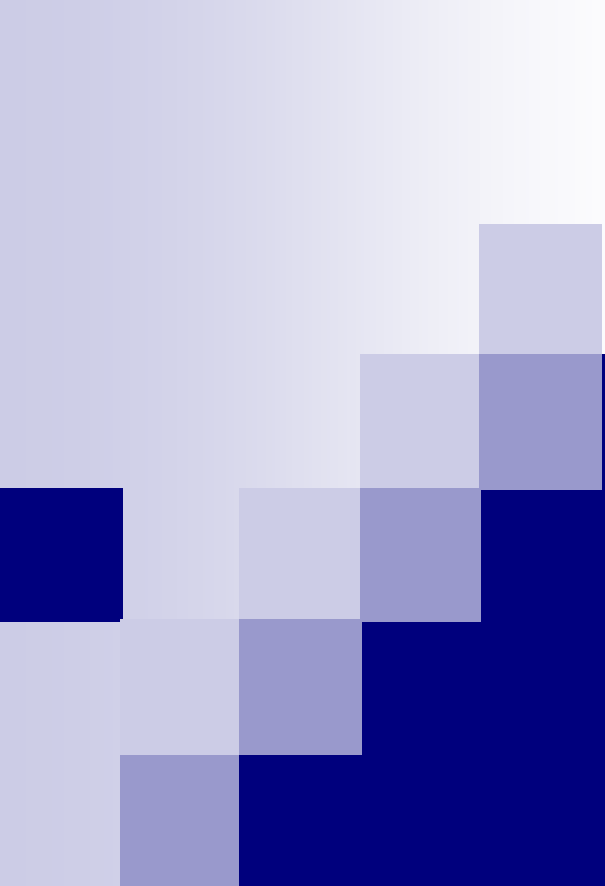




Tecniche avanzate per la progettazione e la gestione dei sistemi produttivi

Panoramica generale

Dalle 'Scienze naturali'

Knowledge
Based
systems

Artificial
Neural
Networks

Genetic
Algorithms

Fuzzy
Logic

Simulated
Annealing

Hybrid
Systems

Dalla 'matematica'

Simulation

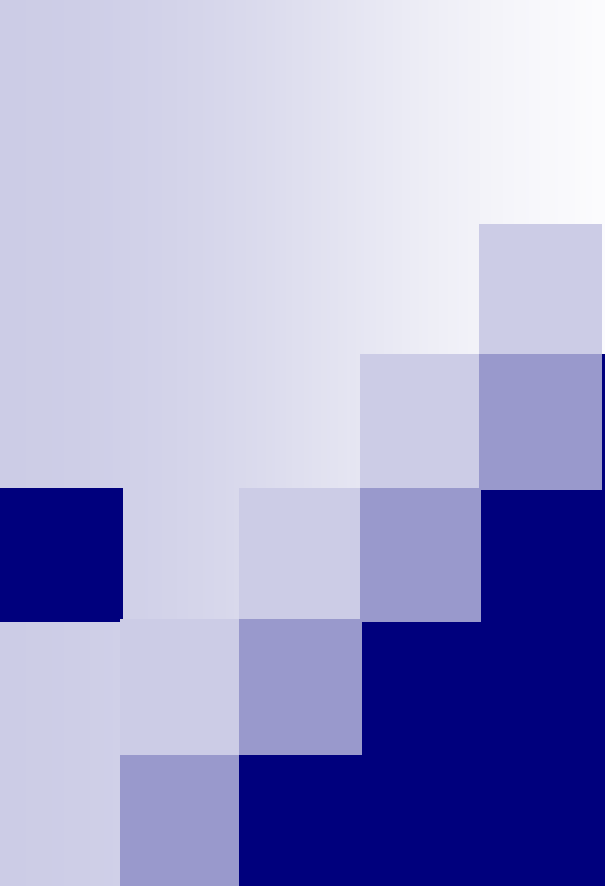
Chaos
Theory

Metamodels

Optimization
Techniques

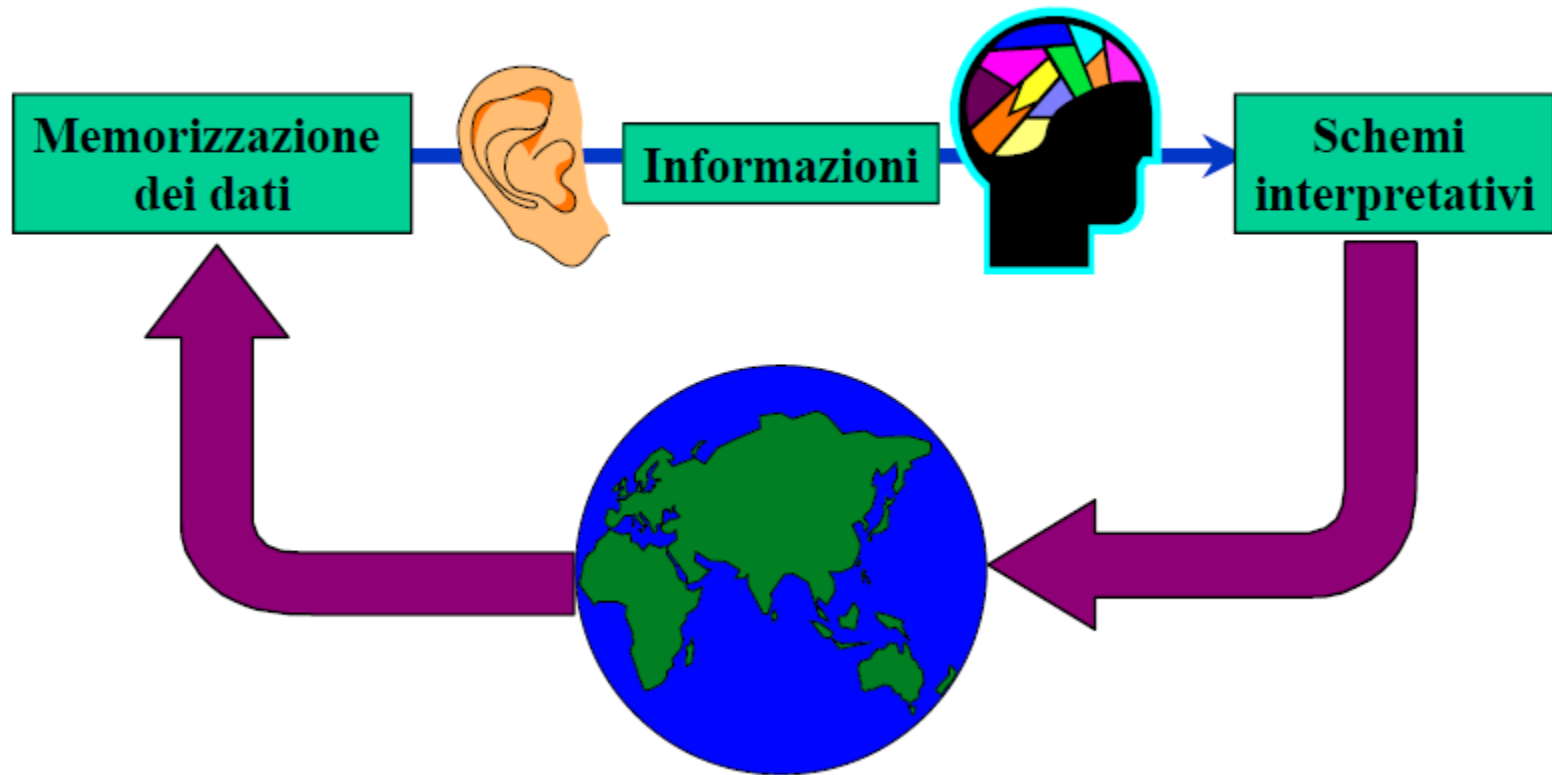
Tabu
Search

Hybrid
Systems

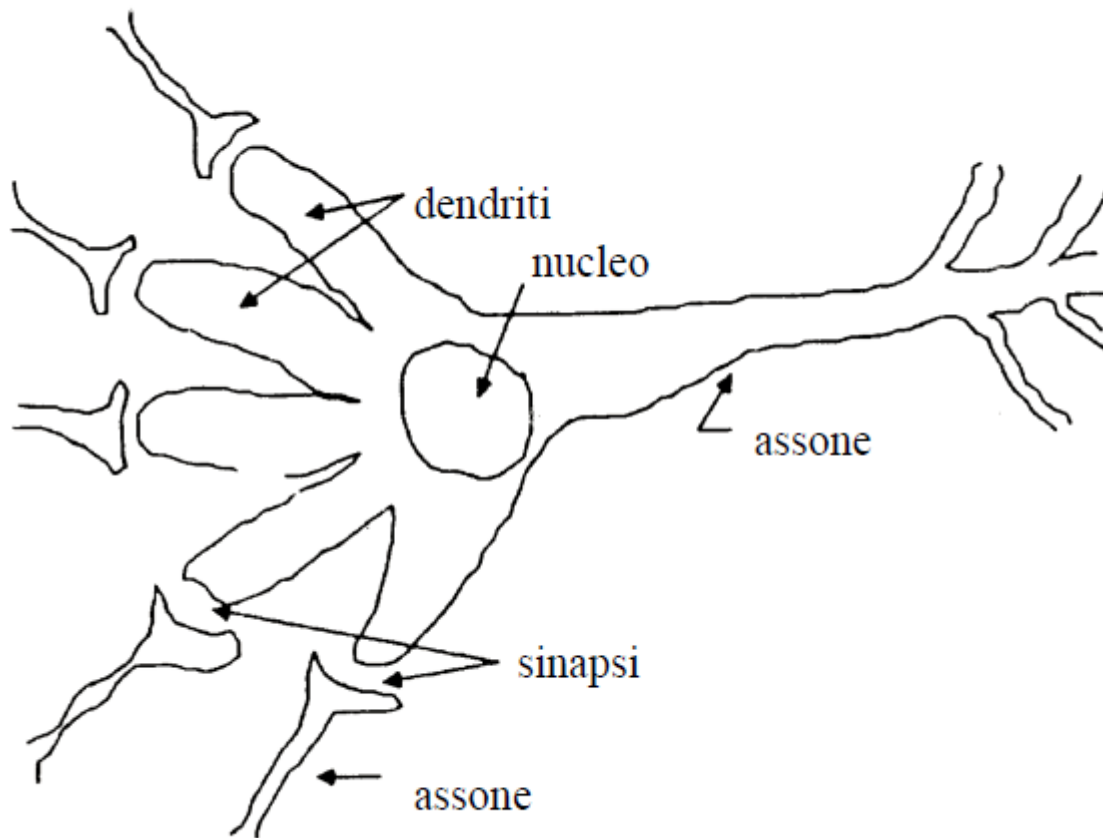


Artificial Neural Networks

Il processo di acquisizione della conoscenza

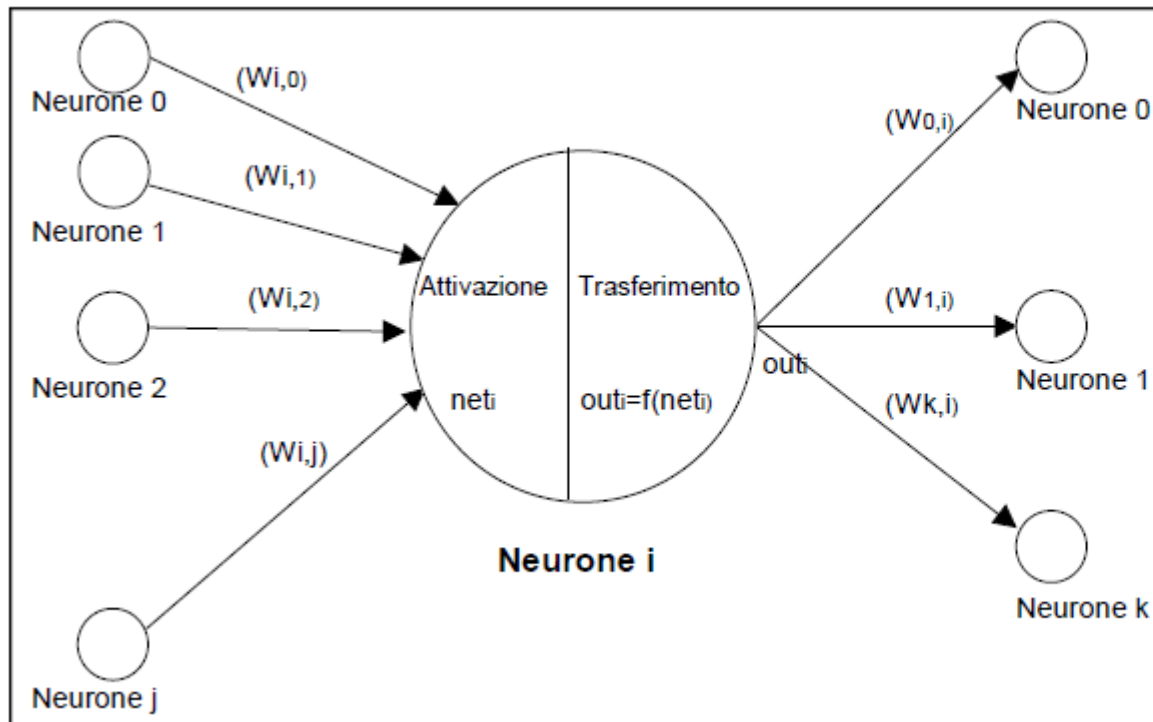


Il neurone biologico



- Il cervello umano contiene 10^{12} neuroni
- Le dimensioni dei neuroni vanno da 0.01 mm a 1 m (dipende dalla lunghezza dell'assone)
- La connettività di un singolo neurone va da $O(1)$ a $O(10^5)$: il numero di sinapsi è $O(10^{15})$

Il neurone artificiale

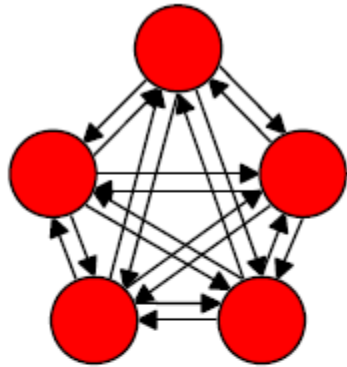


$$net_i = \sum_j w_{i,j} out_j + \theta_i$$

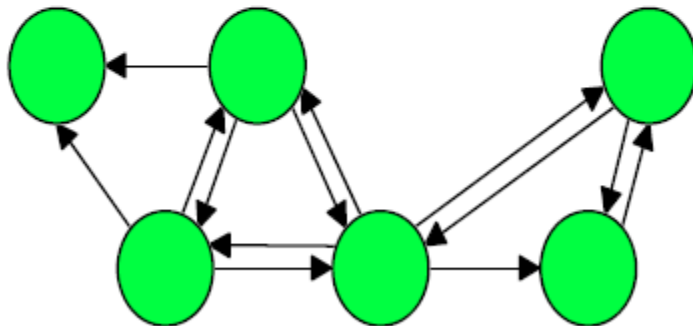
$$out_i = f(net_i)$$

i = indice del generico neurone
 j = indice del generico neurone in input al neurone i
 k = indice del generico neurone in output al neurone i
 j in S_{input} (insieme dei neuroni in input a i)
 k in S_{output} (insieme dei neuroni in output a i)

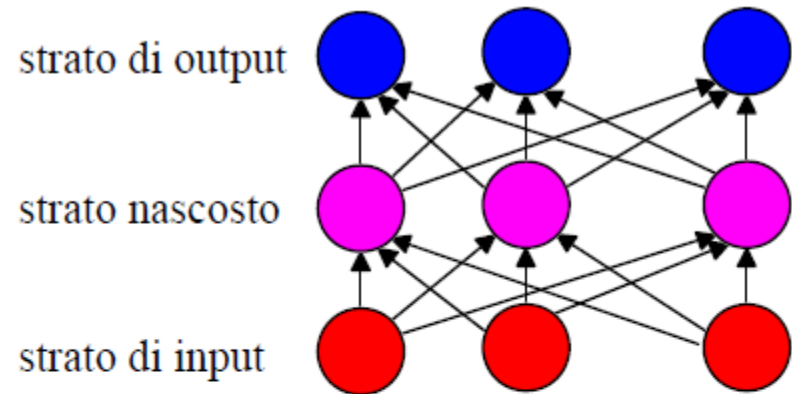
Topologie di ANN



A)



B)

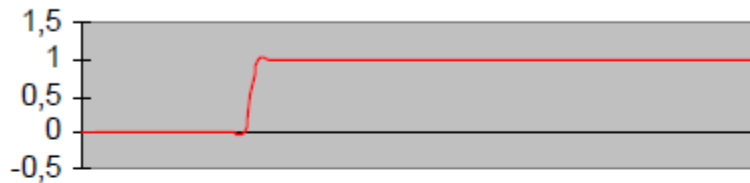


C)

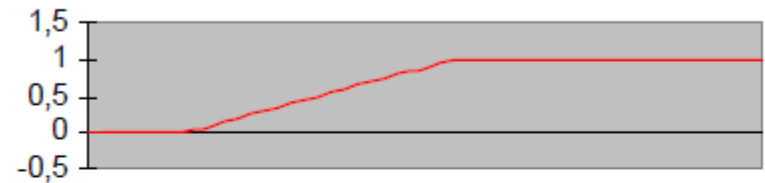
- A): completamente interconnessa**
B): parzialmente connessa
C): a strati

Funzioni di trasferimento

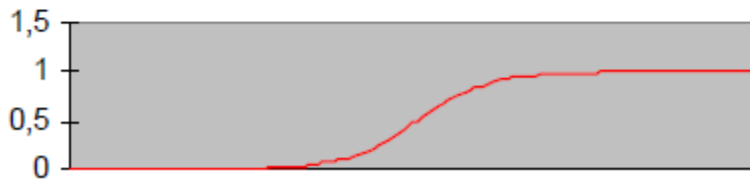
a gradino



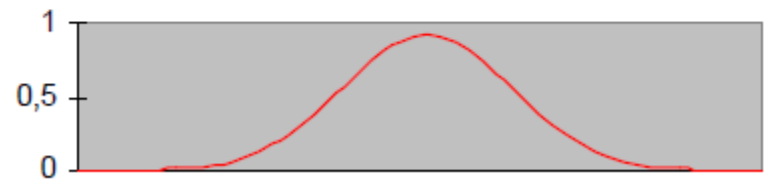
a rampa



sigmoidale



gaussiana

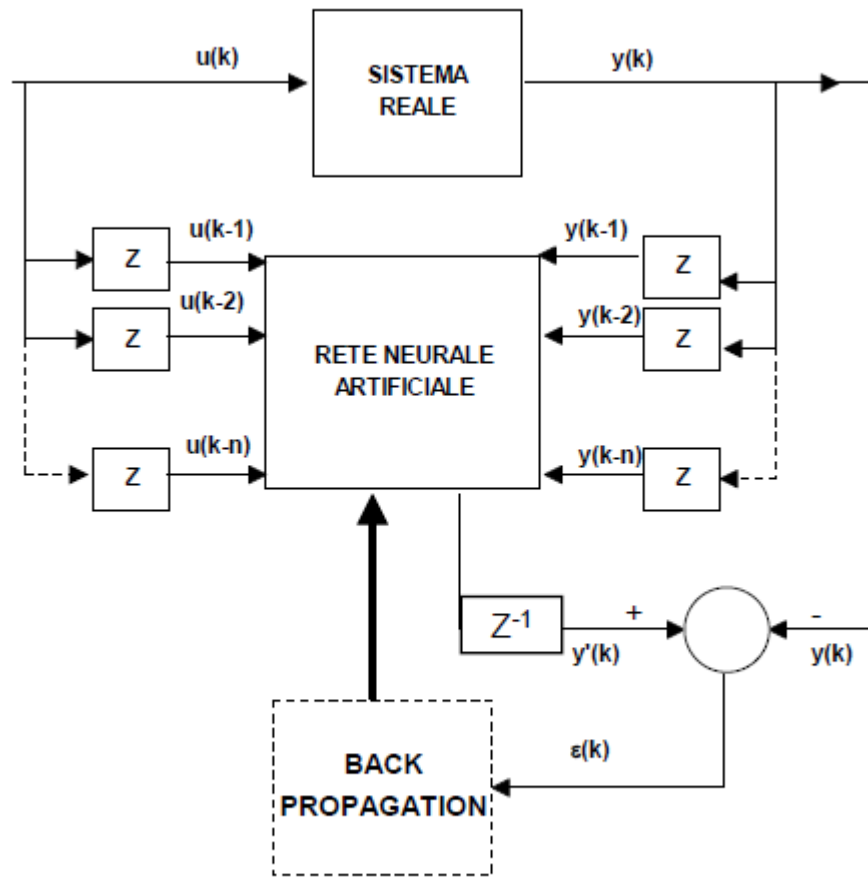


Conoscenza e apprendimento

- La conoscenza non è definita da regole (come per i Sistemi esperti), ma è distribuita nei valori dei pesi delle connessioni.
- Processi di apprendimento:
 - Supervisionato
 - Non supervisionato
 - A pesi fissi
- L'apprendimento avviene sulla base di specifici algoritmi che aggiornano i pesi sinaptici.
- Legge di Hebb:

$$W_{i,j}(t+1) = W_{i,j}(t) + \Delta W_{i,j}$$

Supervised learning



L'obiettivo è la minimizzazione della funzione di costo

$$E = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^N (y'_n(t) - y_n(t))^2$$

dove $y'_n(t)$ è il valore dell'output n calcolato dalla ANN, con un input $u(t)$

Ad ogni iterazione Il peso della connessione è aggiornato usando la seguente legge

$$\Delta w_{ij}(t) = -\eta \cdot \frac{\partial E(t)}{\partial v_{ij}(t)} + \alpha \cdot \Delta w_{ij}(t-1)$$

Dove:

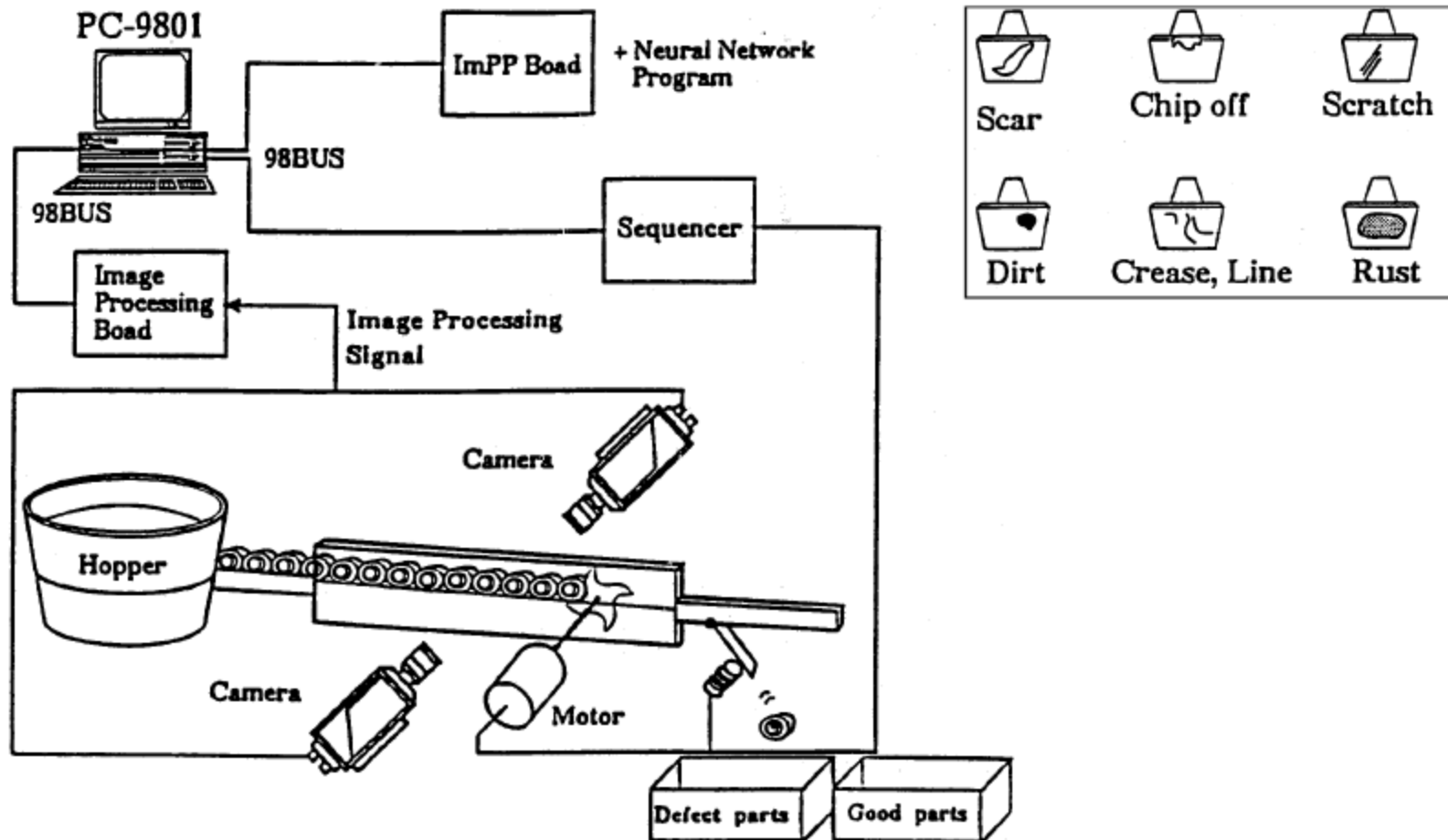
- η è il coefficiente di apprendimento
- α è il coefficiente di inerzia



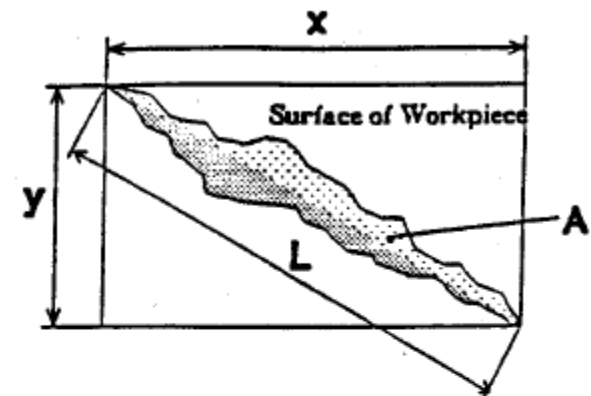
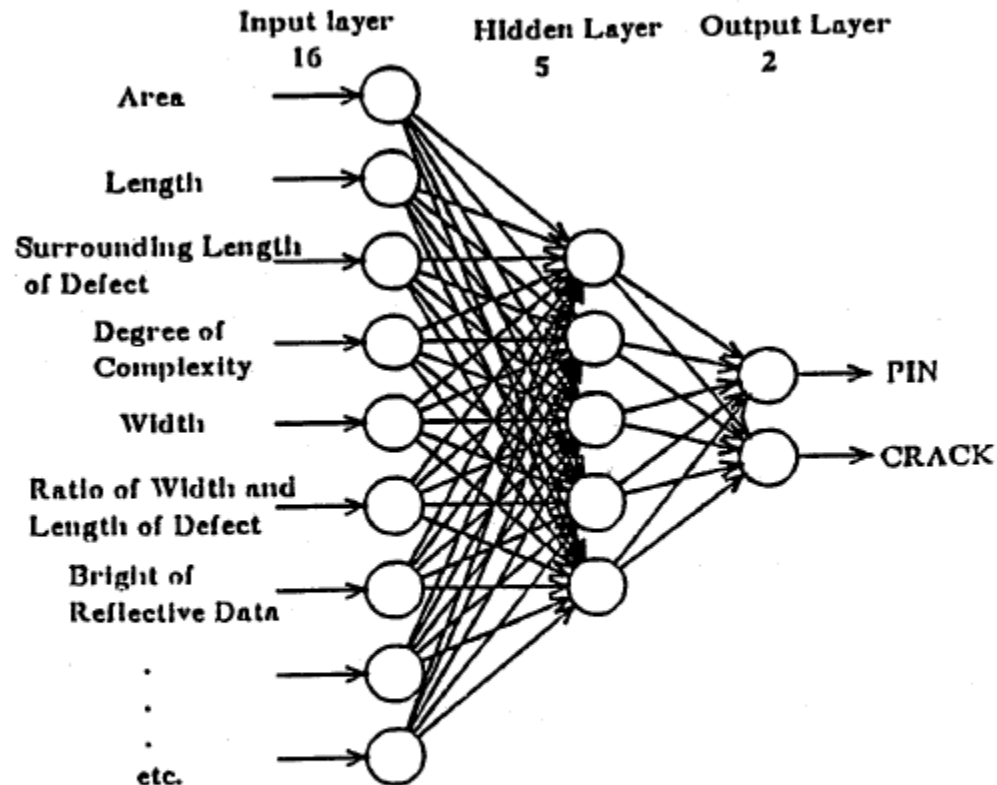
Applicazioni

- Classificazione e riconoscimento: e.g. OCR, controllo della qualità di produzione, analisi mediche, ...
- Previsioni: approvazione prestiti, mercato finanziario, ...
- Ottimizzazione: calcolo percorso, gestione della produzione, ...
- Controllo: movimenti robot, controllo processi industriali, guida veicoli

Un esempio



Un esempio



An Example of Crack

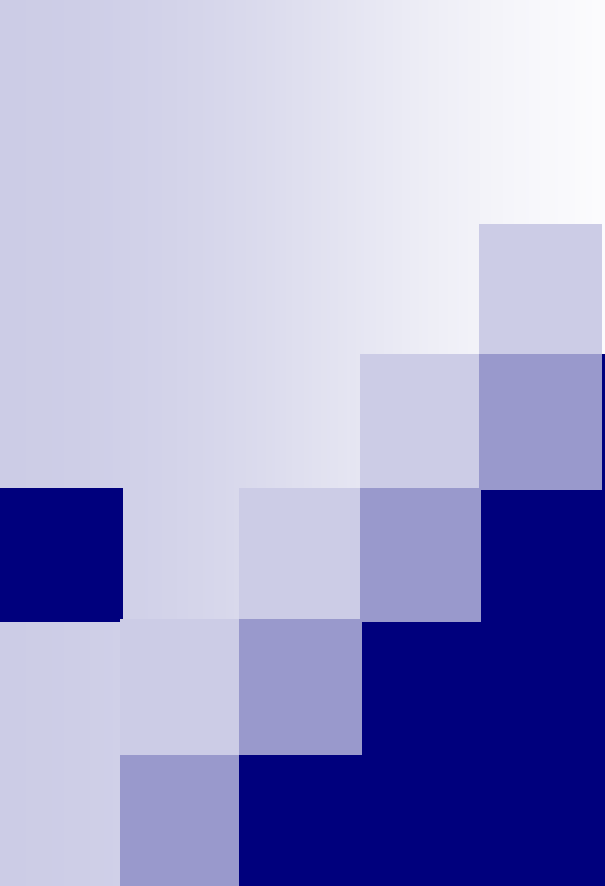
Features

1. Area of Defect :A
2. Length of Defect :L
3. Surrounding Length of Defect :L_s
4. Degree of Complexity : $\theta = L^2 / A$
5. Ratio of Width and Length of Defect :S/L
6. Brightness of Reflective Data
7. Color of Defect
8. Feature of Surrounding Line of Defects



Vantaggi ANN

- Data-driven e non model-driven
- Facile da usare
- Costi inferiori rispetto ad altre tecniche
- E' possibile risolvere problemi correntemente non risolvibili automaticamente



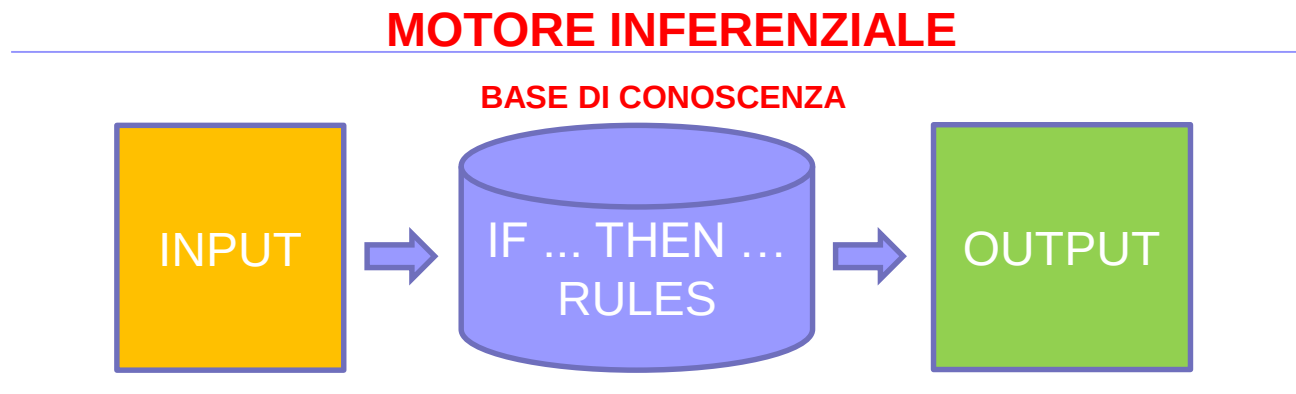
Sistemi esperti

Sistemi esperti

- Programmi software in grado di dedurre informazioni da un insieme di dati in input di partenza
- Sono basati sulla competenza umana, registrata in una cosiddetta 'base di conoscenza'
- E' possibile operare in base a dati incompleti o qualitativi (e.g. "fuzzy logic")
- E' sempre possibile spiegare le decisioni prese dal sistema esperto (Glass Box)

Sistemi esperti

- E' composto da due elementi:
 - BASE DI CONOSCENZA: fatti che accadono nella vita reale; rappresenta la conoscenza di un operatore
 - MOTORE INFERENZIALE: un meccanismo che analizza i dati in input al sistema, per ottenere conclusioni dai fatti osservati.



Tipi di sistemi esperti

■ Basati su regole

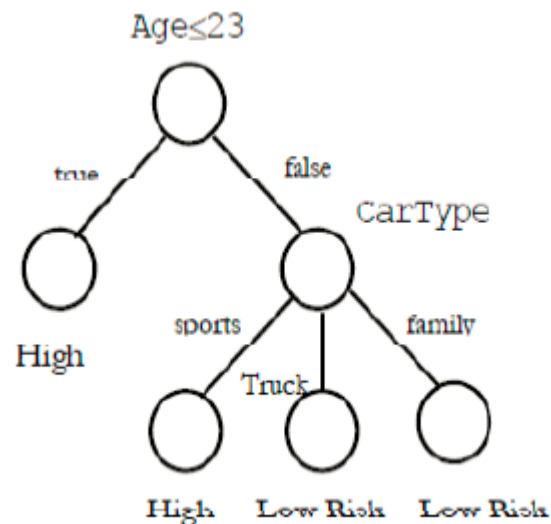
- Sono programmi composti da regole del tipo 'IF condition THEN action'. Dato un insieme di fatti, i sistemi esperti, in base all'applicazione delle regole, possono dedurre nuovi fatti.

■ Basati su alberi:

- Da un set di dati e alcune deduzioni, viene definito un albero decisionale al fine di classificare dati in input. Nuove informazioni sono analizzate dall'albero a il nodo di arrivo rappresenta la decisione.

Esempi

■ Esempio di albero:



■ Esempio di regole:

□ Input data set:

- Mal di testa
- Raffreddato
- Temperatura 38°C

□ Regola:

IF *mal di testa* AND *raffreddore* AND
temperatura $> 37^{\circ}\text{C}$ AND
temperatura $< 38.5^{\circ}\text{C}$ THEN *influenza*

Progettazione di sistemi esperti

- Il sistema esperousa regole definite, ma non può crearne di nuove. E' quindi necessario, nella fase di progettazione, definire:
 - La struttura logica
 - I tipi di dati
 - Gli insiemi e le classi
 - I limiti
 - Le regole IF...THEN...

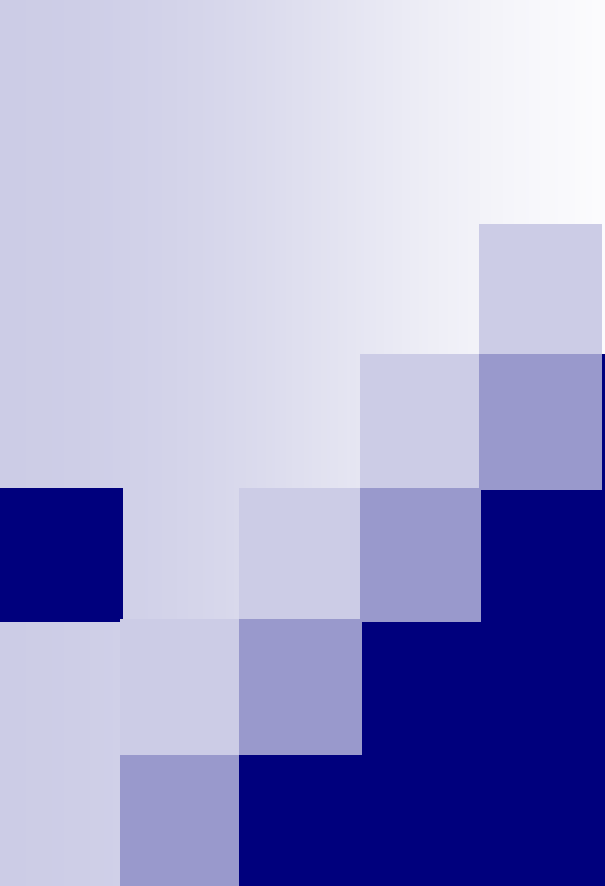
Un esempio

IF (vel IS 120) AND (limit is 50) AND (autovelox IS present)
THEN (reaction IS slowdown)

- Struttura logica: triplice IF
- Tipi di dati:
 - Vel: float
 - Limit: integer
 - Autovelox: boolean (present/not present)
 - Reaction: 3 state (slowdown, mantain, accelerate)
- Insiemi/classi e limiti:
 - Vel: from 0 to 220
 - Limit: 30, 50, 70, 90, 110, 130

Vantaggi vs problemi

- Stesse risposte in caso di decisioni ripetute
- Glass box
- Contiene molti dati e informazioni
- La decisione può sempre essere chiaramente spiegata
- Ogni aspetto incluso è analizzato: nulla è dimenticato o tralasciato
- Dai importanti potrebbero essere tralasciati in fase di progetto
- Non utilizzabile in caso di fatti non attesi
- Costo legato all'estrazione della conoscenza dagli operatori.
- Cattiva progettazione = cattive decisioni
- Non può essere adattato nel caso di cambiamenti nelle condizioni al contorno



Fuzzy logic

Fuzzy logic

- L.A. Zadeh
- E' una teoria matematica introdotta per modellare l'incertezza
- E' un'estensione della logica classica o Aristotelica (a.k.a. logica crisp)

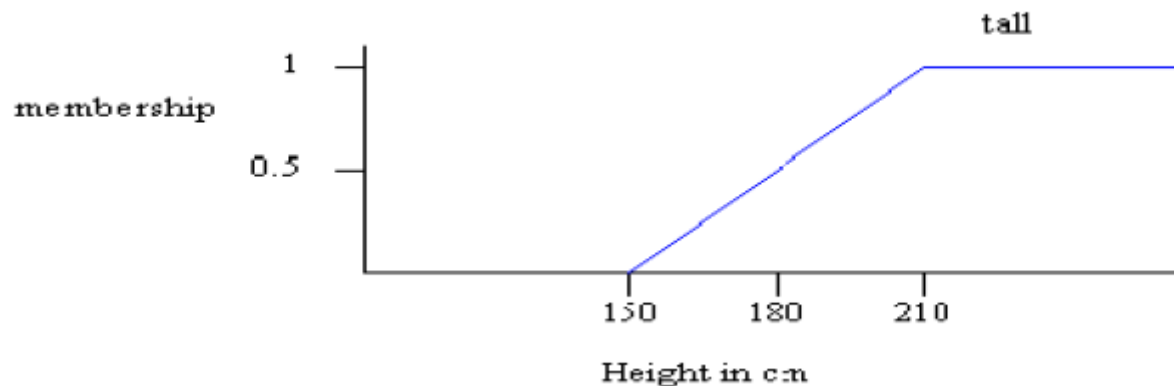


Logica Aristotelica

- Principio del terzo escluso: un elemento non può appartenere allo stesso tempo ad un insieme e al suo complemento.
- Principio di non contraddizione: un'asserzione può essere solo o vera o falsa.

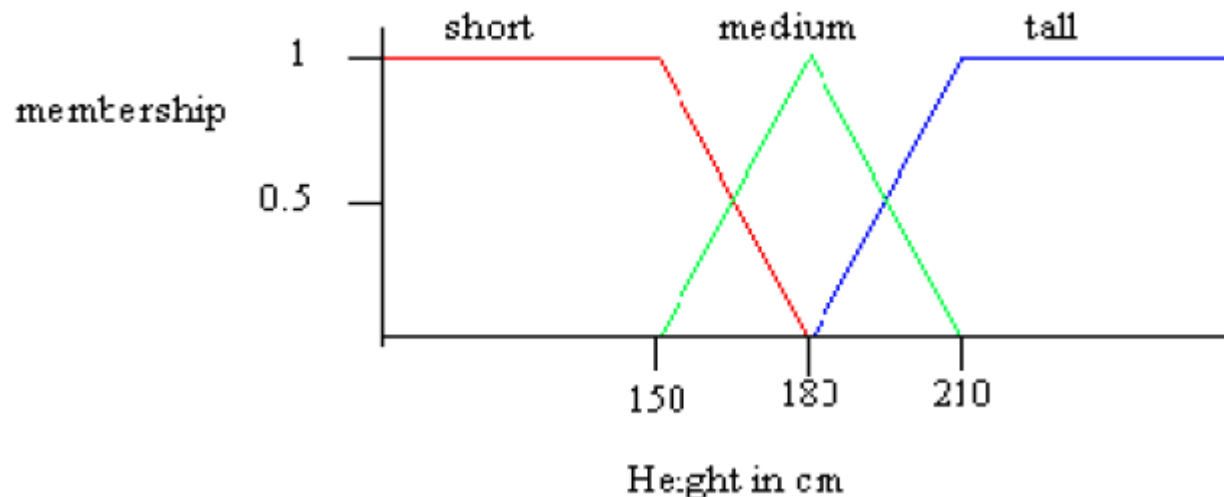
Fuzzy logic

- Nella vita reale (linguaggio naturale) è difficile poter affermare con certezza che un'asserzione è vera o false. E.g. Sono vecchio? Sono alto?
- Il livello di verità (o appartenenza ad un insieme) può essere rappresentato da un valore compreso tra 0 e 1 (agli estremi rientro nella logica classica)



Rappresentazione dell'incertezza

- Se un elemento appartiene ad un insieme, non significa che non possa appartenere anche al suo complemento.



Vita reale e incertezza

- Altezza, ricchezza, calore, velocità, difficoltà: sono tutti concetti vaghi.
- La semantica del linguaggio naturale consente di rappresentare questo aspetto:
 - La strada è umida
 - La strada è bagnata
 - La strada è allagata

Logica fuzzy e sistemi esperti

- La logica fuzzy è in grado di rappresentare le tipiche espressioni di un essere umano.
- Risulta utile nella creazione di sistemi esperti che devono rispondere come esseri umani
- Le regole IF ... THEN ... possono essere definite usando la logica fuzzy
 - IF strada bagnata THEN procedi lentamente
 - IF strada umida THEN procedi un po' più lentamente
 - IF strada allagata THEN procedi molto lentamente



Vantaggi della logica fuzzy

- Opera con la stessa logica di un essere umano, con concetti vaghi e incertezza
- Consente di codificare la conoscenza tecnica senza definire con precisione i limiti delle regole.
- Consente di rappresentare regole usando il linguaggio comune e non con insiemi numerici (così come farebbe un esperto che spiega la sua conoscenza).
- Transizione soft da una regola ad un'altra (più di una regola potrà essere attivata, ciascuna con differenti livelli di verità).



Svantaggi della logica fuzzy

- Pericolo di non identificare un insieme completo di regole
- Rischio di creare una base di conoscenza inaccurata e incompleta
- Tempi lunghi per ottenere una buona base di conoscenza