Lezione 1 – Concetti base

Fondamenti teorici

Angelo Gargantini

Università degli Studi di Bergamo – Informatica III

Definizioni di base del testing

Un programma P è una funzione da un dominio D ad un codominio R:

$$P: D \rightarrow R$$

può essere parziale – non definita per qualche d in D

introduciamo un predicato OK:

OK(P,d) con d in D, se P è corretto per l'input d, cioè se produce P(d) corretto

OK(P) se P è corretto, se per ogni d in D **OK**(P,d)

Definizioni (2)

Rivediamo alcune definizioni:

P sia il programma corretto

FAILURE o malfunzionamento:

- Eseguo P con d e non ottengo P(d): o ottengo un altro valore P'(d) oppure il programma si blocca, …
- cioè not OK(P,d)

FAULT o difetto o bug:

- P è stato implementato in P'
- Se P' ≠ P, la diversità è il difetto

ERRORE:

- Il motivo del difetto

Definizioni (3)

Un caso di test (test case) o test è un elemento di D

- **esempio**: se D è gli interi, un test è un intero, se D è sequenze di interi, un test sarà un sequenza (possibilmente finita) di interi, ecc ...

Un test set T o test suite è un sotto insieme (finito) di D

- **esempio**: D una coppia di interi (= int x int), T sarà un sottoinsieme di D, cioè un insieme di coppie di interi: $T \subseteq$ int x int

Applico il test set T al programma P:

OK(P,T) se per ogni t in T, OK(P,t): il test set T non ha scoperto errori (negativo)

se t in T tale che not OK(P,t): test positivo

Esempio

dato il metodo – programma P

```
static void foo(String s, int x)
```

un caso di test è una coppia String e int

- esempio [“pippo”,3]

un test set è un insieme di coppie String e int

- esempi:
  - {[“pippo”,3]} : insieme con un solo caso di test
  - con tre casi di test:
    {[“pippo”,3], [“”,54657], [“ccc”,-10]}

Test ideale e correttezza dei programmi

Inizialmente la ricerca cercò di trovare dei test che potessero dimostrare la correttezza dei programmi

- cioè testando il programma con un insieme finito T e non osservando difetti, si potesse essere sicuri che non ci fossero difetti
- tale test set (se esiste) è detto ideale

T è ideale se OK(P,T) → OK(P)

In questo caso l'esecuzione di T senza errori è prova di correttezza di P

Come faccio a trovare un T ideale?

Testing esaustivo

Un test ideale è quello esaustivo con T = D

OK(P,T) → OK(P,D)

è fattibile? Considera questo esempio:

```
static int sum(int a, int b) return a + b;
```

- un int è un numero binario di 32 bit, quindi ci sono solo 2^{32} x 2^{32} = 2^{64} ca 10^{21} test ad un nanosecondo (10^{-9})per test case circa 30000 anni.
- **se D è infinito? (ad esempio un sistema reattivo)**

Il test esaustivo non è fattibile: T ⊂ D

Devo selezionare un sottoinsieme di D

Test Criteria (formale)

Un test criteria o di adeguatezza è una funzione che

- [per un programma P e la sua specifica (quello che P deve fare) S]

dato un test set T restituisce vero o falso,

- cioè è un predicato su l'insieme dei possibili T

Dato un test suite T, C_{PS} (T) è vero se e solo se T è adeguato a trovare ogni difetto in P rispetto S secondo il criterio C

Esempio di Test Criteria

sia *P* un programma con dominio *D* gli interi:

- un test set T è un insieme di interi
- un criterio C dovrà dire quando T è adeguato a testare P
- C sarà un predicato sugli insiemi di interi

un esempio è il seguente C_{ex}:

un test set è adeguato secondo C_{ex} se contiene un numero positivo e uno negativo, formalmente:

C_{ex} se $\exists\ t \in T\ t>0$ and $\exists\ t \in T\ t<0$

- test set adeguati: {-1,1}, {-1,-5, -10, -20, 5}
- test set non adeguati {-1,-5}, {0,15}

Program e Spec based

Il criterio è quindi una funzione C che dato un programma P, la sua specifica S e un test set T restituisce vero o falso

C: P x S x T → {T,F}

In program-based testing C non dipende da S

C: P x T → {T,F}

In specification-based testing non dipende da P

C: S x T → {T,F}

Un criterio può essere anche inteso come generatore di test set dato P e S:

C: P x S → T (tale che C(P,S,T) è true)

dato P e S genera un test set T adeguato

Criterio affidabile (1)

Un criterio è affidabile se per ogni coppia di test set T1 e T2 adeguati secondo il criterio C, se T1 individua un malfunzionamento, allora anche T2 e viceversa

- OK(P,T) non dipende dal T particolare selezionato
- tutti i test set o riescono a trovare i difetti, oppure non riescono a trovarne
- posso prendere il piu' piccolo T: se scopro errori con uno piu' grande, li scoprirei anche con uno piu' piccolo

Criterio affidabile (2)

- Un criterio affidabile produce sempre risultati consistenti e ugualmente utili
- Non è detto però che un criterio affidabile riesca a scoprire malfunzionamenti:
  - considera raddoppia:

```
int raddoppia(int x) { return x*x ;}
```

  - un criterio C1 che seleziona solo sottoinsiemi di {0,2} è affidabile
  - T1 ={0,2} , T2 ={2} …

- Affidabilità è importante ma non è sufficiente

Criterio valido

Un criterio C è valido se, qualora il programma P non sia corretto, esiste almeno un test set T che soddisfa C che è in grado di individuare il difetto

- formalmente
  $\exists$ T tale che C_{PS} (T) and not OK(P,T)

- un criterio valido riesce (ma non garantisce) a trovare il difetto

- prendi un input a caso è un criterio valido (non molto utile)

Esempio di criterio valido

considera raddoppia:

```
int raddoppia(int x) { return x*x ;}
```

- un criterio C2 che seleziona
  qualsiasi T $\subseteq$ {0,1,2,3,4}

  C2 è valido, basta prendere {1} o {0,1} o {1,3}

  ma non affidabile: {0,2} non scopre il difetto

- C3: $\exists t \in T$ tale che t >= 3

  esempi di T: {3}, {0,2,3}, {-4,3,6,10} ,…

  C3 è valido : scopro il difetto

  e affidabile : scopro sempre il difetto

Teorema di Goodenough e Gerhart

Dato un criterio C, un programma P

Se C è *affidabile* per P e
C è *valido* per P e
} C è *ideale*
T test suite selezionato con C e
T non trova malfunzionamenti in P: *ok(P,T)*

=> **OK(P), T è ideale**

Se un programma P passa un test set T che è selezionato con un criterio affidabile e valido (si dice in questo caso IDEALE), allora P è corretto

Esempio di criterio ideale

programma raddoppia:

```
int raddoppia( int x ) {
        return x*x ;
}
```

un criterio che selezioni casi di test con almeno un numero in T che sia >= 3 è valido e affidabile

In sintesi

- Abbiamo introdotto:
  - un caso di test è un elemento del dominio su cui è definito il programma P
  - un criterio di test è una funzione che dice se un insieme di test (test set) è adeguato per testare P
  - un criterio si può pensare come funzione generatrice che dato un programma costruisce un test set T
- Ricordati:
  - un test **ideale** è quello che **garantisce** la scoperta di ogni difetto
  - il test esaustivo sarebbe ideale ma non fattibile
  - un criterio di test è ideale se seleziona test ideali

L2.1 I limiti del testing

Angelo Gargantini

Università degli Studi di Bergamo – Informatica III

Ripasso

Nella scorsa lezione, abbiamo visto che:

- **un criterio C dice se un test set T è adeguato a testare un programma P**
  - C può essere utilizzato per generare un test set T
- **C è ideale se selezionando T in accordo con C si è sicuri di trovare ogni difetto di P**

Esempio di criterio valido e affidabile

```
int raddoppia( int x ) {
            return x*x ;
   }
```

Un criterio che selezioni casi di test con un numero >= 3 e' valido e affidabile.

Però:

- di questo programma sappiamo già il difetto
- sappiamo già esattamente cosa deve fare

Possiamo trovare criteri in generale validi e affidabili?

- Un criterio che richiede T = D e' ideale ma impraticabile

Test esaustivo

Il test esaustivo (T=D) è

impraticabile: lo spazio D è normalmente troppo grande

impossibile: applicando un test, non riesco a distinguere se un programma P si è bloccato (halt) o devo aspettare ancora

Esempio:

```
int foo(int x) {
        y = very-complex-computation(x);
        write(y);
}
```

- `foo` potrebbe contenere un bug in `vcc(x)` e andare avanti all'infinito: dato un input x quanto devo aspettare per decidere se c'è un bug o no?
- **Vedi problema dell'halt**

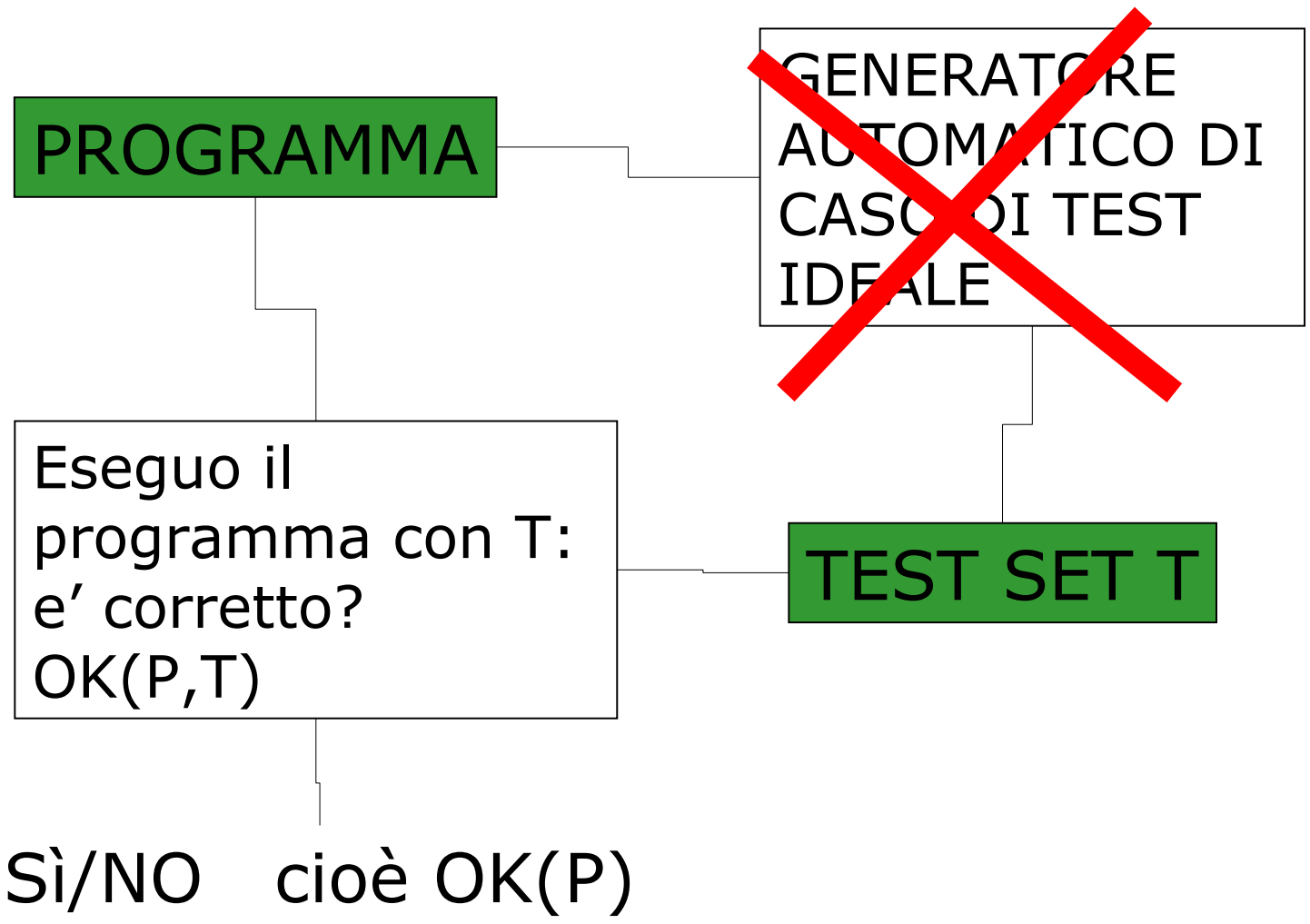
NON POSSO IN MODO ALGORITMICO TROVARE CASI DI TEST IDEALI:

Teorema di Howden
non esiste un algoritmo che dato un programma P generi un test ideale finito.

IL TESTING NON PUÒ DIMOSTRARE CORRETTEZZA DEL SW

Djiskra:
Il test di un programma può rilevare la presenza di malfunzionamenti ma mai dimostrarne l'assenza.

Correttezza mediante testing?



Limite del testing

Il testing

- **non** consiste nel mostrare l'assenza di difetti in un programma

ma nel mostrarne la presenza

Un test che ha successo è uno che trova un bug!

Test Criteria non ideali

Se non posso definire test criteria ideali a cosa servono?

Definizione di "empirical" test criteria

- criteri che non sono ne' validi ne' affidabili ma si sono dimostrati utili

Test criteria come "stopping rule":

- ho testato abbastanza (posso essere confidente – ma non certo - che P sia corretto?)

Test adequacy non solo true o false ma e' una misura di copertura:
P x S x T -> [0, 1]

Teorema di Weyuker

Anche i seguenti problemi risultano indecidibili (non risolvibili mediante algoritmo in tutti i casi):

- esiste almeno un dato in ingresso che causa l'esecuzione di un particolare comando?
- esiste almeno un dato in ingresso che causa l'esecuzione di un particolare cammino?
- esiste almeno un dato in ingresso che causa l'esecuzione di tutte le istruzioni?
- …

Generazione in pratica

Problema non computabile: trovare un insieme di input che esegua tutte le istruzioni

- **non esiste** algoritmo per risolvere questo problema per ogni programma
- esistono però algoritmi e tecniche che sono in grado di risolverlo per molti programmi
- esistono tool per la generazione di casi di test: non è detto che funzionino sempre, però negli usi pratici
  - es. **CUTE, e altri commerciali**

In sintesi

- Abbiamo visto:
  - non esiste un algoritmo per generare per un qualsiasi programma casi di test ideali
  - il testing può provare la presenza di difetti ma non garantire l'assenza.
- Ricordate che:
  - molti problemi riguardo il testing non sono risolvibili per un qualsiasi programma mediante algoritmi
    - esempio come coprire una certa istruzione;
    - però posso scrivere algoritmi che risolvono il problema per alcuni (molti?) programmi
  - per non potendo trovare criteri di test ideali, alcuni criteri di test sono utili in pratica