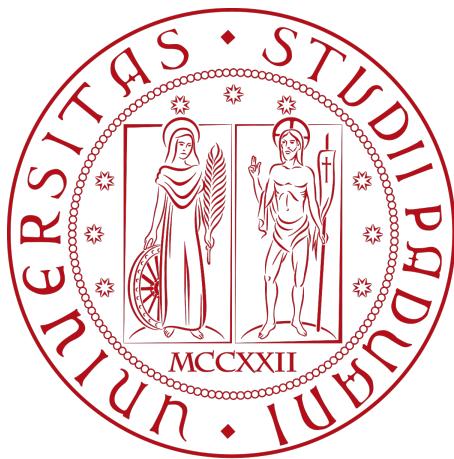


Università degli Studi di Padova

Dipartimento di Matematica «Tullio Levi-Civita»

Corso di Laurea in Informatica



Archeologia Digitale e Rinascimento del Codice: Modernizzazione dei Sistemi Legacy attraverso la Migrazione Automatizzata COBOL - Java

Tesi di laurea

Relatore

Prof. Tullio Vardanega

Laureando

Annalisa Egidi

Matricola: 1216745

Ringraziamenti

Sommario

L'elaborato descrive i processi, gli strumenti e le metodologie coinvolte nello sviluppo di un sistema di migrazione automatizzata per la modernizzazione di sistemi *legacy*, in particolare sulla conversione di applicazioni COBOL verso Java.

Nel dominio applicativo di interesse dell'elaborato:

- **Migrazione automatizzata:** è il processo di conversione di sistemi informatici da tecnologie obsolete a moderne architetture, preservando la logica di *business* originale;
- **Legacy Systems:** sistemi informatici datati ma ancora operativi, spesso critici per le organizzazioni, difficili da mantenere e integrare con tecnologie moderne (ingl. *legacy systems*).

Il progetto, sviluppato nel corso del tirocinio presso l'azienda Miriade Srl (d'ora in avanti **Miriade**), ha la peculiarità di aver esplorato inizialmente un approccio tradizionale basato su *parsing* deterministico per poi scegliere una soluzione innovativa basata su intelligenza artificiale generativa, dimostrando come l'AI possa cambiare drasticamente i tempi e la qualità dei risultati nel campo della modernizzazione *software*.

Struttura del testo

Il corpo principale della relazione è suddiviso in 4 capitoli:

Il **primo capitolo** descrive il contesto aziendale in cui sono state svolte le attività di tirocinio curricolare, presentando Miriade come ecosistema di innovazione tecnologica e analizzando le metodologie e tecnologie all'avanguardia adottate dall'azienda;

Il **secondo capitolo** approfondisce il progetto di migrazione COBOL - Java, delineando il contesto di attualità dei sistemi *legacy*, gli obiettivi del progetto e le sfide tecniche identificate nella modernizzazione di applicazioni COBOL verso architetture Java moderne;

Il **terzo capitolo** descrive lo sviluppo del progetto seguendo un approccio cronologico, dal *parser* tradizionale iniziale al *pivot* verso l'intelligenza artificiale, documentando le metodologie di lavoro, i risultati raggiunti e l'impatto trasformativo dell'AI sui tempi di sviluppo;

Il **quarto capitolo** sviluppa una retrospettiva sul progetto, analizzando le *lessons learned*, il valore dell'AI come *game changer* nella modernizzazione *software*, la crescita professionale acquisita e le prospettive future di evoluzione della soluzione sviluppata.

Indice

Ringraziamenti	2
Sommario	3
Struttura del testo	3
Miriade: un ecosistema di innovazione tecnologica	1
L’azienda nel panorama informatico e sociale	1
Metodologie e tecnologie all’avanguardia	2
Architettura organizzativa	4
Investimento nel capitale umano e nella ricerca	6
Il progetto di migrazione COBOL-Java	9
Contesto di attualità	9
Obiettivi e vincoli dello stage	11
Obiettivi	11
Vincoli	12
Pianificazione concordata	13
Valore strategico per l’azienda	14
Obiettivi personali e aspettative	14
Obiettivi tecnici principali:	15
Competenze da sviluppare:	15
Crescita professionale attesa:	15
Sviluppo del progetto: dal <i>parser</i> tradizionale all’AI	17
Setup iniziale e metodologia di lavoro	17
Primo periodo: immersione nel mondo COBOL	17
Studio del linguaggio e creazione progetti test	17
Mappatura dei pattern e analisi di traducibilità	17
Valutazione delle soluzioni esistenti	17
Secondo periodo: sviluppo del parser tradizionale	17
Implementazione del parser Java	17
Analisi critica e limiti dell’approccio	18
Terzo periodo: pivot verso l’intelligenza artificiale	18
Valutazione delle API di AI generativa	18
Design del sistema AI-powered	18
Quarto periodo: implementazione della soluzione AI-driven	18

Sviluppo del prompt engineering	18
Implementazione del translator completo	18
Generazione automatica di progetti Maven	18
Risultati raggiunti	18
Analisi qualitativa dei risultati	19
Risultati quantitativi	19
Valutazioni retrospettive e prospettive future	20
Analisi retrospettiva del percorso	20
L'AI come <i>game changer</i> nella modernizzazione <i>software</i>	20
Crescita professionale e competenze acquisite	20
Valore della formazione universitaria nell'era dell'AI	20
<i>Roadmap</i> evolutiva e opportunità di sviluppo	20
Lista degli acronimi	21
Glossario	22
Bibliografia	23

Elenco delle figure

Figura 1	Vista del sito web aziendale di Miriade	2
Figura 2	Ecosistema Atlassian - dashboard Jira	3
Figura 3	Ecosistema Atlassian - dashboard Confluence	4
Figura 4	Struttura organizzativa delle divisioni Miriade	5
Figura 5	Funzioni e ruoli nella sezione Analytics	6
Figura 6	Impegni etici e morali aziendali di Miriade	7
Figura 7	Interfaccia utente e codice COBOL tipici dei sistemi legacy	9
Figura 8	Confronto tra architettura monolitica dei mainframe e architettura moderna a microservizi	10
Figura 9	Utilizzo di BitBucket per il versionamento del codice	12
Figura 10	Diagramma di Gantt della pianificazione del progetto	14
Figura 11	Rappresentazione della metodologia Agile applicata al progetto	16

Elenco delle tabelle

Elenco dei listati

Miriade: un ecosistema di innovazione tecnologica

Miriade, come realtà nel panorama IT (IT) italiano, si distingue per il suo approccio innovativo rispetto all'ecosistema completo del dato e alle soluzioni informatiche correlate. L'azienda, che ho avuto l'opportunità di conoscere durante il mio percorso di *stage*, si caratterizza per una filosofia aziendale orientata all'innovazione continua e all'investimento nel capitale umano, elementi che la rendono un ambiente particolarmente stimolante per la crescita professionale di figure *junior*.

L'azienda nel panorama informatico e sociale

Miriade si posiziona strategicamente nel settore dell'analisi dati e delle soluzioni informatiche, operando con quattro aree funzionali principali: *Analytics*, *Data*, *System Application* e *Operation*. L'azienda ha costruito nel tempo una solida reputazione nel mercato attraverso la capacità di fornire soluzioni innovative che rispondono non solo alle esigenze tecniche dei clienti, ma che prestano particolare attenzione alle relazioni umane e alle realtà del territorio.

Ciò che distingue *Miriade* nel contesto competitivo è la sua vision aziendale, che integra le competenze tecnologiche con una forte responsabilità sociale. L'azienda implementa attivamente azioni a supporto di società e cooperative del territorio, dimostrando come l'innovazione tecnologica possa essere un veicolo di sviluppo sociale ed economico locale. Questa attenzione alla dimensione sociale si riflette anche nell'approccio alle risorse umane, con una particolare propensione a individuare e coltivare giovani energie fin dalle scuole e università attraverso tirocini curricolari che permettono una crescita personale durante il percorso di studi.

La clientela di Miriade spazia tra i medi e grandi clienti, includendo sia realtà del settore privato che pubblico. Questa diversificazione del portfolio clienti permette all'azienda di confrontarsi con problematiche tecnologiche variegate, mantenendo una costante spinta all'innovazione e all'adattamento delle soluzioni proposte.

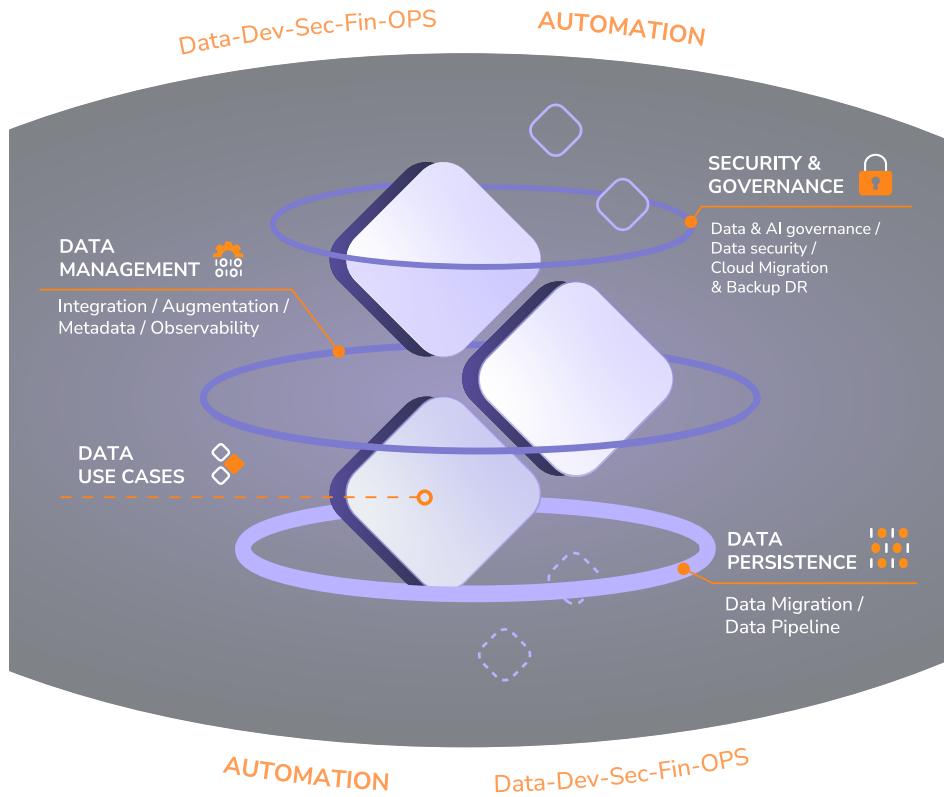


Figura 1: Vista del sito web aziendale di Miriade

Metodologie e tecnologie all'avanguardia

L'approccio metodologico di Miriade si fonda sull'adozione dell'*Agile* come filosofia operativa pervasiva, che permea tutti i processi aziendali e guida l'organizzazione del lavoro quotidiano. Durante il mio *stage*, ho potuto osservare direttamente come questa metodologia venga implementata attraverso *stand-up* giornalieri e *sprint* settimanali, creando un ambiente di lavoro dinamico e orientato agli obiettivi.

L'azienda utilizza sia *Kanban* che *Scrum*, adattando la metodologia alle specifiche esigenze progettuali e alle preferenze del cliente. Questa flessibilità metodologica dimostra la maturità organizzativa di Miriade e la sua capacità di adattare i processi alle diverse situazioni operative. Ho potuto constatare personalmente come gli *stand-up* mattutini fossero momenti fondamentali per l'allineamento del *team*, permettendo una comunicazione trasparente sullo stato di avanzamento delle attività e una rapida identificazione di eventuali impedimenti.

Lo *stack tecnologico* adottato riflette l'attenzione dell'azienda per gli strumenti di collaborazione e versionamento. L'*Atlassian Suite* costituisce la spina dorsale dell'infrastruttura collaborativa aziendale, utilizzata in modo strutturato e pervasivo per diverse finalità:

- **Confluence** per la gestione della *knowledge base* aziendale e la documentazione tecnica
- **Jira** per il *tracking* delle attività e la gestione dei progetti
- **Bitbucket** per il versionamento del codice e la collaborazione nello sviluppo

Durante il mio percorso, ho potuto apprezzare l'importanza che l'azienda attribuisce alla cultura del versionamento e della documentazione. Le [Figura 2](#) e [Figura 3](#) mostrano parte dell'ecosistema Atlassian integrato utilizzato quotidianamente in azienda, che ha rappresentato per me un elemento fondamentale nell'apprendimento delle pratiche professionali di sviluppo software.

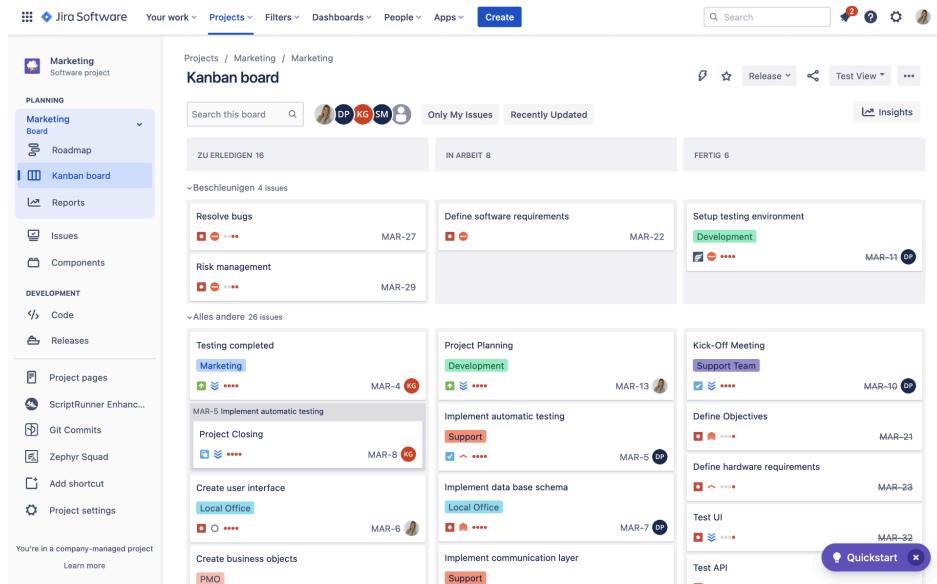


Figura 2: Ecosistema Atlassian - dashboard Jira

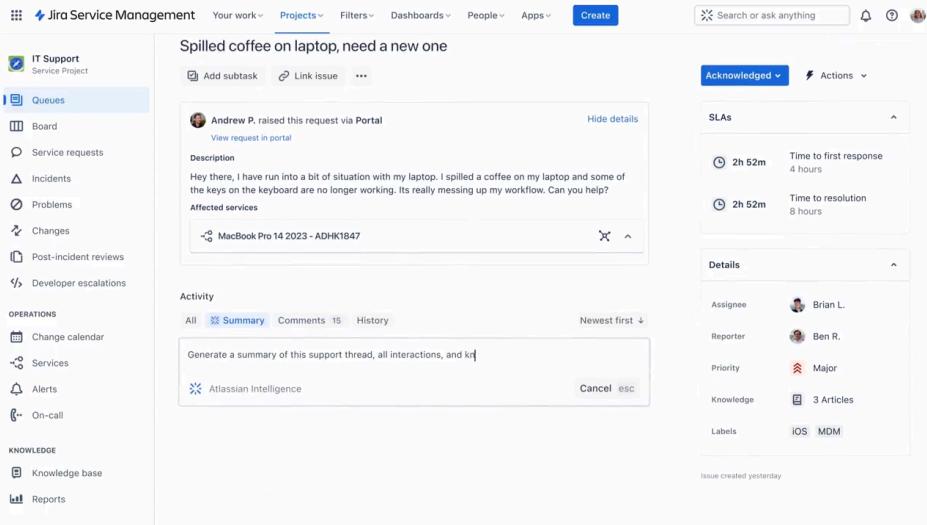


Figura 3: Ecosistema Atlassian - dashboard Confluence

La formazione continua sulle tecnologie emergenti è parte integrante della cultura aziendale. L'area *Analytics*, in particolare, mantiene un *focus* costante sull'esplorazione e implementazione di soluzioni basate su Artificial Intelligence (AI) e Large Language Models (LLM), che rappresentano il naturale proseguimento di quello che precedentemente veniva incasellato come «*big data*» ed è parte integrante della strategia aziendale.

Architettura organizzativa

L'architettura organizzativa di Miriade si distingue per la sua struttura «piatta». L'azienda ha adottato un modello organizzativo che prevede solo due livelli gerarchici: l'amministratore delegato e i responsabili di area. Questa scelta strutturale facilita la comunicazione diretta e riduce le barriere comunicative, creando un ambiente di lavoro agile e responsabilizzante.

Le quattro aree funzionali principali - *Analytics*, *Data*, *System Application* e *Operation* - operano con un alto grado di autonomia, pur mantenendo una forte interconnessione attraverso aree trasversali. Queste aree trasversali, composte da persone provenienti dalle diverse divisioni, si occupano di attività di innovazione a vari livelli, come *DevOps*, *Account Management* e *Research & Development*. Questa struttura matriciale permette una *cross-fertilizzazione* delle competenze e favorisce l'innovazione continua. La rappresentazione visuale in Figura 4 illustra chiaramente questa struttura organizzativa interconnessa.



Figura 4: Struttura organizzativa delle divisioni Miriade

La divisione *Analytics*, nella quale ho avuto il piacere di lavorare, guidata da Arianna Bellino, conta attualmente 17 persone ed è in veloce crescita. Rappresenta il motore di innovazione dell’azienda, specializzandosi in analisi del dato, dal dato grezzo all’analisi avanzata, anche tramite approcci e tecnologie AI e LLM *based*, con *focus* sull’automazione dei processi e alla riduzione delle attività routinarie. I membri del *team* non hanno ruoli rigidamente definiti, ma piuttosto funzioni che possono evolversi in base alle esigenze progettuali e alle competenze individuali. Ho osservato dipendenti che svolgevano funzioni diverse quali:

- Pianificazione e gestione progetti
- Attività di prevendita e consulenza
- Ricerca e sviluppo di nuove soluzioni
- Sviluppo *software* e *data analysis*

Questa fluidità organizzativa crea un ambiente stimolante dove ogni persona può contribuire in modi diversi, favorendo la crescita professionale multidisciplinare. Durante lo stage, ho potuto interagire con colleghi che ricoprivano diverse funzioni, beneficiando della loro esperienza e prospettive diverse. La varietà di funzioni all’interno della divisione Analytics è rappresentata in [Figura 5](#), che evidenzia la natura dinamica e multifunzionale del team.



Figura 5: Funzioni e ruoli nella sezione Analytics

Il ruolo dello stagista in questo ecosistema aziendale è particolarmente valorizzato. Non viene visto come una risorsa marginale, ma come parte integrante del team, con la possibilità di contribuire attivamente ai progetti e di proporre soluzioni innovative. Il sistema di tutoraggio è strutturato con l'assegnazione di un tutor dell'area specifica e di un mentor che può provenire anche da altre aree. Il tutor segue il percorso tecnico dello stagista, mentre il mentor fornisce supporto a livello emotivo e di inserimento aziendale.

Particolarmente apprezzabili sono gli incontri settimanali chiamati «tiramisù», dedicati ai nuovi entrati in azienda. Durante questi momenti, vengono analizzate le possibili difficoltà relazionali o comunicative riscontrate durante la settimana, con il supporto di una figura dedicata. Questo approccio dimostra l'attenzione dell'azienda non solo alla crescita tecnica, ma anche al benessere e all'integrazione dei propri collaboratori.

Investimento nel capitale umano e nella ricerca

L'investimento nel capitale umano rappresenta uno dei pilastri fondamentali della strategia aziendale di Miriade. Come si può osservare in [Figura 6](#), l'azienda di esprime esplicitamente riguardo i valori. Durante il mio stage, ho potuto constatare come l'azienda non si limiti a dichiarare l'importanza delle risorse umane, ma implementi concretamente politiche e

programmi volti alla valorizzazione e crescita delle persone, come ad esempio incontri, riflessioni e azioni sulla Parità di Genere, sulla quale sono certificati come azienda.



Figura 6: Impegni etici e morali aziendali di Miriade

Il processo di selezione riflette questa filosofia: l'azienda ricerca persone sensibili, elastiche, proattive e autonome, ponendo l'enfasi sulle caratteristiche personali piuttosto che esclusivamente sulle competenze tecniche pregresse, un approccio che permette di costruire *team* coesi e motivati, capaci di affrontare sfide tecnologiche in continua evoluzione.

I programmi di formazione continua sono strutturati e costanti. L'azienda investe significativamente nella crescita professionale dei propri dipendenti attraverso:

- Corsi di formazione tecnica su nuove tecnologie
- Certificazioni professionali
- Partecipazione a conferenze e *workshop*
- Sessioni di *knowledge sharing* interno
- Progetti di ricerca e sviluppo che permettono sperimentazione

Il rapporto consolidato con le università rappresenta un altro aspetto distintivo dell'approccio di Miriade al capitale umano. Gli *stage* non sono visti come semplici adempimenti formativi, ma come veri e propri laboratori di sperimentazione tecnologica. Nel mio caso specifico, il progetto di migrazione COBOL-Java è stato scelto appositamente per valutare le capacità di *problem solving* e apprendimento, con maggiore attenzione al processo seguito piuttosto che al solo risultato finale.

L'equilibrio tra formazione e produttività negli *stage* è gestito con attenzione. Inizialmente, lo *stage* è orientato totalmente sulla formazione, per poi evolvere gradualmente verso un bilanciamento equilibrato tra formazione e contributo produttivo quando lo stagista diventa sufficientemente autonomo. Nel mio caso però, trattandosi di *stage* curricolare per tesi, l'intero percorso è stato focalizzato sulla formazione, permettendomi di esplorare in profondità tecnologie e metodologie senza la pressione di *deadline* produttive immediate.

L’investimento in risorse *junior* è visivamente significativo, questo approccio permette all’azienda di formare professionisti allineati con la propria cultura e metodologie.

In conclusione, Miriade si presenta come un ecosistema aziendale dove l’innovazione tecnologica e la valorizzazione del capitale umano si integrano sinergicamente. L’esperienza di stage in questo contesto ha rappresentato un’opportunità unica di crescita professionale, permettendomi di osservare e partecipare a dinamiche aziendali mature e orientate al futuro. La combinazione di una struttura organizzativa agile, metodologie all’avanguardia, forte investimento nelle persone e attenzione alla responsabilità sociale crea un ambiente ideale per affrontare le sfide tecnologiche contemporanee.

Il progetto di migrazione COBOL-Java

Il progetto di *stage* proposto da Miriade si inserisce in un contesto tecnologico di particolare rilevanza per il settore IT contemporaneo: la modernizzazione dei sistemi *legacy*. Durante il mio percorso, ho avuto l'opportunità di confrontarmi con una problematica comune a molte organizzazioni, in particolare nel settore bancario e assicurativo, dove i sistemi COBOL continuano a costituire l'impalcatura portante di infrastrutture critiche per il *business*.

Contesto di attualità

I sistemi legacy basati su Common Business-Oriented Language (COBOL) rappresentano ancora oggi una parte significativa dell'infrastruttura informatica di molte organizzazioni, specialmente nel settore bancario, finanziario e assicurativo. Nonostante COBOL sia stato sviluppato negli anni ‘60, ha una presenza significativa nelle moderne architetture.

[Figura 7](#) mostra un esempio tipico di interfaccia utente e codice COBOL, che evidenzia il contrasto netto con le moderne interfacce grafiche e paradigmi di programmazione attuali. Questa differenza visuale è solo la punta dell'iceberg delle sfide che comporta il mantenimento di questi sistemi in un ecosistema tecnologico in rapida evoluzione.

```
EDIT      SYSADM.DEMO.SRCLIB(PROG10) - 01.05      Member PROG10 saved
Command ==> CSR                                Scroll ==> CSR
=COLS> -----+-----1-----+-----2-----+-----3-----+-----4-----+-----5-----+-----6-----+-----7-----+
000510      *-----+
000520      *-----+----- DATA-NAME           PICTURE CLAUSE   *
000530      *-----+
000531      01  EMPLOYEE-DATA.
000540          02  EMPLOYEE-NAME.
000541              03  EMPLOYEE-FNAME        PIC X(10).
000542              03  EMPLOYEE-MNAME        PIC X(10).
000543              03  EMPLOYEE-LNAME        PIC X(10).
000560          02  EMPLOYEE-ADDRESS.
000570              03  EMPLOYEE-STREET       PIC X(10).
000580              03  EMPLOYEE-CITY         PIC X(10).
000590              03  EMPLOYEE-PINCODE      PIC 999999.
000595          02  EMPLOYEE-PHONE-NO.
000596              03  COUNTRY-CODE        PIC 999
```

Figura 7: Interfaccia utente e codice COBOL tipici dei sistemi legacy

La problematica della *legacy modernization* va ben oltre la semplice obsolescenza tecnologica. Durante il mio *stage*, attraverso l'analisi della letteratura e il confronto con i professionisti del settore, ho potuto identificare come i costi nascosti del mantenimento di questi sistemi includano:

- La crescente difficoltà nel reperire sviluppatori COBOL qualificati [1]
 - L'integrazione sempre più complessa con tecnologie moderne [2]

- I rischi operativi derivanti dall'utilizzo di piattaforme *hardware* e *software* che i *vendor* non supportano più attivamente [3]

Questi fattori si traducono in costi di manutenzione esponenzialmente crescenti e in una ridotta agilità nel rispondere alle esigenze di *business* in continua evoluzione.

I rischi associati al mantenimento di sistemi COBOL *legacy* nelle infrastrutture IT moderne sono molteplici e interconnessi:

- **Carenza di competenze:** La carenza di competenze specializzate crea una forte dipendenza da un *pool* sempre più ristretto di esperti, spesso prossimi al pensionamento [1].
- **Documentazione inadeguata:** La documentazione inadeguata o assente di molti di questi sistemi, sviluppati decenni fa, rende ogni intervento di manutenzione un'operazione ad alto rischio [4].
- **Incompatibilità tecnologica:** L'incompatibilità con le moderne pratiche di sviluppo come *DevOps*, *continuous integration* e *microservizi* limita in modo significativo la capacità delle organizzazioni di innovare e competere efficacemente nel mercato digitale [5].

Come illustrato in [Figura 8](#), il contrasto tra l'architettura monolitica tipica dei sistemi *mainframe* e l'architettura moderna a microservizi evidenzia le sfide architettoniche della migrazione. Questa differenza strutturale comporta non solo una riprogettazione tecnica, ma anche un ripensamento completo dei processi operativi e delle modalità di sviluppo.

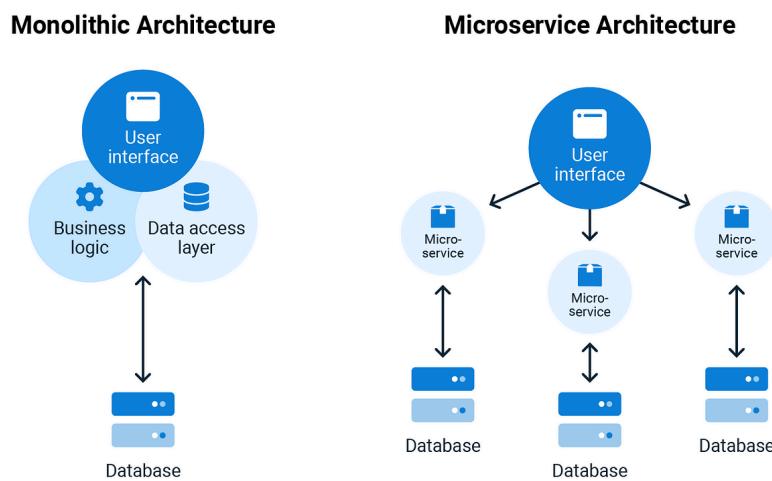


Figura 8: Confronto tra architettura monolitica dei mainframe e architettura moderna a microservizi

La migrazione di questi sistemi verso tecnologie più moderne come Java rappresenta quindi non solo una sfida tecnica, ma una necessità strategica per garantire la continuità operativa e

la competitività delle organizzazioni. Java, con il suo ecosistema maturo, la vasta *community* di sviluppatori e il supporto per paradigmi di programmazione moderni, si presenta come una delle destinazioni privilegiate per questi progetti di modernizzazione [6].

Obiettivi e vincoli dello stage

Obiettivi

Riporto le notazioni utilizzate in seguito per identificare gli obiettivi del progetto:

- **O** per i requisiti obbligatori, vincolanti in quanto obiettivo primario richiesto dal committente
- **D** per i requisiti desiderabili, non vincolanti o strettamente necessari, ma dal riconoscibile valore aggiunto
- **F** per i requisiti facoltativi, rappresentanti valore aggiunto non strettamente competitivo

Le sigle precedentemente indicate saranno seguite da una coppia sequenziale di numeri, identificativo del requisito:

Requisiti obbligatori:

- **O01:** Esplorazione approfondita di diverse strategie di migrazione, dalla conversione sintattica diretta all'utilizzo di tecnologie di intelligenza artificiale generativa
- **O02:** Sviluppo di strumenti specifici che automatizzino il più possibile il processo di conversione
- **O03:** Raggiungimento di conversione automatica del codice COBOL di almeno tre sezioni su quattro
- **O04:** Produzione di almeno un progetto COBOL
- **O05:** Migrazione completa di almeno uno dei progetti COBOL sviluppati nella fase iniziale dello stage
- **O06:** Fornitura di un'interfaccia (grafica o da linea di comando) per l'interazione con il sistema
- **O07:** Produzione di codice Java idiomatico e manutenibile che preservi la *business logic* originale
- **O08:** Generazione di documentazione *JavaDoc* professionale per il codice prodotto
- **O09:** Sviluppo di un prototipo funzionante del sistema di conversione
- **O10:** Creazione di un *README* esplicativo per permettere l'utilizzo del sistema

Requisiti desiderabili:

- **D01:** Raggiungimento di una copertura del 100% nella conversione automatica del codice prodotto autonomamente
- **D02:** Gestione efficace di costrutti COBOL complessi o non direttamente traducibili

- **D03:** Implementazione di meccanismi di ottimizzazione del codice Java generato

Requisiti facoltativi:

- **F01:** Integrazione con sistemi di analisi statica per la verifica della qualità del codice generato
- **F02:** Sviluppo di un sistema di *reporting* dettagliato sulle conversioni effettuate
- **F03:** Implementazione di funzionalità avanzate di *refactoring* del codice Java prodotto

Vincoli

Il progetto si focalizzava sullo sviluppo di un sistema di migrazione automatica e questo aspetto caratterizzava le condizioni imposte per lo svolgimento del lavoro.

Vincoli temporali:

- Durata complessiva dello *stage*: 320 ore
- Periodo: dal 05 maggio al 27 giugno 2025
- Modalità di lavoro ibrida: 2 giorni a settimana in sede, 3 giorni in modalità telematica
- Orario lavorativo: 9:00 - 18:00

Vincoli tecnologici:

- Il sistema doveva essere sviluppato utilizzando tecnologie moderne e supportate
- Necessità di preservare integralmente la *business logic* contenuta nei programmi COBOL originali
- La soluzione doveva essere scalabile, capace di gestire progetti di diverse dimensioni
- Obbligo di utilizzare strumenti di versionamento (*Git*) e di documentazione continua

Figura 9 mostra l’interfaccia di BitBucket utilizzata per il versionamento del progetto, evidenziando l’importanza attribuita alla tracciabilità e alla collaborazione nel processo di sviluppo.

Immagine: utilizzo di BitBucket per versionamento (Git), produzione personale

Figura 9: Utilizzo di BitBucket per il versionamento del codice

Vincoli metodologici:

- Adozione dei principi *Agile* con *sprint* settimanali
- *Stand-up* giornalieri per allineamento costante
- Revisioni settimanali degli obiettivi con adattamento del piano di lavoro

Pianificazione concordata

La pianificazione del progetto seguiva un approccio flessibile, con revisioni settimanali che permettevano di adattare il percorso in base ai progressi ottenuti. La distribuzione delle attività era stata organizzata come segue:

Prima fase - analisi e apprendimento COBOL (2 settimane - 80 ore):

- Studio approfondito del linguaggio COBOL e delle sue peculiarità
- Analisi di sistemi COBOL
- Creazione di programmi COBOL di test con complessità crescente
- Implementazione dell’interfacciamento con *database* relazionali

Seconda fase - sviluppo del sistema di migrazione (4 settimane - 160 ore):

- Analisi dei *pattern* di traduzione COBOL-Java del codice prodotto in fase precedente
- Sviluppo di uno *script* o utilizzo di *tool* esistenti per automatizzare la traduzione del codice COBOL in Java equivalente
- Gestione della traduzione dei costrutti sintattici, logica di controllo e interazioni con il *database*
- Definizione della percentuale di automazione raggiungibile e la gestione di costrutti COBOL complessi o non direttamente traducibili

Terza fase - *testing* e validazione (1 settimana - 40 ore):

- *Test* funzionali sul codice Java generato
- Confronto comportamentale con le applicazioni COBOL originali

Quarta fase - documentazione e consegna (1 settimana - 40 ore):

- Documentazione completa del sistema sviluppato
- Preparazione del materiale di consegna
- Presentazione finale dei risultati

La rappresentazione temporale dettagliata della pianificazione è visualizzata in [Figura 10](#), che mostra la distribuzione delle attività lungo l’arco temporale dello stage e le milestone principali del progetto.



Figura 10: Diagramma di Gantt della pianificazione del progetto

Valore strategico per l'azienda

In base a quanto ho potuto osservare e comprendere durante il periodo di *stage*, la strategia di gestione del progetto di migrazione COBOL-Java dell'azienda ospitante persegue i seguenti obiettivi:

- **Innovazione tecnologica**: l'interesse dell'azienda non era limitato allo sviluppo di una soluzione tecnica specifica, ma si estendeva all'osservazione dell'approccio metodologico e del metodo di studio che una risorsa *junior* con formazione universitaria avrebbe applicato a un problema complesso di modernizzazione IT.
- **Creazione di competenze interne**: Il progetto permetteva di sviluppare *know-how* interno su una problematica di crescente rilevanza, preparando l'azienda a potenziali progetti futuri di modernizzazione per clienti del settore bancario e assicurativo.
- **Esplorazione di tecnologie emergenti**: Il progetto era stato concepito per esplorare la possibile applicazione dell'intelligenza artificiale generativa a problemi di modernizzazione del *software*. Questo ambito, all'intersezione tra AI e *software engineering*, può rappresentare una frontiera tecnologica di forte attualità e di interesse per un'azienda che opera già attivamente nel campo dell'AI e dei *Large Language Models*.
- **Sviluppo di asset riutilizzabili**: Sebbene il progetto fosse autoconclusivo, permetteva di ottenere risultati tangibili nel breve termine dello *stage*, ma con il potenziale di evolversi in soluzioni più ampie e commercializzabili.

Obiettivi personali e aspettative

La scelta di intraprendere questo *stage* presso Miriade è stata guidata da una combinazione di motivazioni tecniche e personali che si allineavano con il mio percorso formativo univer-

sitario. Tra le diverse opportunità di *stage* che avevo valutato, questo progetto si distingueva per due elementi fondamentali:

- **Libertà tecnologica:** La libertà concessami nell'esplorazione delle tecnologie da utilizzare rappresentava un'opportunità unica di sperimentazione e apprendimento.
- **Interesse per COBOL:** Il mio forte interesse nel scoprire di più sul linguaggio COBOL, un affascinante paradosso tecnologico che, nonostante la sua longeva età, continua a essere cruciale nello scenario bancario e assicurativo internazionale.

Il mio percorso di *stage* mirava principalmente all'acquisizione di competenze pratiche nel campo della modernizzazione di sistemi *legacy* e gestione progetti:

Obiettivi tecnici principali:

- Comprendere la struttura e la logica dei programmi COBOL attraverso lo sviluppo di applicazioni di test
- Esplorare approcci concreti alla migrazione del codice, sia deterministici che basati su AI
- Produrre un prototipo funzionante di sistema di conversione, anche se limitato

Competenze da sviluppare:

- Familiarità di base con il linguaggio COBOL e le sue peculiarità sintattiche
- Comprensione pratica delle sfide nella traduzione tra paradigmi di programmazione diversi
- Esperienza nell'utilizzo di tecnologie emergenti come l'AI generativa applicata al codice

Crescita professionale attesa:

- Sviluppare autonomia nella gestione di un progetto aziendale, dalla pianificazione all'implementazione
- Acquisire capacità di *problem solving* in contesti reali, con vincoli temporali e tecnologici definiti
- Migliorare le competenze comunicative attraverso l'interazione con il *team* e la presentazione dei progressi
- Apprendere metodologie di lavoro *Agile* applicate a progetti di ricerca e sviluppo
- Sviluppare pensiero critico nella valutazione di soluzioni tecnologiche alternative

[Figura 11](#) rappresenta visivamente l'approccio metodologico Agile che ho appreso e applicato durante lo stage, evidenziando il ciclo iterativo di pianificazione, sviluppo, testing e revisione che ha caratterizzato il mio percorso formativo.



Figura 11: Rappresentazione della metodologia Agile applicata al progetto

Sviluppo del progetto: dal *parser* tradizionale all’AI

Qui intordurrò brevemente il contenuto delle sezioni sottostanti seguendo il flusso cronologico del progetto.

Setup iniziale e metodologia di lavoro

In questa sezione descriverò l’implementazione della metodologia *Agile* con *sprint* settimanali e *stand-up* giornalieri, illustrerò gli strumenti di sviluppo e l’ambiente tecnologico utilizzato, analizzerò la gestione del progetto attraverso *Jira* e *Confluence*, l’uso di *Git* e *BitBucket* per il versionamento con documentazione progressiva.

Primo periodo: immersione nel mondo COBOL

In questa sezione descriverò il processo di apprendimento del linguaggio legacy, l’analisi delle sue caratteristiche, l’analisi delle soluzioni esistenti sul mercato.

Studio del linguaggio e creazione progetti test

In questa sottosezione descriverò lo studio della sintassi e semantica COBOL, illustrerò la creazione di applicazioni test con complessità crescente e analizzerò l’interfacciamento con database PostgreSQL e DB2.

Mappatura dei pattern e analisi di traducibilità

In questa sottosezione presenterò i pattern COBOL identificati, l’analisi del grado di migrabilità verso Java, e le strategie individuate per gestire le incompatibilità strutturali.

Valutazione delle soluzioni esistenti

In questa sottosezione valuterò la Pipeline Architecture tramite parser open-source (ProLeap parser in GitHub) e analizzerò soluzioni enterprise come IBM WatsonX per migrazione AI-assistita.

Secondo periodo: sviluppo del parser tradizionale

In questa sezione descriverò l’approccio iniziale basato su parsing deterministico e le criticità emerse.

Implementazione del parser Java

In questa sottosezione descriverò lo sviluppo del parser per le divisioni IDENTIFICATION e ENVIRONMENT, le sfide tecniche affrontate nella gestione della grammatica COBOL, e i primi risultati ottenuti.

Analisi critica e limiti dell'approccio

In questa sottosezione analizzerò la complessità crescente per DATA e PROCEDURE DIVISION e la limitata scalabilità, la stima dei tempi incompatibile con i vincoli dello stage, e la decisione di esplorare approcci alternativi.

Terzo periodo: pivot verso l'intelligenza artificiale

In questa sezione descriverò la svolta strategica verso l'utilizzo dell'AI generativa.

Valutazione delle API di AI generativa

In questa sottosezione descriverò il passaggio da pipeline deterministica a sistema AI-powered.

Design del sistema AI-powered

In questa sottosezione descriverò l'architettura del nuovo sistema basato su AI, il passaggio da pipeline deterministica a sistema generativo, e la progettazione del flusso di conversione.

Quarto periodo: implementazione della soluzione AI-driven

In questa sezione descriverò lo sviluppo completo del sistema di migrazione basato su AI.

Sviluppo del prompt engineering

In questa sottosezione illustrerò la creazione di prompt specifici per la conversione COBOL-Java, l'ottimizzazione iterativa basata sui risultati, e la gestione dei casi edge.

Implementazione del translator completo

In questa sottosezione descriverò lo sviluppo del sistema di conversione end-to-end, la gestione di SQL embedded e la preservazione della logica business originale.

Generazione automatica di progetti Maven

In questa sottosezione analizzerò la creazione automatica della struttura del progetto Java, la configurazione delle dipendenze e del build system, e la generazione della documentazione JavaDoc.

Risultati raggiunti

3.6.1 Impatto dell'AI sui tempi di sviluppo In questa sottosezione quantificherò la riduzione importanti dei tempi rispetto all'approccio tradizionale, illustrerò il passaggio da mesi a giorni nel processo di conversione e analizzerò i risultati impossibili senza AI.

Analisi qualitativa dei risultati

In questa sottosezione descriverò il sistema completo di conversione COBOL-Java funzionante, analizzerò il codice Java idiomatico e manutenibile prodotto e illustrerò la documentazione professionale automatizzata.

Risultati quantitativi

In questa sottosezione presenterò i dati concreti: tre progetti convertiti con successo, vasta copertura delle funzionalità e oltre 2000 linee di codice Java di qualità production-ready.

Valutazioni retrospettive e prospettive future

Qui introdurrò brevemente il contenuto delle sezioni sottostanti.

Analisi retrospettiva del percorso

In questa sezione analizzerò il soddisfacimento degli obiettivi al capitolo 2 grazie all’approccio AI, confronterò i risultati ottenuti con le stime iniziali basate sullo sviluppo tradizionale e identificherò le *lessons learned* e *best practices* emerse dal progetto.

L’AI come *game changer* nella modernizzazione *software*

In questa sezione descriverò come l’intelligenza artificiale abbia trasformato il progetto da «prototipo dimostrativo» a «soluzione potenzialmente completa», confronterò l’approccio sviluppato con soluzioni *enterprise* come IBM *WatsonX*, analizzerò il ruolo cruciale del *prompt engineering* e valuterò limiti e potenzialità dell’approccio AI-driven.

Crescita professionale e competenze acquisite

In questa sezione descriverò le *hard skills* acquisite in migrazione *legacy*, AI *engineering* e *prompt design*, analizzerò le *soft skills* sviluppate come *problem solving* e adattabilità, illustrerò la visione sistematica della modernizzazione IT maturata e la capacità di valutare e integrare pragmaticamente tecnologie emergenti.

Valore della formazione universitaria nell’era dell’AI

In questa sezione analizzerò come il percorso universitario mi abbia fornito le solide basi metodologiche essenziali per affrontare questa sfida tecnologica, valorizzando in particolare l’approccio al *problem solving* e il metodo di studio critico acquisiti. Descriverò come la formazione teorica ricevuta si sia rivelata fondamentale per comprendere e padroneggiare tecnologie emergenti come l’AI, evidenziando l’importanza dell’approccio universitario che insegna ad «imparare ad imparare».

Roadmap evolutiva e opportunità di sviluppo

In questa sezione descriverò le possibili evoluzioni della soluzione verso il supporto *multilinguaggio* per altri sistemi *legacy*, analizzerò il potenziale di commercializzazione della soluzione e esplorerò l’uso di *multi-agent systems* per conversioni complesse.

Lista degli acronimi

AI: Artificial Intelligence

COBOL: Common Business-Oriented Language

IT: Information Technology

LLM: Large Language Models

Glossario

Agile: Metodologia di sviluppo software iterativa e incrementale

Kanban: Sistema di gestione del workflow visuale

Miriade: Azienda specializzata nell'analisi dati e nelle soluzioni informatiche

Scrum: Framework Agile per la gestione di progetti complessi

legacy: Sistemi informatici datati ma ancora in uso

mainframe: Computer di grandi dimensioni per elaborazioni complesse

microservizi: Architettura software basata su servizi indipendenti

stack tecnologico: Insieme di tecnologie software utilizzate per sviluppare un'applicazione

Bibliografia

- [1] CBT Nuggets, «What is COBOL and Who Still Uses It?». Consultato: 15 dicembre 2024. [Online]. Disponibile su: <https://www.cbtnuggets.com/blog/technology/programming/what-is-cobol-and-who-still-uses-it>
- [2] Version 1, «Legacy System Modernization: Challenges and Solutions». Consultato: 15 dicembre 2024. [Online]. Disponibile su: <https://www.version1.com/insights/legacy-system-modernization/>
- [3] DXC Luxoft, «How come COBOL-driven mainframes are still the banking system of choice?». Consultato: 15 dicembre 2024. [Online]. Disponibile su: <https://www.luxoft.com/blog/why-banks-still-rely-on-cobol-driven-mainframe-systems>
- [4] How-To Geek, «What Is COBOL, and Why Do So Many Institutions Rely on It?». Consultato: 15 dicembre 2024. [Online]. Disponibile su: <https://www.howtogeek.com/667596/what-is-cobol-and-why-do-so-many-institutions-rely-on-it/>
- [5] CAST Software, «Why COBOL Still Dominates Banking—and How to Modernize». Consultato: 15 dicembre 2024. [Online]. Disponibile su: <https://www.castsoftware.com/pulse/why-cobol-still-dominates-banking-and-how-to-modernize>
- [6] New Relic, «2024 State of the Java Ecosystem». Consultato: 15 dicembre 2024. [Online]. Disponibile su: <https://newrelic.com/resources/report/2024-state-of-java-ecosystem>