

Intelligenza Artificiale I

Esercitazione 1

Marco Piastra

Jess?

Acronimo di *Java Expert System Shell*

- Sistema scritto in Java

Autore: Ernest Friedman-Hill, Sandia National Laboratories in Livermore, Canada

Un sistema a regole: il costrutto fondamentale è costituito da *regole*

if <cond> then <action>

Deriva da un sistema pre-esistente, detto CLIPS

Utilizza la sintassi del linguaggio LISP

Un programma in Jess consiste in un insieme di regole da applicarsi iterativamente ad una collezione di fatti

Caratteristiche salienti:

- Linguaggio (quasi) dichiarativo: i programmi non descrivono uno schema di flusso
- Regole, per rappresentare le conoscenze in modo esplicito
- Funzioni, per esprimere conoscenze procedurali
- Linguaggio (quasi) ad oggetti:
si usano fatti compositi, organizzati come una collezione di slot

Java: uso della variabile CLASSPATH

Non sapete cos'è?

E' normale: vuol dire che non avete mai usato Java

Impostazione della variabile CLASSPATH

```
$ CLASSPATH=<value>      $ è il prompt, non scrivetelo
$ export CLASSPATH
per verificare
$ echo $CLASSPATH
```

Nel nostro caso:

```
$ CLASSPATH=/home/opt/Jess61p8
$ export CLASSPATH
```

Rispettare SEMPRE la differenza tra maiuscolo e minuscolo! (è Linux, non Windows)

Attivazione di Jess

```
$ java jess.Main
Jess>
```

Uscita da Jess

```
Jess> (exit)
$
```

(Coraggio, ce l'avete fatta.)

Liste

(file finitestatemachine.jess)

- Si usa la sintassi del LISP

Semplicissima, talvolta diabolica: l'unica struttura dati è la lista.

Lots of Impossible Stupid Parenthesis

Esempio:

```
(deftemplate fsm
  (slot current-state)
  (multislot input-stream)
  (multislot output-stream)
)
```

Una lista che contiene altre liste (obbligatorio il bilanciamento delle parentesi)

Esempio:

```
(exit)
```

Una lista semplice. E' anche un comando Jess.

- *Qualsiasi espressione corretta in Jess è una lista*

deftemplate

(file finitestatemachine.jess)

- Definisce uno schema (o *template*) di fatti (strutture dati di Jess)

Esempio:

```
(deftemplate event
  (slot current-state)
  (slot input-symbol)
  (slot output-symbol)
  (slot new-state)
)
```

Serve a definire fatti del tipo:

```
(event
  (current-state even)
  (input-symbol 1)
  (output-symbol 1)
  (new-state odd)
)
```

Un particolare fatto in Jess, tutti gli slot hanno un valore

defrule

(file finitestatemachine.jess)

- Definisce una regola

Esempio:

```
(defrule state-transition
  ?current <- (fsm (current-state ?cs)
                  (input-stream ?is $?rest)
                  (output-stream $?output))

  (event (current-state ?cs)
         (input-symbol ?is)
         (output-symbol ?os)
         (new-state ?ns))

  =>
  (printout t "From state " ?cs " input " ?is
            " to state " ?ns " output " ?os crlf)
  (modify ?current (current-state ?ns)
            (input-stream ?rest)
            (output-stream ?os ?output))
)
```

Significato: un mondo intero, praticamente tutto Jess.

defrule

(file finitestatemachine.jess)

- Definisce una regola

Esempio:

Una lista, come ci si poteva aspettare

```
(defrule state-transition
  ?current <- (fsm (current-state ?cs)
                  (input-stream ?is $?rest)
                  (output-stream $?output))

  (event (current-state ?cs)
         (input-symbol ?is)
         (output-symbol ?os)
         (new-state ?ns))

  =>
  (printout t "From state " ?cs " input " ?is
            " to state " ?ns " output " ?os crlf)
  (modify ?current (current-state ?ns)
            (input-stream ?rest)
            (output-stream ?os ?output))
)
```

defrule

(file finitestatemachine.jess)

- Definisce una regola

Esempio:

Nome della regola, serve solo come identificativo

```
(defrule state-transition
  ?current <- (fsm (current-state ?cs)
                 (input-stream ?is $?rest)
                 (output-stream $?output))

  (event (current-state ?cs)
         (input-symbol ?is)
         (output-symbol ?os)
         (new-state ?ns))

  =>
  (printout t "From state " ?cs " input " ?is
            " to state " ?ns " output " ?os crlf)
  (modify ?current (current-state ?ns)
            (input-stream ?rest)
            (output-stream ?os ?output))
)
```


defrule

(file finitestatemachine.jess)

- Definisce una regola

Esempio:

```
(defrule state-transition
  ?current <- (fsm (current-state ?cs)
                  (input-stream ?is $?rest)
                  (output-stream $?output))

  (event (current-state ?cs)
         (input-symbol ?is)
         (output-symbol ?os)
         (new-state ?ns))

  =>
  (printout t "From state " ?cs " input " ?is
             " to state " ?ns " output " ?os crlf)
  (modify ?current (current-state ?ns)
             (input-stream ?rest)
             (output-stream ?os ?output))

)
```

Separatore:
cercatelo
come prima
cosa

defrule

(file finitestatemachine.jess)

- Definisce una regola

Esempio:

```
(defrule state-transition
  ?current <- (fsm (current-state ?cs)
                  (input-stream ?is $?rest)
                  (output-stream $?output))
  (event (current-state ?cs)
         (input-symbol ?is)
         (output-symbol ?os)
         (new-state ?ns))
  =>
  (printout t "From state " ?cs " input " ?is
            " to state " ?ns " output " ?os crlf)
  (modify ?current (current-state ?ns)
             (input-stream ?rest)
             (output-stream ?os ?output))
)
```

Parte sinistra
(LHS - Left Hand Side):
sono le condizioni
che stabiliscono se
la regola è applicabile

defrule

(file finitestatemachine.jess)

- Definisce una regola

Esempio:

```
(defrule state-transition
  ?current <- (fsm (current-state ?cs)
                  (input-stream ?is $?rest)
                  (output-stream $?output))
  (event (current-state ?cs)
         (input-symbol ?is)
         (output-symbol ?os)
         (new-state ?ns))
  =>
  (printout t "From state " ?cs " input " ?is
            " to state " ?ns " output " ?os crlf)
  (modify ?current (current-state ?ns)
            (input-stream ?rest)
            (output-stream ?os ?output))
)
```

La parte sinistra descrive una sorta di *pattern* che si applica ai fatti noti

defrule

(file finitestatemachine.jess)

- Definisce una regola

Esempio:

```
(defrule state-transition
  ?current <- (fsm (current-state ?cs)
                  (input-stream ?is $?rest)
                  (output-stream $?output))

  (event (current-state ?cs)
         (input-symbol ?is)
         (output-symbol ?os)
         (new-state ?ns))

  =>
  (printout t "From state " ?cs " input " ?is
             " to state " ?ns " output " ?os crlf)
  (modify ?current (current-state ?ns)
             (input-stream ?rest)
             (output-stream ?os ?output))
)
```

Parte destra
(*RHS - Right Hand Side*):
sono le azioni
da effettuare quando
la regola viene
applicata (*FIRE*)

defrule

(file finitestatemachine.jess)

- Definisce una regola

Esempio:

```
(defrule state-transition
  ?current <- (fsm (current-state ?cs)
                  (input-stream ?is $?rest)
                  (output-stream $?output))

  (event (current-state ?cs)
         (input-symbol ?is)
         (output-symbol ?os)
         (new-state ?ns))

  =>
  (printout t "From state " ?cs " input " ?is
             " to state " ?ns " output " ?os crlf)
  (modify ?current (current-state ?ns)
             (input-stream ?rest)
             (output-stream ?os ?output))
)
```

Si possono asserire,
ritrattare o
modificare fatti
Si possono eseguire
altre azioni (p.es.
stampa di un
messaggio)

defrule

(file finitestatemachine.jess)

- Definisce una regola

Esempio:

```
(defrule state-transition
  ?current <- (fsm (current-state ?cs)
                  (input-stream ?is $?rest)
                  (output-stream $?output))
  (event (current-state ?cs)
         (input-symbol ?is)
         (output-symbol ?os)
         (new-state ?ns))
  =>
  (printout t "From state " ?cs " input " ?is
            " to state " ?ns " output " ?os crlf)
  (modify ?current (current-state ?ns)
              (input-stream ?rest)
              (output-stream ?os ?output))
)
```

Una variabile

defrule

(file finitestatemachine.jess)

- Definisce una regola

Esempio:

```
(defrule state-transition
  ?current <- (fsm (current-state ?cs)
                  (input-stream ?is $?rest)
                  (output-stream $?output))

  (event (current-state ?cs)
         (input-symbol ?is)
         (output-symbol ?os)
         (new-state ?ns))

  =>
  (printout t "From state " ?cs " input " ?is
            " to state " ?ns " output " ?os crlf)
  (modify ?current (current-state ?ns)
            (input-stream ?rest)
            (output-stream ?os ?output))
)
```

Si distingue (da un simbolo) per il punto interrogativo

defrule

(file finitestatemachine.jess)

- Definisce una regola

Esempio:

```
(defrule state-transition
  ?current <- (fsm (current-state ?cs)
                 (input-stream ?is $?rest)
                 (output-stream $?output))
  (event (current-state ?cs)
         (input-symbol ?is)
         (output-symbol ?os)
         (new-state ?ns))
  =>
  (printout t "From state " ?cs " input " ?is
            " to state " ?ns " output " ?os crlf)
  (modify ?current (current-state ?ns)
            (input-stream ?rest)
            (output-stream ?os ?output))
)
```

Si lega (*binding*) ad un valore singolo

defrule

(file finitestatemachine.jess)

- Definisce una regola

Esempio:

```

    (defrule state-transition
      (event (current-state ?cs)
             (input-symbol ?is)
             (output-symbol ?os)
             (new-state ?ns))
      =>
      (printout t "From state " ?cs " input " ?is
                 " to state " ?ns " output " ?os crlf)
      (modify ?current (current-state ?ns)
               (input-stream ?rest)
               (output-stream ?os ?output))
    )

```

Oppure ad un `?current` fatto (dipende dalla posizione)

defrule

(file finitestatemachine.jess)

- Definisce una regola

Esempio:

```
(defrule state-transition
  ?current <- (fsm (current-state ?cs)
                  (input-stream ?is $?rest)
                  (output-stream $?output))
  (event (current-state ?cs)
         (input-symbol ?is)
         (output-symbol ?os)
         (new-state ?ns))
  =>
  (printout t "From state " ?cs " input " ?is
            " to state " ?ns " output " ?os crlf)
  (modify ?current (current-state ?ns)
             (input-stream ?rest)
             (output-stream ?os ?output))
)
```

Una multivariabile
(\$ + ?)

defrule

(file finitestatemachine.jess)

- Definisce una regola

Esempio:

```
(defrule state-transition
  ?current <- (fsm (current-state ?cs)
                  (input-stream ?is $?rest)
                  (output-stream $?output))

  (event (current-state ?cs)
         (input-symbol ?is)
         (output-symbol ?os)
         (new-state ?ns))

  =>
  (printout t "From state " ?cs " input " ?is
            " to state " ?ns " output " ?os crlf)
  (modify ?current (current-state ?ns)
            (input-stream ?rest)
            (output-stream ?os ?output))
)
```

Si lega ad una sequenza di valori (una lista)

defrule

(file finitestatemachine.jess)

- Definisce una regola

Esempio:

```
(defrule state-transition
  ?current <- (fsm (current-state ?cs)
                  (input-stream ?is $?rest)
                  (output-stream $?output))
  (event (current-state ?cs)
         (input-symbol ?is)
         (output-symbol ?os)
         (new-state ?ns))
  =>
  (printout t "From state " ?cs " input " ?is
            " to state " ?ns " output " ?os crlf)
  (modify ?current (current-state ?ns)
              (input-stream ?rest)
              (output-stream ?os ?output))
)
```

Diverse occorrenze
della stessa variabile:
si legano allo stesso
valore (*binding*)

defrule

(file finitestatemachine.jess)

- Definisce una regola

Esempio:

```
(defrule state-transition
  ?current <- (fsm (current-state ?cs)
                  (input-stream ?is $?rest)
                  (output-stream $?output))
  (event (current-state ?cs)
         (input-symbol ?is)
         (output-symbol ?os)
         (new-state ?ns))
  =>
  (printout t "From state " ?cs " input " ?is
            " to state " ?ns " output " ?os crlf)
  (modify ?current (current-state ?ns)
              (input-stream ?rest)
              (output-stream ?os ?output))
)
```

Una condizione, nella LHS della regola

defrule

(file finitestatemachine.jess)

- Definisce una regola

Esempio:

```
(defrule state-transition
  ?current <- (fsm (current-state ?cs)
                  (input-stream ?is $?rest)
                  (output-stream $?output))
  (event (current-state ?cs)
         (input-symbol ?is)
         (output-symbol ?os)
         (new-state ?ns))
  =>
  (printout t "From state " ?cs " input " ?is
            " to state " ?ns " output " ?os crlf)
  (modify ?current (current-state ?ns)
            (input-stream ?rest)
            (output-stream ?os ?output))
)
```

Se la regola è applicabile, ciascuna condizione si lega ad un fatto (non necessariamente diverso)

defrule

(file finitestatemachine.jess)

- Definisce una regola

Esempio:

```
(defrule state-transition
  ?current <- (fsm (current-state ?cs)
                  (input-stream ?is $?rest)
                  (output-stream $?output))
  (event (current-state ?cs)
         (input-symbol ?is)
         (output-symbol ?os)
         (new-state ?ns))
  =>
  (printout t "From state " ?cs " input " ?is
            " to state " ?ns " output " ?os crlf)
  (modify ?current (current-state ?ns)
              (input-stream ?rest)
              (output-stream ?os ?output))
)
```

Ciascuna condizione descrive una sorta di pattern, che si applica ad un fatto singolo

defrule

(file finitestatemachine.jess)

- Definisce una regola

Esempio:

```
(defrule state-transition
  ?current <- (fsm (current-state ?cs)
                 (input-stream ?is $?rest)
                 (output-stream $?output))
  (event (current-state ?cs)
         (input-symbol ?is)
         (output-symbol ?os)
         (new-state ?ns))
  =>
  (printout t "From state " ?cs " input " ?is
            " to state " ?ns " output " ?os crlf)
  (modify ?current (current-state ?ns)
           (input-stream ?rest)
           (output-stream ?os ?output))
)
```

Anche questa condizione descrive un *pattern*, che si applica ad un fatto avente un *template* diverso

defrule

(file finitestatemachine.jess)

- Definisce una regola

Esempio:

```
(defrule state-transition
  ?current <- (fsm (current-state ?cs)
                  (input-stream ?is $?rest)
                  (output-stream $?output))
  (event (current-state ?cs)
         (input-symbol ?is)
         (output-symbol ?os)
         (new-state ?ns))
  =>
  (printout t "From state " ?cs " input " ?is
            " to state " ?ns " output " ?os crlf)
  (modify ?current (current-state ?ns)
              (input-stream ?rest)
              (output-stream ?os ?output))
)
```

Le variabili nella LHS definiscono vincoli: in questo caso i due fatti che rendono la regola applicabile devono avere valori identici

defrule

(file finitestatemachine.jess)

- Definisce una regola

Esempio:

```
(defrule state-transition
  ?current <- (fsm (current-state ?cs)
                  (input-stream ?is $?rest)
                  (output-stream $?output))

  (event (current-state ?cs)
         (input-symbol ?is)
         (output-symbol ?os)
         (new-state ?ns))

  =>
  (printout t "From state " ?cs " input " ?is
            " to state " ?ns " output " ?os crlf)
  (modify ?current (current-state ?ns)
            (input-stream ?rest)
            (output-stream ?os ?output))
)
```

Anche questi due valori
devono essere identici

defrule

(file finitestatemachine.jess)

- Definisce una regola

Esempio:

```
(defrule state-transition
  ?current <- (fsm (current-state ?cs)
                  (input-stream ?is $?rest)
                  (output-stream $?output))

  (event (current-state ?cs)
         (input-symbol ?is)
         (output-symbol ?os)
         (new-state ?ns))

  =>
  (printout t "From state " ?cs " input " ?is
            " to state " ?ns " output " ?os crlf)
  (modify ?current (current-state ?ns)
            (input-stream ?rest)
            (output-stream ?os ?output))
)
```

Questa variabile invece
si lega al fatto che si lega
al *pattern*

defrule

(file finitestatemachine.jess)

- Definisce una regola

Esempio:

```
(defrule state-transition
  ?current <- (fsm (current-state ?cs)
                  (input-stream ?is $?rest)
                  (output-stream $?output))

  (event (current-state ?cs)
         (input-symbol ?is)
         (output-symbol ?os)
         (new-state ?ns))

  =>
  (printout t "From state " ?cs " input " ?is
            " to state " ?ns " output " ?os crlf)
  (modify ?current (current-state ?ns)
            (input-stream ?rest)
            (output-stream ?os ?output))
)
```

Il valore viene usato
nella RHS (azioni):
si modifica il fatto stesso

defrule

(file finitestatemachine.jess)

- Definisce una regola

Esempio:

```
(defrule state-transition
  ?current <- (fsm (current-state ?cs)
                  (input-stream ?is $?rest)
                  (output-stream $?output))

  (event (current-state ?cs)
         (input-symbol ?is)
         (output-symbol ?os)
         (new-state ?ns))

  =>
  (printout t "From state " ?cs " input " ?is
            " to state " ?ns " output " ?os crlf)
  (modify ?current (current-state ?ns)
            (input-stream ?rest)
            (output-stream ?os ?output))
)
```

Usando il valore di altre variabili

defrule

(file finitestatemachine.jess)

- Definisce una regola

Esempio:

```
(defrule state-transition
  ?current <- (fsm (current-state ?cs)
                  (input-stream ?is $?rest)
                  (output-stream $?output))

  (event (current-state ?cs)
         (input-symbol ?is)
         (output-symbol ?os)
         (new-state ?ns))

  =>
  (printout t "From state " ?cs " input " ?is
            " to state " ?ns " output " ?os crlf)
  (modify ?current (current-state ?ns)
             (input-stream ?rest)
             (output-stream ?os ?output))
)
```

In generale, le variabili si legano nella LHS e vengono usate nella RHS

deffacts

(file paritychecker-fsa.jess)

- Definisce i fatti iniziali

Facendo un **(reset)** si cancellano i fatti noti e si torna ai fatti definiti con **deffacts**

Esempio:

```
(deffacts test-string
  (fsm (current-state even)
    (input-stream 0 1 1 1 0 0 1 1)
    (output-stream))
)
```

deffacts

(file paritychecker-fsa.jess)

- Definisce i fatti iniziali

Facendo un **(reset)** si cancellano i fatti noti e si torna ai fatti definiti con **deffacts**

Esempio:

```
(deffacts test-string  
  (fsm (current-state even)  
       (input-stream 0 1 1 1 0 0 1 1)  
       (output-stream))  
)
```

Si definisce un fatto, singolo in questo caso, come iniziale

deffacts

(file paritychecker-fsa.jess)

- Definisce i fatti iniziali

Facendo un (**reset**) si cancellano i fatti noti e si torna ai fatti definiti con **deffacts**

Esempio:

```
(deffacts test-string  
  (fsm (current-state even)  
        (input-stream 0 1 1 1 0 0 1 1)  
        (output-stream))  
)
```

Si definisce un fatto, singolo in questo caso, come iniziale. Possono essere definiti più fatti con un singolo **deffacts**

deffacts

(file paritychecker-fsa.jess)

- Definisce i fatti iniziali

Facendo un (**reset**) si cancellano i fatti noti e si torna ai fatti definiti con **deffacts**

Esempio:

```
(deffacts test-string  
  (fsm (current-state even)  
       (input-stream 0 1 1 1 0 0 1 1)  
       (output-stream))  
)
```

Si definisce un fatto, singolo in questo caso, come iniziale. Possono essere definiti più fatti con un singolo **deffacts**.

Possono esserci più **deffacts** nello stesso programma.

deffacts

(file paritychecker-fsa.jess)

- Definisce i fatti iniziali

Facendo un **(reset)** si cancellano i fatti noti e si torna ai fatti definiti con **deffacts**

Esempio:

```
(deffacts test-string
  (fsm (current-state even)
       (input-stream 0 1 1 1 0 0 1 1)
       (output-stream))
)
```

Si definisce un fatto, singolo in questo caso, come iniziale. Possono essere definiti più fatti con un singolo **deffacts**.

Possono esserci più **deffacts** nello stesso programma.

Tutti i fatti iniziali vengono trattati nello stesso modo: vengono asseriti eseguendo un **(reset)**.

Caricare un programma

Prima cosa, far partire il Jess (è meglio)

```
$ java jess.Main  
Jess>
```

- Caricamento di un file

```
(batch paritychecker-fsa.jess)
```

Oppure

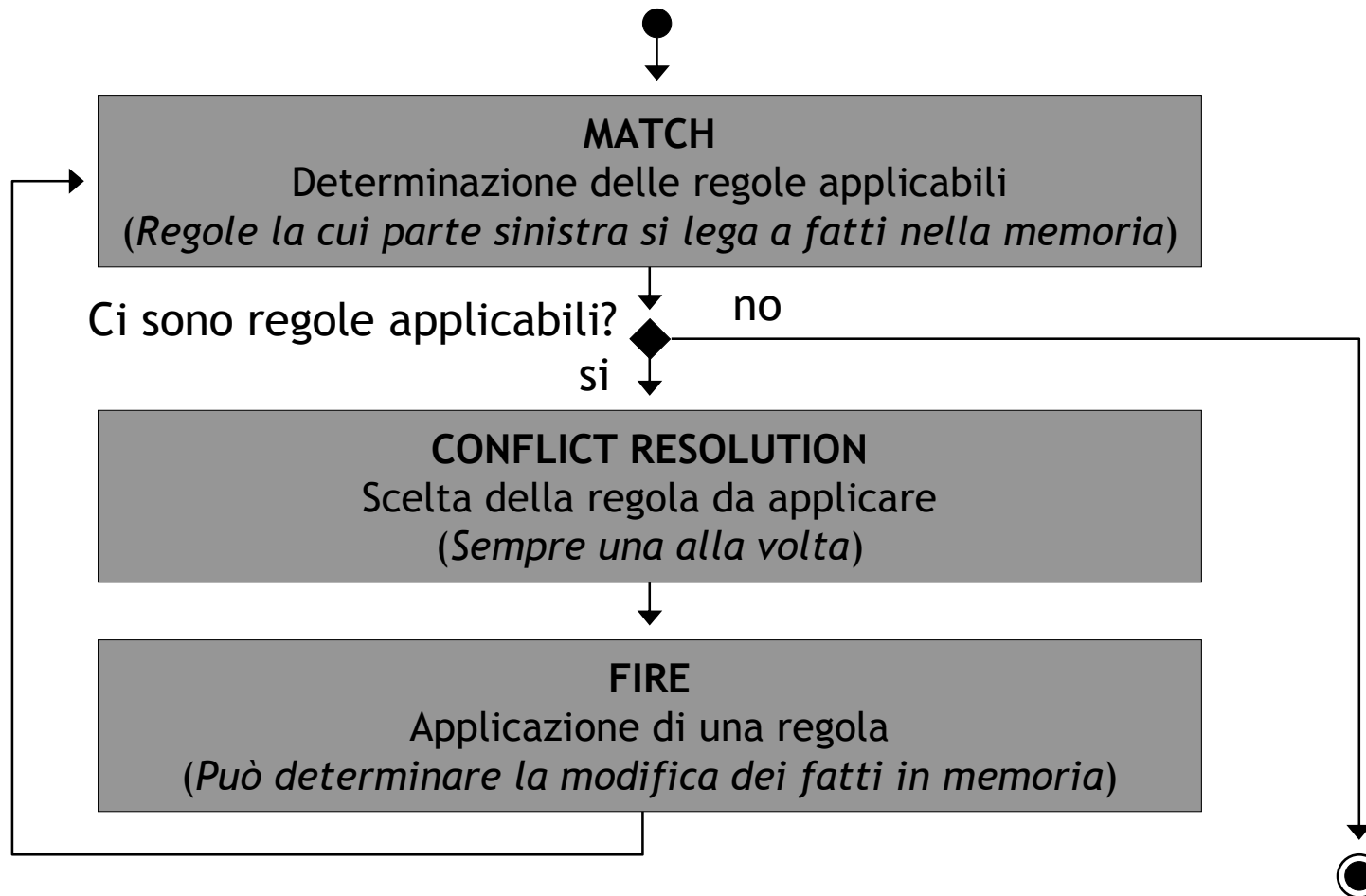
```
(batch "paritychecker-fsa.jess")
```

Se vi è andata bene, Jess risponde:

```
TRUE
```

Come funziona Jess (prima approssimazione)

- Una volta attivato, Jess esegue un ciclo



Comandi di attivazione

- **Reset:** cancella i fatti in memoria e asserisce nuovamente i fatti iniziali

I fatti iniziali sono definiti con **deffacts**

Eseguire sempre un reset prima di una nuova attivazione, non si sa mai

(reset)

Jess risponde:

TRUE

- **Run:** attiva il ciclo principale

(run)

Jess risponde:

<dipende dal programma>

TRUE

Comandi utili per capire cosa accade in un programma

- Esegui un ciclo alla volta
(**run 1**)
Oppure (**run n**) per eseguire n cicli
- Elenca i fatti in memoria
(**facts**)
La risposta è un po' criptica, ma si capisce
- Elenca le regole applicabili (***MATCHed***)
(**agenda**)
La risposta è criptica, si capirà meglio più avanti