificando completamente i processi tradizionali.

5.13.2 Cultura data-driven e governance dei dati

Come accennato nei capitoli precedenti per sfruttare il potenziale dell'intelligenza artificiale, le organizzazioni devono adottare una **cultura data-driven**, in cui le decisioni strategiche e operative siano basate a partire da un'analisi dei dati ovvero evidenze concrete e tangibili e meno non su intuizioni soggettive, che rimangono comunque indispensabili per garantirne un utilizzo ottimale.

Innanzitutto, diventa indispensabile il **data literacy** applicata su tutti i livelli aziendali, ovvero capacità di leggere, comprendere, analizzare e comunicare i dati in modo consapevole. Diventa quindi una competenza richiesta ai dipendenti.

In secondo luogo, come descritto abbondantemente precedentemente è fondamentale definire **strategie di data governance** chiare e condivise, che stabiliscano le politiche per la gestione dei dati, la loro qualità, l'accessibilità e la sicurezza.

Infine, la **fiducia nei sistemi IA** non può essere data per scontata, ma deve essere costruita in modo continuo e progressivo nel tempo. Questa tecnologia deve essere compresa ed accettata, ma richiede tempo ed investimento, specialmente per chi è più restio ai cambiamenti. Questo si ottiene soprattutto attraverso la **trasparenza**, che permette di comprendere come i modelli arrivano alle loro conclusioni, anche se non sempre è semplice da comprendere, la **spiegabilità (XAI)**, che rende i processi



**Politecnico
di Torino**

decisionali meno opachi, e l'**accountability**, che definisce chiaramente le responsabilità in caso di errori o esiti inattesi.

5.13.3 L'IA come leva strategica

L'intelligenza artificiale (IA) in conclusione può essere veramente vanteggi competitivi anche a lungo periodo se viene integrata nei processi aziendali in modo efficace, sfruttandone tutto il potenziale, portando di conseguenza valore aggiunto. L'adozione dell'IA permette di:

- **Innovare i modelli di business:** Creare nuovi prodotti, servizi o modi di generare valore, aprendo a nuove opportunità di mercato.
- **Personalizzare l'esperienza del cliente:** Offrire strumenti di interazione e di supporto unici per ciascun consumatore, migliorando la fidelizzazione e la soddisfazione. Come, ad esempio, l'introduzione di chatbot.
- **Ottimizzare le operazioni:** Automatizzare processi, ridurre i costi e migliorare l'efficienza interna.
- **Anticipare i trend di mercato:** Analizzare grandi volumi di dati per identificare nuove tendenze e rispondere in modo efficace e tempestivo ai cambiamenti del settore.

Conclusione del capitolo 5

L'intelligenza artificiale offre enormi opportunità alle imprese, ma porta con sé anche sfide complesse. Perché possa davvero generare valore, non basta svilupparla sul piano tecnico: serve competenza, una visione strategica chiara e un uso responsabile. Ciò significa adottare un approccio completo, che consideri fin dall'inizio gli aspetti etici, segua un Solo con un impegno costante e consapevole in questa direzione sarà possibile costruire un futuro digitale che metta davvero al centro l'essere umano e che porti benefici a tutta la società. ciclo di vita ben strutturato e si appoggi a solide regole di governance.

Un sistema di IA, infatti, non si giudica solo dai risultati che ottiene, ma anche dalla sua capacità di essere trasparente, ridurre gli impatti negativi sull'ambiente e rispettare i diritti delle persone.

Fonti usate per la stesura del capitolo

- Russell, S., & Norvig, P. (2021). Artificial Intelligence: A Modern Approach. Pearson.
- Jordan, M. I., & Mitchell, T. M. (2015). Machine learning: Trends, perspectives, and prospects. Science.
- Domingos, P. (2015). The Master Algorithm. Basic Books.
- Mitchell, M. (2019). Artificial Intelligence: A Guide for Thinking Humans. Penguin.



**Politecnico
di Torino**

- Ng, A. (2021). Data-Centric AI. Lecture Series.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep Learning. MIT Press.
- De Grey, A., & Rae, M. (2007). Ending Aging. St. Martin's Press.
- Breiman, L. (2001). Statistical Modeling: The Two Cultures. Statistical Science.
- Floridi, L. (2021). Etica dell'Intelligenza Artificiale. Raffaello Cortina Editore.
- European Commission (2021). Proposal for a Regulation on a European approach for Artificial Intelligence (AI Act).
- Corso: Artificial Intelligence fundamentals: a managerial perspective, dell'università commerciale "Luigi Bocconi" di Milano dei docente Diaferia Lorenzo e Miche Russo



**Politecnico
di Torino**

Capitolo 6: Roadmap di implementazione delle proposte

Questo capitolo si propone di tradurre le proposte di miglioramento identificate nel Capitolo 5 in un piano d'azione operativo concreto.

Per fare ciò, vengono definite le fasi necessarie per l'implementazione, con un'analisi dettagliata a livello operativo degli step compiuti per la realizzazione della proposta. Sono inoltre indicate le risorse e gli strumenti di supporto richiesti, definendo infine i principali indicatori di performance (KPI) utili al monitoraggio dei risultati nel tempo.

Il piano è stato concepito per essere scalabile e flessibile, con l'intento di ottimizzare la standardizzazione dei processi, ridurre le inefficienze e migliorare la tracciabilità, la trasparenza e il controllo nella gestione progettuale, fornendo un supporto essenziale alla figura del project manager.

In conclusione, si vuole sottolineare che la proposta descritta ha come scopo ultimo quello di favorire un miglioramento continuo delle attività, consolidando una cultura di gestione proattiva e orientata ai risultati.

6.1 Introduzione dell'intelligenza artificiale all'interno dei processi di project management

Prima di proporre la soluzione sviluppata per ottimizzare le criticità operative riscontrate, questo paragrafo ha l'obiettivo di fornire una panoramica generale sull'introduzione e impatto dell'IA nel project management.





Figura 6.1: questa figura mostra come l'intelligenza artificiale sia integrata con le attività di project management. In particolare, viene mostrato la percentuale delle attività automatizzate dall'IA a discapito dell'essere umano, mostrando come un giusto impiego di questa tecnologia non deve sostituire completamente il PM ma solo supportarlo.

L'applicazione dell'Intelligenza Artificiale (AI) nel Project Management (PM) apporta vantaggi significativi, trasformando il ruolo del Project Manager e incrementando l'efficacia dei progetti. L'AI eccelle nell'automazione delle attività di gestione, in particolare nella raccolta documentale e nel monitoraggio della qualità, fornendo agli stakeholder un accesso in tempo reale e istantaneo allo stato delle lavorazioni, identificando dipendenze e informazioni critiche. Sfruttando l'elaborazione di grandi moli di dati in tempo reale, l'AI garantisce una visione olistica dei progetti, che aiuta a individuare colli di bottiglia e tendenze latenti, difficili da percepire per l'occhio umano, attraverso la corrispondenza di pattern e la rimozione del rumore dai dati.

Fondamentale è l'apporto dell'analisi predittiva: attraverso l'apprendimento automatico, l'AI è in grado di prevedere il tasso di completamento dei team e la probabilità che le scadenze vengano rispettate, supportando l'analisi del valore e del rischio e facilitando un processo decisionale più informato e rapido.

Tutto ciò si traduce in una riduzione degli errori tipici della gestione umana e nell'eliminazione di gran parte delle attività di scarso valore, permettendo quindi al Project Manager di concentrarsi sulle attività a maggior valor aggiunto.

In particolare, come si evince anche dalla figura (), l'IA è largamente utilizzata nella fase di risk management, proprio come verrà proposto successivamente nella tesi. Infatti, Per il successo di un progetto è fondamentale identificare e gestire anche i rischi. L'IA può esaminare i dati del progetto, le tendenze storiche e le influenze esterne per trovare potenziali pericoli.

6.2 Standardizzazione del processo di analisi dei rischi

Uno degli aspetti fondamentali su cui si ritiene opportuno intervenire riguarda la gestione del rischio progettuale. Al momento, nonostante l'utilizzo di strumenti come JIRA per documentare le problematiche riscontrate durante l'esecuzione dei progetti, manca un sistema preventivo che sfrutti a pieno il potenziale delle esperienze raccolte e salvate negli anni sul programma. Infatti, l'individuazione dei rischi si basa principalmente sull'esperienza personale del Project Manager, senza il supporto di procedure standard che valorizzino i dati raccolti nei progetti precedenti. Sebbene questo approccio garantisca una certa flessibilità e personalizzazione, riduce l'uniformità e la replicabilità dei processi, limitando la capacità dell'organizzazione di apprendere in modo continuativo dalle esperienze pregresse, con il rischio di trovarsi in problematiche già affrontate in passato su progetti diversi.



**Politecnico
di Torino**

La proposta delineata si sviluppa in tre fasi principali, che verranno trattati accuratamente successivamente nella tesi e si basa sul fornire degli strumenti a supporto del Project manager nell'attività di gestione del rischio a partire dall'analisi storica dei rischi salvati su Jira.

In particolare, si vuole proporre due algoritmi che permettano uno di proporre una lista di possibili rischi in base al tipo di progetto che si vuole analizzare e l'altro una stima della probabilità e dell'impatto tramite tecnologia AI.

I principali vantaggi che ci si aspetta di ottenere sono:

- **Maggiore proattività nella pianificazione:** grazie al repository storico, i Project Manager possono individuare criticità ricorrenti e pianificare in anticipo azioni di mitigazione, riducendo anche i tempi di compilazione del risk register. In particolare, specialmente per i project manager junior con meno esperienza, è possibile ridurli grazie alla possibilità di partire da una lista precompilata invece di un semplice foglio bianco.
- **Miglioramento della qualità documentale:** l'utilizzo formale del Risk Register rafforza la rigorosità della pianificazione.
- **Trasferibilità delle competenze:** anche i team meno esperti possono beneficiare delle informazioni raccolte, riducendo la curva di apprendimento. Poiché tutti i risultati sono ottenuti a partire da dati storici ovvero esperienze pregresse di PM senior.
- **Maggiore trasparenza organizzativa:** la tracciabilità delle criticità e delle relative azioni favorisce valutazioni più oggettive delle performance progettuali. Infatti, permetterebbe inoltre di fornire una standardizzazione e oggettività nell'analisi dell'impatto e della probabilità di un rischio attualmente lasciata alla soggettività del PM responsabile.

Naturalmente permangono alcuni potenziali limiti per l'implementazione:

- L'attività iniziale di raccolta e classificazione può richiedere un investimento di tempo significativo, specialmente se i report storici dei rischi e delle informazioni sono state compilate superficialmente e senza metodo rigoroso e preciso, come è stato osservato analizzando il data set di partenza.
- Il valore del repository tende a decrescere nel tempo se non mantenuto aggiornato.
- Nei progetti fortemente personalizzati o innovativi, le esperienze pregresse possono avere utilità limitata.

Nel contesto di INCAS, questa proposta si pensa che possa avere un riscontro anche pratico. L'azienda opera in un ambiente in cui, nonostante la personalizzazione di ogni impianto, numerosi componenti, fasi operative e configurazioni si ripetono frequentemente (come magazzini automatici, shuttle, traslo e AGV), il che aumenta la probabilità di incontrare rischi simili. Inoltre, l'uso di strumenti quali JIRA fornisce una solida e importante base tecnica di partenza per implementare il sistema.



**Politecnico
di Torino**

L'introduzione di una procedura formalizzata per l'analisi e la gestione dei rischi rappresenta una concreta opportunità di miglioramento nelle attività di gestione progettuale di INCAS.

Per garantirne però l'efficacia e il miglioramento continuo, sarà necessario investire tempo nella gestione del database e diffondere questa filosofia, poiché si ritiene che l'implementazione di un processo strutturato e digitalizzato per la gestione dei rischi consentirà di ottenere benefici tangibili.

Un concetto importante che verrà ribadito anche successivamente nella tesi e che i programmi proposti non andranno a sostituire la figura del PM anzi fungeranno come assistenze per potenziare e ottimizzare il suo lavoro.

Un giusto utilizzo dell'intelligenza artificiale in qualsiasi modello di business deve sempre essere a supporto dell'essere umano e non sostituirlo, in modo tale da ottimizzare i risultati operativi, poiché qualsiasi modello di limita alla comprensione e interpretazione di dati storici per fare previsioni, successivamente è sempre necessaria attualmente la soggettività e la razionalità umane per interpretarne il risultato e fornire quindi una soluzione.

6.2.1 Fase 1: estrazione ticket e compilazione del data register su excel

Per sviluppare un assistente operativo basato sull'intelligenza artificiale, progettato per supportare le attività di pianificazione del rischio, è stato adottato un programma con due componenti principali: uno dedicato alla generazione di una lista di rischi standard e l'altro un modello predittivo per stimare l'impatto e la probabilità di ciascun rischio.

La fase iniziale di qualsiasi progetto che necessita di un'analisi storica dei dati è naturalmente la preparazione di quest'ultimi, infatti un'ottimizzazione di un dataset garantisce risultati migliori.

Il primo step, quindi, è stata l'estrapolazione dei dati dal database Jira e salvati in file excel. In pericolare sono stati selezionati i rischi legati ai progetti, dal 2019 fino ad oggi, garantendo così un database di partenza esaustivo e coerente con i progetti moderni.

Successivamente, al fine di migliorarne la qualità e di creare una base più adatta per l'addestramento di un modello AI o per altre tipologie di analisi il dataset è stato sottoposto ad una fase di pulizia.

Nello specifico, ha incluso le seguenti operazioni:

- **Rimozione delle feature irrilevanti:** Sono state eliminate le colonne ridondanti o vuote che non fornivano informazioni utili per lo scopo della proposta.
- **Gestione dei valori mancanti:** Sono state rimosse le righe corrispondenti ai progetti che presentavano lacune nei campi essenziali per l'analisi.

6.2.2 addestramento di vari modelli regressione e di classificazione

Dopo l'attività descritta nel paragrafo precedente, si è potuto passare al cuore della proposta ovvero la fase di scrittura del codice e analisi ed individuazione del modello più adatto a fornire previsioni.



**Politecnico
di Torino**

L'analisi iniziale si è focalizzata sull'implementazione di modelli di regressione e di conseguenza sulla valutazione dei residui, ossia le differenze tra i valori stimati e quelli osservati per poter confrontare i vari modelli. Questa analisi condotta anche attraverso rappresentazioni grafiche come l'istogramma dei residui e il Q-Q plot per verificare la normalità della distribuzione degli errori, oltre al grafico residui vs. valori previsti per controllare l'assunzione di omoschedasticità.

Nonostante ciò, sono stati osservati dei risultati non adatti e insoddisfacenti per poter essere sfruttati in contesi reali. Per cercare di ovviare a ciò, sono state introdotte tecniche di feature engineering progettate per estrarre informazioni nascoste e relazioni dei dati testuali di partenza. In particolare, sono stati implementati metodi come **l'embedding**, per trasformare le descrizioni dei rischi in vettori numerici capaci di catturare relazioni semantiche; **la sentiment analysis**, mirata a quantificare il tono emotivo presente nei testi; e il **topic modeling**, utile per individuare ricorrenze tematiche astratte.

Nonostante, l'utilizzo di queste tecniche avanzate e l'utilizzo di modelli complessi non sono stati individuati delle relazioni sufficientemente adeguate a poter essere sfruttate per fare delle previsioni, dimostrando di conseguenza che la natura del database e del problema non possono essere descritte con modelli di regressione che operano nel continuo e rendendo necessario un approccio diverso in fase successiva.

Di seguito sono stati descritti e commentati modelli usati e i risultati ottenuti:

1. Il **modello di regressione lineare**, implementato mediante il metodo dei Minimi Quadrati Ordinari (OLS), effettua una previsione calcolando una somma ponderata delle variabili input più una costante chiamata bias term oppure intercept term, come è mostrato nella seguente equazione:

$$\hat{Y} = \theta_0 + \theta_1 x_1 + \theta_2 x_2 + \dots + \theta_n x_n$$

Dove: \hat{Y} = il valore da predire

n = numero di features

θ_0 = Bias

Questa equazione rappresenta un modello con features multipli e i singoli valori $\theta_0, \theta_1, \dots, \theta_n$ sono calcolati con il processo di training.

Nell'ambito di questo progetto, il modello OLS utilizzato ha fornito delle misure di performance insufficienti. In particolare, gli alti valori di MAE (158.13) e RMSE (169.09) mostrano errori di previsione notevoli, mentre il coefficiente di determinazione R^2 , pari a -4.43e+09 indica che il modello non solo non riesce a spiegare la varianza dei dati, ma garantisce prestazioni inferiori rispetto a un approccio che si baserebbe semplicemente sulla media dei valori. Infatti, R^2 dovrebbe essere compresa tra 0 e 1, e un modello che descrive bene i dati dovrebbe avvicinarsi al valore 1.

Questa situazione critica dimostra che le relazioni tra i dati input e le variabili target non possono essere descritti da un semplice modello lineare. È quindi necessario usare tecniche e modelli più complessi per cercare di fornire un'interpretazione esaustiva dei dati.



**Politecnico
di Torino**

2. Come secondo modello è stato testato il **Decision Tree** che è un algoritmo di apprendimento supervisionato che costruisce un modello predittivo basato sulla struttura ad albero, in cui ogni nodo interno rappresenta un test su una caratteristica e le foglie indicano le previsioni.

I risultati dell'analisi delle metriche di performance hanno evidenziato che il Decision Tree supera significativamente il modello di regressione lineare. Con un MAE di 0.8960 e un RMSE di 1.0679, il modello ha mostrato una capacità superiore nel ridurre gli errori di previsione. Tuttavia, il coefficiente di determinazione R^2 anche se nettamente migliore del modello lineare, pari a -0.0574, indica una limitata capacità esplicativa nella rappresentazione della varianza dei dati.

Questa performance subottimale può derivare da una debolezza intrinseca del Decision Tree: la tendenza all'overfitting. In altre parole, il modello potrebbe aver memorizzato il rumore presente nei dati di addestramento invece di generalizzare in modo efficace per dati nuovi.

Di conseguenza, pur rappresentando un miglioramento rispetto a un approccio lineare, il Decision Tree non si dimostra la soluzione più robusta per affrontare il problema analizzato.

3. Il **Gradient Boosting** rappresenta un potente algoritmo di ensemble learning che costruisce un modello predittivo combinando una sequenza di alberi decisionali. A ogni iterazione, un nuovo albero viene addestrato per correggere gli errori delle previsioni fatte dai modelli precedenti, utilizzando il "gradiente" come guida. Questo approccio consente di ottenere un modello finale particolarmente robusto e accurato.

Il Gradient Boosting è stato scelto poiché è considerato un modello complesso ha maggiore possibilità di catturare relazioni complesse e non lineari. L'obiettivo era superare i limiti dei modelli più semplici.

Analizzando gli indicatori di performance del modello si possono osservare un MAE pari a 0.8950 e un RMSE di 1.0639, valori che possono anche indicare una discreta accuratezza nella previsione. Tuttavia, il coefficiente di determinazione R^2 , con un valore negativo di -0.0496, ha evidenziato una significativa limitazione nella capacità del modello di spiegare la varianza presente nei dati. Si può ipotizzare una carenza o inadeguatezza dei dati input specialmente potrebbero non essere abbastanza ricche o rilevanti per un apprendimento efficace.

Ciò suggerisce che le relazioni tra le variabili di input e il rischio risultano difficilmente quantificabili con gli approcci testati, richiedendo forse un ampliamento delle feature per migliorare la qualità delle analisi o un cambiamento dell'approccio abbandonando i modelli di regressione per passare a modelli di classificazione.

4. Il **Random Forest** è un algoritmo di ensemble learning che sviluppa un modello predittivo mediante l'addestramento di numerosi alberi decisionali indipendenti e la combinazione delle loro previsioni. Per assicurare diversità tra gli alberi, ciascuno viene addestrato utilizzando un campione casuale dei dati e un sottoinsieme casuale delle caratteristiche. La previsione finale



**Politecnico
di Torino**

si ottiene calcolando la media dei risultati prodotti da tutti gli alberi, un approccio che rende il modello particolarmente robusto all'overfitting e altamente performante.

I valori degli errori calcolati per questo modello risultano migliori di quelle precedenti infatti mostrano una MAE pari a 0.8836 e un RMSE di 1.0448. Questo indica che in media il Random Forest genera errori di previsione più contenuti rispetto agli altri modelli. Tuttavia, anche per quest'ultimo, il coefficiente di determinazione R^2 risulta negativo -0.0122, dimostrandosi anch'esso inadeguato.

Questo risultato dimostra che, anche se questo modello ha una maggiore capacità predittiva rispetto a quelli precedenti, le relazioni tra input e variabili target sono difficili da individuare.

5. Il **Multi-layer Perceptron (MLP)** rappresenta un tipo di rete neurale artificiale composta da strati di nodi, o neuroni, che elaborano i dati in modo sequenziale. Grazie alla sua struttura, questo modello è particolarmente adatto a identificare relazioni complesse e non lineari tra variabili, superando le limitazioni imposte dai modelli di regressione lineare. L'apprendimento avviene mediante un processo iterativo di retropropagazione, che regola i pesi delle connessioni per ridurre l'errore di previsione. Tuttavia, rispetto ai modelli lineari, gli MLP si caratterizzano per la loro "natura opaca" (black box), il che rende difficile interpretare i dettagli che portano a una determinata previsione, favorendo la potenza predittiva a discapito della trasparenza.

I risultati ottenuti si avvicinano ai valori ottenuti dal modello decision tree, con un MAE pari a 0.8967 e un RMSE di 1.0853. E nuovamente, nonostante una discreta accuratezza nella previsione, il valore calcolato di R^2 , pari a -0.0921, dimostra l'incapacità del modello di spiegare la varianza dei dati.

Anche per un modello complesso come questo è difficile individuare le relazioni che esistono nei dati del mio data set. Dimostrando la necessità di dover cambiare completamente l'approccio.

6. Il **Support Vector Regression (SVR)**: rappresenta una variante dell'algoritmo di Support Vector Machine (SVM) specificamente adattata per affrontare problemi di regressione. La sua logica principale consiste nel determinare una funzione, ossia un iperpiano, capace di adattarsi ai dati di training con una tolleranza di errore predefinita tramite un margine. A differenza di altri approcci che mirano a ridurre l'errore per ogni singolo punto, SVR si concentra esclusivamente sui punti che si collocano al di fuori del margine di tolleranza, noti come "vettori di supporto". Questa peculiarità conferisce al modello una notevole capacità di gestione degli outlier e una certa efficacia nell'individuare relazioni complesse e non lineari, grazie all'impiego dei kernel.

In quest'ultimo modello trattato le misure di performance hanno mostrato il valore più basso del MAPE (0.4633), dimostrando che gli errori percentuali del modello sono i più contenuti



**Politecnico
di Torino**

rispetto alle alternative. Tuttavia, anche in questo caso, il coefficiente di determinazione R^2 è risultato negativo -0.0318.

In conclusione, anche se SVR sembra più accurato per certi valori, fa fatica a descrivere e comprendere la struttura generale del problema.

Qui sottostante sono riportati i commenti delle parti più interessanti del codice e successivamente una descrizione complessiva della proposta:

Il codice complessivo è stato suddiviso in 7 sezioni per facilitare una comprensione più immediata.

1. Nella prima parte di codice sono state riportate numerose librerie a dimostrazione della varietà degli strumenti usati.

Le principali sono:

- **pandas** and **numpy**: utilizzate per la gestione e manipolazione dei dati, in particolare impiegate nella fase iniziale di ottimizzazione del dataset di partenza
 - **matplotlib.pyplot** e **seaborn**: utilizzati per la visualizzazione dei residui
 - **sciklearn**: sfruttata per la costruzione dei modelli di regressione, l'ottimizzazione degli iperparametri tramite GridSearchCV e la gestione della Nested Cross-Validation. Inoltre, sono stati utilizzati dei moduli per la standardizzazione delle variabili numeriche (StandardScaler), la codifica delle variabili categoriche (OneHotEncoder) e per il calcolo delle misure di performance.
 - **sentence_transformers**: per svolgere l'embedding testuali, al fine di convertire i dati testuali in informazioni numeriche
 - **textblob**: sfruttata per la sentiment analysis
 - **spacy**, **genism**: utilizzate per la rimozione degli stop words, la tokenizzazione e in particolare l'implementazione del topic modelling.
2. La parte successiva invece è stata dedicata alla pulizia e preparazione del database di partenza. Questa fase è importante e necessaria per sviluppare la proposta con un certo rigore metodologico, in quanto l'output proposto da un modello basato su intelligenza artificiale è strettamente correlato alla qualità dei dati in ingresso.

```
df = df.dropna(subset=['Impact', 'Probability', 'Description', 'Summary'])
```

Questo codice ha lo scopo di rimuovere tutte le righe del database che contengono valori vuoti in uno dei seguenti elementi indicati.



**Politecnico
di Torino**

```
df['text'] = df['Description'] + " " + df['Summary']
```

Questa ha crea una nuova colonna chiamata text che unisce le informazioni delle colonne Description e Summary al fine quindi di avere un campo testuale unificato su cui ad esempio condurre un'alnalisi NLP (Natural Language Procecssing).

Encoding e scaling

```
X_cat = pd.get_dummies(df[['Risk_Category', 'Country_code', 'Creator']])
```

Converte queste variabili testuali in variabili numeriche; in particolare, la codifica creerà una colonna per ogni categoria presente nelle colonne indicate e assegnerà un valore binario (dummy) alla colonna corrispondente. Questo è un metodo di One-Hot Encoding.

```
scaler = StandardScaler()
```

```
df['year_scaled'] = scaler.fit_transform(df[['year']])
```

Viene utilizzato lo StandardScaler per normalizzare i valori della colonna year, salvandolo poi in una nuova colonna year_scaled. Viene eseguito questa parte di codice con lo scopo di evitare che variabili con scale diverse influenzino in modo sproporzionato i risultati dei modelli di machine learning.

3. La terza parte invece è responsabile della Feature engineering testuale.

```
SentenceTransformer('all-MiniLM-L6-v2') df['embeddings'] = df['text'].apply(lambda x:  
model.encode(x))
```

Ogni informazione contenuta nella colonna text è stata trasformata in valore numerico tramite SentencTrasformer. Infatti, gli embeddings cercano di individuare le relazioni semantiche di una frase in modo tale da permettere ai modelli di machine learning di sfruttare queste informazioni.

```
df['sentiment'] = df['text'].apply(lambda x: TextBlob(x).sentiment.polarity)
```

Tramite TextBlob si è cercato di ottenere un valore numerico che possa catturare il tono emotivo del teso, introducendo così una dimensione qualitativa nei dati.

4. La quarta parte descrive la funzione principale di addestramento. E mostra la struttura del processo di addestarmento la Nested Cross-Valòidation e la valutazione del modello racchiusa in un'unica funzione run.

```
def run(X, y, model, param_grid, groups):
```



**Politecnico
di Torino**

```
outer_cv = GroupKFold(n_splits=3)
```

Viene impostata la cross-validation con 3 fold e GroupKFold garantisce che tutte le righe appartenenti allo stesso progetto finiscano nello stesso fold evitando che le informazioni relative ad un singolo progetto finiscano sia nella parte dei dati dedicati al training sia in quelli dedicati al test.

```
inner_cv = GridSearchCV(model, param_grid, cv=5, scoring='neg_mean_absolute_error')
```

Ha lo scopo di individuare e calcolare gli iperparametri sfruttando una cross-validation interna con 5 fold, come metrica per valutare la combinazione degli iperparametri si usa la Mean Absolute Error (MAE)

```
scores = []
```

```
for train_idx, test_idx in outer_cv.split(X, y, groups):
```

```
    X_train, X_test = X.iloc[train_idx], X.iloc[test_idx]
```

```
    y_train, y_test = y.iloc[train_idx], y.iloc[test_idx]
```

Divide le feature e il target nei set di training e test usando gli indici del fold corrente.

```
    inner_cv.fit(X_train, y_train)
```

Viene condotta la GridSearchCV, ovvero vengono testate le combinazioni degli iperparametri per trovare il modello ottimale.

```
    y_pred = inner_cv.best_estimator_.predict(X_test)
```

Viene applicato il modello ottimizzato sulla parte dei dati destinati al test per calcolare le predizioni.

```
    scores.append(mean_absolute_error(y_test, y_pred))
```

```
return np.mean(scores)
```

Serve per fornire una stima complessiva delle performance del modello.

5. Nella quinta fase invece vengono definiti i modelli da testare e i loro iperparametri e successivamente viene chiamata la funzione run per addestrarli e valutarli.

```
models = { # regressione lineare
```

```
    'OLS': {
```

```
        'estimator': LinearRegression(),
```



**Politecnico
di Torino**

```
'param_grid': {'fit_intercept': [True, False]} #per decider se includere l'intercetta nella  
regresione
```

```
},
```

```
'DT': { #regressione albero decisionale
```

```
  'estimator': DecisionTreeRegressor(),
```

```
  'param_grid': {
```

```
    'max_depth': [3, 5, 10], #profondità massima dell'albero
```

```
    'min_samples_split': [2, 5] #numero minimo di campioni richiesti per dividere un nodo  
(2 o 5).
```

```
  }
```

```
},
```

```
'GB': { #Gradiente Boosting ensemble di alberi con boosting
```

```
  'estimator': GradientBoostingRegressor(),
```

```
  'param_grid': {
```

```
    'n_estimators': [100], # numero di alberi
```

```
    'learning_rate': [0.1], # passo di aggiornamento
```

```
    'max_depth': [3]
```

```
  }
```

```
},
```

```
'RF': { #Random Forest
```

```
  'estimator': RandomForestRegressor(),
```

```
  'param_grid': {
```

```
    'n_estimators': [50, 100],
```

```
    'max_depth': [None, 10],
```

```
    'min_samples_split': [2, 5]
```

```
  }
```

```
},
```

```
'MLP': { #Multi-Layer Perceptron
```

```
  'estimator': MLPRegressor(max_iter=300, early_stopping=True),
```

```
  'param_grid': {
```



**Politecnico
di Torino**

```
'hidden_layer_sizes': [(50,), (100,)], # numero e dimensione dei layer nascosti
'activation': ['relu'],
'solver': ['adam'], #algoritmo di ottimizzazione
'alpha': [0.0001], # parametro di regolarizzazione
'max_iter': [300] #numero massimo di iterazioni
}
}
}
```

Viene creato un dizionario contenente tutti i modelli da testare. Ogni modello descritto è composto da due componenti principali, il primo “estimator”, che indica l’oggetto del modello da addestrare e l’altro “param_grid”, in cui vengono indicati gli iperparametri da testare.

```
for model_name, config in models.items():
    score = run(X, y, config['estimator'], config['param_grid'], groups)
    print(f'{model_name} MAE: {score:.4f}')
```

È stato definito un ciclo for che consente di richiamare la funzione run per ogni modello e stampare la performance.

6. Descrivendo il penultimo step, si occupa di valutare la bontà dei modelli di regressione mediante l’analisi dei residui, ovvero la differenza dei valori reali e quelli predetti.

```
def residual_diagnostics(y_true, y_pred):
```

```
    residuals = y_true - y_pred
```

```
# Istogramma dei residui con KDE mostra la frequenza degli errori e la distribuzione dei residui
```

```
plt.figure(figsize=(10,6))
sns.histplot(residuals, kde=True)
plt.title('Distribuzione dei residui')
plt.xlabel('Residui')
plt.ylabel('Frequenza')
plt.show()
```



**Politecnico
di Torino**

Boxplot dei residui Evidenzia mediana, quartili e outlier, permettendo di identificare errori anomali.

```
plt.figure(figsize=(6,4))
plt.boxplot(residuals, vert=True, patch_artist=True)
plt.title('Boxplot dei residui')
plt.ylabel('Residui')
plt.show()
```

Residui vs valori predetti Consente di verificare pattern sistematici o problemi di omoschedasticità

```
plt.figure(figsize=(6,4))
plt.scatter(y_pred, residuals, alpha=0.5)
plt.axhline(0, color='lightgray', linestyle='--')
plt.title('Residui vs valori predetti')
plt.xlabel('Valori predetti')
plt.ylabel('Residui')
plt.show()
```

Q-Q plot Confronta la distribuzione dei residui con una distribuzione normale

```
sm.qqplot(residuals, line='45', fit=True)
plt.title('Q-Q Plot dei residui')
plt.show()
```

Scale-Location plot Mostra la radice quadrata dei residui in valore assoluto rispetto ai valori predetti, aiutando a individuare eventuali pattern di eteroschedasticità.

```
plt.figure(figsize=(6,4))
plt.scatter(y_pred, np.sqrt(np.abs(residuals)), alpha=0.5)
plt.title('Scale-Location Plot')
plt.xlabel('Valori predetti')
```



**Politecnico
di Torino**

```
plt.ylabel(r'\sqrt{|Residui|}')  
plt.show()
```

In questa parte del codice viene definita una funzione utile per il calcolo dei residui, per valutare la bontà della previsione.

7. Infine, nell'ultima fase, viene mostrato come sono state salvate le prestazioni finali.

```
results = pd.DataFrame(model_results)  
results.to_csv('model_performance.csv', index=False)
```

Complessivamente questo programma è stato concepito per testare diversi modelli di regressione, con l'obiettivo di prevedere due variabili di rischio, **Impact** e **Probability of Occurrence**, sfruttando algoritmi di machine learning.

Lo studio condotto ha inizio con l'importazione di diverse librerie essenziali per questo tipo di analisi, tra cui pandas per la gestione dei dati, matplotlib per la visualizzazione grafica, scikit-learn per il machine learning e strumenti di PNL come sentence_transformers, textblob, gensim e spacy.

Con l'obiettivo di individuare il modello di regressione che possa rappresentare meglio i dati per effettuare previsioni accurate, si è ritenuto indispensabile condurre un'analisi degli errori del modello, intesi come la differenza tra i valori stimati e quelli reali. A tal fine, sono state utilizzate **root_mean_squared_error** per il calcolo dell'RMSE e la funzione **residual_diagnostics** per la generazione di grafici diagnostici (Boxplot, Istogramma, Residui vs Valori Predetti, Q-Q Plot e Scale-Location Plot), strumenti che verificano le assunzioni dei modelli concentrandosi sulla normalità e omoschedasticità dei residui.

Dopo una pulizia iniziale che elimina le righe con valori mancanti nelle colonne importanti, le feature testuali **Description** e **Summary** vengono unite in un'unica variabile.

Si è quindi proceduto con una fase di **feature engineering** per estrarre relazioni e significati più profondi dai dati, utilizzando tecniche avanzate come il modello **SentenceTransformer** per produrre embedding testuali, l'analisi del sentiment con **TextBlob** e il topic modeling con **LDA** (preceduto da lemmatizzazione e rimozione delle stop-words), per estrarre cinque temi principali. Inoltre, variabili categoriche come Risk Category, Country code e Creator sono state codificate tramite **One-Hot Encoding**, mentre la variabile year è stata standardizzata con **StandardScaler**.

Infine, prima di testare i modelli, le feature numeriche sono state combinate in una matrice X, usata come dato di input nella funzione run, che costituisce il cuore del processo di addestramento, implementando una Validazione Incrociata Annidata (*Nested Cross-Validation*).

Il processo prevede due livelli di validazione: il primo, **GroupKFold** con n_splits=3, è stato usato per minimizzare il rischio di *data leakage*, assicurando che i dati relativi a ciascun Project rimanessero nello stesso fold. Il secondo livello interno, invece, utilizza **GridSearchCV** con cv=5 e



**Politecnico
di Torino**

scoring='neg_mean_absolute_error' per ottimizzare gli iperparametri dei modelli testati: OLS, Decision Tree, Gradient Boosting, Random Forest, MLP e SVR.

Infine, le previsioni generate dai fold esterni vengono aggregate per calcolare le metriche finali di performance (MAE, RMSE, MAPE, R^2), che vengono successivamente stampate e salvate, fornendo il materiale necessario per un'analisi dei modelli.

6.2.2 Modello di classificazione

A seguito dei risultati non soddisfacenti ottenuti con i modelli di regressione, è stata valutata l'adozione di un modello di classificazione come alternativa per individuare relazioni più significative tra i dati e migliorare la capacità di interpretazione e previsione, nel tentativo di fornire uno strumento più efficace.

I modelli di classificazione appartengono alla categoria del machine learning supervisionato e si basano sull'apprendimento di una funzione che associa un insieme di variabili indipendenti (feature) a una variabile dipendente discreta, detta classe. Da un punto di vista matematico, un classificatore può essere definito come una funzione $f: R^n \rightarrow Y$, dove R^n è lo spazio delle feature e Y è l'insieme finito delle classi. In generale, l'obiettivo è individuare una regola decisionale che, dato un vettore di input $x \in R^n$, restituisca la classe corretta $y \in Y$, minimizzando una funzione di perdita $L(f(x), y)$.

Nello specifico in base al tipo di modello considerato la condizione di assegnazione della classe è differente:

- Nei modelli probabilistici, come la regressione logistica, si stima la probabilità condizionata $P(y|x)$ e si assegna la classe con la massima probabilità.
- Nei modelli discriminativi come le Support Vector Machine (SVM), si cerca un iperpiano che separi le classi con il massimo margine, risolvendo un problema di ottimizzazione vincolata.
- Gli alberi decisionali e le Random Forest costruiscono strutture gerarchiche basate su criteri di impurità come l'entropia o l'indice di Gini.
- Le reti neurali artificiali modellano relazioni non lineari attraverso strati di neuroni con funzioni di attivazione come ReLU o sigmoid, ottimizzando i pesi tramite algoritmi di discesa del gradiente.

La classificazione può essere binaria, multiclasse o multilabel, a seconda della natura del problema.

La progettazione di un sistema di classificazione efficace richiede le stesse fasi e procedure descritte per il modello di regressione. La valutazione delle performance come già descritto in maniera esaustiva nel capitolo 6 avviene tramite metriche come accuracy, precision, recall, F1-score e AUC-ROC, che permettono di analizzare la qualità delle predizioni e la distribuzione degli errori.



**Politecnico
di Torino**

I modelli di classificazione trovano applicazione in numerosi ambiti: in medicina per diagnosticare patologie, nella finanza per rilevare transazioni fraudolente, nel marketing per segmentare i clienti, e nei social media per analizzare il sentiment dei contenuti.

In conclusione, i modelli di classificazione rappresentano strumenti matematici e computazionali fondamentali per l'estrazione di conoscenza dai dati e per l'automazione dei processi decisionali, contribuendo in modo significativo alla trasformazione digitale delle organizzazioni.

Nella tesi per la realizzazione del modello di classificazione è stato usato un seguente codice che, come è stato fatto per quello precedente, verranno commentate solo le parti più rilevanti al fine da rendere più immediata la sua comprensione.

Le prime fasi di gestione del database sono le medesime di quanto fatto precedentemente, sempre con lo scopo di migliorare la qualità dei dati input al fine di ottenere output migliori.

In particolare, le librerie importate, la gestione dei dati mancanti, l'embeddings, la sentimental analysis, il Top Modelling(LDA), TF-IDF, One- Hot Encoding di variabili categoriche, la standardizzazione del dato anno e il GroupKFold per cross-validation sono le medesime del codice precedente.

Tra i blocchi di codice più rilevanti troviamo:

1. Definizione della funzione `run_ensemble_classification` che gestisce l'addestramento e la validazione del modello.

```
def run_ensemble_classification(df_results, estimator, param_grid, X_features, y, groups,
model_name):
    model_id = model_name + '_' + datetime.now().strftime('%H%M%S')
    y_true_list = [] #lista in cui verranno inserite i valori reali
    y_pred_list = [] #inseriti I Valori predetti
    y_proba_list = [] #verranno inserite le probabilità predette su tutti i fold

    n_splits = 2
    loo_outer = GroupKFold(n_splits=n_splits)
    fold = 1 #variabile per tracciare il numero del fold corrente
```

viene generato un'identificativo unico (`model_id`), in modo tale da tenere traccia dei risultati di ogni esecuzione. Viene utilizzata una cross-validation a gruppi. Questo approccio garantisce che dati appartenenti allo stesso gruppo (identificati da `groups`) rimangano nello stesso fold, evitando leakage tra train e test.

2. Viene descritto il ciclo principale di addestramento e validazione per ciascun fold della cross-validation a gruppi.

```
for train_index, test_index in loo_outer.split(X_features, y, groups=groups):
    X_train, X_test = X_features.iloc[train_index], X_features.iloc[test_index]
```



**Politecnico
di Torino**

```
y_train, y_test = y.iloc[train_index], y.iloc[test_index]

smote = SMOTE(random_state=42)
X_train_resampled, y_train_resampled = smote.fit_resample(X_train, y_train)

cv_inner = StratifiedKFold(n_splits=2, shuffle=True, random_state=42)
grid = GridSearchCV(
    estimator=estimator,
    param_grid=param_grid,
    cv=cv_inner,
    scoring='f1_weighted',
    n_jobs=-1
)
grid.fit(X_train_resampled, y_train_resampled)

best_model = grid.best_estimator_
```

Per ogni fold I dati vengono divisi in un training set e test set. All'interno del training set, viene applicato SMOTE per generare esempi sintetici delle classi minoritarie, al fine di cercare di ridurre lo squilibrio tra le classi cercando di garantire una previsione migliore. Mentre il test training rimane intatto. Con StratifiedKFold viene eseguita una cross-validation interna per testare diverse combinazioni degli iperparametri, per cercare la configurazione migliore. Infine, GridSearchCV addestra il modello su tutte le combinazioni di iperparametri e valuta le prestazioni secondo la metrica `f1_weighted`. `Best_model` invece contiene il modello con la migliore combinazione di parametri rilevata nella grid search.

3. Successivamente c'è la fase di predizione e raccolta dei risultati

```
y_pred = best_model.predict(X_test)
y_pred_proba = best_model.predict_proba(X_test)

y_true_list.extend(y_test.values)
y_pred_list.extend(y_pred)
y_proba_list.extend(y_pred_proba)
```

Vengono calcolate le classi predette dal modello migliore in `y_pred`, in `y_pred_proba` vengono calcolate le probabilità associate a ciascuna classe, che saranno poi valori necessari per alcune metriche di valutazione. Le liste `y_true_list`, `y_pred_list` e `y_proba_list` vengono aggiornate con i valori del fold corrente, così da aggregare i risultati di tutti i fold in un'unica struttura.

4. Lo step successivo è il calcolo delle metriche di performance.

```
y_true = np.array(y_true_list)
y_pred = np.array(y_pred_list)
y_proba = np.array(y_proba_list)
```



**Politecnico
di Torino**

```
auc_score = roc_auc_score(y_true, y_proba, multi_class='ovr', average='weighted')
```

```
df_results.loc[len(df_results)] = {  
    'Model': model_id,  
    'Accuracy': accuracy_score(y_true, y_pred),  
    'F1_Weighted': f1_score(y_true, y_pred, average='weighted'),  
    'AUC_Weighted': auc_score  
}
```

In questo script vengono calcolate le misure di performance. `roc_auc_score` calcola l'AUC (Area Under the Curve) usando le probabilità predette (`y_proba`) e le etichette reali (`y_true`). Il parametro `multi_class='ovr'` permette di gestire problemi multi-classe, mentre `average='weighted'` pondera il contributo di ciascuna classe in base alla sua frequenza. `accuracy_score(y_true, y_pred)` misura la percentuale di predizioni corrette. `f1_score(y_true, y_pred, average='weighted')` invece calcola la media ponderata dell'F1 score su tutte le classi, utile per dataset sbilanciati. Infine, viene aggiornato il DataFrame dei risultati

5. Importante è definire i modelli da testare e la con i relativi iperparametri:

```
estimators = [  
    ('svc', SVC(probability=True, class_weight='balanced', random_state=42)),  
    ('lgbm', LGBMClassifier(random_state=42, class_weight='balanced', verbose=-1))  
]
```

```
ensemble = VotingClassifier(estimators=estimators, voting='soft')
```

```
param_grid_ensemble = {  
    'svc__C': [1],  
    'svc__gamma': ['scale'],  
    'lgbm__n_estimators': [100],  
    'lgbm__learning_rate': [0.1],  
    'weights': [[0.5, 0.5]]  
}
```

SVC: un modello Support Vector Classifier con probabilità (`probability=True`) e bilanciamento automatico delle classi (`class_weight='balanced'`). Invece, `LGBMClassifier`: un modello basato su LightGBM, anch'esso con bilanciamento automatico e `verbose` disattivato (`verbose=-1`). Le previsioni finali infine verranno calcolate come media pesata delle probabilità predette dai singoli modelli tramite `VotingClassifier`. In `Param_grid_ensemble` vengono definiti i valori da testare per ciascun modello.

In generale, viene descritto un modello di **classificazione ensemble**, con lo scopo di predire le due variabili di rischio obiettivo: l'**Impatto** e la **Probabilità di Occorrenza**.



**Politecnico
di Torino**

Come nel codice usato per i modelli di regressione, la metodologia descritta si articola in una sequenza di fasi di pre-elaborazione, ingegneria delle feature, e un addestramento del modello basato sulla validazione incrociata. La fase iniziale di **pre-elaborazione** si concentra sulla preparazione dei dati testuali e strutturati. Il programma importa il dataset da un file Excel, gestisce i valori mancanti e unisce le colonne testuali 'Description' e 'Summary'. Successivamente, viene applicata l'**ingegneria delle feature**, descritta precedentemente. Per il testo, vengono impiegate le stesse tecniche di **elaborazione del linguaggio naturale (NLP)**, la generazione di **embeddings** semantici tramite SentenceTransformer,, il calcolo del punteggio **TF-IDF**, l'analisi del **sentiment** con TextBlob e l'estrazione di cinque **topic** principali mediante un modello **LDA (Latent Dirichlet Allocation)**, previa pulizia del testo e lemmatizzazione con spaCy. Mentre le feature come le categorie di rischio e i codici paese sono codificate con **One-Hot Encoding**, mentre la variabile 'year' è **standardizzata** per normalizzare la sua scala. Dopo queste elaborazioni si ottiene la stessa matrice precedente da usare come input per l'addestramento. La prima fase di pulizia è la medesima del programma precedente, per cercare di fornire al modello da addestrare degli input chiari ed ottimizzati.

Il nucleo del sistema è il **modello ensemble**, un **VotingClassifier a voto "soft"** che combina le previsioni di un **Support Vector Classifier (SVC)** e di un **Light Gradient Boosting Machine (LGBMClassifier)**. La scelta di questa architettura è motivata dalla necessità di sfruttare la complementarità dei due algoritmi per ottenere una maggiore robustezza e precisione predittiva.

Anche la fase di addestramento e la valutazione del modello sono le medesime usate per le regressioni, ovvero gestiti tramite una **Validazione Incrociata a Gruppi (GroupKFold)**. All'interno di ogni fold, il codice affronta lo squilibrio di classe con la tecnica **SMOTE**, che sintetizza nuove istanze per le classi minoritarie, e ottimizza gli iperparametri dei modelli base attraverso una **GridSearchCV** con validazione incrociata stratificata.

A differenza del modello precedente le prestazioni finali del sistema sono quantificate utilizzando metriche di classificazione standard, tra cui l'**Accuracy**, l'**F1-Weighted score** e l'**AUC-Weighted score**, fornendo un quadro completo dell'efficacia del modello nel classificare i livelli di rischio.

6.2.3 Commento risultati modello di classificazione

L'analisi dei risultati ottenuti dal modello di classificazione di Ensemble, addestrato per la previsione delle categorie di rischio Impact e Probability of Occurrence, rivela una performance superiore alla mera casualità, sebbene mostri degli ulteriori margini di miglioramento differenti a seconda della classe.

Per la variabile **Impact**, il modello ha raggiunto un'Accuratezza complessiva del **35.77%** e un F1-score pesato del **35.20%**. Il valore misurato dall'AUC-Weighted, si attesta a **0.6061**, indicando una capacità di distinzione tra le quattro classi significativamente migliore del caso (che sarebbe 0.50). L'analisi, inoltre, mostra che le classi 1 e 2 registrano le performance migliori, con un F1-score rispettivamente di 0.37 e 0.41, evidenziato dal **Richiamo (Recall)** più alto per la Classe 2 (0.46), suggerendo una maggiore capacità del modello di identificare correttamente gli elementi appartenenti a queste categorie. Al contrario, le categorie 3 e 4 presentano un valore del Richiamo particolarmente



**Politecnico
di Torino**

inferiore (0.29 e 0.21 rispettivamente), indicando una notevole difficoltà nell'identificare correttamente la totalità dei rischi appartenenti alle classi di **Impact** più severe.

Simili sono i risultati per quanto riguarda il modello per la **Probability of Occurrence**. Infatti, viene raggiunta un'Accuratezza del **34.09%** e un F1-score del **33.49%**, con un AUC-Weighted pari a **0.5980**, indicando che anche in questo caso, l'efficacia discriminante è superiore al caso, anche viene mostrato che per le classi (1 e 2) viene mostrata una performance migliore, mentre le classi estreme (3 e 4) presentano un Richiamo inferiore (0.23 e 0.25), suggerendo che la scarsa rappresentatività o la maggiore complessità di queste categorie limita l'abilità predittiva del modello.

In conclusione, l'adozione di un approccio di classificazione ha dimostrato di essere una scelta metodologica più efficace per l'obiettivo che proposto di raggiungere, rispetto alla precedente modellazione di regressione. I risultati ottenuti con il modello di ensemble per le variabili Impact e Probability of Occurrence non solo confermano la validità di questa scelta, ma evidenziano anche una performance significativamente superiore rispetto a un'assegnazione casuale.

Perciò, nonostante il modello si dimostra più efficace nella classificazione delle classi a maggiore densità di dati (categorie 1 e 2), i risultati offrono una base solida e positiva, con notevoli margini di miglioramento. Le classi meno rappresentate (3 e 4), visibili dal richiamo inferiore, quindi, non indicano una debolezza intrinseca del modello, ma piuttosto un'area di sviluppo per il futuro, confermando l'efficacia del *framework* proposto come punto di partenza promettente per un'analisi del rischio efficace e più standardizzata.

6.2.4 Programma per individuare e proporre una lista di possibili rischi

La fase successiva, dopo aver realizzato un modello che simuli un agente virtuale che cerca di predire a partire da dati storici la probabilità ed impatto dei rischi, è quella di realizzare un programma che fornisca una lista iniziale di possibili rischi che posso verificarsi a partire da un particolare progetto. Lo scopo è quello di fornire una bozza iniziale, che consenta al project manager di non partire da un foglio bianco, fornendo dei suggerimenti a partire dal database contenente tutti i rischi affrontati in progetti passati. Naturalmente anche questo è uno strumento di supporto, il suo scopo non è sostituirsi al PM, ma aiutarlo nell'individuazione di possibili rischi che sono già stati affrontati in passato.

Di seguito sono riportati i blocchi del codice più rilevanti con una breve descrizione:

1. Vengono utilizzate condizioni logiche per individuare i progetti corrispondenti a quello nuovo preso in esame.

```
def get_similar_risks_data(df, creator=None, country_code=None, year=None):
```

```
    all_risks_dfs = []
```

```
    if creator and country_code and year:
```

```
        filtered_df = df[(df['Creator'] == creator) &
```



**Politecnico
di Torino**

```
(df['Country code'] == country_code) &
(df['year'] == year)].copy()
filtered_df['Research Level'] = '1: Creator, Country, Year'
all_risks_dfs.append(filtered_df)

if creator and year:
    filtered_df = df[(df['Creator'] == creator) &
(df['year'] == year)].copy()
    filtered_df['Research Level'] = '2: Creator, Year'
    all_risks_dfs.append(filtered_df)

if country_code and year:
    filtered_df = df[(df['Country code'] == country_code) &
(df['year'] == year)].copy()
    filtered_df['Research Level'] = '3: Country, Year'
    all_risks_dfs.append(filtered_df)

if creator:
    filtered_df = df[df['Creator'] == creator].copy()
    filtered_df['Research Level'] = '4: Creator'
    all_risks_dfs.append(filtered_df)

if year:
    filtered_df = df[df['year'] == year].copy()
    filtered_df['Research Level'] = '5: Year'
    all_risks_dfs.append(filtered_df)

if not all_risks_dfs:
```




**Politecnico
di Torino**

```
top_risks = df['Risk Category'].value_counts().nlargest(5).index
fallback_df = df[df['Risk Category'].isin(top_risks)].copy()
fallback_df['Research Level'] = 'Fallback'
all_risks_dfs.append(fallback_df)
```

return all_risks_dfs
Il dataset viene filtrato combinando tre parametri: Creator, Country code e Year.

Il risultato viene successivamente salvato in un DataFrame dedicato e contrassegnato dal corrispondente livello di similarità.

2. Viene eseguita un'operazione di pulizia per eliminare eventuali duplicati, in modo tale che un rischio venga rappresentato una sola volta in base ai parametri di identificazione

```
combined_risks_df = pd.concat(similar_risks_list, ignore_index=True)
combined_risks_df.drop_duplicates(
    subset=['Risk Category', 'Description', 'Impact', 'Probability of Occurrence'],
    keep='first', inplace=True
)
```

Dopo l'individuazione dei rischi provenienti da progetti simili, i DataFrame generati vengono concatenati in un unico insieme mediante la funzione `pd.concat()`.

3. Salvataggio elenco rischi riportati e salvati.
`output_filename = 'rischi_progetti_simili.xlsx'`
`risks_to_display.to_excel(output_filename, index=False)`

Lo scopo principale di questo codice è quello di individuare una relazione tra le informazioni di un nuovo progetto che si vuole analizzare e i progetti già affrontati in passato, al fine di individuare una possibile lista di rischi, che poi il project manager andrà ad osservare ed analizzare. Quindi lo scopo ultimo è quello di fornire uno strumento di partenza, e velocizzare e facilitare l'analisi e l'individuazione dei rischi.

Il codice è stato strutturato in modo tale da svolgere 5 diversi livelli di confronti, a partire dal primo in cui si cercano dei progetti che hanno in comune con quello nuovo che si sta analizzando Creator (nome del PMA responsabile), Country (area geografica che interessa il progetto) e 'Year' (anno di competenza del progetto).

Vengono quindi forniti un elenco di rischi già affrontati da progetti passati che presentano la massima somiglianza, contrassegnati come "Livello 1: Creator, Country, Year". Successivamente, la ricerca si allenta progressivamente (Livelli 2-5) concentrandosi sulle combinazioni Creator e Anno, Country e Anno, solo Creator e infine solo Anno, in modo da massimizzare la copertura dei dati storici. Tutti i



**Politecnico
di Torino**

rischi raccolti vengono poi consolidati, de-duplicati e ordinati per livello di rilevanza (dal Livello 1 al 5 o "Fallback" se non si trova nulla), e infine esportati in un file Excel per l'immediato utilizzo e l'analisi da parte del Project Manager.

Una volta concluso anche questo passaggio, la fase finale è stato quello di integrare le soluzioni presentate in un unico programma in modo tale fornire al PM un unico strumento in grado di assistere e supportare la fase di risk anylise.

6.2.5 considerazioni finali e future implementazioni

Lo scopo di questa proposta è quella di fornire una bozza un'idea su un possibile investimento e introduzione di una tecnologia basata su intelligenza artificiale. Il programma ha ancora parecchi margini di miglioramento ed eventualmente con il supporto di un data scientist o AI developer potrebbe essere ottimizzata in modo tale da far sfruttare questo strumento in pianta stabile nei processi aziendali.

Infatti, con la sua introduzione si prevederebbe un maggiore automazione dei processi, una diluizione degli errori umani e un maggior sfruttamento dei dati interni aziendali.

Personalmente ho notato una enorme quantità di dati disponibili ma poco sfruttati, inoltre il data base fornito presentava una scarsa uniformità (lingue diverse, descrizione e formulazione dei rischi in modo diverso) con spesso dei campi vuoti che sono stati eliminati o sistemati prima dello sviluppo della proposta.

6.2.6 Applicazioni del modello in un contesto reale

È stato scelto di testare il modello proposto in un contesto reale, su un progetto per il quale era già stata condotta un'analisi del rischio relativa a un'azienda ungherese, seguito dal PMO di INCAS. Di conseguenza, il test è stato strutturato partendo da un'iniziale individuazione di possibili ulteriori rischi riconducibili al progetto. È stato quindi applicato il modello di individuazione dei rischi, che ha fornito un elenco di 29 suggerimenti. Come richiesto dal programma, sono stati inseriti il nome del Project Manager, l'anno di riferimento, il nome dell'azienda e il paese.

Il codice è stato successivamente eseguito fino al livello 4 di analisi, trovando corrispondenze con altri progetti gestiti dallo stesso Project Manager. Una volta individuato l'elenco dei possibili rischi, in corrispondenza di caratteristiche comuni a vecchi progetti, è stato eseguito il codice responsabile della previsione dei rischi. È stato sfruttato il modello di classificazione descritto nei paragrafi precedenti per addestrare il modello di IA responsabile dell'individuazione dei rischi.

Questa applicazione suggerisce che lo strumento può essere utile per individuare eventuali corrispondenze con progetti precedenti salvati nel database JIRA utilizzato dal gruppo Schäfer, evidenziando così l'importanza delle esperienze pregresse, spesso non immediatamente individuabili da un singolo individuo, che dovrebbe analizzare manualmente l'intero database senza poter garantire il riconoscimento di legami nascosti tra i vari progetti. Di conseguenza, il modello può arricchire



Politecnico
di Torino

l'analisi dei rischi tradizionale, fornendo una struttura iniziale precompilata che consente di velocizzare l'attività del Project Manager.

Si sottolinea, tuttavia, che lo strumento non sostituisce il giudizio umano: fornisce suggerimenti su possibili problematiche, ma spetta al Project Manager valutare quali rischi effettivamente presentare e considerare. Un possibile esempio di applicazione è l'osservazione di rischi ricorrenti legati a fattori specifici, come problemi commerciali o l'ubicazione dei progetti in zone sismiche. Il PM può prendere atto di questi rischi passati e decidere se inserirli nel nuovo progetto.

Nel caso del progetto analizzato, sono stati individuati alcuni rischi non completamente pertinenti rispetto a quelli realmente emersi durante l'analisi, evidenziando che il modello può generare falsi positivi. Tuttavia, questo risultato sottolinea anche il potenziale dello strumento nell'identificare connessioni e pattern non immediatamente evidenti, fornendo un valido supporto alla gestione dei rischi.

In prospettiva, con un incremento della qualità e della quantità dei dati storici, il modello potrebbe migliorare ulteriormente la precisione dei suggerimenti, diventando uno strumento sempre più efficace per supportare il processo decisionale del Project Manager. È importante sottolineare che l'efficacia del modello dipende fortemente dalla qualità e dalla completezza dei dati storici presenti nel database: se il dataset di addestramento contiene informazioni incomplete o non aggiornate, i suggerimenti risultano sicuramente poco accurati o parziali. Inoltre, sebbene il modello identifichi pattern ricorrenti basati su progetti precedenti, è fondamentale bilanciare queste corrispondenze con la valutazione di rischi nuovi o inattesi, che possono emergere solo dall'esperienza e dal giudizio del Project Manager. In questo modo, il modello diventa uno strumento di supporto, ma non sostitutivo dell'analisi umana.

Il test è stato condotto utilizzando un progetto già presente nel database; un'ulteriore applicazione potrebbe consistere nella valutazione automatica dell'impatto e della probabilità di un rischio, partendo da un elenco individuato dal Project Manager. Anche in questo caso, una volta ottenuti i valori predetti, è comunque necessario l'intervento dell'uomo.

Research Level	Description	Summary	Risk Category	Country code	Creator	year	sentiment_description	sentiment_summary	Predicted_Impact	Predicted_Probability
1: Creator, Country, Year	"Description:" Lighthouse no Lighthouse	Technical risk - Definition of functional range of WMS / MFC	Technical risk - Definition of functional range of WMS / MFC	HU	Bell John	2024	0.15	0	2	3
3: Country, Year	The customer contract b Software - deviation of risk between g	Commercial risk	Commercial risk	HU	Samardzic Jasmin	2024	-0.060416667	0.6	2	2
3: Country, Year	According to the signed Monitoring software quality to avoid	Technical risk - System performance	Technical risk - System performance	HU	Samardzic Jasmin	2024	0.09375	-0.2	3	2
3: Country, Year	Due to the signed custo Steelwork - earthquake zone	Commercial risk	Commercial risk	HU	Samardzic Jasmin	2024	0.1375	0	1	1
3: Country, Year	Due to the signed custo Steelwork - MEPS index into the pricin	Commercial risk	Commercial risk	HU	Samardzic Jasmin	2024	-0.125	0	1	1
3: Country, Year	Due to the signed custo Steelwork - guarantee and warranty of	Commercial risk	Commercial risk	HU	Samardzic Jasmin	2024	0.05	0	1	1
3: Country, Year	Due to the fact that the Requirements from the authorities du	Technical risk - Regulations / requirements (of customer, government, etc.)	Technical risk - Regulations / requirements (of customer, government, etc.)	HU	Samardzic Jasmin	2024	0.0375	-0.125	1	1
3: Country, Year	Special Hungarian requi special Hungarian requirements regan	Technical risk - Regulations / requirements (of customer, government, etc.)	Technical risk - Regulations / requirements (of customer, government, etc.)	HU	Samardzic Jasmin	2024	0.088392857	0.357142857	2	1
3: Country, Year	According to the signed Software - penalty due to software mi	Commercial risk - Postponement and extension of project time schedule	Commercial risk - Postponement and extension of project time schedule	HU	Samardzic Jasmin	2024	0.125	-0.1625	2	1
3: Country, Year	"Cause / Situation:bei Komplexe SPS-Anpassung	Technical risk - SSI-internal technical mistakes (planning, concept, specifications, etc.)	Technical risk - SSI-internal technical mistakes (planning, concept, specifications, etc.)	HU	Singer Anna-Lena	2024	0	0	3	4
3: Country, Year	Due to the order value c Steelwork - insurance	Commercial risk	Commercial risk	HU	Samardzic Jasmin	2024	-0.041666667	0	1	1
4: Creator	"Cause / Situation:" Late Cranes delivery	Technical risk - Products, pilots, prototypes	Technical risk - Products, pilots, prototypes	IT	Bell John	2022	0.066666667	0	4	4
4: Creator	Too many people involv Long decision time	Technical risk	Technical risk	IT	Bell John	2021	0.25	-0.05	1	2
4: Creator	Cause / Situation: The di Delay in final acceptance	Technical risk - Definition of functional range of WMS / MFC	Technical risk - Definition of functional range of WMS / MFC	IT	Bell John	2022	-0.263888889	0	3	2
4: Creator	Cause / Situation: * to a Wrong fine tuning of the system	Technical risk - System availability	Technical risk - System availability	IT	Bell John	2022	0.247883598	-0.041666667	2	2
4: Creator	"Cause / Situation: no c Contractual Penalty	Commercial risk - Postponement and extension of project time schedule	Commercial risk - Postponement and extension of project time schedule	IT	Bell John	2022	0	0	3	4
4: Creator	Cause / Situation: due l Problem in manage special support	Technical risk - Lack of specification (customer data, process description, VISU, etc.)	Technical risk - Lack of specification (customer data, process description, VISU, etc.)	IT	Bell John	2022	0.117857143	0.357142857	2	3
4: Creator	"Cause / Situation:" Di Impossibility to keep the " sworn state	Technical risk - System functionality	Technical risk - System functionality	IT	Bell John	2022	-0.10625	0	3	3
4: Creator	"Cause / Situation:" quill Looses of information	Technical risk	Technical risk	IT	Bell John	2023	-0.022542735	0	3	4
4: Creator	"Cause / Situation:" Pri Extra costs about steel rack	Commercial risk - Other commercial risk	Commercial risk - Other commercial risk	IT	Bell John	2022	0	0	1	2
4: Creator	["Cause / Situation:(") Longer presence on site	Commercial risk - Other commercial risk	Commercial risk - Other commercial risk	IT	Bell John	2022	-0.03	0	1	3
4: Creator	"Cause / Situation:" m Longer response time	Technical risk - System functionality	Technical risk - System functionality	IT	Bell John	2022	0	0	2	4
4: Creator	"Cause / Situation:" m m MFS not optimized	Technical risk - System functionality	Technical risk - System functionality	IT	Bell John	2022	0.166666667	0	2	4
4: Creator	The whole upgrade has l Not compliance with qualifications pai	Technical risk - Lack of specification (customer data, process description, VISU, etc.)	Technical risk - Lack of specification (customer data, process description, VISU, etc.)	IT	Bell John	2021	0.2	0	1	2
4: Creator	Description: not clear ea Building Construction delay by Custon	Commercial risk	Commercial risk	IT	Bell John	2025	-0.03	0	1	4
4: Creator	Description: SW Implem New Orbiter technology	Technical risk - System functionality	Technical risk - System functionality	CH	Bell John	2025	0	0.136363636	2	3
4: Creator	"Cause / Situation:" Con Penalty by delay	Commercial risk - Postponement and extension of project time schedule	Commercial risk - Postponement and extension of project time schedule	IT	Bell John	2022	0	0	3	4
4: Creator	Analysys not centered Not Focuses on Customer Expectation	Technical risk - SSI-internal technical mistakes (planning, concept, specifications, etc.)	Technical risk - SSI-internal technical mistakes (planning, concept, specifications, etc.)	IT	Bell John	2021	0	0	1	2



**Politecnico
di Torino**

Figura 6.2: Viene mostrato l'output del programma presentato e descritto. Nella prima colonna il livello di corrispondenza con i progetti vecchi presenti nel database, nelle altre colonne come descritto dal nome, la Description del rischio, un suo riassunto, la categoria del rischio, il codice del paese, il PM creatore di quel particolare rischi. Viene mostrato l'output del programma presentato e descritto. Nella prima colonna è indicato il livello di corrispondenza con i progetti vecchi presenti nel database, mentre nelle altre colonne, come suggerito dal nome, sono riportati la Description del rischio, un suo riassunto, la categoria del rischio, il codice del paese, il PM creatore del rischio, l'anno di occorrenza e la previsione del rischio e dell'impatto. Due elementi aggiuntivi sono le colonne che valutano il sentiment della descrizione e del riassunto, indicando se il tono utilizzato per descrivere il rischio sia positivo, negativo o neutro. Se il valore è >0 , il tono è ottimistico; se è pari a 0, è neutro; se negativo, il tono è pessimistico. Se la descrizione non è in lingua inglese, di default viene assegnato il valore 0.10, l'anno di occorrenza e la previsione del rischio e dell'impatto. Due elementi presenti sono la colonna che valuta il sentiment della descrizione e del riassunto ovvero dice se per descrivere quel rischio sia stato usato un tono positivo, negativo o neutro. Se il valore è >0 allora il tono è ottimistico, uguale zero è neutro e negativo invece un tono pessimistico. Se la descrizione non è in lingua inglese di default viene inserito il valore zero.

6.3 – Miglioramento digitale delle pratiche di gestione dei documenti

Come accennato nel Capitolo 4, l'introduzione di modelli di intelligenza artificiale, in particolare dei Large Language Models (LLM), potrebbe contribuire a ottimizzare e semplificare le attività del Project Manager nella lettura e nell'analisi della documentazione progettuale. In particolare, questi strumenti consentirebbero di ridurre sensibilmente il carico di lavoro manuale associato a compiti ripetitivi e standardizzati, diminuendo inoltre la probabilità di errori dovute ad interpretazioni soggettive.

È importante sottolineare, anche in questo caso, che l'utilizzo dell'intelligenza artificiale non sostituirebbe il giudizio umano, ma lo affiancherebbe, lavorando in parallelo permettendo al Project Manager di focalizzarsi su attività a più alto valore aggiunto.

6.3.1 Architettura tecnica di uno strumento di analisi dei contratti supportato dall'IA

L'elaborazione del linguaggio naturale (NLP), è una tecnologia che fornisce alle macchine di comprendere, elaborare e generare il linguaggio umano.

In particolare, negli ultimi anni, il suo impiego è cresciuto, soprattutto in campi come la tecnologia legale, la conformità e la gestione dei progetti.

I contratti sono spesso dei testi lunghi, che utilizzano terminologie tecniche difficili da comprendere per chi non è operatore del diritto. Lo scopo dell'introduzione dell'NLP è quello di risolvere questo problema trasformando questi documenti complessi in dati che vengono elaborati e strutturati rendendo più semplice e veloce la loro comprensione.

L'applicazione delle tecnologie NLP nel contesto dei contratti si articolano in tre punti:



**Politecnico
di Torino**

1. La **tokenizzazione** scompone il testo in unità più piccole, come parole o frasi, aprendo la strada a un'elaborazione linguistica più approfondita.
2. A questo segue il **part-of-speech tagging**, in cui vengono assegnati ruoli grammaticali (ad esempio, nome, verbo, preposizione) a ciascun token. Questa elaborazione aiuta a identificare elementi critici come azioni, soggetti e modificatori all'interno del testo.
3. Un'altra tecnica fondamentale è il **Named Entity Recognition (NER)**, che consente l'estrazione automatica di dettagli contrattuali essenziali come date, importi monetari, nomi di clienti o fornitori, riferimenti a progetti e scadenze di consegna.

Questi componenti sono fondamentali per comprendere gli obblighi, le scadenze e i termini finanziari contenuti nei contratti in modo semplice ed immediato.

Oltre all'analisi di singole parole o frasi, la NPL facilita una comprensione più ampia del testo legale attraverso la classificazione delle clausole e degli argomenti. In questo caso, le frasi o i paragrafi vengono classificati in categorie legali o operative predefinite, come i termini di pagamento, le condizioni di consegna, le clausole di risoluzione o le penali, utilizzando dati di formazione etichettati o euristiche basate su parole chiave individuate nel testo.

La classificazione delle clausole è particolarmente vantaggiosa nella gestione dei progetti, in quanto consente ai project manager di identificare rapidamente gli impegni contrattuali o i rischi potenziali senza dover mettere mano e leggere riga per riga l'intero documento. Sfruttandola in particolare nella compilazione del project handover e nella formulazione dei claim.

Esistono ulteriori metodi avanzati per migliorare e fornire un output più preciso ed accurato, ad esempio il **parsing** delle dipendenze, migliorano ulteriormente l'interpretazione del testo esaminando la struttura sintattica delle frasi. Ciò comporta l'identificazione delle relazioni tra le parole e la mappatura delle connessioni soggetto-verbo-oggetto.

L'**analisi della somiglianza** semantica offre ulteriori vantaggi identificando le clausole che trasmettono lo stesso significato ma che utilizzano una formulazione diversa, un'eventualità frequente nei contratti che si evolvono su più clienti o progetti.

Se integrate in flussi di lavoro basati sull'intelligenza artificiale, queste funzionalità NLP creano un processo di revisione dei contratti semi-automatico. Infatti, gli strumenti NLP agiscono come assistenti intelligenti piuttosto che come sostituti delle competenze umane. Aumentano l'accuratezza, accelerano la familiarizzazione con i requisiti del progetto e forniscono approfondimenti strutturati che possono essere collegati senza problemi a registri dei rischi, piani di progetto o sistemi di monitoraggio delle prestazioni.

Entrando nel dettaglio nell'implementazione di una pipeline NLP per applicare efficacemente questa tecnologia all'analisi dei documenti contrattuali, sono riportate le fasi da seguire:

1. Poiché i documenti contrattuali non sono disponibili in formati leggibili dalla macchina. Per trasformare i file scansionati in testo modificabile e analizzabile, viene sfruttata la tecnologia di riconoscimento ottico dei caratteri (OCR). Infatti, questa tecnologia opera esaminando la



**Politecnico
di Torino**

struttura visiva di un documento, suddividendolo in segmenti/porzioni di testo e identificando i singoli caratteri attraverso una combinazione di tecniche di riconoscimento dei modelli e di apprendimento automatico.

Un esempio open-source di OCR è Tesseract sviluppato da Hewlett-Packard ed è ora gestito da Google che supporta oltre 100 lingue e offre alti livelli di accuratezza superiori del 98%. Come indicato nella documentazione ufficiale e in vari studi empirici (Smith, 2007; Tesseract OCR, 2020), Tesseract può raggiungere tassi di accuratezza superiori al 98%. Il testo generato dall'OCR costituisce la base delle successive fasi NLP, il che lo rende un passaggio indispensabile per convertire i dati visivi non strutturati in informazioni strutturate e leggibili dalla macchina. Senza l'OCR, i contratti scansionati resterebbero inaccessibili ai modelli di elaborazione linguistica.

2. Dopo aver reso il contratto leggibile alla macchina mediante il riconoscimento ottico dei caratteri (OCR), la fase successiva è la **tokenizzazione**, che consiste nel suddividere un blocco di testo in unità più piccole e significative, chiamate *token*. Questi token possono rappresentare singole parole, segni di punteggiatura o addirittura intere frasi. Questa segmentazione struttura il testo, consentendo al sistema di analizzare la sintassi, riconoscere gli schemi ed eseguire compiti più avanzati, come l'etichettatura *part-of-speech* e la classificazione delle clausole descritte successivamente. Infatti, una tokenizzazione non corretta può influire negativamente sull'accuratezza dei processi successivi, soprattutto in ambiti come l'analisi dei contratti, dove i significati tecnici delle parole e la punteggiatura sono essenziali per preservare il significato legale.

Un esempio di strumento per svolgere questa fase è **SpaCy**, una libreria NLP open-source che offre una tokenizzazione statistica e basata su regole per numerose lingue

3. La terza fase è la **Part-of-Speech (POS)**, in cui a ogni token viene assegnata una categoria grammaticale. Queste categorie possono essere nomi, verbi, aggettivi, verbi ausiliari, preposizioni, ecc. L'etichettatura POS è necessaria per comprendere come le parole interagiscono all'interno di una frase.

Anche per questa fase può essere impiegato **SpaCy** come strumento, poiché offre un sistema di etichettatura veloce e accurato, addestrato su dataset di grandi dimensioni. Questo aiuta a riconoscere gli schemi sintattici unici del linguaggio giuridico e supporta l'automazione di compiti come la classificazione delle clausole, il *parsing* delle dipendenze e l'analisi dei rischi.

4. Come ultima fase di implementazione abbiamo il **Named Entity Recognition (NER)**. Questa tecnica è progettata per collegare e attribuire ai componenti testuali elementi specifici del mondo reale, come individui, organizzazioni, località geografiche, date, valori monetari ed entità legali.



**Politecnico
di Torino**

Il NER facilita l'automazione del reperimento di informazioni dai contratti, riducendo in modo significativo la necessità di revisioni manuali.

Anche per questa fase si può impiegare un modello preaddestrato di default di **SpaCy**. Anche se questo modello non è stato creato appositamente per i testi giuridici, offre prestazioni costanti per l'estrazione di entità di uso generale.

Infine, per miglioramenti futuri potrebbero prevedere l'addestramento o la messa a punto di modelli basati su trasformatori, come BERT o RoBERTa, su un corpus incentrato sui contratti, per ottenere una maggiore precisione nell'identificazione di entità in contesti legali complessi.

6.3.2 Considerazioni finali e future implementazioni

In conclusione, l'adozione di una pipeline NLP per l'analisi dei contratti consente di trasformare documenti complessi in informazioni leggibili e semplici da analizzabili. Lo scopo di questa implementazione è ridurre significativamente il lavoro manuale, aumentando l'accuratezza nell'estrazione delle informazioni e migliorando la comprensione dei termini legali da parte del Project Manager non essendo operatore del diritto.

Per implementazioni future, l'addestramento è come già accennato l'introduzione di trasformatori, come BERT o RoBERTa, potrebbe aumentare ulteriormente la precisione nell'identificazione di entità complesse e nella classificazione delle clausole.

NPL rappresenta non solo uno strumento di automazione, ma anche un supporto strategico per ottimizzare la gestione dei documenti contrattuali e migliorare l'efficienza complessiva dei processi progettuali.

Fonti usare per la stesura del capitolo:

- spaCy. (n.d.). *Tokenization*. Retrieved from <https://spacy.io/usage/linguistic-features#tokenization>
- Bird, S., Klein, E., & Loper, E. (2009). *Natural Language Processing with Python*. Retrieved from <https://www.nltk.org/book/>
- [Part of speech tagging](#)
- [Named Entity Recognition](#)
- Conference: Document Analysis and Recognition, 2007. ICDAR 2007. Ninth International Conference on [An Overview of the Tesseract OCR Engine](#)
- [scikit-learn](#)



**Politecnico
di Torino**

Capitolo 7: conclusione Tesi e commento finale

Le soluzioni proposte in questa tesi sono dei prototipi che possono e devono essere ulteriormente sviluppati e perfezionati. Lo scopo dell'elaborato è stato quello di evidenziare le potenzialità dell'introduzione dell'intelligenza artificiale nelle attività di project management, in particolare nella gestione del rischio e nell'analisi contrattuale. Sottolinea l'importanza strategica dei dati interni come base di partenza per strumenti intelligenti e analisi predittive.

Durante l'esperienza di tirocinio è stata condotta un'analisi delle attività svolte dal Project Manager all'interno di Incas, identificando criticità operative riscontrate, sviluppando delle proposte che dimostrassero come l'automazione e il supporto tecnologico possano generare benefici significativi. In particolare, ci si è concentrati su un possibile sfruttamento efficiente dei dati e su una limitazione di attività ripetitive, quali la revisione dei contratti e l'estrazione delle informazioni, ottimizzabili mediante strumenti di NLP e tecniche di IA, liberando risorse per compiti a più alto valore aggiunto.

L'implementazione di modelli più accurati e sofisticati, integrandoli con i dati storici aziendali, potrebbe migliorare ulteriormente la precisione, la tracciabilità e l'efficienza dei processi. In questo senso, l'IA non sostituisce il giudizio umano, ma lo integra, fornendo supporto decisionale e strumenti per una gestione dei progetti più proattiva e basata sui dati.