SISTEMI ESPERTI

- **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)*

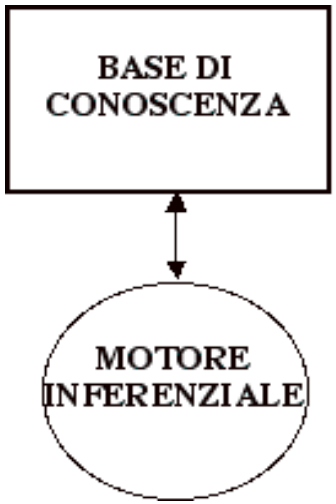
SISTEMI ESPERTI (2)

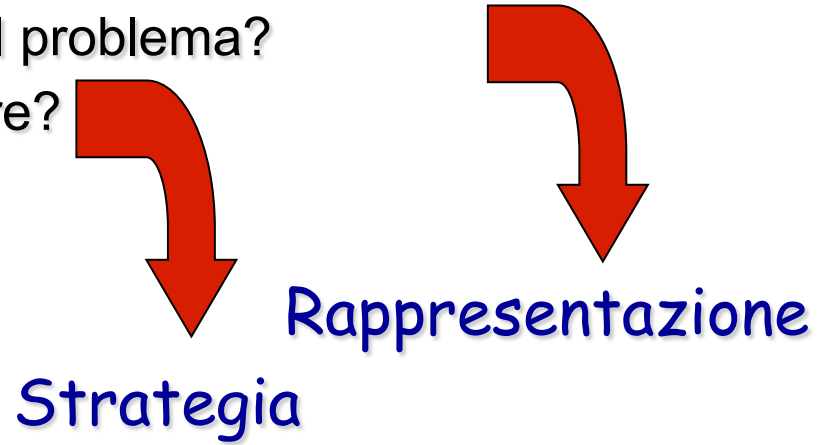
- Il programma non è un insieme di **istruzioni immutabili** che rappresentano la soluzione del problema, ma un ambiente in cui:
  - rappresentare;
  - utilizzare;
  - modificare;
  - una **base di conoscenza.**

- Caratterizzato dalle seguenti **proprietà**:
  - *Generalità.*
  - *Rappresentazione esplicita della conoscenza*.
  - *Meccanismi di ragionamento*.
  - *Capacità di spiegazione*.
  - *Capacità di operare in domini mal strutturati.*

SISTEMI BASATI SULLA CONOSCENZA: 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?





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/pattern/LHS> then <conclusione/azione/RHS>`

  L'azione può modificare la memoria di lavoro o produrre effetti collaterali

- Le regole non si chiamano per nome, ma si attivano in base al pattern-matching (nei sistemi forward)

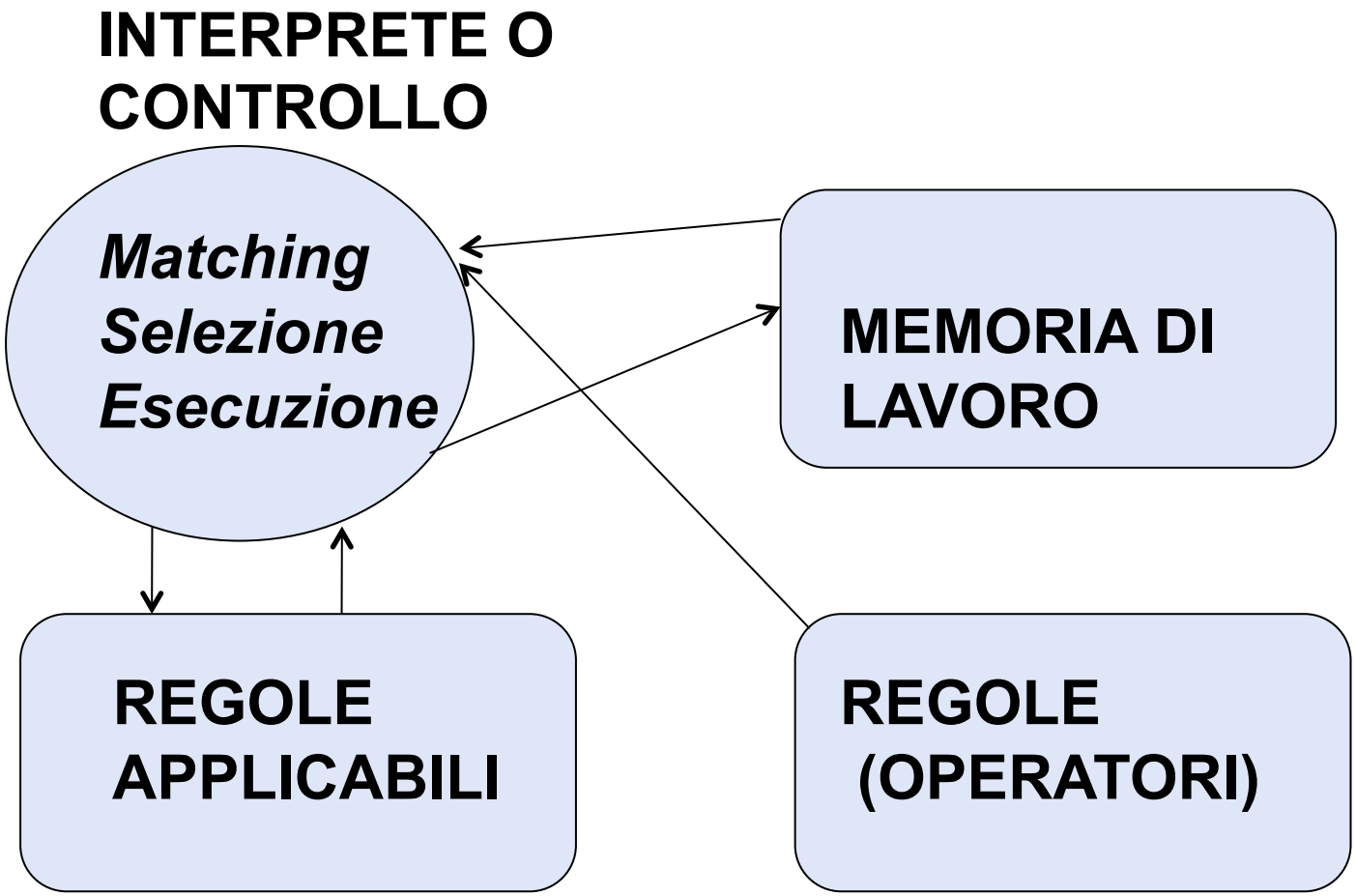
Production Rule Systems (PRS):

- Definizione:

Programmi che realizzano metodi di ricerca per problemi rappresentati come spazio degli stati

- Consistono di:
  - Un insieme di regole,
  - una ‘working memory’, che contiene gli stati correnti raggiunti
  - una strategia di controllo per selezionare le regole da applicare agli stati della ‘working memory’ (*matching*, verifica di precondizioni e test sullo stato goal se raggiunto).

ARCHITETTURA GENERALE:



DUE MODALITA' DI "RAGIONAMENTO"

- FORWARD O DATA-DRIVEN:
  - La memoria di lavoro nella sua configurazione iniziale contiene la conoscenza iniziale sul problema, cioè i fatti noti.
  - Le regole di produzione applicabili sono quelle il cui antecedente può fare *matching con la memoria di lavoro (F-rules).*
  - Ogni volta che una regola viene selezionata ed eseguita, i nuovi fatti dimostrati sono inseriti nella memoria di lavoro.
  - Il procedimento termina con successo quando nella memoria di lavoro è inserito il goal da dimostrare (condizione di terminazione).

STRATEGIE DI CONTROLLO

- Tipicamente 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.
```

DUE MODALITA' DI "RAGIONAMENTO"

- BACKWARD O GOAL-DRIVEN:
  - La memoria di lavoro iniziale contiene il goal (o i goal) del problema.
  - Le regole di produzione applicabili sono quelle il cui conseguente può fare *matching con la memoria di lavoro (B-rules).*
  - Ogni volta che una regola viene selezionata ed eseguita, nuovi *subgoals* da dimostrare sono inseriti nella memoria di lavoro.
  - Il procedimento termina con successo quando nella memoria di lavoro vengono inseriti fatti noti (condizione di terminazione).

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.
```

Matching efficiente: l'algoritmo RETE

- Sviluppato da Charles Forgy nel 1979 (implementato in OPS);
- Presente in quasi tutti i sistemi a regole ***forward*** di tipo commerciale
- Sistemi esperti reali: migliaia di regole, problemi di efficienza;
- Aumentare l'efficienza della parte di *pattern matching* evitando di fare il test sequenzialmente regola per regola;
- Crea un albero decisionale in cui ogni nodo corrisponde ad un *pattern* nella parte sinistra della regola (LHS);
- Ogni nodo ricorda i fatti che soddisfano la regola;
- LHS complete sono definite come strade dalla radice alla foglia;

- Risparmia tempo, ma … consuma memoria

Rete Algorithm

- Unlike common implementation of a production system where each rule is checked against the known facts in the Knowledge base before executing (firing) that rule and resetting to the top of the rule stack after execution, the Rete-based system builds a network of nodes, where each node (except the *root*) corresponds to a *pattern* occurring in the left-hand-side of a rule (rooted Direct Acyclic Graph)
- The left-hand-side of a rule is a path from the *root* node to a leaf node. Each node has a memory of facts against the pattern. Traversing through the *root* and leaf node, as the combination of facts relates exactly to the pattern the corresponding rule is triggered
- The Rete algorithm uses more memory than other common binary algorithms used in the expert systems and Artificial Intelligence implementations but is more efficient and fast
- Some of the popular expert systems such as CLIPS, Jess, and Soar follow Rete algorithm (dated 2007) – anche DROOLS

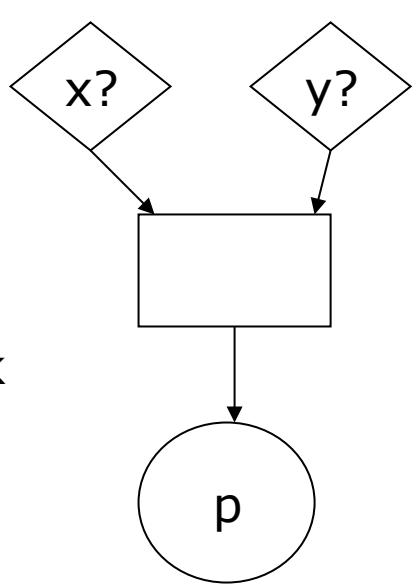
Esempio1:

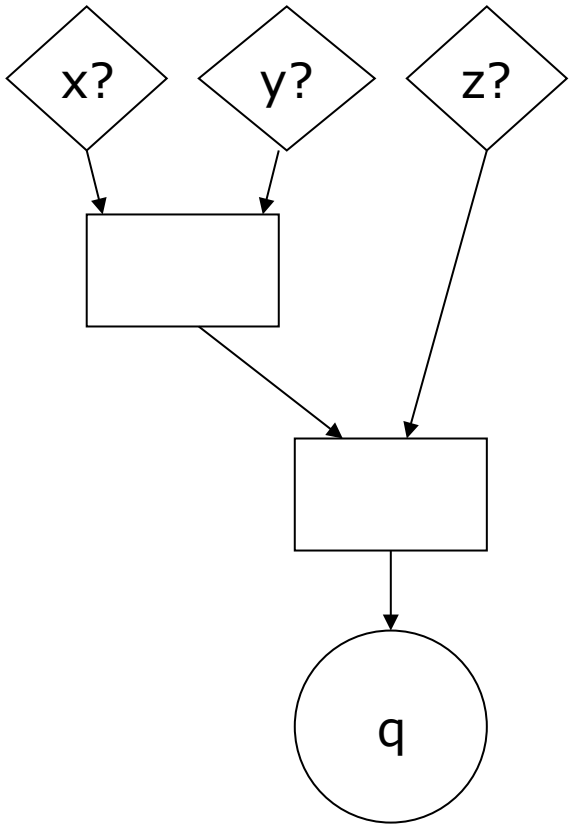
Rules: IF x & y THEN p
IF x & y & z THEN q

Pattern Network

Join Network

8 nodes





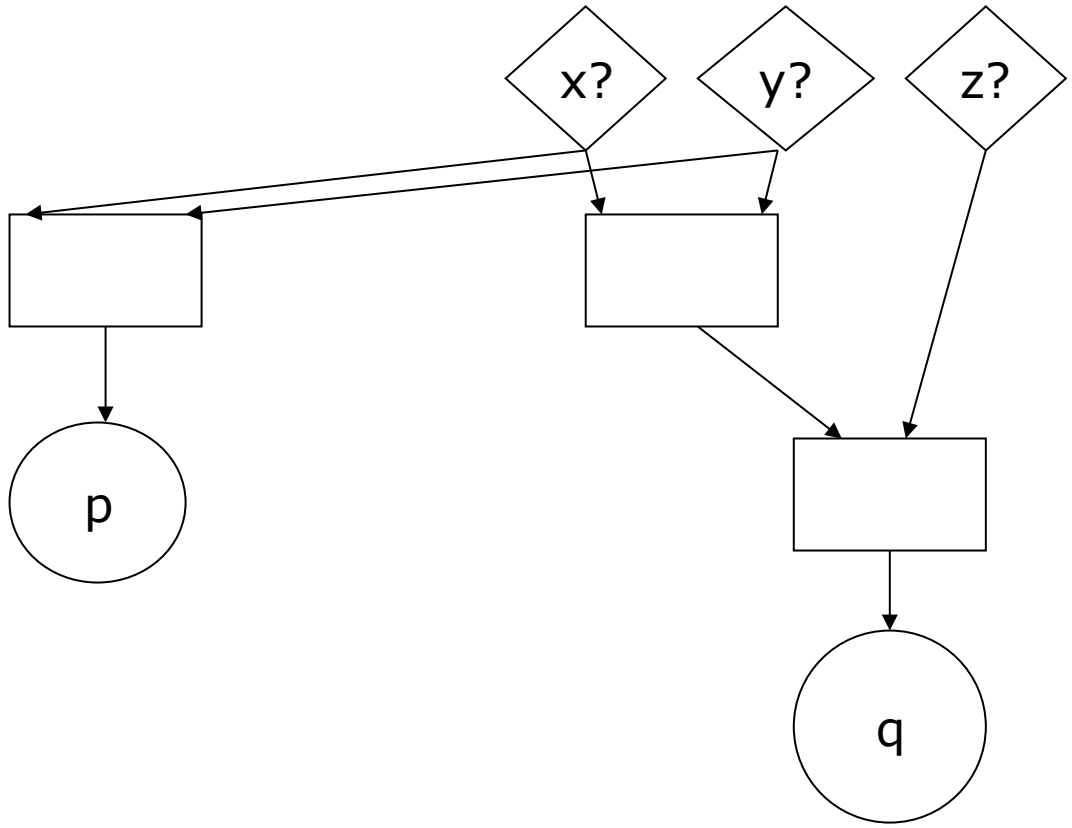
Rete esempio (3)

Rules: IF x & y THEN p
IF x & y & z THEN q

Pattern Network

Join Network

6 nodes



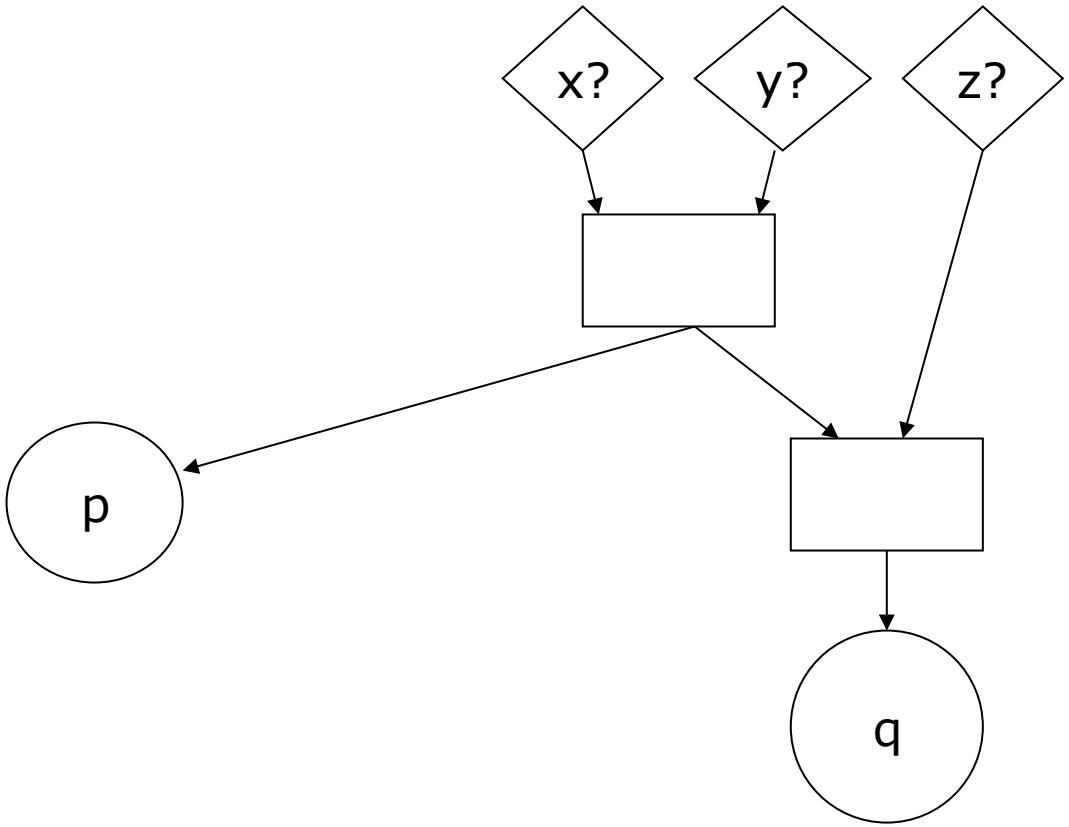
Rete esempio (3)

Rules: IF x & y THEN p
IF x & y & z THEN q

Pattern Network

Join Network

5 nodes

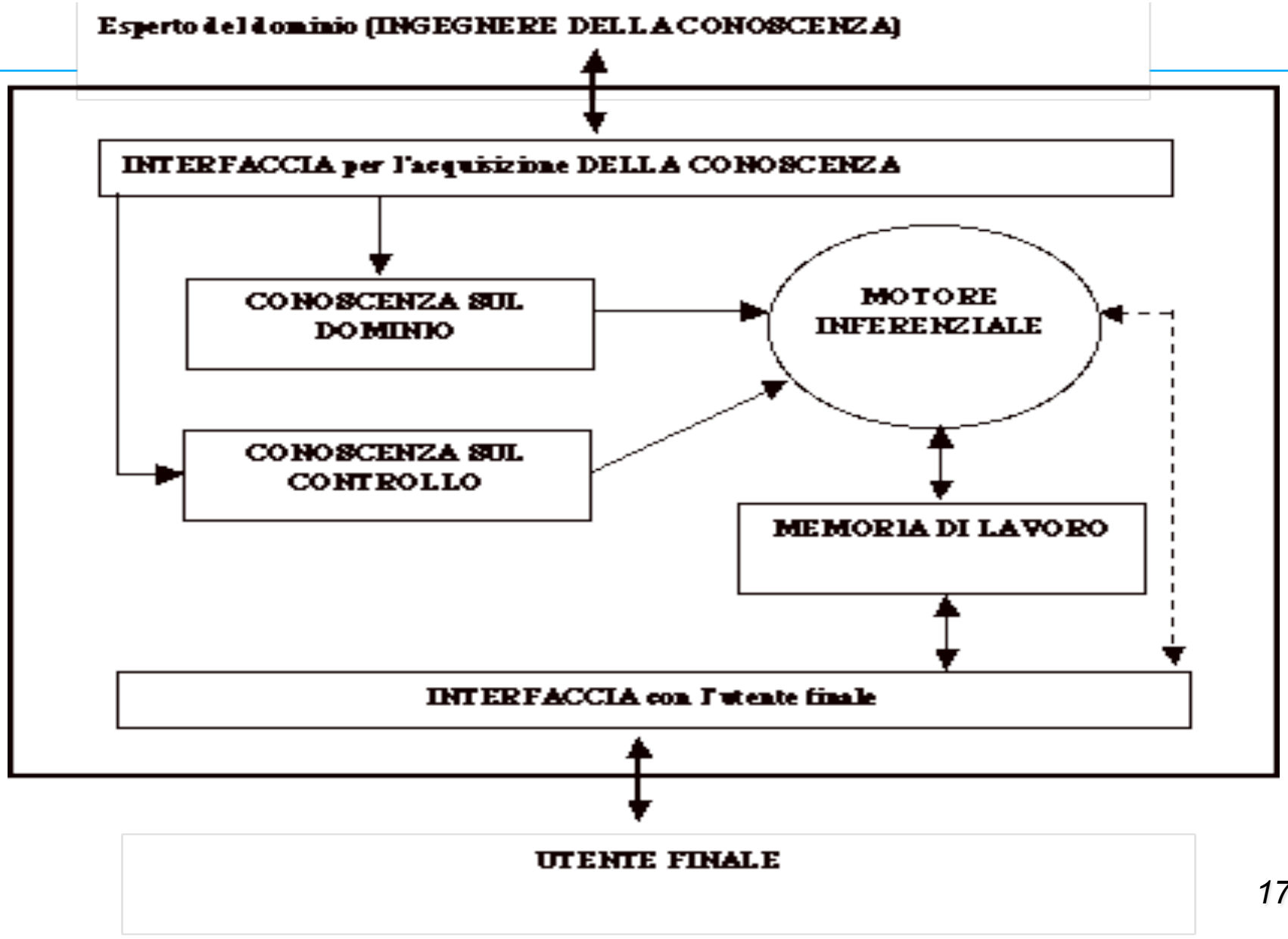


Conflict Resolution

- Fase di decisione fra regole applicabili (pattern matching) e quelle che si applicherà effettivamente (fire)
- Tutte le regole che hanno le condizioni soddisfatte sono inserite nell' AGENDA (conflict set)

- Conflict resolution seleziona quale regola applicare
- I Tools per Sistemi Esperti offrono diverse strategie per la conflict resolution
  - La più specifica;
  - La meno specifica;
  - La più prioritaria;
  - La più recente (l'ultima diventata attiva, recente modifica dell'item nella memoria di lavoro..
  - Etc.
  - Inoltre nessuna regola già scattata dovrebbe essere selezionata nuovamente con gli stessi *item* della memoria di lavoro (*loop avoiding*)

ARCHITETTURA - KB SYSTEM



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 Abduttivo....

PASSI DI PROGETTAZIONE di un S.E.

- **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.

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-PC
  - 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++, Java, etc).

Tools per sistemi a regole:

- ***JRules***
  - JRules, prodotto dalla ILOG ora IBM (commerciale) è uno strumento per costruire sistemi esperti che combina tecniche di inferenza basate sulle regole di produzione e programmazione ad oggetti
- ***Jess***
  - Java Expert System Shell http://herzberg.ca.sandia.gov/ è nato nel 1995 come clone Java di CLIPS (un altro tool) per poi differenziarsi grazie a numerose nuove funzionalità. Utilizza l'algoritmo RETE per il forward chaining, ma è in grado di lavorare anche in backward-chaining in modo efficiente;
  - La sintassi delle regole è macchinosa (LISP).

Tools per sistemi a regole (Open Source)

- ***CLIPS***
  - CLIPS è un tool di pubblico dominio scritto in linguaggio C ed è stato usato come base di partenza per lo sviluppo di molti altri tools di sistemi esperti, tra cui Jess e Drools ed è supportato anche da Protégé (editor di ontologie). http://clipsrules.sourceforge.net/
- ***Algernon***
  - è implementato in Java e si interfaccia con Protégé. Algernon esegue sia il forward sia il backward chaining su basi di conoscenza frame-based.
  - La base di conoscenza può essere gestita con Protégé che supporta i linguaggi Schema, RDF, OWL ed altri. http://algernon-j.sourceforge.net/
- ***JEOPS***
  - JEOPS (Java Embedded Object Production System) è un tool open-source pensato per il Java Developer e permette essenzialmente di implementare la parte di regole a partire da un file di configurazione. Non si tratta di una libreria da utilizzare per le proprie applicazioni, ma di un vero e proprio precompilatore che genera i sorgenti java necessari a realizzare la logica richiesta con l'algoritmo RETE (forward-chaining rule engine). http://sourceforge.net/projects/jeops/
- ***MANDARAX***
  - è una libreria open-source di classi Java per regole di deduzione. Fornisce una infrastruttura per definire, gestire e interrogare una base di regole.
  - implementa un algoritmo in backward chaining, simile a Prolog.
  - partecipa attivamente allo sviluppo di RuleML e permette di usare tale formato per salvare e caricare la knowledge-base in modo nativo. http://www.mandarax.org

Tools per sistemi a regole (Open Source)

- ***Jadex***
  - CLIPS è un tool di pubblico dominio scritto in linguaggio C ed è stato usato come base di partenza per lo sviluppo di molti altri tools di sistemi esperti, tra cui Jess e Drools ed è supportato anche da Protégé (editor di ontologie). http://clipsrules.sourceforge.net/

http://jadex-rules.informatik.uni-hamburg.de/xwiki/bin/view/Resources/Rule+Engines

DROOLS

- Drools (http://www.jboss.org/drools) è una suite modulare per lo sviluppo e la gestione di sistemi avanzati basati su regole.
- E' **open source e basato su Java**; è in continuo sviluppo, anche grazie ad una numerosa comunità di contributors

- Il *suo rule engine* è basato sull'algoritmo RETE (forward-chaining), mentre le regole sono scritte usando un linguaggio proprietario

- Al pari di sistemi commerciali della stessa classe fornisce supporto per eventi (KB con vincoli temporali) e workflow (flussi di esecuzione).

- Possibili approfondimenti per **tesine/progetti su Drools**

Jadex

- Jadex (jadex-rules.informatik.uni-hamburg.de), separazione tra rappresentazione dello stato e delle regole
- *rule engine* basato sull'algoritmo RETE (forward-chaining), mentre le regole possono essere scritte usando in dialetto Java o CLIPS, ma uso primario a livello di API

- Overview di tool per S.E.:
- http://jadex-rules.informatik.uni-hamburg.de/xwiki/bin/view/Resources/Rule+Engines

APPLICAZIONI

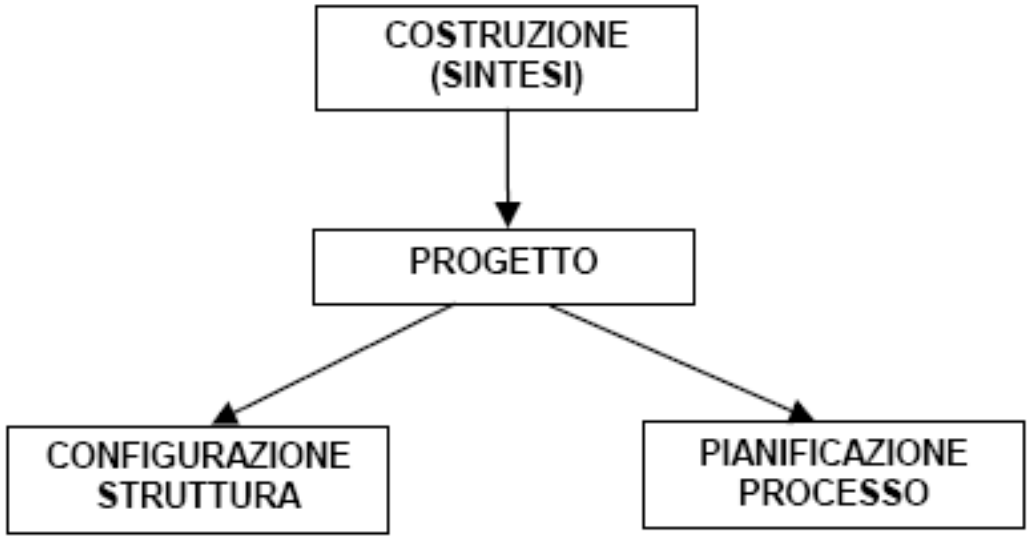
- **Migliaia** di Sistemi Esperti nei settori più svariati.
  - **Interpretazione**: Si analizzano dati complessi e potenzialmente rumorosi per la determinazione del loro significato (Dendral, Hearsay-II).
  - **Diagnosi**: Si analizzano dati potenzialmente rumorosi per la determinazione di malattie 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).

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.

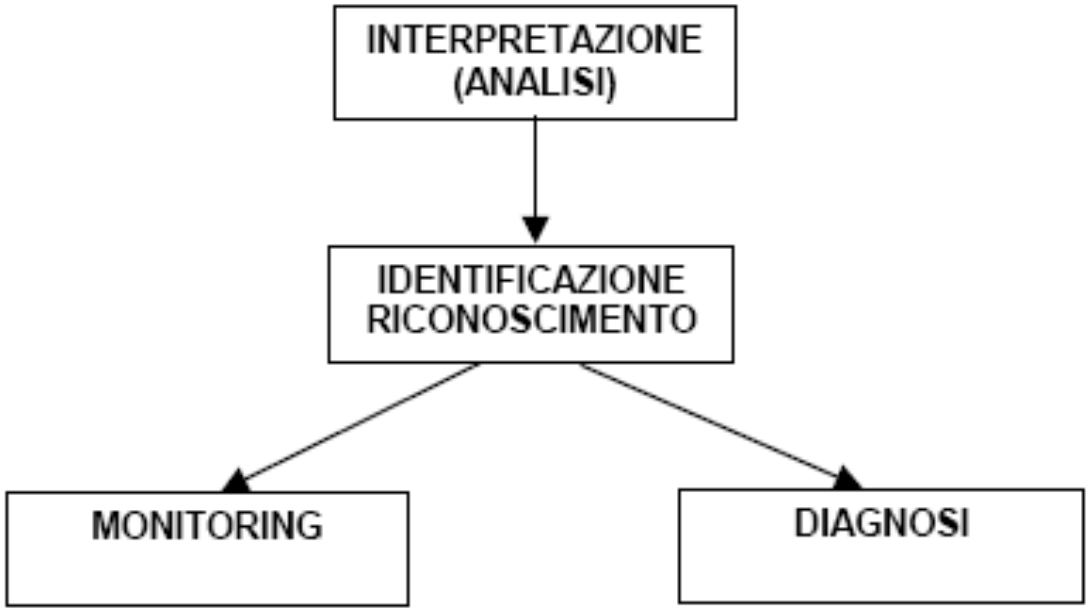
CLASSIFICAZIONE: SISTEMI DI SINTESI

- Si possono classificare i S.E. in base alle operazioni svolte:
  - quelle che costruiscono un sistema (sintesi) e



CLASSIFICAZIONE: SISTEMI DI ANALISI

- quelle che interpretano un sistema (analisi).



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.

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.

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).

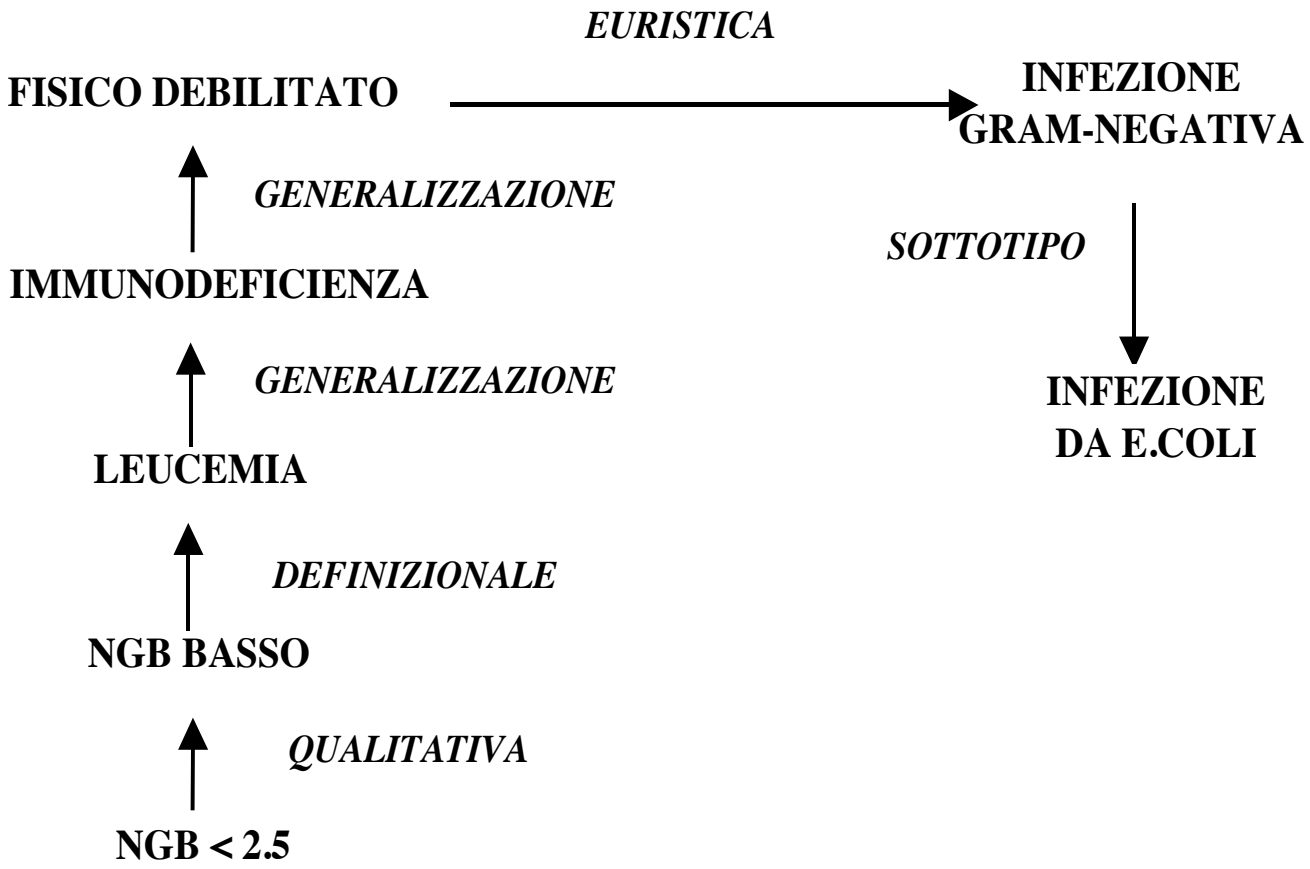
CLASSIFICAZIONE SEMPLICE ED EURISTICA

- 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.

CARATTERISTICA ESSENZIALE DELLA CLASSIFICAZIONE

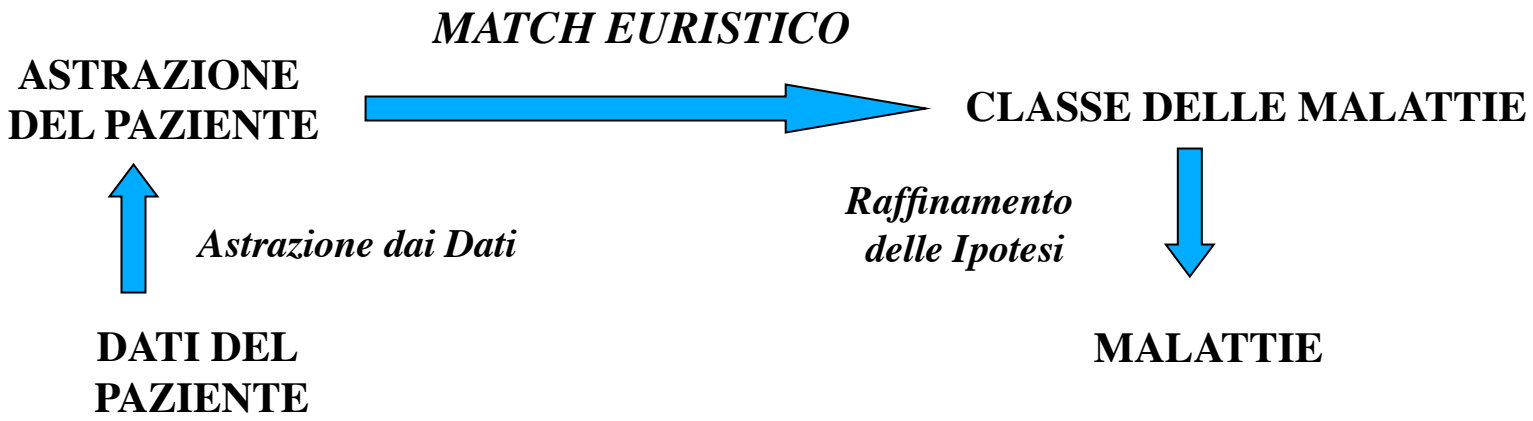
- Il motore di inferenza seleziona partendo da un insieme di soluzioni pre-enumerate. Quindi **non costruisce** una nuova soluzione.
- Le evidenze (osservazioni) possono essere incerte per cui il sistema può dare come risposta una lista di possibili ipotesi numerate in ordine di plausibilità.
- Esistono 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"

CLASSIFICAZIONE SEMPLICE ED EURISTICA



CLASSIFICAZIONE SEMPLICE ED EURISTICA

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



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)
```

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.

OSSERVAZIONI

- I fattori di certezza iniziali sono forniti dagli esperti (ma li potremmo anche apprendere dai dati – ad esempio*, regole associative – vedi Sistemi Informativi*)

- 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 **`pr(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.

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

- Sistemi **utilizzabili** (almeno allo stato prototipale) nelle Aree:Progetto, Monitoring, Diagnosi, Scheduling., applicazioni in campo medico

- **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 Mesaurement) per il calcolo dei Function Point per un sistema software.
- Identificazione di difetti in semilavorati meccanici (BERCO S.p.A, approccio mediante apprendimento automatico di regole).
- Sistema Esperto per scelta colore (COROB S.P.A.) Progetto UE

Sistemi Esperti in campo medico

- Diagnosi, verifica degli esami medico-clinici, interpretazione dei dati (Noemalife SpA, S.Orsola-Malpighi Bologna). In particolare:
  - DNSEV (Expert System for clinical result Validation), per migliorare la qualità del processo di validazione eseguito dai laboratori di analisi biochimica.

    ESMIS (Expert System for Microbiological Infection Surveillance), per migliorare la qualità del processo di validazione eseguito dai laboratori di analisi microbiologica e per monitorare gli eventi infettivi all'interno di un ospedale.

    DNTAO (Expert System for supporting the Oral Anticoagulation Treatment) per il supporto ai medici per le prescrizioni e visite per la Terapia Anticoagulante Orale.
- Definizione di linee guida in campo medico (SPRING) e formalizzazione di protocolli di screening

Parte II – Applicazioni

- Validazione (biochimica)
- Infezioni nosocomiali (microbiologia)
- Data mining (microbiologia)
- Appropriatezza esami di laboratorio (Progetto Finalizzato Ricerca 2010 Ministero Sanità, *in corso*)

49

Parte II – Applicazioni

- Validazione (biochimica)
- Infezioni nosocomiali (microbiologia)
- Data mining (microbiologia)
- Appropriatezza esami di laboratorio (Progetto Finalizzato Ricerca 2010 Ministero Sanità, *in corso*)

50

DN-SEV - biochimica

- DN-SEV, Sistema Esperto per la Validazione di esami di laboratorio (biochimica)

- Realizza vari controlli sui risultati di esami (Accettabilità, Patologia, DeltaCheck e Plausibilità);

51

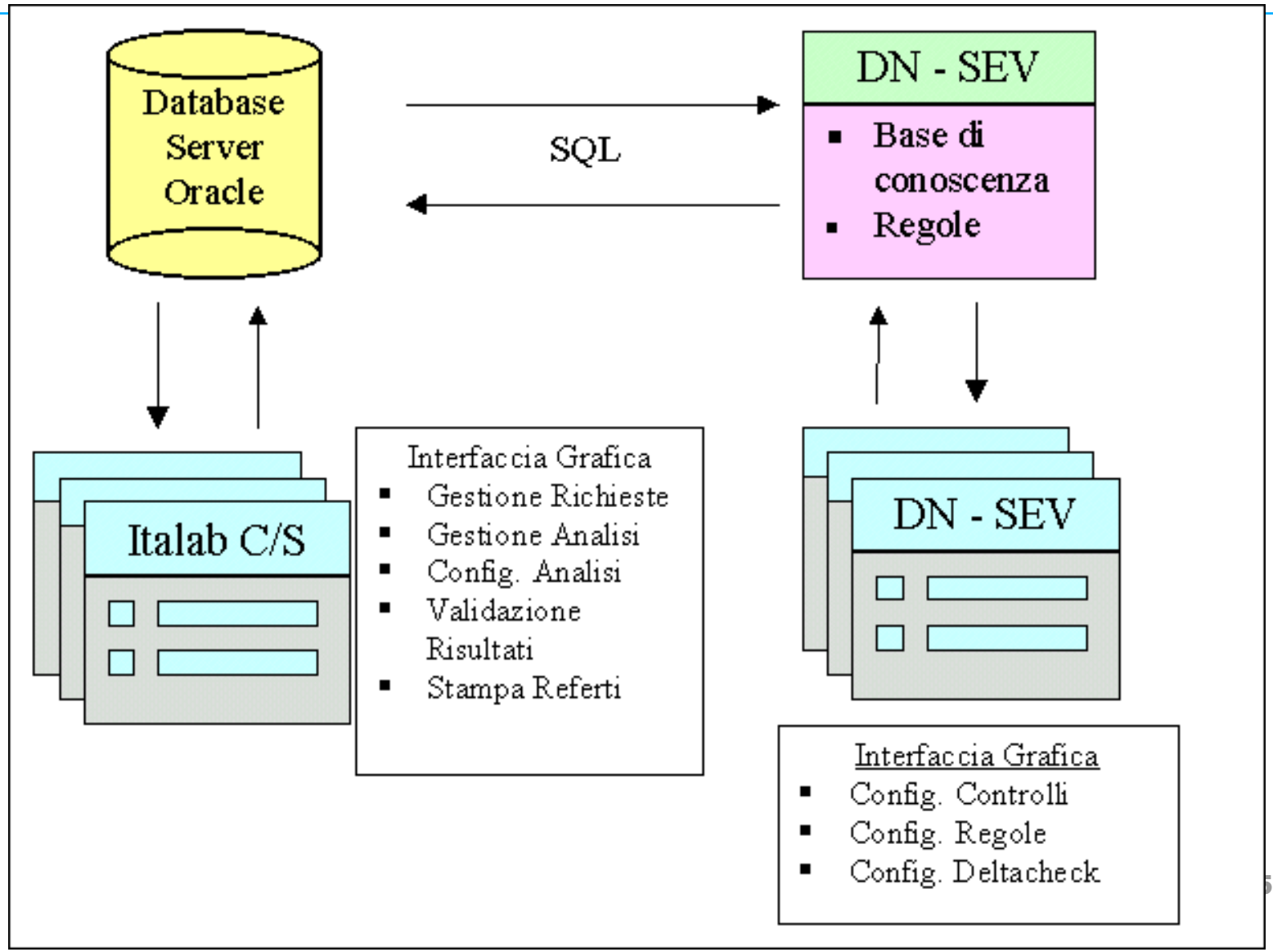
DN-SEV – regola plausibilità

- Rappresenta una relazione che deve intercorrere tra due o più oggetti (analisi, o reparto del paziente), ad es. Potassio (es1) and Calcio (es2):

```
If ( es1:result > 6.3 ) And
   ( es2:result < 7   )
Then Alarm = TRUE
Else Alarm = FALSE;
```


52

Architettura di DN-SEV



DN-SEV - caratteristiche

- (Primo) sviluppo nel tool *Kappa-PC*
- Regole applicate in *forward chaining*

- Sviluppato con:
  - Dianoema s.p.a. (ora Noemalife, DN-Lab) e
  - Univ. di Bologna (DEIS), insieme al
  - Laboratorio di Biochimica del Policlinico S. Orsola-Malpighi di Bologna (Dott. Motta)

54

Parte II – Applicazioni

- Validazione (biochimica)
- Infezioni nosocomiali (microbiologia)
- Data mining (microbiologia)
- Appropriatezza esami di laboratorio (Progetto Finalizzato Ricerca 2010 Ministero Sanità, *in corso*)

55

ESMIS - microbiologia

- Sorveglianza dei dati microbiologici (*antibiogramma*)
- ESMIS analizza l'*antibiogramma* e:
  - controlla la validità degli esiti
  - individua la lista dei farmaci più indicati alla cura di un paziente
  - genera allarmi (su un singolo paziente, o su reparto nel caso di focolai epidemici nosocomiali)

56

ESMIS – regole NCCLS

- National Comittee for Clinical Labratory Standards, ed esperti

  se il microrganismo è uno stafilococco aureo o uno stafilococco coagulasi-negativo (MRS) e la risposta alla Oxacillina è R allora la risposta alle Penicilline deve essere R

```
SE (microbo=staphylococcus aureus OR
   microbo=stafilococco coagulasi-negativo
   (MRS)) AND
    Risposta(oxacillina)=R
ALLORA    Risposta(PENICILLINE)=R;
```


57

ESMIS – progetto TDMIN

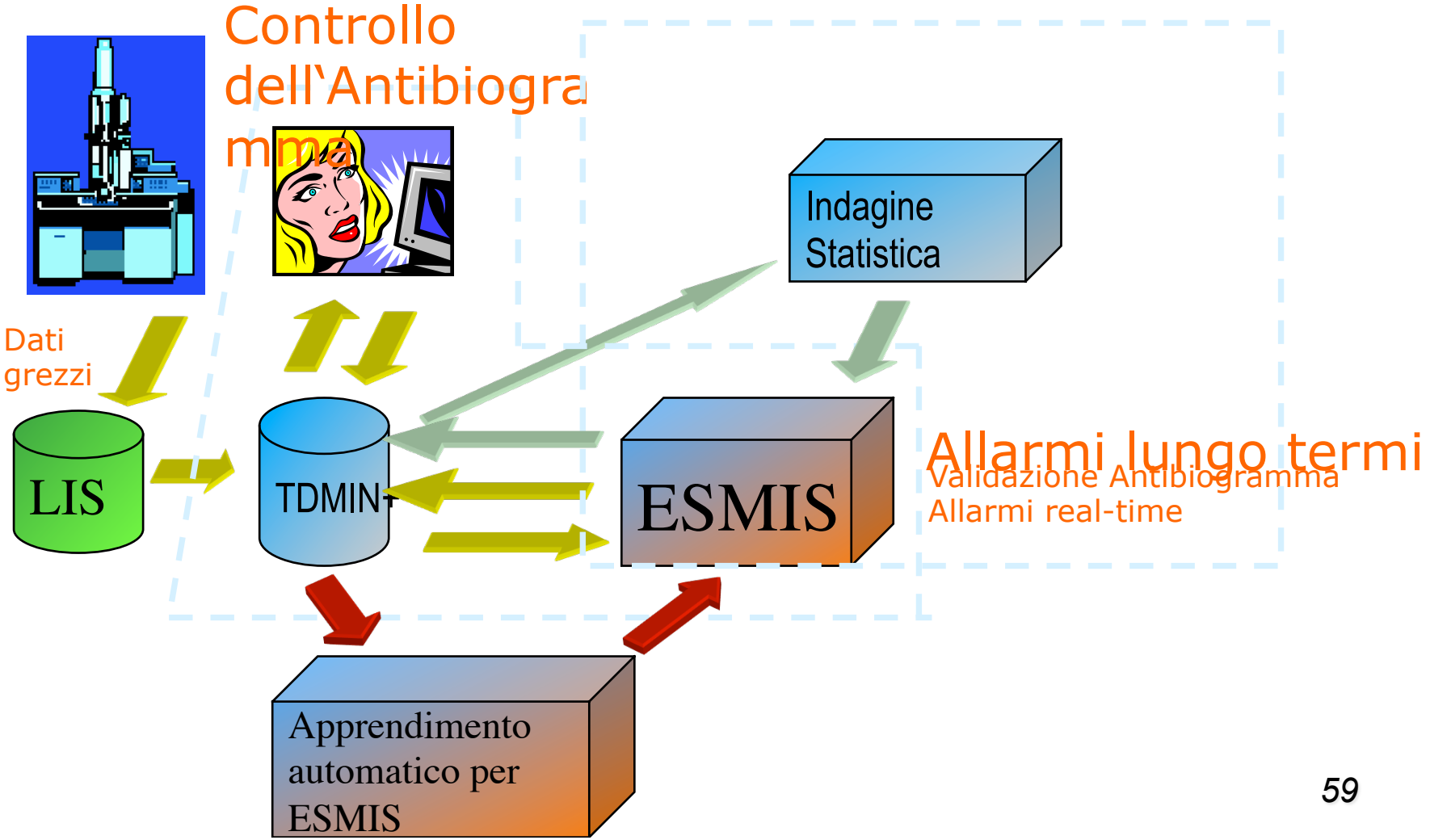
- Sviluppato nell'ambito di un progetto di trasferimento tecnologico MIUR

- Tecniche di Data Mining (TDMIN)
  - Dianoema s.p.a. (ora Noemalife) e
  - Univ. di Bologna (DEIS), insieme al
  - Laboratorio di Microbiologia del Policlinico S. Orsola-Malpighi di Bologna (Dott.ssa Nanetti)

58

TDMIN - Data Mining

Antibiogramma = ID Specie + Risultati antibiotici testati



Data Mining e ESMIS

- “Scoperta” di regole associative
- Conferma di regole già presenti in ESMIS (in accordo con NCCLS), per es. per stafilococco aureo (7900 *casi*):

oxacillina=R 1903 →

amoxicillina+ac=R penicillina=R 1903

- Nuove regole validate dall’esperto:

vancomicina=S 1897 → teicoplanina=S 1881

teicoplanina=S 1890 → vancomicina=S 1881

61

Parte II – Applicazioni

- Validazione (biochimica)
- Infezioni nosocomiali (microbiologia)
- Data mining (microbiologia)
- Appropriatezza esami di laboratorio (Progetto Finalizzato Ricerca 2010 Ministero Sanità, *in corso*)

62

Appropriatezza ripetizione esami

Sistema di Supporto alle Decisioni (DSS) e di ausilio nella prescrizione di esami di laboratorio

Evitare inutili ripetizioni di esami di laboratorio, accedendo a esami pregressi

- Risparmio di materiale (costi diretti)
- Risparmio di risorse umane (riduzione dei prelievi, e delle analisi)
- Maggiore efficienza e tempi ridotti del Laboratorio Analisi
- Esiti immediati, se già disponibili e non obsoleti

63

Base di conoscenza

- Regole di ***appropriatezza***
  - Ad es., una certa tipologia di esame può essere richiesta solo da personale specialistico
- Regole di ***invarianza***
  - Ad es., marker epatite, se positivo, non ripetere mai più

Invarianza esami (DICREL)

Tempistiche ripetibilità esami		
Esame	***Codice***	***Eventuali deroghe***
Emoglobina A_2	LHBA208	Controlli non prima di 1 anno in corso di patologie che modifichino i livelli dell'HbA_2 (eseguito dopo terapia marziale in corso di anemie microcitiche)
Elettroforesi dell'emoglobina	LFORS01	Controlli non prima di 1 anno
HAV HBV HCV	LHAV01 LHBV LHBVMA LHCV01	Se positivo immodificabile (verificare se necessario controllo in corso di immunodepressione)
HCV-Tipizzazione genomica	LHCVGE02	Ripetizione della tipizzazione genica solo se si ritiene che vi sia stata una sovrainfezione da parte di un ceppo virale differente
HIV	LHIV01	Se positivo immodificabile (verificare se necessario controllo in corso di immunodepressione)
HIV-RNA	LHIVQ02	Controllo in corso di terapia o per evoluzione clinica
ANA	LANA01	Se negativo controllo non prima di 6 mesi, se positivo primo controllo dopo 3 mesi per conferma, successivamente non prima di 1 anno.

Esempio di regola

```
rule "LANA01-NEG"
  when
     p: Prestazione (codicees == "LANA01",
     esito == "0",
     eval(p.DateCompare(dataes, oggi, 180)))
  then
     p.setRip("Non ripetere.");
end
```

DSS e progetti

- Progetto di Ricerca Finalizzata 2010 finanziato da Ministero della Salute:
  - Azienda Ospedaliero Universitaria di Ferrara
  - Dipartimento di Ingegneria, UNIFE
  - Dipartimento di Economia, UNIFE
  - Aziende software (Noemalife, SAP e Milleri Associati)
- Progetto su Fondo per la modernizzazione 2010-12, Azienda Usl e Azienda OU di Ferrara
- Sperimentazione, 30% di risparmio in esami effettuati …

67

Conclusioni

- I sistemi basati su conoscenza possono essere validi strumenti per formalizzare conoscenza di esperti (regole, protocolli, etc)
- e applicarla in modo automatico (ragionamento e applicazione *forward* delle regole)
- … ma anche apprendimento automatico di regole dai dati (*data mining*)

Quando è appropriato?

- Conoscenza formalizzabile facilmente in regole
- Necessità di cambiare le regole
- *Non-determinismo*: più alternative possibili (esplorate automaticamente dal *motore inferenziale*)
- Linee di ragionamento (*chaining*)
- *Spiegazione* della soluzione ottenuta

69

Punti critici o aperti

- Acquisizione della conoscenza (*collo di bottiglia*)
- Validazione della conoscenza esplicitata
- Incertezza (ragionamento qualitativo, ragionamento probabilistico, etc)

- Applicazione e sperimentazione
- *Data integration* (più database) …

70