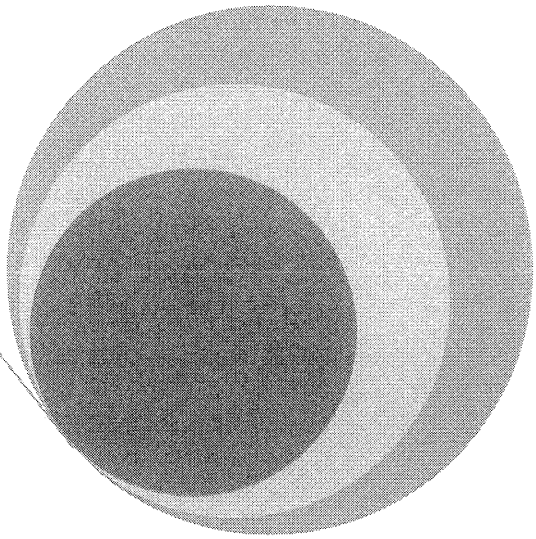
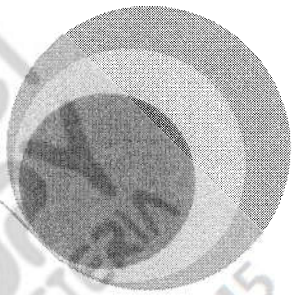
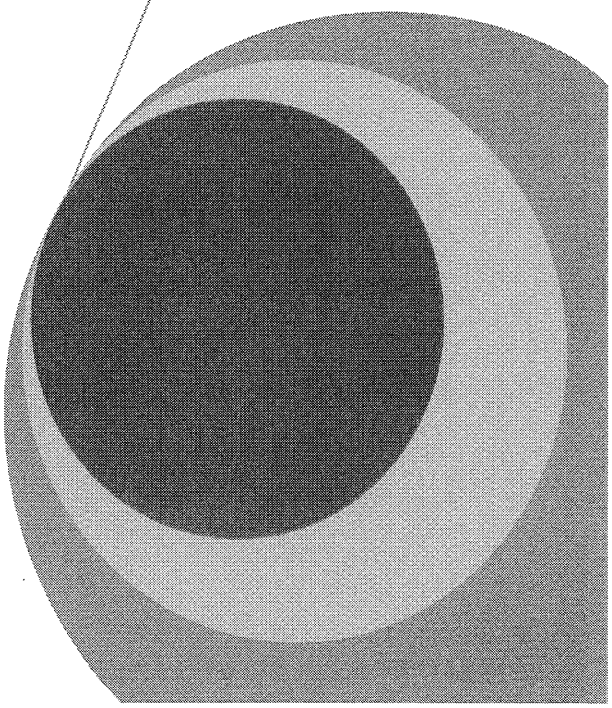




master copy COPISTERIA
050/8312126 388/9837745
MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745



Dispense
Cibernetica Fisiologica
A.A. 2017/18

Elisabetta Pani

Prof. Alberto Landi

Sommario

Introduzione **4**

Dinamica Glucosio - Insulina **6**

Diabete Tipo 1 ..... *6*

Diabete Tipo 2 ..... *6*

Diabete Tipo 3 ..... *7*

Conseguenze del diabete 7

Cenni Fisiologici 7

Limiti Fisiologici 13

Modello fisiologico 13

Modellistica dell'HIV **19**

Modellistica e controllo HIV 20

Modellistica matematica 22

Modello di Wodarz & Nowak 24

Taratura regolatore PID **28**

Metodo di Cohen-Coon 29

Funzione Descrittiva **33**

Criterio di Loeb 39

Regolatore PID 42

Riflessi **45**

Riflesso rotuleo 45

Riflesso pupillare 49

Controllore Fuzzy **53**

Epatiti **64**

Modello matematico 65

Epidemie **70**

Vaccini **79**

Modello SIR di HIV (Anderson, May, McLean) 80

Modello SEIR di rosolia con trasmissione verticale (Li, Smith, Wang) 81

Modello epidemico di varicella/herpes zoster (Brisson, Edmunds, Gay, Law) 82

Controllo Predittivo **85**

Predittivo (MPC) VS Controllo feedback (PID) 89

Controllo HIV 97

Indici di Qualità **100**

Tel. 050 831 21 26
Cell. 388 9837745

Modelli di Maxwell & Firestone **102**
Modelli di Maxwell 102
Modelli di Firestone 102
Modelli cardiaci di Guyton **105**
Modellistica del sistema immunitario **112**
Immunità anticorpale 114
Linfociti B *114*
Linfociti T *115*
Modello matematico 116
1° condizione: senza sistema immunitario *116*
2° condizione: presenza sistema immunitario *117*
3° condizione *119*
La malaria **120**
Equazioni patometriche 121
Osmolalità e Volemia **124**
Diabete insipido ipofisario 128
Sintesi Controllori TD **129**
La rabbia **138**
Modello matematico 138
La poliomelite **141**
Vaccini: farli o non farli? **144**
Luogo reciproco delle radici **149**
Modello del sistema respiratorio **156**

MASTER COPY
050/8312126 3887983745

Introduzione

La cibernetica fisiologica è un campo di studio, sostanzialmente interdisciplinare, che si occupa di studiare e sviluppare dei modelli matematici che descrivano processi fisici e chimici degli organismi viventi.

Lo scopo finale sarà anche quello di dimensionare un controllo farmacologico.

Il corpo umano è un controllore interno, comunemente chiamato ***controllore embedded***.
Il sistema da controllare, spesso, è esso stesso un controllore embedded (organi o parti di organi che già fungono da controllore fisiologico).

All'interno di un organismo ci sono delle *interazioni complesse,* non trascurabili, tra il sistema studiato e gli altri sistemi.
I comportamenti del corpo umano sono spesso causati da ***non linearità*** forti e non sono facilmente linearizzabili.
Come si fa a trattare queste non linearità?

Esistono anche altri problemi, quali il *problema dell'identificabilità dei parametri*: l'identificazione qualitativa dei parametri, necessaria per dimensionare un controllo, non è agevole, perché il tipo di prove eseguibili in vivo, senza mettere a repentaglio la salute del paziente, è limitato. Trovare quindi i coefficienti nelle equazioni di tipo fisiologico è complicato, inoltre la variabilità di tali coefficienti, da persona a persona, è enorme.

Quello che solitamente si fa è considerare lo *studio degli equilibri dinamici* nei sistemi tecnologici.

Si distinguono due modi di chiamare le condizioni di equilibrio:

1) Condizioni iniziali (in automatica);
2) ***Omeostasi*** (in fisiologia);

Nello studio della fisiologia si usa la parola "omeostasi" al posto di "equilibrio".

Condizione di equilibrio = Condizione omeostatica

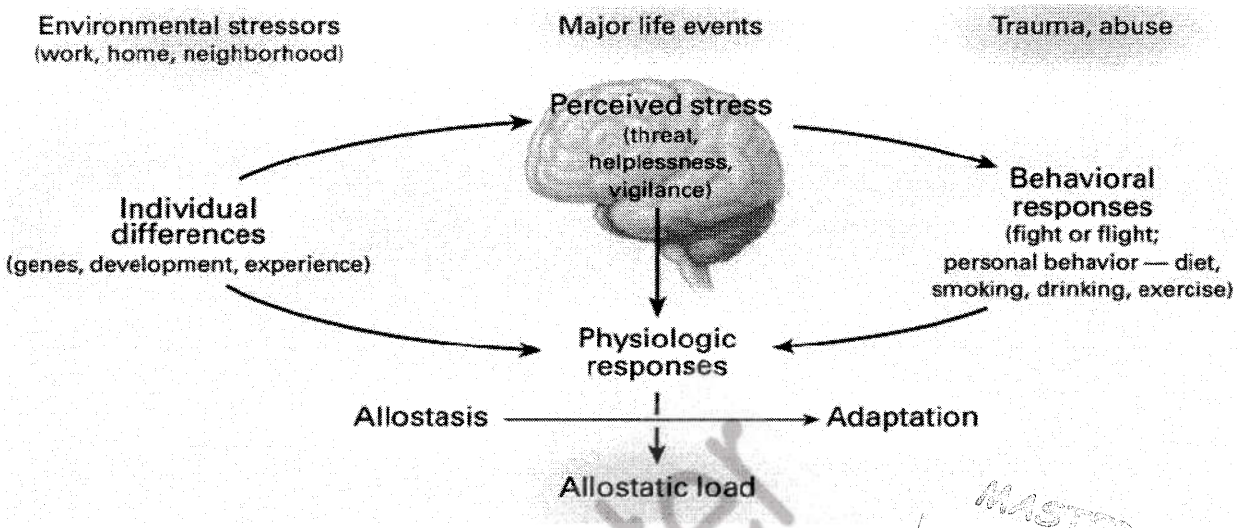
Il fenomeno di omeostasi, o conservazione del bilancio interno all'organismo vivente, determina le condizioni di equilibrio e rappresenta, tipicamente, il riferimento di un anello di controllo.

È difficile dare una descrizione delle caratteristiche e delle variazioni che si possono avere nel corpo umano, basandosi semplicemente su condizioni di equilibrio.
Un esempio di omeostasi è la ***termoregolazione*** negli animali a sangue caldo: il raffreddamento del sangue stimola alcuni centri cerebrali che accrescono l'attività di meccanismi interni, produttori di calore, in modo da mantenere le condizioni omeostatiche.

NEI SISTEMI BIOLOGICI LE CONDIZIONI OMEOSTATICHE NON SONO ASSOLUTE.

Le variabili fisiologiche regolate sono spesso soggette a variazioni cicliche periodiche, ritmiche e regolari dette ***ritmi circadiani***.

Di seguito si può vedere un sistema feedback ripreso a livello mentale:



MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

Si suppone che la mente umana sia il controllore.

Che reazioni ha la mente umana davanti a ingressi che possono essere diversi?
Varia da persona a persona, quindi è difficile da modellare.

Definizione: il ***modello allostatico*** è un modello *predittivo* perché cerca di anticipare le domande dell'ambiente, agendo sempre sugli stessi sistemi dell'organismo;

Ciò non è compatibile con il controllo in feedback quando si va a modellare.
Sono stati fatti tantissimi studi che hanno messo in rapporto la teoria del ***carico allostatico*** con quello che è il risultato degli ***effetti placebo*** che si misurano in medicina.

Definizione: il ***carico allostatico*** è il prezzo che il nostro organismo paga per adattarsi alle condizioni mutevoli che affronta (es. reazioni del corpo allo stress).

Si può distinguere lo stress in:

a) Dis-stress (dura tanto e può essere permanente: NEGATIVO);
b) Eu-stress (dura circa 20 min. ed è la risposta immediata a un pericolo: POSITIVO);

Lo stress può indurre a risposte nel fisico umano che, alla lunga, possono portare al deterioramento di alcuni organi.

Si può quindi semplificare dicendo che: il carico allostatico corrisponde a quanto si stressa il sistema umano rispetto a quelle che sono delle sollecitazioni che provengono dall'esterno e che sono anomale. Il carico allostatico è allora correlato allo stress.
Si misura lo stress? I medici dicono di sì.

L'aumento dei dati disponibili comporta, da un lato, lo sviluppo d'indagini statistiche, dall'altro, un rinnovato interesse per i modelli matematici.
Modello in silico = modello al computer su Matlab/Simulink;