

Modello e realtà

- **Attinenza del modello alla realtà**
 - Quanto il modello deve essere completo ed esatto rispetto alla realtà che rappresenta?
- **Relatività del giudizio**
 - È una questione di convenienza
 - Costi della modellazione
 - Capacità di cogliere i dettagli
 - Influenza dei dettagli
 - Opportunità di considerare i dettagli
- **È però importante che il modello sia esposto**
 - Compreso
 - Condiviso

Studio di un sistema

- **Conduzione di esperimenti**
 - Sul sistema reale
 - Oppure su un modello del sistema ...
- **Costruire un modello**
 - Un modello fisico, per esempio in scala
 - Oppure un modello astratto ...
- **Classi di modelli astratti**
 - Definiti da funzioni ed equazioni (matematici)
 - Oppure definiti da tipi di dato e relazioni (informatici) ...
- **Ottenere risultati dal modello astratto**
 - Per via analitica, risolvendo il modello
 - Oppure eseguendolo: la simulazione informatica!

Sindrome da ultima spiaggia?

- **Quando non ci sono alternative**
 - Per questioni di costo, di tempo, di sicurezza, ...
 - ... a volte di complessità intrinseca ...
 - ... o di adeguatezza agli obiettivi ...
 - ... si arriva all'ultima spiaggia spesso e in breve
- **Campi di applicazione della simulazione informatica**
 - Ingegneria, dai prodotti agli impianti
 - Scienze fisiche, scienze dei materiali, chimica, ...
 - Scienze naturali, biologia, meteorologia, ...
 - Scienze sociali
 - Economia
 - Gestione aziendale, logistica

Simulazione vs emulazione

- Obiettivi diversi
 - La simulazione ha lo scopo di studiare i sistemi
 - L'emulazione ha lo scopo di sostituirli (a volte per studiarli)
- Entrambi si basano su modelli
 - Varia il grado di libertà del modello
 - Nell'emulazione si impongono livelli definiti e vincoli stretti
- Interfaccia del sistema emulato
 - A un definito livello di interfaccia ...
 - ... il sistema reale e il modello non sono distinguibili
 - L'emulatore può sostituire il sistema
 - Esempi: emulatori di hw, di sistemi operativi, MAME, ...

Modelli di simulazione

- Aspetti diversi della modellazione di un sistema
 - La simulazione fa sempre riferimento a un modello
 - Classificare la modellazione o la simulazione è indifferente
 - Aspetti diversi possono essere presenti nello stesso modello
 - La scelta dipende dagli obiettivi della simulazione
 - La scelta ha conseguenze sull'implementazione del modello
- Statico vs dinamico
- Deterministico vs stocastico
- Discreto vs continuo
- Chiuso vs interattivo

Modelli statici vs dinamici

- Importanza della variabile tempo
 - Simulazione statica: il tempo non è rilevante
 - La realtà è sempre dinamica
 - A volte il tempo gioca un ruolo, a volte no
 - Può interessare conoscere l'esistenza di un risultato
 - Può interessare studiare come il risultato cambia nel tempo
- Esempi
 - Un modello statico di un ponte
 - Uno stato di equilibrio in un sistema economico
 - Un impianto con linee di produzione
 - Un modello del traffico di una città
 - Un corpo in moto soggetto a forze



Modelli deterministici vs stocastici

- Esistenza di componenti probabilistiche
 - Deterministico: tutti gli ingressi sono deterministici, tutte le funzioni sono deterministiche
 - Modelli stocastici hanno risultati stocastici
 - Possono essere usati solo per stimare (probabilisticamente) le caratteristiche di un sistema
 - Modelli deterministici possono avere comportamenti caotici
- Esempi
 - Una complessa reazione chimica è deterministica, ma probabilmente analiticamente intrattabile
 - Sistemi composti da code, magazzini, linee di produzione hanno modelli con componenti stocastici



Giovanni A. Cignoni - SLo1: Simulazione - www.di.unipi.it/~giovanni/

10



Modelli discreti vs continui

- Modi diversi di trattare il tempo nei modelli dinamici
 - Continuo: successione di tutti gli istanti
 - Discreto: successione dei soli eventi interessanti
 - I calcolatori trattano solo quantità discrete
 - Continua, successione di intervalli uniformi (*time slicing*)
 - Discreta, successione di eventi a tempi dati (*next event*)
 - Implicazioni sull'architettura dell'implementazione
- Esempi
 - Modelli continui si applicano naturalmente a sistemi fisici o ingegneristici (impianti, motori, ...)
 - Modelli discreti si applicano naturalmente ai processi produttivi o a sistemi dove entità autonome interagiscono



Giovanni A. Cignoni - SLo1: Simulazione - www.di.unipi.it/~giovanni/

11



Modelli chiusi vs interattivi

- Modi diversi di osservare e condurre l'esperimento
 - Chiuso: interessa un insieme di dati da studiare
 - Interattivo: interessa la partecipazione all'esperimento
 - Un modello chiuso può essere parametrico
 - Un modello interattivo identifica i punti di interazione
 - Implicazioni sull'architettura dell'implementazione
- Esempi
 - La partecipazione all'esperimento come esplorazione di situazioni diverse (da parametrizzare e studiare poi)
 - Un modello aziendale per la formazione del personale
 - Un modello da mettere back-2-back con l'impianto reale con funzioni di allarme, monitoraggio e valutazione



Giovanni A. Cignoni - SLo1: Simulazione - www.di.unipi.it/~giovanni/

12

Vantaggi e svantaggi

- Possibilità offerte dalla simulazione
 - Analisi di sistemi non altrimenti studiabili
 - Valutazione di un numero maggiore di alternative
 - Riduzione di costi e tempi
 - Innovazione dei processi decisionali e formativi
 - Automazione delle funzioni di controllo
- Problemi e trabocchetti
 - Richiede competenze tecniche e di dominio
 - Ci sono tanti tipi di simulazione
 - Rischi di modellazione (pochi o troppi dettagli)
 - Rischi di implementazione (buchi)
 - Rischi di scarse risorse per lo studio dei risultati



Il processo di simulazione

- Decomposizione delle attività
 - Per identificare gli obiettivi
 - Per identificare le competenze
 - Per quantificare l'impegno, i tempi e i costi
 - È uno strumento di pianificazione
 - Non è un ciclo di vita, cioè una sequenza prescritta di fasi
- Attività principali
 - Formulazione del problema
 - Sviluppo e implementazione del modello
 - Definizione dei dati di ingresso
 - Verifica e validazione del modello
 - Esecuzione degli esperimenti



Formulazione del problema

- Definizione degli obiettivi
 - Obiettivi del progetto di simulazione
 - Confini e obiettivi del modello
 - Livello di dettaglio del modello
- Pianificazione del progetto
 - Definiti gli obiettivi, stabilire i vincoli ...
 - ... tempi, risorse, costi
- Definizione del modello concettuale
 - Condiviso con il committente e gli esperti del dominio
 - Uso di tecniche e linguaggi condivisi
 - Esplicitazione delle assunzioni





Sviluppo e implementazione

- Sviluppo del modello
 - Identificazione di classi, attributi, entità, insiemi
 - Identificazione di eventi, attività, processi
 - Specifica in un linguaggio di modellazione
 - Generico (UML, SysML, ...) o specifico di uno strumento
- Implementazione del modello
 - Traduzione della specifica in un sistema software
 - Vecchia maniera, a mano, secondo pattern definiti
 - Per interpretazione diretta
 - Per generazione di codice
 - Ambiente di visualizzazione, registrazione, analisi
 - Uso di strumenti, integrazione con codice ad hoc



Giovanni A. Cignoni - SLo1: Simulazione - www.di.unipi.it/~giovanni/

16



Definizione dei dati di ingresso

- Non solo parametri
 - Gli ingressi possono essere costituiti da volumi di dati
 - Sequenze di eventi
 - Dati con cui costruire la popolazione delle entità
- Reperire i dati
 - Da collezioni (basi di dati o registrazioni manuali)
 - Da registrazioni
 - Da campionamenti
 - Per ipotesi di distribuzioni e generazione
- Validazione dei dati
 - Analisi e pulizia
 - Verifica delle distribuzioni ipotizzate



Giovanni A. Cignoni - SLo1: Simulazione - www.di.unipi.it/~giovanni/

17



Verifica e validazione

- Verifica: si sta realizzando correttamente il modello?
 - Sono coinvolti gli sviluppatori
 - Nel caso di realizzazione a mano, con tutte le tecniche tradizionali di prova e debugging
 - Sostituita da interpretazione o generazione di codice
 - In ogni caso prove di carico e di stress
- Validazione: si sta realizzando il modello corretto?
 - Sono coinvolti il committente e gli esperti del dominio
 - Prove su insiemi di dati con risultati noti
 - Revisioni di terze parti
 - Confidenza per incapacità di trovare difetti



Giovanni A. Cignoni - SLo1: Simulazione - www.di.unipi.it/~giovanni/

18



Esecuzione degli esperimenti

- Per questo abbiamo lavorato
- Progettazione degli esperimenti
 - Predisposizione dei dati di ingresso
 - Definizione della durata dei cicli di simulazione
 - Definizione delle condizioni iniziali (transitorio)
 - Definizione del numero di ripetizioni a fini statistici
- Sperimentazione e analisi
 - Non è solo una questione di tempo macchina
 - L'analisi dei risultati può cambiare la direzione dello studio
- Documentazione, versionamento e tracciabilità



Giovanni A. Cignoni - SLo1: Simulazione - www.di.unipi.it/~giovanni/

19



Responsabilità e competenze

- Raramente concentrate in un unico individuo
 - Committente, chi, dai risultati della simulazione, decide
 - Esperti del dominio, progettisti e utenti del sistema reale
 - Esperti di modellazione e degli strumenti di simulazione
 - Analisti dei dati e dei risultati della sperimentazione
- Caratteristiche del professionista della simulazione
 - Formazione, esercizio, pratica, esperienza
 - Aperto, dubbioso, non imbarazzato a chiedere
 - Conoscenza pratica di statistica e probabilità
 - Competenze informatiche (integrazione)
 - Esperto di un insieme di strumenti
- Il posto degli informatici?



Giovanni A. Cignoni - SLo1: Simulazione - www.di.unipi.it/~giovanni/

20



Riferimenti

- G. Gallo, *Note di Simulazione*
- M. Pidd, *Computer Simulation in Management Science*, J. Wiley & Sons, 1992
- A.M. Law, W.D. Kelton, *Simulation Modeling & Analysis*, McGraw-Hill, 1991
- J.S. Carson, *Introduction to Modelling & Simulation*, atti della Winter Simulation Conference 2005



Giovanni A. Cignoni - SLo1: Simulazione - www.di.unipi.it/~giovanni/

21