

I N T E L L I G E N Z A    A R T I F I C I A L E

Progetto di intelligenza artificiale

Dipartimento di elettronica

MARCO SOMALVICO - POLITECNICO DI MILANO

\* \* \* \* \*

Studio delle basi tecniche e delle tecniche che permettono di realizzare sistemi di programmi capaci di dare al calcolatore prestazioni che sono comunemente ritenute come esclusive dell'intelligenza umana.

- Relatività rispetto al tempo
- definizione non enumerativa
- requisito della sperimentabilità

Aspetti unificanti

- rappresentazione della conoscenza
- capacità inferenziale
- procedimenti euristici
- funzione di apprendimento
- sistemi di programmazione.

Temi centrali:

applicazioni di primo livello  
applicazioni di secondo livello

Interazioni con altre discipline:

- psicologia cognitiva
- linguistica
- matematica
- filosofia

Settori

Risoluzione di problemi  
Sistemi di consultazione  
Comprensione linguaggio naturale

- parlato
- scritto

Dimostrazione di teoremi

Verifica della correttezza dei programmi

Programmazione automatica

Robotica

- manipolazione
- visione

Linguaggi ad alto livello

Sistemi firmware

## NOZIONE DI MACCHINA DI VISIONE

Nell'ambito del Progetto di Intelligenza Artificiale del Politecnico di Milano, è stato sviluppato un sistema hardware e software che affronta il problema della visione.

Illustriamo brevemente la nozione di macchina di visione.

Definiamo "Macchina di visione" un sistema artificiale in grado di interagire col mondo esterno per estrarre da esso ed elaborare delle informazioni utili per l'attuazione di azioni da parte di altre macchine in modo automatico.

Il mondo esterno è costituito da tutto ciò che la macchina di visione, tramite i suoi organi visivi, (tipicamente telecamere), è in grado di osservare.

La struttura logica che viene realizzata dal nostro modello di macchina di visione è visibile nella figura in ultima pagina.

La macchina, come si può vedere, è costituita da due livelli:

- 1 - livello superiore
- 2 - livello inferiore

Se tutto viene coordinato da un modulo supervisore, il cui scopo è quello di attivare i vari segmenti di programma presenti al 1° livello della macchina.

La differenza tra i due livelli di moduli è relativa al fatto che quelli di livello superiore possono utilizzare quelli di livello inferiore (inseriti in una moduloteca) come primitive del S.O.

Il modulo supervisore si presenta automaticamente all'accensione del sistema interagendo in modo semplice con l'utente tramite delle ricerche rider.

Vengono visualizzate tutte le possibili azioni che si possono intraprendere.

Gli ambienti operativi forniti dal livello superiore della macchina sono i seguenti:

- a) ambiente del linguaggio di progr.
- b) interprete comandi del S.O.
- c) ambiente di esecuzione del linguaggio.
- d) apprendimento e gestione dell'archivio di forme
- e) interfaccia col robetto
- f) help

## SENSORI NEI ROBOT

- FOTODIODI
- TELECAMERE
- LASER
- SONAR
- PELLE ARTIFICIALE
- TATTO
- FORZA

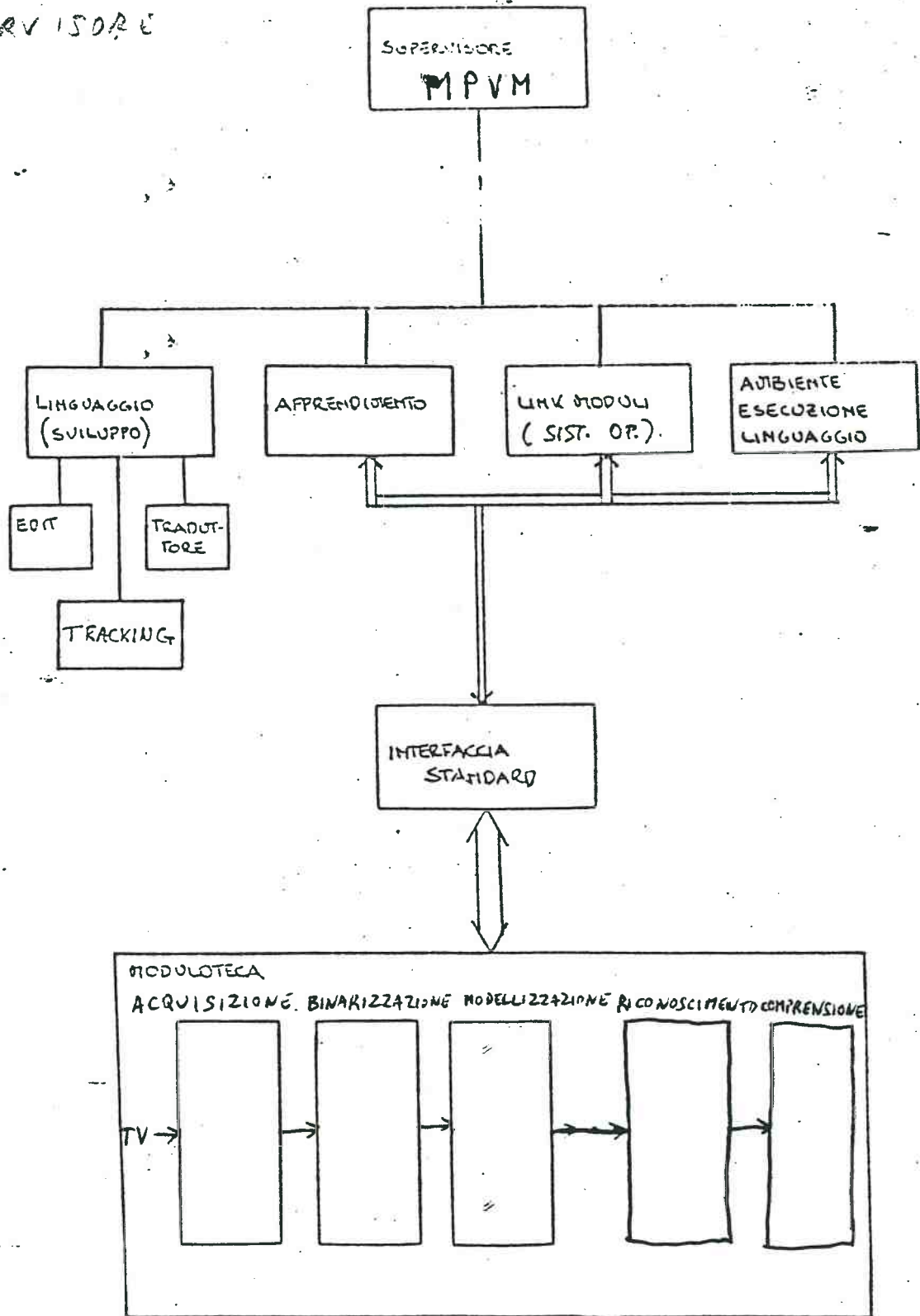
## ATTUATORI NEI ROBOT

- MOTORI A PASSO
- MOTORI A C.C.  $\left\{ \begin{array}{l} \text{CON SPAZZOLE} \\ \text{SENZA SPAZZOLE} \end{array} \right.$
- MOTORI A REAZIONE

## LINGUAGGI DI PROGRAMMAZIONE

- AD APPRENDIMENTO DIRETTO
  - A LIVELLO DEI GIUNTI
  - A LIVELLO DEL POLSO
  - - PROGRAMMAZIONE A LIVELLO MACCHINA
  - - PROGRAMMAZIONE A LIVELLO ASTRATTO
  - A LIVELLO DEGLI OBIETTIVI
  - - PIANIFICAZIONE GLOBALE
  - - PIANIFICAZIONE FINE
  - - CORREZIONE DEGLI ERRORI
- PROGRAMMAZIONE ESPLICITA
- PROGRAMMAZIONE IMPLICITA

SUPERVISORE

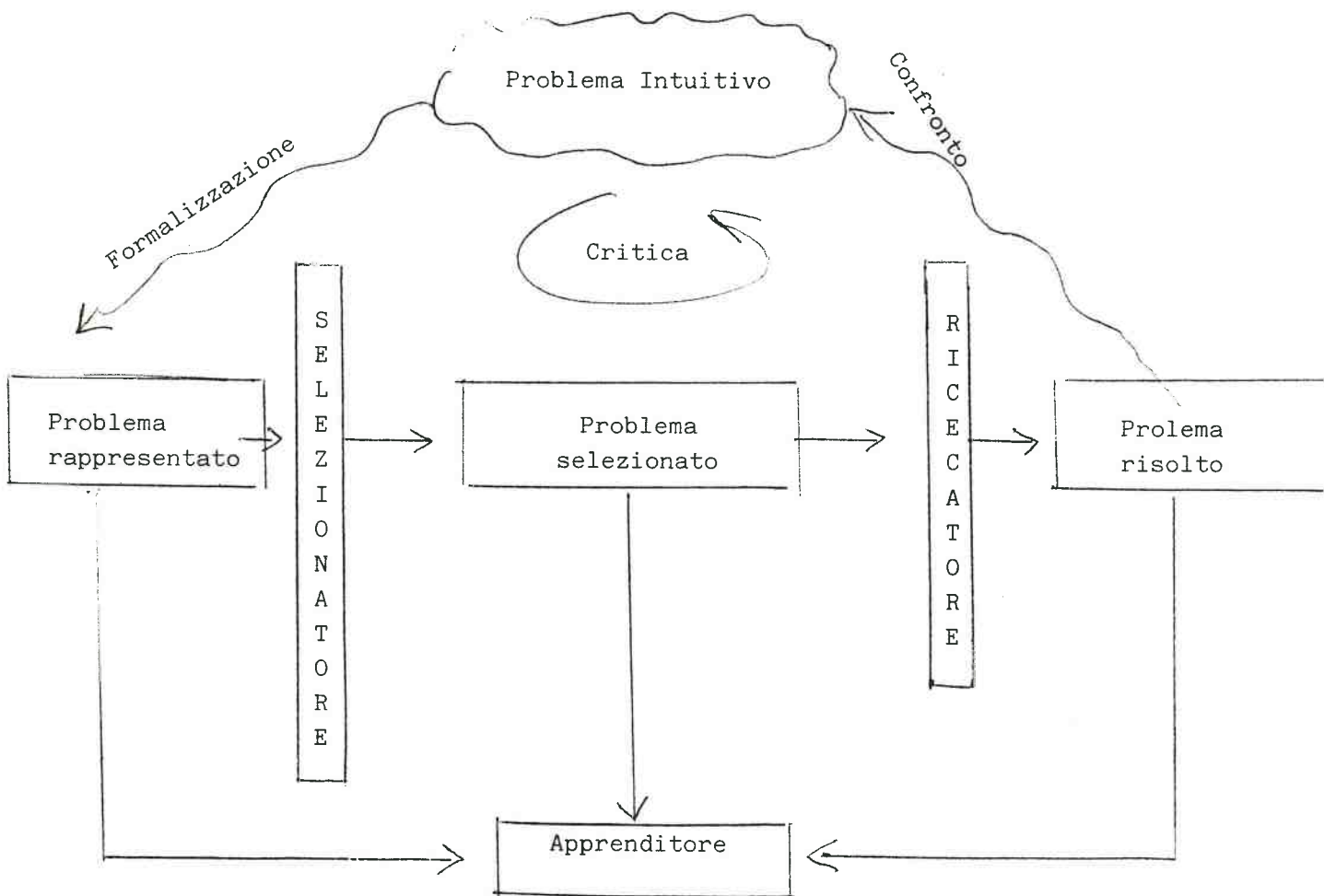


MPVM : MILAN POLYTECHNIC VISION MACHINE

## Principali Centri di Ricerca

Stanford University  
 MIT - Massachusetts Institute of Technology  
 Carnegie+Mellon University  
 SRI (Stanford Research Institute)  
 University of Edimburgh  
 Université de Grenoble  
 Sezione Siberiana dell'Accademia Sovietica  
 Italia  
 Milano  
 Pisa  
 Torino  
 Padova  
 Genova  
 Roma

## Risoluzione automatica di problemi

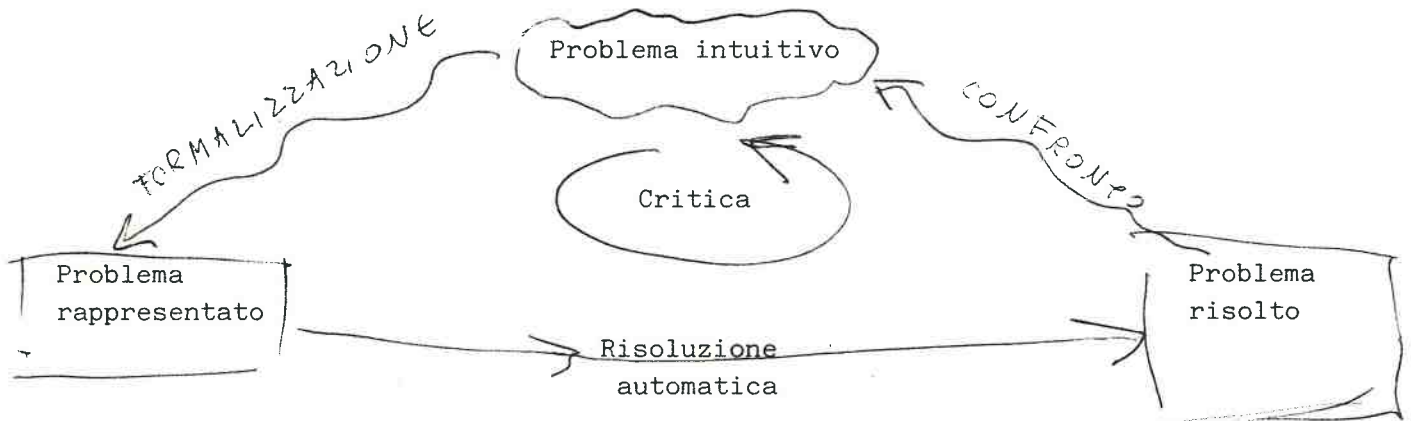


Algoritmo: Scelta (cosa) di problemi elementari, automaticamente risolvibili (effettivo) dall'esecutore, che cooperano tra di loro (come), per fornire la risoluzione di un problema complesso nei confronti tali problemi elementari rappresentano l'algoritmo risalente.

Il sistema esperto è un risolutore di problemi

- metodologie generali della risoluzione di problemi
- scelte particolari per
  - rappresentare la conoscenza
  - selezionare la parte rilevante della conoscenza
  - ricercare la soluzione come opportuno coordinamento della parte rilevante
- valutare e migliorare le attività di selezionare e di ricercare; cioè apprendere
- interagire con l'utente per ricevere la rappresentazione della conoscenza

Teoria della Risoluzione dei Problemi



Due tipi di informazione:

- informazione di problema
- informazione di controllo

Due attività fondamentali:

- quale parte dell'informazione di problema è rilevante (cosa)
- come utilizzare l'informazione rilevante per risolvere il problema.

Natura dei sistemi esperti ovvero sistemi di produzione:

Due componenti

A) la base della conoscenza

5il problema rappresentato, selezionato e risolto (parziale e totale)

B) L'interprete

5gli algoritmi di selezione, di ricerca e di apprendimento)

Terza componente ausiliaria

C) L'interfaccia

Per permettere all'utente di arricchire la base della conoscenza, di modificare l'interprete, di esaminare le diverse fasi dell'attività di risoluzione.

Il dominio di applicazione: manutenzione, geologia, medicina, produzione di programmi.

La base della conoscenza è composta di due parti:

A) La base delle regole (parte dinamica)

B) La base dei fatti (parte statica)

Le regole sono chiamate: produzioni.

Rappresentano il linguaggio di rappresentazione della conoscenza scelto dai sistemi esperti.

Una produzione è costituita da due parti (è una coppia):

parte situazione ( parte sinistra)

parte azione (parte destra)

La situazione è una lista di cose da osservare (verità da verificare).

L'azione è una lista di cose da fare (verità da affermare).

Astrattamente:

- situazione: implicanti

- azione: problemi implicati

La produzione è implicata quando esistono dei fatti che soddisfano la situazione; pertanto si possono aggiungere dei nuovi fatti che sono indicati dall'azione.

Pertanto:

situazione	≡	premessa
azione	≡	conclusione

Esempio:  $\alpha$

Se la batteria di accensione è senza tensione

e

la batteria è stata testata

e

la prova è risultata negativa

allora la batteria è polarizzata.

Se un animale è un mammifero

e

mangia la carne

allora quell'animale è un carnivoro.

Più produzioni possono quindi essere collegate per realizzare una concatenazione logica di fatti e per fornire la soluzione ad un problema.

La base dei fatti contiene le verità che permettono di attivare le produzioni.

Supponiamo che non esista il fatto:  
la batteria è stata testata  
ma esista un'altra produzione

Esempio:  $\beta$

Se i terminali della batteria sono collegati ad una lampadina di prova  
allora la batteria è stata testata.

In tal caso se esiste nella base dei fatti la premessa di  $\beta$ , essa può servire per attivare  $\beta$  (con le altre premesse).



Una regola può essere attivata forward, per ricavare nuovi fatti, cioè se durante l'esecuzione tutte le frasi che compongono la premessa sono presenti nella base dei dati ad essi possiamo aggiungere la conclusione. Un altro modo di attivazione è backward, per dimostrare un'ipotesi, cioè se l'ipotesi è la conclusione di una regola ci si riconduce al nuovo obiettivo di dimostrarne la premessa.

#### ESEMPI DI REGOLE DI PRODUZIONE

situazione / azione

```
if temp > 80
  then spegnere la caldaia
```

premessa / conclusione

```
if la batteria è scarica
  then l'auto non parte
```

antecedente / conseguente

```
if ?X è un cane
  then ?X è un animale
```

REGOLE DI PRODUZIONE DEL SISTEMA ESPERTO MYCIN (DIAGNOSI DI MALATTIE DEL SANGUE)

**Q: What about prescribing penicillin?**

*if stain is grampos then organism is strep.*

*if stain is gramneg then organism is e.coli.*

*if organism is strep or bacteriods then penicillin is indicated.*

*if a drug is indicated and don't know whether allergic to the drug then ask whether allergic to the drug.*

*if a drug is indicated and not allergic to the drug then prescribe the drug.*

**A: Prescribe penicillin if the stain is grampos and patient is not allergic to penicillin.**

**Q:** Why did you prescribe penicillin?

*gram(pos)*  
*{ if gram(pos) then id(strep). }*

*id(strep)*  
*{ if id(strep) or id(bact) then ind(pen). }*

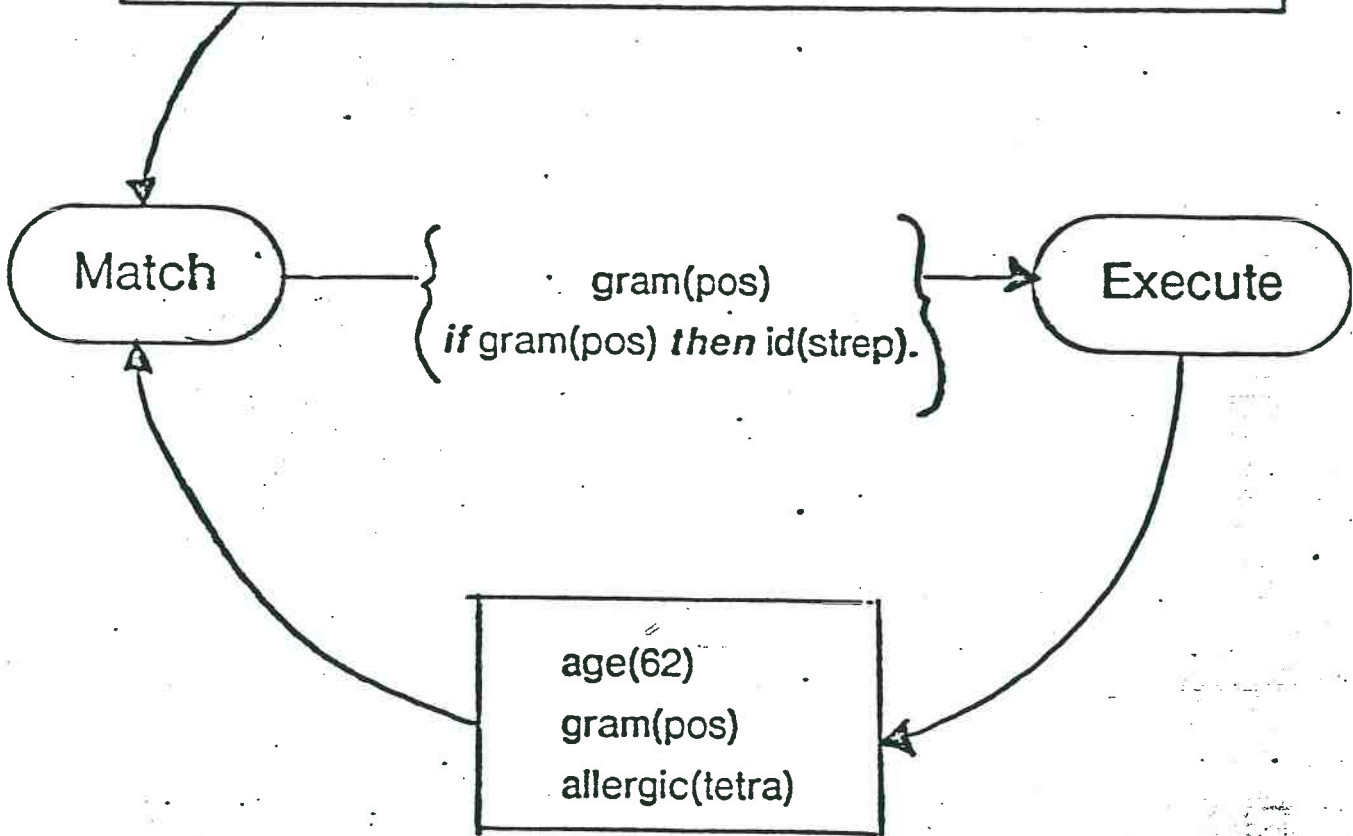
*ind(pen)*  
*{ if ind(?drug) and unk allergic(?drug) then ask allergic(?drug). }*

*not allergic(pen)*  
*{ if ind(?drug) and not allergic(?drug) then prescribe(?drug). }*

**A:** Because the stain is grampos (indicating strep) and the patient is not allergic to penicillin.

### Rules

*if gram(pos) then id(strep).*  
*if gram(neg) then id(ecoli).*  
*if id(strep) or id(bact) then ind(pen).*  
*if ind(?drug) and unk allergic(?drug) then ask allergic(?drug).*  
*if ind(?drug) and not allergic(?drug) then prescribe(?drug).*



### Facts

L'interprete deve:

- selezionare quali produzioni deve considerare (cosa serve?)
- ricercare l'ordine con cui attivare le produzioni selezionate (come fare?)

Due strategie.

A. Metodo in avanti o discendente (forward)

Parto dai fatti noti, seleziono le produzioni attivabili, ricerco in modo opportuno l'ordine con cui attivarle, verifico se ho raggiunto l'affermazione del fatto corrispondente all'obbiettivo desiderato.

B. Metodo all'indietro o ascendente (backward)

Parto con delle ipotesi (la prima è la verità dell'obbiettivo) e cerco le produzioni che verificano l'ipotesi

Alcuni esempi

- DENDRAL (Eigenhamm 1971)

Inferisce la struttura di grandi molecole organiche, partendo dal loro spettrogramma di massa e dalle formule chimiche.

- MYCIN (Shortliffe 1976)

Diagnostica certe malattie, sulla base dell'esame del sangue, in modo accurato come quello dei medici specialisti.

- PROSPECTOR

Analizza dati geologici e giudica se dai dati si può individuare la presenza nel terreno di minerali desiderati.

- PECOS

Sviluppa diversi programmi alternativi che permettono di realizzare degli algoritmi specificati.

- SECS

Sviluppa dei nuovi metodi per sintetizzare delle sostanze chimiche organiche complesse, ed è usato in parecchi laboratori di ricerca.

- GARI (Descotte 1981)

Dedicato alla manifattura di pezzi meccanici.

- CAMA (Gini G., Gini M., Morpurgo 1981)

Dedicato alla manutenzione dell'impianto elettrico di automobili.

- ESAP (Guida, Somalvico 1982)

Dedicato alla programmazione in grande, cioè al progetto di una architettura modulare di sistema, in una fabbrica di programmi datata di librerie di programmi e di sintetizzatori in programmi.

## CLASSIFICAZIONI CINEMATICHE

- ROBOT CARTESIANO
  - 3 GRADI DI LIBERTA' PRINCIPALI RETTILINEI
- ROBOT CILINDRICO
  - 2 GRADI DI LIBERTA' PRINCIPALI RETTILINEI
  - 1 GRADO DI LIBERTA' PRINCIPALE ROTOIDALE
- ROBOT POLARE
  - 1 GRADO DI LIBERTA' PRINCIPALE RETTILINEO
  - 2 GRADI DI LIBERTA' PRINCIPALI ROTOIDALI

INOLTRE, TUTTI E TRE I TIPI DI ROBOT HANNO TRE GRADI DI LIBERTA' SECONDARI ROTOIDALI.

- ROBOT ARTICOLATO
  - 6 GRADI DI LIBERTA' ROTOIDALI

## CLASSI DI APPLICAZIONI

ROBOT DI MANIPOLAZIONE  
 ROBOT DI VERNICIATURA  
 ROBOT DI SALDATURA  
 ROBOT DI MONTAGGIO  
 ROBOT DI MISURA  
 ROBOT DI TAGLIO  
 ROBOT DI TRASPORTO

## ROBOTICA INDUSTRIALE

## ROBOTICA AVANZATA

- SPAZIO
- OCEANI
- AGRICOLTURA
- OSPEDALI
- MINIERE
- ANTIINCENDIO
- COSTRUZIONI
- PROTEZIONE
- SERVIZI