Testing

Ingegneria del software

Vincenzo Bonnici
Corso di Laurea in Informatica
Dipartimento di Scienze Matematiche, Fisiche e Informatiche
Università degli Studi di Parma

2025-2026

Software e difetti

- Il software con **difetti** è un grande problema
- I difetti nel software sono **comuni**

- Come sappiamo che il software ha qualche difetto?
  - Conosciamo tramite qualcosa, che non è il codice, cosa un programma dovrebbe fare
  - Tale qualcosa è una **specifica**
  - Tramite il **comportamento anomalo**, il software sta comunicando qualcosa -> i suoi difetti -> questi non devono passare inosservati

- Obiettivo di Verifica & Validazione (V & V): assicurare che il sistema software soddisfi i bisogni dei suoi utenti

  - **Verifica**
    - Stiamo costruendo il prodotto nel modo giusto?
    - Il sistema software dovrebbe essere conforme alle sue specifiche

  - **Validazione**
    - Stiamo costruendo il giusto prodotto?
    - Il sistema software dovrebbe fare ciò che l'utente ha realmente richiesto

Processo di verifica e validazione

- Il processo di verifica e validazione dovrebbe essere applicato ad ogni fase durante lo sviluppo

- Il processo di V & V ha due obiettivi principali: **scoprire** i difetti del sistema e **valutare** se il sistema è usabile in una situazione operativa

- I difetti possono essere raggruppati in classi, in accordo alle fasi di sviluppo del software

    - Difetti di **specifiche**: la descrizione di ciò che il prodotto fa è ambigua, contraddittoria o imprecisa
    - Difetti di **design**: le componenti o le interazioni tra queste sono progettati in modo non corretto per la progettazioni di algoritmi (es. divisione per zero), strutture dati (es. campo mancante, tipo sbagliato), interfaccia moduli (parametri di tipo inconsistente), etc.
    - Difetti di **codice**: errori derivanti dall'implementazione dovuti a poca comprensione del design o dei costrutti del linguaggio di programmazione (es. overflow, conversione tipo, priorità delle operazioni aritmetiche, variabili non inizializzate, non usate tra due assegnazioni, etc.)
    - A volte è difficile classificare se un difetto è di design o di codice
    - Difetti di **test**: i casi di test, i piani per i test, etc. possono avere difetti

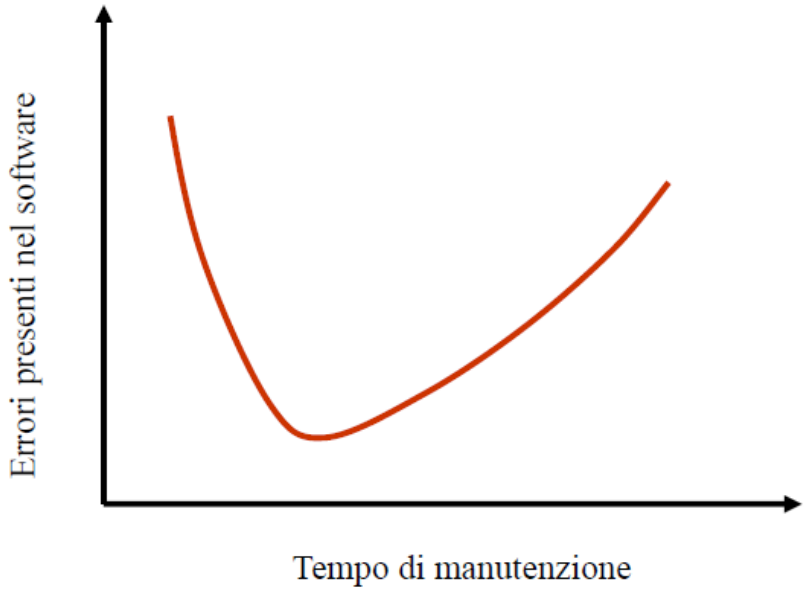
Test

- Il **test** del software
  - Può rivelare la presenza di errori, non la loro assenza
  - Un test ha successo se scopre uno o più errori
  - I test dovrebbero essere condotti insieme alle verifiche sul codice statico
  - La fase di test ha come obiettivo rivelare l'esistenza di difetti in un programma

- Il debugging si riferisce alla localizzazione ed alla correzione degli errori

- **Debugging**
  - Formulare ipotesi sul comportamento del programma
  - Verificare tali ipotesi e trovare gli errori

Distribuzione degli errori

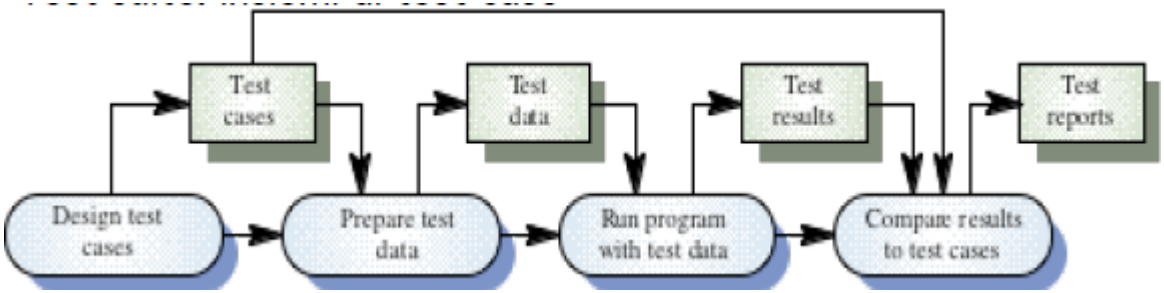


Test: definizioni

- **Dati** di test (test data)
  - Dati di input che sono stati scelti per testare il sistema

- **Casi** di test (test case)
  - Dati di input per il sistema e output stimati per tali input nel caso in cui il sistema operi secondo le sue specifiche
    - Gli input sono non solo parametri da inviare ad una funzione, ma anche eventuali file, eccezioni, e stato del sistema, ovvero le condizioni di esecuzione richieste per poter eseguire il test

- **Test suite**: insiemi di test case



Test: principi

- Fare test è il processo di esercitare il componente usando un set selezionato di casi di test con l'intento di (i) rivelare difetti, (ii) valutare la qualità
- Quando l'obiettivo è trovare difetti allora un buon test case è uno che ha buona probabilità di rivelare difetti non noti
- I risultati dei test dovrebbero essere letti meticolosamente
- Un caso di test deve contenere i risultati aspettati
- I casi di test dovrebbero essere sviluppati sia per condizioni di input valide che non valide
- La probabilità di esistenza di difetti addizionali per un componente software è proporzionale al numero di difetti del componente già individuati
- I difetti spesso accadono in gruppi
- Un codice che ha grande complessità ha un cattivo design

Test: principi

- I test dovrebbero essere effettuati da un gruppo indipendente dal gruppo di sviluppatori
  - Gli sviluppatori sono orgogliosi del codice prodotto, inoltre possono avere difficoltà a capire dove trovare difetti, poiché il loro modello mentale oscura il codice reale

- I test devono essere ripetibili e riusabili
  - Test di regressione

- I test dovrebbero essere pianificati
  - I piani di test dovrebbero specificare gli obiettivi, allocare tempo e risorse umane, monitorare i risultati

- Le attività di test dovrebbero essere integrate nel ciclo di sviluppo del software

Difficoltà per chi fa i test (tester)

- Deve avere una conoscenza vasta delle discipline di ingegneria del software
- Deve avere conoscenza ed esperienza su come un software è descritto (specifiche), progettato e sviluppato
- Deve essere in grado di gestire molti dettagli
- Deve conoscere quali tipi di fault possono generare i costrutti del codice
- Deve ragionare come uno scienziato per proporre ipotesi che spiegano la presenza di tipi di difetti
- Deve avere una buona comprensione del dominio del software
- Deve creare e documentare casi di test, quindi selezionare gli input che con maggiore probabilità possono rivelare difetti
- Necessita di lavorare e cooperare con chi si occupa di requisiti, design, sviluppo codice e spesso con clienti ed utenti

- L'obiettivo del testing è di stabilire la presenza di difetti nei sistemi
  - Un test ha successo se il test fa sì che il programma si comporti in modo anomalo

- Test dei **componenti** (detti anche unit test)
  - Test dei singoli frammenti (metodi, classi, etc.)
  - Questo tipo di test è effettuato dallo sviluppatore del componente
  - Come progettare i test? In base a tecniche note ed all'esperienza dello sviluppatore

    - Test di **unità**: Un unità è il più piccolo blocco di software che ha senso collaudare, (ad es. una singola funzione di basso livello che viene verificata come un'entità a se stante)
    - Test di **modulo**: Un modulo è un insieme di unità interdipendenti
    - Test di **sottosistema** : Un sottosistema è un aggregato significativo di moduli spesso progettati da team diversi, vi possono essere problemi di interfaccia che devono essere risolti

- Test di **integrazione o sistema**
  - Test di gruppi di componenti già integrati (interagenti) che formano un sistema o un sottosistema
  - La responsabilità è di un team di test
  - I test sono basati sulle specifiche

- alpha test
  - Se il sistema è sviluppato per un unico cliente, viene portato nel suo ambiente finale e collaudato con i dati sui quali dovrà normalmente operare

- beta test
  - Se il sistema viene distribuito ad una comunità di utenti, viene dato in prova a più utenti, che lo utilizzano e forniscono al produttore le loro osservazioni ed il rilevamento degli errori riscontrati

- Benchmark
  - Il sistema viene testato su dati standardizzati e di pubblico dominio per il confronto con altri prodotti equivalenti già presenti sul mercato
  - Può venire richiesto per contratto

- Solo un test esaustivo può mostrare se un programma è privo di difetti
  - I test esaustivi sono impraticabili
    - Es. Una funzione che prende in ingresso 2 int, per essere testata esaustivamente dovrebbe essere eseguita 2^32*2^32 volte, ovvero circa 1.8 * 10^19 volte
    - Se la funzione esegue in 1ns = 10^-9s occorrono 1.8*10^10s ovvero, essendo 1Y = 3 * 10^7, 600 anni!

- Priorità
  - I test dovrebbero mostrare le capacità del software più che eseguire i singoli componenti
  - Il test delle vecchie funzionalità è più importante del test delle nuove
  - Testare situazioni tipiche è più importante rispetto a testare situazioni limite

Strategie

- Un approccio in cui i test vengono effettuati senza avere conoscenza di come il sistema è fatto (ovvero della sua struttura interna) si dice test **black-box**, ovvero considera il sistema una scatola nera

  - I casi di test sono progettati sulla base della descrizione del sistema, ovvero partendo dal documento di specifiche del sistema
    - E' possibile studiare (e predisporre) i test nelle fasi iniziali dello sviluppo del software

  - Dall'insieme dei dati di input possibili si individua il sottoinsieme che può rivelare la presenza di difetti nel sistema in modo da progettare casi di test efficaci

- Un altro approccio è quello **white-box** che focalizza sulla struttura interna del software da testare, bisogna avere a disposizione il codice sorgente (o un opportuna rappresentazione tramite pseudo-codice)

- Entrambi gli approcci sono usati per rendere la fase di test più efficiente

Partizioniamo in classi equivalenti

- Nel caso di test black-box, un buon modo per selezionare gli input per il test al sistema è ricorrere a partizioni in classi equivalenti

- Dati di input e risultati si possono spesso raggruppare in classi (categorie) in cui tutti i membri di una classe sono relazionati

- Ognuna delle classi è una partizione equivalente, ovvero mi aspetto che il programma effettui elaborazioni simili (equivalenti) per ciascun membro della stessa classe

- Testare uno dei valori membri di una classe equivale a testare ciascun altro valore della stessa classe
  - Viene meno la necessità di test esaustivi
  - Permette di coprire un grande dominio con un piccolo set di valori

- I casi di test dovrebbero essere scelti da ciascuna partizione

- Es. Una funzione può prendere in input solo numeri da 4 a 20
  - Partizioni: numeri <4; numeri tra 4 e 20; numeri >20
  - Dati di test da scegliere: 3, 4, 12, 20, 21

Partizionamento

- Chi fa il test deve considerare sia classi di equivalenza valide che che classi di equivalenza non valide
  - Una classe di equivalenza non valida rappresenta input inaspettati o errati

- Classi di equivalenza possono essere selezionate anche per le condizioni di output

- Non ci sono regole forti per individuare le classi di equivalenza => il partizionamento è un processo euristico, tester diversi potrebbero individuare classi diverse

- Può essere difficile identificare classi di equivalenza

Partizionamento: lista di condizioni

- 1. Se una condizione per l'input è specificata come un range di valori ammessi (o un numero di valori contigui), selezionare una classe valida costituita dal range e due classi invalide, ciascuna ad un estremo del range

- 2. Se una condizione per l'input è data da un numero di valori, selezionare una classe valida che include i valori consentiti e due invalide per i valori fuori da ciascun estremo del set

- 3. Se una condizione per l'input è data da un set di valori, selezionare una classe valida costituita dai valori e una invalida per i valori fuori dal set

- 4. Se una condizione per l'input è descritta come "deve essere" considerare due classi, una valida che rappresenta la condizione "deve essere" e una invalida che non include la condizione "deve essere"
  - • Es. il testo deve iniziare con una vocale

- 5. Se si crede che un elemento di una classe di equivalenza non verrà trattato in modo identico agli altri elementi della classe allora la classe deve essere ulteriormente partizionata in classi di equivalenza più piccole

Test strutturali

- Chiamati anche test white-box, glass-box, o clear-box
- Test (addizionali a quelli black-box) derivati dalla conoscenza della struttura del programma
- La finalità è di eseguire tutti i costrutti del programma (non tutte le combinazioni dei percorsi)

Test del percorso

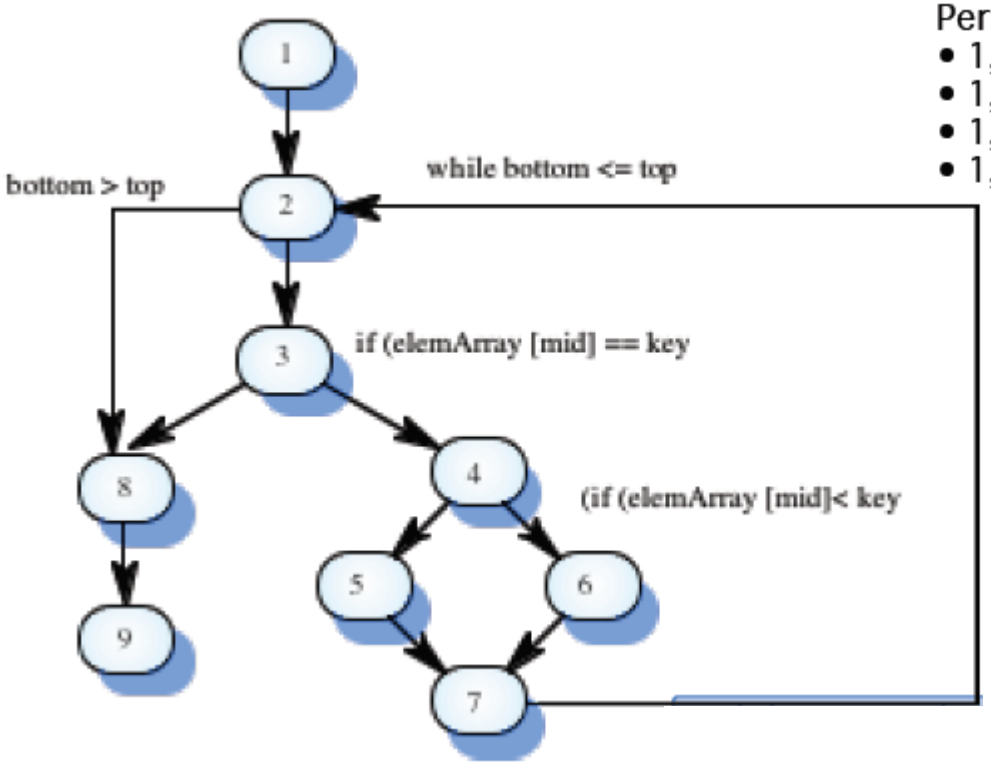
- La finalità è assicurare che i casi di test siano tali che ogni percorso all'interno del programma sia eseguito almeno una volta

- E' utile rappresentare il programma tramite un grafo di flusso dove i nodi rappresentano condizioni del programma e gli archi il flusso di controllo

- Complessità ciclomatica (cc) = numero di archi - numero di nodi + 2
  - Per testare tutti le condizioni, il numero di test da effettuare è cc
  - Tutti i percorsi sono eseguiti, ma non tutte le combinazioni dei percorsi

Percorsi indipendenti

- I casi di test dovrebbero essere scelti in modo che tutti i percorsi siano eseguiti
- • Un tool può essere usato a runtime per controllare che i percorsi siano stati eseguiti



Persorsi indipendenti
- 1, 2, 3, 8, 9
- 1, 2, 3, 4, 6, 7, 2
- 1, 2, 3, 4, 5, 7, 2
- 1, 2, 3, 4, 6, 7, 2, 8, 9

Test di integrazione

- Sono test eseguiti su sistemi completi o su sottosistemi

- I test di integrazione dovrebbero essere black-box e derivati dalle specifiche

- La principale difficoltà è di localizzare gli errori
  - Effettuare i test di integrazione in maniera incrementale riduce tale problema

- Per i test di integrazione incrementali
  - Sull'insieme dei componenti A, B si eseguono le suite di test T1, T2, T3, successivamente
  - Sull'insieme di componenti A, B, C si eseguono le suite di test T1, T2, T3, T4, etc.

Test di integrazione: approcci

- Top down
  - Integrare i sotto-sistemi (componenti) di più alto livello e successivamente quelli dei livelli un pò più bassi
    - Sostituire i componenti con stub quando appropriato
  - Permette di scoprire errori nell'architettura del sistema
  - Permette di mettere a punto versioni demo nelle fasi iniziali
- Bottom-up
  - Integrare singoli componenti di basso livello e successivamente tali integrazioni con componenti di livello più alto
  - Rende la scrittura dei test più semplice
- In pratica, ciò che avviene è una combinazione dei due precedenti approcci

Test sotto stress

- Eseguire il sistema oltre il massimo carico previsto consente di rendere evidenti i difetti presenti
- Il sistema eseguito oltre i limiti consentiti non dovrebbe fallire in modo catastrofico
- Test di stress indagano su perdite, di servizio o dati, ritenute inaccettabili
- Particolarmente rilevanti per i sistemi distribuiti che possono subire degradazioni in dipendenza delle condizioni della rete
- PS: completare le specifiche in accordo ai risultati dei test

- Stress
  - Prestazioni: inserire i dati con frequenza molto alta, o molto bassa
  - Strutture dati: funziona per qualsiasi dimensione dell'array?
  - Risorse: test con poca memoria RAM, numero basso di file che possono essere aperti, connessioni di rete, etc.

Testing manuale

- I casi di test sono liste di istruzioni per una persona
  - Click su “login”
  - Inserisci username e password
  - Click su “ok”
  - Inserisci il dato …

- Molto comune, poiché
  - Non sostituibile: test di usabilità
  - Non pratico da automatizzare: troppo costoso
  - Le persone che fanno i test non sanno gestire automatismi complessi

Testing automatico

- Registrare un test manuale e rieseguirlo automaticamente
  - Con macro, script, programmi appositi (es. AutoHotkey)
  - Spesso poco robusto
  - Smette di funzionare se cambia qualcosa dell'ambiente (es. posizione campi, nome campi, etc.)

- Sviluppare programmi che eseguono il test sul codice
  - Chiamano funzioni, confrontano risultati, etc.

- Un simulatore è un programma ausiliario (che non verrà quindi utilizzato al termine del processo di sviluppo) che imita le azioni di un altro programma o di un comportamento hardware o di ambiente
  - viene utilizzato per testare prodotti il cui malfunzionamento può provocare danni o catastrofi (ad esempio un programma per la gestione di un reattore nucleare)
  - serve anche a provare il sistema in condizioni di carico particolare (stress stress-testing), difficilmente ottenibili se non in particolari condizioni dell'ambiente finale

Test regressivi

- Linee guida
  - Scoperto un difetto
  - Costruire un test che permette di rilevare il difetto
  - Eseguire lo stesso test tutte le volte che il codice viene cambiato
  - Il difetto non riappare

- I test regressivi assicurano di non ritornare a versioni che presentano difetti già corretti

- In pratica, eseguo spesso i test già scritti, se la loro esecuzione non ha durata proibitiva
  - Ciascun test dovrebbe durare il meno possibile

Copertura del codice

- Fino a quando dovremmo continuare a fare test?

- Metrica: Copertura del codice (Code coverage)
  - Dividere il programma in unità (es. costrutti, condizioni, comandi)
  - Definire la copertura che dovrebbe avere la suite di test (es. 60%)
  - Copertura codice = numero di unità già eseguite / numero di unità del programma

- Si smette di eseguire test quando si è raggiunta la copertura desiderata

- Avere una copertura del 100% non significa non avere difetti
  - Pensare ad esempio ai dati di input scelti

- Parti critiche del sistema possono avere copertura maggiore di altre parti

- La misura di copertura permette di capire se alla suite di test manca qualcosa

Trend di difetti scoperti

- Bug trend: misura la frequenza con cui i difetti sono trovati
  - Quando la frequenza tende a zero
    - Non ci sono più difetti
    - Drammatico aumento dei costi di ricerca dei difetti

- Pratiche standard
  - Eseguire i test spesso e lavorare con nuove versioni (nightly build)
  - Fare progressi in avanti (regression test)
  - Condizioni di stop (coverage, bug trend)