

Appunti, Sbobinature, Esercizi guidati e Compiti degli appelli invernali di

Modelli compartimentali e Organi artificiali



Moduli presenti:

Modelli compartimentali (Prof. Piaggi)

A cura di Younes M.

Anno Accademico 2021/2022



Introduzione alla modellistica

Modelli matematici

Nella modellistica i' modelli matematici sono usati per migliorare la comprensione quantitativa dei sistemi biologici e fisiologici.

Questa tipologia di modelli si usa:

- Nella ricerca di base: Ad esempio per capire in maniera appunto quantitativa come i sistemi fisiologici sono controllati
- Nella didattica: Per effettuare simulazione numeriche che servono a comprendere meglio come funziona un modello
- Nel supporto alle decisioni cliniche: Quando tali modelli aiutano a stimare i parametri e le variabili non accessibili alla misura (si effettua quindi un processo di diagnostica) e aiutano a predire l'effetto di una variazione ad esempio della terapia farmacologica su variabili cliniche importanti come la pressione arteriosa e/o la glicemia.

La modellistica a modelli matematici per i sistemi fisiologici è relativamente recente. La spinta ricevuta da questi modelli infatti è stata data dall'aumento della quantità e della qualità di dati sperimentali disponibili, sia sul singolo organo che sull'intero corpo umano.

Un'altra spinta considerevole all'utilizzo nella tecnica di tali modelli è stata data dall'aumento, nel corso del tempo, della potenza computazionale e dall'avanzamento dei metodi per lo studio dei sistemi dinamici.

Vantaggi dei modelli matematici

1) Tali modelli descrivono in maniera coincisa e sintetica processi fisiologici dinamici che per loro natura sono molto complessi. Ci permettono quindi di schematizzare sistemi complessi con relazioni semplici.
2) Forniscono indicazioni su come migliorare il progetto della sperimentazione. Progettare la sperimentazione è infatti importante in quanto ci consente di capire a monte quali dati saranno acquisibili dalla prova sperimentale.
3) Permettono di testare ipotesi riguardanti la struttura fisiologica. Attraverso tali modelli infatti è possibile capire se il sistema fisiologico si sta comportando normalmente o se ci sono anomalie di qualche sorta.

4) Permettono infine di eseguire una stima di parametri e segnali fisiologici che non sono direttamente misurabili. Tali stime sono eseguibili grazie alle relazioni che descrivono il modello.

Definizione di modello

Per definizione un modello è un'approssimazione della realtà.

Sappiamo che la realtà, specie quella fisiologica, è complessa. Il modello cerca quindi di dare un'approssimazione quanto più accurata possibile della realtà.

In base al grado di approssimazione del modello si possono sviluppare diversi modelli dello stesso sistema più o meno precisi. La scelta del modello sulla base del grado di approssimazione dello stesso dipende dallo scopo specifico del progetto.

Ad esempio:

Se devo costruire un modello del controllo della respirazione ed un modello di respiratore per terapia intensiva andrò a modellare comunque in ambo i casi il sistema respiratorio. Ciò che cambierà sarà però il grado di approssimazione con il quale modellerò tale sistema in funzione dello scopo del progetto. Infatti nel primo caso posso limitarmi ad un modello "meno accurato", nel secondo caso invece, visto che devo progettare un dispositivo dal quale dipenderà la vita di un paziente, dovrò alzare quanto più possibile la complessità.

Il modo in cui viene sviluppato il modello è legato:

- Alle conoscenze disponibili: Se si hanno infatti le conoscenze sul sistema fisiologico è possibile fare un modello anche non usando dati sperimentali. Si parla in questo caso di **modelli di sistema**.
- Ai dati: Se non sono disponibili conoscenze sul sistema fisiologico ma si hanno dei dati sperimentali si possono sviluppare dei modelli senza la conoscenza del sistema che ha generato tali dati. In questi casi si parla di **modelli di dati**.

Processo di modellizzazione

Il processo di modellizzazione si può scomporre in quattro fasi:

1) **Costruzione del modello**: Consiste in una descrizione quantitativa tramite equazioni differenziali dei processi fisiologici in esame. Tale fase è la più critica del processo in quanto esistono solo approcci per modellare i sistemi e non tecniche valide universalmente. Il risultato di tale fase è in genere un sistema di equazioni differenziali.
2) **Identificazione del modello:** L'identificazione consiste nel capire se i parametri con cui il modello è stato formalizzato in equazioni sono stimabili tramite esperimenti. Si parla di analisi di identificabilità a priori del modello quando si ha il modello e si cerca di capire se il modello ed i suoi parametri sono misurabili. In questa fase entra in gioco la complessità in quanto non è detto che in un modello complesso io riesca a misurare i parametri e se non riesco a misurare i parametri allora il modello resta solamente su carta. Una volta capito che i parametri sono ottenibili da esperimenti passo alla fase di sperimentazione. Si noti che basta che anche uno solo dei parametri del modello non sia misurabile per rendere il modello inutilizzabile. Nella fase di sperimentazione si cerca quindi di capire come ottenere un numero o meglio un parametro dalle misure.
3) **Simulazione del modello:** Si simula il modello all'elaboratore per capire se le uscite sono coerenti a quelle della realtà fisiologica. Se il modello dà uscite non coerenti con la fisiologia allora o tale modello è sbagliato o sono sbagliati i parametri.
4) **Validazione del modello:** In questa ultima fase si cerca di capire se il modello è appunto valido per rappresentare la realtà fisiologica. Si osserva quindi se i dati ottenuti sono almeno simili a quelli ottenibili dal sistema fisiologico sotto studio. Estrarremo di conseguenza degli indici di fit che ci indicheranno quale modello approssima meglio il sistema fisiologico sotto esame.

master COPY COPISTERIA

Complessità fisiologica

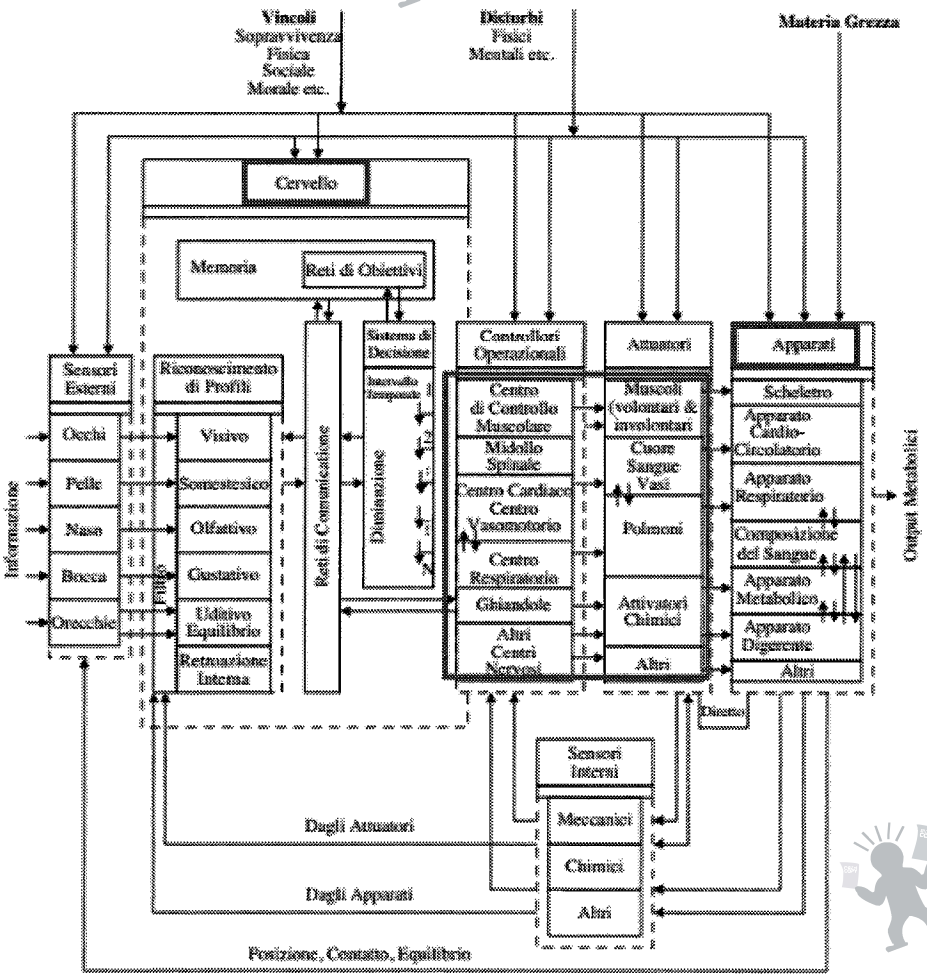
Tutti i sistemi fisiologici sono caratterizzati da una complessità intrinseca.

I modelli che andremo a sviluppare dovranno quindi tenere in considerazione:

- La complessità del sistema da modellare
- La disponibilità di dati che saranno usati per stimare i parametri

master COPY COPISTERIA

Complessità dell'organismo umano



Il modello a grafo concettuale del corpo umano cerca di dare un'idea della complessità della fisiologia umana. La rappresentazione è ovviamente semplificata e approssimata per via grafica ma permette comunque di evidenziare molti dei processi dinamici che sono presenti all'interno dell'organismo.

Tale modello a grafo ha:

- Molteplici ingressi
- Molteplici uscite

Proprio per il numero di ingressi e uscite che lo caratterizzano tale sistema fa parte della famiglia dei sistemi MIMO (Multiple Input & Multiple Output).

Osserviamo che in tale modello dell'intero organismo ritroviamo alcuni elementi comuni a tutti i sistemi di controllo come sensori e attuatori, misurazioni di variabili, azioni di decisione e controllo e in particolar modo feedback dell'informazione.