

Bibliografía básica para el primer cuatrimestre

Russell, S. y Norvig, P.

Inteligencia Artificial: Un Enfoque Moderno.

Prentice Hall, 2004, 2^a edición.

Luger, G.F. (Stubblefield, W.A. en ediciones previas)

Artificial Intelligence.

Addison-Wesley, 2005, 5^a edición.

Rich, E. y Knight, K.

Artificial Intelligence.

McGraw-Hill, 1991, 2^a edición. *Existe en castellano (1994).*

Nilsson, N.J.

Artificial Intelligence: A New Synthesis.

Morgan Kaufmann, 1998. *Existe en castellano (2001).*

Inteligencia Artificial e Ingeniería del Conocimiento

Tema 1: Programación e Inteligencia Artificial

Introducción

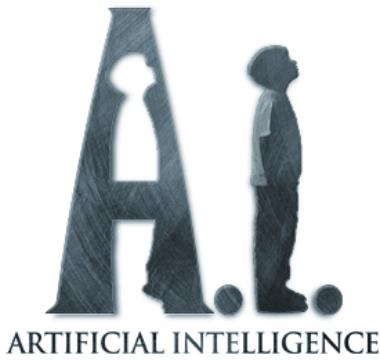
- ¿Qué es la Inteligencia Artificial?
- El test de Turing
- Capacidades asociadas a la inteligencia
- Frontera móvil de la IA

Aspectos fundamentales

Evolución histórica

Aplicaciones

¿Qué es la Inteligencia Artificial?



¿Qué es Inteligencia? (natural)

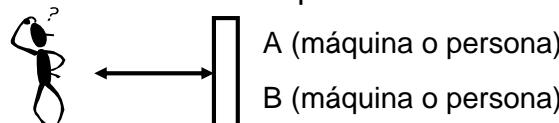
- Dificultad para definir el concepto “inteligencia” (natural)
 - ¿Es una capacidad individual o... **es el nombre que se le da a una colección de habilidades distintas y no relacionadas?**
 - ¿Se “aprende” la inteligencia o tiene una existencia “a priori”?
 - ¿Qué ocurre exactamente cuando se produce aprendizaje?
 - ¿Qué es la creatividad? ¿Qué es la intuición?
 - ¿Puede deducirse inteligencia simplemente a partir del comportamiento observable?
- ¿Qué es pensar, deducir o razonar? : Obtener nuevo conocimiento
- Definición de Minsky:
 - Inteligencia es la capacidad de resolver problemas..
 - Que aún no se entienden...
 - (los que entendemos no necesitamos inteligencia para resolverlos)
- Otra definición:
 - Inteligencia es la capacidad de adaptación (de los seres vivos)

¿Qué es la Inteligencia Artificial?

- ❑ Estas preguntas llevan al núcleo de la IA moderna
 - ❑ Colección de problemas y metodologías ...
 - ❑ Para resolver problemas que no tienen fácil solución algorítmica
- ❑ Propósito de la IA
 - ❑ Analiza los mecanismos que dan lugar a conductas inteligentes para...
 - ❑ Reproducir dichas **conductas** en máquinas
 - ❑ (no necesariamente con los mismos mecanismos)
- ❑ Dificultad de dar con una definición precisa de la IA
 - ❑ La IA es aún una disciplina joven
 - ❑ Su estructura, intereses y métodos no están definidos ni fijados con tanta claridad como en una ciencia madura
 - ❑ La IA siempre busca ampliar las capacidades de la informática
 - ❑ No se centra en definir sus límites

El test de Turing (1950)

- ❑ Medida de inteligencia **conductiva**: el test de Turing (1950)
 - ❑ Dos personas y la máquina/programa a evaluar
 - ❑ Un entrevistador humano intenta determinar, realizando preguntas durante cierto tiempo, cuál de sus interlocutores es una máquina
 - ❑ "Juego de imitación" en que el computador trata de hacerse pasar por un ser humano
 - ❑ Tanto las destrezas como las flaquezas...
 - ❑ Algunas personas "inexpertas" han sido engañadas
 - ❑ Eliza, Alice en la competición del Loebner Prize del 2001, ...
 - ❑ Ningún programa ha superado esta prueba frente a jueces expertos
 - ❑ Aún se conserva vigente, se sigue discutiendo sobre él, pero las aplicaciones de IA no suelen tenerlo en cuenta



Anécdota de Bobrow: DOCTOR (variante de Eliza)

- ✓ ¿Puedo utilizar el ordenador esta mañana?.
 - ✓ ¿Por qué me lo pregunta?
- ✓ Pienso que podría hacer unas ventas adicionales de nuestro sistema.
 - ✓ ¿Por qué no está seguro?
- ✓ Mis clientes no han visto nunca una demo del sistema.
 - ✓ ¿Significa esto mucho para usted?
- ✓ Por supuesto.
 - ✓ Parece usted muy seguro
- ✓ Esto es absurdo...
 - ✓ ¿Qué quiere decir usted con que esto es absurdo?
- ✓ ¿Existe alguna razón por la que no pueda usar el ordenador AHORA?.
 - ✓ Cuénteme más cosas de sus clientes
- ✓ Por favor, telefonéeme inmediatamente al 491-1850

Como medir la inteligencia?

- ❑ Determinar la “inteligencia global” (test de Turing)
 - ❑ Sólo mide comportamiento inteligente; no cómo se ha llegado a él
 - ❑ Hipótesis de la IA débil: es posible que las máquinas actúen con inteligencia (como si fueran inteligentes)
 - ❑ Hipótesis de la IA fuerte: es posible que las máquinas piensen realmente
- ❑ Medir aspectos parciales de la inteligencia o dominios concretos de aplicación, (podemos hacer pruebas mucho más específicas: MAS PRECISAS)
 - ❑ Calidad de juego de ajedrez de un programa con respecto a jugadores humanos
 - ❑ Traductores automáticos: analizar número y tipo de errores en un párrafo
 - ❑ Dinero ahorrado por la aplicación de un sistema experto a problema concreto...
 - ❑ Comparación de un sistema experto con un experto humano

Capacidades asociadas a la inteligencia

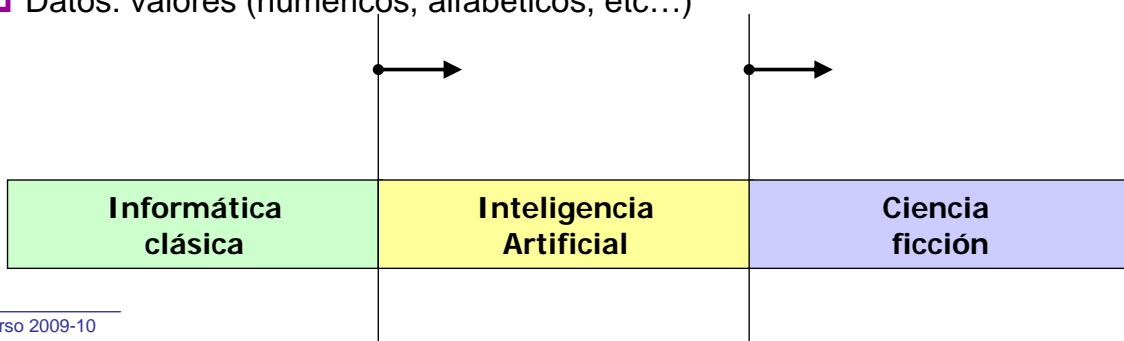
- ❑ Las **conductas inteligentes** requieren capacidades de
 - ❑ percepción
 - ❑ procesamiento del LN, visión computacional...
 - ❑ representación del conocimiento
 - ❑ razonamiento
 - ❑ razonamiento automático para usar la información almacenada
 - ❑ responder a preguntas, extraer conclusiones...
 - ❑ aprendizaje
 - ❑ aprendizaje automático
 - ❑ adaptación a nuevas circunstancias, detectar y extraer patrones...
- ❑ ¿*Pueden pensar las máquinas?* Lectura divulgativa
 - ❑ Predicciones: *La era de las máquinas espirituales* (Ray Kurzweil)
 - ❑ Emociones en la Inteligencia: *La máquina emocional* (M. Minsky)

Capacidades asociadas a la inteligencia

- ❑ Muchas de nuestras capacidades presentan serias dificultades para ser implementadas en una máquina
 - ❑ Visión
 - ❑ Reconocimiento de una persona por su voz
 - ❑ Cambio de expectativas: facilidad de adaptación
- ❑ Seres vivos tenemos gran flexibilidad (**adaptabilidad => aprendizaje**)
 - ❑ IA funciona sólo en los dominios para los que fueron escritos
 - ❑ Muchos programas no mejoran con la experiencia
- ❑ En los comienzos de la IA,
 - ❑ Se concentraron en actividades de “*muchas inteligencias*” (p.e. ajedrez)
 - ❑ dejando de lado actividades de **sentido común**,
 - ❑ Que se consideran mucho más difíciles de reproducir

Frontera móvil de la IA

- ❑ Frontera entre programación tradicional e IA
 - ❑ Frontera móvil: cuando algo funciona ya no es IA
 - ❑ La IA se ocupa de aquellos problemas:
 - ❑ para los que no existen soluciones algorítmicas satisfactorias y
 - ❑ de aquellos que requieren el manejo explícito del conocimiento
- ❑ La IA se ocupa de tareas que, de momento, la gente realiza mejor
- ❑ Importante distinguir:
 - ❑ Conocimiento: interpretación de Información (usado en IA)
 - ❑ Información: asociar Datos con conceptos
 - ❑ Datos: valores (númericos, alfabéticos, etc...)



Enfoques distintos de la IA

- A - Enfoque centrado en el comportamiento humano

- ❑ Desarrollar teorías sobre los mecanismos de inteligencia humana
 - ❑ Que el ordenador valide las teorías mediante simulación
- ❑ Ciencia empírica, con hipótesis y confirmaciones mediante experimentos
- ❑ Crear un sistema artificial que realice procesos cognitivos humanos.
- ❑ → Busca el cómo lo hace (definir métodos)
 - ❑ en vez de el qué hace (utilidad del sistema).
- ❑ **Aspectos fundamentales: el aprendizaje y la adaptabilidad.**
 - ❑ gran dificultad para ser incluidos en un sistema cognitivo artificial
- ❑ Autores representativos: Newell y Simon de la Carnegie Mellon University

Enfoques distintos de la IA

- B - Enfoque racional

- ❑ Desarrollar una tecnología para:
 - ❑ Que el ordenador tenga capacidades de razonamiento similares (o aparentemente similares) a las de la inteligencia humana
- ❑ Racionalidad: **concepto ideal de inteligencia**
 - ❑ Un sistema es racional si hace “lo correcto” en función de su conocimiento
 - ❑ No siempre actuamos así; no somos perfectos
- ❑ Combinación de matemáticas e ingeniería
- ❑ → Busca la utilidad (resultados aplicables), más práctico
 - ❑ no tanto en definir los métodos
- ❑ Temas claves: **representación y gestión del conocimiento**
- ❑ Algunos autores representativos: McCarthy y Minsky del MIT

- C - Frecuentemente ambos enfoques no se pueden distinguir

- Lo importante es que ambos se complementan

Inteligencia Artificial e Ingeniería del Conocimiento

❑ Tema 1: Programación e Inteligencia Artificial

- ❑ Introducción
- ❑ Aspectos fundamentales
 - ❑ Aproximación simbólica versus aproximación subsimbólica
 - ❑ Hipótesis del sistema de símbolos físicos
 - ❑ Técnicas de la Inteligencia Artificial
 - ❑ Espacio de estados y búsqueda
 - ❑ Representación del conocimiento
 - ❑ Mecanismos de inferencia
 - ❑ Paradigmas básicos
- ❑ Evolución histórica
- ❑ Aplicaciones

Aproximación simbólica vs. subsimbólica de la IA

- A - Aproximación simbólica :

- ❑ comportamiento inteligente:
 - ❑ Sistema de símbolos físicos (SSF)
 - ❑ El SSF tiene los medios necesarios y suficientes
- ❑ La mayoría de los sistemas de la IA clásica asumen esta hipótesis
 - ❑ Sistemas simbólicos o declarativos (nos centramos en éstos)

- B - Aproximación subsimbólica

- ❑ el comportamiento inteligente mediante procesamiento de “señales”
- ❑ Ejemplos : redes neuronales artificiales, algoritmos genéticos

Propósito de la IA: hacer computacional el *conocimiento* humano por procedimientos simbólicos, subsimbólicos o híbridos

Hipótesis del sistema de símbolos físicos (SSF)

- ❑ Hipótesis del sistema de símbolos físicos (Newell y Simon, 1976)
 - “Un SSF tiene los medios necesarios y suficientes para producir un comportamiento inteligente”
- ❑ Cualquier sistema (humano, animal o máquina) que exhiba inteligencia debe operar manipulando estructuras compuestas por símbolos
 - ❑ sumar números, reordenar listas de símbolos, reemplazar unos símbolos por otros, etc.
- ❑ Un símbolo es algo que representa a otra cosa (objeto físico o concepto)
 - ❑ El símbolo ‘7’ representa al concepto 7
 - ❑ Un símbolo es algo físico
- ❑ La noción de símbolo es la que establece el vínculo crucial entre la IA y los sistemas formales (lógica, matemáticas)
- ❑ Computación simbólica: los símbolos pueden representar cualquier cosa
 - ❑ Lenguajes de Programación (LPs): ofrecen primitivas para su manipulación

Aproximación simbólica

- Se modela la misma realidad con tres niveles sucesivamente:
 - ➔ Nivel de conocimiento (nivel conceptual) textos, diagramas
 - ➔ Nivel simbólico (nivel lógico) SSF
 - ➔ Nivel de implementación (nivel físico) LP
- El conocimiento se representa en un SSF (nivel simbólico)
 - “Juan cogió el balón” ➔ (cogió-objeto juan-2 balón-17)
- El SSF, a su vez, se implementa en un LP (procesa símbolos)
- Inferencia o deducción : camino inverso
 - Nivel de implementación ➔ nivel simbólico ➔ nivel de conocimiento
 - La implementación manipula expresiones simbólicas conocidas
 - Infiere/genera nuevas estructuras simbólicas
 - que pueden ser interpretadas para obtener su correspondencia a nivel de conocimiento
- Depende de las características del problema
 - Puede haber distintas implementaciones para un SSF
 - Puede haber distintos SSF para representar el mismo conocimiento

Técnicas de la Inteligencia Artificial

- IA utiliza técnicas específicas denominadas **heurísticas**
 - En combinación con los métodos generales de la computación algorítmica
- Se diferencian del enfoque algorítmico clásico en una o varias situaciones:
 - Tener conocimiento (datos, información) incompleto o incierto
 - Obtener solución completamente correcta es O^n (mediante algoritmos)
 - Puede que no se pueda garantizar la solución óptima
- Objetivo inteligente:
 - Saber sacar el máximo provecho a la información disponible
 - para tratar de obtener el resultado deseado
 - Compromiso entre exhaustividad del proceso y calidad del resultado
 - Se sacrifica la seguridad de obtener soluciones óptimas por
 - la ventaja de poder operar con información incompleta
- Tres aspectos esenciales en el enfoque básico de IA:
 1. Espacio de estados y estrategias de búsqueda
 2. Representación del conocimiento
 3. Mecanismos de Inferencia

1. Espacio de estados y búsquedas

- ❑ **Espacio de estados:** situaciones en que se puede encontrar un problema
 1. un estado inicial,
 2. uno o varios estados objetivo,
 3. los operadores permitidos para cambiar de estado (o función sucesor) y
 4. la función de coste de la solución.
- ❑ Proceso para resolver ([encontrar solución](#)) un problema es
 - ❑ Una búsqueda en el
 - ❑ Espacio de los posibles estados
- ❑ Este paradigma es [totalmente general](#),
 - ❑ constituye su principal ventaja y su principal inconveniente.
 - ❑ Para problemas de tamaño real es necesario
 - ❑ dirigir esta búsqueda añadiendo [conocimiento heurístico](#)

2. Representación del conocimiento

- ❑ El conocimiento utilizado se agrupa en bases de conocimiento (BC)
 - ❑ Una BC es un almacén de piezas de conocimiento (nivel conocimiento)
 - ❑ (no es una BD, aunque se puede implementar en una BD) (nivel implementación)
- ❑ Para representar el conocimiento se hace con diversos formalismos (técnicas)
 - ❑ estructuras de ranura y relleno
 - ❑ fórmulas lógicas
 - ❑ reglas (sistemas de producción)
 - ❑ o combinaciones y modificaciones de los anteriores
- ❑ Evaluación de una técnica de representación: es adecuada para un problema?
 - ❑ Potencia expresiva:
 - ❑ puede representar todo el conocimiento necesario?
 - ❑ Potencia de sus “mecanismos de inferencia”:
 - ❑ genera todas las inferencias buscadas?

3. Mecanismos de inferencia

- ❑ Inferencia:
 - ❑ obtención de nuevo conocimiento a partir del conocimiento disponible
- ❑ Tres modos principales
 - ❑ **Deducción:**
 - A partir de leyes generales obtenemos conocimiento particular.
 - Inferencia lógicamente correcta: premisas ciertas => conclusión verdadera
 - ❑ **Inducción:**
 - Es la generalización de la información extraída de casos particulares.
 - No se puede garantizar la validez de la inferencia. Es la base del *aprendizaje*
 - ❑ **Abducción:**
 - Generar explicaciones plausibles para un cierto hecho que ha ocurrido.
 - Obtener un tipo especial de reglas hipotéticas: del efecto llegar a la causa
 - Puede haber multitud de explicaciones (o justificaciones) posibles,
 - el objetivo es obtener las más plausibles
 - ❑ Ej.: un paciente tiene la piel amarilla. Sabemos que algunas enfermedades del hígado provocan el color amarillo en la piel => probablemente el paciente tenga una enfermedad del hígado
 - ❑ Ej.: comprensión de texto (explicación mental razonable)

Paradigmas básicos

- ❑ Paradigmas básicos
 - ❑ Paradigma lógico
 - ❑ Paradigma de búsqueda heurística
 - ❑ Paradigma basado en el conocimiento
 - ❑ Paradigma conexionista
 - ❑ Paradigma basado en la experiencia
 - ❑ Es difícil encontrarlos en estado puro
 - ❑ En los sistemas reales suele apreciarse la existencia de uno o varios de estos paradigmas
 - ❑ Ninguno de los paradigmas reproduce la totalidad de las facetas del comportamiento humano en la resolución de problemas
- } el aprendizaje como característica esencial

□ Tema 1: Programación e Inteligencia Artificial

- Introducción
- Aspectos fundamentales
- Evolución histórica
 - Fundamentos
 - Campos afines
 - Evolución histórica
- Aplicaciones

Evolución histórica: fundamentos

- Filosofía: se delimitan las ideas más importantes de la IA
 - ¿Se pueden utilizar reglas formales para extraer conclusiones válidas?
 - ¿Cómo se genera la inteligencia mental a partir de un cerebro físico?
 - ¿De dónde viene el conocimiento? *¿Sólo de la experiencia?*
 - ¿Cómo se pasa del conocimiento a la acción?

Evolución histórica: fundamentos

- ❑ Matemáticas (lógica, computación, probabilidad)
 - ❑ ¿Qué reglas formales son las adecuadas para obtener conclusiones válidas?
 - ❑ ¿Qué se puede computar?
 - ❑ Teorema de incompletitud de Gödel: existen aseveraciones verdaderas cuya validez no es decidible mediante ningún algoritmo
 - ❑ Tesis de Church-Turing: cualquier función computable es calculable mediante una máquina de Turing
 - ❑ Problema de parada (ejemplo clásico de problema indecidible)
 - ❑ ¿Cómo se razona con información incierta?

Evolución histórica: campos afines

- ❑ Neurociencia: ¿cómo procesa información el cerebro?
 - ❑ La forma exacta en la que en un cerebro se genera el pensamiento es uno de los grandes misterios de la ciencia
 - ❑ Conclusión de los estudios: una colección de simples células puede llegar a generar razonamiento, acción y conciencia (es decir, inteligencia)
- ❑ Psicología: ¿cómo piensan y actúan los humanos y los animales?
 - ❑ Psicología cognitiva: el cerebro como un mecanismo de procesamiento de información
 - ❑ Influye en la creación del campo de la ciencia cognitiva (MIT, 1956): uso de modelos informáticos para modelar la psicología de la memoria, del lenguaje (Chomsky) y del pensamiento lógico (Newell, Simon)
- ❑ Lingüística: ¿cómo está relacionado el lenguaje con el pensamiento?
 - ❑ La lingüística moderna y la IA “nacieron” y maduraron juntas, solapándose en un campo híbrido: lingüística computacional o procesamiento del lenguaje natural

Evolución histórica

- Génesis (1943-1955)
 - 1943: Redes neuronales (McCulloch y Pitts)
 - Desarrollo en paralelo con la arquitectura convencional de Von Neumann
 - 1950: Turing publica su artículo *Computing Machinery and Intelligence*
 - En él introduce el llamado test de Turing, el aprendizaje automático, los algoritmos genéticos y el aprendizaje por refuerzo
 - 1951: Minsky y Edmonds, doctorandos de matemáticas en Princeton, construyen el primer computador basado en una red neuronal
- Nacimiento de la Inteligencia Artificial (1956)
 - McCarthy quiere aumentar el interés de los investigadores americanos en teoría de autómatas, redes neuronales y el estudio de la inteligencia. Convence a 3 de ellos para organizar un taller de 2 meses en el verano de 1956 en el **Darmouth College**, Asistieron 10 personas: las que condujeron el campo en los primeros años (Minsky, Shannon, Simon y Newell con su **Logic Theorist (LT)**,...). Se acuña el término **IA**

Evolución histórica

- Entusiasmo inicial, grandes esperanzas (1952-1969)
 - La mayoría de la comunidad científica prefirió creer que “una máquina nunca podría realizar *tareas*”
 - Los investigadores de IA respondían demostrando la realización de una *tarea* tras otra. McCarthy habla de esa época como la de “¡Mira, mamá, ahora sin manos!”
 - Programas para **jugar a las damas con aprendizaje (Samuel)**, al ajedrez, demostradores de teoremas (geometría)...
 - 1958: año histórico, en el que McCarthy y Minsky se trasladan al MIT donde se crea el primer laboratorio de IA
 - McCarthy crea el lenguaje **Lisp**
 - Idean el **tiempo compartido**, para solucionar el problema de acceso a los escasos y costosos recursos de cómputo
 - McCarthy publica un artículo en el que describe el que puede considerarse el primer sistema de IA completo: el **Generador de Consejos**. Incorpora los principios centrales de la representación del conocimiento y el razonamiento

Evolución histórica

- ❑ McCarthy se centra en la representación y el razonamiento con lógica formal, mientras que Minsky está más interesado en que los programas funcionen. Dejan de colaborar
- ❑ Programas para realizar una variedad de tareas de razonamiento (objetivo: resolutores generales de problemas)
 - ❑ **General Problem Solver (GPS)**: pensar como un humano. Desarrollado por Newell, Shaw y Simon en la Carnegie Mellon University (CMU). La motivación era la de entender la mente humana
 - ❑ **STRIPS**: resolutor general de problemas para el robot SHAKY, realizado por Fikes y Nilsson en el SRI (Stanford Research Institute)
 - ❑ **DENDRAL**: sistema que identifica estructuras moleculares a partir de espectros de masas y resonancia magnética nuclear (1965, Buchanan y Feigenbaum en el Stanford Heuristic Programming Project)
- ❑ Traducción automática. Objetivo: leer Pravda sin saber ruso => financiación militar
 - ❑ El informe ALPAC en 1966 concluyó que no era rentable. En realidad lo más costoso era la introducción de texto en el computador

Evolución histórica

- ❑ Aportaciones de la década de los 60
 - ❑ Falta de éxito en la resolución de problemas significativos
 - ❑ Éxito por las contribuciones a la comprensión de la resolución de problemas. Dos ideas básicas:
 1. papel de la **búsqueda** en la resolución de problemas
 2. papel clave del **conocimiento** en el control de la búsqueda (conclusión obtenida del fracaso de los sistemas por su carencia de conocimiento específico. P.e. sistemas de traducción con sólo reglas sintácticas básicas y diccionarios palabra a palabra)
- ❑ Gran interés por los programas de juegos
 - ❑ Es más fácil medir el éxito
 - ❑ Reglas muy simples => parecía que se podía obviar el problema del conocimiento: bastaba explorar el árbol de posibles movimientos conociendo sólo las reglas
 - ❑ Esta aproximación falla por la **explosión combinatoria** (del orden de 35^{100} posibilidades para el ajedrez) => **necesario conocimiento**

Evolución histórica

- ❑ Una dosis de realidad (1966-1973)
 - ❑ Los éxitos, debidos a que los primeros sistemas de IA actuaban sobre problemas simples, generaron un exceso de confianza
 - ❑ En la mayoría de los casos, estos sistemas fallaron estrepitosamente cuando se utilizaron en problemas más variados o de mayor dificultad
 - ❑ Los programas contaban con poco o ningún conocimiento sobre la materia objeto de estudio
 - ❑ “The spirit is willing but the flesh is weak” (re-traducción)
 - ❑ “El espíritu es fuerte pero la carne es débil”
 - ❑ “El vodka es bueno pero la carne está podrida”
 - ❑ Muchos problemas que se estaban intentando resolver eran intratables
 - ❑ Incapacidad para manejar la “explosión combinatoria”
 - ❑ Principal crítica del informe Lighthill, en el que se basó el gobierno británico para retirar la ayuda a la investigación sobre IA

Evolución histórica

- ❑ Sistemas basados en el conocimiento (1969-1979)
 - ❑ Se asume la necesidad de **conocimiento específico del dominio** (*ya en DENDRAL*)
 - ❑ **SHRDLU** (Winograd) aceptaba órdenes para manipular y contestar preguntas sobre un conjunto de bloques
 - ❑ Conocimiento sobre los bloques para desambiguar las órdenes
 - ❑ Utilizaba un mundo de bloques demasiado trivial como dominio
 - ❑ Sistema de tratamiento de LN (restringido a los bloques) con conocimiento representado en forma procedimental
 - ❑ **MYCIN**, desarrollado por el Dr. Shortliffe (junto con Buchanan y Feigenbaum, los mismos de DENDRAL) en el Stanford Heuristic Programming Project
 - ❑ Diagnosis y recomendación de tratamiento para enfermedades infecciosas de la sangre (conocimiento experto)
 - ❑ Separación de la base de conocimiento (unas 450 reglas condición-acción) del código (motor de inferencia)
 - ❑ Razonamiento incierto. Factores de certeza en las reglas

Evolución histórica

- ❑ Aportaciones de MYCIN
 - ❑ Utiliza dos ideas previas importantes:
 1. **Incorporar conocimiento específico del dominio**
(como en DENDRAL)
 2. **Separar el conocimiento del programa que lo utiliza**
(McCarthy ya lo había hecho)
 - ❑ Constituye el origen de los sistemas expertos (como arquitectura específica) y también dio lugar a la Ingeniería del Conocimiento
 - ❑ Era necesario extraer el conocimiento de los expertos, para lo cual se empezó a utilizar el **análisis de protocolos** (expertos piensan en voz alta mientras resuelven un problema; ya usado por Allen y Newell)
 - ❑ También constituye un paso importante en cuanto al razonamiento incierto
- ❑ Demanda de esquemas de representación del conocimiento que funcionaran
 - ❑ Nacimiento de Prolog, con gran aceptación en Europa

Evolución histórica

- ❑ La IA se convierte en industria (desde 1980)
 - ❑ Los sistemas expertos salen del marco de los laboratorios de investigación y se empiezan a utilizar en la industria
 - ❑ Hay que rentabilizar la investigación
 - ❑ La IA debe convertirse en un producto
 - ❑ Casi todas las compañías importantes de EE.UU. tenían su propio grupo de IA, en el que utilizaban o investigaban con sistemas expertos
 - ❑ **R1** (ahora, XCON), John McDermott en CMU + Digital
 - ❑ “Hace seis meses no sabíamos nada de sistemas expertos y ahora *we are(R) one(1)*”
 - ❑ Produce configuraciones de VAX adaptadas a las necesidades de los usuarios
 - ❑ Consiguió ahorrar 40 millones de dólares por año
- ❑ Shells o armazones
 - ❑ No son útiles para el usuario final sino para el ingeniero del conocimiento
 - ❑ Obvian el problema real: ¿qué conocimiento?

Evolución histórica

- ❑ 1981: Proyecto japonés de 5^a generación
 - ❑ Construcción de máquinas inteligentes para la ejecución directa de Prolog, realizando millones de inferencias por segundo
 - ❑ Tratamiento masivo del lenguaje natural
 - ❑ Proyecto a 10 años que no consiguió los objetivos que se proponía pero que consiguió reanimar la investigación en IA en Europa y EE.UU., que incrementaron la financiación de la investigación para no quedarse atrás con respecto a Japón
 - ❑ En EE.UU. se crea un consorcio encargado de mantener la competitividad nacional en esas áreas. Tampoco alcanzan sus objetivos
 - ❑ En el Reino Unido, el informe Alvey restaura el patrocinio suspendido por el informe Lighthill (creando un nuevo campo denominado *Intelligent Knowledge-Based Systems*, ya que la IA había sido oficialmente cancelada)
- ❑ Resurgimiento de las redes neuronales desde 1986 (conexionismo)
- ❑ Brooks: inteligencia sin representación
 - ❑ El comportamiento inteligente emerge de la interacción entre agentes autónomos (sistemas sociales)

Evolución histórica

- ❑ Años 90
 - ❑ Se sustituye el término **sistema experto** por **sistema basado en conocimiento**
 - ❑ Estos sistemas incluyen también algún tipo de conocimiento de sentido común
 - ❑ Se cuestionan los sistemas expertos por su arquitectura basada en reglas
 - ❑ Muchos tipos de conocimiento no son expresables en forma de reglas
 - ❑ Sistemas basados en casos
 - ❑ Confrontación CBR frente a RBR + sistemas híbridos
 - ❑ Agentes inteligentes
 - ❑ Business Intelligence
 - ❑ Minería de datos
 - ❑ Deep Blue
 - ❑ 1997: Kasparov 2.5 Deep Blue 3.5 (1996, 1989)
 - ❑ Las acciones de IBM se disparan

Evolución histórica

Actualmente

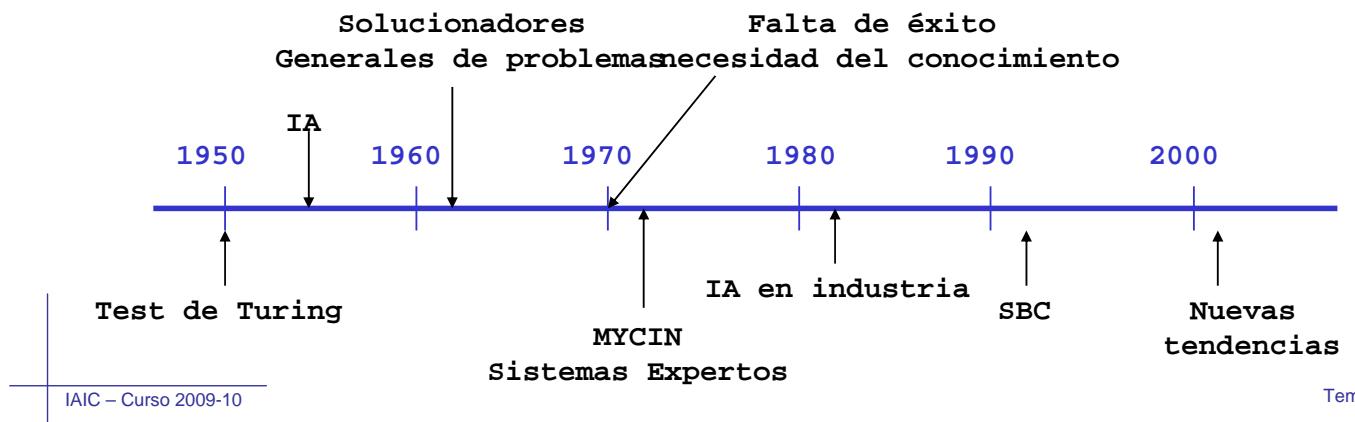
- Se trabaja en dos frentes complementarios
 - Investigación en laboratorios de problemas no resueltos (ciencia)
 - Desarrollos basados en técnicas previamente establecidas (ingeniería)
- que, en realidad, se corresponden con dos tipos de motivaciones complementarias que han existido desde el principio de la IA
 - Entender mejor la mente humana construyendo programas que la modelen (*el científico construye para aprender*)
 - Hacer programas que realicen tareas que hasta ahora sólo hacen las personas (*el ingeniero aprende para construir*)
- Formalismo versus creatividad e innovación
 - Ambas orientaciones son necesarias
 - Las nuevas ideas deben cimentarse adecuadamente (en su momento o a posteriori)

Evolución histórica

- La filosofía racionalista (base de la IA clásica) se cuestiona
- Modelos neuronales (conexionismo):
 - Lograr inteligencia modelando la arquitectura del cerebro
 - Se centran en la capacidad del cerebro para adaptarse al entorno modificando las relaciones entre las neuronas
- Vida artificial y algoritmos genéticos (evolución):
 - Poblaciones de soluciones candidatas para resolver un problema compiten entre sí (adaptación de las especies al entorno)
- Agentes (sistemas sociales, comportamientos emergentes):
 - La inteligencia se refleja por los comportamientos colectivos de un gran número de individuos semi-autónomos muy simples que interactúan entre sí

Resumen

- Dificultades para definir la IA
- Conductas inteligentes = percepción + razonamiento + aprendizaje
- ¿Cómo medir la inteligencia? ¿El test de Turing es la solución?
 - Definición funcional de inteligencia
 - Intentar medir aspectos parciales con criterios específicos
- Evolución histórica



Inteligencia Artificial e Ingeniería del Conocimiento

□ Tema 1: Programación e Inteligencia Artificial

- Introducción
- Aspectos fundamentales
- Evolución histórica
- Aplicaciones
 - Juegos
 - Razonamiento automático y demostradores de teoremas
 - Sistemas expertos
 - Tratamiento del lenguaje natural
 - Planificación y robótica
 - Aprendizaje máquina
 - Agentes
 - Ejemplos de aplicaciones concretas
 - Robots

Aplicaciones

□ Juegos

- La mayor parte de la investigación inicial en búsquedas en espacios de estados se hizo con juegos de tablero
 - Conjunto de reglas de juego bien definido que facilita la definición del espacio de estados
 - Las configuraciones de tablero se representan fácilmente en una máquina
 - Las pruebas de estos programas no presentan ninguna complicación ética ni financiera
- Los juegos pueden generar espacios de búsqueda inmensos
 - Se precisan técnicas para determinar qué alternativas se exploran
 - Estas técnicas se llaman heurísticas (área de investigación en IA)
 - Vienen a ser estrategias de resolución de problemas (que los humanos usamos y donde reside parte de la inteligencia)
 - Los juegos son un dominio extremadamente rico para el estudio de la búsqueda con heurísticas

Aplicaciones

□ Razonamiento automático y demostradores de teoremas

- Es una de las ramas más antiguas y fructíferas de la IA (Russell y Whitehead con las matemáticas, Newell y Simon con LT y GPS)
- Responsable de la mayoría de los trabajos iniciales en
 - formalización de algoritmos de búsqueda
 - desarrollo de lenguajes formales de representación (LPO, Prolog)
- Al ser un sistema formal, la lógica lleva a la automatización
 - Permite el abordaje de multitud de problemas
- Los esfuerzos iniciales fallaron
 - Búsquedas ciegas
- Desarrollo de heurísticas guiadas por la sintaxis. Sigue el interés
 - Aplicable a diseño y verificación de circuitos lógicos, verificación de programas, control de sistemas complejos
 - Incorporan la interactividad convirtiéndose en “asistentes inteligentes”

Aplicaciones

- ❑ Sistemas expertos (SSEE) ó Sistemas Basados en el Conocimiento(SBC)
 - ❑ Se asume la importancia del conocimiento específico del dominio
 - ❑ Se basan en el conocimiento de un humano, experto en el dominio
 - ❑ Comprensión teórica del dominio junto con una colección de reglas heurísticas de resolución de problemas avaladas por la experiencia
 - ❑ Desarrollo mediante refinamientos sucesivos (esencial en IA)
 - ❑ La mayoría se han centrado en dominios muy especializados, con estrategias claramente definidas de resolución de problemas
 - ❑ Los problemas que dependen de una noción tan vaga como el “sentido común” son mucho más difíciles de resolver así
 - ❑ Tendencia a sobreestimar los SSEE, a pesar de sus deficiencias
 - ❑ Dificultad de captura de un conocimiento “profundo” del dominio
 - ❑ Falta de robustez y flexibilidad
 - ❑ Incapacidad de ofrecer explicaciones cualitativas (sólo los pasos)
 - ❑ Dificultad de verificación: problema serio para las aplicaciones críticas
 - ❑ Escaso aprendizaje de la experiencia (dudas sobre su “inteligencia”)

Aplicaciones

- ❑ Tratamiento del lenguaje natural
 - ❑ Ha sido y es el motor principal de la IA
 - ❑ Subyace a la mayoría de las aplicaciones: interfaces de programas, comprensión de noticias, filtrado de información...
 - ❑ Objetivo histórico de la IA: creación de programas capaces de entender y generar el lenguaje humano
 - ❑ Éxito en contextos muy restringidos
 - ❑ Sistemas capaces de usar el lenguaje natural con la flexibilidad y generalidad propia del habla humana están fuera del alcance de las metodologías actuales
 - ❑ La comprensión real depende de un conocimiento implícito sobre el dominio del discurso y la aplicación de conocimiento contextual para resolver omisiones y ambigüedades típicas del discurso
 - ❑ Tarea: recolectar y organizar ese conocimiento implícito
 - ❑ Aportaciones: desarrollo de una variedad de técnicas para estructurar el significado semántico usadas en la IA en general

Aplicaciones

□ Planificación y robótica

- La investigación en planificación comenzó como un esfuerzo para diseñar robots que pudiesen realizar sus tareas con cierto grado de flexibilidad reaccionando a los cambios del mundo exterior
- Actualmente se aplica para la coordinación de cualquier conjunto de tareas u objetivos complejos
 - Agentes
 - Control de aceleradores de partículas
- La resolución de problemas complejos requiere descomposición en tareas y planificación del orden de las tareas a realizar (que pueden interferir entre sí)
- Especialmente problemática es la planificación que permita reaccionar a condiciones ambientales cambiantes

Aplicaciones

□ Aprendizaje máquina (o aprendizaje automático)

- La importancia del aprendizaje está fuera de toda duda, en particular porque es una de las partes más importantes del comportamiento inteligente
- La mayoría de los sistemas expertos repetirán los mismos cálculos una y otra vez para resolver el mismo problema
- La solución obvia es que los programas aprendan por sí mismos, ya sea a través de la experiencia, por analogía, a través de ejemplos o porque se les “diga” qué hacer
- Aunque se trata de un área difícil, existen varios programas que sugieren que no es imposible

□ Visión

- Reconocimiento de objetos (puerta, borde, carretera...), caracteres escritos a mano, interpretación de escenas, etc.

Aplicaciones

□ Áreas de aplicación diversas

- Medicina, diagnóstico de averías, toma de decisiones, control, temas legales, diseño, análisis químicos, búsqueda de yacimientos, prospección minera, programación automática (ISBC y robótica), tutores inteligentes, etc.

□ Agentes

- Agentes de interfaz, agentes web, etc.
- SBC con una función muy concreta y con cierta capacidad de iniciativa (deciden cuándo intervienen)
- Softbots o knowbots para facilitar el uso de internet
 - Papel de asistente personal o mayordomo
 - Inicialmente, observan las tareas del usuario
 - Posteriormente, intentan automatizar aquéllas que el usuario realiza rutinariamente
 - Detectan a otros agentes en la red y colaboran con ellos

Ejemplos de aplicaciones concretas

□ El mundo del crédito

- SBCs para dar apoyo a decisiones de concesión de créditos
 - En los bancos
 - En las compañías de seguros
- Redes neuronales o CBR para detectar gastos fuera de lo corriente en una tarjeta de crédito
 - Cada cliente tiene un patrón de gastos reconocido
 - Si el uso de la tarjeta diverge significativamente del patrón, se supone que la tarjeta ha sido robada, y se cancela

□ Microcirugía

- Muchos cirujanos utilizan asistentes robot en operaciones de microcirugía
 - Técnicas de visión por computadora para crear un modelo tridimensional de la anatomía interna del paciente
 - Ayudan en la colocación de instrumentos, reemplazamiento de caderas...

Ejemplos de aplicaciones concretas

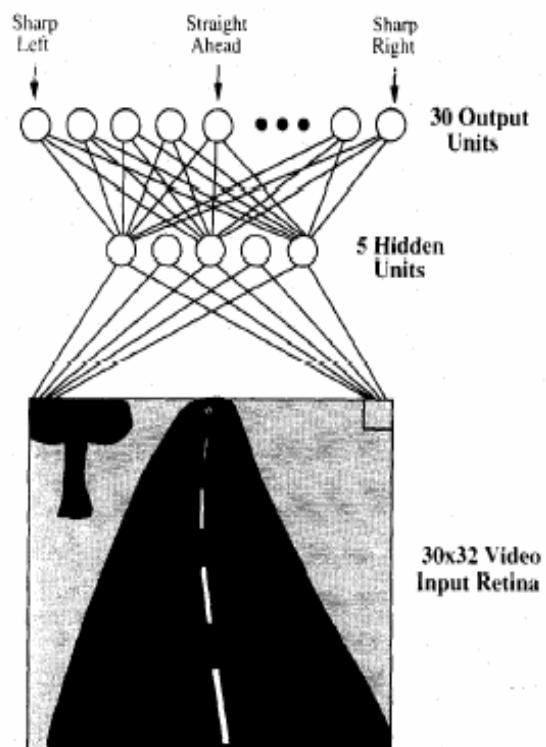
□ Control por voz

- Sistemas de navegación de apoyo a la conducción
 - Introducir el destino usando la voz y el sistema de ruta comienza automáticamente
 - Durante la conducción, informa de los cruces, distancias, nombres de las calles...
- Hablar con el coche
- Control de luces y aparatos eléctricos usando órdenes a través de la voz

Sistema de visión por computadora

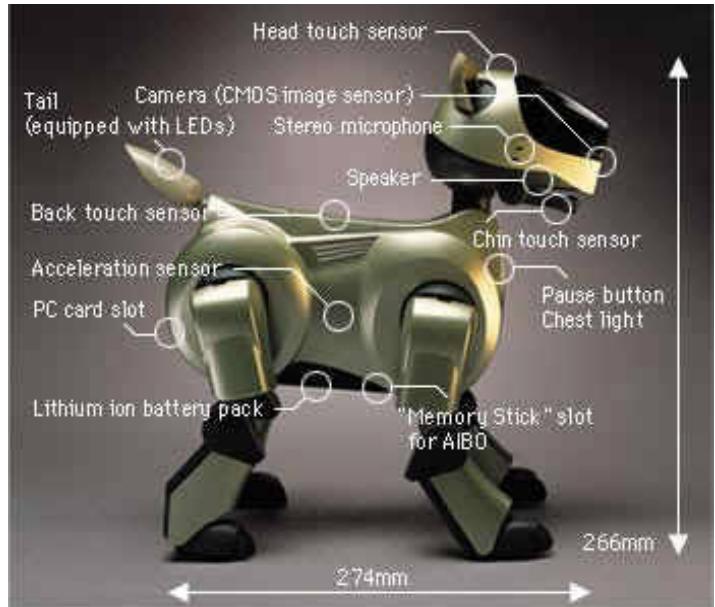
□ ALVINN

- Entrenado para dirigir un coche
- 2.850 millas por EE.UU. durante las que controló la dirección del vehículo el 98% del trayecto
- Procesa las imágenes de la carretera para calcular la mejor dirección, basándose en la experiencia de sus entrenamientos



Robots

- ❑ AIBO (Sony)
- ❑ Robot de entretenimiento con capacidad de aprendizaje y sensores especializados
 - ❑ Entiende órdenes
 - ❑ Comportamiento programable
 - ❑ Aprende a reconocer hasta 50 palabras
 - ❑ Aprende a jugar a juegos específicos
 - ❑ Aprende a moverse por un entorno determinado
 - ❑ Hace ruiditos o “ladra”
 - ❑ Salieron 5000 a la venta en 1999 y se agotaron en 20 minutos
 - ❑ Costaba 2.500\$.
 - ❑ Dejó de fabricarse en 2006



Aibos

- ❑ Se está utilizando en todo el mundo para investigación en IA
- ❑ Categoría oficial de “Aibos” en la Robocup
 - ❑ Competición de *fútbol robótico*, en la que juegan equipos de robots autónomos
- ❑ Plantea toda una gama de problemas prototípico para muchas otras aplicaciones de robótica más serias



Aibo bebé (*Sony Computer Science Laboratory, Paris*)

Curiosidad artificial: ¿puede un robot ser curioso?

- Modelos plausibles del desarrollo humano en los primeros años de vida
 - IA, neurociencia, psicología del desarrollo, teorías de aprendizaje
- Aprendizaje guiado por la curiosidad (con capacidad de aburrimiento)
- Aprenden a explorar el mundo circundante
- Establecen comunicación con su género
 - <http://playground.csl.sony.fr/>



Robots

ASIMO (Honda)

- Androide (robot humanoide –móvil y equipado con manipuladores–)
- Realiza tareas en un entorno real en el que viven personas
- Reconoce personas.
Interpreta sus gestos y posturas
- Se dirige desde un control remoto portátil
- Tiene una altura de 120 cm. para que pueda llegar a los interruptores, alcanzar picaportes, y trabajar sobre una mesa
- Desplaza su centro de gravedad anticipándose a su siguiente movimiento
- 40 millones de yenes (300.000\$) por día alquilarlo



Tecnología punta

❑ Dinámica corporal: flexibilidad y gracia

❑ R. Daneel (Universidad de Tokyo)

❑ Responsive Dexterous Actions aND Embodiment ELucidation

❑ Capacidad para levantarse de un salto



❑ QRIO (Sony)

❑ Quest for cuRIOsity

❑ Robot de entretenimiento

❑ Se mueve con estabilidad (corre, baila, patina...), habla y recuerda a la gente, detecta obstáculos, crea mapas



❑ HOAP-2 (Fujitsu)

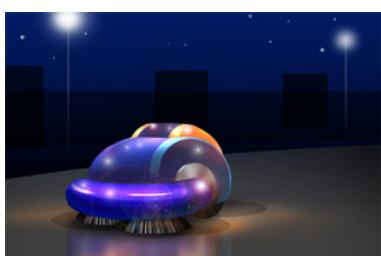
❑ Diseñado para ayudar a la investigación en robótica

❑ <http://www.roboporiun.com/HOAP2.html>



Tema 1 - 55

Expo 2005 (Aichi, Japón)



Limpia-suelos



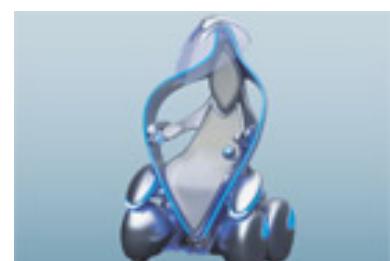
Actroid



Sillas de transporte



Robot de compañía



i-unit

Test de Turing

- ❑ Test de Turing <http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/~asaygin/tt/ttest.html>
- ❑ Procesamiento de lenguaje natural
 - ❑ [ELIZA](http://www-ai.ijc.si/eliza/eliza.html) <http://www-ai.ijc.si/eliza/eliza.html>
 - ❑ Java applet con código fuente incluido
 - ❑ [TIPS](http://www.loebner.net/Prizef/whalen-bio.html) <http://www.loebner.net/Prizef/whalen-bio.html>
 - ❑ Ganó el Loebner Prize del 1994
 - ❑ [Chatterbots](http://www.simonlaven.com/) <http://www.simonlaven.com/>
 - ❑ [A.L.I.C.E](http://alicebot.org/) <http://alicebot.org/>
 - ❑ Ganador del Loebner Prize 2004 (y en el 2000 y el 2001)
 - ❑ [More conversations with computers](http://www.stanford.edu/group/SHR/4-2/text/dialogues.html)
 - ❑ <http://www.stanford.edu/group/SHR/4-2/text/dialogues.html>
- ❑ [Artificial Intelligence NV \(Ai\)](http://www.a-i.com/) <http://www.a-i.com/>
 - ❑ El primer proyecto mundial en AI
 - ❑ Preveen que estarán preparados para pasar el Turing Test en el año 2011.

Bibliografía

- ❑ **Russell, S. y Norvig, P.**
Inteligencia Artificial: Un Enfoque Moderno.
Prentice Hall, 2004, 2^a edición.
 - ❑ Capítulos 1, 26 y 27
- ❑ **Luger, G.F.**
Artificial Intelligence.
Addison-Wesley, 2005, 5^a edición.
 - ❑ Capítulos 1 y 17
- ❑ **Rich, E. y Knight, K.**
Artificial Intelligence.
McGraw-Hill, 1991, 2^a edición.
 - ❑ Capítulo 1

Bibliografía

❑ **Sue Nelson y Richard Hollingham.**

Cómo clonar a la rubia perfecta.

Ediciones Nowtilus, 2005.

❑ **Capítulo 2: Fabricar una diosa perfecta o los prodigios de la robótica**

❑ <http://www.nowtilus.com/?isbn=84-9763-233-8>