

# The Structure of Scientific Knowledge

**P. Thagard**

# Rappresentazione della Conoscenza Scientifica

La rappresentazione di una conoscenza richiede la determinazione:

1. **del dominio che si vuole rappresentare.** Un dominio di conoscenza può essere più o meno complesso e quindi più o meno facile da rappresentare (Un conto è rappresentare un insieme di osservazioni, un altro le leggi della Fisica).
2. **del linguaggio che si vuole utilizzare.** Vi sono linguaggi che hanno strutture e processi semplici, ed altri che presentano strutture e operazioni più complesse (I Linguaggi basati sulla Logica del Primo Ordine - vedi Prolog - sono relativamente semplici, mentre ad esempio il LISP risulta avere una semantica più complessa)

Il dominio, la sua rappresentazione e la sua formalizzazione, cioè la scelta del linguaggio, vanno di pari passo.

# Rappresentazione della Conoscenza Scientifica

La rappresentazione di una conoscenza richiede la determinazione:

1. **del dominio che si vuole rappresentare.** Un dominio di conoscenza può essere più o meno complesso e quindi più o meno facile da rappresentare (Un conto è rappresentare un insieme di osservazioni, un altro le leggi della Fisica).
2. **del linguaggio che si vuole utilizzare.** Vi sono linguaggi che hanno strutture e processi semplici, ed altri che presentano strutture e operazioni più complesse (I Linguaggi basati sulla Logica del Primo Ordine - vedi Prolog - sono relativamente semplici, mentre ad esempio il LISP risulta avere una semantica più complessa)

Il dominio, la sua rappresentazione e la sua formalizzazione, cioè la scelta del linguaggio, vanno di pari passo.

In Epistemologia ci troviamo in una situazione simile; il linguaggio che a partire da Frege e Russell viene utilizzato per rappresentare la conoscenza scientifica è la **Logica del Primo Ordine**.

# Rappresentazione della Conoscenza Scientifica

La rappresentazione di una conoscenza richiede la determinazione:

1. **del dominio che si vuole rappresentare.** Un dominio di conoscenza può essere più o meno complesso e quindi più o meno facile da rappresentare (Un conto è rappresentare un insieme di osservazioni, un altro le leggi della Fisica).
2. **del linguaggio che si vuole utilizzare.** Vi sono linguaggi che hanno strutture e processi semplici, ed altri che presentano strutture e operazioni più complesse (I Linguaggi basati sulla Logica del Primo Ordine - vedi Prolog - sono relativamente semplici, mentre ad esempio il LISP risulta avere una semantica più complessa)

Il dominio, la sua rappresentazione e la sua formalizzazione, cioè la scelta del linguaggio, vanno di pari passo.

In Epistemologia ci troviamo in una situazione simile; il linguaggio che a partire da Frege e Russell viene utilizzato per rappresentare la conoscenza scientifica è la **Logica del Primo Ordine**.

La rappresentazione della Conoscenza Scientifica che si propone è generalmente accettata dalla comunità scientifica e si compone di **tre livelli**:

# Rappresentazione della Conoscenza Scientifica

La rappresentazione di una conoscenza richiede la determinazione:

1. **del dominio che si vuole rappresentare.** Un dominio di conoscenza può essere più o meno complesso e quindi più o meno facile da rappresentare (Un conto è rappresentare un insieme di osservazioni, un altro le leggi della Fisica).
2. **del linguaggio che si vuole utilizzare.** Vi sono linguaggi che hanno strutture e processi semplici, ed altri che presentano strutture e operazioni più complesse (I Linguaggi basati sulla Logica del Primo Ordine - vedi Prolog - sono relativamente semplici, mentre ad esempio il LISP risulta avere una semantica più complessa)

Il dominio, la sua rappresentazione e la sua formalizzazione, cioè la scelta del linguaggio, vanno di pari passo.

In Epistemologia ci troviamo in una situazione simile; il linguaggio che a partire da Frege e Russell viene utilizzato per rappresentare la conoscenza scientifica è la **Logica del Primo Ordine**.

La rappresentazione della Conoscenza Scientifica che si propone è generalmente accettata dalla comunità scientifica e si compone di **tre livelli**:

## Le Osservazioni

Esse rappresentano il punto di partenza di qualsiasi conoscenza scientifica; la loro rappresentazione è la nostra interfaccia con il mondo esterno.

## Le Leggi

La scienza non registra solamente delle osservazioni ma cerca delle regolarità fra i fenomeni osservati, compie delle predizioni, giustifica delle osservazioni.

## Le Teorie

Esse sono un insieme di leggi ed entità - a volte non empiriche - il cui scopo è la giustificazione di certe leggi.



# Rappresentazione della Conoscenza Scientifica

## Le osservazioni

La **rappresentazione delle osservazioni** - almeno nella sua forma più semplice - coinvolge l'utilizzo e quindi formalizzazione di:

1. la nozione di concetto

E' lo strumento attraverso cui noi indichiamo gli oggetti esterni

2. le relazione spazio-temporale

Indica ad esempio che un corpo A si trova a destra di un corpo B

3. le proprietà

Indica ad esempio che un corpo A ha la proprietà C

# Rappresentazione della Conoscenza Scientifica

## Le osservazioni

La **rappresentazione delle osservazioni** - almeno nella sua forma più semplice - coinvolge l'utilizzo e quindi formalizzazione di:

1. la nozione di concetto

E' lo strumento attraverso cui noi indichiamo gli oggetti esterni

2. le relazione spazio-temporale

Indica ad esempio che un corpo A si trova a destra di un corpo B

3. le proprietà

Indica ad esempio che un corpo A ha la proprietà C

Un esempio di come le osservazioni sono rappresentate nella Logica del Primo Ordine è il seguente:

1. L'oggetto 47 è blue (proprietà)

*blue(oggetto47)*

2. L'oggetto 51 è a destra dell'oggetto 50 (relazione spazio-temporale)

*ADestra(Oggetto51, Oggetto50)*

Si è evitato di inserire un esempio di nozione di concetto in quanto nella Logica del Primo Ordine un concetto è un puro elemento sintattico

# Rappresentazione della Conoscenza Scientifica

## Le leggi

Per la **rappresentazione di una legge** - almeno nella sua forma più semplice - si deve disporre di strumenti che consentano la **generalizzazione** e **formalizzazione** a partire da semplici osservazioni.

Se ad esempio voglio rappresentare la legge che tutti i corpi si attraggono l'un l'altro, devo essere in grado di passare dalle singole osservazioni:

1. il corpo A attrae il corpo B
2. il corpo B attrae il corpo A
3. il corpo C attrae il corpo D

...

alla rappresentazione generale: *“Tutti i corpi si attraggono l'un l'altro”* e da qui ad una formalizzazione più economica.

# Rappresentazione della Conoscenza Scientifica

## Le leggi

Per la **rappresentazione di una legge** - almeno nella sua forma più semplice - si deve disporre di strumenti che consentano la **generalizzazione** e **formalizzazione** a partire da semplici osservazioni.

Se ad esempio voglio rappresentare la legge che tutti i corpi si attraggono l'un l'altro, devo essere in grado di passare dalle singole osservazioni:

1. il corpo A attrae il corpo B
2. il corpo B attrae il corpo A
3. il corpo C attrae il corpo D

...

alla rappresentazione generale: *“Tutti i corpi si attraggono l'un l'altro”* e da qui ad una formalizzazione più economica.

Nella Logica del Primo Ordine questo ultimo passaggio - dalla legge generale alla sua formalizzazione - avviene attraverso i **quantificatori universali**.

Per semplicità se voglio formalizzare la legge generale che tutti gli elementi in rame conducono elettricità (generalizzazione che è stata compiuta secondo quanto indicato in precedenza), posso scrivere la legge:

*(for all x)(if Rame(x) then ConduceElettricità(x))*

# Rappresentazione della Conoscenza Scientifica

## Le teorie

### Differenze fra Teorie e Leggi

Le teorie a prima vista sembrano un insieme di leggi che servono per spiegare certe osservazioni. Ad un esame più attento esse differiscono dalle leggi **sia per la loro origine** sia per il **loro ruolo esplicativo**.

Spesso la loro origine deriva dall'introduzione di concetti che non hanno un diretto riscontro sperimentale (termini teorici), mentre una legge è una generalizzazione di osservazioni.

Spesso una **teoria è valutata** per come giustifica una legge, mentre questa è valutata per come rappresenta un fenomeno

# Rappresentazione della Conoscenza Scientifica

## Le teorie

### Differenze fra Teorie e Leggi

Le teorie a prima vista sembrano un insieme di leggi che servono per spiegare certe osservazioni. Ad un esame più attento esse differiscono dalle leggi **sia per la loro origine** sia per il **loro ruolo esplicativo**.

Spesso la loro origine deriva dall'introduzione di concetti che non hanno un diretto riscontro sperimentale (termini teorici), mentre una legge è una generalizzazione di osservazioni.

Spesso una **teoria è valutata** per come giustifica una legge, mentre questa è valutata per come rappresenta un fenomeno

### Strumenti necessari per rappresentare una Teoria

La rappresentazione di una teoria è una attività piuttosto complessa; al fine di individuare quali strumenti siano necessari conviene indicare solo alcuni aspetti ritenuti fondamentali :

1. E' necessario rappresentare / individuare i **Termini Teorici**.
2. Il **ruolo esplicativo** di una teoria ci costringe a costruire strumenti per la valutazione di leggi (vedi ad esempio la nozione di semplicità e completezza)
3. La creazione di teorie implica almeno la rappresentazione di un **processo induttivo**

# Rappresentazione della Conoscenza Scientifica

## Le teorie

### Differenze fra Teorie e Leggi

Le teorie a prima vista sembrano un insieme di leggi che servono per spiegare certe osservazioni. Ad un esame più attento esse differiscono dalle leggi **sia per la loro origine** sia per il **loro ruolo esplicativo**.

Spesso la loro origine deriva dall'introduzione di concetti che non hanno un diretto riscontro sperimentale (termini teorici), mentre una legge è una generalizzazione di osservazioni.

Spesso una **teoria è valutata** per come giustifica una legge, mentre questa è valuta per come rappresenta un fenomeno

### Strumenti necessari per rappresentare una Teoria

La rappresentazione di una teoria è una attività piuttosto complessa; al fine di individuare quali strumenti siano necessari conviene indicare solo alcuni aspetti ritenuti fondamentali :

1. E' necessario rappresentare / individuare i **Termini Teorici**.
2. Il **ruolo esplicativo** di una teoria ci costringe a costruire strumenti per la valutazione di leggi (vedi ad esempio la nozione di semplicità e completezza)
3. La creazione di teorie implica almeno la rappresentazione di un **processo induttivo**

### La debolezza della Logica del Primo Ordine nella rappresentazione delle teorie

Se si vuole utilizzare la Logica del primo Ordine nella rappresentazione della conoscenza scientifica l'unico strumento per generare leggi e teorie è la **deduzione**, mentre la creazione nella pratica scientifica di queste ultime coinvolge anche operazioni più complesse (vedi ad esempio i processi induttivi, creazione di concetti teorici e così via).

# Strutture e Processi in PI

Al fine di dimostrare come sia necessaria una rappresentazione complessa della Conoscenza Scientifica, è utile presentare un programma di Intelligenza Artificiale il cui nome è **PI** (*Process of Induction*) che costituisce un modello generale di **problem-solving** e di **inferenza induttiva**.

# Strutture e Processi in PI

Al fine di dimostrare come sia necessaria una rappresentazione complessa della Conoscenza Scientifica, è utile presentare un programma di Intelligenza Artificiale il cui nome è **PI** (*Process of Induction*) che costituisce un modello generale di **problem-solving** e di **inferenza induttiva**.

Le strutture su cui si basa **PI** sono:

## I Messaggi:

Sono simili alle proposizioni della Logica del Primo Ordine o ai fatti nei 'Production Systems'. Sono costituiti da:

- a. Un **predicato**
- b. Un **argomento**
- c. Un **valore di verità**
- d. La **confidenza** che si ha sul valore di verità
- e. Il **Nome del Messaggio**

# Strutture e Processi in PI

Al fine di dimostrare come sia necessaria una rappresentazione complessa della Conoscenza Scientifica, è utile presentare un programma di Intelligenza Artificiale il cui nome è **PI** (*Process of Induction*) che costituisce un modello generale di **problem-solving** e di **inferenza induttiva**.

Le strutture su cui si basa **PI** sono:

## I Messaggi:

Sono simili alle proposizioni della Logica del Primo Ordine o ai fatti nei 'Production Systems'. Sono costituiti da:

- a. Un predicato
- b. Un argomento
- c. Un valore di verità
- d. La **confidenza** che si ha sul valore di verità
- e. Il **Nome del Messaggio**

## Esempio:

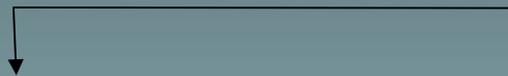
Se voglio rappresentare l'informazione che il Pianeta Marte è rosso, il Messaggio avrà la struttura seguente:

(Red(Mars) true 1 "Colore\_di\_Marte")  
a b c d e

I **Messaggi** sono utilizzati nelle strutture più complesse di PI per rappresentare l'informazione

# Strutture e Processi in PI

Al fine di dimostrare come sia necessaria una rappresentazione complessa della Conoscenza Scientifica, è utile presentare un programma di Intelligenza Artificiale il cui nome è **PI** (*Process of Induction*) che costituisce un modello generale di **problem-solving** e di **inferenza induttiva**.



## I Messaggi:

Sono simili alle proposizioni della Logica del Primo Ordine o ai fatti nei 'Production Systems'. Sono costituiti da:

- a. Un **predicato**
- b. Un **argomento**
- c. Un **valore di verità**
- d. La **confidenza** che si ha sul valore di verità
- e. Il **Nome del Messaggio**

## Esempio:

Se voglio rappresentare l'informazione che il Pianeta Marte è rosso, il Messaggio avrà la struttura seguente:

(Red(Mars) true 1 "Colore\_di\_Marte")

**a**   **b**   **c**   **d**   **e**

I **Messaggi** sono utilizzati nelle strutture più complesse di PI per rappresentare l'informazione

Le strutture su cui si basa **PI** sono:



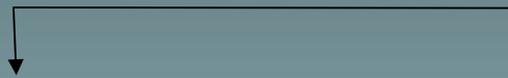
## I Concetti:

Sono organizzati in una **struttura gerarchica** e sono simili ai Frames proposti da Minsky. Presentano una struttura complessa che è riassunta come:

- a. Concetti Superordinati
- b. Concetti Subordinati
- c. Regole (Rules) che agiscono sul concetto
- d. Strutture utili per PI

# Strutture e Processi in PI

Al fine di dimostrare come sia necessaria una rappresentazione complessa della Conoscenza Scientifica, è utile presentare un programma di Intelligenza Artificiale il cui nome è **PI** (*Process of Induction*) che costituisce un modello generale di **problem-solving** e di **inferenza induttiva**.



## I Messaggi:

Sono simili alle proposizioni della Logica del Primo Ordine o ai fatti nei 'Production Systems'. Sono costituiti da:

- a. Un **predicato**
- b. Un **argomento**
- c. Un **valore di verità**
- d. La **confidenza** che si ha sul valore di verità
- e. Il **Nome del Messaggio**

## Esempio:

Se voglio rappresentare l'informazione che il Pianeta Marte è rosso, il Messaggio avrà la struttura seguente:

(Red(Mars) true 1 "Colore\_di\_Marte")

**a** **b** **c** **d** **e**

I **Messaggi** sono utilizzati nelle strutture più complesse di PI per rappresentare l'informazione

Le strutture su cui si basa **PI** sono:



## I Concetti:

Sono organizzati in una **struttura gerarchica** e sono simili ai Frames proposti da Minsky. Presentano una struttura complessa che è riassunta come:

- a. Concetti Superordinati
- b. Concetti Subordinati
- c. Regole (Rules) che agiscono sul concetto
- d. Strutture utili per PI

## Esempio:

Si consideri il concetto di **Suono**

Name: Sound

SuperOrdinates: fen. Fisico, sensazione

SubOrdinates: voce, musica, fischio...

Rules:

Rule0: **if** x **IsHeard** **then** x **isSound**

Rule1: **if** x **IsSound** **then** x **is**  
**trasmitted by air**

# Strutture e Processi in PI

Al fine di dimostrare come sia necessaria una rappresentazione complessa della Conoscenza Scientifica, è utile presentare un programma di Intelligenza Artificiale il cui nome è **PI** (*Process of Induction*) che costituisce un modello generale di **problem-solving** e di **inferenza induttiva**.

Le strutture su cui si basa **PI** sono:

## I Messaggi:

Sono simili alle proposizioni della Logica del Primo Ordine o ai fatti nei 'Production Systems'. Sono costituiti da:

- a. Un **predicato**
- b. Un **argomento**
- c. Un **valore di verità**
- d. La **confidenza** che si ha sul valore di verità
- e. Il **Nome del Messaggio**

### Esempio:

Se voglio rappresentare l'informazione che il Pianeta Marte è rosso, il Messaggio avrà la struttura seguente:

(Red(Mars) true 1 "Colore\_di\_Marte")

**a** **b** **c** **d** **e**

I **Messaggi** sono utilizzati nelle strutture più complesse di PI per rappresentare l'informazione

## I Concetti:

Sono organizzati in una **struttura gerarchica** e sono simili ai Frames proposti da Minsky. Presentano una struttura complessa che è riassunta come:

- a. Concetti Superordinati
- b. Concetti Subordinati
- c. Regole (Rules) che agiscono sul concetto
- d. Strutture utili per PI

### Esempio:

Si consideri il concetto di **Suono**

Name: Sound

SuperOrdinates: fen. Fisico, sensazione

SubOrdinates: voce, musica, fischio...

### Rules:

Rule0: **if** x **IsHeard** **then** x **isSound**

Rule1: **if** x **IsSound** **then** x **is**  
**trasmitted by air**

## Le Regole:

Sono espresse da condizioni **if-then**. Esse non rappresentano in modo necessario ciò che è universalmente accettato, ma aspetti della realtà che sono accettati da una determinata comunità. Sono collegate ad un concetto che le attiva e sono costituite da una serie di condizioni (**Conditions**) che se verificate attivano la conseguenza (**Action**)

# Strutture e Processi in PI

Al fine di dimostrare come sia necessaria una rappresentazione complessa della Conoscenza Scientifica, è utile presentare un programma di Intelligenza Artificiale il cui nome è **PI** (*Process of Induction*) che costituisce un modello generale di **problem-solving** e di **inferenza induttiva**.

Le strutture su cui si basa **PI** sono:

## I Messaggi:

Sono simili alle proposizioni della Logica del Primo Ordine o ai fatti nei 'Production Systems'. Sono costituiti da:

- Un predicato
- Un argomento
- Un valore di verità
- La **confidenza** che si ha sul valore di verità
- Il **Nome del Messaggio**

### Esempio:

Se voglio rappresentare l'informazione che il Pianeta Marte è rosso, il Messaggio avrà la struttura seguente:

(Red(Mars) true 1 "Colore\_di\_Marte")

**a b c d e**

I **Messaggi** sono utilizzati nelle strutture più complesse di PI per rappresentare l'informazione

## I Concetti:

Sono organizzati in una **struttura gerarchica** e sono simili ai Frames proposti da Minsky. Presentano una struttura complessa che è riassunta come:

- Concetti Superordinati
- Concetti Subordinati
- Regole (Rules) che agiscono sul concetto
- Strutture utili per PI

### Esempio:

Si consideri il concetto di **Suono**

Name: Sound

SuperOrdinates: fen. Fisico, sensazione

SubOrdinates: voce, musica, fischio...

### Rules:

Rule0: **if** x **IsHeard** **then** x **isSound**

Rule1: **if** x **IsSound** **then** x **is transmitted by air**

## Le Regole:

Sono espresse da condizioni **if-then**. Esse non rappresentano in modo necessario ciò che è universalmente accettato, ma aspetti della realtà che sono accettati da una determinata comunità. Sono collegate ad un concetto che le attiva e sono costituite da una serie di condizioni (**Conditions**) che se verificate attivano la conseguenza (**Action**)

### Esempio:

Si consideri la regola di PI:

Name: Rule-3

Concepts-attached to: Sound

Conditions: (sound(\$x) true)

(person(\$y) true)

(near(\$x, \$y) true)

Action: (hears(\$y, \$x) true)

Che ci informa che se una persona è nei pressi di un suono, lo sente



# Problem Solving e Spreading Activation in PI

## Problem Solving

L'attività principale svolta da PI è il '*problem solving*'. Le problematiche della Filosofia della Scienza di cui PI propone una soluzione sono tradotte in un problema da risolvere attraverso una procedura informatica. Un esempio è la ricerca di una spiegazione del fenomeno fisico secondo cui il suono si propaga e viene riflesso: come esso venga rappresentato in PI è indicato nella struttura seguente:

# Problem Solving e Spreading Activation in PI

## Problem Solving

L'attività principale svolta da PI è il '*problem solving*'. Le problematiche della Filosofia della Scienza di cui PI propone una soluzione sono tradotte in un problema da risolvere attraverso una procedura informatica. Un esempio è la ricerca di una spiegazione del fenomeno fisico secondo cui il suono si propaga e viene riflesso: come esso venga rappresentato in PI è indicato nella struttura seguente:

Name: explanation-Sound  
Data-Type: problem  
Start: (sound(\$x) true)  
Goals: (reflect(\$x) true)  
(propagate(\$x)  
true)  
Prob-Type: explanation  
Activation: 1

# Problem Solving e Spreading Activation in PI

## Problem Solving

L'attività principale svolta da PI è il '*problem solving*'. Le problematiche della Filosofia della Scienza di cui PI propone una soluzione sono tradotte in un problema da risolvere attraverso una procedura informatica. Un esempio è la ricerca di una spiegazione del fenomeno fisico secondo cui il suono si propaga e viene riflesso: come esso venga rappresentato in PI è indicato nella struttura seguente:

Name: explanation-Sound  
Data-Type: problem  
Start: (sound(\$x) true)  
Goals: (reflect(\$x) true)  
(propagate(\$x)  
true)  
Prob-Type: explanation  
Activation: 1

Per giungere ad una soluzione di un problema, PI utilizza un'insieme di algoritmi che implementano in un linguaggio informatico alcune procedure generalmente utilizzate sia dagli scienziati, sia dalle persone comuni. Fra di esse ricordiamo il ragionamento associativo, analogico, ed i processi induttivi. L'algoritmo di soluzione di un problema è mostrato nell'immagine seguente.

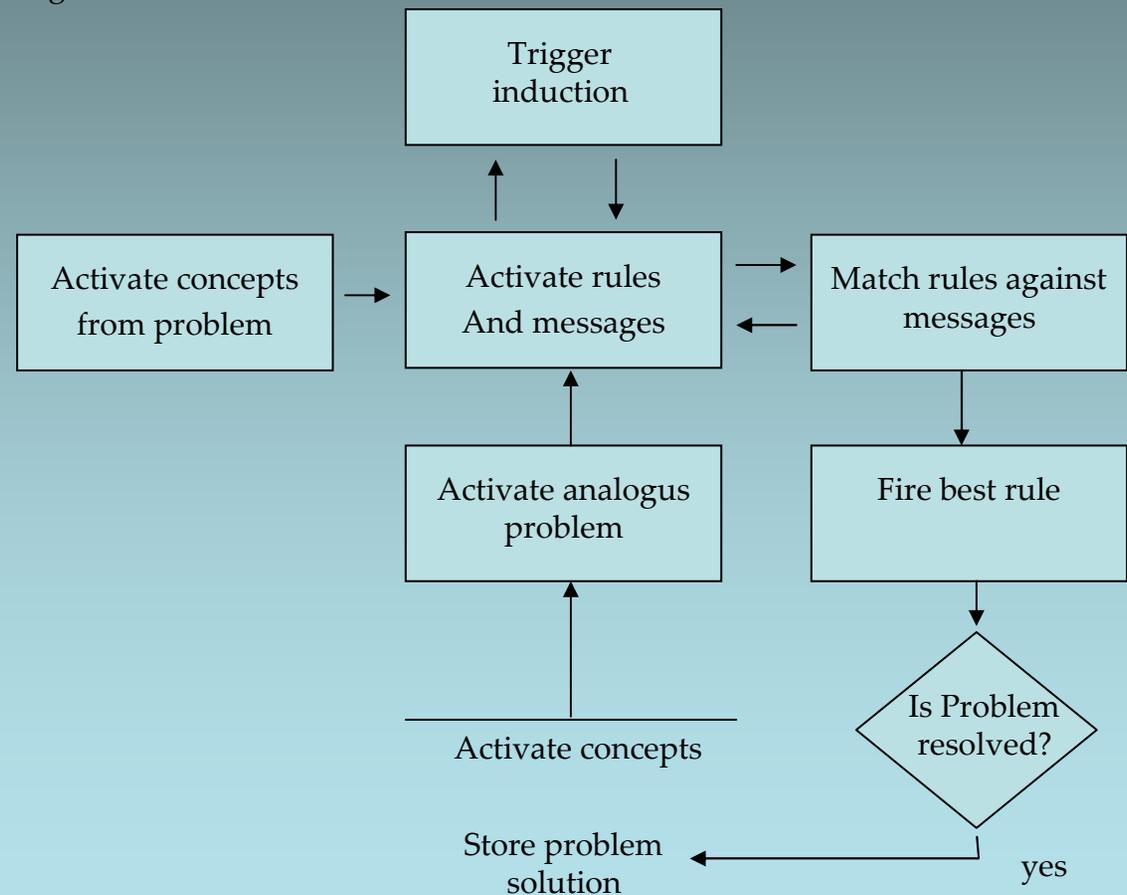
# Problem Solving e Spreading Activation in PI

## Problem Solving

L'attività principale svolta da PI è il '*problem solving*'. Le problematiche della Filosofia della Scienza di cui PI propone una soluzione sono tradotte in un problema da risolvere attraverso una procedura informatica. Un esempio è la ricerca di una spiegazione del fenomeno fisico secondo cui il suono si propaga e viene riflesso: come esso venga rappresentato in PI è indicato nella struttura seguente:

Name: explanation-Sound  
Data-Type: problem  
Start: (sound(\$x) true)  
Goals: (reflect(\$x) true)  
(propagate(\$x)  
true)  
Prob-Type: explanation  
Activation: 1

Per giungere ad una soluzione di un problema, PI utilizza un'insieme di algoritmi che implementano in un linguaggio informatico alcune procedure generalmente utilizzate sia dagli scienziati, sia dalle persone comuni. Fra di esse ricordiamo il ragionamento associativo, analogico, ed i processi induttivi. L'algoritmo di soluzione di un problema è mostrato nell'immagine seguente.



# Problem Solving e Spreading Activation in PI

## Spreading activation

Quando le persone risolvono un problema, solo parte dell'informazione di cui sono in possesso viene considerata; PI simula questo comportamento con un processo di "*spreading activation*" di concetti e rules, il che significa che in un determinato istante solo alcuni concetti ed alcune regole sono **attivi**. Le strutture non-attive non vengono considerate nell'algoritmo di soluzione dei problemi.

# Problem Solving e Spreading Activation in PI

## Spreading activation

Quando le persone risolvono un problema, solo parte dell'informazione di cui sono in possesso viene considerata; PI simula questo comportamento con un processo di "*spreading activation*" di concetti e rules, il che significa che in un determinato istante solo alcuni concetti ed alcune regole sono **attivi**. Le strutture non-attive non vengono considerate nell'algoritmo di soluzione dei problemi.

La attivazione dei concetti e delle regole è spiegata in modo più dettagliato nelle considerazioni seguenti:

# Problem Solving e Spreading Activation in PI

## Spreading activation

Quando le persone risolvono un problema, solo parte dell'informazione di cui sono in possesso viene considerata; PI simula questo comportamento con un processo di "*spreading activation*" di concetti e rules, il che significa che in un determinato istante solo alcuni concetti ed alcune regole sono **attivi**. Le strutture non-attive non vengono considerate nell'algoritmo di soluzione dei problemi.

La attivazione dei concetti e delle regole è spiegata in modo più dettagliato nelle considerazioni seguenti:

Come abbiamo già indicato in precedenza le regole (rules) sono legate ai concetti ed essi sono presenti nei messaggi che descrivono evidenze empiriche. PI come primo obiettivo associa le regole attive ai messaggi presenti in memoria; così ad esempio se ho una regola che afferma "Se x è un cane, allora è dotato di pelo" e ho un messaggio sullo stack che asserisce che "Trudi è un cane", PI attiva la regola e viene prodotto il nuovo messaggio "Trudi è dotato di pelo". Questa operazione di "matching" non ha solo generato un nuovo messaggio ma ha anche attivato il concetto di "pelo" e le regole ad esso associate (ad es. "Se il pelo è bagnato, allora il pelo è maleodorante").

# Problem Solving e Spreading Activation in PI

## Spreading activation

Quando le persone risolvono un problema, solo parte dell'informazione di cui sono in possesso viene considerata; PI simula questo comportamento con un processo di "*spreading activation*" di concetti e rules, il che significa che in un determinato istante solo alcuni concetti ed alcune regole sono **attivi**. Le strutture non-attive non vengono considerate nell'algoritmo di soluzione dei problemi.

La attivazione dei concetti e delle regole è spiegata in modo più dettagliato nelle considerazioni seguenti:

Come abbiamo già indicato in precedenza le regole (rules) sono legate ai concetti ed essi sono presenti nei messaggi che descrivono evidenze empiriche. PI come primo obiettivo associa le regole attive ai messaggi presenti in memoria; così ad esempio se ho una regola che afferma "Se x è un cane, allora è dotato di pelo" e ho un messaggio sullo stack che asserisce che "Trudi è un cane", PI attiva la regola e viene prodotto il nuovo messaggio "Trudi è dotato di pelo". Questa operazione di "matching" non ha solo generato un nuovo messaggio ma ha anche attivato il concetto di "pelo" e le regole ad esso associate (ad es. "Se il pelo è bagnato, allora il pelo è maleodorante").

L'attivazione dei concetti e delle regole non avviene solamente con il processo di "matching" descritto sopra, ma anche attraverso l'utilizzo dei concetti superordinati e subordinati ad un concetto attivo.

Così ad esempio quando PI genera la teoria ondulatoria del suono segue un percorso di attivazione/associazione descritto dal grafico seguente:

# Problem Solving e Spreading Activation in PI

## Spreading activation

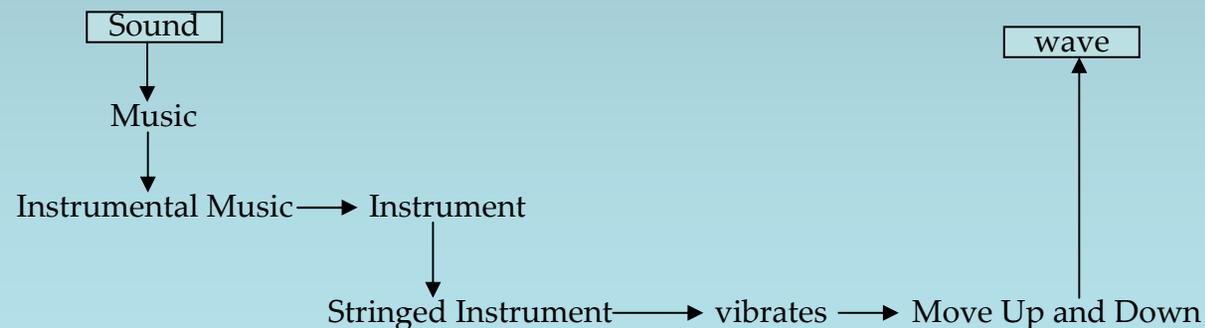
Quando le persone risolvono un problema, solo parte dell'informazione di cui sono in possesso viene considerata; PI simula questo comportamento con un processo di "spreading activation" di concetti e rules, il che significa che in un determinato istante solo alcuni concetti ed alcune regole sono **attivi**. Le strutture non-attive non vengono considerate nell'algoritmo di soluzione dei problemi.

La attivazione dei concetti e delle regole è spiegata in modo più dettagliato nelle considerazioni seguenti:

Come abbiamo già indicato in precedenza le regole (rules) sono legate ai concetti ed essi sono presenti nei messaggi che descrivono evidenze empiriche. PI come primo obiettivo associa le regole attive ai messaggi presenti in memoria; così ad esempio se ho una regola che afferma "Se x è un cane, allora è dotato di pelo" e ho un messaggio sullo stack che asserisce che "Trudi è un cane", PI attiva la regola e viene prodotto il nuovo messaggio "Trudi è dotato di pelo". Questa operazione di "matching" non ha solo generato un nuovo messaggio ma ha anche attivato il concetto di "pelo" e le regole ad esso associate (ad es. "Se il pelo è bagnato, allora il pelo è maleodorante").

L'attivazione dei concetti e delle regole non avviene solamente con il processo di "matching" descritto sopra, ma anche attraverso l'utilizzo dei concetti superordinati e subordinati ad un concetto attivo.

Così ad esempio quando PI genera la teoria ondulatoria del suono segue un percorso di attivazione/associazione descritto dal grafico seguente:



# Analogical Problem Solving in PI

La soluzione di un problema può essere facilitata dall'utilizzo di una procedura 'simile' impiegata in un altro contesto; le persone compiono questo **processo analogico** in modo continuo come dimostra ad esempio il famoso problema di Duncker (1945).

# Analogical Problem Solving in PI

La soluzione di un problema può essere facilitata dall'utilizzo di una procedura 'simile' impiegata in un altro contesto; le persone compiono questo **processo analogico** in modo continuo come dimostra ad esempio il famoso problema di Duncker (1945).

## **Problema di Duncker:**

Consiste nel determinare come utilizzare un fascio di radiazioni per eliminare un tumore, sapendo che un suo utilizzo alla massima potenza può distruggere le cellule sane e quindi causare la morte del paziente.

I soggetti a cui si sottopone questo problema hanno una forte difficoltà nel risolverlo. Tale difficoltà si attenua se ad essi si presenta un problema 'simile' che consiste nel determinare quali azioni seguire se si vuole occupare una fortezza con un esercito, sapendo che essa risulta inespugnabile ad un attacco diretto di tutto l'armata.

La soluzione di questo secondo problema consiste nel suddividere l'esercito in gruppi e di attaccare la fortezza da lati differenti.

Se si applica la medesima soluzione anche al caso del Tumore, si può ipotizzare di risolvere il problema di Duncker irradiando le cellule tumorali con fasci meno intensi e da direzioni differenti. Questo causa l'eliminazione del Tumore e la salvezza del paziente

# Analogical Problem Solving in PI

La soluzione di un problema può essere facilitata dall'utilizzo di una procedura 'simile' impiegata in un altro contesto; le persone compiono questo **processo analogico** in modo continuo come dimostra ad esempio il famoso problema di Duncker (1945).

## **Problema di Duncker:**

Consiste nel determinare come utilizzare un fascio di radiazioni per eliminare un tumore, sapendo che un suo utilizzo alla massima potenza può distruggere le cellule sane e quindi causare la morte del paziente.

I soggetti a cui si sottopone questo problema hanno una forte difficoltà nel risolverlo. Tale difficoltà si attenua se ad essi si presenta un problema 'simile' che consiste nel determinare quali azioni seguire se si vuole occupare una fortezza con un esercito, sapendo che essa risulta inespugnabile ad un attacco diretto di tutto l'armata.

La soluzione di questo secondo problema consiste nel suddividere l'esercito in gruppi e di attaccare la fortezza da lati differenti.

Se si applica la medesima soluzione anche al caso del Tumore, si può ipotizzare di risolvere il problema di Duncker irradiando le cellule tumorali con fasci meno intensi e da direzioni differenti. Questo causa l'eliminazione del Tumore e la salvezza del paziente

## **Analogical problem solving in PI:**

I passi essenziali che si deve implementare per ottenere una procedura di soluzione analogica fra un problema da risolvere (P1) ed un problema analogo (P2) sono:

# Analogical Problem Solving in PI

La soluzione di un problema può essere facilitata dall'utilizzo di una procedura 'simile' impiegata in un altro contesto; le persone compiono questo **processo analogico** in modo continuo come dimostra ad esempio il famoso problema di Duncker (1945).

## **Problema di Duncker:**

Consiste nel determinare come utilizzare un fascio di radiazioni per eliminare un tumore, sapendo che un suo utilizzo alla massima potenza può distruggere le cellule sane e quindi causare la morte del paziente.

I soggetti a cui si sottopone questo problema hanno una forte difficoltà nel risolverlo. Tale difficoltà si attenua se ad essi si presenta un problema 'simile' che consiste nel determinare quali azioni seguire se si vuole occupare una fortezza con un esercito, sapendo che essa risulta inespugnabile ad un attacco diretto di tutto l'armata.

La soluzione di questo secondo problema consiste nel suddividere l'esercito in gruppi e di attaccare la fortezza da lati differenti.

Se si applica la medesima soluzione anche al caso del Tumore, si può ipotizzare di risolvere il problema di Duncker irradiando le cellule tumorali con fasci meno intensi e da direzioni differenti. Questo causa l'eliminazione del Tumore e la salvezza del paziente

## **Analogical problem solving in PI:**

I passi essenziali che si deve implementare per ottenere una procedura di soluzione analogica fra un problema da risolvere (P1) ed un problema analogo (P2) sono:

**1. Attivazione del problema analogo:** in PI questo step è ottenuto attraverso l'attivazione dei concetti e delle regole associate a P2 attraverso (ad esempio) la ricerca dei concetti subordinati o superordinati dei concetti attivi in P1. Se l'attivazione dei concetti e delle regole di P2 raggiunge una certa soglia, allora PI passa al secondo step:

# Analogical Problem Solving in PI

La soluzione di un problema può essere facilitata dall'utilizzo di una procedura 'simile' impiegata in un altro contesto; le persone compiono questo **processo analogico** in modo continuo come dimostra ad esempio il famoso problema di Duncker (1945).

## **Problema di Duncker:**

Consiste nel determinare come utilizzare un fascio di radiazioni per eliminare un tumore, sapendo che un suo utilizzo alla massima potenza può distruggere le cellule sane e quindi causare la morte del paziente.

I soggetti a cui si sottopone questo problema hanno una forte difficoltà nel risolverlo. Tale difficoltà si attenua se ad essi si presenta un problema 'simile' che consiste nel determinare quali azioni seguire se si vuole occupare una fortezza con un esercito, sapendo che essa risulta inespugnabile ad un attacco diretto di tutto l'armata.

La soluzione di questo secondo problema consiste nel suddividere l'esercito in gruppi e di attaccare la fortezza da lati differenti.

Se si applica la medesima soluzione anche al caso del Tumore, si può ipotizzare di risolvere il problema di Duncker irradiando le cellule tumorali con fasci meno intensi e da direzioni differenti. Questo causa l'eliminazione del Tumore e la salvezza del paziente

## **Analogical problem solving in PI:**

I passi essenziali che si deve implementare per ottenere una procedura di soluzione analogica fra un problema da risolvere (P1) ed un problema analogo (P2) sono:

**1. Attivazione del problema analogo:** in PI questo step è ottenuto attraverso l'attivazione dei concetti e delle regole associate a P2 attraverso (ad esempio) la ricerca dei concetti subordinati o superordinati dei concetti attivi in P1. Se l'attivazione dei concetti e delle regole di P2 raggiunge una certa soglia, allora PI passa al secondo step:

**2. Mappa di P1 in P2:** PI ottiene le corrispondenze fra gli elementi di P1 e P2 analizzando come avviene l'attivazione di un elemento di P2 attraverso un elemento di P1. Ad esempio nel caso del problema di Duncker vengono mappati come correlati i concetti di fortezza e tumore, o quelli di esercito e fascio di radiazioni.

# Analogical Problem Solving in PI

La soluzione di un problema può essere facilitata dall'utilizzo di una procedura 'simile' impiegata in un altro contesto; le persone compiono questo **processo analogico** in modo continuo come dimostra ad esempio il famoso problema di Duncker (1945).

## Problema di Duncker:

Consiste nel determinare come utilizzare un fascio di radiazioni per eliminare un tumore, sapendo che un suo utilizzo alla massima potenza può distruggere le cellule sane e quindi causare la morte del paziente.

I soggetti a cui si sottopone questo problema hanno una forte difficoltà nel risolverlo. Tale difficoltà si attenua se ad essi si presenta un problema 'simile' che consiste nel determinare quali azioni seguire se si vuole occupare una fortezza con un esercito, sapendo che essa risulta inespugnabile ad un attacco diretto di tutto l'armata.

La soluzione di questo secondo problema consiste nel suddividere l'esercito in gruppi e di attaccare la fortezza da lati differenti.

Se si applica la medesima soluzione anche al caso del Tumore, si può ipotizzare di risolvere il problema di Duncker irradiando le cellule tumorali con fasci meno intensi e da direzioni differenti. Questo causa l'eliminazione del Tumore e la salvezza del paziente

## Analogical problem solving in PI:

I passi essenziali che si deve implementare per ottenere una procedura di soluzione analogica fra un problema da risolvere (P1) ed un problema analogo (P2) sono:

**1. Attivazione del problema analogo:** in PI questo step è ottenuto attraverso l'attivazione dei concetti e delle regole associate a P2 attraverso (ad esempio) la ricerca dei concetti subordinati o superordinati dei concetti attivi in P1. Se l'attivazione dei concetti e delle regole di P2 raggiunge una certa soglia, allora PI passa al secondo step:

**2. Mappa di P1 in P2:** PI ottiene le corrispondenze fra gli elementi di P1 e P2 analizzando come avviene l'attivazione di un elemento di P2 attraverso un elemento di P1. Ad esempio nel caso del problema di Duncker vengono mappati come correlati i concetti di fortezza e tumore, o quelli di esercito e fascio di radiazioni.

**3. Individuare le azioni di P2 che possono portare ad una soluzione di P1:** Una volta risolto un problema PI salva nella soluzione le azioni che sono state compiute per risolverlo ("effectors"). Ad esempio nel problema della Fortezza le due azioni da compiere sono la suddivisione dell'esercito in truppe ed il loro spostamento su più lati. Gli effectors vengono poi applicati al problema P1 grazie alla mappatura compiuta nello step precedente.

# Analogical Problem Solving in PI

La soluzione di un problema può essere facilitata dall'utilizzo di una procedura 'simile' impiegata in un altro contesto; le persone compiono questo **processo analogico** in modo continuo come dimostra ad esempio il famoso problema di Duncker (1945).

## **Problema di Duncker:**

Consiste nel determinare come utilizzare un fascio di radiazioni per eliminare un tumore, sapendo che un suo utilizzo alla massima potenza può distruggere le cellule sane e quindi causare la morte del paziente.

I soggetti a cui si sottopone questo problema hanno una forte difficoltà nel risolverlo. Tale difficoltà si attenua se ad essi si presenta un problema 'simile' che consiste nel determinare quali azioni seguire se si vuole occupare una fortezza con un esercito, sapendo che essa risulta inespugnabile ad un attacco diretto di tutto l'armata.

La soluzione di questo secondo problema consiste nel suddividere l'esercito in gruppi e di attaccare la fortezza da lati differenti.

Se si applica la medesima soluzione anche al caso del Tumore, si può ipotizzare di risolvere il problema di Duncker irradiando le cellule tumorali con fasci meno intensi e da direzioni differenti. Questo causa l'eliminazione del Tumore e la salvezza del paziente

## **Analogical problem solving in PI:**

I passi essenziali che si deve implementare per ottenere una procedura di soluzione analogica fra un problema da risolvere (P1) ed un problema analogo (P2) sono:

**1. Attivazione del problema analogo:** in PI questo step è ottenuto attraverso l'attivazione dei concetti e delle regole associate a P2 attraverso (ad esempio) la ricerca dei concetti subordinati o superordinati dei concetti attivi in P1. Se l'attivazione dei concetti e delle regole di P2 raggiunge una certa soglia, allora PI passa al secondo step:

**2. Mappa di P1 in P2:** PI ottiene le corrispondenze fra gli elementi di P1 e P2 analizzando come avviene l'attivazione di un elemento di P2 attraverso un elemento di P1. Ad esempio nel caso del problema di Duncker vengono mappati come correlati i concetti di fortezza e tumore, o quelli di esercito e fascio di radiazioni.

**3. Individuare le azioni di P2 che possono portare ad una soluzione di P1:** Una volta risolto un problema PI salva nella soluzione le azioni che sono state compiute per risolverlo ("effectors"). Ad esempio nel problema della Fortezza le due azioni da compiere sono la suddivisione dell'esercito in truppe ed il loro spostamento su più lati. Gli effectors vengono poi applicati al problema P1 grazie alla mappatura compiuta nello step precedente.

**4. Tentativo di soluzione del problema P1.**

# Analogical Problem Solving in PI

La soluzione di un problema può essere facilitata dall'utilizzo di una procedura 'simile' impiegata in un altro contesto; le persone compiono questo **processo analogico** in modo continuo come dimostra ad esempio il famoso problema di Duncker (1945).

## Problema di Duncker:

Consiste nel determinare come utilizzare un fascio di radiazioni per eliminare un tumore, sapendo che un suo utilizzo alla massima potenza può distruggere le cellule sane e quindi causare la morte del paziente.

I soggetti a cui si sottopone questo problema hanno una forte difficoltà nel risolverlo. Tale difficoltà si attenua se ad essi si presenta un problema 'simile' che consiste nel determinare quali azioni seguire se si vuole occupare una fortezza con un esercito, sapendo che essa risulta inespugnabile ad un attacco diretto di tutto l'armata.

La soluzione di questo secondo problema consiste nel suddividere l'esercito in gruppi e di attaccare la fortezza da lati differenti.

Se si applica la medesima soluzione anche al caso del Tumore, si può ipotizzare di risolvere il problema di Duncker irradiando le cellule tumorali con fasci meno intensi e da direzioni differenti. Questo causa l'eliminazione del Tumore e la salvezza del paziente

## Analogical problem solving in PI:

I passi essenziali che si deve implementare per ottenere una procedura di soluzione analogica fra un problema da risolvere (P1) ed un problema analogo (P2) sono:

**1. Attivazione del problema analogo:** in PI questo step è ottenuto attraverso l'attivazione dei concetti e delle regole associate a P2 attraverso (ad esempio) la ricerca dei concetti subordinati o superordinati dei concetti attivi in P1. Se l'attivazione dei concetti e delle regole di P2 raggiunge una certa soglia, allora PI passa al secondo step:

**2. Mappa di P1 in P2:** PI ottiene le corrispondenze fra gli elementi di P1 e P2 analizzando come avviene l'attivazione di un elemento di P2 attraverso un elemento di P1. Ad esempio nel caso del problema di Duncker vengono mappati come correlati i concetti di fortezza e tumore, o quelli di esercito e fascio di radiazioni.

**3. Individuare le azioni di P2 che possono portare ad una soluzione di P1:** Una volta risolto un problema PI salva nella soluzione le azioni che sono state compiute per risolverlo ("effectors"). Ad esempio nel problema della Fortezza le due azioni da compiere sono la suddivisione dell'esercito in truppe ed il loro spostamento su più lati. Gli effectors vengono poi applicati al problema P1 grazie alla mappatura compiuta nello step precedente.

**4. Tentativo di soluzione del problema P1.**

**5. Creazione di uno Schema:** se il problema P1 viene risolto PI cerca una astrazione di P1 e P2 creando uno '*schema*'



# Induzione in PI

Nella soluzione di problemi pratici l'inferenza induttiva risulta fondamentale e molto più complicata da applicare rispetto ad esempio alla deduzione; mentre infatti quest'ultima consente di determinare conclusioni vere da premesse vere, l'induzione ammette sempre un certo grado di incertezza e si fonda sui casi osservati. Si ricordi ad esempio il noto esempio proposto da Popper il quale afferma che dalla ripetuta osservazione che i corvi sono di colore nero, non si può indurre la legge generale che tutti i corvi sono neri, in quanto si potrebbe sempre presentare il caso di un corvo ad esempio bianco.

# Induzione in PI

Nella soluzione di problemi pratici l'inferenza induttiva risulta fondamentale e molto più complicata da applicare rispetto ad esempio alla deduzione; mentre infatti quest'ultima consente di determinare conclusioni vere da premesse vere, l'induzione ammette sempre un certo grado di incertezza e si fonda sui casi osservati. Si ricordi ad esempio il noto esempio proposto da Popper il quale afferma che dalla ripetuta osservazione che i corvi sono di colore nero, non si può indurre la legge generale che tutti i corvi sono neri, in quanto si potrebbe sempre presentare il caso di un corvo ad esempio bianco.

Questa difficoltà si basa sulla considerazione che, secondo la tradizione filosofica, per fare una induzione è necessario considerare tutti i casi osservati (per Popper ciò non è sufficiente). Da un punto di vista pratico questa procedura è inefficiente e infatti le persone comuni quando compiono un'induzione non operano in questo modo; PI dunque basa i suoi algoritmi induttivi sui messaggi, concetti e regole attivi in quel particolare istante.

# Induzione in PI

Nella soluzione di problemi pratici l'inferenza induttiva risulta fondamentale e molto più complicata da applicare rispetto ad esempio alla deduzione; mentre infatti quest'ultima consente di determinare conclusioni vere da premesse vere, l'induzione ammette sempre un certo grado di incertezza e si fonda sui casi osservati. Si ricordi ad esempio il noto esempio proposto da Popper il quale afferma che dalla ripetuta osservazione che i corvi sono di colore nero, non si può indurre la legge generale che tutti i corvi sono neri, in quanto si potrebbe sempre presentare il caso di un corvo ad esempio bianco.

Questa difficoltà si basa sulla considerazione che, secondo la tradizione filosofica, per fare una induzione è necessario considerare tutti i casi osservati (per Popper ciò non è sufficiente). Da un punto di vista pratico questa procedura è inefficiente e infatti le persone comuni quando compiono un'induzione non operano in questo modo; PI dunque basa i suoi algoritmi induttivi sui messaggi, concetti e regole attivi in quel particolare istante.

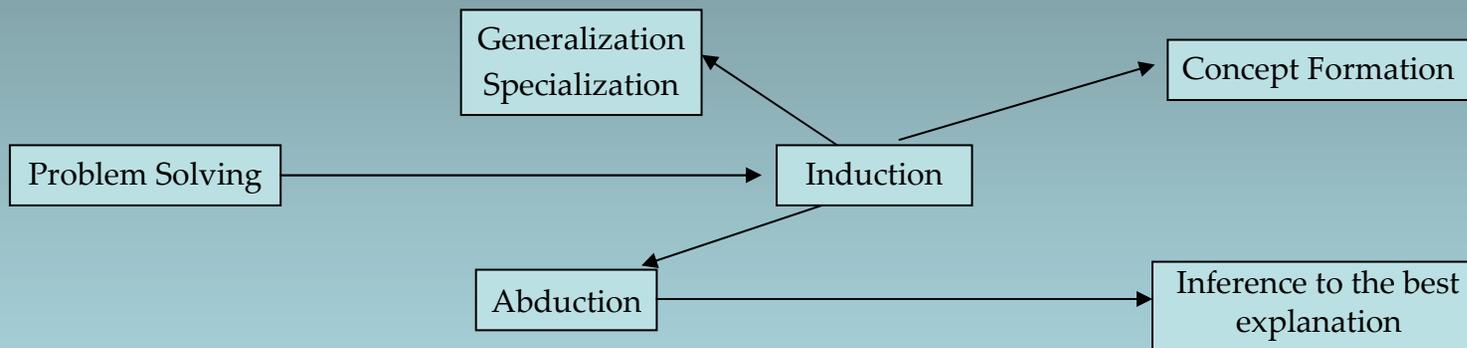
Le Inferenze induttive operate da PI sono esemplificate nello schema seguente:

# Induzione in PI

Nella soluzione di problemi pratici l'inferenza induttiva risulta fondamentale e molto più complicata da applicare rispetto ad esempio alla deduzione; mentre infatti quest'ultima consente di determinare conclusioni vere da premesse vere, l'induzione ammette sempre un certo grado di incertezza e si fonda sui casi osservati. Si ricordi ad esempio il noto esempio proposto da Popper il quale afferma che dalla ripetuta osservazione che i corvi sono di colore nero, non si può indurre la legge generale che tutti i corvi sono neri, in quanto si potrebbe sempre presentare il caso di un corvo ad esempio bianco.

Questa difficoltà si basa sulla considerazione che, secondo la tradizione filosofica, per fare una induzione è necessario considerare tutti i casi osservati (per Popper ciò non è sufficiente). Da un punto di vista pratico questa procedura è inefficiente e infatti le persone comuni quando compiono un'induzione non operano in questo modo; PI dunque basa i suoi algoritmi induttivi sui messaggi, concetti e regole attivi in quel particolare istante.

Le Inferenze induttive operate da PI sono esemplificate nello schema seguente:

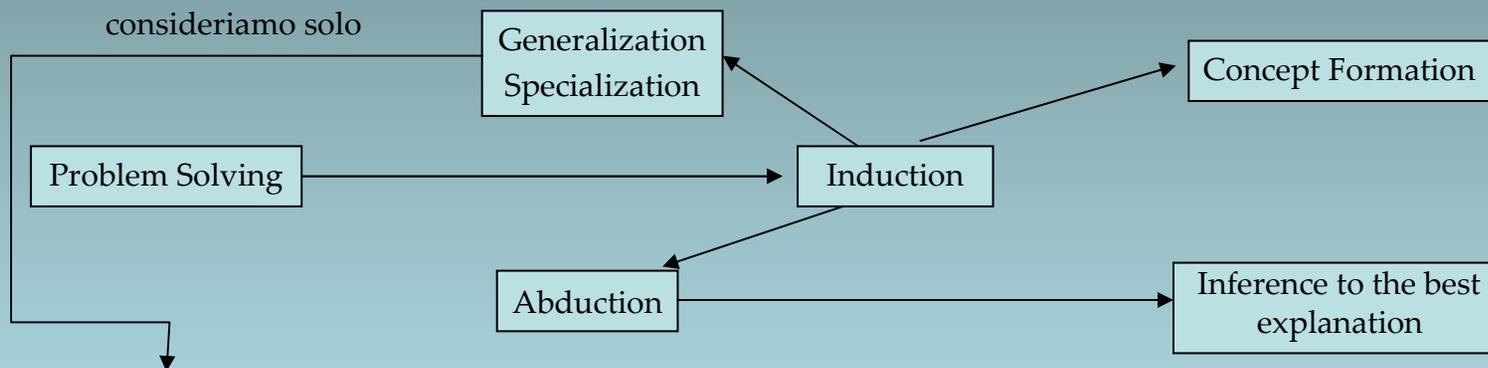


# Induzione in PI

Nella soluzione di problemi pratici l'inferenza induttiva risulta fondamentale e molto più complicata da applicare rispetto ad esempio alla deduzione; mentre infatti quest'ultima consente di determinare conclusioni vere da premesse vere, l'induzione ammette sempre un certo grado di incertezza e si fonda sui casi osservati. Si ricordi ad esempio il noto esempio proposto da Popper il quale afferma che dalla ripetuta osservazione che i corvi sono di colore nero, non si può indurre la legge generale che tutti i corvi sono neri, in quanto si potrebbe sempre presentare il caso di un corvo ad esempio bianco.

Questa difficoltà si basa sulla considerazione che, secondo la tradizione filosofica, per fare una induzione è necessario considerare tutti i casi osservati (per Popper ciò non è sufficiente). Da un punto di vista pratico questa procedura è inefficiente e infatti le persone comuni quando compiono un'induzione non operano in questo modo; PI dunque basa i suoi algoritmi induttivi sui messaggi, concetti e regole attivi in quel particolare istante.

Le Inferenze induttive operate da PI sono esemplificate nello schema seguente:



## Generalizzazione in PI:

Se la lista dei messaggi attivi include l'informazione che alcuni oggetti si riferiscono a due concetti differenti, allora si tenta di verificare che questo sia valido sempre. A tale fine si utilizza l'informazione contenuta nei concetti e nelle regole che si sta considerando. Se ad esempio sono attivi gli oggetti: (a) **Rame((obj14) true 1)** e (b) **ConduceElettricità((obj14) true 1)**, PI tenta la generalizzazione che tutti gli oggetti in rame conducono elettricità.

La generalizzazione avviene se non si presentano contro-esempi fra i messaggi attivi, se la generalizzazione non è già stata compiuta, oppure se la **variabilità** associata agli elementi che intervengono nella generalizzazione è relativamente bassa. Quest'ultimo aspetto è interessante perché è più facile generalizzare elementi che hanno una bassa variabilità, piuttosto che quelli che ne presentano una alta; ad esempio risulta più facile generalizzare la legge che un metallo conduce elettricità da pochi esempi, piuttosto che individuare una generalizzazione del colore del becco di un uccello da pochi casi osservati