

# Esame Software Engineering (AA 2022/23)

24 Marzo 2023

Enrico Tronci

Computer Science Department, Sapienza University of Rome  
Via Salaria 113 - 00198 Roma - Italy

tronci@di.uniroma1.it

<http://mclab.di.uniroma1.it>

## Esercizio 1 (25 punti)

L'unità di tempo per il presente esercizio è il giorno.

Una azienda software ha  $W$  dipendenti con identificatore  $i$  compreso tra 1 ed  $W$ .

L'azienda segue un ciclo di sviluppo software consistente in  $N$  fasi (numerate da 1 ad  $N$  e dove  $N$  è la fase di delivery dopo la quale si inizia un nuovo progetto).

I valori  $N$  e  $W$  sono parametri del modello.

Dai dati storici si vede che il tempo atteso (in giorni)  $\tau(i, k)$  per il completamento della sua attività nella fase  $i = 1, \dots, N$  da parte del dipendente  $k = 1, \dots, W$  è:

1.  $\tau(i, k) = (A + Bk^2 + Ci^2 + Dki)$
2.  $A, B, C, D$  sono parametri a valori reali del modello.

Quando un dipendente ha completato le sue attività per una fase, passa alla fase successiva.

Modellare il ciclo di sviluppo con una *Discrete Time Markov Chain* (DTMC) con  $N$  stati corrispondenti alle diverse fasi del ciclo di sviluppo. L'elemento  $p_{i,j}(k)$  della matrice di transizione  $P(k)$  della DTMC per il dipendente  $k$  è definito come segue.

Quando una fase  $i$  è completata, si passa alla fase successiva  $i + 1$  con probabilità  $p_{i,i+1}(k)$  ovvero, a causa di rilevazione di errori nel progetto, si torna in una delle fasi precedenti  $j < i$  con probabilità  $p_{i,j}(k)$ .

Fa eccezione la fase di delivery ( $N$ ), dalla quale si transisce sempre con probabilità 1 alla fase 1.

Si ricordi che se  $p_{i,i}(k)$  è la probabilità di rimanere nello stato  $i$  della DTMC allora il numero atteso  $\theta(i, k)$  di transizioni per lasciare  $i$  è:

$$\theta(i, k) = \frac{1}{1 - p_{i,i}(k)}$$

Quindi, se  $T$  è il time step della DTMC, allora il tempo atteso di soggiorno nello stato  $i$  (cioè il tempo atteso di completamento della fase  $i$ ) è  $\tau(i, k) = T\theta(i, k)$ .

Potete assumere  $T = 1$ .

Su questa base e dai dati storici per i tempi di completamento delle varie fasi è possibile calcolare le probabilità  $p_{i,i}(k)$ .

Per le altre probabilità, dai dati storici si hanno le seguenti relazioni per il dipendente  $k$ :

1.  $p_{1,2}(k) = 1 - p_{1,1}(k)$
2. Per  $i = 2, \dots, N - 1$  si ha:  $p_{i,i+1}(k) = (1 - \alpha(k))(1 - p_{i,i}(k))$
3. Per  $i = 2, \dots, N - 1$ , per  $j = 1, \dots, i - 1$  si ha:  $p_{i,j}(k) = \alpha(k) \frac{1 - p_{i,i}(k)}{(i-1)}$ .
4.  $\alpha(k) = \frac{1}{F(GW - k)}$ , con  $F$  e  $G$  parametri positivi del modello tali che  $G > 1$
5. Tutte le altre probabilità hanno valore 0.

Il costo giornaliero (in Eur)  $C(k)$  del dipendente  $k = 1, \dots, W$  è:

- $C(k) = 1000 - 500 \frac{k-1}{W-1}$

Il tempo atteso  $\phi_k$  necessario per completare un progetto (tempo di completamento) da parte del dipendente  $k$  è il tempo necessario affinché questi raggiunga la fase  $N$  (delivery).

Il costo atteso per un progetto per il dipendente  $k$  è dato dal tempo atteso  $\phi_k$  di completamento del progetto moltiplicato per  $C(k)$  (costo giornaliero del dipendente  $k$ ). Cioè  $\phi_k C(k)$ .

Quindi il costo per completare un progetto è la somma dei costi di completamento dei suoi  $W$  dipendenti. Cioè  $\sum_{k=1}^W \phi_k C(k)$ .

Si sviluppi un modello Modelica che calcoli:

1. Per ogni dipendente, il tempo ed il costo atteso delle sue attività nel progetto.
2. Il tempo ed il costo atteso di completamento di un progetto.

## Parametri del Modello

Il vostro modello conterrà i seguenti parametri positivi:

1.  $A = 1, B = 1, C = 1, D = 1, F = 1, G = 2, N = 5, W = 3$ .

## Output della simulazione

Si usi l'istruzione Modelica **terminate** per terminare la simulazione quando per tutti i dipendenti, la deviazione standard del valor medio stimato del tempo di completamento del progetto è minore od uguale a  $0.1 * \mu$ , dove  $\mu$  è il valor medio stimato del tempo di completamento del progetto.

Alla terminazione si stampino nel file `outputs.txt` i tempi ed i costi per ogni dipendente e per il progetto nel seguente formato.

La prima riga (di *intestazione*) del file `outputs.txt` contiene:

```
Dipendente AvgTime AvgCost StdDevTime StdDevCost (ID = yyy, MyMagicNumber  
= zzz, time = xxx)
```

dove:

1. `yyy` è il vostro numero di matricola (nel parametro `ID`)
2. `zzz` è il vostro `MagicNumber` calcolato nel parametro `MyMagicNumber`
3. `xxx` è il valore della variabile Modelica `time` quando la simulazione viene terminata dal comando `terminate`.

La seconda riga ha il seguente formato:

`A` = <Valore del parametro `A`>, `B` = <Valore del parametro `B`>, `C` = <Valore del parametro `C`>, `D` = <Valore del parametro `D`>, `F` = <Valore del parametro `F`>, `G` = <Valore del parametro `G`>, `N` = <Valore del parametro `N`>, `W` = <Valore del parametro `W`>, `AvgTime` = <Valore atteso del tempo di completamento del progetto>, `AvgCosto` = <Valore atteso del costo del progetto>

Le altre righe hanno il seguente formato:

<ID del dipendente> <Valore di `AvgTime`> <Valore di `AvgCost`> <Valore di `StdDevTime`> <Valore di `StdDevCost`>

Si avranno quindi, a parte le prime due righe, `W` righe, una per ogni dipendente.

Si usi un orizzonte di simulazione molto grande. In particolare si verifichi che l'orizzonte di simulazione sia maggiore del valore del `time` quando la simulazione viene terminata dal comando `terminate`. Se questo non è verificato il modello è sbagliato. Questo valore di `time` è visibile su `stdout`.

## NOTA

Si vedano le istruzioni ed in particolare la sezione *NOTA BENE* delle istruzioni.