

## SISTEMI ESPERTI (1)

---

- **Sistemi Basati Sulla Conoscenza (1980)**
- Un sistema **basato sulla conoscenza** è un sistema in grado di risolvere problemi in un **dominio limitato** ma con prestazioni **simili** a quelle di un **esperto** umano del dominio stesso.
- Generalmente esamina un largo numero di possibilità e costruisce dinamicamente una soluzione.
- *“La potenza di un programma intelligente nel risolvere un problema dipende primariamente dalla **quantità e qualità** di conoscenza che possiede su tale problema”. (Feigenbaum)*

1

## SISTEMI ESPERTI (2)

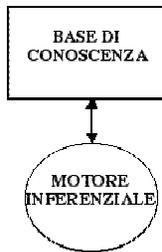
---

- Il programma non è un insieme di **istruzioni immutabili** che rappresentano la soluzione del problema, ma un ambiente in cui:
  - rappresentare;
  - utilizzare;
  - modificare;
  - una **base di conoscenza**.
- Caratterizzato dalle seguenti **proprietà**:
  - *Generalità.*
  - *Rappresentazione esplicita della conoscenza.*
  - *Meccanismi di ragionamento.*
  - *Capacità di spiegazione.*
  - *Capacità di operare in domini mal strutturati.*

2

## PRINCIPI ARCHITETTURALI

- Ogni sistema basato sulla conoscenza deve riuscire ad esprimere **due** tipi di conoscenza in modo **separato** e **modulare**:
  - Conoscenza sul dominio dell'applicazione (**COSA**);
  - Conoscenza su **COME** utilizzare la conoscenza sul dominio per risolvere problemi (**CONTROLLO**).
- **Problemi:**
  - Come esprimere la conoscenza sul problema?
  - Quale strategia di controllo utilizzare?



3

## SISTEMI DI PRODUZIONE

- Un sistema a regole di produzione (production system) è costituito da tre componenti fondamentali:
  - **Base di conoscenza a regole** (che prende spesso il nome di "memoria a lungo termine") in cui sono contenute le regole di produzione;
  - **Memoria di lavoro** (memoria a breve termine) in cui sono contenuti i dati e in cui vengono mantenute le conclusioni raggiunte dal sistema;
  - **Motore inferenziale**.
- Ogni regola di produzione ha la seguente forma:
  - if <condizione> then <conclusione/azione>

4

## STRATEGIE DI CONTROLLO

---

- Strategia forward (in avanti) o controllo guidato dai dati;

```
while <obiettivo non raggiunto> do
begin
<MATCH: determina l'insieme delle regole applicabili (cioè
  le regole il cui antecedente è soddisfatto dai fatti
  contenuti nella memoria di lavoro)>;
  <CONFLICT_RESOLUTION: seleziona la regola da applicare>;
<FIRE: esegui l'azione associata alla regola>
end.
```

5

## STRATEGIE DI CONTROLLO

---

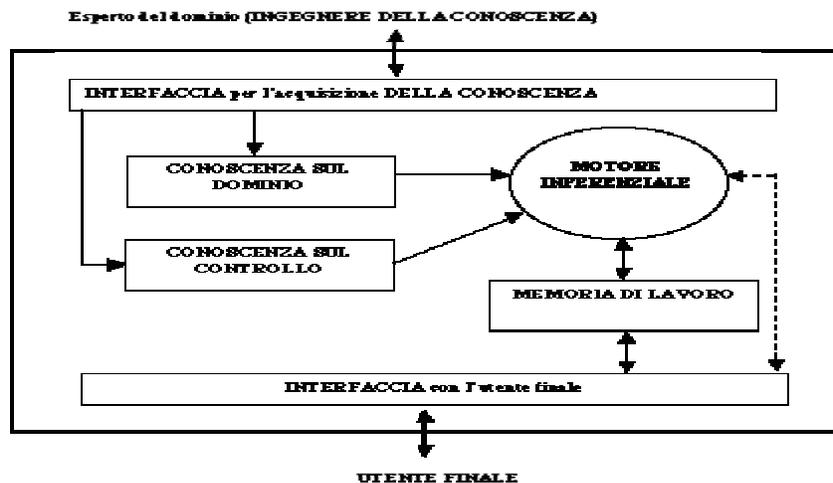
- Strategia "**backward**" (all'indietro) o controllo guidato dal goal G.

```
if <G è un fatto nella memoria di lavoro>
  then <G è dimostrato>
  else
  begin
  <MATCH: seleziona le regole il cui conseguente può essere
    unificato con G>
  <CONFLICT_RESOLUTION: seleziona la regola da applicare>
  <l'antecedente della regola selezionata diventa il nuovo
    obiettivo (congiunzione
    di obiettivi) da verificare>
  end.
```

6

## SISTEMI BASATI SULLA CONOSCENZA ARCHITETTURA

- Rappresentazione della Conoscenza:



## SISTEMI BASATI SULLA CONOSCENZA ARCHITETTURA

- Rappresentazione della Conoscenza:

- Regole;
- Frames;
- Proposizioni Logiche;
- Vincoli;
- Procedure;
- Demoni;
- Oggetti;
- Fattori di Certezza, Variabili Fuzzy.....

- Modalità di Inferenza:

- Ragionamento *forward*;
- Ragionamento *backward*;
- Risoluzione;
- Propagazione di vincoli;
- Strategie di ricerca euristiche;
- Ragionamento Ipotetico ed Abduittivo....

8

## INGEGNERIA DELLA CONOSCENZA AMBIENTI

- a) **Skeletal systems** (SHELL)
  - Ottenuti togliendo da Sistemi Esperti già costruiti la conoscenza propria del dominio e lasciando solo il motore inferenziale e le *facilities* di supporto.
  - EMYCIN (Empty MYCIN) deriva da MYCIN;
  - KAS deriva da PROSPECTOR;
  - EXPERT deriva da CASNET.
- b) **Sistemi general-purpose** (TOOLS);
  - KEE, ART, Knowledge-Craft, Nexpert, KAPPA
  - non sono strettamente legati a una particolare classe di problemi: essi permettono una più ampia varietà di rappresentazione della conoscenza e strutture di controllo.
- c) **Linguaggi simbolici** (Prolog, Lisp) e non (C, C++).

9

## PASSI DI PROGETTAZIONE

- **IDENTIFICAZIONE** delle caratteristiche del problema.
- **CONCETTUALIZZAZIONE.**
- **FORMALIZZAZIONE:** progetto della struttura in cui organizzare la conoscenza.
- **IMPLEMENTAZIONE:** scrittura effettiva della conoscenza sul dominio.
- **VALIDAZIONE.**
  
- **SCELTA DI UN TOOL:**
  - non bisogna utilizzare un Tool più generale del necessario;
  - bisogna testare il Tool costruendo un piccolo prototipo del sistema;
  - bisogna scegliere un Tool che sia affidabile ed mantenuto da chi lo ha sviluppato;
  - quando il tempo di sviluppo è critico, è bene scegliere un Tool con *facilities* di spiegazioni/interazione incorporate;
  - bisogna considerare le caratteristiche del problema per determinare le caratteristiche che deve avere il Tool.

10

## APPLICAZIONI

- **Migliaia** di Sistemi Esperti nei settori più svariati.
  - **Interpretazione:** Si analizzano dati complessi e potenzialmente rumorosi per la determinazione del loro significato (Dendral, Hearsay-II).
  - **Diagnosi:** Si analizzano dati potenzialmente rumorosi per la determinazione di malattie o errori (Mycin, ...).
  - **Monitoring:** I dati si interpretano continuamente per la generazione di allarmi in situazioni critiche. Al sistema è richiesta una risposta in tempo reale soddisfacente (VM).
  - **Planning e Scheduling:** Si determina una sequenza intelligente di azioni per raggiungere un determinato obiettivo (Molgen).
  - **Previsione** (economica, politica ecc.) : Si desidera costruire un sistema in grado di prevedere il futuro in base a un appropriato modello del passato e del presente (Prospector).
  - **Progetto e configurazione:** Il Sistema Esperto deve essere in grado di progettare sistemi partendo da ben determinate specifiche (R1, XCON).

11

## OBIETTIVO DELLE CATEGORIE DI APPLICAZIONE

- **Interpretazione:** Inferire descrizioni di situazioni da dati rilevati da sensori.
- **Predizione:** Inferire conseguenze future da una data situazione.
- **Diagnosi:** Inferire malfunzionamenti da osservazioni.
- **Progetto:** Configurare oggetti rispettando vincoli.
- **Pianificazione:** Progettare sequenze di azioni.
- **Monitoring:** Confrontare osservazioni in tempo reale per identificare situazioni di allarme.
- **Debugging:** Prescrivere rimedi per malfunzionamenti.
- **Riparazione:** Eseguire un piano per ottenere il rimedio necessario
- **Insegnamento:** Diagnosi, Debugging e Riparazione del comportamento di uno studente.
- **Controllo:** Interpretare, Predire, Riparare, a Monitorare il comportamento di un sistema.
- Alcune applicazioni ne includono altre.

12

## CLASSIFICAZIONE: SISTEMI DI ANALISI

- Si possono classificare i S.E. in base alle operazioni svolte:
  - di quelle che interpretano un sistema (analisi).



13

## CLASSIFICAZIONE E DIAGNOSI

- W. J. Clancey, Heuristic Classification, Artificial Intelligence 27, North Holland, 1985 pp 289-350.
- Il più semplice tipo di classificazione consiste nell'identificare alcuni oggetti sconosciuti o fenomeni come appartenenti a una classe conosciuta di oggetti, eventi o processi.
- Tipicamente queste classi sono tipi organizzati gerarchicamente e il procedimento di identificazione corrisponde al **matching** delle osservazioni di entità sconosciute con caratteristiche note delle classi.

14

## CLASSIFICAZIONE E DIAGNOSI

- **Un esempio: Mycin**
  - Sviluppato da E.M. Shortliffe a partire dal 1972;
- **Obiettivi:**
  - decidere se il paziente ha un'infezione che deve essere curata;
  - determinare, se sì, quale è probabilmente l'organismo infettivo;
  - scegliere fra le medicine adatte per combattere l'infezione quella più appropriata in rapporto alle condizioni del paziente.
  - Mycin risolve il problema di identificare un oggetto sconosciuto dalle culture di laboratorio, mediante un *matching* dei risultati di laboratorio con la gerarchia di batteri.

15

## CARATTERISTICA ESSENZIALE DELLA CLASSIFICAZIONE

- Il motore di inferenza seleziona partendo da un insieme di soluzioni pre-enumerate. Quindi **non costruisce** una nuova soluzione.
- Le evidenze (osservazioni) possono essere incerte per cui il sistema può dare come risposta una lista di possibili ipotesi numerate in ordine di plausibilità.
- Esistono anche regole di inferenza oltre al *matching*.
- In molti problemi le caratteristiche di una soluzione non sono date direttamente come dati, ma sono inferite mediante regole di inferenza che esprimono:
  - **Astrazione definizionale:** basata sulle caratteristiche necessarie di un concetto:
    - “Se è un mammifero allora allatta i figli”.
  - **Astrazione qualitativa:** coinvolge dati quantitativi e li confronta con valori normali:
    - “Se il paziente è adulto e il valore dei globuli bianchi è minore di 2500 allora il valore è basso”
  - **Generalizzazione in una gerarchia di sottotipi**
    - “Se il cliente è un giudice, allora è una persona educata”

16

## CLASSIFICAZIONE

---

- Classificare un oggetto significa riconoscerlo come appartenente ad una determinata classe.
- Una caratteristica essenziale della classificazione è che seleziona da un insieme predefinito di soluzioni.
- Le classi identificano delle regolarità e tutti i membri di una classe le condividono (condizioni necessarie).
- Di solito escludiamo il caso, denominato configurazione, in cui le soluzioni sono un insieme finito, ma molto ampio e quindi determinato dinamicamente come insieme potenza di elementi più semplici (componenti).

17

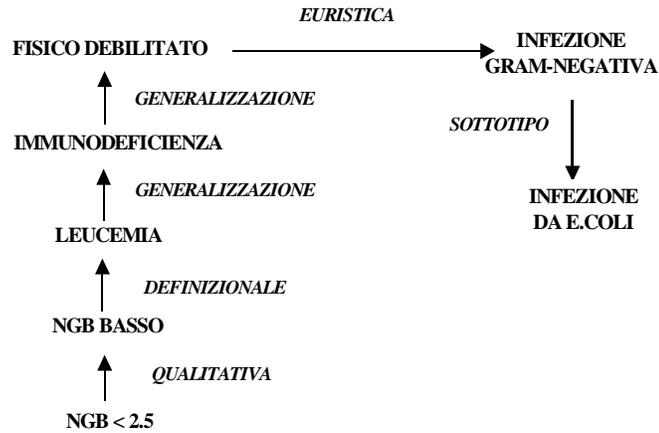
## CLASSIFICAZIONE SEMPLICE ED EURISTICA

---

- Nella classificazione semplice i dati hanno un **match diretto** con le caratteristiche delle soluzioni (eventualmente dopo un passo di astrazione).
- Nella classificazione euristica le soluzioni possono anche essere trovate usando un **matching euristico** mediante un'associazione diretta e euristica con la gerarchia delle soluzioni.
- Normalmente l'associazione euristica è di tipo empirico.
- In pratica, nella classificazione euristica i dati del problema opportunamente astratti sono associati con classi di soluzioni di problemi.
- **Esempi:** Mycin, Grundy che seleziona i libri che una persona può preferire mediante una classificazione della personalità e poi del libro che può essere più adatto, Sophie che classifica un circuito elettronico in termini dei componenti che causano un malfunzionamento.

18

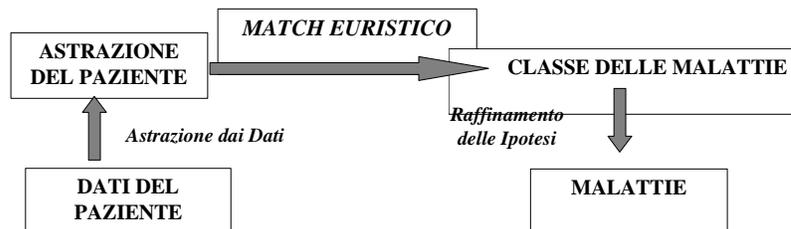
## CLASSIFICAZIONE SEMPLICE ED EURISTICA



19

## CLASSIFICAZIONE SEMPLICE ED EURISTICA

- In pratica, nella classificazione euristica i dati del problema opportunamente astratti sono associati con classi di soluzioni di problemi.



20

## FATTORI DI CERTEZZA

- Compromesso rispetto a un sistema bayesiano puro.
- Introdotti per la prima volta nel Sistema Esperto Mycin.
- Regole non certe (l'implicazione corretta sarebbe invertita) mediate da un **fattore di certezza**.
- Un fattore di certezza è un numero intero "ad hoc" che varia fra +1 e -1.
- Permette l'inserimento di fatti apparentemente contraddittori, ambedue plausibili con differenti valori di certezza.
- **Fatti:**  
(**<attributo> <entità> <valore>**  
**<fattore di certezza>**).
- Esempi di fatti espressi in Mycin sono (sintassi del Lisp):  
(SITE CULTURE-1 BLOOD 1.0)  
(IDENT ORGANISM-2 KLEBSIELLA .25)  
(IDENT ORGANISM-2 E.COLI 0.73)  
(SENSITIVS ORGANISM-1 PENICILLIN -1.0)

21

## REGOLE

PREMISE **<premessa>** ACTION **<azione>**.

PREMISE

(**\$AND**

(**SAME CNTXT INFECT PRIMARY-BACTEREMIA**)

(**MEMBF CNTXT SITE STERILESITES**)

(**SAME CNTXT PORTAL G1**))

ACTION

(**CNTXT IDENT BACTEROIDES 0.7**).

- Significato della regola

**IF**

(1) **the infection is primery-bacteremia,**

(2) **the site of the culture is one of sterilesites, and**

(3) **the suspected portal of entry of the organism is the gastro-intestinal tract,**

**THEN there is a suggestive evidence**

(0.7) **that the identity of the organism is bacteroides.**

22

## OSSERVAZIONI

---

- I fattori di certezza iniziali sono forniti dagli esperti.
- Ogni CF in una regola di Mycin rappresenta il contributo della regola al fattore di confidenza di un'ipotesi.
- Rappresenta in un certo senso una probabilità condizionale  $p_x(H/E)$ .
- In un sistema Bayesiano puro però si deve assumere che la sola evidenza rilevante per  $H$  sia  $E$ , altrimenti dobbiamo tenere conto delle probabilità congiunte.
- Dunque Mycin assume che tutte le regole siano indipendenti ed è colui che scrive le regole che deve garantire ciò.

23

## R1

---

- Sviluppato all'Università Carnegie-Mellon da John Mc Dermott per conto della Digital a partire dal 1978.
- COMPITO PRINCIPALE: configurare il calcolatore VAX-11/780 automaticamente.
- In base all'ordine del cliente, R1 è in grado di:
  - assicurare che l'ordine sia completo;
  - determinare le relazioni spaziali fra le componenti.
- Un tipico sistema ha più di 100 componenti con varie possibilità di interazione.
  
- Esperti: technical editors
- \* Nato con un nucleo di 250 regole ora ne possiede circa 2800.
- Dal 1980 è un prodotto funzionante Digital.
- R1 è implementato in OPS-5.

24

## TIPI DI CONOSCENZA IN R1

- a) **Informazione sui componenti:**
  - in memoria di massa sono raccolte informazioni su circa 400 componenti della Digital che il Sistema va a recuperare quando necessario.  
(RK711-EA  
!class bundle  
!type disk drive  
!supported yes  
!component-list 1 070-12292-25  
1 RK07-EA\*  
1 RK611)
- b) **Conoscenza sui vincoli:**
  - è la conoscenza di come associare determinati componenti per formare configurazioni parziali corrette e di come associare fra di loro le configurazioni parziali

25

## TIPI DI CONOSCENZA IN R1

- b) **Conoscenza sui vincoli:**  
**Distributed-mb-devices-3**  
IF: current active context is distributing massbus devices  
AND there is a single port disk drive that has not been assigned to a massbus  
AND there are no unassigned dual port disk drives  
AND .....  
THEN:assign the disk drive to the massbus.
- c) **MEMORIA DI LAVORO:**
  - tiene traccia della conoscenza che viene accumulata dinamicamente durante il processo di configurazione.

26

## CONTROLLO IN R1

- Forward
- Strategia Irrevocabile
- Tasks non interagenti → sistema di produzione decomponibile
- Nessuna strategia di controllo esplicita
- Ambiente povero
- Regole per il cambio di contesto
- **Check-voltage-and-frequency-1**
  - IF: the MOST CURRENT ACTIVE CONTEXT is checking voltage and frequency
  - AND there is a component that requires one voltage or frequency
  - AND there is another component that requires a different voltage or frequency
  - THEN: ENTER THE CONTEXT of fixing voltage or frequency mismatches.

27

## S.E. SVILUPPATI DAL GRUPPO DI IA Univ. Bologna e Univ. Ferrara

- Sistemi **utilizzabili** (almeno allo stato prototipale) nelle Aree: Progetto, Monitoring, Diagnosi, Scheduling.
- **ADES** (ATP Design Expert System) per il **progetto** dei sistemi per il controllo delle stazioni ferroviarie (SASIB);
- **SMA** (Station Master Assistant) per il **monitoring** e la pre-**diagnosi** degli enti della stazione al fine di determinare la fattibilità degli itinerari (SASIB);
- **TSA** (Train Scheduling Assistant) per regolare il traffico dei treni all'interno di una stazione di grosse dimensioni (SASIB).
- **FUN** (Function Point Measurement) per il calcolo dei Function Point per un sistema software.
- Scheduling delle lavorazioni giornaliere (Officine Ortopediche Rizzoli, linguaggio di CLP).
- Identificazione di difetti in semilavorati meccanici (BERCO S.p.A, approccio mediante apprendimento automatico di regole).
- Diagnosi, verifica degli esami medico-clinici, interpretazione dei dati (DIANOEMA SpA, S.Orsola-Malpighi Bologna).

28

## PROSPETTIVE

---

- Verso gruppi di agenti intelligenti cooperanti (ingegneria del software).
- Cooperazione con un essere umano
- interfacce grafiche.
- Integrazione con vari sistemi informatici (interfacce grafiche, database ecc.), tecnologie tradizionali e non (reti neurali, sistemi fuzzy)
- sistemi ibridi.
- Da costose workstations special-purpose (LISP-Machine) verso sistemi Unix o PC con l'utilizzo di Tools scritti in linguaggi più tradizionali (C, C++).
- Sistemi basati sulla conoscenza in aree più "semplici": costruzione di libri e manuali non più passivi ma **attivi**.
- In fondo, i linguaggi Object-Oriented sono nati nel 1967 e i Database Relazionali negli anni 70.....