Intelligenza Artificiale

Introduzione

Alberto Broggi

Programma del corso

- Introduzione (2 ore)
- Ricerca di soluzioni di problemi (8 ore)
- Java + esercitazioni (4-6 ore)
- Logica (8 ore)
- Programmazione genetica (4 ore)
- Prolog + esercitazioni (6-8 ore)
- Reti neurali (2 ore)
- Architetture di elaborazione (2 ore)
- Esercitazioni - Tesine (20 ore)

Testi di riferimento

- S.Russell, P.Norvig, "Artificial Intelligence: a Modern Approach," Prentice Hall, 1995.

  http://www.ce.berkeley.edu/~russell/aima.html

- Elaine Rich, Kevin Knight, "Intelligenza Artificiale," seconda eizione, McGraw-Hill

Pagina web del corso:

http://www.ce.unipr.it/~broggi/intart

Intelligenza Artificiale

È una disciplina che si occupa della

1. Comprensione e
2. Riproduzione

del pensiero intelligente.

Esistono due diversi approcci:

- IA forte
- IA debole

Intelligenza Artificiale

- *Approccio della psicologia cognitiva (IA forte):*
  - **task**: comprensione e simulazione dell'intelligenza umana
  - **metodo**: costruzione di modelli computazionali plausibili della mente umana e dei suoi processi
  - **criterio di successo**: risolvere i problemi con gli stessi processi usati dall'uomo
- *Approccio ingegneristico (IA debole):*
  - **task**: costruzione di entità dotate di intelligenza razionalizzata o razionalità
  - **metodo**: continuazione della tradizione logicistica di Aristotele, codifica del pensiero razionale
  - **criterio di successo**: più pratico ed utilitaristico; l'importante è risolvere i problemi che richiedono intelligenza

Cos'è l'Intelligenza

"Qualità mentale che consiste nella abilità di apprendere dall'esperienza, di adattarsi a nuove situazioni, comprendere e gestire concetti astratti. E utilizzare conoscenza per agire sul proprio ambiente"

[Enciclopedia Britannica]

Cos'è l'Intelligenza Artificiale

- È lo studio di come rendere i calcolatori capaci di pensare nel vero senso letterale del termine (Haugeland, 1985).

  Cioè realizzare sistemi che *pensano come gli uomini*.

- È lo studio di come far fare ai calcolatori cose che, ore come ora, gli uomini fanno meglio (Rich and Knigth, 1991).

  Cioè realizzare sistemi che *agiscono come gli uomini*.

Cos'è l'Intelligenza Artificiale

- È lo studio delle facoltà mentali attraverso l'uso di modelli computazionali (Charniak and McDermott, 1985).

  Cioè realizzare sistemi che *pensano razionalmente*.

- È lo studio di come spiegare ed emulare il comportamento intelligente attraverso processi computazionali (Schalkoff, 1990).

  Cioè realizzare sistemi che *agiscono razionalmente*.

Cos'è l'Intelligenza Artificiale

- È un ramo dell'ingegneria?
- È un ramo dell'informatica?
- È un ramo delle scienze cognitive?
- È un ramo della filosofia?
- È una scienza?

I problemi dell'Intelligenza Artificiale

- Attività formali:
  - giochi
  - dimostrazioni automatiche di teoremi, geometria, logica
- Attività quotidiane:
  - precezione visiva, percezione audio
  - linguaggio naturale (comprensione, generazione, traduzione)
  - ragionamento di senso comune
- Attività specializzate:
  - sistemi esperti (analisi scientifica, diagnosi medica, analisi finanziaria, progetto in ingegneria)

Le basi dell'Intelligenza Artificiale

- L'Intelligenza Artificiale è una campo di ricerca giovane (1943)

- l'Intelligenza Artificiale si basa sulle idee e risultati ottenuti in altri campi:
  - Filosofia
  - Matematica
  - Ingegneria dei calcolatori
  - Psicologia
  - Linguistica

Basi Filosofiche (428 BC -)

- Platone nel 428 BC: descrive un dialogo in cui Socrate cerca un algoritmo per distinguere la pietà dalla non-pietà
- Aristotele cerca di formulare le leggi che governano la parte razionale della mente
- Rene Descartes (1596-1650) propone la tesi del dualismo
- Wilhelm Leibniz (1646-1716) propone la tesi del materialismo

Basi Filosofiche (428 BC -)

- Francis Bacon (1561-1626) con il suo lavoro "*Novum Organum"* da vita al movimento degli empiricisti
- David Hume (1711-1776) nel suo lavoro "*A Treatise of Human Nature"* propone il principio dell'induzione
- Bertrand Russell (1872-1970) introduce il positivismo logico

Basi Matematiche (1800 -)

- George Boole (1815-1864) introduce un linguaggio formale per fare dell'inferenza logica

- Gottlob Frege (1848-1925) definisce una logica che, eccetto alcune modifiche di notazione, è la logica del prim'ordine usata in gran parte dei sistemi odierni di rappresentazione della conoscenza

Basi Matematiche (1800 -)

- Alfred Tarski (1902-1983) introduce una teoria che permette di mettere in relazione gli oggetti del mondo reale con gli oggetti di una rappresentazione logica

- Kurt Godel (1906-1978) prova il cosiddetto problema dell'indecidibilità

- Alan Turing (1912-1954) introduce la cosiddetta macchina di Turing e la tesi di Church-Turing

Basi Psicologiche (1879 -)

- Herman von Helmholz (1821-1894) e Wilhelm Wundt (1832-1920) applicano il metodo scientifico allo studio della visione umana

- John Watson (1878-1958) e Edward Lee Thorndike (1874-1949) con il loro movimento del comportamentalismo basano le loro teorie sui concetti di stimolo e risposta e rifiutano ogni teoria basata su processi mentali

Basi dell'Ingegneria dei Calcolatori (1940 -)

- Nel 1940 in Inghilterra venne costruito dal gruppo di Alan Turing il primo computer moderno, Heath Robinson
- Nel 1941 in Germania venne costruito da Konraad Zuse il primo computer programmabile, Z-3
- Tra il 1940 e il 1942 negli Stati Uniti venne realizzato il primo calcolatore elettronico, ABC
- Nel 1945 viene realizzato per Z-3, il primo linguaggio di programmazione ad alto livello

Basi Linguistiche (1957 -)

- Nel 1957 Noam Chomsky descrive la teoria delle strutture sintattiche
- I modelli sintattici di Chomsky sono abbastanza formali da poter essere programmati

Storia dell'Intelligenza Artificiale

- Warren McCulloch e Walter Pitts nel 1943 propongono un modello di neurone artificiale
- Nel 1956 durante il workshop di Dartmounth John McCarthy coniò per questi tipi di ricerca il nome di Intelligenza Artificiale
- Allen Newell and Herbert Simon nel 1956 realizzano un programma di ragionamento, Logic Theorist
- Allen Newell and Herbert Simon nel 1956 realizzano un programma per la risoluzione di problemi, General Problem Solver

Storia dell'Intelligenza Artificiale

- John McCarthy nel 1958 definisce il LISP
- Nel 1963 Marvin Minsky incarica un gruppo di studenti di risolvere alcuni semplici problemi che sembravano richiedere intelligenza
- Nel 1969 Marvin Minsky e Seymour Papert nel loro libro, "*Perceptrons*", mettono in luce i limiti delle reti neurali
- Nello stesso anno, Arthur Bryson e Yu Chi Ho propongono l'argoritmo di apprendimento back propagation

Storia dell'Intelligenza Artificiale

- Nel 1969 il gruppo di Bruce Buchanan e Edward Feigenbaum realizza il primo sistema esperto, DENDRAL (analisi chimica)

- Nel 1976 lo stesso gruppo realizza MYCIM un sistema esperto per la diagnosi di infezioni del sangue

- Nel 1975 Marvin Minsky propone il frame come struttura per la rappresentazione della conoscenza

Storia dell'Intelligenza Artificiale

- Nel 1981 le autorità giapponesi annunciano l'avvio del progetto per la quinta generazione dei computer

- Nello stesso periodo sono sviluppati dei calcolatori, LISP Machine, con processori orientati all'esecuzione di programmi LISP

- Nel 1986 David Rumelhalt e James McClelland pubblicano i due libri "*Parallel Distributed Processing*"

Storia dell'Intelligenza Artificiale

- I cosiddetti modelli *"Hidden Markov"* permettono ai metodi di riconoscimento del parlato e della scrittura di essere usati in sistemi commerciali
- David Chapman ottiene una elegante sintesi dei programmi di pianificazione esistenti
- Le cosiddette *"Belief network"* diventano la base per il ragionamento incerto e i sistemi esperti
- Allen Newell, John Laird e Paul Rosembloom sviluppano SOAR

Sistemi Intelligenti

- Quando è che una macchina si può dire intelligente?

- Turing Test
  - elaborazione del linguaggio naturale
  - rappresentazione della conoscenza
  - ragionamento automatico
  - apprendimento

- Total Turing Test
  - visione
  - robotica

Sistemi Intelligenti

- Si riuscirà mai a passare il test di Turing?
  Forse no, ma possiamoaccontentarci di qualcosa in meno della completa imitazione di una persona:

- Utilizzo dell' IA in settori più specifici e limitati

- In questi casi i sistemi possono arrivare a comportarsi meglio della maggioranza delle persone (scacchi)

Sistemi Intelligenti

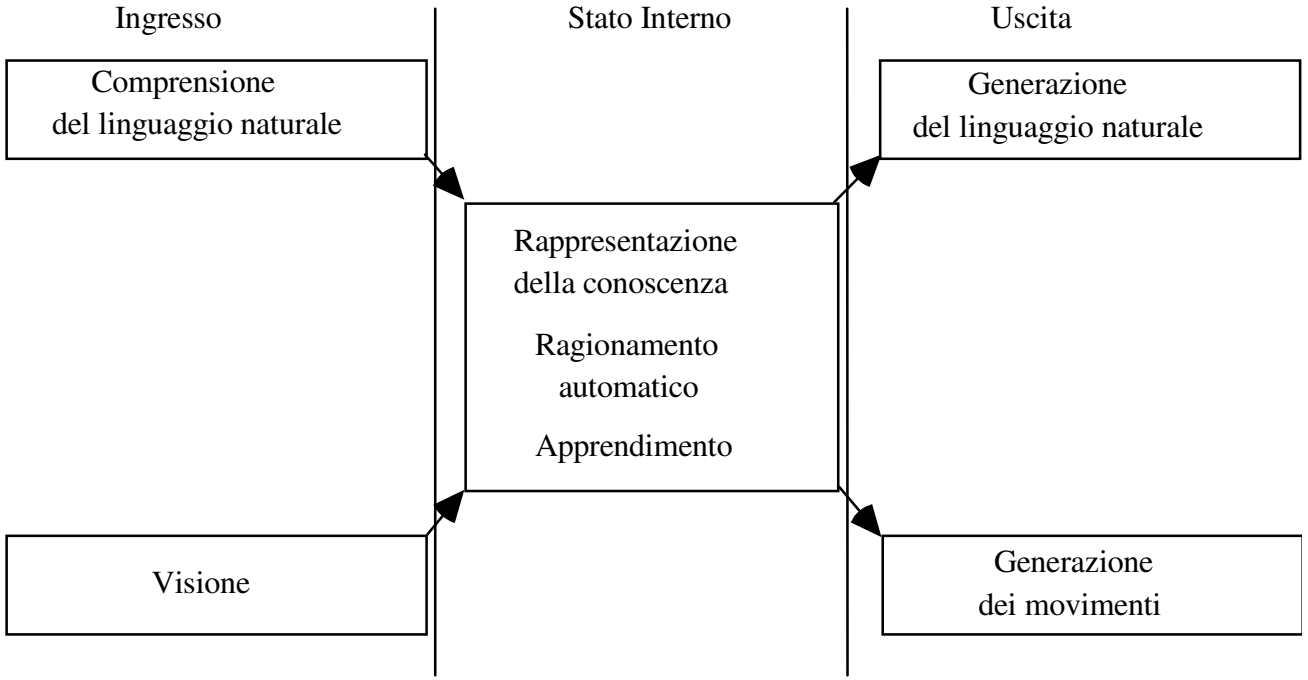
- Se lo scopo è quello di simulare il comportamento umano, la misura del successo è data dal grado di somiglianza delle prestazioni del sistema con il comportamento umano

- Importante: non si cerca il miglior comportamento possibile, ma si vuole che il sistema possa sbagliare, come l'uomo

- Quindi la domanda se una macchina abbia intelligenza o possa pensare è **troppo confusa** per poter dare una risposta precisa

Sistemi Intelligenti

Quali sono le componenti fondamentali di una macchina intelligente?



Campi di Applicazione

- Percezione
- Linguaggio Naturale
- Giochi
- Matematica
- Ingegneria
- Robotica
- Diagnosi Medica
- Analisi Finanziaria

Tecniche di Intelligenza Artificiale

- I problemi di IA coprono uno spettro larghissimo e sembra che possano avere poco in comune, eccetto la caratteristica di essere difficili

- L'obiettivo è cercare delle tecniche che possano essere sufficientemente generali

- Uno dei primi risultati certi della ricerca è che:

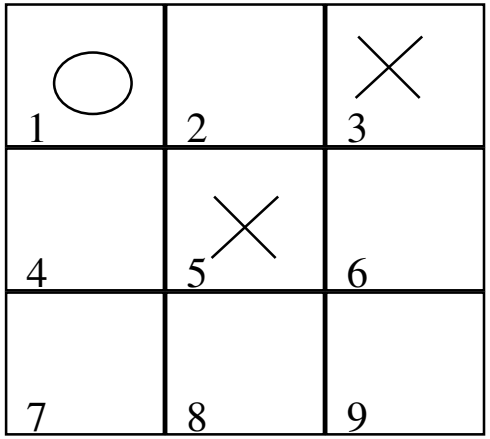
l'intelligenza richiede conoscenza

Tecniche di Intelligenza Artificiale

- Le tecniche di IA manipolano conoscenza
- La conoscenza ha alcune caratteristiche poco desiderabili:
  - è voluminosa
  - è difficile da caratterizzare con precisione
  - è in continuo cambiamento
- Le tecniche di IA sono metodi che sfruttano la conoscenza rappresentata in modo che:
  - dia conto delle generalizzazioni ('conoscenza' vs 'dati')
  - possa essere compresa/definita da coloro che devono fornirla
  - possa essere facilmente modificabile
  - possa essere utilizzata in molte situazioni anche se non è del tutto completa e precisa

Il gioco del filetto

- Con l'esempio del gioco del filetto cercheremo di capire cosa si intende per tecnica di IA



Il gioco del filetto: 1 soluzione

- **Strutture dati**
  - **int Quadro[9] dove:**
    - » **Quadro[i] = 0 se vuoto**
    - » **Quadro[i] = 1 se riempito con X**
    - » **Quadro[i] = 2 se riempito con O**
  - **int Quadro Mosse[9][19683]** **(19683=3^9)**
- **Algoritmo**
  - **si considera il vettore Quadro come se fosse un numero in base 3 e si converte in decimale**
  - **si usa questo numero per accedere ad un elemento del vettore Mosse**
  - **il valore dell'elemento è il nuovo valore di Quadro**

Il gioco del filetto: 1 soluzione

- **Vantaggi**
  - **Soluzione molto efficiente in termini di tempo**
  - **In teoria è in grado di giocare in modo ottimale**
- **Svantaggi**
  - **La memorizzazione della tabella che specifica le mosse corrette richiede molto spazio**
  - **La specifica di tutti gli elementi della tabella richiede molto lavoro**
  - **L'inserimento dei valori nella tabella può essere inficiato da errori**
  - **L'estensione del problema a una dimensione in più (ad es. 3D) richiederebbe di ripetere da capo l'analisi. Inoltre richiederebbe 3^{27} elementi nella tabella!**

Il gioco del filetto: 2 soluzione

- **Strutture dati**
  - **int Quadro[9] dove:**
    - » **Quadro[i] = 2 se vuoto**
    - » **Quadro[i] = 3 se riempito con X**
    - » **Quadro[i] = 5 se riempito con O**
  - **int Turno (da 1 a 9)**
- **Funzioni**
  - **Vai(n) esegue:**
    - » **Quadro[n] = 3 se Turno è dispari ; incrementa Turno**
    - » **Quadro[n] = 5 se Turno è pari ; incrementa Turno**
  - **Fai2() ritorna il primo quadro vuoto tra i quadri: 5,2,4,6,8**
  - **Possvit(p) ritorna 0 se il giocatore p non può vincere alla prossima mossa, altrimenti il quadro vincente**

Il gioco del filetto: 2 soluzione

- **Algoritmo**

```
se Turno = 1        allora Vai(1)
se Turno = 2        se Quadro[5] = 2 allora Vai(5) altrimenti Vai(1)
se Turno = 3        se Quadro[9] = 2 allora Vai(9) altrimenti Vai(3)
se Turno = 4        se Possvit(x) > 0 allora Vai(Possvit(x))
                    altrimenti Vai(Fai2())
se Turno = 5        se Possvit(x) > 0 allora Vai(Possvit(x))
                    altrimenti se Possvit(o) > 0 allora Vai(Possvit(o))
                    altrimenti se quadro[7] = 2 allora Vai(7)
                    altrimenti Vai(3)
```

Il gioco del filetto: 2 soluzione

```
se Turno = 6        se Possvit(o) > 0 allora Vai(Possvit(o))
                    altrimenti se Possvit(x) > 0 allora Vai(Possvit(x))
                    altrimenti Vai(Fai2())
se Turno = 7        se Possvit(x) > 0 allora Vai(Possvit(x))
                    altrimenti se Possvit(o) > 0 allora Vai(Possvit(o))
                    altrimenti Vai(i) tale che Quadro[i] = 2
se Turno = 8        se Possvit(o) > 0 allora Vai(Possvit(o))
                    altrimenti se Possvit(x) > 0 allora Vai(Possvit(x))
                    altrimenti Vai(i) tale che Quadro[i] = 2
se Turno = 9        se Possvit(x) > 0 allora Vai(Possvit(x))
                    altrimenti se Possvit(o) > 0 allora Vai(Possvit(o))
                    altrimenti Vai(i) tale che Quadro[i] = 2
```

Il gioco del filetto: 2 soluzione

- **Vantaggi**
  - **efficiente in termini di spazio**
  - **capace di giocare in modo ottimale**
  - **la strategia di gioco è più comprensibile**
- **Svantaggi**
  - **meno efficiente in termini di tempo**
  - **la soluzione è difficilmente estendibile**

- **Non soddisfa nessun requisito di una buona tecnica di IA**

Il gioco del filetto: 2 soluzione (bis)

- Per facilitare il controllo di una possibile vittoria i quadri vengono così numerati:

8	3	4
1	5	9
6	7	2

- La somma risulta sempre 15 in caso di vittoria

Il gioco del filetto: 2 soluzione (bis)

- **Commento**
  - **Modalità di risoluzione dell'uomo e della macchina:**
  - **Per quale motivo l'uomo trova più semplice il controllo riga per riga, mentre la macchina quello basato sul calcolo?**
  - **Probabilmente l'uomo è un calcolatore parallelo e può controllare contemporaneamente (visivamente) più quadri**
  - **La scelta della rappresentazione ha grande influenza sull'efficienza di un programma per la risoluzione di un problema**

Il gioco del filetto: 3 soluzione

- **Strutture Dati**
  - **int Quadro[9]**
  - **una lista di prossime posizioni con associato un valore che rappresenta la stima della probabilità di vittoria se si sceglie quella mossa**
- **Algoritmo**
  - **si generano tutte le configurazioni raggiungibili in una mossa e si sceglie la migliore:**
    - » **se una configurazione è vincente allora è la migliore**
    - » **altrimenti si considerano tutte le mosse che l'avversario può compiere da quella configurazione (ricorsivamente): si determina la peggiore posizione e si assegna il suo valore alla configurazione che stiamo considerando**
    - » **la configurazione migliore ha il valore più alto**

Il gioco del filetto: 3 soluzione

- **Vantaggi**
  - **capace di essere efficiente in termini di spazio**
  - **capace di giocare in modo ottimale**
  - **la soluzione è estendibile per altri giochi**
- **Svantaggi**
  - **poco efficiente in termini di tempo**
- **E' un buon esempio di tecnica di IA ed è migliore degli altri perché:**
  - può essere esteso ad altri giochi per i quali l'approccio di enumerazione esaustiva degli altri programmi risulterebbe impossibile
  - Si può migliorare inserendo nuova conoscenza (sottoinsieme delle mosse, ricerca fino a profondità ridotta,…)

Tecniche di Intelligenza Artificiale

- Il programma finale costituisce un esempio di una tecnica di IA; è più lento, ma coinvolge i seguenti 3 aspetti basilari:
  - **Ricerca**: è un modo per risolvere i problemi che non dispongono di un approccio diretto
  - **Uso della conoscenza**: risolve problemi complessi, sfruttando la base di conocenza sugli oggetti
  - **Astrazione**: è un modo per separare le caratteristiche importanti da quelle meno importanti

Tecniche di Intelligenza Artificiale

- Per la soluzione di problemi **difficili** i programmi che sfruttano queste tecniche possiedono i seguenti vantaggi:
  - **sono molto robusti rispetto a piccole perturbazioni nei dati in ingresso**
  - **sono più comprensibili (e modificabili)**
  - **funzionano per problemi di grandi dimensioni, dove tecniche più dirette falliscono**
- Forse non è possibile fornire definizioni più precise delle tecniche di IA