

INGEGNERIA DEL SOFTWARE

Alessandro Zappatore

Università del Piemonte Orientale
Anno accademico 2024/2025, 1° semestre

Indice

1	Introduzione	3
1.1	Cos'è l'Ingegneria del software	3
1.2	Sistemi software	3
1.3	Il processo software	3
1.4	Modelli di processo	3
1.4.1	Modello a cascata (waterfall)	3
1.4.2	Modello iterativo	4
1.4.3	Altri modelli	4
1.5	Gestione del processo	4
1.6	Strumenti CASE	4
2	Specifica	6
2.1	Requisiti funzionali	6
2.2	Requisiti non funzionali	6
2.2.1	Requisiti di prodotto	6
2.2.2	Requisiti organizzativi	6
2.2.3	Requisiti esterni	7
2.3	Sistemi critici	7
2.4	Costo dell'affidabilità	7
2.5	Processo di specifica	7
2.5.1	Studio di fattibilità	8
2.5.2	Deduzione dei requisiti	8
2.5.3	Analisi dei requisiti	8
2.5.4	Validazione dei requisiti	9
3	Progettazione	10
3.1	Attività di progettazione	10
3.1.1	Progettazione architetturale	10
3.1.2	Progettazione delle strutture dati	10
3.1.3	Progettazione degli algoritmi	10
3.1.4	Progettazione dell'interfaccia utente (grafica)	10
3.2	Progettazione architetturale	10
3.2.1	Strutturazione	10
3.2.2	Deployment	11
3.2.3	Metodo di controllo	12
3.2.4	Modellazione del comportamenti ad oggetti	13

4	Collaudo	14
4.1	Verifica	14
4.2	Validazione	14
4.3	Ispezione	14
4.3.1	Ruoli nel team di ispezione	15
4.3.2	Processo di ispezione	15
4.3.3	Analisi statica del codice	16
4.4	Testing	16
4.4.1	Processo di testing	17
4.4.2	Test-case	17
4.5	Complessità ciclomatica	19
4.6	Tipi di componenti da integrare nel sistema	19
4.6.1	Approcci di integrazione dei componenti	19
4.6.2	Testing con integrazione incrementale	19
4.7	Test di usabilità	21
4.8	Stress testing	21
4.9	Back-to-back testing	22
5	Manutenzione	23
5.1	Tipi di manutenzione	23
5.1.1	Manutenzione correttiva	23
5.1.2	Manutenzione adattiva	23
5.1.3	Manutenzione migliorativa	23
5.2	Curva dei guasti	23
5.2.1	Guasti dell'hardware	23
5.2.2	"Guasti" del software	24
5.3	Fattori che influenzano il costo di manutenzione	24
5.4	Processo di manutenzione	25
5.5	CRF (Change Request Form)	25
5.6	Manutenzione di emergenza (patch)	26
5.7	Versioni e Release	26
5.7.1	Versione	26
5.7.2	Release	26
5.7.3	Identificare numericamente le versioni	27
5.8	Identificare le versioni tramite gli attributi	27
5.9	Configurazione software	27
5.9.1	Database delle configurazioni	27
5.10	Sistemi ereditati (Legacy system)	27
5.10.1	Strategie per i sistemi ereditati	28
5.11	Forward engineering vs re-engineering	28
5.11.1	Forward engineering (ingegneria diretta)	28
5.11.2	Re-engineering	28
5.12	Reverse engineering	29
5.13	Reimplementazione del sistema	30
5.13.1	Creazione di un nuovo sistema partendo dal vecchio sistema	30

1 Introduzione

1.1 Cos'è l'Ingegneria del software

L'ingegneria del software è l'applicazione del processo ingegneristico allo sviluppo di prodotti software.

1.2 Sistemi software

Un *sistema software* è un insieme di componenti software che funzionano in modo coordinato allo scopo di informatizzare una certa attività. La realizzazione di un sistema software richiede l'impiego di un gruppo di lavoro, nel quale ogni persona ricopre un ruolo ben preciso e le attività dei vari gruppi vanno coordinate, e tempo da dedicare alle varie fasi di sviluppo.

Esistono due categorie di sistemi software:

- i **sistemi generici**, realizzati per essere utilizzati da tanti clienti, venduti sul mercato. Requisiti dettati dalle tendenze di mercato;
- **sistemi customizzati**, richiesti da uno specifico cliente (il committente).

1.3 Il processo software

Con *ingegneria del software* si intende l'applicazione del processo dell'Ingegneria alla produzione di sistemi software. Il processo è suddiviso in:


- **specifica**: definizione dei requisiti funzionali e non funzionali
- **progettazione**: si definiscono architettura, controllo, comportamento dei componenti, strutture dati, algoritmi, struttura del codice, interfaccia utente
- **implementazione**: scrittura del codice e integrazione dei moduli
- **collaudo**: si controlla se il sistema ha difetti di funzionamento e se soddisfa i requisiti
- **manutenzione**: modifiche del sistema dopo la consegna

1.4 Modelli di processo

1.4.1 Modello a cascata (waterfall)

Esegui le 5 fasi in modo sequenziale (modello tradizionale):

specifica → *progettazione* → *implementazione* → *collaudo* → *manutenzione*



Foto/Waterfall1.png

1.4.2 Modello iterativo

1. Si esegue un po' di specifica, un po' di progettazione, un po' di implementazione e un po' di collaudo;
2. Viene generato un prototipo che realizza un sottoinsieme dei servizi;
3. Si ripete dal punto 1 fino a realizzare tutti i servizi richiesti.

1.4.3 Altri modelli

- Modello agile;
- Modello a spirale;
- Tanti altri.

1.5 Gestione del processo

L'ingegneria del software si occupa anche della gestione del progetto, attraverso il **project manager**, che si svolge in parallelo al processo software.

Le principali attività di gestione sono l'**assegnazione** di risorse (umane, finanziarie...), la **stima del tempo** necessario per ogni attività, la **stima dei costi** e la **stima dei rischi**.

1.6 Strumenti CASE

CASE = Computer Aided Software Engineering

Sono tutti i tool informatici che supportano le fasi dell'ingegneria.

- **Specifica** : editor dei requisiti;
- **Progettazione** : editor dei diagrammi di progettazione;
- **Implementazione** : IDE, strumenti per condivisione dei file;
- **Collaudo** : strumenti per ispezione e testing automatico del codice;

- **Manutenzione** : strumenti per la gestione delle versioni del codice e della documentazione.

2 Specifica

La **specifica** è l'insieme di attività necessarie per generare il documento dei requisiti che descrive i *requisiti funzionali* e i *requisiti non funzionali*: descrive il "cosa" il sistema deve fare, non il "come". I requisiti servono per una proposta di contratto e modellare fasi successive del processo software.

Nella specifica non viene considerata l'architettura del sistema (interfaccia utente, database, ...).

2.1 Requisiti funzionali

I requisiti funzionali sono i servizi che il cliente richiede al sistema. Per ogni servizio si descrive:

- cosa accade nell'interazione tra utente e sistema;
- cosa accade in seguito ad un certo input o stimolo;
- cosa accade in particolari situazioni, ad esempio in caso di eccezioni.

Il sistema viene considerato come un'unica entità, non viene descritto come funziona internamente il sistema, in quanto è oggetto della successiva fase di progettazione.

2.2 Requisiti non funzionali

2.2.1 Requisiti di prodotto

Descrivono la qualità del prodotto. Una **proprietà emergente** è una proprietà che "emerge" dal funzionamento del sistema, dopo che è stato implementato.

Esempi:

- **Usabilità** (requisiti che riguardano la facilità d'uso del sistema);
- **Mantenibilità** (facilità di manutenzione del sistema eg. stabilire quali tipi di commenti aggiungere nel codice);
- **Portabilità** (facilità con cui posso far migrare il sistema da una piattaforma ad un'altra);
- **Efficienza** (eg. tempo di risposta del sistema, quantità di memoria occupata);
- **Affidabilità** (grado di fiducia con cui si ritiene che il sistema funzioni correttamente);
 - *Reliability* (il sistema deve funzionare per un certo periodo di tempo senza avere dei malfunzionamenti, eg. 90% di reliability dopo un anno che non abbia problemi, MTTF);
 - *Availability* (probabilità con cui il sistema fornisce il sistema nel momento in cui è richiesto);
 - *Safety* (capacità del sistema di non causare danni alle persone, ambiente di natura economica);
 - *Security* (sicurezza dagli attacchi informatici).
- **Recoverability** (capacità del sistema di tornare disponibile dopo un crash, recuperare dati persi).

2.2.2 Requisiti organizzativi

Caratteristiche riguardanti le fasi del processo software o la gestione del progetto.

- **Requisiti di sviluppo** Sono tutti i vincoli relativi alle tecniche di sviluppo del software.
 - Metodi e tecniche (eg. no ricorsione);
 - Linguaggi;

- Tool.

- **Requisiti gestionali**

- Tempo di consegna;
- Risorse da usare (eg. persone, hardware, licenze);
- Costi di sviluppo.

2.2.3 Requisiti esterni

Tutti i requisiti che provengono dall'esterno.

- **Requisiti giuridici**

- Safety;
- Standard;
- Privacy;

- **Requisiti di compatibilità** (eg. il sistema si interfaccia con un altro sistema)

2.3 Sistemi critici

Un sistema viene detto critico quando un suo malfunzionamento può causare danni:

- **Safety critical system**

- Persone;
- Ambiente;
- Strutture.

- **Business critical system**

- Economico.

2.4 Costo dell'affidabilità

Il costo cresce in modo esponenziale rispetto al grado di affidabilità richiesto.

- Tecniche di tolleranze ai guasti (fault-tolerance);
- Tecniche per proteggersi da attacchi.

2.5 Processo di specifica

Il *processo di specifica* è il processo per generare il documento dei requisiti, ed è diviso in più fasi. Lo stesso requisito viene definito con due gradi di dettaglio diversi. Il *requisito utente* è descritto ad alto livello, in linguaggio naturale, ed è il risultato della deduzione dei requisiti. Il *requisito di sistema* è descritto dettagliatamente, fornendo tutti i dettagli necessari per la fase di progettazione, ed è il risultato dell'analisi dei requisiti.

2.5.1 Studio di fattibilità

Lo *studio di fattibilità* è la valutazione della possibilità di sviluppare il sistema e dei suoi vantaggi per il committente. Si decide se la costruzione del sistema è fattibile date le risorse disponibili e se il sistema è effettivamente utile al cliente. Per svolgere lo studio si raccolgono informazioni e si prepara un rapporto di fattibilità, che contiene la valutazione della possibilità di costruire un sistema e dei vantaggi che possono derivare dalla sua introduzione.

2.5.2 Deduzione dei requisiti

La *deduzione dei requisiti* è la raccolta di informazioni da cui dedurre quali sono i requisiti. Le informazioni si possono raccogliere mediante uno studio del dominio applicativo del sistema richiesto, il dialogo con stakeholder, studio di sistemi simili già realizzati e studio di sistemi con cui dovrà interagire quello da sviluppare.

Dominio applicativo è l'insieme di entità reali su cui il sistema software ha effetto.

Stakeholder è, in ambito economico, il soggetto che può influenzare il successo di un'impresa o che ha interessi nelle decisioni dell'impresa; in ambito del processo software sono persone che possono influenzare il processo o che hanno interesse nelle decisioni assunte in esso.

È possibile dialogare con gli stakeholder tramite *interviste*, nelle quali viene chiesto di raccontare attraverso degli esempi reali come l'attività lavorativa funziona realmente, e tramite *etnografia*, l'osservazione dei potenziali utenti nello svolgimento delle loro mansioni.

Il dialogo con gli stakeholder presenta vari problemi, in quanto non sono in grado di indicare chiaramente cosa vogliono dal sistema, omettendo informazioni ritenute ovvie ed utilizzando terminologia non adatta. Inoltre, lo stesso requisito può essere espresso da più stakeholder in maniera differente, ed addirittura essere in conflitto.

Molti problemi scaturiscono dal *linguaggio naturale*, in quanto una descrizione ad alto livello di un requisito può generare confusione. La soluzione è quella di utilizzare il linguaggio in modo coerente, evitando gergo tecnico ed illustrando i requisiti tramite semplici diagrammi.

2.5.3 Analisi dei requisiti

L'*analisi dei requisiti* è l'organizzazione, negoziazione e modellazione dei requisiti.

Comprende:

- **classificazione e organizzazione dei requisiti**
- **assegnazione di priorità ai requisiti:** si stabilisce il grado di rilevanza di ogni requisito
- **negoziazione dei requisiti**
- **modellazione analitica dei requisiti:** produzione di modelli che rappresentano o descrivono nel dettaglio i requisiti

Requisiti di sistema sono l'espansione dei requisiti utente, e formano la base per la progettazione. Il linguaggio naturale non è adatto alla definizione di un requisito di sistema, quindi è necessario usare template, modelli grafici o notazione matematica.

Modello data-flow detto anche pipe & filter, permette di modellare il flusso e l'elaborazione dei dati, ma non prevede la gestione degli errori. L'elaborazione è di tipo batch: input → elaborazione → output.

I requisiti non funzionali si possono specificare definendone delle misure quantitative:

- *efficienza*: tempo di elaborazione delle richieste, occupazione di memoria
- *affidabilità*: probabilità di malfunzionamento, disponibilità
- *usabilità*: tempo di addestramento, aiuto contestuale

Documento dei requisiti contiene il risultato della deduzione e dell'analisi, ed è la dichiarazione ufficiale di ciò che si deve sviluppare. Il documento contiene una breve introduzione che descrive le funzionalità del sistema, un glossario contenente le definizioni di termini tecnici, i requisiti utente e i requisiti di sistema, correlati con modelli UML. Il documento è letto da tutte le figure coinvolte nella realizzazione del progetto.

2.5.4 Validazione dei requisiti

La *validazione dei requisiti* è la verifica del rispetto di alcune proprietà da parte del documento dei requisiti, serve ad evitare la scoperta di *errori di specifica* durante le fasi successive del processo software. Sono da verificare le seguenti proprietà:

- **completezza**: tutti i requisiti richiesti dal committente devono essere documentati;
- **coerenza**: la specifica dei requisiti non deve contenere definizioni tra loro contraddittorie;
- **precisione**: l'interpretazione di una definizione di requisito deve essere unica;
- **realismo**: i requisiti devono essere implementati date le risorse disponibili;
- **tracciabilità**: quando si modifica un requisito bisogna valutarne l'impatto sul resto della specifica: è quindi necessario tracciarlo. Vari tipi:
 - *tracciabilità della sorgente*: reperire la fonte d'informazione relativa al requisito
 - *tracciabilità dei requisiti*: individuare i requisiti dipendenti;
 - *tracciabilità del progetto*: individuare i componenti del sistema che realizzano il requisito;
 - *tracciabilità dei test*: individuare i test-case usati per collaudare il requisito.

Per validare i requisiti si può impiegare un gruppo di *revisori* che ricontrolli i requisiti e *costruire dei prototipi*.

3 Progettazione

3.1 Attività di progettazione

Durante la fase di *progettazione architetturale* viene definita la struttura del sistema, come questo verrà distribuito e come il sistema si dovrà comportare. Sono inoltre progettate le strutture dati, gli algoritmi e la GUI.

3.1.1 Progettazione architetturale

- **Strutturazione del sistema:** definire quali sono i sottosistemi e i moduli interni ad ogni sottosistema;
- **Metodo di controllo:** stabilire quali sono i componenti che invocano le operazioni e quali le eseguono;
- **Modellazione del comportamento:** per ogni servizio stabilire come i componenti interagiscono tra di loro.

Posso utilizzare diagrammi UML.

3.1.2 Progettazione delle strutture dati

Se è presente un database dovrò progettare le strutture dati. (Eg. stabilire le tabelle, chiavi, ...).
Modello entità-relazione, modello relazionale, UML (diagramma delle classi).

3.1.3 Progettazione degli algoritmi

Gli algoritmi da implementare per ogni metodo.
Diagrammi di flusso, UML (diagrammi delle attività).

3.1.4 Progettazione dell'interfaccia utente (grafica)

Se necessaria.
Disegnare su carta/tool per l'aspetto dell'interfaccia grafica.

3.2 Progettazione architetturale

3.2.1 Strutturazione

Stile stratificato Ogni strato (solitamente 3) interagisce con gli strati adiacenti

- **Presentazione:** interfaccia utente;
 - raccolta degli input dell'utente;
 - visualizzazione output all'utente.
- **Elaborazione:** applicazione;
 - elabora dati in input e produce dati in output.
- **Gestione dei dati:** database.
 - aggiunta, modifica, rimozione di dati;
 - ricerca di dati.

Sottosistema Parte del sistema dedicata a svolgere una certa attività.

Modulo Parte di un sottosistema dedicata a svolgere particolari funzioni legate alle attività del sottosistema.

- Presentazione: UI di login, UI del menu, ...;
- Elaborazione: gestore accessi, gestore ricerche, ...;
- Gestione dei dati: DB utenti, DB pagamenti,

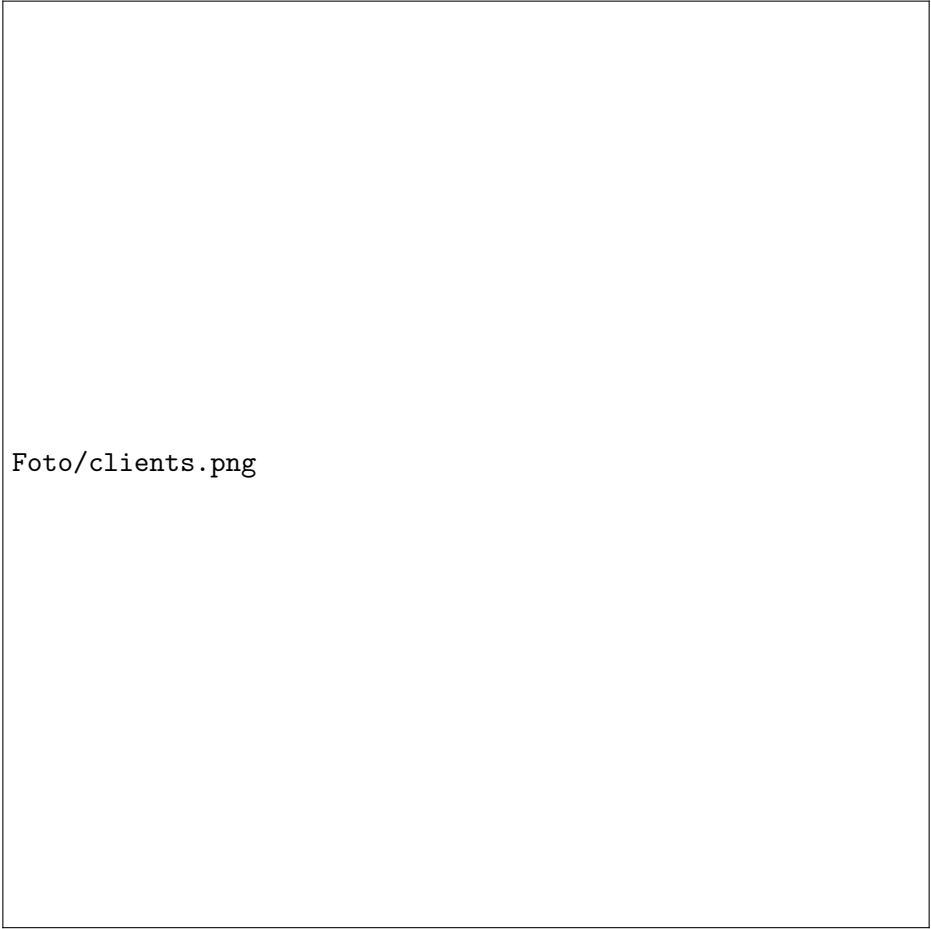
3.2.2 Deployement

Con *deployment* si intende la distribuzione dei componenti in vari dispositivi hardware.

Nel **deployment a 1-tier** i tre stati del sistema sono concentrati su un dispositivo, in quello a **2-tiers** su due e in quello a **3-tiers** su tre.

Deployement 2-tiers

- **Thin client:** il server si occupa dell'elaborazione e della gestione dei dati, mentre il client si occupa della presentazione.
 - carico spostato sulla macchina server;
 - macchina client sprecata dal punto di vista computazionale.
- **Fat client:** il server si occupa della gestione dei dati, mentre il client si occupa della presentazione e dell'elaborazione.
 - minore carico sulla macchina server;
 - il software di elaborazione deve essere aggiornato su tutte le macchine client.



Foto/clients.png

3.2.3 Metodo di controllo

Un componente fornisce servizi ad altri componenti. Un'**interfaccia** è un insieme di operazioni che il componente mette a disposizione di altri componenti ed è condivisa con i componenti che lo invocano. Un **corpo** è la parte interna del componente e non è conosciuto agli altri componenti. La separazione tra interfaccia (pubblica) e corpo (privato) è detta **information hiding**.

Esistono diversi stili di controllo (attivazione) tra componenti:

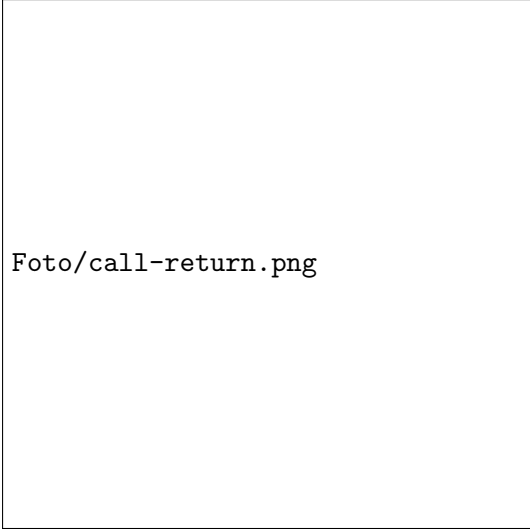
- controllo **centralizzato**: è presente un componente detto **controllore**, che controlla l'attivazione e il coordinamento degli altri componenti detti passivi, che eseguono i comandi e restituiscono l'output al controllore;

Il controllore periodicamente esegue un **control-loop**:

- controlla se dei componenti hanno prodotto dati da elaborare;
 - attiva o disattiva dei componenti a seconda dei dati raccolti;
 - passa i dati ai componenti per l'elaborazione;
 - raccoglie i risultati.
- controllo **basato su eventi**: è basato su eventi esterni (ad esempio un segnale) ed ogni componente si occupa di gestire determinati eventi; il gestore degli eventi è detto **broker**, che rileva l'evento e lo notifica tramite broadcast:
 - Broadcast **selettivo**: invia una notifica ai componenti interessati.

Il gestore degli eventi mantiene un registro con gli eventi e i corrispondenti componenti di interesse. I componenti possono comunicare al gestore quali sono gli eventi di loro interesse.

- Broadcast **non selettivo**: invia una notifica a tutti i componenti.
- controllo **call-return**: il controllo passa dall'alto verso il basso (**Top-down**); Ogni operazione ritorna un risultato al livello superiore, al componente che lo aveva invocato.



Foto/call-return.png

- controllo **client-server**: un componente client (controllore) chiede un servizio ad un componente server (passivo) attraverso una chiamata di procedura e il componente server risponde.

3.2.4 Modellazione dei comportamenti ad oggetti

I componenti del sistema sono considerati come oggetti che interagiscono. Un *oggetto* è definito da:

- **attributi**: definiscono lo stato dell'oggetto;
- **operazioni**: operazioni che l'oggetto può compiere.

Gli oggetti comunicano tra di loro attraverso lo scambio di messaggi.

4 Collaudo

La fase di collaudo avviene alla fine dell'implementazione (scrittura del codice) del sistema. Si ricercano e correggono difetti, si controlla che il prodotto realizzi ogni servizio senza malfunzionamenti o bug (**fase di verifica**) e che soddisfi i requisiti del committente (**fase di validazione**).

4.1 Verifica

Si va alla ricerca di eventuali bug.

$\text{Error} \rightarrow \text{Fault} \rightarrow \text{Failure}$

- **Error** = causa di un baco, errore umano (errore di scrittura, errore logico);
- **Fault** (baco) = difetto del programma dovuto a un errore (eg. simbolo sbagliato all'interno di un operazione algebrica);
- **Failure** (malfunzionamento) = manifestazione visibile della presenza di un baco (eg. divisione per zero causa il crash) - comportamento imprevisto.

Are we building the system right?

4.2 Validazione

Are we building the right system?

4.3 Ispezione

L'ispezione è una **tecnica statica** di analisi del codice, basata sulla lettura di quest'ultimo e della documentazione. L'ispezione è meno costosa del testing e può essere eseguita su una versione incompleta del sistema, ma alcuni requisiti non funzionali non si possono collaudare solo con l'ispezione (efficienza, affidabilità, usabilità, ...).

Un team analizza il codice e segnala i possibili difetti. Viene seguita una checklist che indica i possibili difetti da investigare:

Classe di errore	Controllo di ispezione
Errori nei dati	Tutte le variabili del programma sono inizializzate prima che il loro valore sia utilizzato? Tutte le costanti hanno avuto un nome? Il limite superiore degli array è uguale alla loro dimensione o alla loro dimensione -1? Se si utilizzano stringhe di caratteri, viene assegnato esplicitamente un delimitatore? Ci sono possibilità di buffer overflow?
Errori di controllo	Per ogni istruzione condizionale la condizione è corretta? E' certo che ogni ciclo sarà ultimato? Le istruzioni composte sono correttamente messe fra parentesi? Se è necessario un break dopo ogni caso nelle istruzioni case, è stato inserito?
Errori di Input/Output	Sono utilizzate tutte le variabili di input? A tutte le variabili di output viene assegnato un valore prima che siano restituite? Input imprevisti possono causare corruzione?
Errori di interfaccia	Tutte le chiamate a funzione e a metodo hanno il giusto numero di parametri? Il tipo di parametri formali e reali corrisponde? I parametri sono nel giusto ordine? Se i componenti accedono alla memoria condivisa, hanno lo stesso modello di struttura per questa?
Errori nella gestione della memoria	Se una struttura collegata viene modificata, tutti i collegamenti sono correttamente riassegnati? Se si utilizza la memoria dinamica, lo spazio è assegnato correttamente? Lo spazio viene esplicitamente deallocato quando non è più richiesto?
Errori di gestione delle eccezioni	Sono state prese in considerazione tutte le possibili condizioni d'errore?

4.3.1 Ruoli nel team di ispezione

Il team di ispezione è composto da:

- **Autori** = programmatori del codice; correggono i difetti rilevati durante l'ispezione;
- **Ispettori** = trovano i difetti;
- **Moderatore** = gestisce il processo di ispezione.

4.3.2 Processo di ispezione

Fase di pianificazione il moderatore seleziona gli ispettori e controlla che il materiale (codice, documentazione) sia completo.

Fase di introduzione il moderatore organizza una riunione preliminare con autori e ispettori nella quale è discusso lo scopo del codice e la checklist da seguire.

Fase di preparazione individuale gli ispettori studiano il materiale e cercano difetti nel codice in base alla checklist ed all'esperienza personale.

Fase di riunione di ispezione gli ispettori indicano i difetti individuati.

Fase di rielaborazione il programma è modificato dall'autore per correggere i difetti.

Fase di prosecuzione il moderatore decide se è necessario un ulteriore processo di ispezione.

4.3.3 Analisi statica del codice

Gli strumenti *CASE* (eg. gcc -wall) supportano l'ispezione del codice eseguendo su di esso:

- **Analisi del flusso di controllo** per ricercare:
 - cicli con uscite multiple;
 - salti incondizionati all'interno di un ciclo;
 - codice non raggiungibile:
 - * delimitato da istruzioni di salto incondizionato;
 - * vincolato ad una condizione sempre falsa.
- **Analisi dell'uso dei dati** per ricercare:
 - variabili non inizializzate prima di essere usate;
 - variabili scritte, ma non lette;
 - variabili dichiarate ma non usate;
 - violazione dei limiti di un array;
 - condizioni che danno sempre lo stesso valore booleano.
- **Analisi delle interfacce:**
 - consistenza delle dichiarazioni di metodi, funzioni, procedure;
 - * errore nel tipo di parametri, nel numero di parametri;
 - metodi, funzioni, procedure dichiarate, ma mai invocate;
 - risultati di funzioni non usati.
- **Analisi della gestione della memoria:**
 - puntatori non assegnati;
 - errori nell'aritmetica dei puntatori.

L'analisi statica precede l'ispezione del codice fornendo informazioni utili all'individuazione dei difetti.

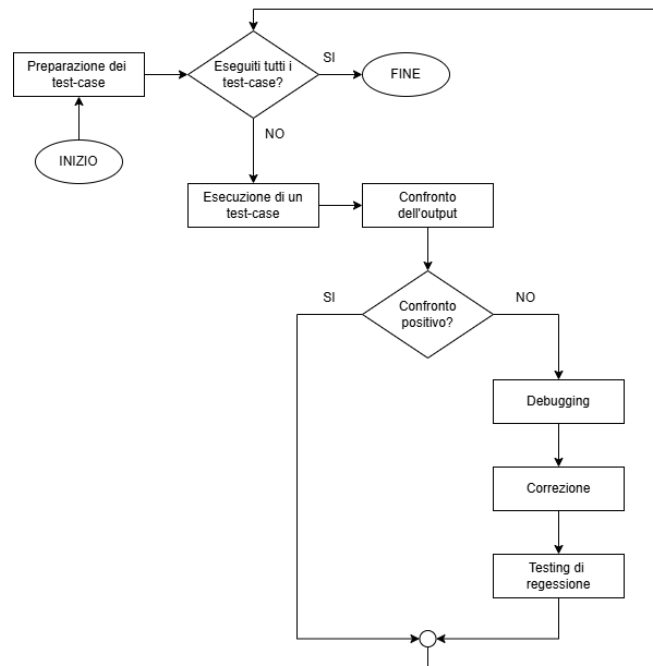
L'analisi statica non è sufficiente, ad esempio:

- individua inizializzazioni mancanti, ma non inizializzazioni errate;
- individua il passaggio di parametri di tipo errato, ma non il passaggio del parametro errato.

4.4 Testing

Il testing è una **tecnica dinamica** dove il sistema viene messo in esecuzione e si osserva come questo si comporta quando elabora dei test-case. Se il testing non rileva difetti, questo non significa che il sistema non ha difetti, ma che il testing non ha riguardato parti del sistema soggette a difetti.

4.4.1 Processo di testing



Preparazione dei test-case prodotte le "black box" o "white box" e si forniscono i dati di input del test e i dati di output attesi.

Esecuzione di un test-case fornendo al sistema i dati di input del test-case.

Confronto dei risultati di output ritornati dal sistema con i dati di output attesi. Se i dati di output attesi e quelli ritornati non corrispondono, allora c'è la presenza di un difetto e si eseguono le fasi successive.

Debugging si controlla l'esecuzione del programma, istruzione per istruzione. Dopo l'esecuzione di ogni istruzione si controllano i valori delle variabili. Alla fine si scopre la posizione dell'errore.

Correzione dell'errore, si modifica il codice per eliminare il difetto.

Testing di regressione

- Si ripete l'ultimo test-case, per verificare che le modifiche al codice abbiano effettivamente corretto l'errore;
- Si ripetono i test-case precedenti, per verificare che le modifiche non abbiano introdotto altri difetti (effetto collaterale).

4.4.2 Test-case

Un test-case è composto da dati in input e dati in output attesi. I dati di input possibili potrebbero essere infiniti e di conseguenza i test-case, però il sistema può essere testato un numero finito di volte. Serve un criterio per scegliere un numero finito di test-case che permetta un testing efficace del sistema:

Black box testing il sistema è visto come una scatola **non** trasparente, la scelta dei test-case è basata sulla conoscenza di quali sono i dati di input e i dati di output.

- Si considerano solo gli input e gli output della funzione da testare;
- non si considera il modo in cui i dati di input vengono trasformati in dati di output.

Dato l'insieme dei dati di input e l'insieme dei dati di output, una **partizione di equivalenza** è un sottoinsieme dei dati di input per cui:

- il sistema produce sempre lo stesso dato di output;
- oppure il sistema produce dati di output che appartengono sempre ad un determinato sottoinsieme.

Normalmente, il sistema si comporta nello stesso modo per i dati di input che appartengono alla stessa partizione.

Si può fare black box testing usando delle partizioni di equivalenza: si suppone che se un test è negativo/positivo per alcuni elementi della partizione, allora il test è negativo/positivo per tutti gli elementi della partizione.

Per individuare le partizioni:

- si identificano i possibili dati di output;
- se numerosi, si distribuiscono in sottoinsiemi;
- per ogni dato di output o sottoinsieme di dati di output si individuano una o più partizioni di equivalenza tra i dati di input;
- da ogni partizione si scelgono un numero finito di test-case:
 - **BVA (Boundary Value Analysis)**: si scelgono test-case con dati di I/O al **confine** delle partizioni di equivalenza.
- maggiore è il partizionamento dei dati, maggiore sarà il numero di test-case, e maggiore sarà l'efficacia dei test.

White box (o glass-box) testing il sistema è visto come una scatola trasparente, la scelta dei test-case è basata sulla struttura del codice.

- È visibile il modo in cui i dati vengono elaborati.

Il collaudatore può vedere il codice e i test-case sono ricavati dall'analisi del codice.

L'obiettivo è testare ogni parte del codice:

- ogni istruzione nel programma deve essere eseguita almeno una volta durante il testing;
- ogni condizione nel programma deve essere eseguita sia nel caso sia vera, sia nel caso sia falsa.

Il codice viene rappresentato con un **flow graph** (grafo di flusso) che rappresenta i possibili cammini nel codice. Un nodo può rappresentare un'istruzione, un gruppo di istruzioni in sequenza o una condizione, gli archi rappresentano il flusso del controllo. Il flow graph può essere ricavato in modo manuale o automatico (strumento CASE).

Nel codice, un **cammino** si dice **indipendente** se introduce almeno una nuova sequenza di istruzioni o una nuova condizione. Nel flow graph corrispondente, un cammino è indipendente se attraversa almeno un arco non ancora percorso nei cammini precedenti.

4.5 Complessità ciclomatica

Il numero di cammini indipendenti equivale alla **CC (Complessità Ciclomantica)** del flow graph. CC è il numero di test-case richiesti per eseguire almeno una volta ogni parte del codice. I **dynamic program analyser** (EclEmma) sono strumenti CASE che, dato un test-case, indicano quali parti del codice sono state interessate da un test-case e quali sono ancora da testare.

4.6 Tipi di componenti da integrare nel sistema

- Componenti sviluppati ad-hoc per il sistema, sono tipicamente implementati in parallelo;
- Componenti commerciali (COTS - Commercial Off-The-Shelf) già disponibili, il costo è inferiore rispetto ad un componente ad-hoc;
- Componenti realizzati per sistemi precedenti, costo quasi nullo.

4.6.1 Approcci di integrazione dei componenti

- **Integrazione** = composizione dei componenti in un unico sistema;
- **Approccio incrementale** = i componenti sono integrati uno alla volta, la consegna dei componenti deve essere coordinata, ma non contemporanea;
- **Approccio "big bang"** = i componenti sono tutti integrati contemporaneamente, i componenti devono essere completati entro lo stesso termine temporale.

4.6.2 Testing con integrazione incrementale

Il testing riguarda ciascun componente e la sua integrazione nel sistema:

- **Testing dei componenti** = testing di ogni componente (ad-hoc) considerato in modo isolato;
- **Testing di integrazione** = si testa il sistema costituito dai componenti testati ed integrati finora, viene ripetuto ogni volta che un componente viene integrato;
- **Release testing** = testing del sistema costituito da tutti i componenti:
 - Prodotti customizzati: test di accettazione;
 - Prodotti generici: alpha testing, beta testing.

Testing dei componenti Riguarda i singoli componenti. Il test di un componente:

- può essere preceduto dall'**ispezione** del codice, il codice di un componente non è di solito troppo lungo;
- può essere di tipo **white box**, il codice di un componente non è di solito troppo lungo;
- ha lo scopo di **verifica** (ricerca dei bachi), di solito non si può fare la validazione sulla base di un singolo componente;
- viene svolto di solito dal programmatore del componente.

Testing di integrazione Viene svolto quando si integrano due o più componenti. Lo scopo del test di integrazione è verificare l'interfacciamento corretto dei componenti:

- le funzioni di un componente devono essere invocate nel modo corretto;
- le funzioni di un componente devono ritornare i risultati attesi.

Si applicano i test-case applicati nei test di integrazione precedenti (test di regressione).

- L'aggiunta di nuovi componenti può creare problemi nel funzionamento di quelli integrati e testati precedentemente.

In fine si applicano nuovi test-case.

Quando si presenta un difetto, è più probabile che esso riguardi l'ultimo componente integrato.

Il test di integrazione riguarda la verifica, può riguardare la validazione se sono già stati integrati i componenti necessari per un certo requisito.

Tipo di test:

- White box se pochi componenti sono stati integrati finora;
- Black box se molti componenti sono stati integrati finora.

Top-down integration testing Si costruiscono prima i moduli primari, poi quelli secondari. I moduli secondari non ancora disponibili sono sostituiti da **STUB** (moduli ausiliari "dummy" che forniscono servizi preimpostati con dati costruiti appositamente per verificare i test-cases).

Bottom-up integration testing Si costruiscono prima i moduli secondari, poi quelli primari. I moduli primari non ancora disponibili sono sostituiti da **DRIVER** (test program che invoca il modulo secondo i dati selezionati per i test-case).

Release testing Riguarda il sistema completo. Riguarda la **validazione** ed è di tipo **black-box**.

Sistemi customizzati: test di accettazione:

- il committente controlla il soddisfacimento dei requisiti;
- si effettuano eventuali correzioni;
- queste fasi si ripetono finché il committente non è soddisfatto; quindi il sistema viene effettivamente consegnato.

Sistemi generici:

1. Alpha testing:

- La versione "Alpha" del sistema viene resa disponibile ad un gruppo di sviluppatori (tester) o utenti esperti, per il collaudo;
- La versione "Alpha" viene collaudata ed eventualmente corretta;
- Si ripete l'Alpha testing oppure si genera la versione "Beta".

2. Beta testing:

- La versione "Beta" del sistema viene resa disponibile (via web) ad un gruppo di potenziali clienti per il collaudo;
- La versione "Beta" viene collaudata dai clienti ed eventualmente corretta;
- Si ripete il Beta testing oppure il prodotto viene messo sul mercato.

Testing con integrazione "big-bang" I componenti sono integrati tutti insieme in una sola volta. Si effettuano:

- Test dei componenti (prima dell'integrazione);
- Release testing (dopo l'integrazione).

Non si effettuano testing di integrazione. Questo tipo di integrazione rende molto difficile localizzare un eventuale difetto dopo l'integrazione.

Altri tipi di testing

- **Recovery testing**, valuta requisiti come:
 - Fault tolerance;
 - Recoverability;
 - Mean Time to Repair.
- **Security testing** = simulazione di attacchi dall'esterno;
- **Deployment testing** = verifica dell'installazione sui dispositivi.
- ...

4.7 Test di usabilità

Vari tipi di utente provano ad utilizzare il sistema per la prima volta (utenti non esperti, utenti che hanno già usato sistemi simili, utenti con competenze tecniche, ...). Si valuta la facilità con cui riescono ad usare il sistema, si raccolgono commenti, critiche e suggerimenti dagli utenti.

4.8 Stress testing

Serve per verificare:

- **efficienza** = (tempo di risposta, memoria occupata, numero di job processati, ecc.), il sistema deve elaborare il carico di lavoro previsto;
- **affidabilità** = il sistema non deve fallire (andare in crash).

Viene svolto quando il sistema è completamente integrato (efficienza e affidabilità sono proprietà complessive ed emergenti), riguarda software e hardware.

Si eseguono test in cui il carico di lavoro è molto superiore a quello previsto normalmente

- se il sistema "resiste" a carichi di lavoro superiori al previsto, dovrebbe resistere a carichi di lavoro normali;
- se il sistema non "resiste" è possibile individuare difetti non emersi dagli altri test, corruzione dei dati, perdita dei servizi, ...

4.9 Back-to-back testing

Si usa quando varie versioni del sistema sono disponibili (prototipi, versioni del sistema per sistemi operativi diversi, versioni del sistema per tipi di hardware diversi, nuove versioni con funzioni in comune con le precedenti).

Si effettua lo stesso test su tutte le versioni e si confrontano gli output delle varie versioni

- se l'output non è sempre lo stesso, c'è la presenza di difetti in qualche versione;
- se l'output è sempre lo stesso, è probabile che sia corretto (oppure tutte le versioni potrebbero avere lo stesso difetto).

5 Manutenzione

La manutenzione riguarda tutte le modifiche fatte al sistema **dopo la consegna**.

La manutenzione è un **processo ciclico**, dura dalla consegna alla dismissione del sistema, permette al sistema di "sopravvivere", un sistema va aggiornato nel tempo oppure perde progressivamente di qualità, utilità e valore economico, tutto ciò permette al sistema di "evolversi".

5.1 Tipi di manutenzione

5.1.1 Manutenzione correttiva

Serve a correggere i difetti non emersi in fase di collaudo:

- Difetti di **implementazione** = sono i meno costosi da correggere;
- Difetti di **progettazione** = sono più costosi perché richiedono di modificare vari componenti del sistema;
- Difetti di **specifica** = sono i più costosi da correggere, potrebbe essere necessario riprogettare il sistema.

5.1.2 Manutenzione adattiva

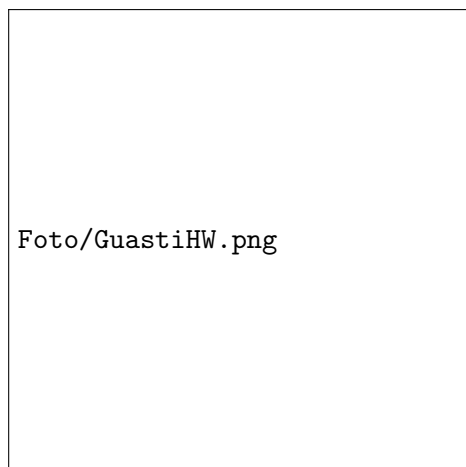
Adattamento del sistema a cambiamenti di piattaforma (nuovo hardware o nuovo sistema operativo).

5.1.3 Manutenzione migliorativa

Aggiunta, cambiamento o miglioramento di requisiti funzionali e non funzionali, secondo le richieste del committente/cliente/utente o in base alle tendenze di mercato.

5.2 Curva dei guasti

5.2.1 Guasti dell'hardware



"Mortalità infantile" = periodo in cui si possono rappresentare difetti non scoperti nel collaudo.

Causa dell'**'usura** = deterioramento dei materiali, polvere, vibrazioni, fattori ambientali, temperatura, *cdots*

5.2.2 "Guasti" del software

Curva ideale nel caso si richieda solo manutenzione correttiva. Non c'è usura per il software.



Curva reale causata da modifiche di manutenzione migliorativa. Ogni modifica può introdurre difetti (effetti collaterali) e quindi successive richieste di manutenzione correttiva.



5.3 Fattori che influenzano il costo di manutenzione

Dipendenza dei componenti la modifica di un componente potrebbe avere ripercussioni sugli altri componenti.

Linguaggio di programmazione i programmi scritti con linguaggi ad alto livello sono più facili da capire e quindi da mantenere.

Struttura del codice il codice ben strutturato e documentato rende più facile la manutenzione.

Collaudo una fase di collaudo approfondita riduce il numero di difetti scoperti successivamente alla consegna.

Qualità della documentazione una documentazione chiara e completa facilita la comprensione del sistema da mantenere.

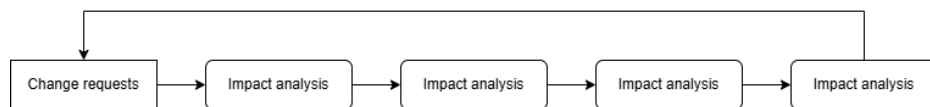
Stabilità dello staff i costi si riducono se lo staff che ha sviluppato il prodotto è lo stesso che lo mantiene.

Età del sistema il costo di manutenzione tende a crescere con l'età del sistema.

Stabilità del dominio dell'applicazione se il dominio subisce variazioni, il sistema deve essere aggiornato (eg. programmi gestionali).

Stabilità della piattaforma il cambiamento della piattaforma (hardware o sistema operativo) può richiedere la manutenzione del software; è raro che la piattaforma non cambi durante la vita del prodotto software.

5.4 Processo di manutenzione



Identificazione dell'intervento arrivo di una richiesta di modifica (nuovi requisiti, correzione di difetti, adattamenti, ...).

Analisi dell'impatto

- Individuare requisiti, componenti, operazioni e test-case influenzati dalla modifica;
- Individuare le possibili soluzioni e valutare tempo, costi e benefici di ognuna.

Pianificazione della release Selezionare la soluzione migliore, accettare o rifiutare la modifica.

Realizzazione della modifica se la modifica è accettata:

- Se necessario, aggiornamento della **specificazione** dei requisiti;
- Se necessario, aggiornamento della **progettazione**;
- Sicuramente, aggiornamento dell'**implementazione** (coding);
- **Collaudo**: test-case relativi alla modifica effettuata + test di regressione (ripetizione dei test-case originali)

Rilascio della nuova versione del codice.

5.5 CRF (Change Request Form)

Il CRF è un documento formale che descrive una modifica. Viene compilato da:

- **Proponente della modifica** (committente, utente finale, sviluppatori) che avanzano una proposta di modifica e priorità;
- **Sviluppatori**
 - requisiti, componenti, test-case influenzati dalla modifica;

- valutazione della modifica, benefici, costi, tempo;
- modalità di implementazione.
- **CCB (Change Control Board)** committente, manager, alcuni sviluppatori che approvano o rifiutano la proposta della modifica.

5.6 Manutenzione di emergenza (patch)

Se si presentano problemi che devono essere risolti in fretta:

- errore grave di sistema che non permette la continuazione delle normali operazioni;
- malfunzionamento del sistema che causa danno economici;
- cambiamenti imprevisti nell'azienda (eg. nuove norme giuridiche)

L'urgenza richiede una manutenzione di emergenza, non si passa attraverso tutte le fasi del processo di manutenzione ma si modifica direttamente il codice, applicando la soluzione più immediata, e si rilascia una versione aggiornata (**patch**).



Più tardi si fa una manutenzione ordinaria per la stessa richiesta di modifica e si rilascia un'ulteriore versione.

5.7 Versioni e Release

5.7.1 Versione

Istanza del sistema che differisce per qualche aspetto dalle altre istanza.

- Variazione dei requisiti;
- Correzione di difetti;
- Piattaforma;
- ...

5.7.2 Release

Una particolare versione che viene distribuita a committente/clienti. Ci sono più versioni che release (versioni intermedie possono essere create durante lo sviluppo).

Una release comprende:

- **Programma eseguibile**;
- **File di configurazione** = indicano come la release deve essere configurata per particolari installazioni;
- **File di dati** = necessari per il funzionamento del sistema;
- **Programma di installazione** = per installare il sistema su una certa piattaforma;
- **Documentazione** cartacea, elettronica, on line.

5.7.3 Identificare numericamente le versioni

A.B.C

- A = major version
- B = minor version
- C = patches

5.8 Identificare le versioni tramite gli attributi

Gli attributi di una versione possono essere:

- Committente;
- Linguaggio di programmazione;
- Stato dello sviluppo;
- Piattaforma (hardware, sistema operativo);
- Data di creazione.

Un numero di versione identifica una versione, ma non fornisce informazioni su di essa, quindi si può usare una combinazione di alcuni suoi attributi (eg. 2000/Linux/Java1.2), gli attributi devono essere scelti in modo che ogni versione possa essere identificata in modo univoco (**Unicità**).

5.9 Configurazione software

Insieme di informazioni prodotte da un processo software.

- Documentazione (requisiti, modelli di progettazione, test-case, ...);
- Codice;
- Dati.

5.9.1 Database delle configurazioni

Contiene le varie configurazioni software corrispondenti alle release di un sistema. Fornisce informazioni utili quando si deve fare la manutenzione, può essere integrato con il VMS (Git, SVN) e può essere integrato con altri strumenti CASE (Editor dei requisiti, UML editor, IDE, Tool per testing automatico).

5.10 Sistemi ereditati (Legacy system)

Un sistema ereditato è un vecchio sistema che deve essere mantenuto nel tempo che presenta tecnologia obsoleta e sono costosi da mantenere, ma la loro dismissione e sostituzione può essere rischiosa (sistemi critici, contengono informazioni che devono essere conservate, servizi molto perfezionati durante la vita del sistema).

Problemi con i sistemi ereditati

- Poco strutturati;
- Mancanza di documentazione;
- Difficile reperire gli sviluppatori originali;
- Sviluppati per vecchie piattaforme (eg. main-frame).

5.10.1 Strategie per i sistemi ereditati

Manutenzione ordinaria del sistema.

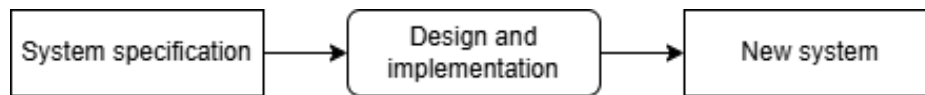
Software re-engineering ristrutturazione dei sistemi ereditati per renderli più mantenibili.

Reimplementazione del sistema mantenendo gli stessi requisiti funzionali.

Dismissione del sistema, cambiare la propria organizzazione in modo che l'uso del sistema non sia più necessario. La scelta della strategia dipende dalla qualità del codice del sistema e dalla sua utilità (business value). Il costo di manutenzione è inversamente proporzionale alla qualità del codice.

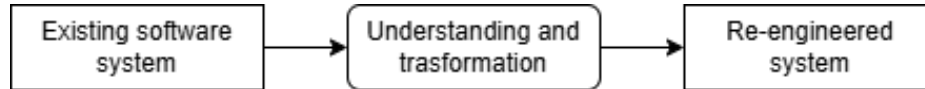
5.11 Forward engineering vs re-engineering

5.11.1 Forward engineering (ingegneria diretta)



È il processo software (specifica, progettazione, ...), si crea un nuovo prodotto partendo dalla specifica dei requisiti.

5.11.2 Re-engineering



Il nuovo sistema è dato da qualche trasformazione del vecchio, allo scopo di rinnovarlo e aumentare la mantenibilità. I requisiti funzionali non cambiano e non si altera il comportamento del sistema.

Le attività di re-engineering sono: traduzione del codice, ristrutturazione del codice (refactoring), ristrutturazione dei dati, ...

Traduzione del codice sorgente Traduzione del codice dal linguaggio di programmazione originale a:

- una versione più recente dello stesso linguaggio;
- un linguaggio differente.

Le ragioni della traduzione sono:

- aggiornamento dell'hardware, i compilatori del linguaggio originale potrebbero non essere disponibili per il nuovo hardware;
- mancanza di conoscenza del linguaggio. lo staff potrebbe non conoscere il linguaggio originale perché non più in uso (eg. Cobol);
- politiche organizzative, decisione di avere un certo linguaggio come standard.

Ristrutturazione del codice (refactoring) Le modifiche fatte al sistema nel corso del tempo, tendono a rendere il codice sempre meno ordinato. Il codice diventa sempre più difficile da leggere e comprendere.

La ristrutturazione cerca di rendere il codice più semplice, leggibile, comprensibile e modulare:

- raggruppamento delle parti correlate del programma, il codice relativo allo stesso componente o alla stessa funzionalità, non deve essere sparso ma coeso (eg. nello stesso file o nella stessa directory);
- eliminazione delle ridondanze;
- aggiunta di commenti nel codice.
- eliminare codice duplicato (tramite funzioni/metodi);
- ridurre la lunghezza di una funzione/metodo distribuendo il codice in varie funzioni/metodi;
- dare nomi significativi a variabili, funzioni, classi, metodi, attributi, per far capire il loro scopo;
- fondere classi simili in un'unica classe;
- uniformare l'indentazione e la posizione dei commenti.

Codice semplice e uniforme → più leggibile. La ristrutturazione non modifica il comportamento del codice, ma ne migliora la struttura interna.

La ristrutturazione avviene ispezionando ed editando il codice.

La ristrutturazione è un processo costoso. Deve essere limitata alle parti del codice che effettivamente lo richiedono:

- parti in cui si verificano fallimenti, devono essere comprensibili per poter essere corrette;
- parti che hanno subito molte modifiche, la strutturazione del codice ha subito un degradamento;
- parti in cui il codice è particolarmente complesso, difficile da leggere.

Ristrutturazione dei dati Processo di riorganizzazione delle strutture dati, serve per:

- cambiamento delle strutture dati;
- adattare un sistema ad usare un DBMS anziché usare file di dati di formato proprio;
- concentrare i dati sparsi in vari file in un unico DB;
- migrazione dei dati da un tipo di DBMS ad un altro;
- migrazione dei dati in un DBMS più moderno.

5.12 Reverse engineering

Per sistemi ereditati, la documentazione può essere scarsa o assente, complicando le attività di re-engineering. Il re-engineering può essere supportato dal reverse engineering.

Il reverse engineering serve per generare documentazione partendo da codice e dati.

- Input:
 - codice sorgente;
 - dati.

- Output:
 - diagrammi di progettazione (UML);
 - diagrammi dei dati (E-R);
 - ...

5.13 Reimplementazione del sistema

Quando il vecchio sistema è troppo mal strutturato per il re-engineering.

La reimplementazione del sistema è inevitabile quando c'è un cambiamento radicale del linguaggio di programmazione (eg. funzionale → object-oriented), modifiche architetturali sostanziali (eg. centralizzato → distribuito).

5.13.1 Creazione di un nuovo sistema partendo dal vecchio sistema

Il vecchio sistema fornisce la specifica dei requisiti funzionali, tutto il resto (req. non funzionali, progettazione, implementazione e collaudo) viene rifatto usando tecnologia aggiornata. I maggiori rischi sono l'introduzione di errori di specifica, progettazione e implementazione. Questo ha un costo maggiore rispetto al re-engineering. Il sistema diventa più mantenibile.