

All stable processes we shall predict. All unstable processes we shall control (John von Neumann)

Teoria del Controllo
Modulo 2b
Tipologia massima
dei Sistemi di Controllo
a una leva

... a physical symbol system is any system in which suitably manipulable tokens can be assigned arbitrary meanings and, by means of careful programming, can be relied on to behave in ways consistent (to some specified degree) with this projected semantic content (Clark 1989, pp. 4-5).

Aula Esecutio
Palazzo Centrale

Università di Pavia, Facoltà di Economia piero.mella@unipv.it

Finalità di questo Modulo

- Nel precedente **Modulo 2a** ho introdotto i Sistemi di Controllo a una leva, con l'aiuto di semplici modelli:
 - Sistema di Controllo audio: **radio**, a leva **continua** e **discreta**;
 - Sistema di Controllo della temperatura dell'acqua, con ritardo: **doccia** con **miscelatore**;
 - Sistema di Controllo on-off di controllo della temperatura dell'aria: **condizionatore**
- In questo **Modulo 2b** presento:
 - alcune aree di applicazione del **modello generale** di Sistema di Controllo,
 - alcune **classi fondamentali** di sistemi mono leva e mono obiettivo e **varianti**.
- Il **Modulo 2b** comprende i §§ **2.13 a 2.16 e 2.9 e 2.10**.

piero.mella@unipv.it 2

Modello generale di sistema di controllo con apparati e processi

Par. 2.11

■ Ricordiamo la struttura generale dei Sistemi di Controllo "1 leva - 1 obiettivo".

The diagram illustrates a control loop with the following components and flows:

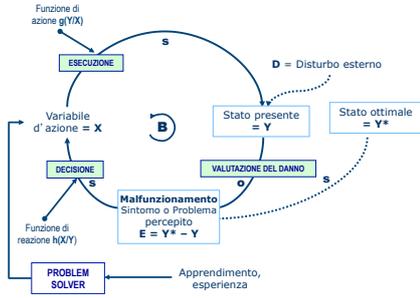
- EFFETTORE**: Receives $g(Y/X)$ and outputs X to the process.
- Processo**: Represented by $[s-o-s]$ and B , it takes X and D (Disturbo esterno) as input and outputs Y .
- RILEVATORE**: Receives Y and outputs $h(X/Y)$ to the **REGOLATORE**.
- REGOLATORE**: Receives $h(X/Y)$ and outputs $g(Y/X)$ to the **EFFETTORE**.
- MEMORIZZATORE**: Receives Y and outputs Y^* to the **REGOLATORE**.
- Errore o Scarto**: Calculated as $E(Y) = Y^* - Y$.
- MANAGEMENT del sistema**: Influences the **REGOLATORE** through $h(X/Y)$ and $r(X/Y)$ (Tempo di reazione).
- GOVERNANCE**: Influences the **MEMORIZZATORE** through Y^* and $g(Y/X)$ (Negoziazione tra interessi esterni).

Questa struttura generale si ritrova in molte aree del management

piero.mella@unipv.it 3

Par. 2.13

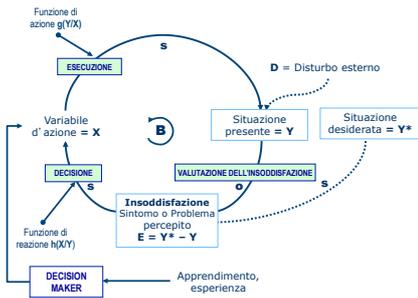
Problem Solving



piero.mella@unipv.it

4

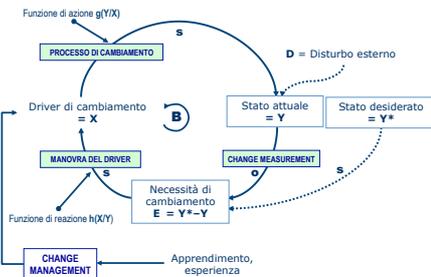
Decision making



piero.mella@unipv.it

5

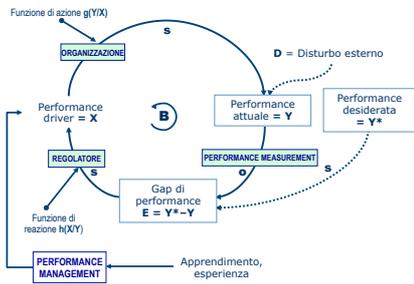
Change management



piero.mella@unipv.it

6

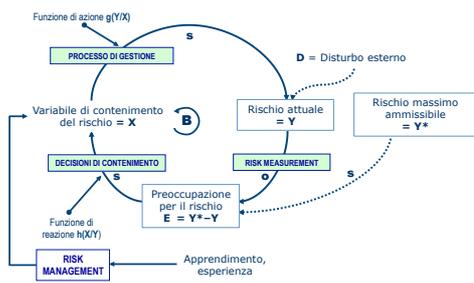
Performance management



piero.mella@unipv.it

7

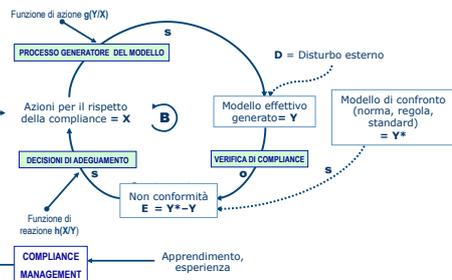
Controllo dei rischi



piero.mella@unipv.it

8

Controllo della compliance



piero.mella@unipv.it

9

Par. 2.14 **TIPOLOGIA**
Sistemi manuali e cibernetici

- **Sistemi naturali:** esistono in natura.
- **Sistemi artificiali:** costruiti, in tutto o in parte, dall'uomo
- **Controllo manuale - Per un osservatore esterno,** si definisce **manuale** o **non automatico** un **sistema di controllo** che operi **per tentativi**, in una successione di calcoli, decisioni, azioni e rilevazioni condotti **con interventi umani**, cioè dal **manager**. **Sono solitamente artificiali.**
- **Controllo automatico - Per un osservatore esterno,** si definisce **automatico** – o **cibernetico** – un Sistema di Controllo che si **autoregola**, tramite una catena di controllo formata da **apparati meccanici o biologici**. **Sono automatici i sistemi naturali e molti sistemi artificiali.**

10

Cibernetica
Teoria del feedback

amare l'intero campo della teoria del feedback, sia nella macchina che negli organismi, che deriva dal greco *kibernés* [così nell'originale] ovvero "regolare". Questo termine, che abbiamo inteso in meccanica (W. B. Ross) (W. B. Ross) pubblica (Wiener, 1948, p. 35).

Lo stesso Ludwig von Bertalanffy, considerava l'importanza generale dei sistemi, riconosceva l'importanza di questi effetti. In effetti una gran varietà di sistemi nella natura vivente, segue lo schema noto che, appunto per poter trattare, Wiener ha introdotto la nuova disciplina, la teoria dei sistemi, che tenta di dimostrare che i meccanismi retroattivi costituiscono la base del teleologico, ovvero dotato di fini, sia dall'uomo che negli organismi viventi (Bertalanffy, 1971, p. 81).

11

Pag. 98 **Forme di intervento umano nei Sistemi di Controllo**

La distinzione tra sistemi **manuali** o **automatici** non è semplice, perché l'intervento umano nei Sistemi di Controllo **artificiali** può assumere forme e intensità alquanto differenti.

12

Uno sguardo all'evoluzione biologica dei Sistemi di Controllo

- L'evoluzione ha portato al progressivo miglioramento dei Sistemi di Controllo della vita mediante un progressivo miglioramento degli **apparati biologici** della catena di controllo.
 - Evoluzione degli **effettori** e, in particolare di:
 - Apparati di movimento (arti, pinne, ecc.)
 - Apparati per afferrare (denti, becco, mani, chele, ecc.)
 - Evoluzione dei **rilevatori** e, in particolare di:
 - Apparati sensori tattili, olfattivi, uditivi, visivi, e molti altri ancora
 - Apparati di memorizzazione (evoluzione del cervello)
 - Evoluzione dei **regolatori** e, in particolare dei regolatori coscienti (cervello, da reattivo a capacità decisionali attive)



TIPOLOGIA FONDAMENTALE Due grandi classi di Sistemi di Controllo

- **Nell'ambito del modello generale, si possono individuare due grandi classi di sistemi:**
 - **Sistemi di Controllo quantitativi (Y è una quantità misurabile) tra cui prevalgono i**
 - **Sistemi di raggiungimento o "Attainment CSs"**
 - **Sistemi di Controllo qualitativi (Y è una qualità osservabile) tra cui prevalgono i**
 - **Sistemi di riconoscimento/identificazione o "Recognizing CSs"**



TIPOLOGIA Sistemi di raggiungimento

- **Tipo di obiettivo**
 - 1. **goal seeking systems,**
 - 2. **constraint keeping systems.**
- **Tipo di controllo**
 - 1. **regulatory systems,**
 - 2. **tracking systems, o path systems.**
- **Variabilità obiettivo**
 - **obiettivo fisso**
 - **obiettivo variabile**
 - **Sistemi a obiettivo casuale.**



TIPOLOGIA FONDAMENTALE Due grandi classi di Sistemi di Controllo

- Nell'ambito del modello generale, si possono individuare due grandi classi di sistemi:
- Sistemi di Controllo quantitativi (Y è una quantità misurabile) tra cui prevalgono i
 - Sistemi di raggiungimento o "Attainment CSs"
- Sistemi di Controllo qualitativi (Y è una qualità osservabile) tra cui prevalgono i
 - Sistemi di riconoscimento/identificazione o "Recognizing CSs"



Tipi Goal seeking e Constraint keeping

- **Definizioni** – a seconda della natura dell'obiettivo possiamo distinguere tra:
 - **Goal seeking** systems, quelli nei quali Y^* rappresenta un **obiettivo** voluto dalla governance del sistema; per es. di performance, che può essere:
 - conseguire o un **risultato**
 - raggiungere o mantenere standard di **funzionamento**.
 - **Constraint keeping** systems quelli nei quali Y^* rappresenta un **vincolo** o un **limite** da rispettare.



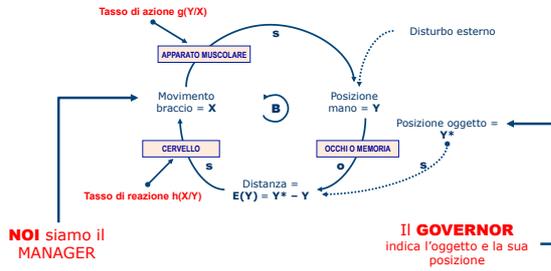
Tipi Regolazione e percorso

- **Definizioni** – Ricordando Arbib, possiamo distinguere tra:
 - **Regulatory systems**, o **sistemi di regolazione**, quelli nei quali Y^* (obiettivo o vincolo) è un **valore** da mantenere nel tempo.
 - **Tracking Systems**, o **sistemi di tracciamento**, o **di percorso**, quelli nei quali Y^* (obiettivo o vincolo) è una **successione** o **traiettoria** di valori, comunque formata, cui la Y_t deve conformarsi.
 - Sono solitamente sistemi **di guida** o **di processo**.

**Il termine "regolazione" ha differenti significati.
Per approfondimenti, vedere a pag. 80.**



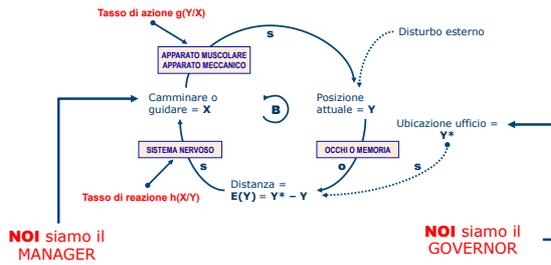
Sistemi di Raggiungimento Afferrare un oggetto



piero.mella@unipv.it

22

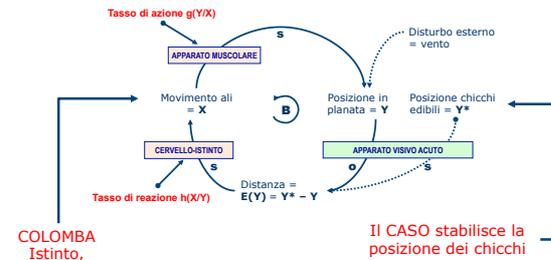
Sistema di Raggiungimento Raggiungere l'ufficio



piero.mella@unipv.it

23

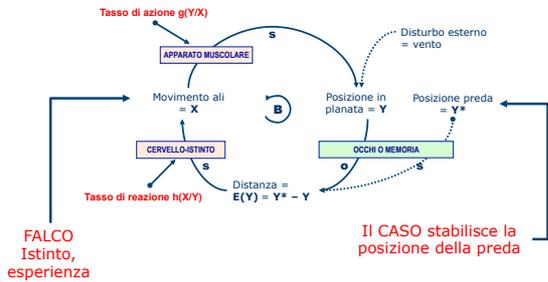
Sistema di Raggiungimento Colomba



piero.mella@unipv.it

24

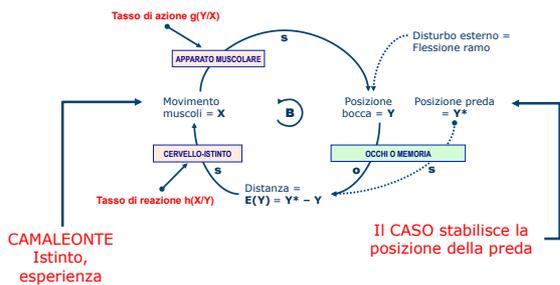
Sistemi di raggiungimento Falco



piero.mella@unipv.it

25

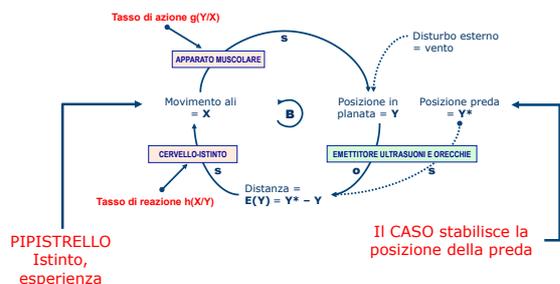
Sistemi di raggiungimento Camaleonte



piero.mella@unipv.it

26

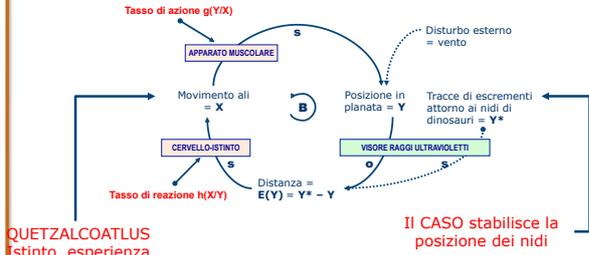
Sistemi di raggiungimento Pipistrello



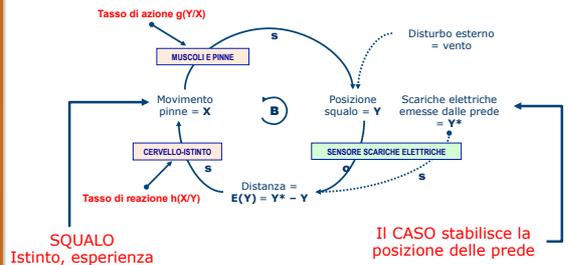
piero.mella@unipv.it

27

Sistemi di raggiungimento Quetzalcoatlus (Pterosauro)

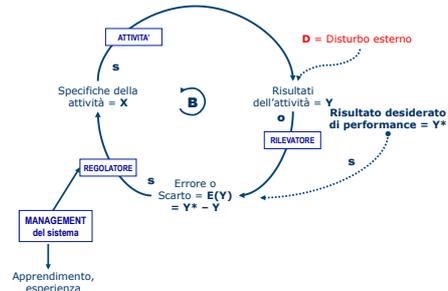


Sistemi di raggiungimento Squalo bianco



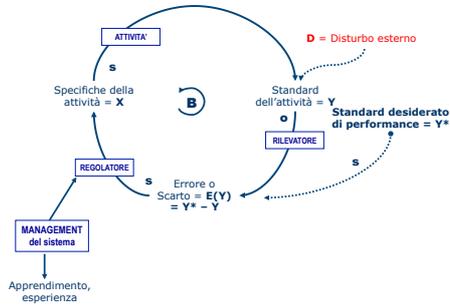
Sistema di Raggiungimento Risultati di un'attività

Controllo delle performance come risultati



Sistema di Raggiungimento Standard di un'attività

Controllo delle performance come standard



Due sottoclassi di sistemi di raggiungimento

- I **sistemi di raggiungimento** si possono classificare in:
 - **Sistemi a obiettivo fisso (goal seeking systems)**
 - **Sistemi a obiettivo variabile (tracking systems)**
 - **Sistemi a obiettivo casuale.**

Il mondo dei viventi è composto da sistemi di raggiungimento del nutrimento

- **Tutti gli esseri viventi devono nutrirsi. Possiamo classificare tutti i viventi in:**
 - **Viventi il cui nutrimento è un obiettivo fisso**
 - **Viventi il cui nutrimento è un obiettivo variabile**
 - **Viventi il cui cibo è un flusso casuale**
- **Senza i sistemi di raggiungimento il mondo sarebbe popolato da viventi immobili, senza effettori di movimento, o da viventi mobili con movimento casuale.**

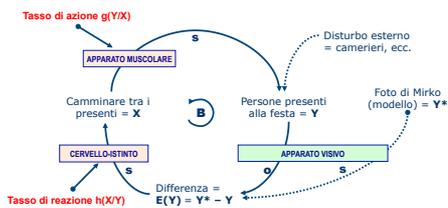
L'uomo si è evoluto: da cacciatore è diventato coltivatore e allevatore

Par. 1.15 Sistemi di Individuazione Riconoscimento e Identificazione

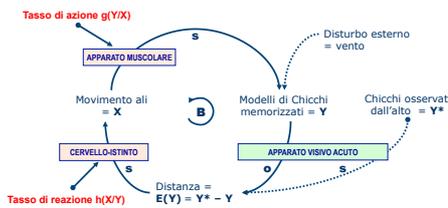
- Definisco di **individuazione** un Sistema di Controllo qualitativo che consente di **riconoscere** o di identificare un oggetto.
 - Di norma il **riconoscimento** risponde alla domanda **"DOV'È?"** l'oggetto che si vuole riconoscere?
 - Di norma l'**identificazione** risponde alla domanda **"CHE E'?"** l'oggetto che si vuole riconoscere?
- Riconoscimento:**
 - Y^* = "un **modello** da riconoscere" e Y_t = un insieme di **oggetti** **"DOV'È? l'oggetto?"**
- Identificazione:**
 - Y^* = "un **oggetto**" da riconoscere" e Y_t = un insieme di **modelli** **"CHE E' l'oggetto?"**
- La distinzione è del tutto convenzionale. Preferisco generalizzare con il termine **Individuazione** ■ **Riconoscimento o Identificazione**



Sistema di Riconoscimento Mirko alla festa



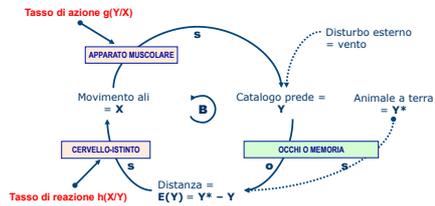
Sistema di Identificazione Colomba in cerca di cibo



Normalmente quando si cerca il cibo, alla Identificazione segue il Raggiungimento. Il sistema della Colomba è a obiettivo fisso



Sistema di Identificazione Falco



Normalmente quando si cerca il cibo, alla Identificazione segue il Raggiungimento. Il sistema del Falco è a obiettivo variabile

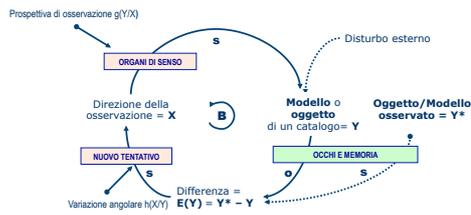


piero.mella@unipv.it

37

La potenza dei Sistemi di Individuazione Volti, voci, espressioni, oggetti

- Come sarebbe la **nostra vita** senza potere **riconoscere** o **individuare** le persone, gli oggetti, le parole, ecc?



Anche gli animali che vivono in colonie devono poter riconoscere i loro cuccioli ma anche i competitors e i predatori

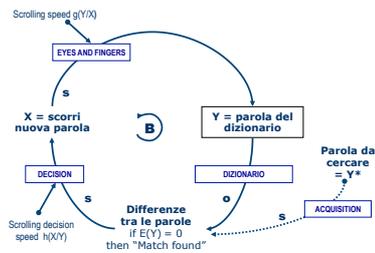


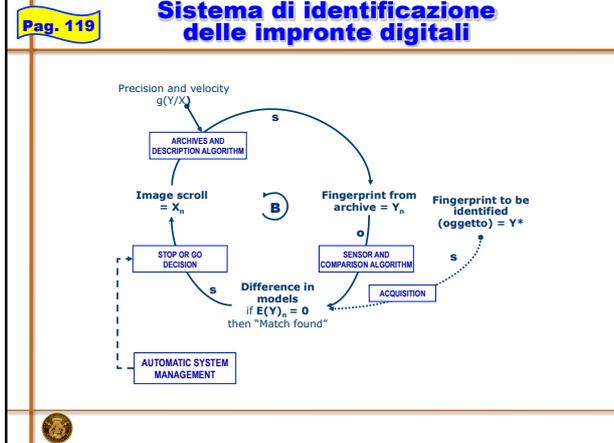
piero.mella@unipv.it

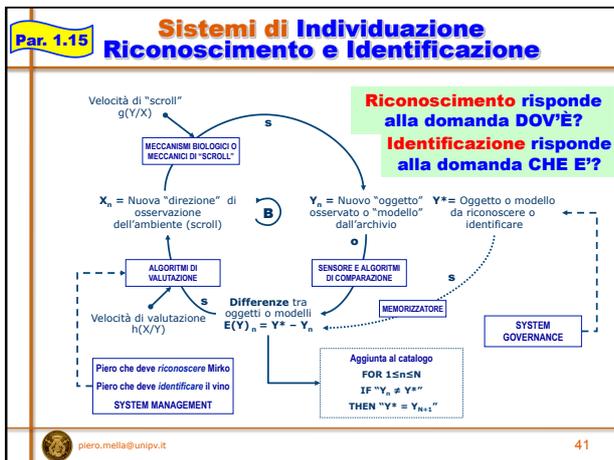
38

Pag. 112

Sistema di riconoscimento delle parole nel dizionario







La nostra vita è resa possibile da un potente sistema di identificazione naturale

- Il **sistema immunitario** ha la funzione di proteggere l'organismo dall'aggressione degli agenti patogeni.
- Tenta di **identificare** e di **neutralizzare** tutte le sostanze estranee all'organismo, gli **antigeni**, virus o batteri.
 - Riesce a **identificare** in modo **altamente specifico** milioni d'**antigeni** diversi anche solo per minime variazioni della loro composizione.
 - La difesa è basata sull'azione dei **linfociti** che producono gli **anticorpi**, proteine a forma di **Y**, che **identificano** gli antigeni e si legano ad essi facilitando il lavoro dei **macrofagi** che procedono alla loro distruzione.
 - Quando la **identificazione** fallisce, l'**organismo** subisce l'aggressione degli antigeni e spesso muore.
 - Quando la **capacità di identificazione** viene meno, possono derivarne le cosiddette **malattie autoimmuni** (tarie).

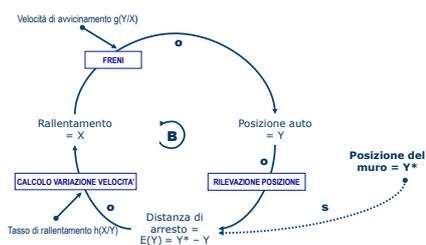
http://www.orientamento.unifg.it/dwn/entrata/corso_preparazione_medicina08/fisiologia/9-Immunitario.pdf

Tipi Sistemi di guida e di arresto.

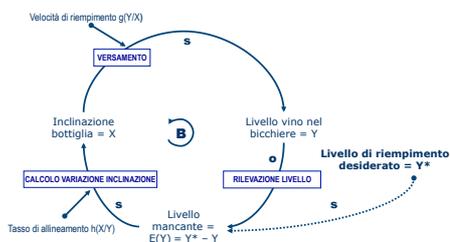
- **Sistemi di guida:** sono quelli "normali", nei quali la Y_t può oscillare attorno a Y^* .
 - Lo **scarto** può cambiare di segno.
 - Sono anche denominati "ad andata e ritorno" (steering control systems).
- **Sistemi di arresto,** o di sola andata: l'obiettivo può essere raggiunto "da un solo lato" e la Y_t non può superarlo.
 - La **distanza** di può solo azzerare.
 - Lo **scarto** non può cambiare di segno.



Sistema di arresto Arrestare l'automobile



Sistema di arresto Versare il vino



Pag. 79 **VARIANTE dal modello generale**
Sistemi [s-s-o]

Nota

- Il modello finora studiato è del tipo **[s-o-s]**. In questo modello lo scostamento è $E(Y) = Y^* - Y_t$.
- Lo scostamento può essere calcolato anche invertendo gli addendi: $E(Y^*) = Y_t - Y^*$. In questo caso, il modello diventa **[s-s-o]**.

Sul testo ho preferito i sistemi della forma [s-o-s]

46

Pag. 79 **VARIANTE dal modello generale**
Controllo inverso - Sistemi [o-o-o]

Nota

- Il modello finora studiato è di **controllo diretto** del tipo **[s-o-s]**.
 - In questo modello tra X e Y vi è senso "s".
- Se tra X e Y vi è senso "o" allora il sistema diventa di tipo **[o-o-o]** oppure del tipo **[o-s-s]** e produce un **controllo inverso**.

47

Controllo inverso - Carrello **Nota**

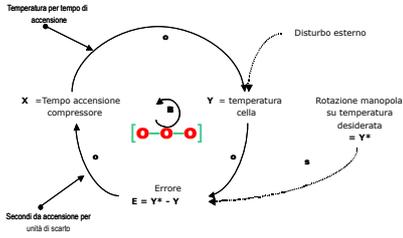
- Se tra X e Y vi è senso "o" allora il sistema diventa di tipo **[o-o-o]** e produce un **controllo inverso**.

48

Controllo inverso - Frigo

Nota

- Se tra X e Y vi è senso "o" allora il sistema diventa di tipo [o-o-o] e produce un **controllo inverso**.



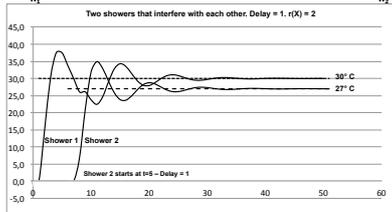
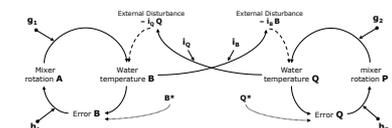
Par. 2.9

Sistemi interferenti

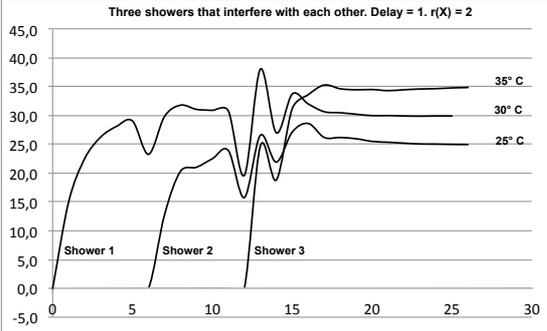
- Due (o più) Sistemi di Controllo, **A** e **B**, sono **collegati** se la dinamica di $Y_t(\mathbf{A})$ di un sistema dipende non solo dai valori di $X_t(\mathbf{A})$ ma anche da $Y_t(\mathbf{B})$ [specificando opportunamente t].
- Due sistemi **collegati** sono anche **interferenti** se il collegamento è **reciproco**.
- Il modo più semplice di pensare ai collegamenti e alle interferenze è quello di considerare i valori di un Sistema (opportunamente pesati) come i **disturbi** dell'altro sistema, e viceversa.
 - Se vi sono **ritardi**, i due sistemi interferenti possono presentare **dinamiche oscillatorie** nella $Y_t(\mathbf{B})$.
 - La presenza di un **tempo di reazione** $r_x > 1$ unità tende a facilitare il conseguimento di $Y_t(\mathbf{B})$ in entrambi i sistemi.

Pag. 83

Due docce interferenti



Tre docce interferenti



Sistemi in serie e in parallelo (cenni)

- **Sistemi in parallelo.** Diversi Sistemi di Controllo di piccole dimensioni producono molteplici $Y_i(\mathbf{u})$ che vengono sommate insieme per conseguire un obiettivo di grandi dimensioni:

$$\sum Y_i(\mathbf{u}) = Y_i \rightarrow Y^*$$
- L'**Errore complessivo E(Y)** viene ribaltato sui sistemi minori in parallelo.
 - Essi rettificano i loro $X_i(\mathbf{u})$ individuali e modificano i loro $Y_i(\mathbf{u})$ individuali che a loro volta modificano Y_i fino a quando $E(Y) = 0$.
- **Sistemi in serie.** Due sistemi, **A** (a monte) e **B** (a valle), sono disposti in serie, quando la variabile controllata da **A**, Y^A , diventa la leva X^B del secondo sistema per il conseguimento dell'obiettivo Y^{B*} .
 - Si forma, pertanto, una catena: $X^A \rightarrow Y^A = X^B \rightarrow Y^B \rightarrow Y^{B*}$.
 - Appare chiaramente come la Y^{B*} risulti, di fatto, controllata dalla leva X^A del sistema a monte.



PRIMA CONGETTURA di evoluzione dei Sistemi di Controllo

- Anche se i Sistemi di Controllo a feedforward ancora pervadono la nostra esistenza, l'uomo ha sempre cercato di migliorare i propri attrezzi e di controllare il proprio ambiente introducendo forme di controllo a feedback.
- Questa tendenza evolutiva appare anche negli animali singoli e nelle "collettività" di animali.
- Possiamo, pertanto, avanzare la seguente:
 - **PRIMA CONGETTURA**
 - **I Sistemi di Controllo a feedforward tendono ad evolvere in in Sistemi di Controllo a feedback.**