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*

  Tipo: *if <cond> then <action>*

  Deriva da un sistema pre-esistente, detto CLIPS

  Utilizza la sintassi del linguaggio LISP

  Un programma in Jess (un "sistema esperto") consiste in un insieme di regole da applicarsi iterativamente ad una collezione di fatti

  Caratteristiche salienti:

  - Linguaggio (quasi) dichiarativo: i programmi non sono la trascrizione di 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: basta non aver mai usato Java.

Impostazione della variabile `CLASSPATH`

```
$ CLASSPATH=<value>
$ export CLASSPATH
```

`$` è il prompt, non scrivetelo

per verificare

```
$ echo $CLASSPATH
```

Nel nostro caso:

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

Rispettare 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 oggetto Jess valido 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 - Left Hand Side*): sono le azioni da effettuare quando la regole 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:

Una variabile

```
(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:

Si distingue (da un simbolo) per il punto interrogativo

```
(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:

Si lega (*binding*) ad un valore singolo

```
(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:

Oppure ad un fatto (dipende dalla posizione)

```
(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))
)
```

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

Far partire il Jess, prima (è meglio)

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

- Caricamento di un file

  (batch paritychecker-fsa.jess)

  Oppure

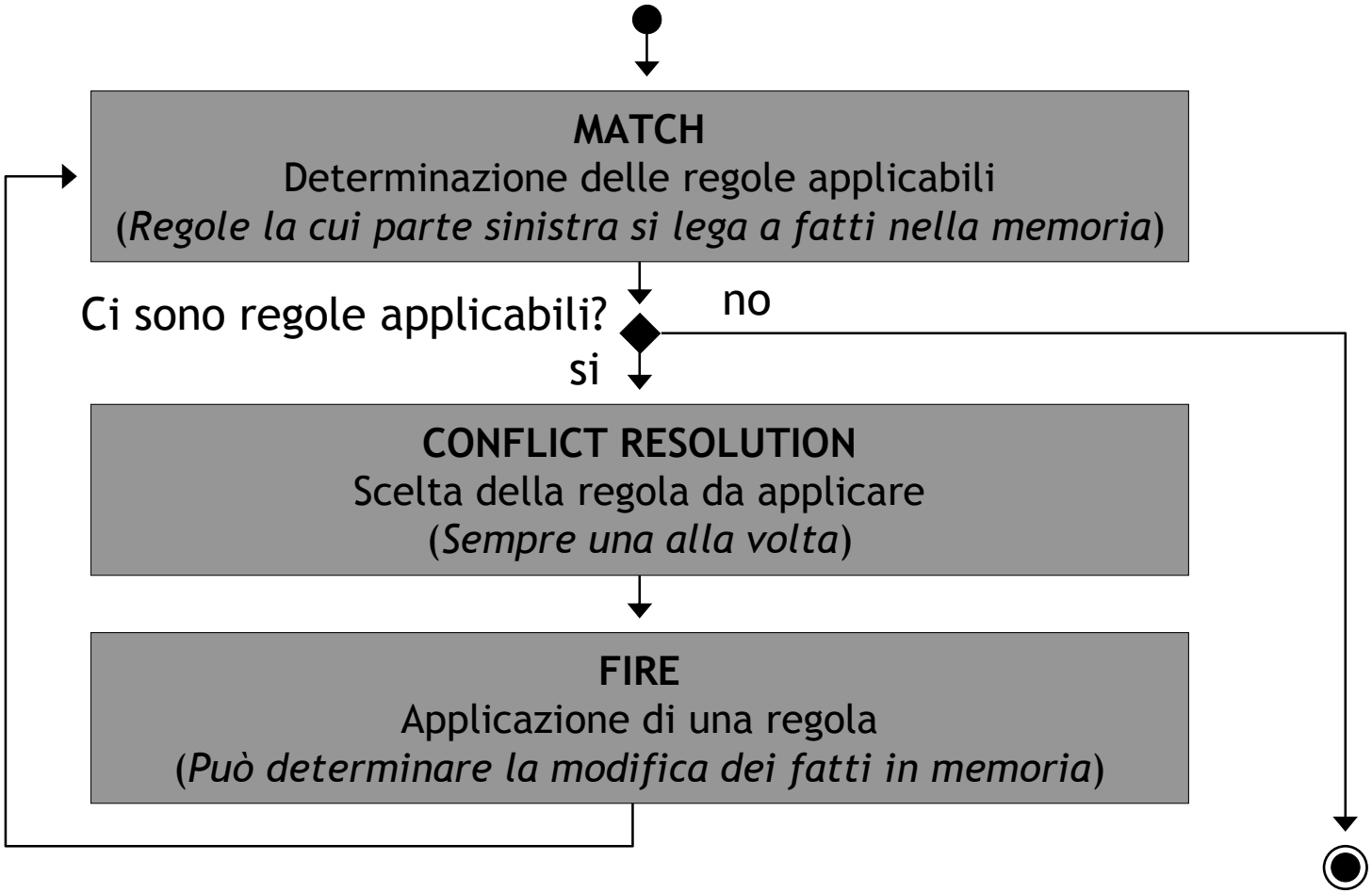
  (batch "paritychecker-fsa.jess")

  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