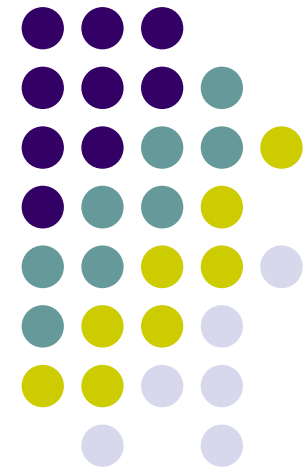


Sistemi Esperti:

Jacopo Cassina

Tel. 02 2399 3951

Jacopo.cassina@polimi.it





Sistemi esperti

- programmi informatici che, dopo essere stati **opportunamente istruiti**, sono in grado di **dedurre informazioni da un insieme di dati / informazioni di partenza**.
- Si fonda sulla competenza umana registrata nella cosiddetta base di conoscenza
- Può operare su dati qualitativi e incompleti. (e.g. "fuzzy logic")
- è sempre in grado di spiegare logicamente le sue decisioni (Glass Box)



I sistemi esperti

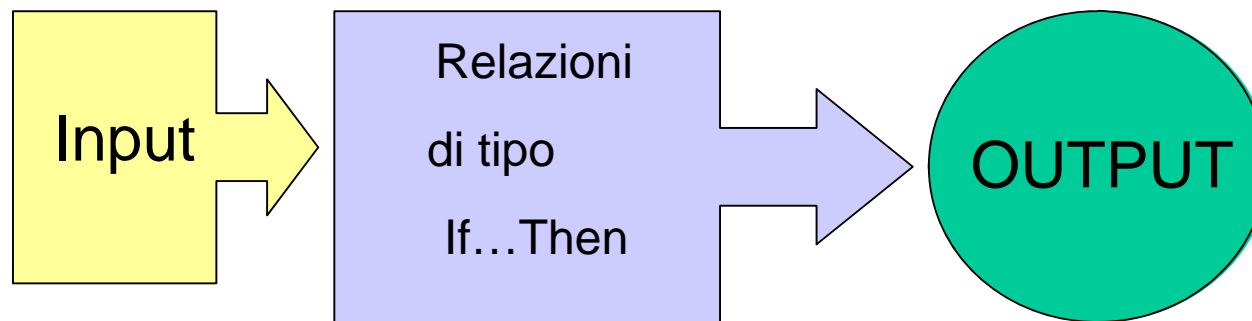
- Un Sistema Esperto è costituito da due componenti:
- *Una base di conoscenza*, una rilevazione di fatti che capitano nella realtà; Rappresenta l'esperienza del operatore.
- *Un motore inferenziale*, un meccanismo che analizzando i fatti può giungere a conclusioni implicitamente contenute nei fatti osservati

I sistemi esperti



MOTORE INFERENZIALE

BASE DELLA CONOSCENZA





Tipi di sistemi esperti:

Sistemi esperti basati su Regole

- I sistemi esperti basati su regole sono dei programmi composti da regole della forma IF condizione THEN azione. Dati una serie di fatti i sistemi esperti, grazie alle regole di cui sono composti, riescono a dedurre nuovi fatti.

Sistemi esperti basati su Alberi

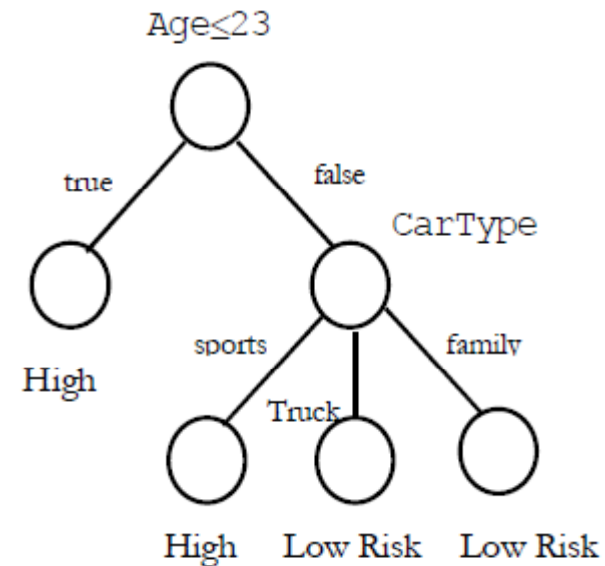
- Un sistema esperto basato su alberi, dato un insieme di dati ed alcune deduzioni, crea un albero che classifica i vari dati. Nuovi dati vengono analizzati dall'albero e il nodo di arrivo rappresenterebbe la deduzione.

Base della conoscenza



Sistema basato su Albero:

- Si può esprimere attraverso un albero delle possibili alternative.



Da: Pierl Luca Lanzi - POLIMI



Base della conoscenza

Sistema basato su REGOLE:

- Si può esprimere attraverso **if...then rules**

Per esempio: supponiamo di avere un problema di salute, forniamo al sistema esperto i seguenti fatti: 1) ho mal di testa 2) sono raffreddato; 3) la temperatura corporea è di 38 gradi centigradi

il sistema esperto assume i fatti e sceglie una regola così formata: IF ((mal di testa) AND (raffreddore) AND (temperatura = 38)) THEN (Il suo problema è INFLUENZA).

Rules



**IF (A IS Ia1) AND (B IS Ib1) AND (C IS Ic2)
THEN (Out IS Iout3)**

**IF (Vel IS 120) AND (Limite IS 50) AND
(Autovelox IS Presente) THEN (Reazione
IS Rallenta!)**



Cosa fa il progettista:

Il motore inferenziale interpreta le regole per generare "conoscenza" dai dati. Non è però in grado di "creare" regole, solo di interpretarle.

Quindi l'esperto, nell'addestrare il sistema deve introdurre nel sistema:

- la struttura logica
- i tipi di dati
- le classi /gli insiemi
- i limiti
- gli "IF... THEN..." da utilizzare



Cosa fa il progettista:

per esempio:

- **IF (Vel IS 120) AND (Limite IS 50) AND (Autovelox IS Presente) THEN (Reazione IS Rallenta!)**
- Struttura:
Triplice if
- i tipi di dati (definizione delle variabili)
 - vel = numero (float)
 - Limite = numero (int)
 - Autovelox = stato binario (bit)
 - Reazione = 3 possibili stati (accelera, mantieni, rallenta) (2 bit)
- L'universo del discorso per ogni variabile
 - Vel è compresa tra 0 e 220
 - Limite tra 0 e 150
 - ...
- i limiti / gli insiemi
 - per limite ho limite=30, 50, 70, 90, 110, 130
 - ...
- gli IF.. Then... sono una “costruzione” partendo dagli elementi definiti sopra.
- Il progettista deve inserire tutto al fine di costruire il sistema esperto.



Es. In CLIPS

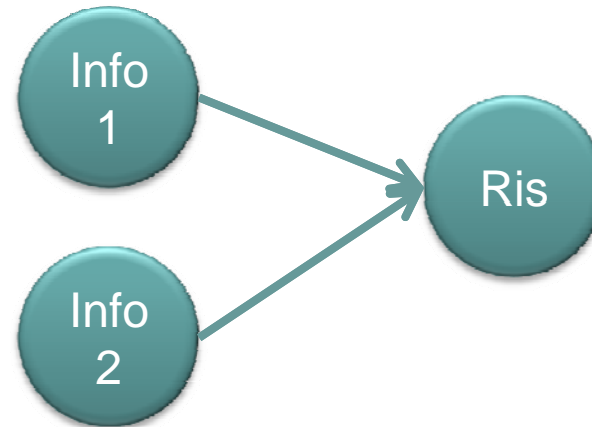
```
(defacts trouble_shooting
  (car_problem (name ignition_key) (status on))
  (car_problem (name engine) (status wont_start))
  (car_problem (name headlights) (status work))
)

(defrule rule1
  (car_problem (name ignition_key) (status on))
  (car_problem (name engine) (status wont_start)) =>
  (assert (car_problem (name starter) (status faulty)))
)
```

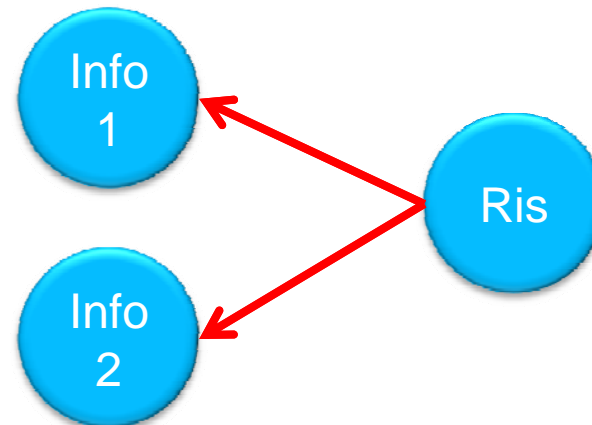


Chaining

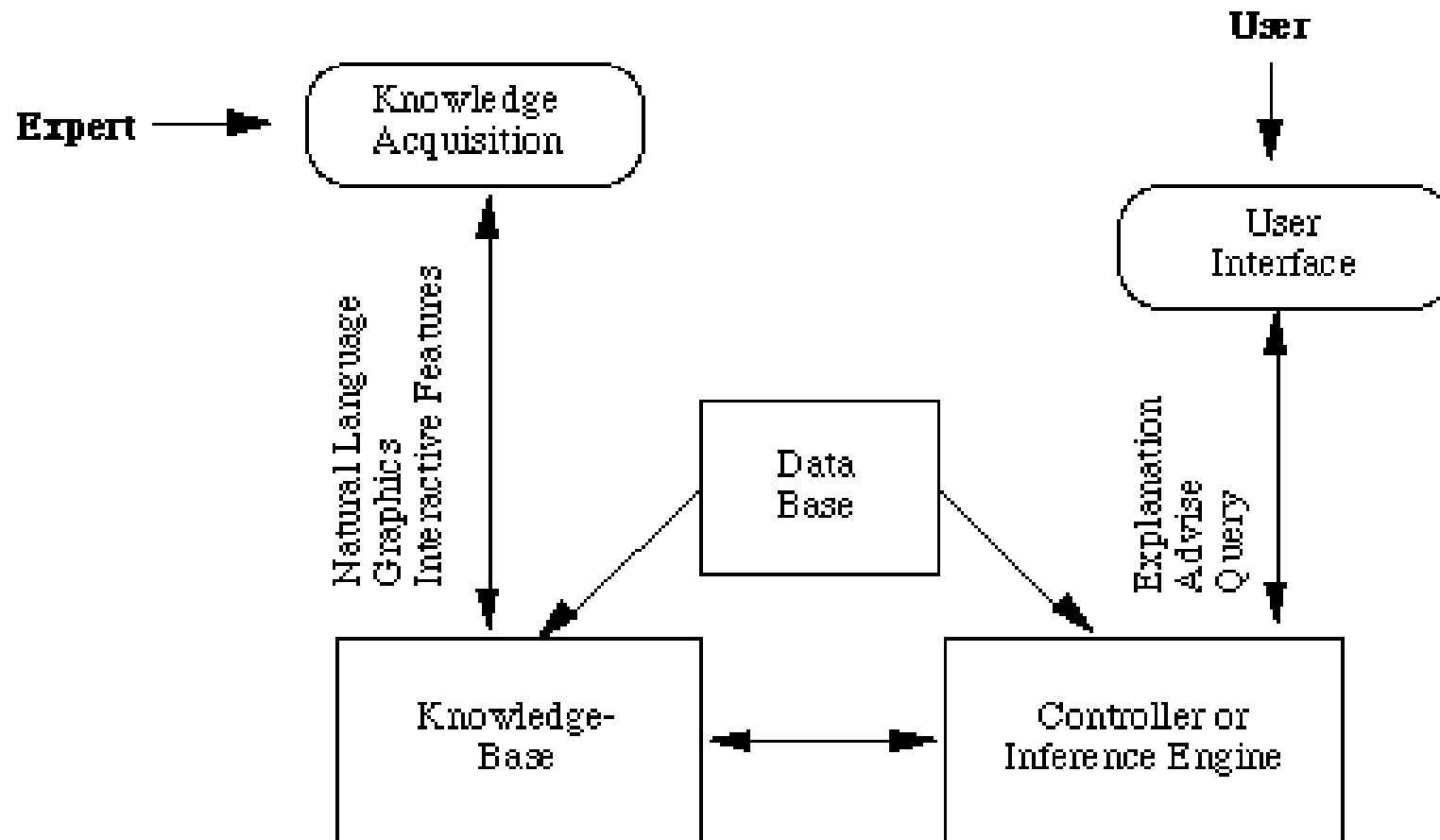
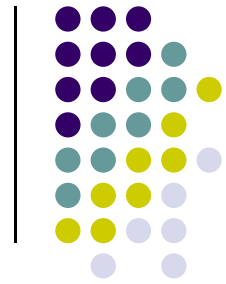
- Forward chaining



- Backward chaining



Sistemi esperti - uso



Vantaggi e Svantaggi



Vantaggi

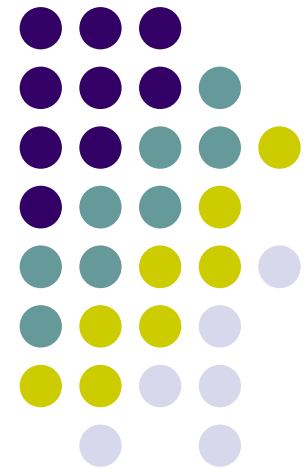
- Risposte costanti per decisioni ripetute
- È una “glass box”
- Contiene molte informazioni e dati
- Richiede chiarezza su come sono effettuate le decisioni
- Metodicità; tutti gli aspetti che si è deciso di analizzare vengono analizzati; non ignora, ne’tralascia, ne’ dimentica nulla.
- Lavora 24*7
- Permette di avere decisioni “comuni” tra persone diverse

Svantaggi

- Può mancare di qualche elemento importante nell’effettuare le decisioni
- Non è creativo; non funziona in circostanze non previste
- Talvolta è complesso “estrarre” la conoscenza dagli esperti
- Se si è programmata male la base di conoscenza, ovviamente alcune le decisioni saranno sbagliate.
- Non si adatta a cambiamenti di circostanze e ambiente in modo automatico
- Non tutte le scelte sono “nette” (Fuzzy)

Fuzzy Systems

Jacopo Cassina
Tel. 02 2399 3951
Jacopo.cassina@polimi.it





Fuzzy Logic:

- 1965 (1973) L.A. Zadeh
- E' una teoria matematica che si occupa di modellizzare *l'incertezza*
- E' una estensione della logica classica

La logica Classica Aristotelica



- il principio del terzo escluso (*terzium non datur*) :
 - *un elemento non può appartenere contemporaneamente ad un insieme ed al suo complementare*
- principio di non contraddizione:
 - *un enunciato può essere solamente vero o falso*



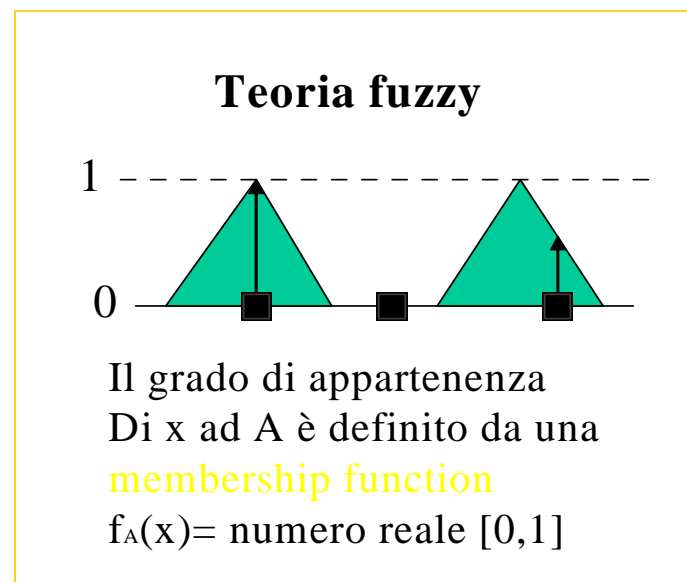
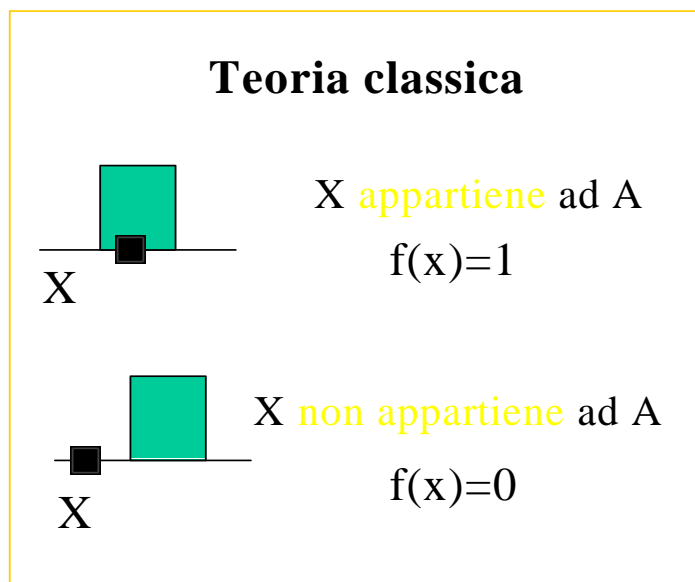
Precedenti a Zadeh

- Il Paradosso del mentitore:
 - Epimenide di Creta (VI secolo a.C.): “*Tutti i Cretesi sono bugiardi*”
 - Diogene Laerzio (II secolo d.C.): dilemma del coccodrillo.
- *Odi et Amo* (Catullo, Carmina)
- Einstein "Nella misura in cui le leggi della matematica si riferiscono alla realtà non sono certe. E nella misura in cui sono certe, non si riferiscono alla realtà"



Fuzzy Logic start up

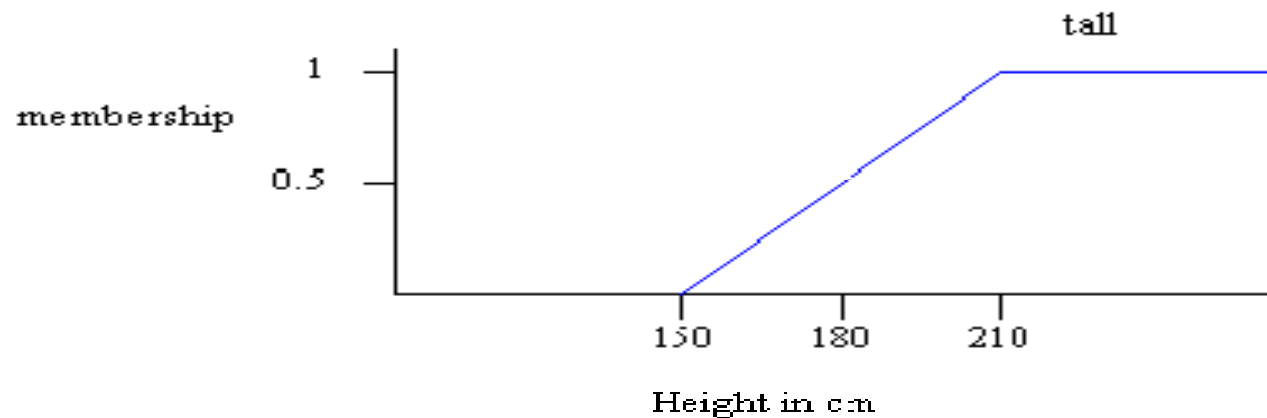
- La teoria di Zadeh parte dal fatto che le situazioni presenti nelle realtà che l'uomo si trova ad interpretare hanno ben poco di bivalente



La rappresentazione dell'incertezza



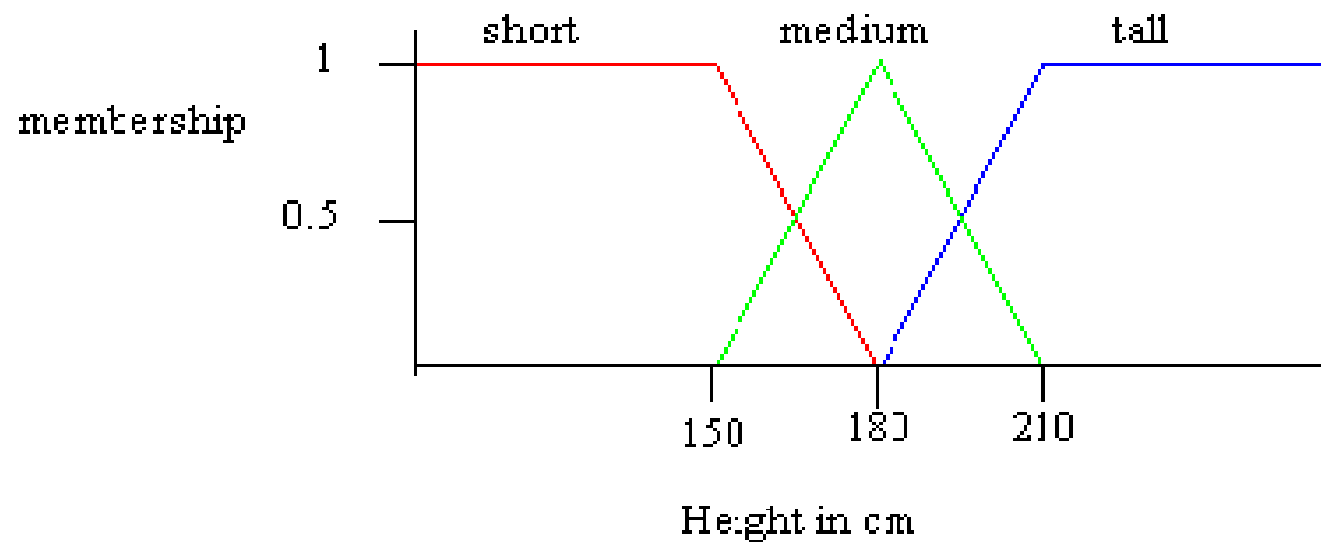
- L'appartenenza ad un insieme è rappresentata da un grado (compreso fra 0 e 1);
- *nel caso il grado sia 0 o 1 ritorniamo nella teoria tradizionale*



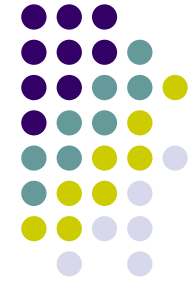
La rappresentazione dell'incertezza



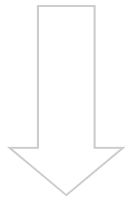
- Appartenere ad un insieme non implica non appartenere a nessun altro insieme (A e non A anzichè A o non A)



Fuzzy Logic



Crisp Logic



un concetto è
vero o **falso**
(esclusione)

VS

Fuzzy Logic



un concetto può essere
parzialmente vero e
parzialmente falso

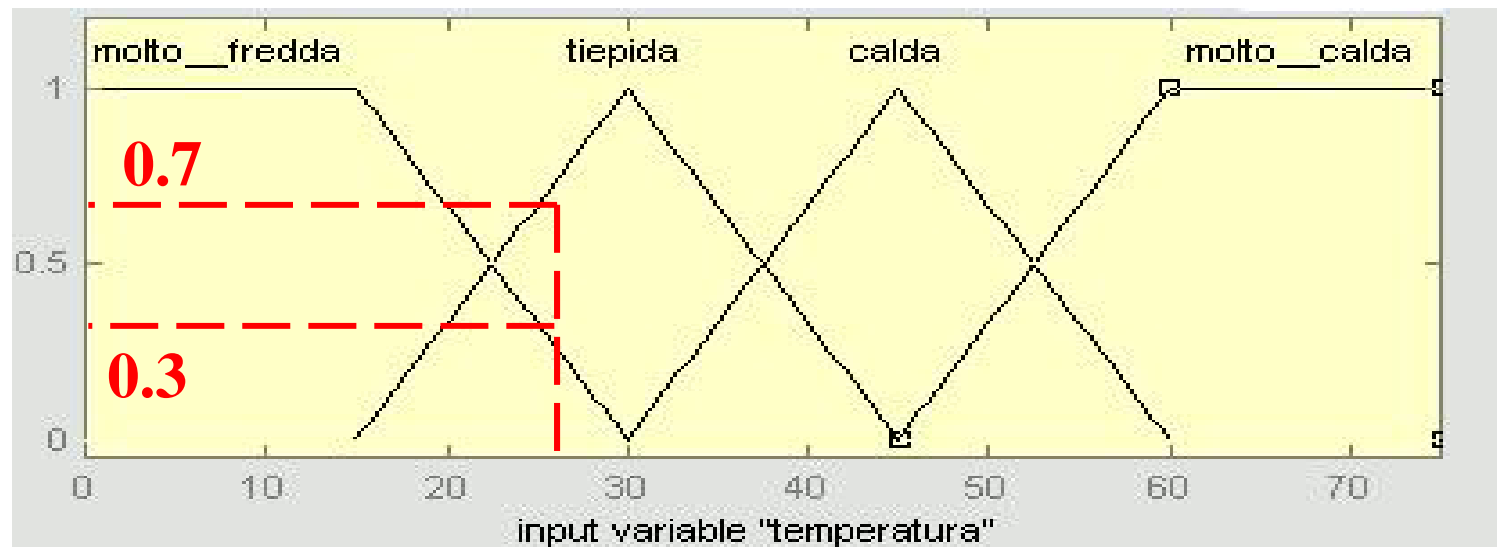
Crisp vs Fuzzy



Input = valore crisp:temp = 25 gradi Centigradi

Input fuzzy: temp = tiepida con g.d.a. 0.7

temp = molto_fredda con g.d.a. 0.3





La realtà e l'incertezza

- Altezza, Ricchezza, Calore, Velocità, Difficoltà
 - *SONO TUTTI CONCETTI VAGHI*
- la ricchezza semantica del nostro linguaggio naturale considera questo aspetto
 - La strada bagnata
 - La strada molto bagnata
 - La strada umida

Le polemiche accademiche divampano...



- “Tende a risolversi in slogan di grande richiamo pubblico ma estranei alla disciplina propria del duro lavoro scientifico e dell’osservazione paziente.”
Professor Rudolf Kalman, Università della Florida, Gainesville
- “La logica Fuzzy è la cocaina della scienza”,
Professor William Kaban, Università della California, Berkeley.

...ma nei laboratori d'ingegneria



- 1974 Mamdani, prima applicazione Fuzzy!
- Anni '80 Fuzzy logic in Giappone
- (1985 impianto frenante della metropolitana di Sendai)
- Anni '90 Fuzzy Logic in Europa

Fuzzy Logic Scope



- La Fuzzy Logic risulta particolarmente utile per affrontare l'incertezza e l'approssimazione presente nella realtà
- Necessità di rappresentare e manipolare tale incertezza

Fuzzy e Probabilità



- un lotto di 100 bottiglie d'acqua ne contiene 5 di veleno.
- probabilità bottiglia = potabile è 0,95.
- una volta presa una bottiglia, o è potabile, o non lo è: le probabilità collassano a 0 od 1.
- Se invece prendiamo una bottiglia b contenente una miscela di acqua e veleno, al 95% di acqua, allora avremo
 - *(valore di verità della frase [la bottiglia contiene acqua]) = 0,95.*



I sistemi esperti

- La Fuzzy Logic è capace di rappresentare le situazioni tipiche in cui si trova ad operare un essere umano
- si adatta particolarmente alla creazione di **Sistemi Esperti**, applicazioni software in grado di rispondere come risponderebbe un esperto umano



I sistemi esperti

- Un Sistema Esperto è costituito da due componenti:
- *Una base di conoscenza*, una rilevazione di fatti che capitano nella realtà
- *Un motore inferenziale*, un meccanismo che analizzando i fatti può giungere a conclusioni implicitamente contenute nei fatti osservati



Base della conoscenza

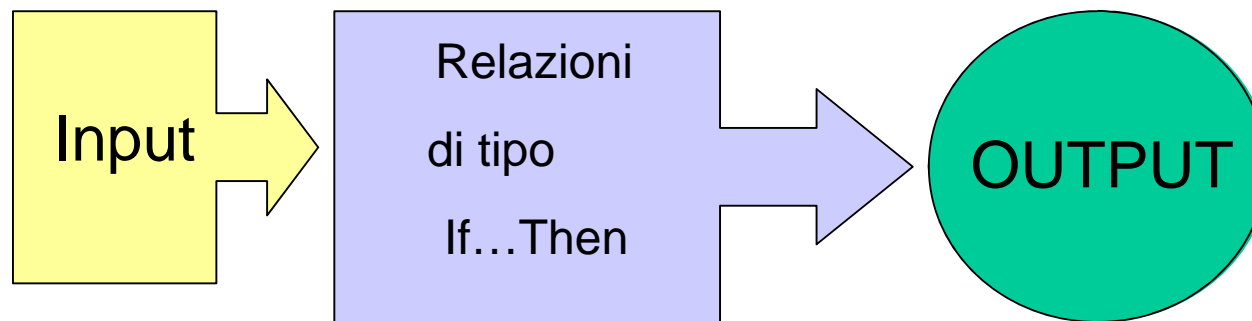
- Rappresenta l'esperienza dell'uomo
- Si può esprimere attraverso **if...then rules**
 - Se la strada è bagnata allora vado piano
 - Se la strada è umida allora vado un po' più piano
 - Se la strada è allagata allora vado pianissimo
- ***I CONCETTI SONO FUZZY (imprecisi)***

I sistemi esperti

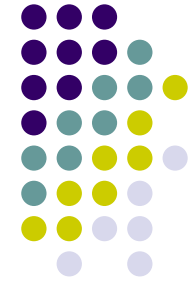


MOTORE INFERENZIALE

BASE DELLA CONOSCENZA



Funzionamento di un sistema esperto fuzzy



- **Fase 1:** l'addestramento, l'esperto umano inserisce le regole e definisce la base di regole
- **Fase 2:** il sistema riceve un input e stima un output sulla base delle regole inserite durante l'addestramento



Vantaggi-*logica fuzzy*

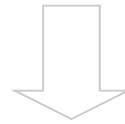


- Un software che ragiona con la logica dell'uomo, ovvero in modo sfumato e non rigidamente in modo binario
- Permettono di codificare la conoscenza tecnica senza necessariamente quantificare con estrema precisione gli intervalli di applicabilità delle regole.
- Permettono di individuare le regole utilizzando linguaggio comune piuttosto che intervalli numerici.
- La base della conoscenza sono regole aziendali non scritte che rappresentano l'esperienza acquisita in azienda
- Possibilità di un confronto attraverso la definizione delle regole
- Assicurano una maggiore robustezza nella realtà: definendo opportunamente gli insiemi si ottiene un'ottima tolleranza alle piccole variazioni dei parametri tipicamente osservate nella realtà.
- I passaggi da una regola e l'altra sono "morbidi", "sfumati".

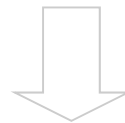
Vantaggi-*logica fuzzy*



la **Logica Fuzzy** evita la distorsione



i limiti degli intervalli diventano “sfumati”
e intervalli adiacenti possono
sovrapporsi



9.9 km/h è una **velocità bassa** con
grado di verità 0.35 e una **velocità media**
con grado di verità 0.25



Svantaggi-*logica fuzzy*

- Difficoltà nell'individuare tutte le regole
- Rischio di creare una base della conoscenza imprecisa e soprattutto incompleta
- Lunghi tempi per la definizione della base della conoscenza
 - *Una possibile soluzione: sistemi neuro-fuzzy: addestrare un sistema esperto fuzzy tramite una rete neurale.*

Domande?



Si ringrazia l'ing. Marco Bonfatti per il contributo nello sviluppo del presente materiale.