

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PALERMO  
Laurea in Ingegneria dell'Automazione  
(Nuovo Ordinamento)  
*Anno Accademico 2003/2004*

---

**Sistemi di Controllo Intelligente  
(5 CFU – Corso A-L)**

**Prof. Alfonso Maurizio Urso**

Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

Dipartimento di Ingegneria Informatica  
Università degli Studi di Palermo

urso@pa.icar.cnr.it

[http://www.pa.icar.cnr.it/urso/sci\\_0203.html](http://www.pa.icar.cnr.it/urso/sci_0203.html) (under construction)

---

# Sommario

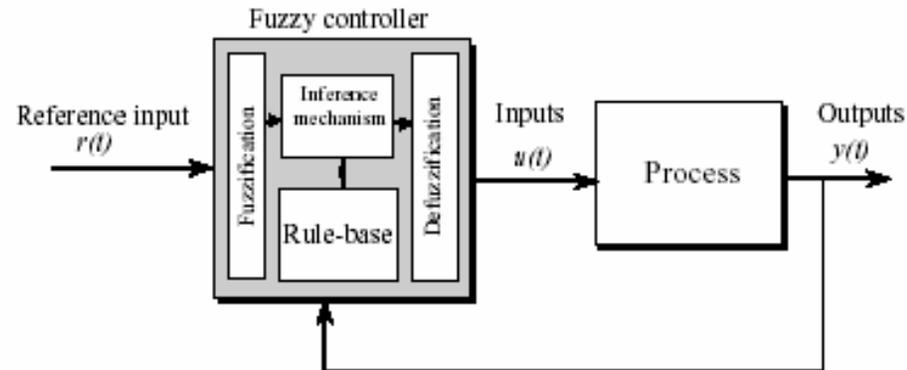
- Cosa è il Controllo Intelligente
- Controllo convenzionale vs. Controllo Intelligente
- Tecniche base di controllo intelligente (Soft Computing)
  - Controllo Fuzzy
  - Reti neurali
  - Algoritmi Genetici

# Soft Computing

*“ Soft computing is an emerging approach to computing which parallels the remarkable ability of the human mind to reason and learn in an environment of uncertainty and imprecision” (Lotfi A. Zadeh, 1992)*

# Controllo Fuzzy

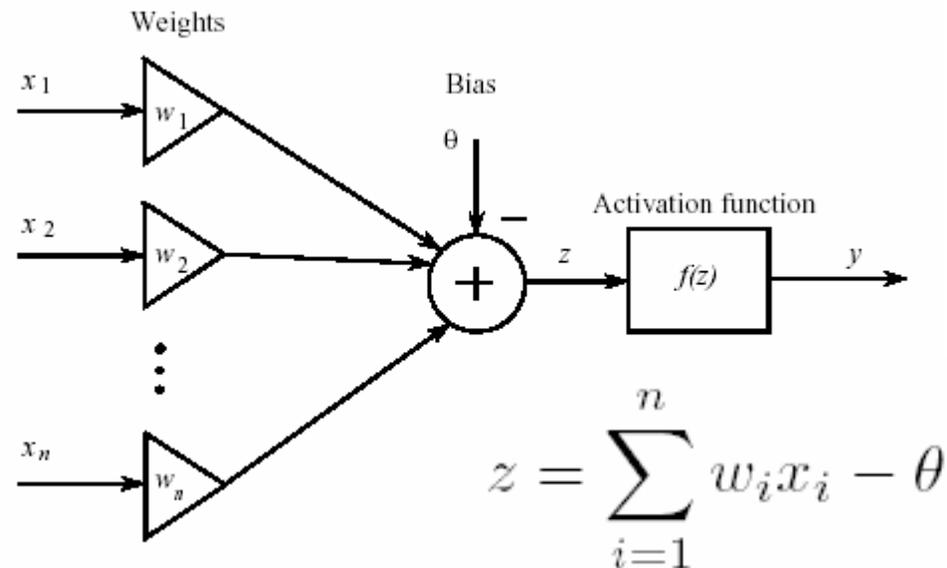
- Metodologia per la costruzione di controllori non lineari attraverso l'uso di informazioni euristiche. (Conoscenza dell'operatore umano)



- Base delle regole: insieme di regole che definiscono la modalità secondo la quale effettuare il controllo (operatore umano)
- Meccanismo di inferenza: processa la conoscenza e insieme alla fuzzificazione e defuzzificazione fornisce l'uscita del controllore

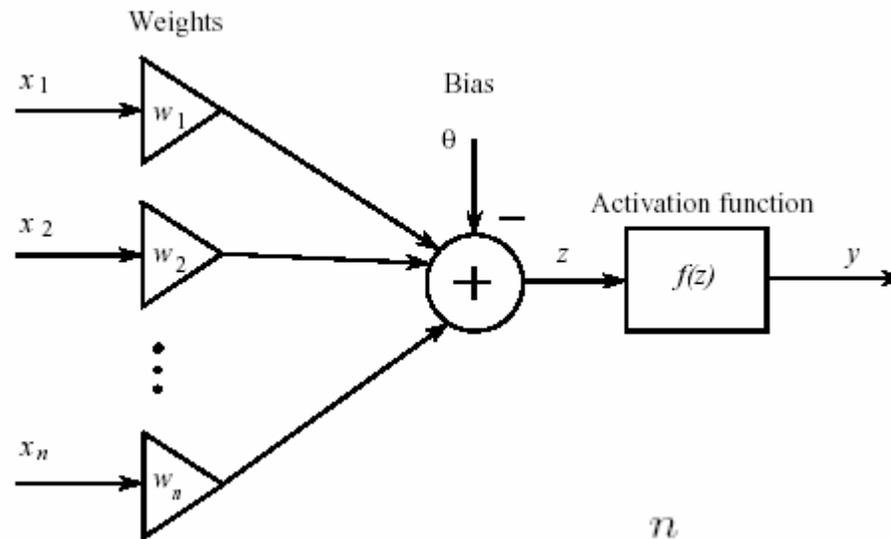
# Reti Neurali

- Circuiti, algoritmi, o rappresentazioni matematiche dell'insieme fortemente connesso di neuroni
- Uso delle reti neurali in problematiche di identificazione e controllo.
- Un esempio di rete neurale. Multilayer Perceptron



# Reti Neurali (2)

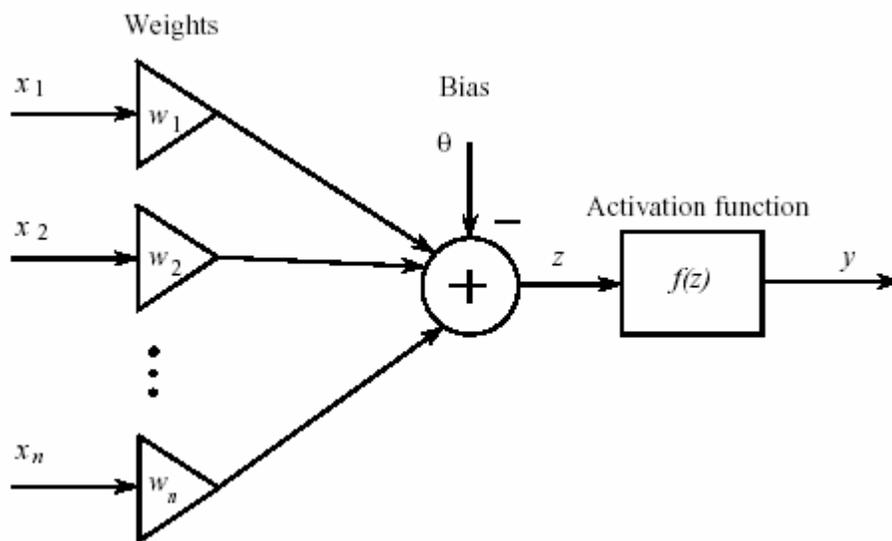
- $z$  rappresenta il segnale che viene processato dal neurone attraverso l'applicazione di una funzione di attivazione  $f(z)$



$$z = \sum_{i=1}^n w_i x_i - \theta$$

# Reti Neurali (3)

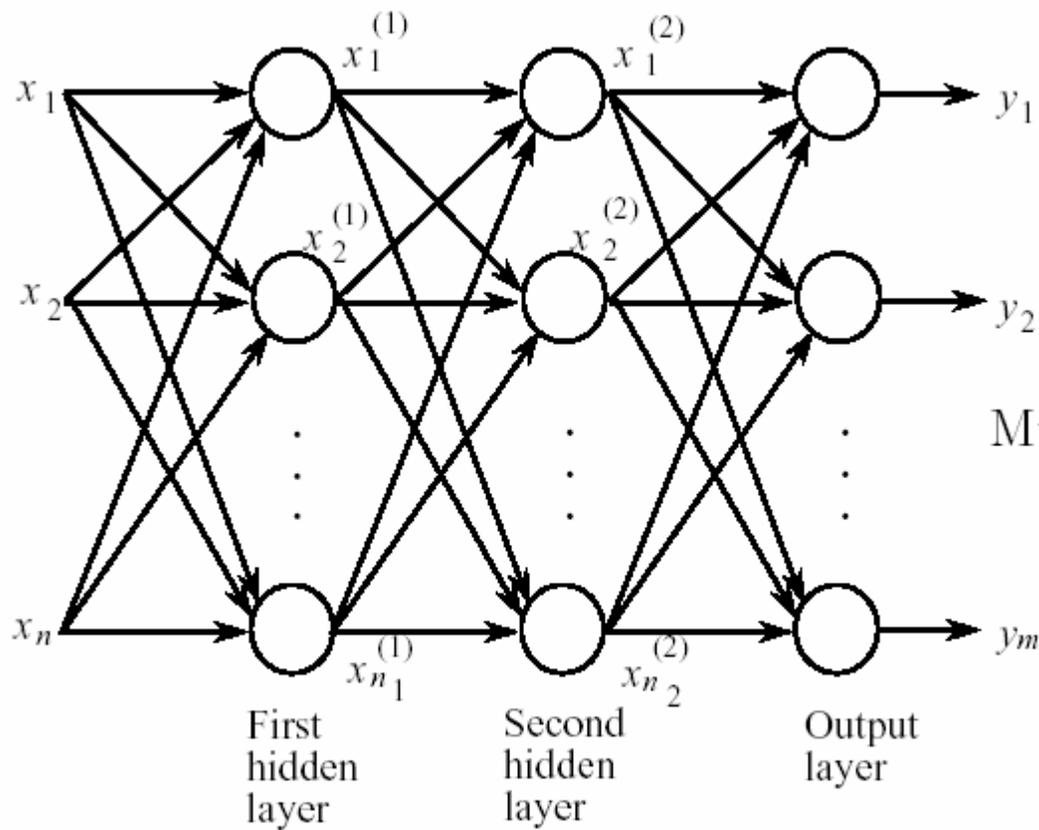
- Il neurone viene attivato quando i suoi ingressi raggiungono un certo valore.
- Vari tipi di funzione di attivazione: ad esempio soglia



$$f(z) = \begin{cases} 1 & \text{if } z \geq 0 \\ 0 & \text{if } z < 0 \end{cases}$$

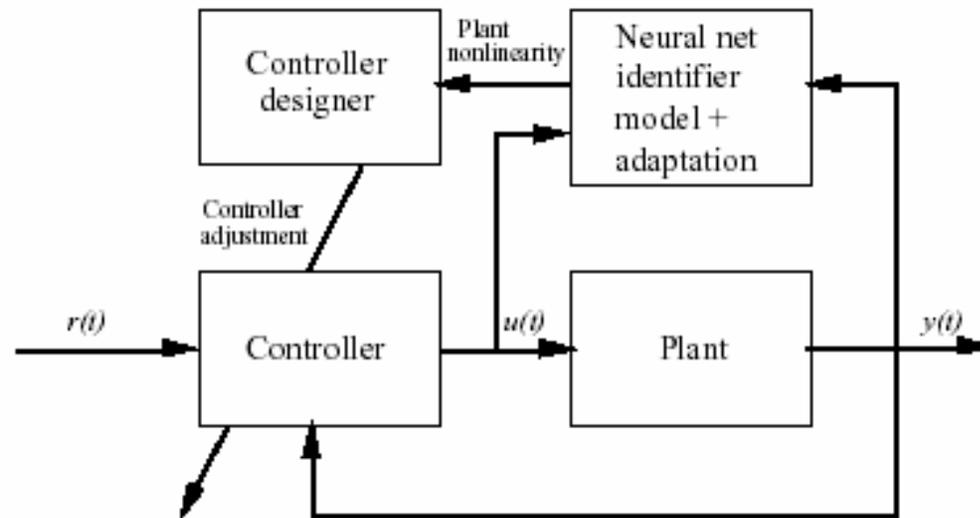
# Reti Neurali (4)

- Interconnessione dei neuroni



Multilayer perceptron model.

# Controllo Neurale: un esempio

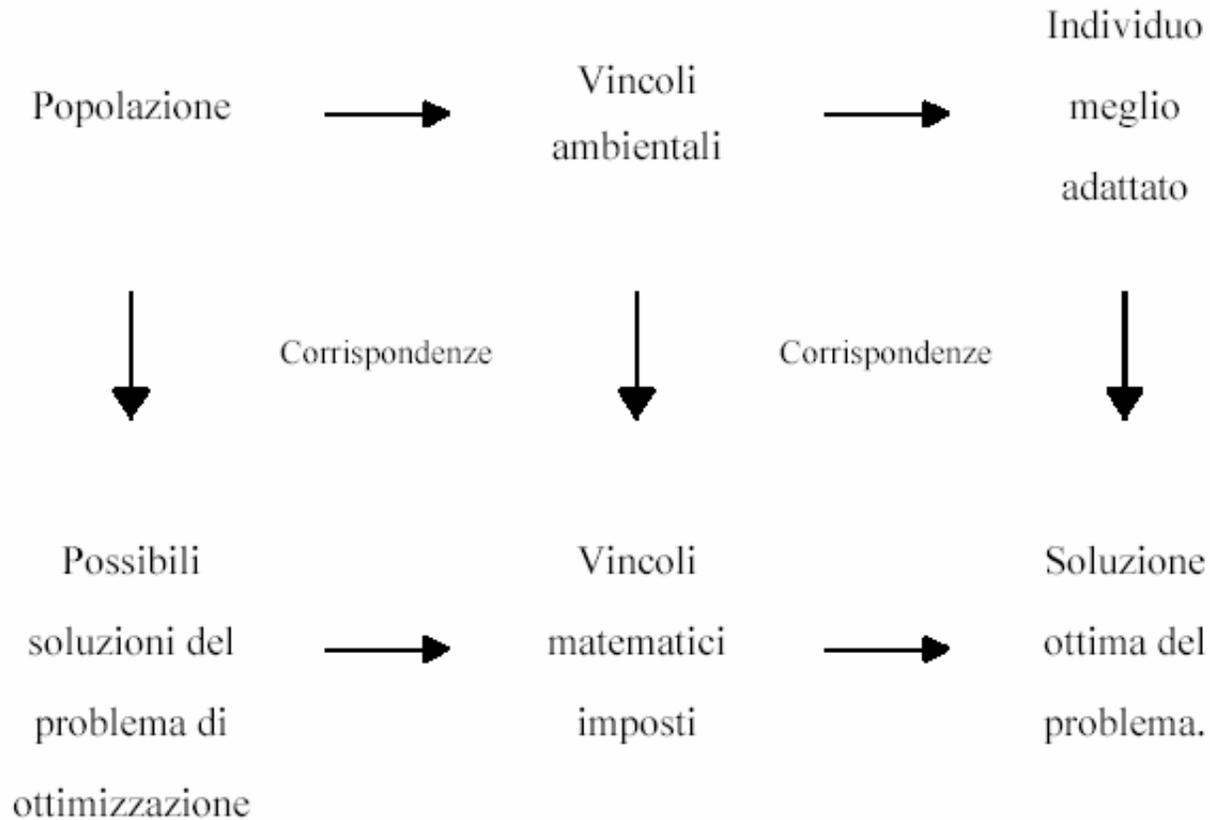


Indirect adaptive control via a neural network.

# Algoritmi Genetici

- Algoritmi naturali (basati, cioè, su meccanismi simili a quelli che si verificano in natura) che consentono di operare una scelta ottima fra un insieme di possibili soluzioni di un problema, mediante un processo evolutivo del tutto simile a quello biologico della selezione naturale di Darwin
  
- Il processo evolutivo simula la situazione per quale all'interno di una popolazione in continua evoluzione, sopravvivono solamente gli individui che si adattano meglio ai vincoli

# Algoritmi Genetici (2)



Analogia tra processo di evoluzione naturale e determinazione della soluzione ottima di un problema

# Algoritmi Genetici (3)

- elaborano contemporaneamente un insieme di punti chiamato “popolazione” (si evita di rimanere intrappolati in minimi locali).
- necessitano, per la determinazione della soluzione ottima, della conoscenza soltanto della funzione obiettivo e non delle sue derivate di ordine  $n$ .
- applicabili anche a funzioni non derivabili.

# Argomenti del corso

- Controllo fuzzy
- Analisi non lineare dei controllori fuzzy (stabilità)
- Identificazione fuzzy
- Controllo fuzzy adattativo e supervisionato
- Tecniche convenzionali di identificazione
- Reti neurali supervisionate
- Modelli Neuro-Fuzzy
- Controllo Neuro-Fuzzy
- Algoritmi Genetici
- Identificazione Genetica

# Riferimenti

- Kevin M. Passino and Stephen Yurkovich, “Fuzzy Control” Prentice-Hall
- J.-S. R. Jang, C.-T. Sun, and E. Mizutani “Neuro-Fuzzy and Soft Computing” - Prentice-Hall
- D. Goldberg, *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*, Addison-Wesley, 1989.