

Sistemi e Modelli

In questo capitolo vengono introdotti i concetti e una classificazione dei sistemi e dei modelli ed il procedimento di creazione ed uso di un modello al fine di valutare le prestazioni del sistema rappresentato.

1.1 Definizione di sistemi e modelli

Lo studio e l'analisi di sistemi tramite una rappresentazione astratta o una sua formalizzazione è utilizzato in molte differenti discipline scientifiche dall'informatica alla fisica, dalla biologia all'economia.

*Definiamo un **sistema** come un insieme di componenti (elementi, entità) interdipendenti e che interagiscono per raggiungere un determinato obiettivo.*

Un sistema di elaborazione, ad esempio, è un insieme di componenti hardware, firmware e software che permettono l'elaborazione delle informazioni eseguendo programmi utenti. Gli enormi progressi tecnologici degli ultimi decenni hanno reso possibile la costruzione di sistemi informatici sempre più complessi e strutturati. Di conseguenza per la progettazione e l'analisi del comportamento di tali sistemi non è più sufficiente applicare un semplice approccio di studio intuitivo e basato sull'esperienza.

Nello studio di un sistema di elaborazione devono essere considerati diversi fattori, fra i quali aspetti relativi:

- alla funzionalità e alla correttezza,
- alla affidabilità,
- al costo e ai fattori economici,
- alle prestazioni.

Lo studio e l'analisi del comportamento di un sistema e la sua valutazione in termini di costo e prestazioni è fondamentale durante tutto il *ciclo di vita* (periodo di tempo compreso tra la realizzazione del sistema alla sua dismissione) del sistema.

Le metodologie per la valutazione delle prestazioni di sistemi possono essere distinte in due categorie principali:

- tecniche di misurazione
- tecniche modellistiche.

Fra le tecniche di misurazione si possono identificare le tecniche di misurazione diretta, il benchmarking (misurazione con carico artificiale) e la prototipazione.

Se il sistema su cui effettuare le misurazioni non è disponibile, in quanto non esistente o in quanto una delle tecniche di misurazione non è applicabile, si può ricorrere alla costruzione di un *prototipo* su cui effettuare le misurazioni.

Se il prototipo è realizzato a livello software, viene anche detto *emulatore* del sistema.

*Un **modello** è una rappresentazione astratta del sistema che include solo gli aspetti rilevanti allo scopo dello studio del sistema.*

Un modello è definito ad un determinato livello di astrazione, ovvero il sistema viene descritto con un certo livello di dettaglio, includendo nella rappresentazione solo quelle componenti e interazioni fra componenti che si ritengono necessarie allo scopo prefisso.

*Ad esempio se vogliamo misurare l'aerodinamicità di un'automobile nella sua fase progettuale, non è necessario costruire gli interni della vettura o il motore ma solo la scocca, telaio, ruote... ossia la parte esterna dell'auto. Questo **modello**, posto all'interno, ad esempio, della galleria del vento, ci fornisce tutte le misure che i progettisti desiderano valutare per determinarne l'aerodinamicità.*

Alla definizione del modello segue la sua parametrizzazione, per poter considerare le alternative di studio, e la sua valutazione o soluzione per ottenere le informazioni relative allo studio del sistema.

Fra le tecniche modellistiche si possono distinguere i modelli e i metodi *analitici* e i modelli e le tecniche di *simulazione*.

In un modello analitico un'opportuna formulazione matematica permette di ricavare le grandezze di interesse del sistema.

Un modello di simulazione consiste nel riprodurre al calcolatore il comportamento del sistema in esame. Esso si basa sulla definizione di un modello, detto modello di simulazione, che descrive l'evoluzione del sistema nel tempo, grazie al quale è possibile osservare le dinamiche del sistema, riuscendo pertanto a misurarne le prestazioni.

Se da un lato la simulazione fornisce uno strumento potente per la valutazione di sistemi, per ragioni di flessibilità e di generalità dei modelli risolvibili, d'altra parte il suo limite maggiore è costituito dal costo sia di sviluppo e di parametrizzazione che di esecuzione, specialmente se il sistema è rappresentato ad un elevato livello di dettaglio

La definizione e l'impiego di un modello per lo studio di un sistema presenta diversi vantaggi, fra i quali:

- aumento delle conoscenze: la definizione di un modello aiuta ad organizzare le conoscenze teoriche e le osservazioni empiriche sul sistema, portando ad una maggiore comprensione del sistema stesso; infatti durante il processo di astrazione occorre identificare quali sono le componenti e le interazioni rilevanti allo scopo dello studio;
- analisi del sistema: l'impiego di un modello facilita l'analisi del sistema;
- modificabilità: il modello è maggiormente modificabile e manipolabile rispetto al sistema stesso permettendo la valutazione di diverse alternative, compatibilmente con la definizione e il livello di astrazione adottato;
- diversi obiettivi di studio: l'impiego di diversi modelli dello stesso sistema permette la valutazione di diversi obiettivi.

D'altro canto fra i limiti e gli svantaggi delle tecniche modellistiche notiamo:

- scelta del modello: la scelta del livello di astrazione appropriato può essere un compito non semplice; l'uso di un modello non appropriato può chiaramente portare ad errori di valutazione;
- uso errato del modello: vi è il rischio di utilizzare un modello oltre il suo campo di validità, ovvero anche quando le assunzioni e le ipotesi che hanno portato alla sua

definizione non sono più verificate; in altre parole, occorre fare attenzione ad un uso improprio del modello dovuto all'extrapolazione dei risultati oltre il suo campo di applicabilità.

1.2 Classificazione di sistemi e di modelli

I sistemi oggetto di studio possono essere sia esistenti che ipotetici. Abbiamo definito, un sistema come un insieme di componenti o entità interagenti al fine di raggiungere uno scopo prefissato.

I sistemi possono essere innanzi tutto classificati in sistemi **naturali**, **artificiali** e **misti**. I sistemi naturali sono quelli che la natura ha provveduto a creare: il sistema nervoso, il sistema planetario, ecc.. I sistemi artificiali sono quelli realizzati dall'uomo: un ascensore, un'automobile, il sistema scolastico, ecc.. I sistemi misti sono quelli in cui c'è una connessione tra i manufatti umani e l'azione della natura: ad esempio un mulino a vento, una centrale idroelettrica (quelle che sfruttano la caduta dell'acqua da una diga per generare elettricità), ecc.

L'evoluzione nel tempo di un sistema è descritta, ad ogni istante, dallo stato del sistema che ne rappresenta la condizione in quel particolare momento. Lo stato è espresso in termini di variabili di stato che descrivono le entità del sistema e i loro attributi. Le attività delle componenti nel tempo e le interazioni fra le componenti sono descritte dalle regole di trasformazione fra stati. La descrizione nel tempo del comportamento del sistema e della sua evoluzione è rappresentata dalla storia degli stati, ovvero dalla successione temporale degli stati del sistema.

Un sistema opera in un ambiente che può influenzare il comportamento del sistema stesso. Occorre quindi identificare senza ambiguità il sistema e la sua interfaccia rispetto all'ambiente esterno.

Le variabili di stato si distinguono in:

- variabili endogene, se il loro cambiamento è dovuto soltanto ad attività interne al sistema,
- variabili esogene se sono influenzate dall'ambiente esterno al sistema.

Un sistema è detto **chiuso** se il suo comportamento è completamente determinato da attività interne, cioè se non esistono variabili esogene.

Al contrario, un sistema è **aperto** se interagisce con l'ambiente esterno, come viene espresso dalle variabili esogene.

I sistemi si distinguono in **continui** o **discreti** a seconda del tipo di cambiamento dei valori, continuo o discreto, delle variabili di stato. Ad esempio se la variabile di stato rappresenta la temperatura in un dato luogo, poiché i suoi cambiamenti sono gradualmente e continui, abbiamo un sistema continuo. Viceversa, se ad esempio il sistema è descritto dal numero di persone presenti in una stanza, i cambiamenti avvengono istantaneamente per passi discreti e quindi si osserva un sistema discreto.

Il modo in cui avvengono le trasformazioni fra stati determina se un sistema è **deterministico** o **stocastico**.

Nel primo caso le regole di trasformazione determinano univocamente il cambiamento di stato del sistema, mentre nel secondo caso da uno stato è possibile raggiungere diversi stati secondo una legge di probabilità associata alla regola di trasformazione. Esempi di sistemi deterministici si possono osservare in alcuni sistemi di produzione e di automazione (per esempio in una catena di montaggio può essere vista come un sistema

deterministico, in quanto ogni attività determina univocamente lo stato successivo del sistema). I sistemi stocastici in cui le variabili di stato variano con casualità secondo leggi di distribuzione di probabilità si osservano in diversi campi. Alcuni esempi sono l'osservazione delle turbolenze atmosferiche in un sistema naturale, il numero di pazienti in un ospedale, il numero di utenti collegati ad un sistema di calcolo interattivo, il numero di messaggi trasmessi su una linea di comunicazione in un sistema di comunicazione, il numero di automobili che attraversano un casello autostradale in un sistema di traffico. La natura stocastica o deterministica, continua o discreta di un sistema non è una sua proprietà assoluta, ma dipende dalla visione da parte dell'osservatore del sistema stesso che è determinata dagli obiettivi e dal metodo di studio, così come dall'esperienza dell'osservatore.

Analogamente ai sistemi, anche i *modelli* possono essere distinti in **aperti e chiusi, continui e discreti, deterministici e stocastici**. Non necessariamente il tipo di modello corrisponde al tipo di sistema rappresentato. Ad esempio un sistema continuo può essere rappresentato da un modello discreto, introducendo una discretizzazione del campo di definizione delle variabili continue del sistema per definire variabili discrete del modello. Analogamente un sistema stocastico può essere descritto da un modello deterministico ad esempio facendo riferimento ai soli valori medi delle variabili del sistema. La natura del modello dipende non solo dal tipo di sistema studiato ma anche dal livello di astrazione impiegato e dall'obiettivo per il quale il modello è definito. Infatti il modello deve riprodurre tutte quelle proprietà elementari delle componenti del sistema e le loro interazioni da cui dipendono le funzionalità, oggetto di studio, che si è interessati a rappresentare e a valutare.

I modelli si distinguono in due principali categorie: modelli **fisici** e modelli **simbolici**. I modelli *simbolici* includono i modelli *matematici* su cui concentreremo la nostra attenzione, e i modelli *non matematici*. A questa ultima categoria appartengono alcuni modelli linguistici, grafici, e schematici (diagrammi, mappe). Un modello matematico è costituito da un insieme di variabili e parametri che rappresentano le componenti del sistema e da un insieme di relazioni fra variabili e parametri che rappresentano le regole di trasformazione o attività del sistema, espresse in un formalismo logico-matematico. Vediamo ora di schematizzare il procedimento di valutazione di un sistema tramite la definizione, parametrizzazione e soluzione di un modello che lo rappresenti.

1.3 Creazione ed uso di modelli: ciclo dei modelli

Il procedimento di definizione, parametrizzazione e soluzione di un modello per la valutazione e l'analisi di un sistema consiste solitamente in un processo iterativo di raffinamenti successivi. Ogni modello viene definito ad un determinato livello di astrazione e si basa su di un insieme di assunzioni ed ipotesi sul sistema, sul suo comportamento e sull'ambiente esterno.

Tali assunzioni e ipotesi devono essere chiaramente definite, per una loro corretta comprensione e possibile modifica, motivate e giustificate, per meglio identificare l'effetto sui risultati della valutazione.

Tipicamente le assunzioni introdotte in fase di definizione del modello sono dovute a ragioni di

- semplicità del modello: è opportuno includere nel modello solo quelle componenti, caratteristiche ed interazioni che appaiono rilevanti alla descrizione del sistema per

- lo scopo prefissato; spesso un modello semplice riesce a fornire risposte sufficientemente accurate, specialmente in fase di progettazione;
- adeguatezza delle misure: nella fase di parametrizzazione è necessario disporre degli strumenti adatti per valutare le grandezze necessarie alla definizione delle variabili del modello;
 - facilità di soluzione del modello: soltanto per alcune classi di modelli è possibile calcolare efficientemente la soluzione; per poter utilizzare un modello appartenente ad una certa classe si è spesso costretti ad introdurre delle semplificazioni.

Bibliografia:

Appunti cap. 1 - S. Balsamo - www.dsi.unive.it/~balsamo/disp.pdf/Cap1.pdf