Verifica – parte IV

Rif. Ghezzi et al.

6.8-6.9

Debugging

- Individuazione e correzione degli errori
- Conseguente a un fallimento
- Attività non banale:
- Quale errore ha causato il fallimento?
- Come correggere l'errore?
- La correzione dell'errore ha effetti collaterali (cioè genera altri errori)? (test di regressione)

Individuazione dell'errore

- Ridurre la distanza fra errore e fallimento.
- Strategia: rendere visibile lo stato del programma:
  - esecuzione controllata (debugger)
  - asserzioni
  - istruzioni di output

Debugger

- Aiuta nell'individuazione degli errori senza modifiche al codice sorgente
- Funzionalità di base:
  - esecuzione step by step
  - breakpoint
  - valutatore di espressioni
  - watch (break se il valore di una variabile cambia)

Affidabilità

- Definita come la ***probabilità*** che un software funzioni correttamente in un determinato intervallo di tempo
- Negli ultimi anni sono stati concepiti ***modelli*** che consentono di stimare e di prevedere l'affidabilità di un sistema software.
- Mutuati da altri ambiti (hardware o ingegneria industriale)

Peculiarità del software

- Il software non è soggetto a corruzione o usura fisica
- Il software non presenta errori transienti e non necessita di rodaggio
- Gli esemplari di un software sono uguali fra loro
- Mancanza di continuità

Quantità legate all'affidabilità

- AF(t), numero medio di fallimenti dopo un tempo t.
  - Misura media su diverse installazioni del sistema
  - Estensione derivabile della funzione
- FI(t), intensità di fallimento
  - Fallimenti per unità di tempo
  - Derivata di AF rispetto a t
- MTTF, mean time to failure
  - Tempo medio fra due fallimenti
  - Reciproco di FI

Tempo

- Calendar time: tempo totale trascorso dall'installazione
  - comprende il tempo in cui il sistema è fermo
- Tempo di esecuzione: tempo di funzionamento del software
  - comprende il tempo in cui la piattaforma è allocata per altri processi
- Tempo di clock: tempo effettivo di esecuzione del software sulla piattaforma.

Modelli di affidabilità

- Ipotizzano una relazione fra l'intensità di errore e il numero medio di fallimenti.
- Con l'ipotesi fatta, si utilizzano strumenti matematici per stimare l'andamento del numero medio di fallimenti nel tempo.
- Il punto critico è la scelta della relazione, basata su considerazioni sulla natura del processo e del prodotto software.

Modello base

- Ipotizza che l'intensità di fallimento decresca di una costante per ogni fallimento

$$FI(AF) = k(1 - AF / AF_{\infty})$$

- dove AF_{∞} è il numero totale di fallimenti (ignoto) e k è una costante
- Data questa ipotesi, si può determinare AF(t)

Calcolo di AF(t)

$$FI(t) = AF'(t)$$

- Equazione differenziale

$$\frac{dAF}{dt} = k(1 - AF / AF_{\infty})$$

$$\frac{dAF}{(1 - AF / AF_{\infty})} = kdt$$

$$-AF_{\infty} \frac{dAF}{(AF - AF_{\infty})} = kdt$$

Calcolo di AF(t)

- Integrando entrambi i membri

$$-AF_\infty \int_{AF_0}^{AF} \frac{dy}{(y - AF_\infty)} = k \int_{t_0}^{t} du$$

$$-AF_\infty [\log|y - AF_\infty|]_{AF_0}^{AF} = k(t - t_0)$$

- Supponendo $AF_0 = 0$ $t_0 = 0$
- si ottiene

$$\log|AF - AF_\infty| - \log|-AF_\infty| = -\frac{k}{AF_\infty} t$$

Calcolo di AF(t)

- Essendo $0 \le AF \le AF_\infty$

$$\log\left(AF_\infty - AF\right) - \log AF_\infty = -\frac{k}{AF_\infty}t$$

$$\log\frac{AF_\infty - AF}{AF_\infty} = -\frac{k}{AF_\infty}t$$

- Esponenziale di entrambi i membri:

$$\frac{AF_\infty - AF}{AF_\infty} = e^{-\frac{k}{AF_\infty}t} \qquad AF = AF_\infty\left(1 - e^{-\frac{k}{AF_\infty}t}\right)$$

Calcolo di k

- FI è la derivata di AF rispetto a t:

$$FI = -AF_{\infty}(-\frac{k}{AF_{\infty}})e^{-\frac{k}{AF_{\infty}}t}$$

- Sostituendo 0 a t:

$$k = FI_0$$

Modello logaritmico

- Suppone che il decremento di FI per ogni fallimento decresca esponenzialmente:

$$FI = ke^{-\theta AF}$$

- dove θ è un parametro detto decadimento dell'intensità di fallimento

Calcolo di AF(t)

- Equazione differenziale:

$$\frac{dAF}{dt} = ke^{-\theta AF}$$

- Separazione delle variabili:

$$\frac{dAF}{e^{-\theta AF}} = kdt$$

- Integrazione di entrambi i membri:

$$\int_0^{AF} \frac{dy}{e^{-\theta y}} = k\int_0^t du$$

Calcolo di AF(t)

- Risultato dell'integrazione:

$$\frac{1}{\theta}\left[e^{\theta y}\right]_0^{AF} = \left[ku\right]_0^t$$

- Cioè

$$e^{\theta AF} - 1 = \theta kt$$

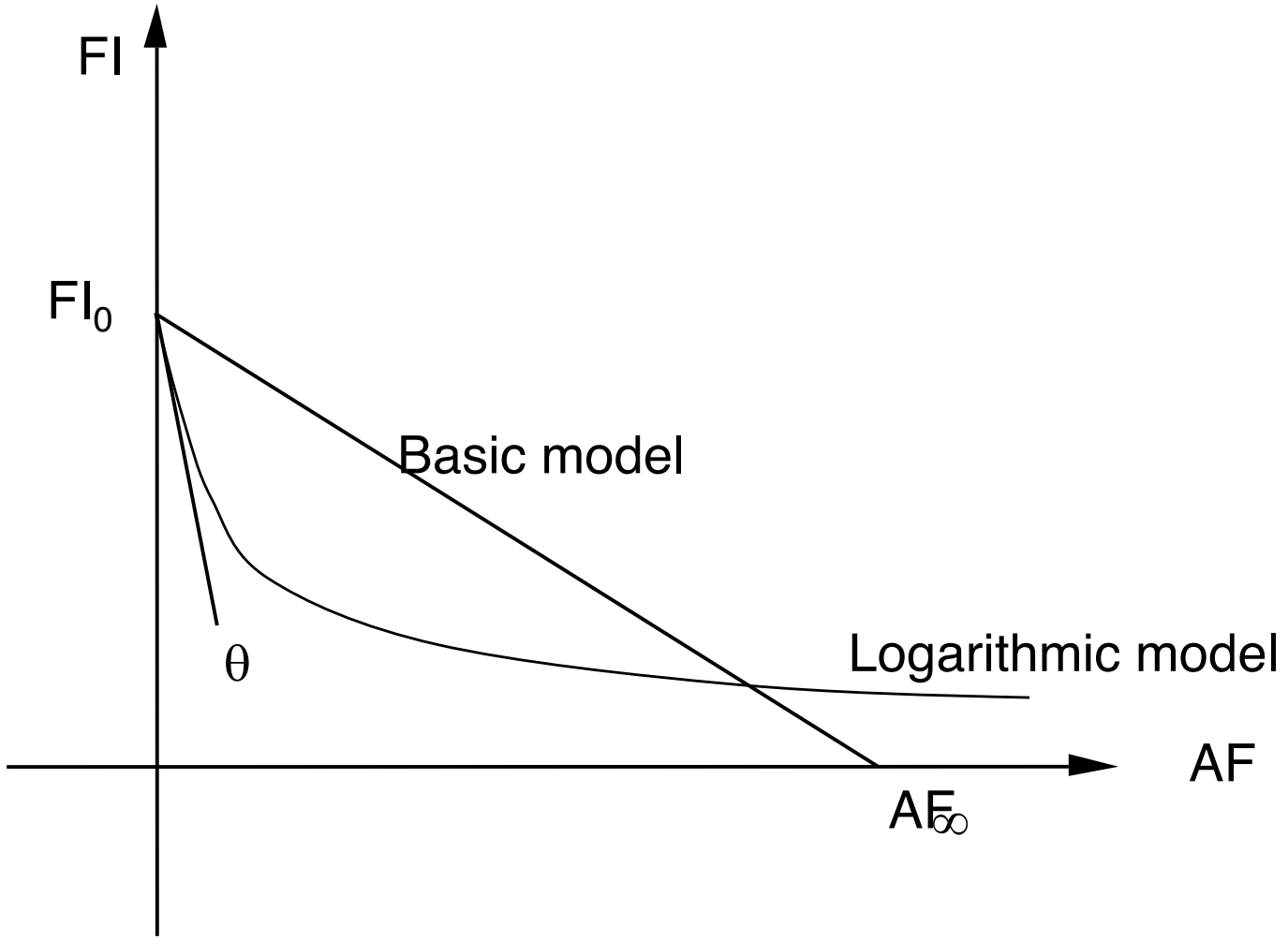
$$AF = \frac{1}{\theta}\log(1+\theta kt)$$

- Calcolo di k

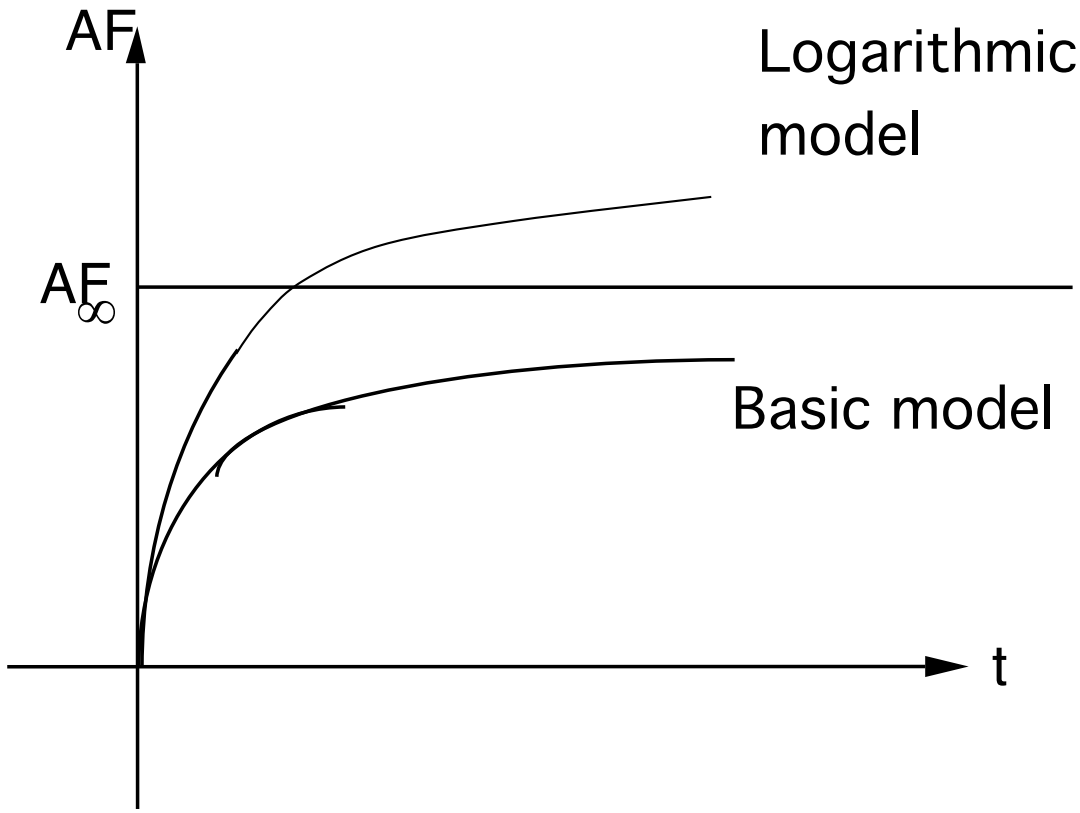
$$FI = \frac{1}{\theta}\frac{1}{1+\theta kt}\cdot\theta k$$

$$k = FI(0)$$

Confronto fra modelli: FI



Confronto fra modelli: AF



Calcolo dei parametri

- AF_{∞} e θ non sono noti a priori
- Possono essere stimati tramite osservazione di AF(t)
- Il risultato permette di stimare l'andamento dell'affidabilità nel tempo
- Modelli diversi per classi diverse di applicazioni.

Verifica di qualità soggettive

- Qualità del software come
  - complessità
  - comprensibilità
  - riusabilità

  sono largamente soggettive
- Cè comunque richiesta di ***metriche*** per la misurazione di queste qualità
- Le proposte hanno generalmente applicabilità limitata ad alcune classi di applicazioni.

Metriche

- Metriche source-code
  - Teoria di Halstead
  - Teoria di Mc Cabe
  - Linee di Codice (LOC, SLOC)
- Metriche predittive
  - Function Point

Software science (Halstead)

- Cerca di dare misure e stime quantitative di qualità soggettive, quali
  - difficoltà
  - livello di astrazione
  - sforzo
- Le misure sono date in termini di quantità oggettive

Quantità

- η_1: numero di operatori unici e distinti
- η_2: numero di operandi unici e distinti
- N_1: numero totale di occorrenze di operatori
- N_2: numero totale di occorrenze di operandi
- η_2^*: numero di operandi concettuali di ingresso/uscita distinti

Esempio

```
begin
      max := 0;
      read(x);
      while x<>0 do
           begin
                if x > max
                then max := x;
                read(x)
           end;
      write(max)
end;
```

Operatori		Operandi	
Begin ... end	2	max	4
:=	2	0	2
;	5	x	5
Read	2		
(...)	3		
While...do	1		
<>	1		
if...then	1		
>	1		
Write	1		

- $\eta_1 = 10$
- $\eta_2 = 3$
- $N_1 = 19$
- $N_2 = 11$
- $\eta_2^* = 3$ (2 ingressi, 1 uscita)

Lunghezza del programma

- Vocabolario del programma

$$\eta = \eta_1 + \eta_2$$

- Lunghezza del programma

$$N = N_1 + N_2$$

- Stima di N: $N^* = \eta_1 \log_2 \eta_1 + \eta_2 \log_2 \eta_2$
- Calcoli su algoritmi pubblicati indicano un valore dell'errore medio (N* - N) / N inferiore al 10% (nell'esempio, N=30, N*=38).
- Utile per stime se dall'inizio si possono stimare η_1 ed η_2, ad esempio in base a statistiche su applicazioni simili

Stima di N

- Volume di programma: numero di bit necessario a codificare ogni elemento di programma

  $V = N * \log_2 \eta$

- Volume potenziale: quello del programma più sintetico in cui si può codificare l'algoritmo (disponibile come operazione predefinita):

  $N = \eta = 2 + \eta_2^*$

  $V^* = (2 + \eta_2^*) \log_2 (2 + \eta_2^*)$

Livello di programma e sforzo

- $L = V^* / V$
  - Tenta di misurare il livello di astrazione di un programma
- $E = V / L = V^2 / V^*$
  - Misura la difficoltà dell'implementazione, manutenzione, comprensione del programma.
  - Risultati sperimentali soddisfacenti: mostrano la dipendenza della complessità dal linguaggio.

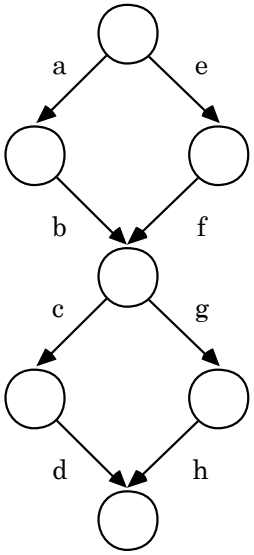
Teoria di McCabe

- Stima la ***complessità*** di un programma (per quanto riguarda produzione, comprensione, modifica).
- Basata sulla teoria dei grafi
- Complessità concettuale di un programma (per codifica, correzione, manutenzione) legata alla complessità del suo flusso di controllo

Numero ciclomatico

- Rappresentazione vettoriale dei cammini in un grafo a n archi.
- Ogni cammino è un vettore di n componenti, ognuno uguale al numero di volte che l'arco corrispondente è percorso.
- Numero ciclomatico: numero di cammini linearmente indipendenti.

Esempio



	a	b	c	d	e	f	g	h
P	1	1	1	1	0	0	0	0
Q	1	1	0	0	0	0	1	1
R	0	0	1	1	1	1	0	0
S	0	0	0	0	1	1	1	1

- P, Q ed R si possono prendere come base
- S = -P + Q + R
- Numero ciclomatico C = 3

Risultati teorici

- C = e – n + 2p, dove
  - e è il numero di archi
  - n è il numero di nodi
  - p è il numero di componenti connesse del grafo (normalmente una per ogni procedura)
- C = d + 1, dove d è il numero di punti di decisione (a 2 uscite) del programma
  - Un punto di decisione a k uscite è contato come k-1 punti di decisione a 2 uscite (traduzione da costrutto case a costrutto if)

Numero ciclomatico e complessità

- Il numero ciclomatico dà un'idea immediata della complessità del flusso di controllo di un programma.
- Non tiene però conto di altri aspetti, come la complessità delle strutture di dati.
- Sperimentalmente risulta ***correlato al numero di errori riscontrati.***
- Un modulo di un sistema ben progettato dovrebbe avere C fra 3 e 7, e non superare 10 (conferme empiriche).