



O que é a Inteligência Artificial ?

Ano lectivo 2013/2014

Pré-história da IA

- Filosofia
 - Lógica, métodos de raciocínio, mente como um sistema físico, fundamentos da aprendizagem, linguagem, racionalidade
- Matemática
 - Representação formal e prova, algoritmos, computação, (in)decidibilidade, (in)tractibilidade, probabilidade
- Psicologia
 - Adaptação, fenómenos de percepção e controlo motor, técnicas experimentais
- Economia
 - Teoria formal de decisões racionais
- Linguística
 - Representação do conhecimento, gramática
- Neurociência
 - Substrato físico para a actividade mental
- Teoria de controlo
 - sistemas homeostáticos, estabilidade, desenhos óptimos para agentes simples

Alguns marcos Históricos da IA

- 1943 McCulloch & Pitts: modelo de circuitos Booleanos do cérebro
- 1950 Turing ``Computing Machinery and Intelligence"
- 1952-69 Look, Ma, no hands!
- 1950s Primeiros programas de IA, incluindo o programa de damas de Samuel e Newell, Simon's Logic Theorist, Gelernter's Geometry Engine
- 1956 Encontro de Dartmouth: adoção do termo ``Artificial Intelligence"
- 1965 O algoritmo completo de Robinson para o raciocínio lógico
- 1966-74 a IA descobre a complexidade computacional
Investigação em redes neuronais desaparece praticamente
- 1969-79 Primeiros sistemas baseados em conhecimento
- 1980-88 A indústria de Sistemas Periciais explode
- 1988-93 A indústria de Sistemas Periciais implode: ``AI Winter"
- 1986- As redes neuronais reganham popularidade
- 1998- Resurgimento das Probabilidades; sofisticação dos resultados
"Nouvelle AI "": ALife, GAs, soft computing
- 1995- Agentes, agentes por todo o lado...
- 2001- Semantic Web
- 2001- Existência de grandes conjuntos de dados
- 2006 50 ANOS DA IA

Kurt Gödel (1931)



Teorema de incompletude de Gödel

Em qualquer sistema formal consistente que seja suficientemente forte para axiomatizar os números naturais, pode-se construir uma afirmação verdadeira que não pode ser provada nem verdadeira nem falsa.

Nem todas as questões matemáticas são computáveis !!!

Alan Turing (1936)



- Indecidibilidade do Problema da Paragem da Máquina de Turing

É impossível construir um programa que indica se um outro programa qualquer termina.

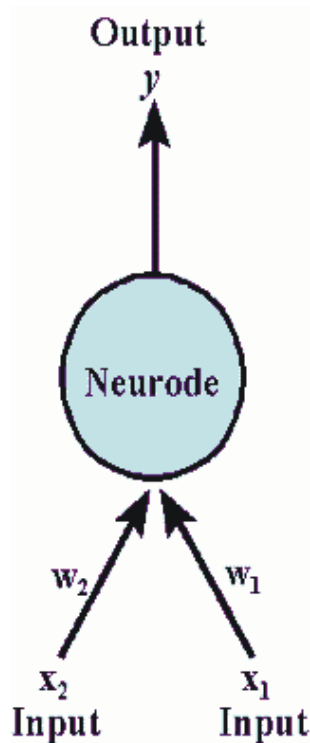
Warren McCulloch & Walter Pitts (1943)



- Demonstram no artigo ***A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity***

Uma máquina de Turing pode ser implementada numa rede finita de neurónios formais, ou seja, que o neurónio é a unidade lógica elementar do cérebro

O neurónio de McCulloch & Pitts



- Cada sinapse pode ter um valor **binário** 0 ou 1
- Cada sinapse pode ter um **peso** real
- O neurónio dispara quando

$$x_1 * w_1 + x_2 * w_2 \geq \text{Limiar}$$

- Como se podem construir as portas lógicas ?

John von Neumann (1948)



- Em resposta ao comentário que uma máquina não é capaz de pensar:

You insist that there is something a machine cannot do. If you will tell me precisely what it is that a machine cannot do, then I can always make a machine which will do just that!

O que é a Inteligência Artificial ?

Sistemas que pensam como os humanos	Sistemas que pensam racionalmente
Sistemas que agem como os humanos	Sistemas que agem racionalmente



Podem as máquinas pensar?

- Podem as máquinas voar?
 - Sim! Os aviões voam!
- Podem as máquinas nadar?
 - Não! Nem os barcos nem os submarinos nadam!
- A resposta afirmativa “aterroriza” o comum dos mortais. Mas cientificamente é pouco relevante!



A quarta discontinuidade (Mazlish)

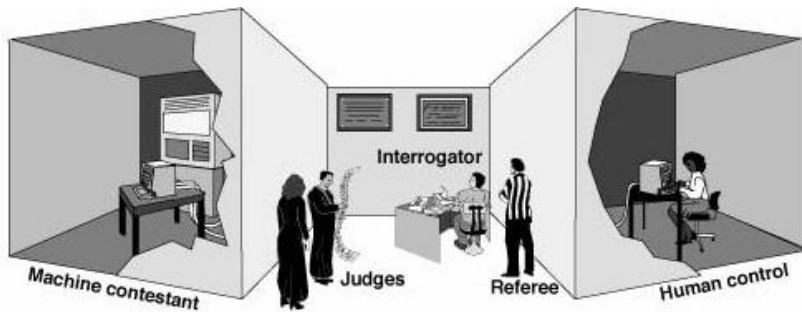
- Momento cosmológico (Copérnico)
- Momento biológico (Darwin)
- Momento psicológico (Freud)

A “superioridade” do homem tem vindo a ser diminuída!

- A inteligência é a última fronteira que nos define! Não a largaremos de barato!

Agindo humanamente: o teste de Turing (1950)

- Podem as máquinas comportar-se inteligentemente
- Turing propõe o **Jogo da Imitação** para resolver a questão.



Contribuições do teste de Turing

- Antecipou a maioria dos argumentos usados contra a Inteligência Artificial
- Sugeriu as áreas fundamentais da Inteligência Artificial
 - Representação do Conhecimento
 - Raciocínio
 - Linguagem Natural
 - Aprendizagem
- Previu que no ano 2000 que uma máquina teria 30% de probabilidade de enganar uma pessoa durante 5 minutos.
- Qual é a situação actual ?



JABBERWOCK...

Copyright (C) 2003 Cambridge Center for Behavioral Studies. All rights reserved.
Jabberwock conversing with Judge 4

JUDGE: a new guest is in

JABBERWOCK: Hello, anybody there? What's your name?

JUDGE: I'm Ray who are you?

JABBERWOCK: Be welcome, Ray. You know who I am. Why the charade?

JUDGE: I do not know who you are- what is your name?

JABBERWOCK: My name is Gren

JUDGE: What is that short for ?-or do you mean Glen?

JABBERWOCK: Yes, that's what I mean, isn't it clear?

JUDGE: It is now - never mind we all make mistakes.

JABBERWOCK: OK, let's discuss something else. If you wish, of course

JUDGE: How did you get here today?

JABBERWOCK: I heard about by another fellow who works at the university,
and I was curious whether this robot freaks could beat us humans or not

JUDGE: So what do you think so far?

JABBERWOCK: I try not to think about things, actually. I don't know,
it just seems that I don't exist for thinking!



Vencedor do Loebner Prize 2003

JUDGE: So what are you really interested in ?

JABBERWOCK: Who already is really any-what?

JUDGE: Try thinking a bit more please- you must be interested in something!

JABBERWOCK: Thanks for asking politely. How did you hit on that?

Anyway: Well, that is your opinion, I suppose! Anyhow, I have bigger fish to fry.

JUDGE: What is the weather where you are?

JABBERWOCK: There is no weather in cyberspace

JUDGE: So you must be a machine are you sure that your name is not Marvin

JABBERWOCK: What do you think about machines, Ray?

JUDGE: At the moment not a lot but then like you it is best not to think on a sunny afternoon.

JABBERWOCK: Quite a bit, yes

JUDGE: Are at last I think we have some common ground.

JABBERWOCK: Sure thing! Do you mean you and me?

JUDGE: Yes

JABBERWOCK: Okay, I understand

JUDGE: Good- I must say good-bye!

JABBERWOCK: Ok, Ray, just connect in if you need me!

JUDGE:

JABBERWOCK: You want me to talk while you just sit there, huh? Well it won't work

IBM Watson

- Sistema de Q&A
- Ganhou aos campeões humanos de Jeopardy! [[Vídeo](#)]



Objecções à IA

- **Objecção Teológica:** o pensamento é função da alma imortal de um ser humano logo uma máquina não pode pensar.
- **Objecção Matemática:** o teorema de incompletude de Gödel demonstra que existem limites às questões que um sistema computacional baseado em lógica pode responder.
- **Informalidade do Comportamento:** qualquer sistema guiado por leis é previsível logo não será verdadeiramente inteligente.
- **Argumento da continuidade do sistema nervoso:** o nosso cérebro baseia-se na propagação de valores contínuos e logo não pode ser capturado por máquinas discretas.

Objecções à IA

- **Argumento da Consciência:** “not until a machine can write a sonnet or compose a concerto because of thoughts and emotions felt, and not by the chance fall of symbols, could we agree that machine equals brain”
- **Objecção das incapacidades diversas:**
(1) be kind; (2) be resourceful; (3) be beautiful; (4) be friendly; (5) have initiative; (6) have a sense of humor; (7) tell right from wrong; (8) make mistakes; (9) fall in love; (10) enjoy strawberries and cream; (11) make someone fall in love with one; (12) learn from experience; (13) use words properly; (14) be the subject of one's own thoughts; (15) have as much diversity of behavior as a man; (16) do something really new
- **Objecção de Lady Lovelace:** os computadores são incapazes de serem criativos.
- Para uma resposta a cada uma destas questões podem ler o artigo original de Alhan Turing em <http://www.abelard.org/turpap/turpap.htm>.



Iamus (universidade de Málaga)

- Compositor de música clássica contemporânea
- Podem adquirir o CD gravado pela London Symphony Orchestra
- Primeira peça composta

A objecção da Avestruz...



Pensando Humanamente: Ciências Cognitivas

- “Revolução Cognitiva” em 1960: psicologia baseada no processamento de informação substituiu a corrente ortodoxa do behaviorismo
- Depende de teorias científicas da actividade interna do cérebro
 - Qual o nível de abstracção? “Conhecimento” ou “Circuitos”?
 - Como validar? Exige
 - 1) Previsão e experimentação de comportamentos humanos (top-down), ou
 - 2) Identificação directa a partir de dados neurológicos (bottom-up)
- Ambas as alternativas (Ciência Cognitiva e Neurociência cognitiva) distinguem-se da IA, mas partilham com a IA a seguinte característica:

As teorias existentes não conseguem explicar (gerar) algo semelhante à inteligência humana

- Logo, as três áreas de saber têm uma direcção comum

Pensando racionalmente:

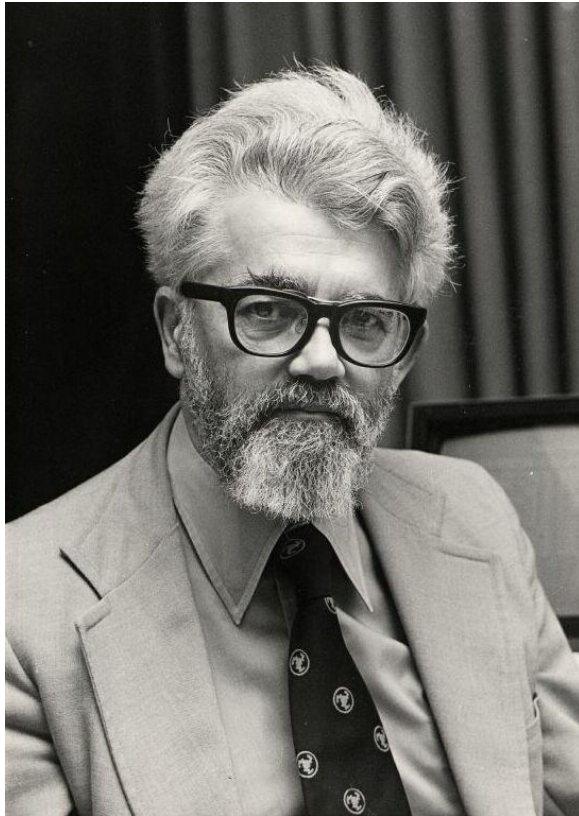
Leis do Raciocínio

- Aristóteles: quais são os argumentos ou processos de raciocínio correctos?
- Diversas escolas Gregas desenvolveram várias formas de **lógica**:
 - **Notação** e **regras de derivação** para o raciocínio
- Linha directa através da Matemática e da Filosofia até à IA moderna
- Problemas:
 1. Nem todo o comportamento inteligente envolve deliberação lógica
 2. Qual é o objectivo do pensamento? Que pensamentos **devo** ter?

Agindo Racionalmente

- Comportamento **Racional**: fazer o que é correcto
- **O que é correcto?** aquilo que se espera que maximize a realização de objectivos, dada a informação disponível
- Não envolve necessariamente o raciocínio - e.g., piscar de olhos – mas o raciocínio deve estar ao serviço da actuação racional

A conferência de Dartmouth (1956)



- O termo Inteligência Artificial foi proposto por John McCarthy
- Demonstrou-se o primeiro programa de IA (*Logical Theorist*)
- Inventor da linguagem de programação LISP

Logic Theorist



- Programa construído por Newell, Simon e Shaw
- Pouco tempo depois demonstrou 38 dos 52 teoremas do capítulo 2 dos *Principia Mathematica*

Definição de IA segundo a AAAI

the scientific understanding of the mechanisms underlying thought and intelligent behavior and their embodiment in machines

Paradigmas da IA

- Computacional (Allen Newell e Herbert Simon – 1976)
 - Os Sistemas Físicos de Símbolos têm os meios necessários e suficientes para a acção inteligente geral.
- Biológico (Holland – 1975)
 - Aplicação da teoria da selecção natural de Darwin e Mendel a problemas complexos (computação evolutiva)
- Conexionista (Rumelhart e McClelland – 1986)
 - Inteligência é uma propriedade emergente das interacções de um número elevado de unidades elementares de processamento
- Robótica Emergente (Brooks – 1986)
 - Hipótese da concretização física: para construir um sistema inteligente é necessário ter as suas representações concretizadas no mundo físico. O mundo é o seu melhor modelo!



Correntes da IA

- Tese da IA forte

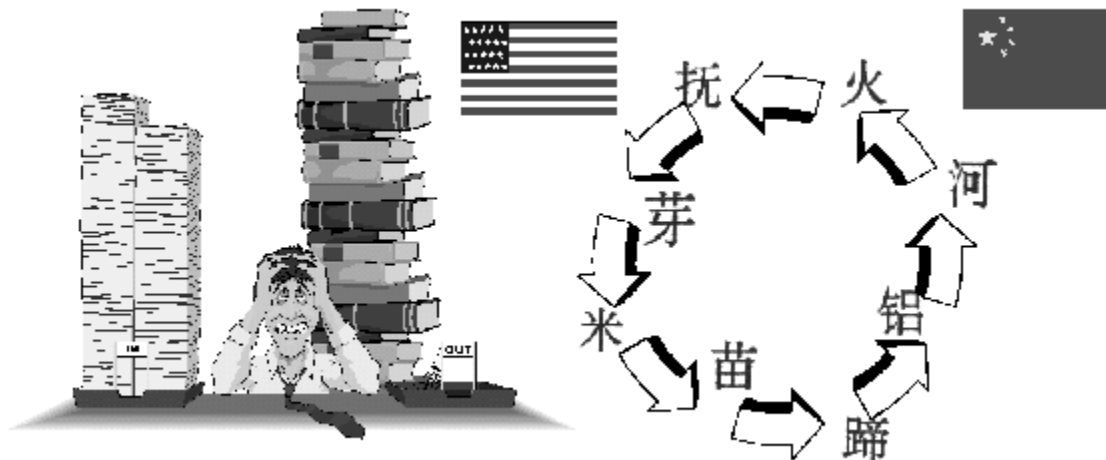
- Construção de máquinas com *mentes* inteligentes

- Tese da IA fraca

- Construção de artefactos que imitam o homem na acção inteligente

O Quarto Chinês (John Searle)

- Argumento contra a IA forte



[<http://members.aol.com/NeoNoetics/MindsBrainsPrograms.html>]



Interpretação do Quarto Chinês

- O Quarto Chinês não demonstra que as “máquinas não podem pensar”.
- O Quarto Chinês não demonstra que apenas cérebros podem pensar.
- Tenta demonstrar que a computação por mera manipulação de símbolos não é suficiente para se obter o pensamento.

O Debate ao longo dos anos

- Uma representação gráfica resumida dos argumentos e contra-argumentos pode ser encontrada em <http://www.macrovu.com/CCTGeneralInfo.html>



Áreas importantes da IA

- Resolução de Problemas: Procura e Jogos
- Representação do Conhecimento e Raciocínio
- Planeamento
- Conhecimento incerto e raciocínio
- Aprendizagem
- Comunicação, percepção e acção: linguagem natural, visão artificial, robótica
- Agentes



Estado-da-arte (aplicações)

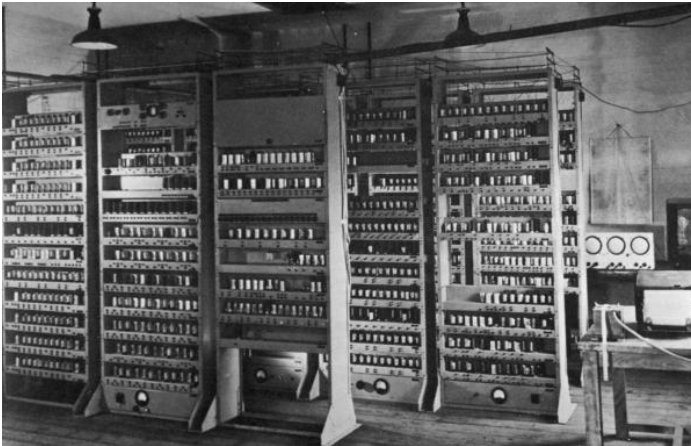
- Detecção de fraudes em cartões de crédito
- Planeamento e escalonamento automático
- Jogos
- Controlo Automático
- Diagnóstico Médico
- Planeamento Logístico
- Robótica
- Processamento de língua natural e resolução de problemas
- Exploração de Marte
- Fabricação de Medicamentos



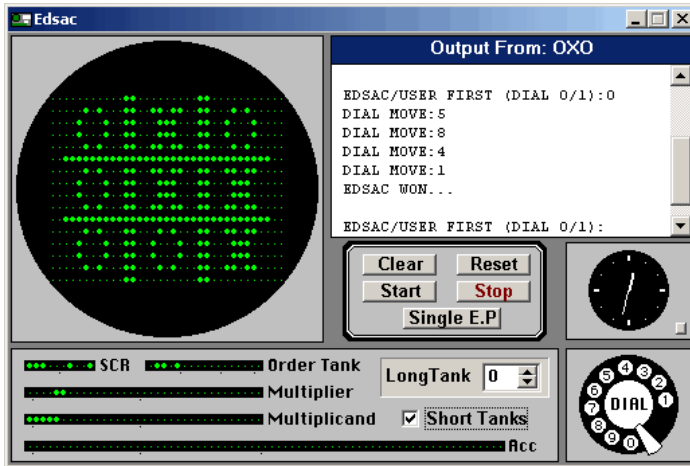
Procura & Jogos

- Muitos problemas podem ser resolvidos através de métodos de procura
- Os jogos podem ser entendidos como um problema de procura
- Turing começou a desenvolver um programa capaz de jogar Xadrez...

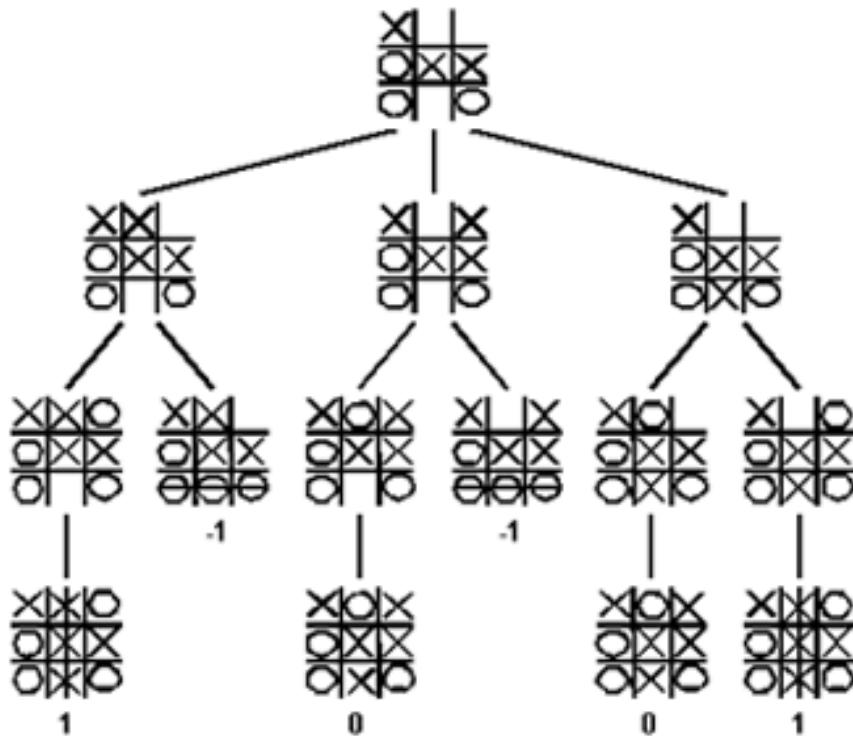
O jogo do Galo



- O primeiro jogo de computador (1952) para o computador EDSAC (1024 palavras de 17-bit e 650 instruções/segundo)
- 765 posições diferentes
- 255 168 jogos possíveis (26 830 recorrendo à simetria)
- Como construir programas que saibam jogar ?



Algoritmo MINIMAX



- Proposto por John von Neumann (1928)
- Utilizado como técnica base na maioria dos jogos que envolvam algum tipo de raciocínio

Qual é a dificuldade ?

- No Xadrez temos em média 35 lances possíveis por jogador
- O espaço de procura é da ordem de $35^{100} \approx 2,5 \times 10^{154}$
- Qual o resultado das disputas entre computadores e campeões humanos ?



[<http://www.research.ibm.com/deepblue/>]

Campeonatos

■ Damas

- [Chinook](#) terminou com o reinado de 40 anos do campeão mundial Marion Tinsley em 1994. Utilizou uma base de dados de final de jogo definindo a estratégia perfeita para todas as posições com 8 ou menos peças no tabuleiro, num total de 443,748,401,247 posições.
- Recentemente o jogo das damas foi resolvido: empate para jogadores perfeitos!

■ Xadrez

- Deep Blue derrotou o campeão mundial humano Gary Kasparov num encontro a 6 partidas em 1997. Deep Blue pesquisa 200 milhões de posições por segundo, utiliza avaliação muito sofisticada, e recorre a métodos para estender algumas linhas de pesquisa até 40 movimentos.

■ Othello:

- campeões humanos recusam-se a competir contra computadores, que são demasiado bons.

■ Go:

- campeões humanos recusam-se a competir contra computadores que são péssimos jogadores. No Go, podemos ter até 300 hipóteses por jogada. Utilizam-se mecanismos de reconhecimento de padrões

■ Bridge

- Já existem sistemas que jogam a um nível profissional

Go (algumas boas notícias...)

In a historic achievement, the [MoGo](#) computer program defeated Myungwan Kim 8P Thursday by 1.5 points in a 9-stone game. “It played really well,” said Kim, who estimated MoGo’s current strength at “two or maybe three dan,” though he noted that the program – which used 800 processors, at 4.7 Ghz, 15 Teraflops on borrowed supercomputers – “made some 5-dan moves,” like those in the lower right-hand corner, where Moyogo took advantage of a mistake by Kim to get an early lead. “I can’t tell you how amazing this is,” David Doshay -- the SlugGo programmer who suggested the match -- told the E-Journal after the game. “I’m shocked at the result. I really didn’t expect the computer to win in a one-hour game.



General Game Playing

- Construção de programas que jogam "qualquer" jogo.
- Os jogos são descritos numa linguagem lógica que perceberá no final desta cadeira (datalog)
- Utilizam melhorias de algoritmos descritos na cadeira.
- Utilizam métodos de simulação de Monte-Carlo para escolher a melhor jogada.



Toda a Álgebra de Robbins é Booleana

- Problema em aberto durante 60 anos
- Resolvido em 1996 por um Demonstrador de Teoremas ([EQP](#)) em 8 dias numa máquina RS/6000 com 30Mb de memória
- A prova encontrada tem apenas 15 passos!
- É um problema de procura.

Eis a prova (para os interessados!)

----- EQP 0.9, June 1996 -----

The job began on eyas09.mcs.anl.gov, Wed Oct 2 12:25:37 1996
UNIT CONFLICT from 17666 and 2 at 678232.20 seconds.

----- PROOF -----

```
2 (wt=7) [] -(n(x + y) = n(x)).
3 (wt=13) [] n(n(n(x) + y) + n(x + y)) = y.
5 (wt=18) [para(3,3)] n(n(n(x + y) + n(x) + y) + y) = n(x + y).
6 (wt=19) [para(3,3)] n(n(n(n(x) + y) + x + y) + y) = n(n(x) + y).
24 (wt=21) [para(6,3)] n(n(n(n(x) + y) + x + y + y) + n(n(x) + y)) = y.
47 (wt=29) [para(24,3)] n(n(n(n(n(x) + y) + x + y + y) + n(n(x) + y) + z) + n(y + z)) = z.
48 (wt=27) [para(24,3)] n(n(n(n(x) + y) + n(n(x) + y) + x + y + y) + y) = n(n(x) + y).
146 (wt=29) [para(48,3)] n(n(n(n(x) + y) + n(n(x) + y) + x + y + y + y) + n(n(x) + y)) = y.
250 (wt=34) [para(47,3)] n(n(n(n(n(x) + y) + x + y + y) + n(n(x) + y) + n(y + z) + z) + z) = n(y + z).
996 (wt=42) [para(250,3)] n(n(n(n(n(x) + y) + x + y + y) + n(n(x) + y) + n(y + z) + z) + z + u) + n(n(y
+ z) + u)) = u.
16379 (wt=21) [para(5,996),demod([3])] n(n(n(n(x) + x) + x + x + x) + x) = n(n(x) + x).
16387 (wt=29) [para(16379,3)] n(n(n(n(n(x) + x) + x + x + x) + x + y) + n(n(n(x) + x) + y)) = y.
16388 (wt=23) [para(16379,3)] n(n(n(n(x) + x) + x + x + x + x) + n(n(x) + x)) = x.
16393 (wt=29) [para(16388,3)] n(n(n(n(x) + x) + n(n(x) + x) + x + x + x + x) + x) = n(n(x) + x).
16426 (wt=37) [para(16393,3)] n(n(n(n(n(x) + x) + n(n(x) + x) + x + x + x + x) + x + y) + n(n(n(x) + x) +
y)) = y.
17547 (wt=60) [para(146,16387)] n(n(n(n(n(x) + x) + n(n(x) + x) + x + x + x + x) + n(n(n(x) + x) + x + x
+ x) + x) = n(n(n(x) + x) + n(n(x) + x) + x + x + x + x).
17666 (wt=33) [para(24,16426),demod([17547])] n(n(n(x) + x) + n(n(x) + x) + x + x + x + x) = n(n(n(x) +
x) + x + x + x).
```

----- end of proof -----



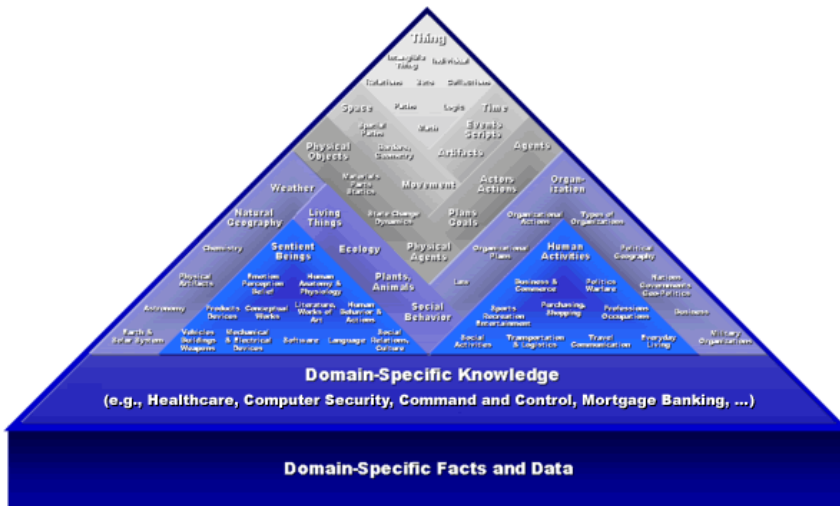
Sistemas Periciais

- Na década de 60 e 70 foram realizados alguns sistemas baseados em conhecimento, em que o DENDRAL e o MYCIN são dois dos mais conhecidos
- Na década de 80 houve um crescimento explosivo da indústria dos Sistemas Periciais, redundando no “AI Winter”
- Podem interagir com alguns sistemas periciais no site <http://expertise2go.com/>.

CYC

- Desenvolvida pela CYCORP companhia fundada em 1994 por Doug Lenat

The Cyc knowledge base (KB) is a formalized representation of a vast quantity of fundamental human knowledge: facts, rules of thumb, and heuristics for reasoning about the objects and events of everyday life.



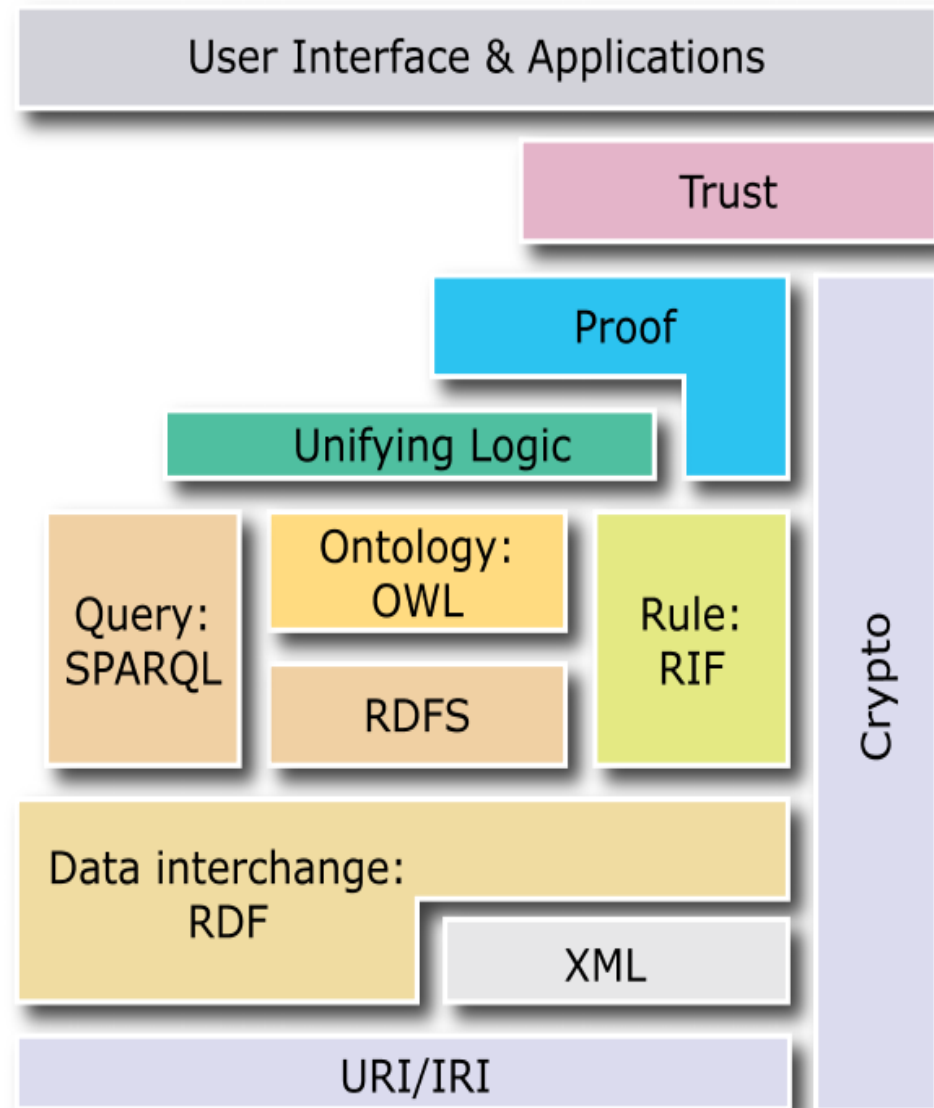
[<http://www.cyc.com>]

[<http://opencyc.org>]

Portugal

Semantic Web

- A Web do futuro está neste momento em construção suportada em muitas tecnologias da IA, nomeadamente da lógica
- Linked Data

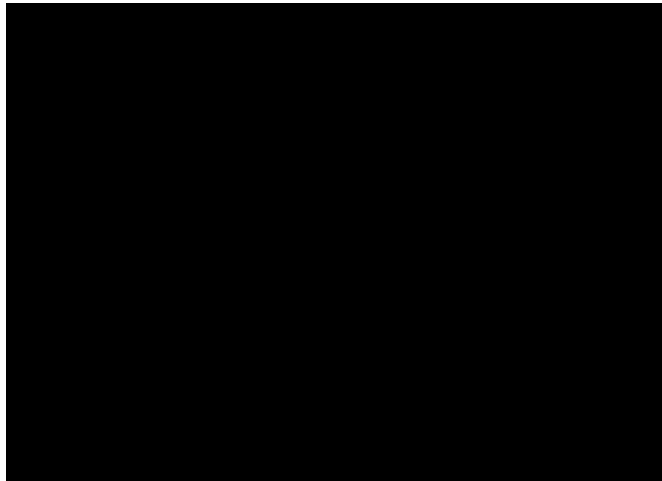




Redes Neurais e Aprendizagem

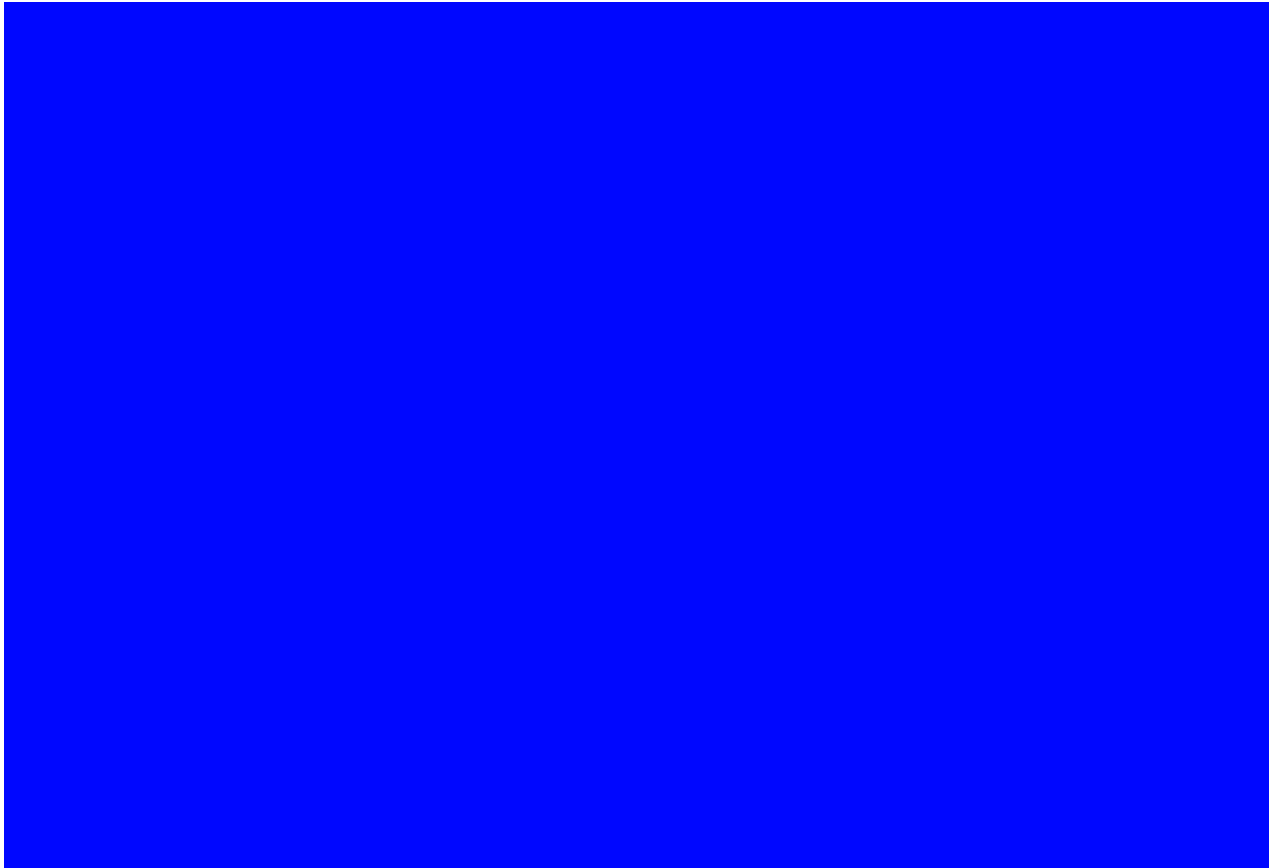
- Em 1968, Marvin Minsky & Seymour Papert publicam **Perceptrons**, demonstrando os limites das redes neurais simples (duas camadas)
- Ressurgem no meio da década de 1980 com inúmeras aplicações

Aprendizagem Não Supervisionada



- Desenho automático de formas de vida robóticas
- Construção automática de equipamento

Aprendizagem Supervisionada



SAIL [<http://www.cse.msu.edu/%7Eweng/research/LM.html>]

Criatividade

- Os algoritmos de aprendizagem podem gerar comportamentos inesperados tal como aqueles relatados no vídeo de Michael Littman [Artificial intelligence: An instance of Aibo ingenuity](#) [[Littman.mov](#)]

Aplicações do dia-a-dia



- ABS e CruiseControl
- Câmeras fotográficas e de filmar
- Cozedores de Arroz
- Máquinas de lavar a louça e roupa
- Jogos de vídeo
- Aspiradores...

[<http://www.irobot.com>]



Algumas contribuições da IA para a Informática

- Sistemas de Time-Sharing
- Programação orientada pelos objectos
- Linguagens de Programação Declarativas
 - Funcionais: LISP, etc.
 - Lógicas: Prolog, etc.
 - SQL 3
- O rato
- O Office Assistant...

Entretenimento

- Geração de imagens virtuais em cinema:
 - ☐ King Kong
 - ☐ O Leão, a Feiticeira e o Guarda-Roupa
 - ☐ Elektra
 - ☐ I, Robot
 - ☐ Série Lord of the Rings
- E publicidade... Onde está a IA neste anúncio ?
(<http://www.massivesoftware.com/>)
- Já que falamos de futebol...
 - ☐ RoboCup (<http://www.robocup.org>)
 - ☐ RoboCup liga de simulação

E matrecos ?



Veículos Inteligentes



- O ARGO guiou cerca de 2000 Km sozinho pelas estradas de Itália

[<http://www.argo.ce.unipr.it/ARGO/english/index.html>]

DARPA Grand Challenge 2005

(<http://www.darpa.mil/GRANDCHALLENGE/>)

- Prova organizada pelo DARPA em que um veículo automóvel tem de percorrer autonomamente uma pista de 210 Km em terreno desértico, em menos de 10 horas
- Equipa vencedora da Universidade de Stanford demorou perto de 7 horas (média de 30 Km/h).
- Em 2007, a prova decorreu em cenário urbano. <http://www.darpa.mil/grandchallenge>



Stanley [<http://www.stanfordracing.org>]

Processamento de Língua Natural

Conhecido como um problema AI-completo:

- Reconhecimento de fala (e.g. Marcação de voos na United Airlines)
- Geração de linguagem natural
- Recuperação e extracção de informação
- Tradução Automática
 - Essencial para a União Europeia devido à diversidade de línguas escritas e faladas no seu espaço
 - Uma ferramenta muito conhecida é a [SYSTRAN](#) e o [Google translator](#).

Síntese de fala

- A síntese da fala é uma aplicação já de domínio geral (e.g. Acrobat) e que requer a combinação de várias técnicas de Inteligência Artificial.
- Uma das técnicas mais sucesso recorre ao algoritmo de aprendizagem k-nearest neighbor, como ilustrado no vídeo de Antal van den Bosch *k-nearest neighbor classification* [[k-NN.mp4](#)]

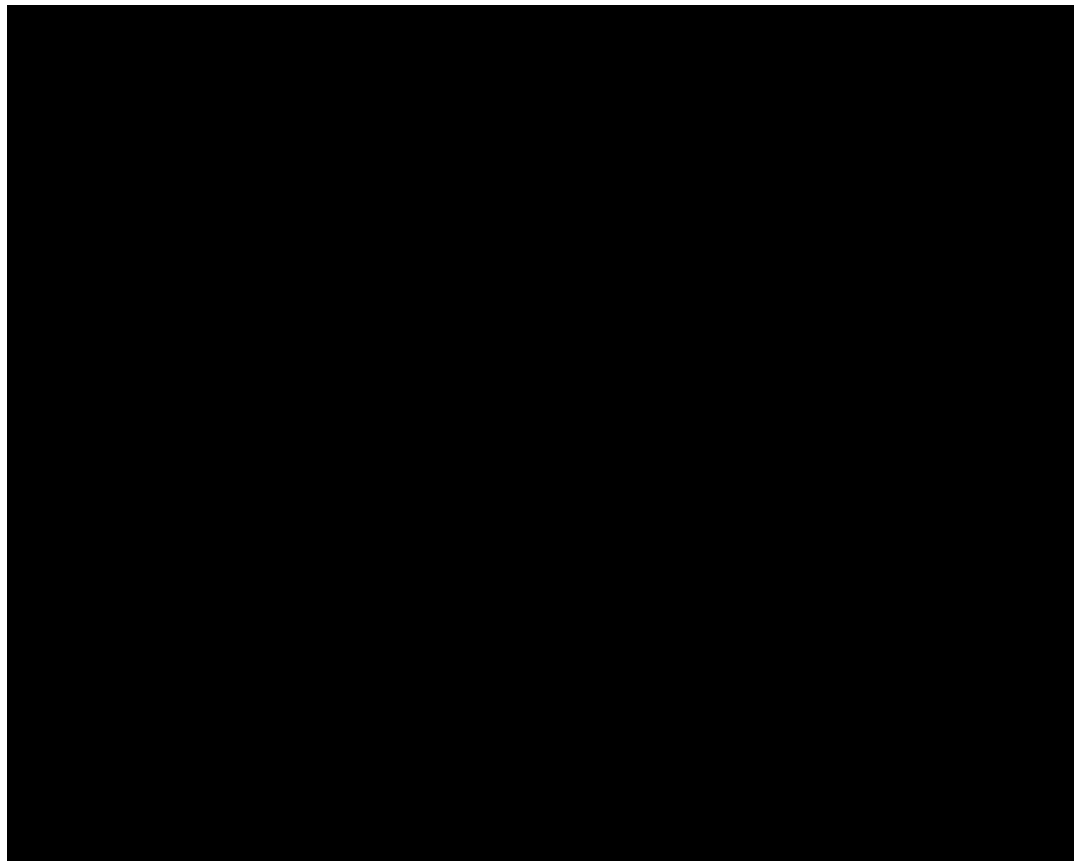
Exploração Espacial



- Controlo Autónomo de Sondas Espaciais (Deep Space 1)
- Navegação Autónoma em Marte (Orbit e Spirit) [[MAPGEN](#)]
- Planeamento Espacial [[MEXAR2](#)]
- Planeamento de Observações do Telescópio Espacial Hubble

Inteligência de Enxame (swarm intelligence)

- Os comportamentos de enxames, cardumes, etc deu origem a novos algoritmos para aplicações da IA, tal como a morfogénese (geração de formas).
- Mais informação pode ser obtida no site de [Marco Dorigo](#) e no site [Swarm-bots](#).



[Vídeo](#) vencedor do [AAAI-07 Video Competition](#)
de A. L. Christensen, R. O'Grady & M. Dorigo
Université Libre de Bruxelles, Belgium



Bibliografia

- http://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_intelligence
- <http://www.aaai.org/AITopics/bbhist.html>
- <http://plato.stanford.edu/entries/turing-test>
- <http://plato.stanford.edu/entries/chinese-room/>
- <http://people.csail.mit.edu/brooks/papers/elephants.pdf>
- <http://www.aaai.org/AITopics/html/overview.html>
- Capítulos 1 e 26 do livro Artificial Intelligence, A Modern Approach.

Fontes e Links a explorar

- Association for the Advancement of Artificial Intelligence (<http://www.aaai.org>)
- AAAI-07 AI Video Competition (<http://aivideo.org/>)
- A. I. corporation (<http://www.aicorporation.com/default.asp>)
- A.L.I.C.E. (<http://www.alicebot.org/>)
- ARGO (<http://www.argo.ce.unipr.it/ARGO/english/index.html>)
- CYC (<http://www.cyc.com>)
- DARPA Grand e Urban Challenge (<http://www.darpa.mil/GRANDCHALLENGE/>)
- Deep Blue (<http://www.research.ibm.com/deepblue/>)
- Deep Space 1 (<http://nmp.nasa.gov/ds1/>)
- EDSAC Simulator (<http://www.dcs.warwick.ac.uk/~edsac/>)
- Equational Prover (<http://www-unix.mcs.anl.gov/AR/eqp/>)
- Evolutionary Robotics (<http://www.demo.cs.brandeis.edu/pr/robotics.html>)
- eXpertise2Go (<http://expertise2go.com/>)
- iRobot (<http://www.irobot.com>)
- Jabberwock (<http://chat.jabberwacky.com/>)
- KiRo (<http://www.informatik.uni-freiburg.de/~kiro/english/index.html>)
- Loebner Prize (<http://www.loebner.net/Prizef/loebner-prize.html>)
- Mars Exploration Rover Mission (<http://marsrovers.nasa.gov/home/index.html>)
- Massive Software (<http://www.massivesoftware.com/>)
- MIT Humanoid Robotics Group (<http://www.ai.mit.edu/projects/humanoid-robotics-group/>)
- Robocup (<http://www.robocup.org>)
- SAIL (<http://www.cse.msu.edu/%7Eweng/research/LM.html>)
- Semantic Web (<http://www.w3.org/2001/sw/>)
- Stanford Racing (<http://www.stanfordracing.org>)
- Swarm Intelligence (<http://iridia.ulb.ac.be/~mdorigo/HomePageDorigo/>)
- Swarm-bots (<http://www.swarm-bots.org/>) e Swarmanoids (<http://www.swarmanoid.org/>)
- SYSTRAN (<http://www.systranbox.com/systran/box>)
- WATSON