

Introduzione all'Intelligenza Artificiale

Federico Matteoni

A.A. 2019/20

Indice

1	Agenti Intelligenti	5
1.1	Intelligenza	5
1.2	Agenti	5
1.2.1	Caratteristiche	6
1.2.2	Percezioni e Azioni	6
1.2.3	Agente e ambiente	6
1.2.4	Agenti Razionali	7
1.2.5	Agenti Autonomi	7
1.3	Ambienti	8
1.3.1	PEAS	8
1.3.2	Simulatore di Ambienti	8
1.3.3	Proprietà dell'Ambiente-Problema	9
1.4	Struttura di un Agente	10
1.4.1	Strutture di Agenti Caratteristici	10
1.4.2	Tipi di rappresentazione	13
2	Problem Solving	15
2.1	Agenti Risolutori di Problemi	15
2.1.1	Processo di risoluzione	15
2.2	Algoritmi di Ricerca	16

Introduzione

Alessio Micheli, Maria Simi

elearning.di.unipi.it/course/view.php?id=174

Intelligenza Artificiale si occupa della **comprensione** e della **riproduzione** del comportamento *intelligente*.

Psicologia cognitiva: obiettivo comprensione intelligenza umana, costruendo modelli computazionali e verifica sperimentale.

Approccio costruttivo: costruire entità dotate di intelligenze e **razionalità**. Questo tramite codifica del pensiero razionale per risolvere problemi che richiedono intelligenza non necessariamente facendolo come lo fa l'uomo.

Definizioni di IA: pensiero-azione, umanamente-razionalmente.

Costruire macchine intelligenti sia che operino come l'uomo che diversamente.

formalizzaz conoscenze e meccanizzazione ragionemtno in tutti i settori dell'uomo

comprensione tramite modelli comp della psicologia e comportamento di uomini, animali ecc

rendere il lavoro con il calcolatore altrettanto facile e utile che del lavoro con persone capaci, abili e disponibili.

Poniamo definizione di IA: arte di creare macchine che svolgono funzioni che richiedono intelligenza quando svolte da esseri umani. Non definisce "Intelligenza", cosa significa "intelligente"?

Capitolo 1

Agenti Intelligenti

1.1 Intelligenza

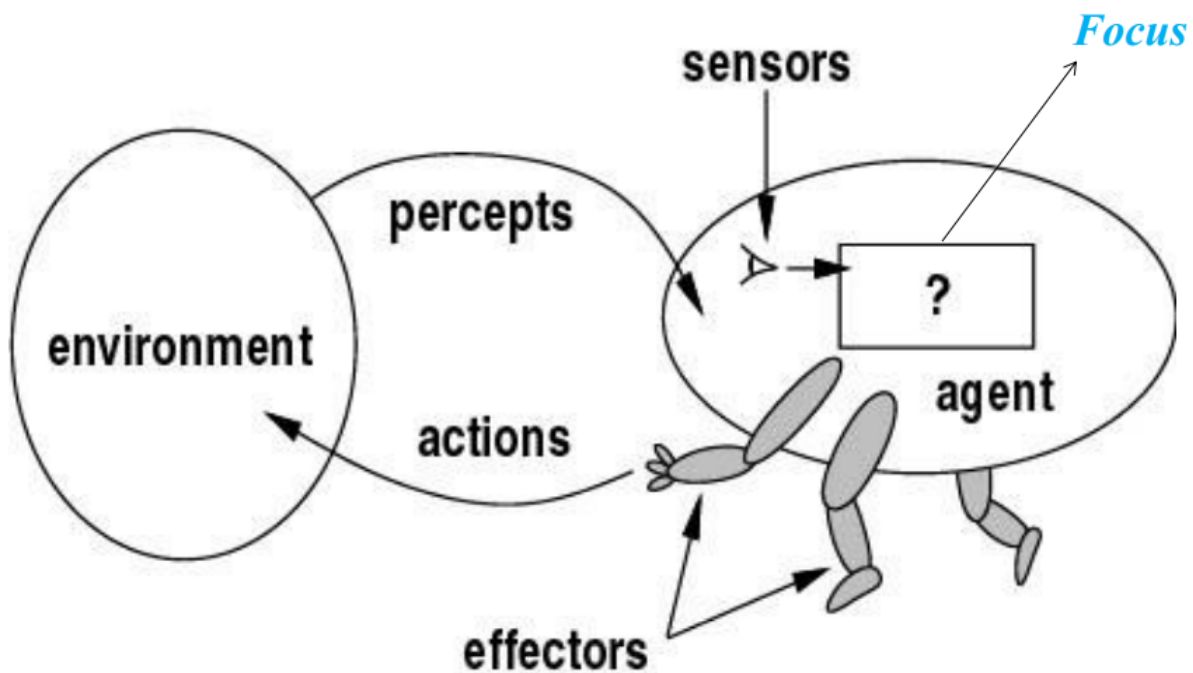
L'intelligenza è vista come l'avere diverse capacità, durante il progresso nell'area di ricerca: buon senso, interazione con un ambiente, acquisizione di esperienza, comunicazione, ragionamento logico...

Considerazioni L'intelligenza quindi non è una collezione di tecniche per risolvere problemi **specifici**, ma per l'informatica consiste nel **fornire metodologie sistematiche per dotare le macchine di comportamenti intelligenti/razionali** su problemi generali *difficili*.

1.2 Agenti

Iniziamo con inquadrare gli **agenti**. L'approccio moderno dell'IA consiste della costruzione di agenti intelligenti. Questa visione ci offre un quadro di riferimento ed una prospettiva **diversa** all'analisi dei sistemi software.

Il primo obiettivo sarà di costruire agenti per la risoluzione di problemi vista come una **ricerca in uno spazio di stati** (problem solving)



Ciclo *percezione- azione*

1.2.1 Caratteristiche

Sono qualcosa di più di un modulo software.

Situati Gli agenti sono **situati in un ambiente** da cui **ricevono percezioni** e su cui **agiscono** mediante **azioni** (attuatori).

Sociali Gli agenti hanno **abilità sociali**: comunicano, collaborano e si difendono da altri agenti.

Credenze, obiettivi, intenzioni...

Corpo Gli agenti hanno un **corpo**, sono **embodied** fino a considerare i meccanismi delle emozioni.

1.2.2 Percezioni e Azioni

Percezione Una percezione è un input da sensori.

Sequenza percettiva Storia **completa** delle percezioni

La scelta delle azioni è **unicamente determinata dalla sequenza percettiva**.

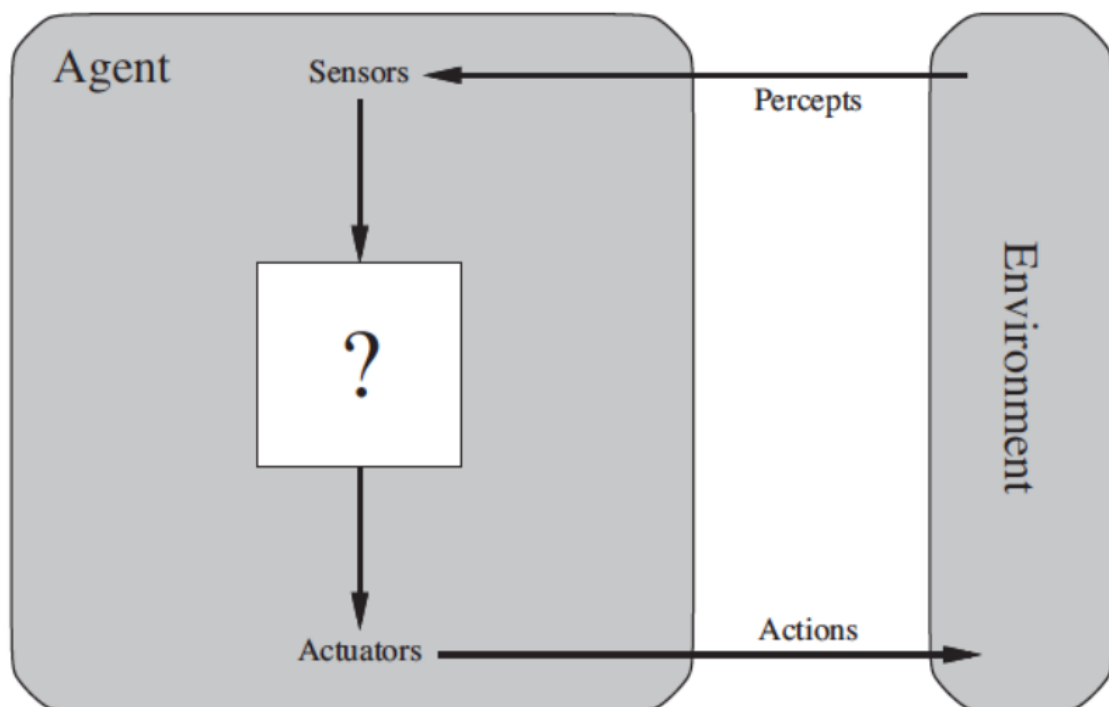
Funzione Agente Definisce l'azione da intraprendere per ogni sequenza percettiva e **descrive completamente l'agente**. Implementata da un **programma agente**.

$$\text{Sequenza Percettiva} \rightarrow^f \text{Azione}$$

Il compito dell'IA è progettare il programma agente.

1.2.3 Agente e ambiente

Architettura astratta



Esempi

Agente robotico Percepisce con camera, microfoni e sensori. Interagisce con motori, voce...

Agente finanziario Percepisce i tassi, le news. Interagisce con acquisti e scambi.

Agente di gioco Percepisce le mosse dell'avversario. Interagisce tramite le proprie mosse.

Agente diagnostico Percepisce i sintomi e le analisi dei pazienti. Interagisce fornendo la diagnosi.

Agente web Percepisce le query utente e le pagine web. Interagisce fornendo i risultati di ricerca.

1.2.4 Agenti Razionali

Agenti razionali Un agente razionale **interagisce con l'ambiente in maniera efficace**: "*fa la cosa giusta*". L'agente razionale raggiunge l'obiettivo nella maniera più efficiente. Serve quindi una **misura di prestazione**, di *come vogliamo che il mondo evolva*, a seconda del problema e considerato l'ambiente.

Esterna, perché bisogna definirla *prima* di agire. Non si può definire l'obiettivo dopo aver iniziato ad agire, altrimenti non è significativo.
Esempio: la volpe che non arriva all'uva.

Scelta dal progettista a seconda del problema e considerando l'effetto che ha sull'ambiente.

Razionalità La razionalità è relativa/dipende da:

Misura delle prestazioni

Conoscenze pregresse dell'ambiente

Percezioni presenti e passate (sequenza percettiva)

Capacità dell'agente (le azioni possibili)

Definizione Un agente razionale, quindi, **esegue l'azione che massimizza il valore atteso della misura delle prestazioni per ogni sequenza di percezioni**, considerando le sue percezioni passate e la sua conoscenza pregressa.

Non si pretende perfezione e conoscenza del futuro, ma massimizzare il risultato *atteso*. Potrebbero essere necessarie azioni di acquisizione di informazioni o esplorative (**non onniscenza**).

Le capacità dell'agente possono essere limitate (**non onnipotenza**).

Razionalità e apprendimento Raramente il programmatore può fornire a priori tutta la conoscenza sull'ambiente. L'agente razionale, quindi, **deve essere in grado di modificare il proprio comportamento con l'esperienza**, cioè con le percezioni passate.

Può migliorarsi esplorando, **apprendendo**, aumentando la propria autonomia per operare in ambienti differenti o mutevoli.

1.2.5 Agenti Autonomi

Un agente è **autonomo quando il suo comportamento dipende dalla sua esperienza**. Se il suo comportamento fosse determinato solo dalla propria conoscenza *built-int* allora sarebbe **non autonomo** e poco flessibile.

1.3 Ambienti

Definire un problema per un agente significa **caratterizzare l'ambiente in cui lavora**, cioè l'**ambiente operativo**. L'agente razionale è la soluzione del problema.

1.3.1 PEAS

Performance, prestazioni

Environment, ambiente

Actuators, attuatori

Sensors, sensori

Esempio Autista di taxi

Prestazione	Ambiente	Attuatori	Sensori
Arrivare alla destinazione, sicuro, veloce, ligio alla legge, confortevole, consumo minimo di benzina, profitti massimi	Strada, altri veicoli, clienti	Sterzo, acceleratore, freni, frecce, clacson	Telecamere, sensori, GPS, contachilometri, accelerometro, sensori del motore...

Formulazione PEAS dei problemi

Problema	P	E	A	S
Diagnosi medica	Diagnosi corretta	Pazienti, ospedale	Domande, suggerimenti, test, diagnosi	Sintomi, test clinici, risposte del paziente
Analisi immagini	Numero di immagini/zone correttamente classificate	Collezione di fotografie	Etichettatore di zone nell'immagine	Array di pixel
Robot "selezionatore"	Numero delle parti correttamente classificate	Nastro trasportatore	Raccogliere le parti e metterle nei cestini	Telecamera (pixel di varia intensità)
Giocatore di calcio	Fare più goal dell'avversario	Altri giocatore, campo di calcio, porte	Dare calci al pallone, correre	Locazione del pallone, dei giocatori e delle porte

1.3.2 Simulatore di Ambienti

Uno **strumento software** con il compito di:

Generare gli stimoli per gli agenti

Raccogliere le azioni in risposta

Aggiornare lo stato dell'ambiente

Opzionalmente, attivare altri processi che influenzano l'ambiente

Valutare le prestazioni degli agenti

Gli esperimenti su classi di ambienti (variando le condizioni) sono essenziali per valutare la capacità di generalizzare. La valutazione delle prestazioni è fatta tramite la media su più istanze.

1.3.3 Proprietà dell'Ambiente-Problema

- **Osservabilità**

Completamente osservabile: l'apparato percettivo è in grado di dare una conoscenza completa dell'ambiente o almeno tutto quello che serve a decidere l'azione.

Parzialmente osservabile: sono presenti limiti o inaccuratezze nell'apparato sensoriale. (Es. la videocamera di un rover vede solo parte dell'ambiente in un dato istante).

- **Singolo/Multi-Agente**

Distinzione tra agente e non agente: il mondo può cambiare anche attraverso **eventi**, non necessariamente per le azioni di agenti.

Multi-Agente Competitivo, come gli scacchi: comportamento randomizzato ma razionale.

Multi-Agente Cooperativo, o benigno: stesso obiettivo e comunicazione.

- **Predicibilità**

Deterministico: lo stato successivo è completamente determinato dallo stato corrente e dall'azione.

Stocastico: esistono elementi di incertezza con probabilità associata. Es: guida, tiro in porta.

Non deterministico: si tiene traccia di più stati possibili che sono risultato dell'azione, ma non in base ad una probabilità.

- **Episodico:** l'esperienza dell'agente è divisa in episodi atomici indipendenti. In ambienti episodici non c'è bisogno di pianificare.

Sequenziale: ogni decisione influenza le successive.

- **Statico:** il mondo non cambia mentre l'agente decide l'azione.

Dinamico: l'ambiente cambia nel tempo, va osservata la contingenza. Tardare equivale a non agire.

Semi-dinamico: l'ambiente non cambia ma la valutazione dell'agente sì. Es: scacchi con timer, se non agisco prima dello scadere perdo.

- **Discreto/Continuo**

Lo stato, il tempo, le percezioni e le azioni sono tutti elementi che possono assumere valori discreti o continui. Combinatoriale (nel discreto) *vs* infinito (nel continuo).

- **Noto/Ignoto**

Distinzione riferita allo stato di conoscenza dell'agente sulle leggi fisiche dell'ambiente. **L'agente conosce l'ambiente o deve compiere azioni esplorative?**

Noto \neq osservabile: posso giocare a carte coperte, ma con regole note.

Ambienti reali Parzialmente osservabili, stocastici, sequenziali, dinamici, continui, multi-agente e ignoti.

1.4 Struttura di un Agente

Agente = Architettura + Programma

$\text{Ag}: P \rightarrow Az$

L'**Agente** associa **Azioni** alle **Percezioni**. Il **programma dell'agente** implementa la funzione **Ag**.

Programma Agente Pseudocodice del programma agente.

```
function Skeleton-Agent(percept) returns action
  static: memory #la memoria del mondo posseduta dall'agente
  memory <- UpdateMemory(memory, percept)
  action <- Choose-Best-Action(memory) #Cuore dell'IA
  memory <- UpdateMemory(memory, action)
  return action
```

1.4.1 Strutture di Agenti Caratteristici

Agente basato su tabella La scelta dell'azione è un accesso ad una tabella che **associa un'azione ad ogni possibile sequenza di percezioni**.

Vari **problemi**:

Le **dimensioni** possono essere proibitive: per giocare a scacchi, la tabella dovrebbe contenere un numero di righe nell'ordine di $10^{120} \gg 10^{80}$ numero di atomi nell'universo osservabile.

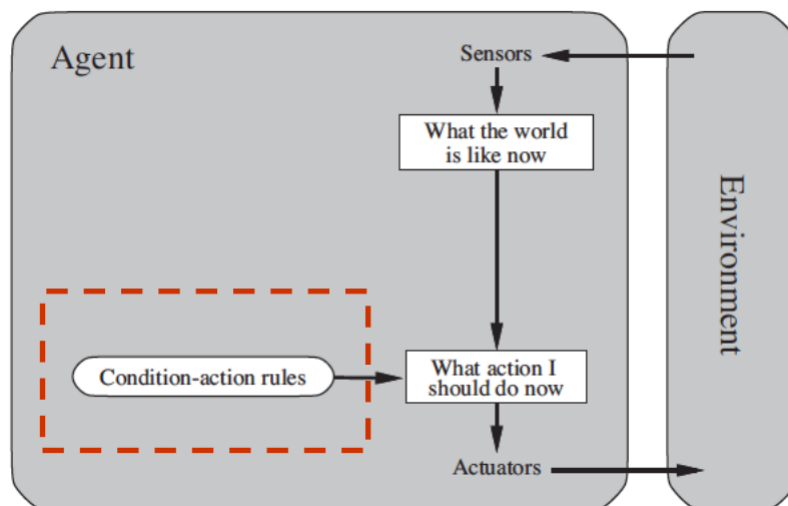
Difficile da costruire

Nessuna autonomia

Difficile da aggiornare, apprendimento complesso.

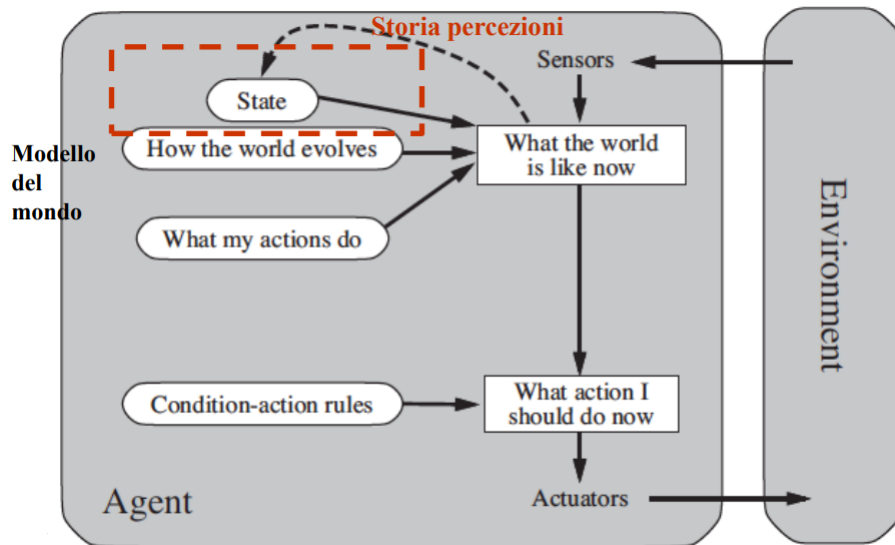
Con le IA vogliamo realizzare **automi razionali con un programma compatto**.

Agente Reattivo Semplice



```
function Agente-Reattivo-Semplice(percezione) returns azione
  persistent: regole #insieme di regole condizione-azione (if-then)
  stato <- Interpreta-Input(percezione)
  regola <- Regola-Corrispondente(stato, regole)
  azione <- regola.Azione
  return azione
```

Agenti basati su modello

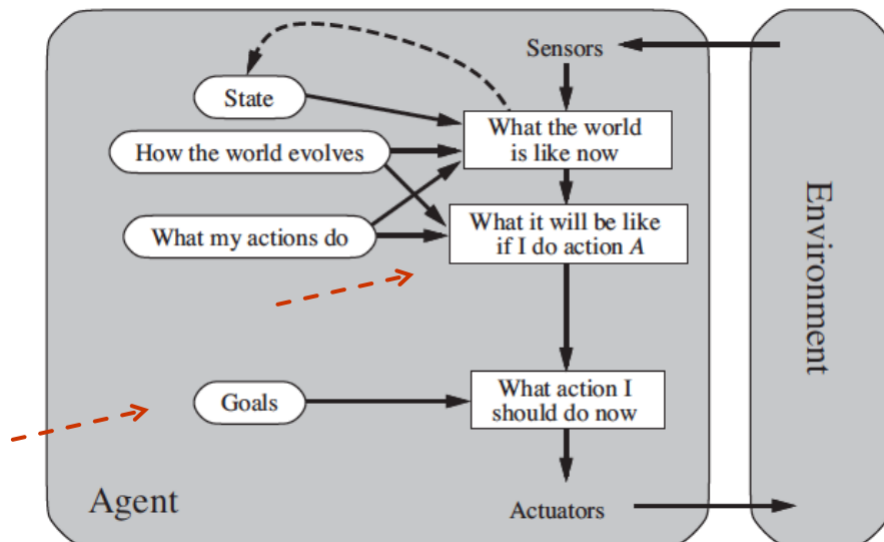


```

function Agente-Basato-su-Modello(percezione) returns azione
  persistent:
    stato #descrizione dello stato corrente
    modello #conoscenza del mondo
    regole #insieme di regole condizione-azione
    azione #azione piu recente
  stato <- Aggiorna-Stato(stato, azione, percezione, modello)
  regola <- Regola-Corrispondente(stato, regole)
  azione <- regola.Azione
  return azione

```

Agenti con obiettivo Bisogna pianificare una sequenza di azioni per raggiungere l'obiettivo. (In rosso sono indicate le parti aggiunte)



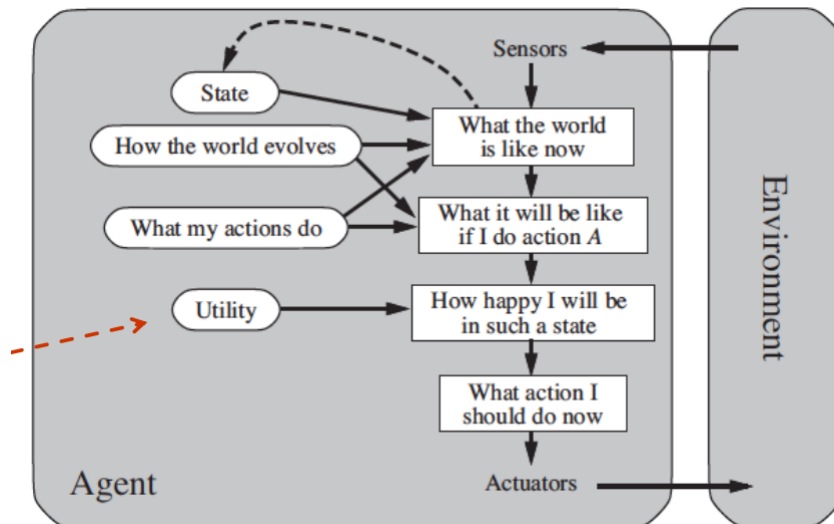
Sono guidati da un obiettivo nella scelta che intraprendono, è stato fornito un goal esplicito: per esempio una città da raggiungere.

A volte l'azione migliore dipende dall'obiettivo da raggiungere (*da che parte devo girare?*)

Devo pianificare una sequenza di azioni per raggiungere l'obiettivo. Sono meno efficienti ma più flessibili rispetto ad un agente reattivo. L'obiettivo può cambiare, non è codificato nelle regole.

Esempio classico: ricerca della sequenza di azioni per raggiungere una data destinazione.

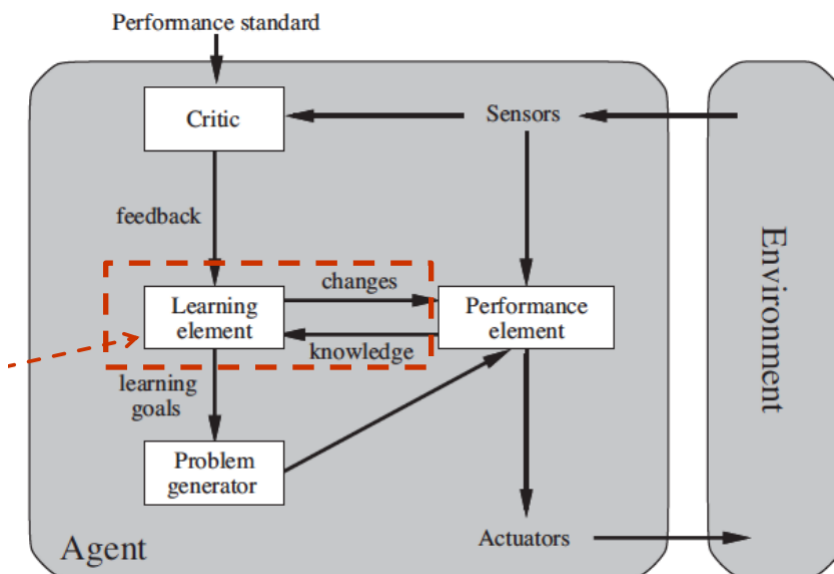
Agenti con valutazione di utilità



Obiettivi alternativi, o più modi per raggiungerlo: l'agente deve decidere verso quali muoversi, quindi è **necessaria una funzione di utilità** che associa ad uno stato obiettivo un numero reale.

Obiettivi più facilmente raggiungibili di altri: la funzione di utilità **tiene conto della probabilità di successo** e/o di ciascun risultato (**utilità attesa** o media)

Agenti che apprendono



Componente di apprendimento: produce cambiamenti al programma agente. Migliora le prestazioni, adattando i suoi componenti ed apprendendo dall'ambiente

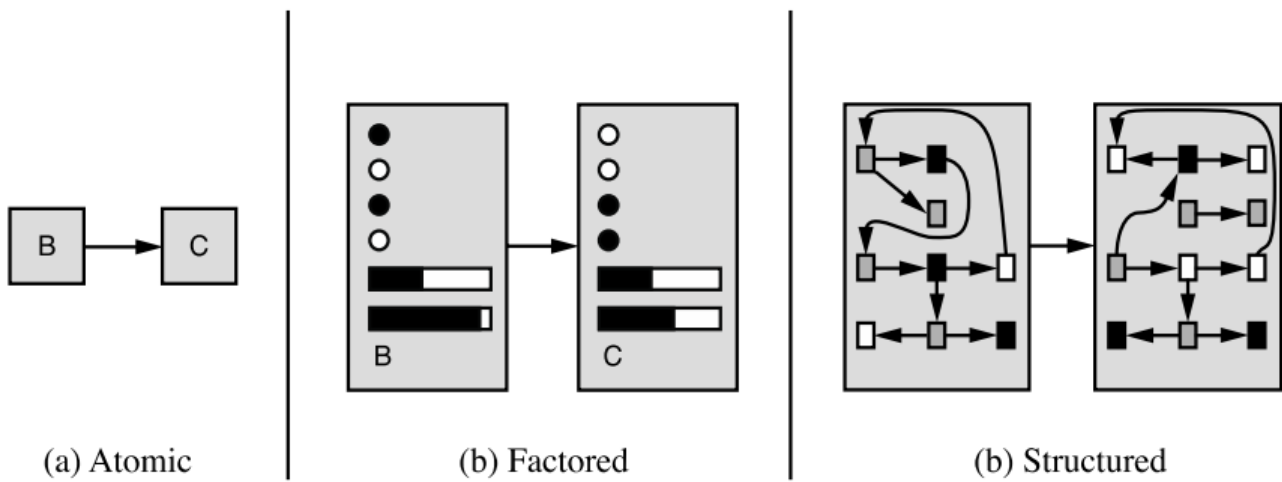
Elemento esecutivo: il programma agente

Elemento critico: osserva e dà feedback sul comportamento

Generatore di problemi: suggerisce nuove situazioni da esplorare

1.4.2 Tipi di rappresentazione

Stati e transizioni

**Rappresentazione atomica** (stati)**Rappresntazione fattorizzata** (+ variabili e attributi)**Rappresentazione strutturata** (+ relazioni)

Capitolo 2

Problem Solving

2.1 Agenti Risolutori di Problemi

Paradigma Questi agenti adottano il paradigma della **risoluzione di problemi come ricerca in uno spazio di stati (problemi solving)**. Sono **agenti con modello** (storia, percezioni) che **adottano una rappresentazione atomica dello stato**. Sono **particolari agenti con obiettivo** che **pianificano l'intera sequenza di azioni** prima di agire.

2.1.1 Processo di risoluzione

Passi da seguire

1. **Determinazioni dell'obiettivo:** un insieme di stati dove l'obiettivo è soddisfatto.
2. **Formulazione del problema:** rappresentazione degli stati e delle azioni.
Fa parte del design "umano".
3. **Determinazione della soluzione** mediante ricerca: un piano d'azione
4. **Esecuzione del piano**
Soluzione algoritmica.

La determinazione dell'obiettivo e la formulazione del problema richiede **tanta intelligenza**, che in fase di design è **spostata sull'umano**. Gli algoritmi sono ancora "*stupidi*".

Assunzioni sull'ambiente **Statico, osservabile** (so dove sono, es: *viaggio con la mappa*), **discreto** (insieme finito di azioni possibili), **deterministico** (una azione \Rightarrow un risultato. L'agente può eseguire il piano "*ad occhi chiusi*", niente può andare storto)

Formulazione del problema Un problema può essere **definito formalmente** mediante cinque componenti:

1. **Stato iniziale**
2. **Azioni possibili** nello stato **s**: **Azioni(s)**
3. **Modello di transizione**
Risultato: stato \times azione \longrightarrow stato
Risultato(**s**, **a**): **s'**, uno stato **successore**
4. **Test obiettivo:** un insieme di stati obiettivo
Goal-Test: stato \longrightarrow {true, false}
5. **Costo del cammino:** somma dei costi delle azioni (costo dei passi).
Costo di un passo: **c(s, a, s')**, mai negativo.

1, 2 e 3 **definiscono implicitamente lo spazio degli stati**. Definirlo esplicitamente può essere molto oneroso, come in quasi tutti i problemi di IA.

2.2 Algoritmi di Ricerca

*Il processo che cerca una sequenza di azioni che raggiunge l'obiettivo è detto **ricerca**.*

Algoritmi Gli algoritmi di ricerca prendono in **input un problema** e **restituiscono un cammino soluzione**, un cammino che porta dallo stato iniziale allo stato goal.

Misura delle prestazioni Trova una soluzione? Quanto costa trovarla? Quanto è efficiente la soluzione?

$$\text{Costo Totale} = \text{Costo della Ricerca} + \text{Costo del Cammino Soluzione}$$

Valuteremo algoritmi sul primo, ottimizzando il secondo.