

Breve introduzione all'Intelligenza Artificiale

Modulo *Frontiere dei sistemi multimediali*

2013-2014

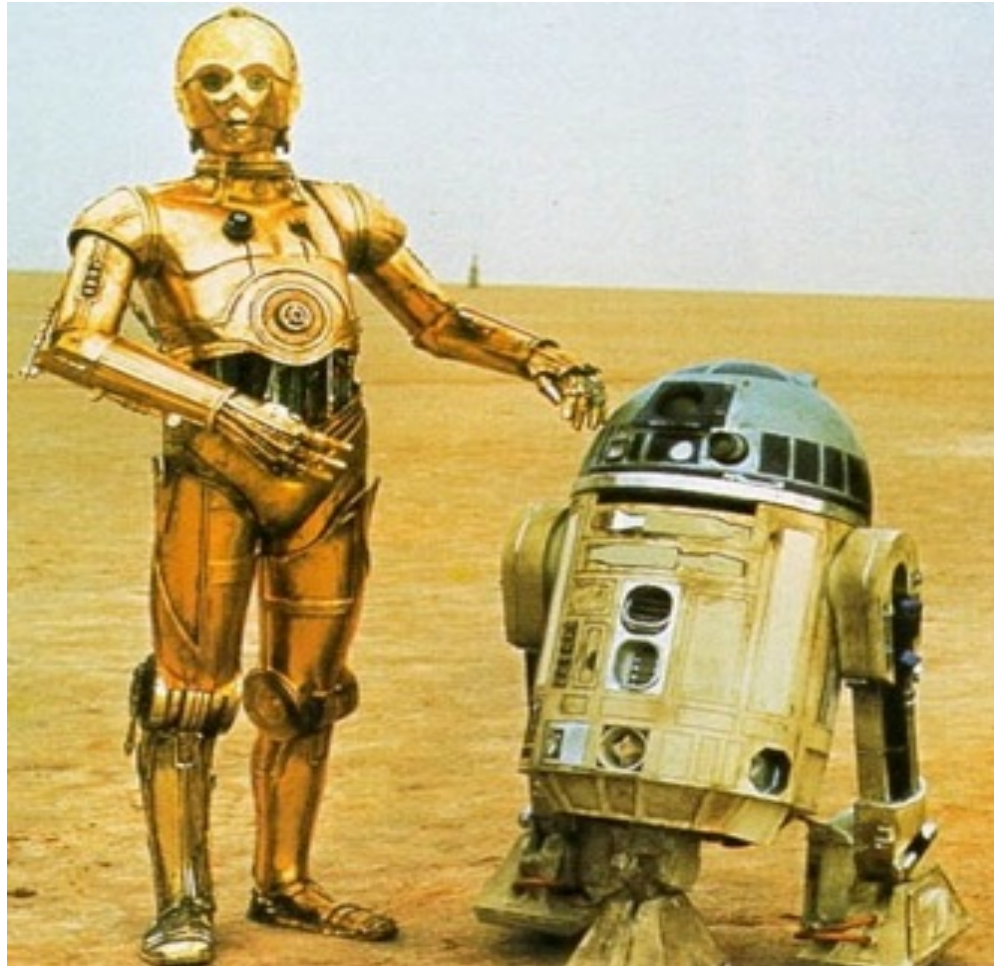
Andrea Omicini

<mailto:andrea.omicini@unibo.it>

<http://andreaomicini.apice.unibo.it>

(dai lucidi di Paola Mello)

Immagini note...



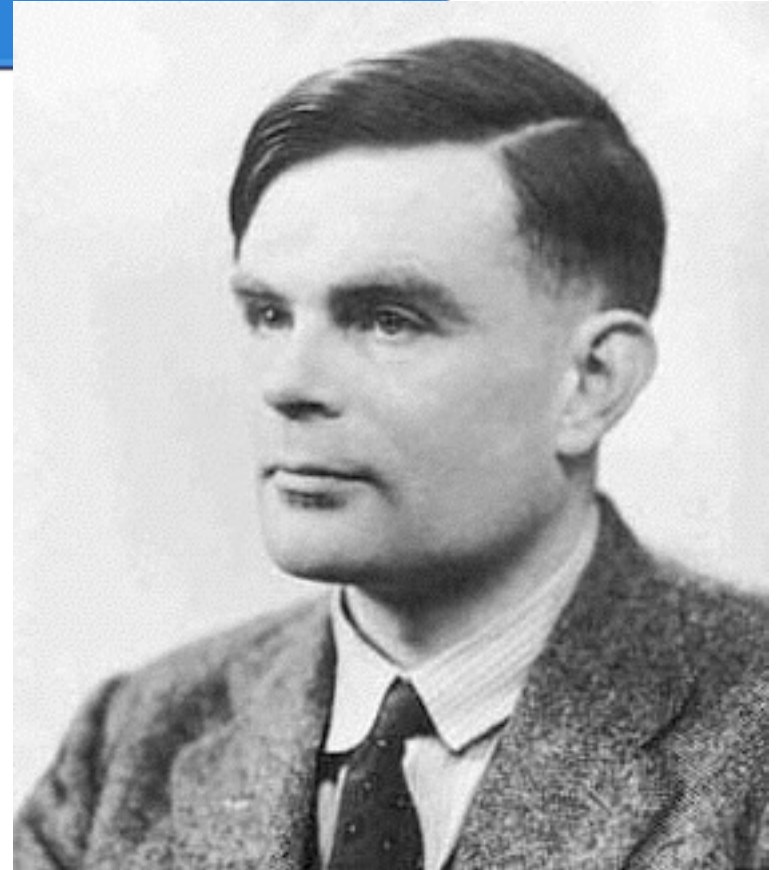
Definizioni

- Il campo dell'Intelligenza Artificiale o AI (dall'inglese Artificial Intelligence) si occupa di capire e costruire entità intelligenti
- Nata nel 1956, al Dartmouth Workshop (Minsky, McCarthy, Shannon, Newell, Simon)
- Quale definizione di Intelligenza? Quale definizione di Intelligenza Artificiale?
- Alcune definizioni
 - È lo studio di come far fare ai calcolatori cose che, ora come ora, gli esseri umani fanno meglio
 - È la costruzione di un manipolatore di simboli che è in grado di soddisfare il test di Turing

Alan Turing

Pioniere dello studio della logica dei computer ed il primo ad interessarsi dell'intelligenza artificiale.

Festeggiati da poco i 100 anni della sua nascita



ALAN MATHISON TURING
(1912-1954)

Turing e la crittografia

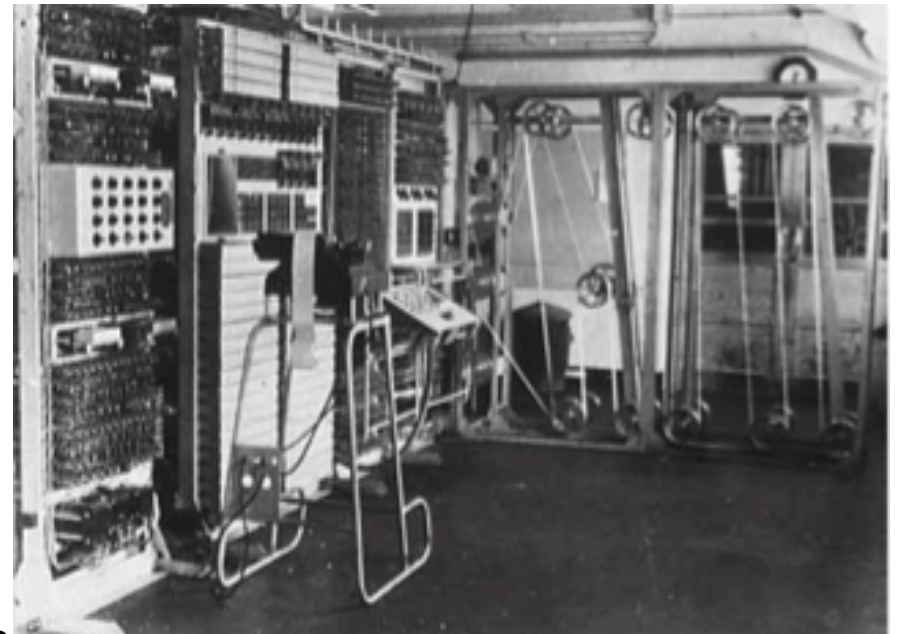
- Turing lavorò prima di tutto alla crittografia e alla crittoanalisi
- Durante la seconda guerra mondiale Turing mise le sue capacità matematiche al servizio del “Department of Communications” inglese per decifrare i codici usati nelle comunicazioni tedesche, un compito particolarmente difficile in quanto i tedeschi avevano sviluppato un tipo di computer denominato “Enigma” capace di generare un codice che mutava costantemente.

ENIGMA vs COLOSSUS

ROTORE DI ENIGMA



COLOSSUS

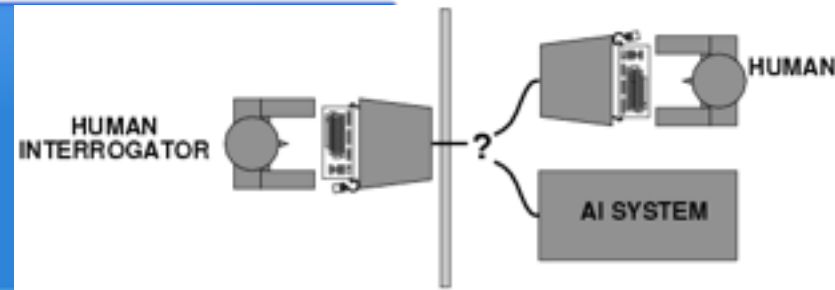


Intelligenza artificiale

- Finita la guerra, lavorò nello sviluppo all' "Automatic Computing Engine" (ACE), uno dei primi tentativi nel creare un vero computer digitale
- Fu in questo periodo che iniziò ad esplorare la relazione tra i computer e la natura. Scrisse un articolo dal titolo "Intelligent Machinery", pubblicato poi nel 1969
- Fu questa una delle prime volte in cui sia stato presentato il concetto di "Intelligenza Artificiale"



Test di Turing



- Turing (1950) "Computing machinery and intelligence"
- Imitation Game: interazione con un terminale in cui io posso fare domande e ottengo risposte. Dall'altra parte c'è o una persona o un computer. Se dopo 30 minuti non sono in grado di distinguere fra persona e computer...
- Il computer deve avere le seguenti capacità
 - Elaborazione del linguaggio naturale
 - Rappresentazione della conoscenza
 - Ragionamento automatico
 - Apprendimento automatico
- Test di Turing globale – con interazioni fisiche dirette
 - Robotica
 - Visione artificiale

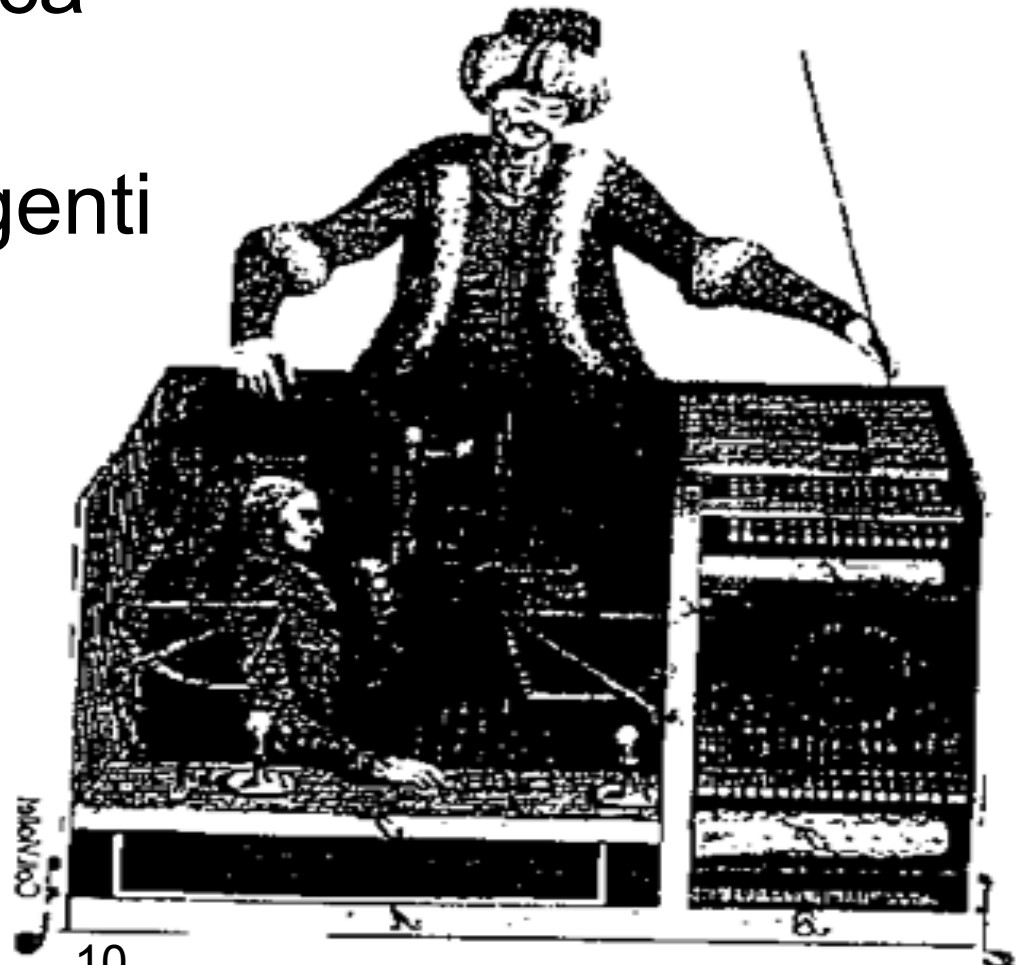


IA debole vs. IA forte

- È possibile costruire macchine che pensino intelligentemente?
 - che abbiano *menti coscienti reali*?
- Solleva alcuni dei problemi concettuali più difficili di tutta la filosofia
- I fondamenti dell'IA sono
 - Filosofia
 - Matematica (logica)
 - Psicologia
 - Linguistica
 - Ingegneria dei calcolatori

L'idea di IA è decisamente antica!

- La logica aristotelica
- La finzione delle macchine intelligenti
 - illustrazione settecentesca



La preistoria dell'IA

- Filosofia
 - logica, metodi di ragionamento, mente, apprendimento, razionalità
- Matematica
 - rappresentazione formale, dimostrazioni, computazioni, teorie logiche, decidibilità, computabilità.
- Economia
 - utilità, teoria delle decisioni
- Neuroscienze
 - modelli biochimici / fisici delle attività mentali
- Psicologia
 - percezione, modelli della conoscenza, teorie del linguaggio, teoria dell'azione e del ragionamento pratico
- Ingegneria
 - computer, linguaggi, efficienza
- Ricerca Operativa
 - sistemi che massimizzano funzioni obiettivo
- Linguistica
 - linguaggio, grammatica, semantica, rappresentazione.

I periodi dell'IA (I)

(1943-1956)

- La gestazione dell' IA
- reti neurali, programmi per il gioco degli scacchi, dimostratori di teoremi;

(1952-1969)

- entusiasmo Iniziale, grandi Aspettative
 - prima il calcolatore era solo concepito come elaboratore aritmetico.
 - General Problem Solver, programmi per il gioco della dama in torneo, reti neurali, linguaggio LISP

Due filoni

- McCarthy (Stanford): logica
- Minsky (MIT): visione anti-logica, micromondi

I periodi dell'IA (II)

(1966-1974)

- l'esame di realtà
 - molti programmi non erano davvero competenti (ELIZA, traduzioni puramente sintattiche), altri erano intrattabili (esplosione combinatoria)
 - reti neurali erano inadeguate

(1969-1979)

- sistemi basati sulla conoscenza: la chiave del potere?
 - conoscenza intensiva su un dominio di ampiezza limitata
 - sistemi esperti

I periodi dell'IA (III)

(1980-1988)

- l'IA diventa un'industria
- sistemi esperti commerciali di successo
- progetto quinta generazione giapponese (1981)
- compagnie per lo sviluppo di sistemi di AI
- fondi per la ricerca

(1986-oggi)

- il ritorno delle reti neurali
- la robotica non simbolica e i sistemi ibridi
- algoritmo di apprendimento con propagazione all'indietro
- l'evoluzione dei sistemi basati sulla conoscenza
- gli agenti intelligenti e i sistemi multi agente

Due approcci all'IA (I)

Macchine intelligenti

- si costruiscono programmi che raggiungono un alto livello di competenza nella conoscenza di problemi particolari
- approccio ingegneristico
- non ci si occupa di simulare l'attività umana di ragionamento, al più di emularla selettivamente

Scienza cognitiva

- si cerca di modellare il comportamento umano e i suoi processi di informazione
- approccio di filosofi, psicologi, linguisti, biologi
- il computer è un mezzo di sperimentazione
- siamo ancora lontani dalla costruzione della macchina "intelligente", per cui ci si è limitati per adesso a problemi più semplici e trattabili

Due approcci all'IA (II)

Intelligent process

- ciò che interessa è riprodurre i meccanismi cognitivi intelligenti umani
 - che servono al ragionamento pratico, alla rappresentazione della conoscenza, all'elaborazione simbolica, alla visione, all'uso del linguaggio, ...

Intelligent behaviour

- ciò che interessa è produrre sistemi artificiali che si comportino in maniera intelligente
- indipendentemente dai meccanismi utilizzati per ottenere tali comportamenti

Stato dell'IA

- L'Intelligenza Artificiale è una disciplina giovane e non ancora assestata: dopo una fase “empirica” sono stati individuati alcuni principi astratti comuni
- L'IA “classica” oggi è spesso descritta secondo tre grosse aree
 - strategie di ricerca
 - rappresentazione della conoscenza
 - applicazioni
- La visione prevalente è quella simbolica e dichiarativa
- Vi sono alternative (sistemi sub-simbolici):
 - connessionismo, reti neurali
 - Brooks e la costruzione di piccoli sistemi artificiali reattivi (insetti)
- Attualmente, prevale la contaminazione “sistemica”
 - sistemi intelligenti
 - Web Intelligence
 - sistemi pervasivi

Cosa fa parte dell'IA?

- Attività normali
 - ovvero come è possibile che cose così semplici siano così complicate?
 - Processo del linguaggio naturale
 - Comprensione
 - Generazione
 - Traduzione
 - Percezione
 - Visione
 - Linguaggio parlato
 - Ragionamento di buon senso
 - Controllo di robot

Altre attività IA (I)

- Attività Formali
 - Giochi
 - Scacchi
 - Dama
 - Matematica e Logica
 - Prova automatica di Teoremi
 - Geometria
 - Calcolo differenziale
 - Dimostrazione di proprietà di programmi

Altre attività IA (II)

- Attività Specializzate
 - Ingegneria
 - Progetto
 - Ricerca di guasti (diagnosi)
 - Pianificazione della produzione
 - Programmazione automatica
 - Diagnosi medica
 - Analisi finanziaria
 - Analisi scientifica

La mente battuta dalla macchina...



Nel 1997 DeepBlue sconfigge Kasparov: è intelligenza?

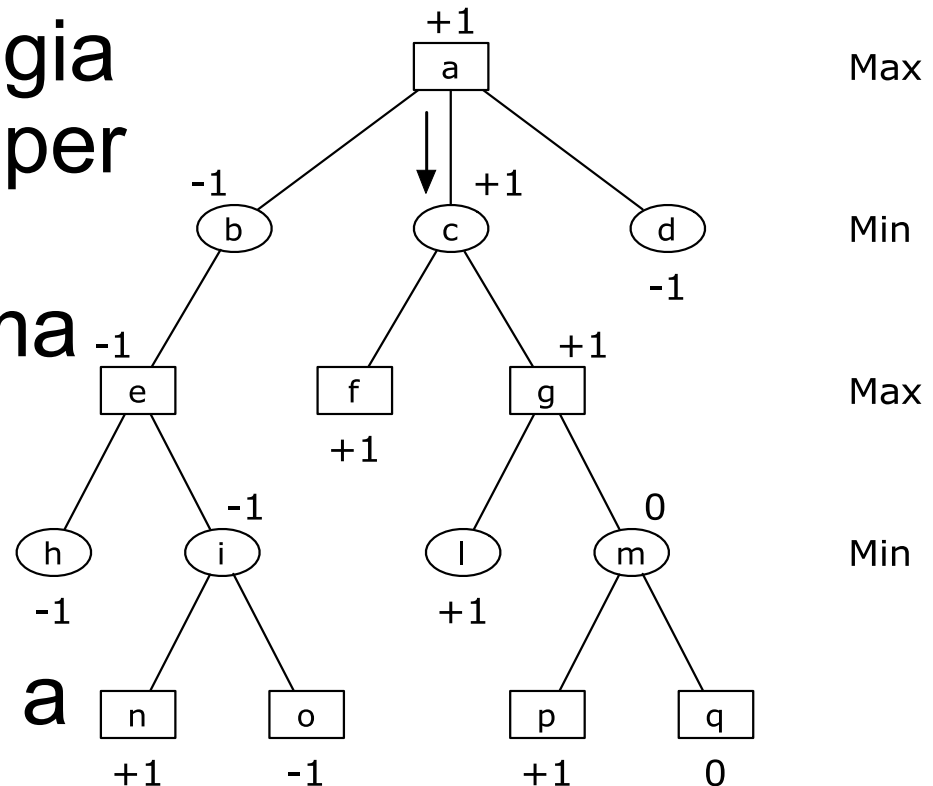
Il gioco degli scacchi

- La dimensione del problema è enorme. Solo all'inizio partita le mosse possibili sono 400, diventano più di 144.000 alla seconda...
- Avremmo 35100 nodi
- Occorre quindi una funzione di valutazione. Si darà un peso a ciascun pezzo e alla posizione relativa dei pezzi.



Algoritmo minmax = la “forza bruta”

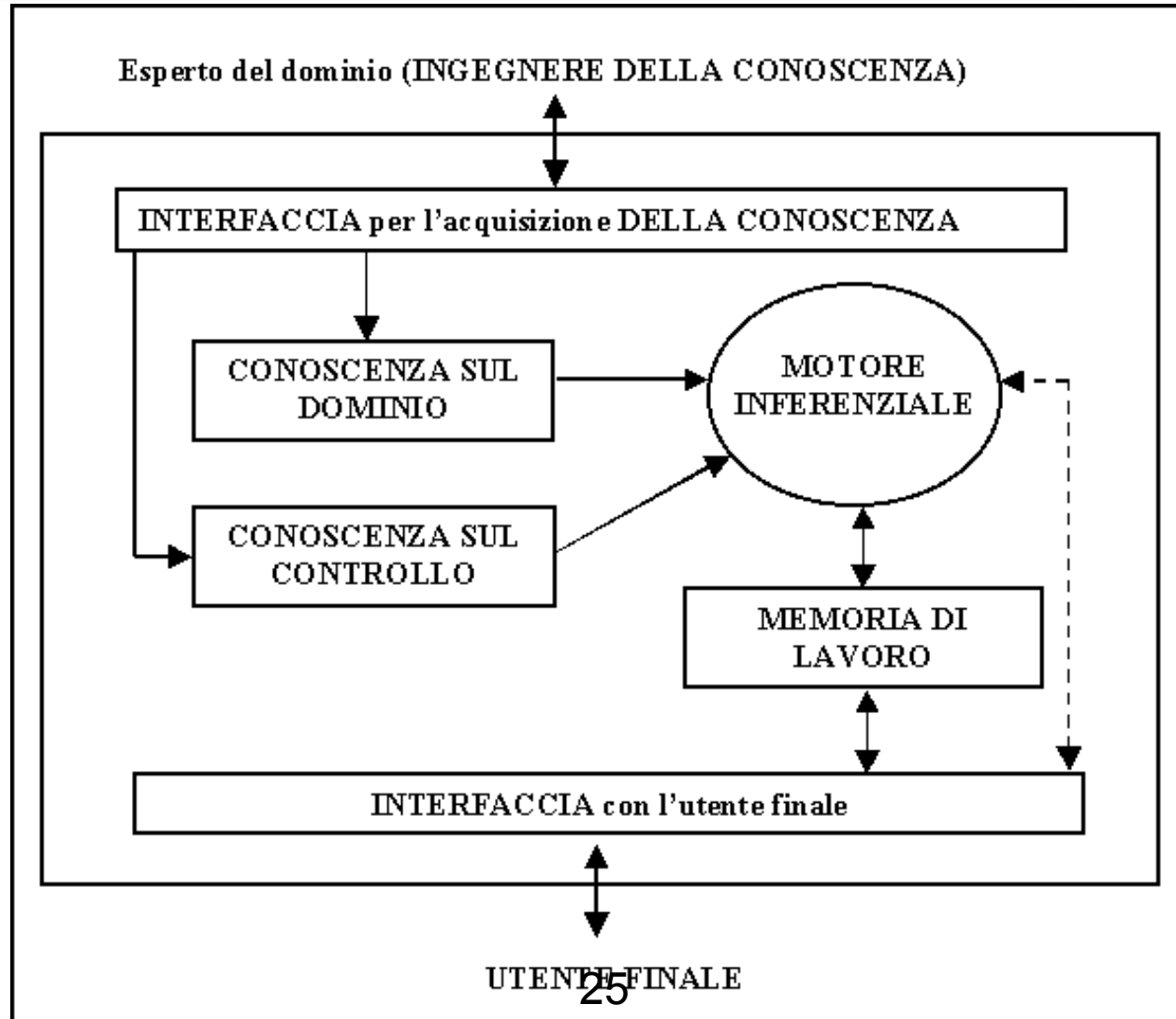
- L'algoritmo minmax è progettato per determinare la strategia ottimale per “Max” e per suggerirgli, di conseguenza, la prima mossa migliore da compiere; per fare questo, ipotizza che “Min” faccia la scelta a lui più favorevole.



Sistemi a regole / Sistemi Esperti (1980)

- Un sistema basato sulla conoscenza (o sistema esperto) è un sistema in grado di risolvere problemi in un dominio limitato ma con prestazioni simili a quelle di un esperto umano del dominio stesso
- Generalmente esamina un largo numero di possibilità e costruisce dinamicamente una soluzione, opportunamente valutata e poi scelta o scartata.
- La ricerca e/o generazione delle soluzioni e' guidata da *regole*
- “La potenza di un programma intelligente nel risolvere un problema dipende primariamente dalla quantità e qualità di conoscenza che possiede su tale problema”. (Feigenbaum)
- Varie applicazioni: pianificazione, previsione, diagnosi, progetto, creatività

Sistemi basati sulla conoscenza: architettura



Estrazione e implementazione delle regole

- Acquisizione della conoscenza
 - collo di bottiglia dei sistemi esperti
- Problemi
 - L'esperto nella sua “creatività” e “competenza” non può essere sostituito, ma coadiuvato (soprattutto nelle parti piu' lunghe e ripetitive)
 - Fonti diverse, parziali e non sempre concordi (diversi punti di vista)
 - La conoscenza evolve (nuove versioni dei documenti di riferimento)
 - La conoscenza non è sempre manifesta ed esplicita (discovery)
 - La conoscenza è spesso legata alla singola realtà
- Tecniche di apprendimento e data-mining

Apprendimento in IA

- Caratteristica essenziale dell'intelligenza
- Le macchine non potranno dirsi intelligenti fino a quando non saranno in grado di imparare a fare cose nuove adattandosi a nuove situazioni.
- *“L'apprendimento consiste in cambiamenti del sistema che siano adattativi, nel senso che mettono in grado il sistema di svolgere la prossima volta lo stesso compito in modo piu' efficiente ed effettivo”* (Simon 1983)
- Possibilità di accrescere le proprie conoscenze e di migliorare le proprie abilità (tipica degli esseri umani, anche se molto lenta ed “inefficiente”).

Una possibile classificazione

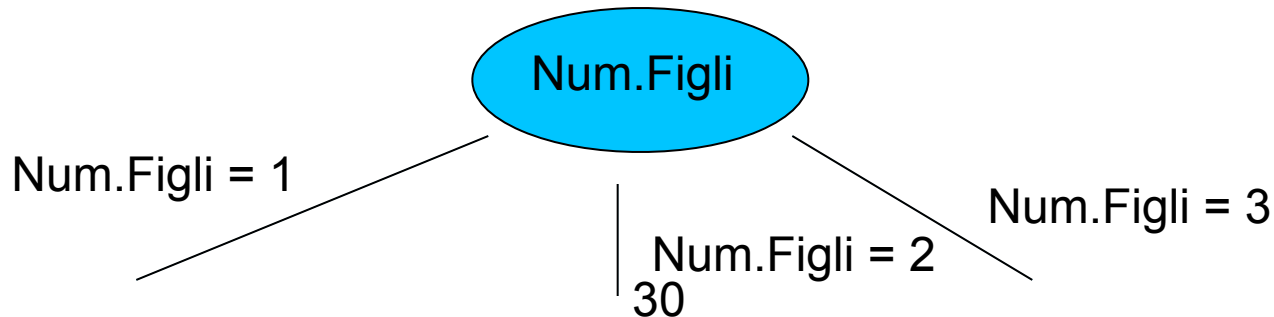
- Apprendimento dagli esempi: induzione;
 - per risolvere problemi di classificazione
- Apprendimento mediante osservazione e scoperta
 - dall'esterno non arriva alcun aiuto, ma è il sistema stesso che si incarica di analizzare le informazioni di cui dispone, di classificarle e strutturarle e di formare autonomamente delle teorie
- Reti neurali
 - non simboliche
 - pesi (valori numerici) che vengono opportunamente aggiustati.

Apprendimento induttivo

- Spesso noi apprendiamo come classificare le cose senza che ci vengano date esplicitamente delle regole per farlo
- Per esempio, in qualche momento della nostra vita e dopo aver visto molti esemplari degli uni e degli altri, induciamo un metodo per distinguere i cani dai gatti
- L'apprendimento induttivo è detto anche *apprendimento dagli esempi*: gli esempi stessi costituiscono l'esperienza da elaborare
- **Induzione** (Generalizzazione)
 - da $A(1), A(2), \dots, A(N)$ induco $\forall X \ A(X)$

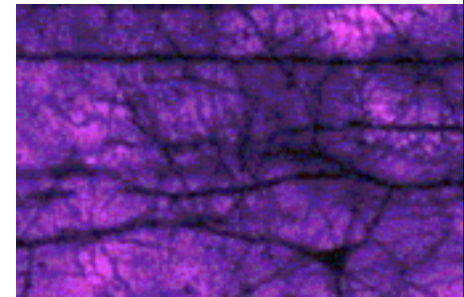
Albero decisionale

- Processo di *classificazione* euristico a partire da un insieme di esempi (oggetti con attributi)
- Viene generata una struttura ad albero in cui ogni nodo prende il nome di uno degli attributi considerati ed i rami successivi tengono conto dei possibili valori dell'attributo
- Per ogni nodo
 - si identifica l'attributo più informativo
 - si suddivide il set di esempi in sottogruppi a seconda del valore dell'attributo (rami diversi)



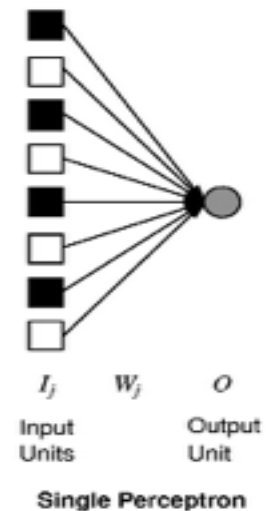
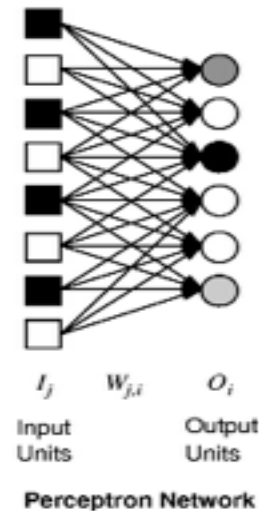
Reti neurali

- Approccio significativamente diverso da quello simbolico
 - sub-simbolico vs. simbolico
- Idea base: simulare direttamente sul computer il funzionamento del cervello – ovvero, costruire una macchina intelligente a partire da neuroni artificiali.
- Architetture “connessioniste” caratterizzate da
 - un grande numero di elementi di elaborazione molto semplici, simili a neuroni
 - un grande numero di connessioni pesate tra gli elementi; i pesi codificano la conoscenza di una rete
 - un controllo distribuito altamente parallelo
 - capacità di apprendimento automatico tramite rappresentazioni interne



Simulazione dei neuroni biologici

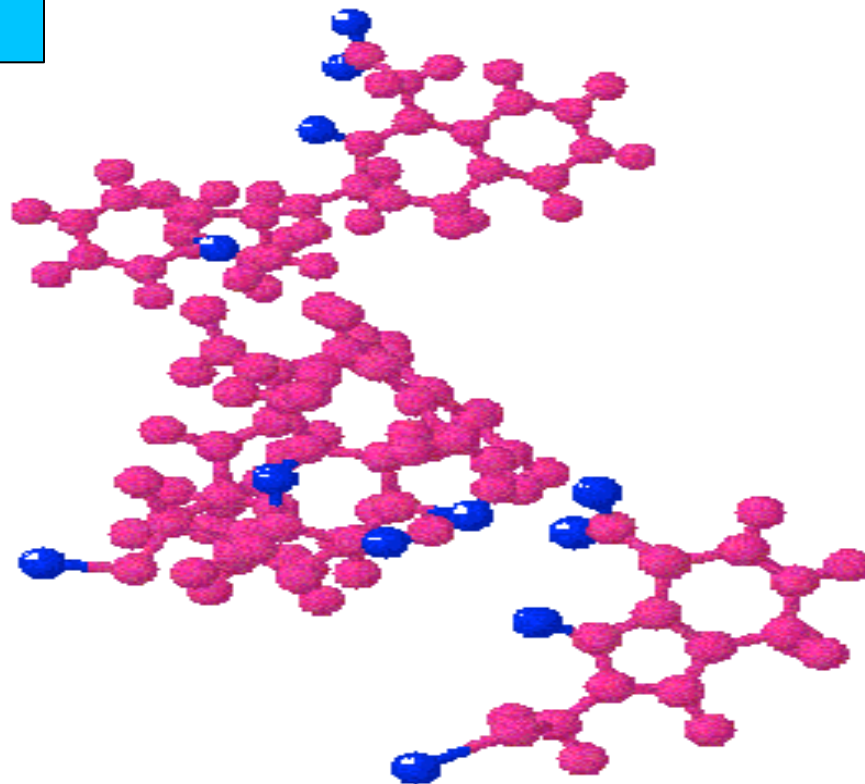
- Imitazione assai grezza



Ottimo per apprendere, classificare, percepire
Non per ragionare

Altri esempi di successo

Data-mining



Quale caratteristica nella struttura 3-D delle molecole indica predisposizione al cancro?

Applicazione di Algoritmi di apprendimento.

Troppi dati per gli umani...

Altre applicazioni

Computer vision



Riconoscimento del linguaggio scritto e parlato e interazione intelligente



Robotica e sistemi autonomi



RoboCup

- RoboCup è una sfida ideata nel 1993 con l'obiettivo di realizzare, entro il 2050, una squadra di robot autonomi in grado di sfidare e, possibilmente, battere la squadra di calcio campione del mondo.

<http://www.youtube.com/watch?v=aiNq4dt97Ug&feature=related>

- I primi campionati di RoboCup (Robot World Cup Initiative) si sono svolti nel 1997 in Giappone.

<http://www.youtube.com/watch?v=1JJsBFiXGl0&feature=related>

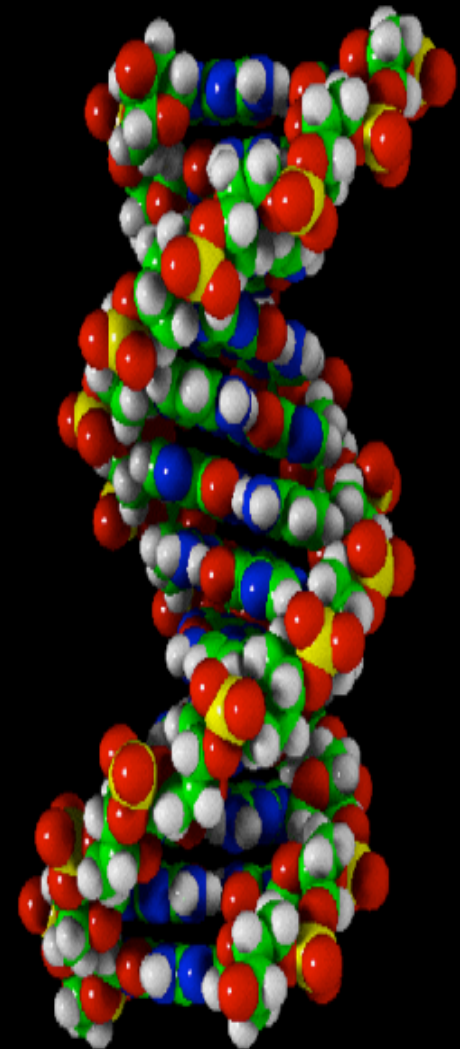


Sistemi intelligenti basati su metafora naturale

- La natura ha sviluppato tecniche intelligenti per risolvere problemi di vario tipo. Per esempio
 - l'adattamento alle variazioni ambientali
 - la difesa dell'organismo mediante il sistema immunitario
 - la coordinazione tra insetti sociali (le termiti costruiscono termitai senza un progetto, le formiche muovono oggetti grandi senza un coordinatore, ecc.)
- Lo studio (interdisciplinare) di questi fenomeni ha permesso di sviluppare sistemi intelligenti basati su modelli di fenomeni e processi naturali
- Caratteristiche di tali sistemi
 - robusti e si adattano a possibili cambiamenti dell'ambiente in cui operano
- Tra i principali sistemi a metafora naturale vi sono:
 - Algoritmi genetici
 - Swarm Intelligence, o, più in generale, intelligenza collettiva

Genetici ed evolutivi

- Gli algoritmi genetici (e la computazione evolutiva in generale) traggono ispirazione dalla teoria dell'evoluzione naturale e sono stati sviluppati da John Holland negli anni '70
- Una nuova “creazione” può essere generata partendo da una configurazione iniziale random, evolvendosi in base a leggi “naturalì”
- Fitness: assicura che vengano scelte per la riproduzione le soluzioni “migliori” (fa le veci di un “critico” d'arte)
- La mutazione assicura l'introduzione di elementi di novità
- La riproduzione garantisce la combinazione di buone soluzioni genitrici
- Problema: non sempre la fitness è chiaramente definibile. Può essere interattiva e chiesta all'utente in alcuni casi



Swarm intelligence

- “Chi è a governare? Chi è che dà ordini, che immagina cosa accadrà in futuro, elabora piani e mantiene l'equilibrio?” Così scrive il poeta belga Maurice Maeterlinck in riferimento al comportamento coordinato di insetti come api, vespe, termiti e formiche
- Ogni insetto sembra comportarsi secondo un piano prestabilito in modo che il sistema, nel suo complesso, abbia un comportamento organizzato e finalizzato al raggiungimento di obiettivi
- Questi comportamenti nascono (emergono) autonomamente, senza la presenza di un coordinatore/supervisore
- Sviluppo di algoritmi che appartengono alla classe chiamata swarm intelligence ("sciame intelligenti")

Formiche reali e artificiali



- Un esempio di applicazioni di swarm intelligence è costituito dagli algoritmi a "formiche artificiali", cioè algoritmi sviluppati a partire da un modello del comportamento delle formiche in natura
- Le formiche sono capaci di trovare il percorso più breve tra il formicaio e un punto del terreno in cui vi sia del cibo, senza informazioni visive ma utilizzando segnali "odorosi"
- Quando una formica ha trovato del cibo, ritorna al formicaio depositando sul terreno una certa quantità di una sostanza chimica detta *feromone*

Semantic Web

- Il Web contiene tutto ciò che un agente intelligente dovrebbe “sapere”
- I motori di ricerca cercano di riportare all'utente tutta l'informazione utile
- Il Web è una “repository” più o meno completa, ma sempre in crescita, della conoscenza umana
- È *distribuita, autonoma, emergente, ...*

“I have a dream for the Web [in which computers] become capable of analyzing all the data on the Web – the content, links, and transactions between people and computers. A ‘Semantic Web’, which should make this possible, has yet to emerge, but when it does, the day-to-day mechanisms of trade, bureaucracy and our daily lives will be handled by machines talking to machines.”

Tim Berners-Lee, 1999

Semantic Web: la proposta

Web attuale= layout + routing

Il problema: non è possibile
ragionare automaticamente sui dati
Gli agenti intelligenti non sono
supportati direttamente dal web

Obiettivo di Semantic Web: “usa” e “ragiona sopra” tutti i dati presenti su Web automaticamente.

Come? Estendendo il web corrente con conoscenza sul contenuto (informazione semantica)

Un esempio semplice (I)

- Obiettivo: cercare immagini di «gatto»
- Le immagini su web (ad oggi) non contengono informazioni sul loro contenuto...
- Alcuni siti di social network (ad es. facebook, flickr, etc.) offrono già la possibilità di aggiungere etichette alle immagini, semplificando così la ricerca



Un esempio semplice (II)

- Problema: se ora cerchiamo tramite la keyword «felino», nessuna delle immagini sotto viene messa tra i risultati
- Tramite le ontologie, posso aggiungere l'informazione semantica che gatto e leone sono due sottoclassi del concetto di felino...
- ... e quindi, al momento della ricerca, anche queste immagini saranno restituite tra i risultati, sebbene originariamente non siano state etichettate come «felino»



Un esempio semplice (III)

- Le ontologie permettono quindi di strutturare la conoscenza ed i legami tra i concetti (ad es., che ogni gatto è anche un felino, cioè che il concetto di gatto è un caso particolare di concetto di felino)
- Le ontologie risolvono anche le ambiguità tipiche del linguaggio naturale. Ad esempio, in Italia il termine «felino» è riferito anche ad una cittadina in provincia di Parma, dove viene prodotto un noto «salame tipo felino»...
- Le ontologie mi obbligano ad usare due termini diversi e distinti per indicare i due concetti differenti!
- In questo modo si evitano confusioni e incomprensioni...



Aggiungere informazione sul contenuto

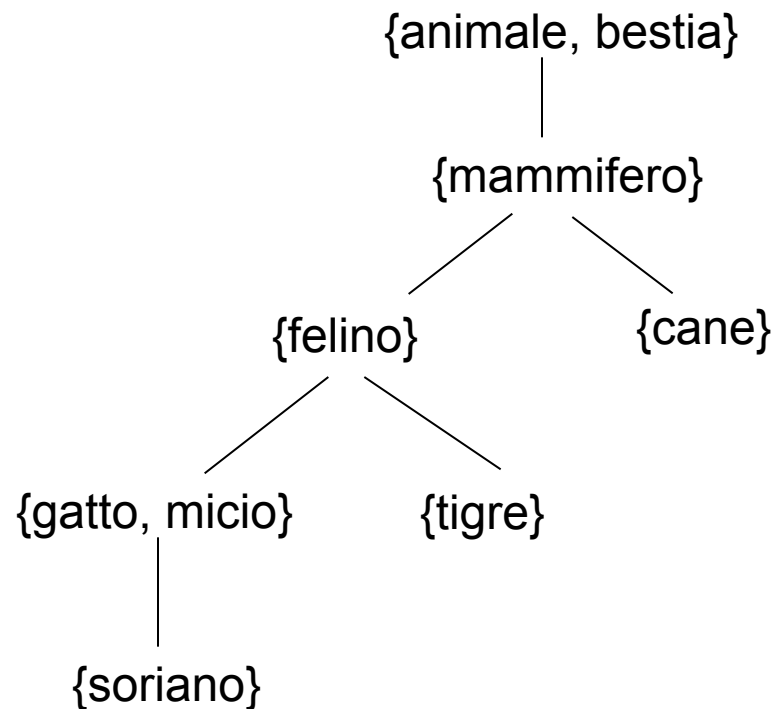
- L'informazione dovrebbe essere strutturata
 - ontologie
- Necessità di meccanismi di inferenza per il ragionamento
 - e.g., sillogismi, Logica del I ordine, Logiche descrittive
- Logica?
 - Dunque il Semantic Web è anche un problema di rappresentazione della conoscenza

Ontologie

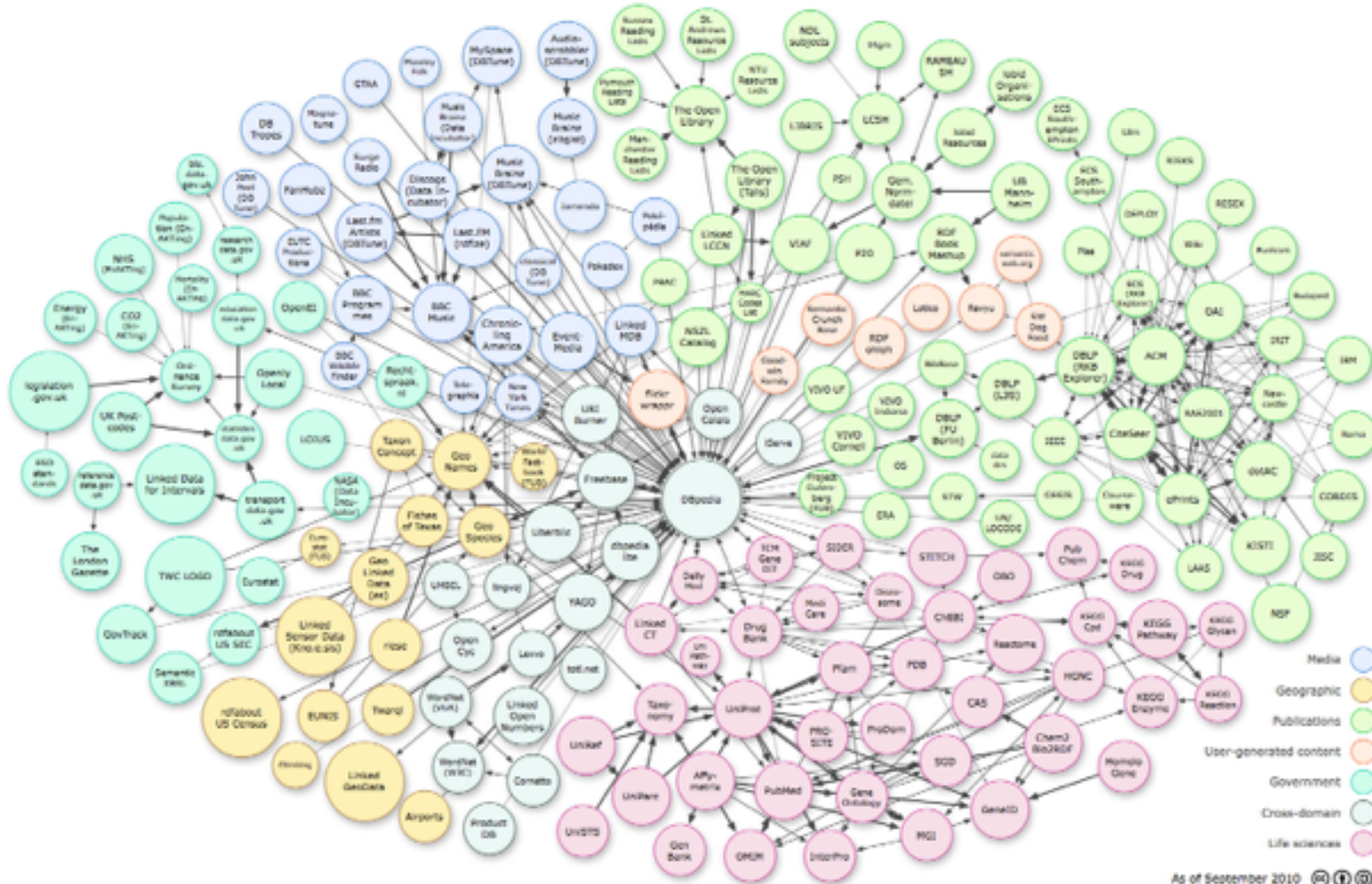
- Un'**ontologia** è una descrizione formale ed esplicita di un dominio di interesse
- Esempi
 - Dublin Core, per descrizione di documenti
 - WordNet
 - Gene Ontology, genomica
 - Protein Ontology, proteine
 - SnoMed, campo medico
- Esempi
 - <http://www.w3.org/2001/sw/sweo/public/UseCases/>

Esempio: WordNet

<tigre, cane, animale, mammifero, bestia, micio, soriano, gatto, felino>



Semantic Web: la mole dei dati



Apprendimento: un gioco

20q

- 20q è un'implementazione avanzata di un classico problema di **intelligenza artificiale**, messo sotto forma di un semplice videogioco
- Il giocatore pensa in precedenza a un qualunque oggetto, e il programma tenta di indovinarlo ponendogli domande che possono avere una risposta del tipo “sì o no”
- 20q sta per *20 questions* ovvero "20 domande. Di solito 20q pone circa 20 domande, ma questo numero è indicativo
- Quando il programma non è in grado di indovinare un oggetto, si arrende e chiede al giocatore di inserire la risposta da tastiera e lo memorizza
- 20q si basa su un programma sviluppato già a partire dal 1988, che utilizza una rete neurale per classificare gli oggetti ed apprendere nuove conoscenze

Riconoscimento del linguaggio parlato: WATSON e i giochi a quiz

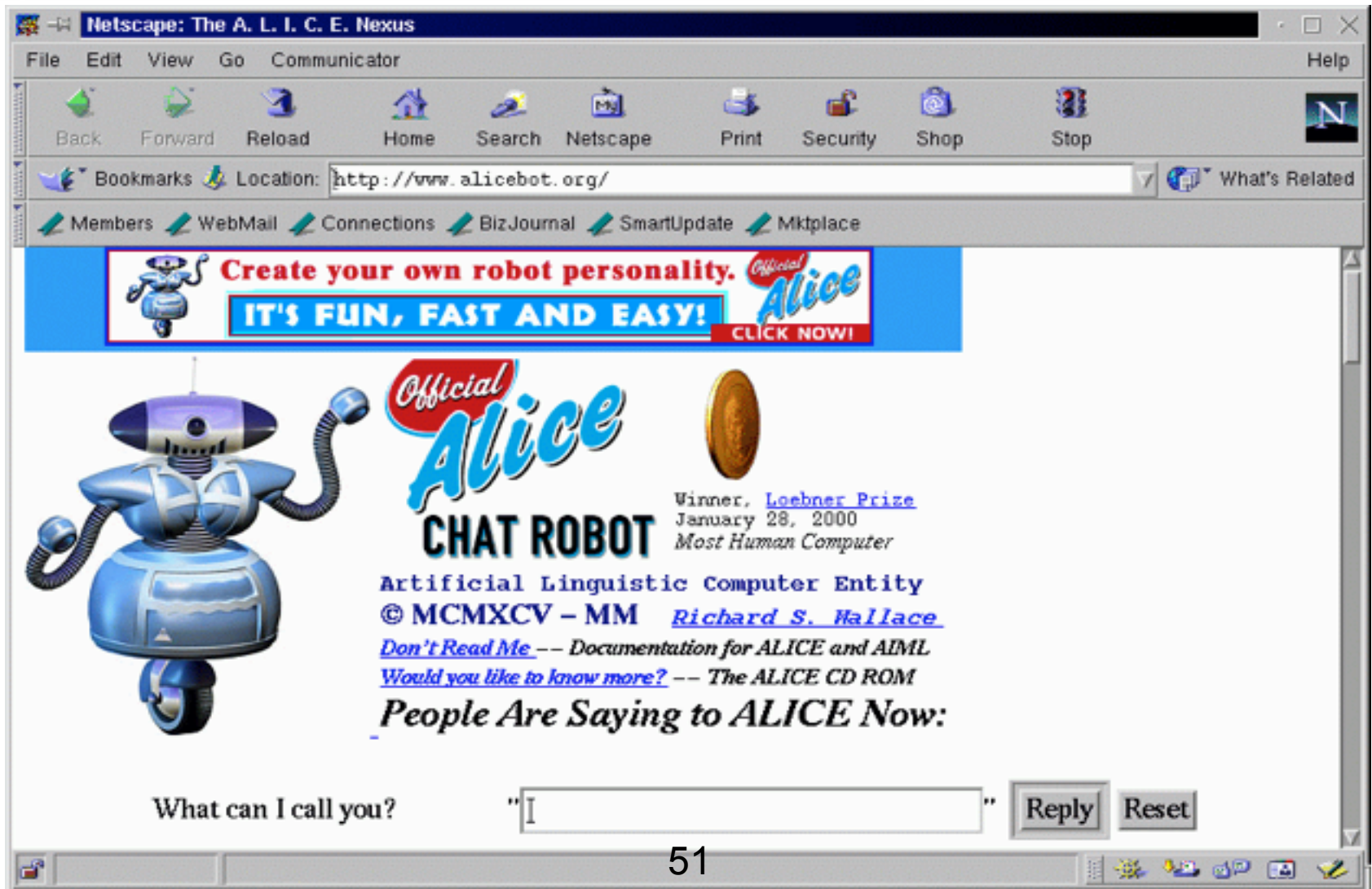
- Watson, il supercomputer sviluppato da IBM, ha sconfitto i suoi avversari umani nella finale di Jeopardy!, il famoso quiz televisivo americano
- Ha una potenza di calcolo di 80 trillioni di operatori al secondo e scandisce 200 milioni di pagine di contenuto in 3 secondi
- La sua conoscenza è stata costruita scandendo informazioni da testi, enciclopedie documenti, web
- Watson aveva di dimensioni equivalente a 10 frigoriferi. Ma nel futuro?
- Capacità intelligenti:
 - comprensione del linguaggio
 - accesso alla base di conoscenza
 - apprendimento
 - strategia

http://www.youtube.com/watch?v=WFR3lOm_xhE&feature=fvst

<http://www-943.ibm.com/innovation/us/watson/>



Softboot: Alice (ELIZA che funziona?)



Creatività computazionale

- Costruire sistemi software che mostrano un comportamento che diremmo “creativo” se osservato negli esseri umani.
- Non ricade tanto nell’area della “soluzioni di problemi”, ma nella generazione di “artefatti” di valore
- Si utilizzano tecniche di IA per produrre tali artefatti e poi per valutarli esteticamente mediante una “funzione di utilità” e selezionarli
- Area altamente interdisciplinare: computer science, psicologia cognitiva, filosofia e arte
- Applicazioni: melodie, quadri, poemi, teoremi

<http://www.youtube.com/watch?v=EzjkBwZtxp4&feature=fvw>

AARON (Harold Cohen)



AARON (Harold Cohen)



AARON (Harold Cohen)

