

INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SISTEMAS EXPERTOS

GABRIEL F. ARENAS
LUISJ. CANESSA
CLAUDIO G. CASTRO
OSVALDO L. PEINADO

Va finalizando un siglo. Un tiempo-mundo. Para usted y para nosotros, un tiempo-hombre-historia. Y, además, un tiempo-yo. Sólo el yo decide su proyecto de vida. Dios no lo fuerza, juzgará la elección.

Todos los tiempos han requerido respuestas. El nuestro también. Una de las preguntas, cultura-historia, que golpea a la puerta del hombre, está referida a un tema que da marco especial a este fin de siglo: la **computación**.

Hay una pregunta global, abarcadora de todo: ¿Aceptamos la computación? Nosotros damos una respuesta global: Sí, la aceptamos. Además, es un verdadero orgullo del hombre su extraordinario adelanto. En pocas palabras, es uno de los inventos más maravillosos del hombre.

El trabajo que presentamos es de reflexión y propuestas. Tal vez no piense igual que nosotros. Pero . . . ahora pensemos juntos.

Los autores

Mendoza, octubre de 1987

CAPITULO I INTELIGENCIA ARTIFICIAL

En general los mosquitos no son considerados como seres inteligentes. Sin embargo hasta ahora, las más grandes y veloces computadoras no han conseguido igualar la potencia de procesamiento en un mosquito, con su habilidad de volar, navegar, aterrizar, para identificar blancos, compañeros, y áreas de reproducción, para sobrevivir como especie durante millones de generaciones en este mundo tan imprevisible y cambiante. El mosquito tiene apenas unas pocas decenas de miles de neuronas cerebrales, el ser humano tiene cerca de un millón.

Ordenador Popular, 25 de setiembre de 1985

1. Un poco de historia:

Una "nueva" tecnología con más de 27 años.

Inteligencia Artificial fue el nombre elegido para las investigaciones que pretenden que una máquina aprenda y piense.

El término fue propuesto por John Me Carthy, profesor asistente en matemáticas en Dartmouth College (Hannover, New Hampshire), en una conferencia ofrecida por él en 1956. Ya había en ese momento investigaciones sobre el tema que esperaban lograr formas de imitar el comportamiento del cerebro humano.

La conferencia en Dartmouth representó el comienzo de la IA como una rama aparte dentro de las ciencias de la computación.

Una de las sorpresas de esta conferencia fue la presentación de un trabajo realizada en el Carnegie Institute of Technology de Pittsburgh (actualmente Carnegie Mellon), por Alien Newell y Herbert A. Simón, que presentaron su Theorem-Proving Logic Theorist, el primer programa que usaba una computadora como "procesador simbólico" y no como calculador, siendo éste el primer programa que trabajaba en IA.

En colaboración con J.C. (Cliff) Shaw de la Rand Corporation de Santa Mónica (California), Newell y Simón crearon un lenguaje de computación capaz de imitar en cierto modo la capacidad humana de resolver problemas y lo usaron para construir su "Teórico lógico".

Este lenguaje fue el primero que le dio a una computadora la capacidad de procesar conceptos en lugar de números.

También entre los invitados estaba Marvin Minsky del M.I.T. (Cambridge), que había trabajado con Claude Shannon del Bell Laboratories.

Después de la conferencia de Dartmouth, se estimuló el desarrollo de las investigaciones de la IA.

Minsky dirigió los programas de IA en el proyecto MAC del M.I.T. y posee numerosas publicaciones sobre programación heurística.

Me Carthy fue el creador del LISP (de List Processing Language), un lenguaje importante para IA, actualmente director del laboratorio de la IA de la Universidad de Stanford, Palo Alto (California), y una eminencia en el tema.

Newell y Simón han convertido al Carnegie-Mellon en el centro líder de EE.UU. en investigación de la IA al trabajar en bases de conocimiento específicas y herramientas (shells) para construirlas, y por sus trabajos sobre aplicaciones que interpretan el lenguaje natural.

El trabajo de IA durante los 70 incluye desarrollos del primer sistema experto a cargo de Edward Feigenbaum, se trata de un "asistente químico", el Dendral, que se utiliza para analizar espectros masivos. En el centro de recursos de la corporación Xerox (Palo Alto, California), se realizaron trabajos de aplicación del Lisp, desarrollos de herramientas de programación y un "entorno de trabajo interactivo" en función del Lisp, se crearon además máquinas Lisp con interfaces de usuarios basadas en gráficos (graphics stations).

Otro profesor de Stanford, Terry Winograd, desarrolló un programa para manipular un entorno simulado de objetos tales como bloques de madera, su programa SHRDLU podría ser instruido acerca de los bloques para que los

reordenara.

Los ingenieros que se volcaron a los productos comerciales tales como sistemas expertos, produjeron un cambio significativo en la inteligencia artificial, y sobre todo analizar problemas específicos.

Los primeros investigadores buscaban soluciones generales de resolución de problemas, pero se encontraban con otro problema: la "explosión combinatoria", (el hecho de que una búsqueda exhaustiva de la solución a una dificultad se transformase rápidamente en una serie de caminos cuyos brazos crecen exponencialmente). En cambio, la gente tiende a utilizar su conocimiento para resolver problemas en vez de tratar todas las alternativas posibles. Los investigadores de IA se dieron cuenta de que una computadora podía programarse para hacer lo mismo. Los primeros trabajos, también revelaron vastos aspectos en el conocimiento humano de cómo concebir y representar el pensamiento y el aprendizaje, de esta manera la investigación en IA se convirtió en funciones simples tales como investigar cómo representar el conocimiento (bases de conocimiento) y obtener inferencias de él (motor de inferencias).

Si bien las primeras investigaciones se hicieron en los EE.UU. muy pronto muchos países se sumaron a ello. Ahora gran parte de la investigación se realiza en Francia, Inglaterra, Japón, Hungría y la URSS. Los japoneses vienen realizando un esfuerzo sobrehumano en su proyecto de 10 años para desarrollar la quinta generación de computadoras. También en los últimos años los científicos de IA han sido contratados por compañías comerciales tales como SCHLUMBERGER Ltd., HELWETT PACKARD Co., DIGITAL EQUIPMENT Corp., TEKTRONIX Inc., FUJITSU Ltd., HITACHI Ltd., NEC Corp., e IBM para montar laboratorios industriales de investigación en IA ya que indican que su trabajo es reconocido como valioso.

2. Introducción a la Inteligencia Artificial

Desde el inicio de la era de las computadoras, los especialistas en informática han tratado de desarrollar técnicas que les permitan actuar como lo hace el ser humano. Una de las bases de apoyo de esta nueva forma de diseñar es la IA.

Se conoce como inteligencia artificial una nueva forma de resolver problemas dentro de los cuales se incluyen los sistemas expertos, el manejo y control de robots y de los procesadores de lenguaje natural.

Esta nueva forma de enfrentarse a los problemas va a producir en los últimos años una revolución dentro de la naciente relación entre el usuario y la computadora, comparable a las microcomputadoras dentro de las oficinas y hogares. Por una parte ayudará a la resolución de situaciones que antes, por su complejidad eran casi imposibles de tratar mediante la programación tradicional, y por otra, racionalizará la información accesible al usuario, simplificándola y destacando sólo aquella realmente importante para el

usuario.

3. Para encarar el tema de la IA es lógico que nos preguntemos:

3.1. ¿Qué es la inteligencia?

3.1.1. Según el **diccionario Espasa Calpe**: Facultad intelectual/Facultad de conocer, la cual se manifiesta de varios modos/Conocimiento, comprensión, acto de entender / Sentido en que se puede tomar una sentencia, dicho o expresión / Habilidad, destreza, experiencia / Sustancia puramente espiritual.

3.1.2. Según el **diccionario filosófico Espasa Calpe**: Cualidad de un ser vivo que le permite afrontar y resolver problemas, en particular nuevos y poco conocidos, por medios adaptados a sus propias necesidades y con un mínimo gasto de esfuerzo, tiempo y energía.

Vemos que "inteligencia" es un término difícil de explicar, evaluar y por lo tanto definir. Si aceptamos la última definición vemos que la inteligencia natural es la capacidad de respuesta ante determinadas circunstancias.

Dicha capacidad depende de:

- La experiencia.
- Las reglas de comportamiento.
- La facilidad de adquirir información externa.
- La rapidez para encadenar razonamientos.
- La lógica en deducir consecuencias.
- Ciertos elementos no definibles.

Podríamos resumir diciendo que la inteligencia natural es la facultad de adquirir y manipular conocimientos para obtener razonamientos útiles. El ser humano inteligente:

- Aprende
- Razona y deduce
- Actúa
- Siente (tiene sentimientos).

El comportamiento inteligente se caracteriza por no producir siempre los mismos resultados. Según las circunstancias y factores objetivos y subjetivos, ante una misma situación, los seres inteligentes no toman las mismas decisiones.

4. ¿Qué es la inteligencia artificial?

4.1. "La inteligencia artificial es la ciencia de hacer máquinas que hagan cosas que requerirían inteligencia si las hicieran los hombres."

Mervin Minsky

4.2. "Por inteligencia artificial, entiendo el uso de programas de computadora y de técnicas de programación para proyectar luz sobre los principios de la inteligencia en general y de la inteligencia humana en particular."

Margaret Boden

5. Génesis de la IA:

A finales de la segunda guerra mundial aparecieron en escena los primeros grupos de investigación que intentaban desarrollar una máquina capaz de manejar en forma automática datos y números y llevar a cabo complejas operaciones matemáticas. Dentro de ellos se podían distinguir dos tendencias, por una parte, aquellos que pensaban que las instrucciones fundamentales del funcionamiento de una máquina de tales características debían ser los operadores lógicos "AND", "OR", "NOT", y, por otra parte, aquellos que veían mucho más ventajoso (aunque menos potentes en sus realizaciones) utilizar los operadores numéricos "+", "x", ">", etc.

En aquellos tiempos la lentitud y capacidad de las primitivas computadoras hizo que se diseñaran y construyeran en base a los operadores matemáticos, que poseen una capacidad de manejar números muy buena, aunque fallan bastante en el manejo de la lógica.

Con el paso de los años los grupos de investigación basados en los operadores lógicos fueron abriéndose camino en las universidades y dando los primeros pasos de la IA. Debido a un factor externo como es el desarrollo de la microelectrónica con su mayor velocidad y menor costo se le ha dado a la IA el hardware apropiado a sus necesidades.

Tradicionalmente se divide a la IA en tres grandes aplicaciones:

- Los procesadores de lenguaje natural que facilitan la comunicación del ordenador con el usuario.
- La robótica y todo lo asociado con la visión y manipulación de objetos.
- Los sistemas expertos basados en el almacenamiento del conocimiento de un experto humano.

Uno de los grandes retos con los que se enfrenta la IA es la simulación de problemas reales.

La simulación de una computadora de una situación real, por pequeña y sencilla que parezca, sólo es posible cuando las soluciones o estructuras en las que se expande el problema son pocas; a este tipo de problemas se lo conoce como de explosión combinatoria. En aquellos casos donde las combinaciones son muchas, la computadora por grande y rápida que sea, nunca superará la complejidad del modelo.

La solución no es, como se intuye, hacer más potente la computadora. En vez de generar todas las soluciones o estructuras posibles, el programa sólo generará aquéllas cuya posibilidad de ser ciertas, es más alta.

Consideremos el caso de un problema de ajedrez. ¿Cómo es posible con todos los adelantos producidos, que un programa de ajedrez no sea capaz de ganar a un gran maestro?

La solución es bien sencilla: el hombre que no posee la rapidez de una computadora, posee, sin embargo, una capacidad que le destaca, el ajedrecista, parte de antemano con una heurística, tiene una experiencia, un conjunto de reglas, que le permiten eliminar de las miles de jugadas posibles, aquella cuya posibilidad de ser correcta es más baja, estudiando en detalle sólo un conjunto reducido de las jugadas iniciales.

Dentro de la IA han aparecido dos escuelas en lo que respecta a la creación de sistemas capaces de interpretar el lenguaje y razonamiento humanos. Una, llamada de SÍNTESIS, que trata de construir sistemas que presentan inteligencia independiente de si usan o no internamente los mismos métodos que el hombre, y otra conocida como de SIMULACIÓN que intenta emular la forma en la que el ser humano presenta la facultad de ser inteligente.

6. Test de Turing

Alan Turing, propuso el siguiente test que permite dar una idea de la inteligencia alcanzada por una máquina; entendiéndolo como tal el hacer cosas que si las hiciera una persona diríamos que tiene inteligencia y propuso la siguiente prueba:

Un ser humano A se comunica a través de una terminal con otro ser humano y con una computadora. Si el ser humano A no consigue distinguir claramente mediante el análisis de las respuestas, el ser humano B y la computadora, se deduce que la computadora tiene cierto grado de inteligencia.

7. Retos a los que se enfrenta la IA

Los estudios de la IA están centrados actualmente en tres grandes grupos:

- Comunicación y percepción (lenguaje natural, visión y manipulación).
- Razonamiento simbólico.
- Ingeniería del conocimiento.

La comunicación consiste en lograr que el computador entienda el lenguaje natural, esto tiene el inconveniente de la ambigüedad de las palabras, la determinación del significado de palabras simples donde el contexto general es el que las condiciona.

El razonamiento simbólico consiste en que el programa siga una línea de razonamiento en vez de seguir una secuencia de pasos fijos en el cálculo.

Bajo la denominación de ingeniería del conocimiento se agrupan todas las áreas que intervienen en el desarrollo de los sistemas expertos y bases de conocimiento.

8. Fronteras de la IA

Hoy día, en que la tecnología no ha hecho nada más que comenzar, las aplicaciones son muy restringidas, los sistemas basados en el conocimiento sólo son capaces de enfrentarse y resolver problemas dentro de un campo muy delimitado. No son capaces de razonar a partir de axiomas o teorías generales, y sólo aceptan un tipo de hechos y heurística determinados. No tienen desarrollada la facultad de aprender ni pueden razonar por analogía.

La consecuencia de todos estos factores se resume en dos características:

- La falta de sentido común.
- Sus razonamientos se deterioran rápidamente cuando el problema se sale fuera de la tarea específica para la que fue diseñado.

Por otra parte, los sistemas basados en el conocimiento no emiten juicios incoherentes, no eluden ninguna posibilidad ni se empeñan en mantener una postura en contra de los hechos reales. Tampoco tienen malos días, siempre tienen en cuenta todos los detalles. Los mejores sistemas expertos que contienen miles de hechos y reglas y están diseñados para una función apropiada (como por ejemplo diagnósticos médicos y geológicos) realizan las mismas funciones que el mejor experto humano y sus juicios y conclusiones son equiparables e incluso mejores que la media de especialistas en dicho tema y en algunos casos tienen un grado de acierto de 90% contra el 70% del experto humano.

CAPITULO II SISTEMAS EXPERTOS

1. Introducción

Experto (un consejero hospitalario, un geólogo o un analista químico. p. ej.) suele ser una persona respetada. Los expertos dedican mucho tiempo a estudiar y practicar la disciplina elegida para llegar a ejercer eficientemente su trabajo. El problema de los expertos humanos es multifacético: su escaso número, su disponibilidad, el pago de remuneraciones y, por supuesto su calidad de mortales, que implica, a la larga la pérdida total de la destreza adquirida. Por ese motivo es comprensible que a muchas empresas les atraiga la idea de codificar esa pericia en programas de computadora, para poder trabajar con un gran cuerpo de conocimientos sin los inconvenientes propios de los expertos humanos. El concepto de sistema experto nació en los años

setenta, cuando los investigadores en el campo de la inteligencia artificial pospusieron la creación de máquinas inteligentes a nivel general y volcaron sus intereses en la solución de problemas del mundo real centrados en aspectos muy concretos. Por consiguiente, el sistema experto es uno de los primeros ejemplos de IA aplicada, y las técnicas para sistemas expertos se han extendido mucho más allá de los confines de laboratorio de investigación en el que fueron concebidas. De hecho, en cierto modo los sistemas expertos han llevado a la IA al uso práctico cotidiano. Existen ya sistemas que superan a los seres humanos capacitados en diagnóstico médico, interpretación de espectrogramas de masa, clasificación de enfermedades de cultivos y otras muchas cosas más.

2. ¿Qué es un sistema experto?

Típicamente, un sistema experto se basa en un amplio cuerpo de conocimientos sobre un área problemática específica. En general, este conocimiento se organiza como un conjunto de reglas que permita que el sistema extraiga conclusiones a partir de datos o premisas dadas, capacitándolo, en consecuencia, para ofrecer un consejo inteligente o tomar decisiones inteligentes. Este enfoque del diseño de sistemas basado en el conocimiento representa un cambio evolutivo en la ciencia de las computadoras, con consecuencias revolucionarias. Sustituye a la tradicional fórmula de:

DATOS + ALGORITMO = PROGRAMA

Por una nueva arquitectura centrada alrededor de una base de conocimientos y un motor de inferencias, de modo que:

CONOCIMIENTOS + INFERENCIAS = SISTEMA EXPERTO

Esta fórmula es, obviamente similar, pero con un enfoque lo suficientemente diferente como para tener profundas implicaciones. Para tener un sistema experto resulta útil la siguiente lista de verificación de características típicas:

- Un sistema experto se limita a un campo de pericia relativamente delimitado.
- Debe ser capaz de razonar con datos inciertos y reglas no fiables.
- Debe ser capaz de explicar su cadena de razonamiento de una forma exhaustiva.
- Los hechos y los mecanismos de inferencia son "separables".
- El conocimiento no está codificado como parte de los procedimientos deductivos.
- Está diseñado para crecer por incrementos.

- Típicamente se basa en reglas.
- Su salida es un consejo o sugerencia, no tablas de cifras ni gráficos.

La palabra clave es "conocimiento". Está claro que el objetivo de un sistema inteligente para resolver problemas es omitir la búsqueda ciega o aleatoria. Para hacerlo, un sistema de computadora ha de explotar la misma ventaja que tiene el experto humano en relación al novato, es decir, la pericia o el conocimiento organizado: el conocimiento de hechos, de reglas de inferencia y de estrategias de solución.

Un sistema experto totalmente viable tiene cuatro componentes esenciales:

1. La base de conocimientos.
2. El motor de inferencia.
3. El módulo de adquisición de conocimientos.
4. La interface explicativa.

Los cuatro módulos son críticos. Un sistema basado en el conocimiento puede carecer de alguno de ellos, pero un auténtico sistema experto no puede carecer de ninguno.

Hablaremos de esos cuatro módulos de uno en uno y explicaremos cómo trabajan todos juntos.

3. La base de conocimientos

Los dos componentes fundamentales de un sistema experto son la base de conocimientos y el motor de inferencias.

La base de conocimientos almacena información relativa al dominio del tema; sin embargo, la información de una base de conocimientos no es el conjunto pasivo de registros y elementos que alguien puede esperar hallar en una base de datos convencional.

En cambio, contiene representaciones simbólicas de las reglas de juicio y experiencia de los expertos de una forma que permita al motor de inferencias extraer deducciones lógicas a partir de ellas.

La mayoría de los elementos de una base de conocimientos son no matemáticos. Las dos dificultades fundamentales al desarrollar una base de conocimientos son la representación del conocimiento y la adquisición de conocimientos. El primer problema se refiere a la decisión de cómo modificar el conocimiento de modo tal que la computadora pueda utilizarlo.

En general, se han de representar los elementos siguientes: Términos del dominio (La jerga que emplean los expertos en este campo), relaciones estructurales (las interrelaciones de entidades de los componentes) y las relaciones causales (las relaciones causa-efecto entre los componentes).

La tarea del ingeniero en conocimientos consiste en seleccionar los medios adecuados para almacenar simbólicamente tal información. Se han desarrollado cuatro métodos principales:

- **Reglas en formatos IF. . . THEN:** La condición especifica algún patrón y la conclusión puede ser una acción o aserción.
- **Redes semánticas:** Estas representan relaciones entre objetos del dominio (p. ej. La ballena es un mamífero).
- **Mediante enlaces entre nudos.**
- **Marcos:** Son estructuras de registro generalizadas que pueden tener valores por defecto y pueden tener codificadas acciones como los valores de ciertos campos o ranuras.
- **Cláusulas "trompeta":** Esta es una forma de lógica de predicado en la cual se basa el PROLOG para llevar a cabo inferencias.

Los primeros sistemas expertos utilizaban casi exclusivamente el formalismo basado en reglas. Una regla de muestra de sistema Mycin para diagnóstico de infección es de la sangre es típica de la estructura IF. . . THEN:

IF:

1. La infección que requiere una terapia es meningitis, y
2. El tipo de infección es fungal, y
3. No se observaron organismos en la solución colorante del cultivo, y
4. El paciente no es un huésped comprometido, y
5. El paciente en una región donde los coccidiomycosos son endémicos,
y
6. La raza del paciente es negra de Asia o India, y
7. El antígeno criptococal en el csf no fue positivo.

THEN:

Existen indicios que sugieren que el criptococo no es uno de los organismos que podrían estar produciendo la infección.

A partir de este ejemplo podemos ver que un sistema experto emplea la jerga técnica del área en el cual fue diseñado para operar; en este caso, la Medicina.

La construcción IF. . . THEN utilizada por el Mycin es, esencialmente, una serie de sentencias que se pueden determinar como falsas o verdaderas. Por consiguiente, la sentencia se puede enlazar mediante operadores booleanos, como AND, para ayudar a su tratamiento por la computadora.

Con el fin de extraer la información requerida para realizar un diagnóstico, el Mycin debe establecer un diálogo con el usuario del sistema, el usuario ha de poseer un cierto nivel de conocimiento en la materia, de modo que pueda comprender las preguntas del sistema experto y responder a ellas.

Motor de Inferencia

Los mecanismos de inferencia consisten en métodos de búsqueda o

razonamiento que permiten al sistema hallar soluciones y, de ser necesario, proporcionar justificaciones a sus respuestas.

Existen dos estrategias de razonamiento globales:

— El **encadenamiento hacia adelante** implica trabajar hacia adelante a partir de la evidencia (o síntomas) hacia la conclusión (o diagnósticos).

El encadenamiento hacia adelante es fácil de informatizar y adecuado para casos en los que de alguna manera se han de reunir todos los datos.

— El **encadenamiento hacia atrás** trabaja desde la hipótesis hasta la evidencia. El sistema elige una hipótesis y busca datos para demostrarla o refutarla. Se puede programar de una forma recursiva y en los sistemas de estilo consultivo conducen típicamente a una clase de diálogo más natural.

En la práctica la mayoría de los sistemas emplean una mezcla de encadenamientos hacia adelante y hacia atrás por no saber con precisión qué hipótesis elegir.

Los expertos son muchas veces incapaces de expresar cómo llegan a sus conclusiones, no porque no deseen divulgar sus secretos sino porque muchos de sus procesos mentales se hallan por debajo del nivel de la conciencia, a nivel intuitivo de modo que la adquisición de conocimiento ha llegado a considerarse como el principal cuello de botella en el desarrollo de sistemas expertos.

Los expertos son muy eficientes como críticos. Pueden analizar un caso dado como ejemplo y decir qué conclusión habrían tomado ellos.

Para lo cual se han desarrollado herramientas de software que permiten a un SE inducir su propio conocimiento a partir de ejemplos previamente clasificados (p. ej. 1st. Class).

Es de vital importancia, en un SE, que puedan contestar a la pregunta WHY? (¿por qué?) ya que muchos de ellos pueden llegar a tomar decisiones de vida o muerte, como el Mycin o el Prospector, en estos casos el usuario será un médico, y no un paciente, y no aceptará diagnóstico a ojos cerrados sin más explicación.

4. ¿Cómo se construye un sistema experto?

Intentaremos aquí dar una idea del proceso real que se sigue en la construcción de un sistema experto pequeño, basado en la utilización de las técnicas de IA como de las herramientas que se han puesto al servicio de la ingeniería del conocimiento.

La aplicación y el tipo de conocimientos se deben ajustar a los modelos de forma tal que su análisis sea menos complejo, es decir pueden existir problemas que no se adapten a esta técnica.

Una vez delimitado el problema deberemos elegir la herramienta apropiada, desde la utilización de lenguajes de propósito general como LISP o PROLOG a los sistemas SHELL o los sistemas esqueleto o entorno.

En general los lenguajes son más flexibles, pero más difíciles de usar en la creación y puesta a punto de un prototipo rápidamente. Sólo cuando se necesita una aplicación muy particular o cuando el programador está muy bien preparado se construyen sistemas basados en LISP o PROLOG.

LISP consiste en un conjunto de instrucciones que facilitan la creación de programas que manejan listas mientras que el PROLOG facilita el trabajo con expresiones lógicas. Los sistemas shell son menos flexibles, ya que llevan incorporado un particular sistema de control. Como consecuencia, si se tiene una herramienta apropiada a nuestro problema, el desarrollo es muy rápido e incluso personas con muy poca experiencia pueden crear pequeños pero muy útiles sistemas basados en el conocimiento.

Los sistemas shell son desarrollados a partir de lenguajes de propósito general que proporcionan mayor potencia para la creación de los sistemas expertos. Incorporan muchas facilidades sobre inferencia y control y agilizan enormemente la creación de un sistema experto.

Los lenguajes de IA tienen unas características que les posibilitan el manejo de símbolos, mientras que los lenguajes convencionales trabajan mejor con números. Es mucho más conveniente por lo tanto tener herramientas o entornos programados internamente en lenguajes LISP o PROLOG que en los lenguajes clásicos.

Sobre un sistema experto ya construido y bien probado se recoge el mayor número de elementos compatibles con otros, formando así un sistema esqueleto, que está constituido por la forma de representar el conocimiento, control de las reglas de inferencia, etc.

La elección de uno u otro no depende de aspectos técnicos solamente, sino también de los recursos humanos y económicos.

La última etapa del desarrollo pasa por la construcción de un modelo reducido del sistema que se quiere implantar, en este momento a escala se experimentarán y resolverán las primeras dificultades sirviendo de campo de prueba hasta su instalación definitiva.

5. Primeras consideraciones

Hay que tener en cuenta al planear, la relación entre el número de personas que conocen sobre un tema y lo que sabe cada una sobre dicho tema.

Podemos tener casos extremos tales que o no existe el experto humano, o todos son expertos.

Ya que difieren los procesos de pensamiento entre los expertos, también varían las metodologías para generar un sistema experto.

— La **metodología deductiva** se deriva de un modelo altamente estructurado con reglas fijas. Se usa para la toma de decisiones en situaciones concretas. Dichos modelos admiten poco margen de error e imitan procesos

como la selección de materiales para un edificio o la configuración de señales de tráfico.

Normalmente el experto conoce todos los componentes de su proceso de análisis, se generan así los "sistemas basados en el conocimiento".

— La **metodología inductiva**, en cambio, es de mayor utilidad cuando no existe una sola estructura posible para la solución y el proceso admite variaciones. El experto humano transmitirá en base a ejemplos su experiencia en la resolución de problemas y el sistema experto inducirá la lógica detrás de los ejemplos. Esto lleva generalmente a casos problemáticos que caen fuera del "conocimiento" del sistema, estas ambigüedades serán resueltas por el juicio y sabiduría del experto humano.

6. Pasos en el desarrollo de un sistema experto

A la hora de decidirnos por un sistema experto debemos considerar los siguientes aspectos:

6.1. **Identificación:** consiste en explicitar cada uno de los factores que concurren a la solución del problema, se deberá tener en cuenta:

- Disponibilidad del conocimiento
- Resultados muy bien definidos
- Transferencia de tecnología
- Planeamiento
- Mantenimiento
- Diálogo con el usuario.

6.2. **Estimación del tamaño:** para ello debemos hacer el siguiente análisis:

- Riesgo (Posibilidad de que el problema no encuadre dentro de las técnicas de I A)
- Cantidad de reglas
- Modos de evaluación
- Desarrollo evolutivo
- Creación de prototipos.

6.3. **Herramientas y tecnologías:**

- Reglas
- Frames
- Máquinas LISP, micros, etc.
- Entorno
- SHELL o lenguajes
- Eficiencia, economía, amabilidad *con* el usuario (user friendly).

6.4. Evaluación de criterios:

- Poder de la herramienta
- Flexibilidad
- Compatibilidad con bases de datos, programas externos, etc.
- Velocidad
- Costo.

6.5. Ingeniería del conocimiento:

- Selección de experto(s)
- Verificación de experto(s)
- Planeamiento de diálogos
- Desarrollo incremental
- Desarrollo de prototipos
- Construcción de la base de conocimiento.

6.6. Desarrollo e integración:

- Análisis de los sistemas demasiado grandes: el 80% de los sistemas usan conocimiento compartido y encadenamiento con otras funciones.
- Partición de la base de conocimiento
- Integración con el centro de cómputos o los usuarios particulares.

6.7. **Mantenimiento:** mantener un sistema experto cuesta aproximadamente un 10% de lo que costaría el mismo trabajo para un sistema tradicional.

Se deberá tener en cuenta que sea fácilmente transportable a otros equipos, fácil de corregir, posibilidad de prever errores y su gravedad para evitar daños.

7. Cómo distinguir un buen experto humano

- Habilidad de percibir lo que otros no pueden
- Conciencia de las diferencias entre lo pertinente y lo impertinente
- Habilidad de simplificar la complejidad, o sea de cambiar caos por orden
- Habilidad de comunicar lo que sabe
- Sentido fuerte de responsabilidad para sus decisiones
- Confianza de seleccionar entre opciones sin preocupación
- Confianza de adaptarse a nuevas condiciones de trabajo
- Conocimiento bien desarrollado de los detalles del problema.

8. Futuro de los Sistemas Expertos

Los sistemas expertos marcan la transición de hacer que las computadoras calculen y almacenen datos o que las computadoras razonen e informen o sea que se comporten inteligentemente. Saber es poder, y las computadoras dotadas de un sistema experto son un amplificador de ese poder.

Los japoneses creen que la industria de las computadoras es un elemento vital para su país y se han fijado un objetivo: su industria ha de ser la primera en este campo hacia la segunda mitad de la década del 1990. Su intención es fundar la industria del saber. El plan se denomina Sistema de Computadoras de Quinta Generación, cuya misión consiste en proporcionar conocimientos adaptados a las necesidades de cualquier usuario dado.

Es muy difícil intentar describir cuál va a ser el futuro de una rama de la ciencia que se caracteriza por su constante evolución. Sin embargo, aunque se han comentado grandes tendencias, podríamos hablar de los proyectos de investigación que se realizan en la actualidad.

Actualmente en los Estados Unidos se han definido dos tendencias muy diferentes sobre cómo interpretar la filosofía de utilización y desarrollo de los sistemas expertos.

— Por un lado están los defensores del formalismo y la lógica como pilares de su desarrollo. (Todo comienzo de estudio debe empezar por la sintaxis).

Esta tendencia se encuentra ubicada en las universidades de la costa Oeste Americana como la Universidad de Stanford.

— Por otro lado se encuentran los científicos que propugnan comenzar "entendiendo" el mundo antes de intentar formalizarlo. (Lo importante es la semántica, antes que la sintaxis).

Esta tendencia se encuentra sobre todo en la universidad de la costa Este Americana, como p. ej., el MIT o Yale.

9. Argumentos en contra de la inteligencia artificial

9.1. Emocional: las máquinas no pueden pensar pues el pensamiento es por definición una capacidad humana.

9.2. Diferencias insuperables: pensar requiere:

- Creatividad
- Originalidad
- Experiencia adquirida por interacción con el mundo real.
- Autonomía.
- Conciencia.

9.3. Inexistencia de computadoras que se hayan comportado inteligentemente.

9.4. **Éticos:** El proyecto de inteligencia artificial es temible y sacrílego.

10. Conclusión

Todos estos argumentos han sido refutados en distintos momentos:

10.1. Los procesadores de silicio y las neuronas son distintos, pero algunas de sus funciones pueden analogarse.

10.2. La civilización humana avanzó inteligentemente antes de que apareciera la noción de conciencia.

10.3 El saber puede traer desgracia pero los humanos hemos elegido el saber en lugar de la ignorancia.

10.4 Inteligencia de las máquinas:

- Cuidan metódicamente el detalle.
- No se cansan.
- Poseen elevadísima velocidad.
- Pueden guardar gran cantidad de información.

10.5. Las personas sabemos resolver problemas que exigen sentido común, pero cuando nos encontramos frente a grandes cantidades de datos nos acobardamos: somos poco sistemáticos, nos distraemos, etc.

10.6. Debemos sentirnos orgullosos de reconocer nuestras limitaciones y de inventar tecnología que pueda compensarlas.

10.7. A pesar de las permanentes controversias y escepticismos, este campo ha creado mecanismos que de alguna manera, y muy limitadamente emulan la inteligencia humana.

10.8. A menudo, el caudal de información de estas máquinas es comparable o superior al caudal de las personas que los instruyeron; y en algunos casos es superior al caudal de cualquier persona dedicada a esos trabajos.

10.9. La actividad innovadora, original y creativa, es y será en el futuro prerrogativa de los seres humanos.

Aquí hemos terminado, aunque no es así. . . Hemos comenzado, aunque tampoco es así porque no somos los primeros. Hemos presentado un marco referencial.

La informática presenta interrogantes que apelan a un compromiso personal: asumir respuestas. ¿Podemos responder? Sí. ¿Ahora? En algunos casos sí. En otros casos la investigación llevará a la verdad.

El hombre es autónomo. Usted y nosotros lo somos. El uso correcto de la misma da el conocimiento del fin. Sabemos hacia dónde vamos.

Tenemos la costumbre de criticar destruyendo muchos adelantos de la ciencia y de la técnica. Pero... si usted va a tomar una postura de esta naturaleza, hay algunas preguntas que debería hacerse: ¿Conozco realmente lo que crítico? ¿Hago algo por mejorarlo? Decir no, ¿es un mecanismo de defensa para mí o algo que beneficia a todos? ¿Poseo idoneidad suficiente? Y algo más, toda persona que no piense como yo, simplemente por ser persona, merece respeto. La defensa de una idea no involucra la pérdida de la dignidad.

ANEXO I

Sistemas Expertos en uso

Área: Informática y electrónica

Xcon, DEC, Configuración de las instalaciones informáticas de la gama VAX.

Xsel, DEC, Controla los pedidos de las computadoras.

VAX Xsite, DEC, Planifica la instalación de las computadoras.

VAX AI-Spear, Diagnóstico de averías en unidad de cinta magnética.

Callisto, DEC, Gestión de recursos para el diseño de circuitos.

CDx, DEC, Análisis de fallos en instalaciones informáticas.

NTC, DEC, Reparación de averías en redes informáticas.

Compass, GTE, Mantenimiento de computadoras telefónicas.

Photolithography Advisor, HP, Control de fase de la fotolitografía de los circuitos integrados.

CSS, IBM, Planifica la reinstalación de computadoras.

Yes/MVS, IBM, Ayuda al manejo del sistema de explotación MVS.

Área: Fabricación e Ingeniería

—, Hitachi, Controla el frenado de trenes

—, Kawasaki Steel, Detecta los defectos en el metal

—, Westinghouse, Evaluación del combustible nuclear

Pride, Xerox, Diseño de fotocopadoras

Área: Química

Dendral, Molecular Design Ltd., identificación de moléculas.

Tqmstune, L. Livermore National Lab., Regulación de un espectrómetro de masas.

Synchem, Suny-Stonybrook, Planificación de síntesis química.

Área: Geología

Geox, NASA, Identifica minerales a partir de imágenes provenientes de satélites.

Área: Medicina

Puff, Pacific Medical Center, interpreta las exploraciones respiratorias.

Oncocin, Stanford Oncology Clinic, seguimiento de tratamiento de cáncer.

Área: Finanzas

—, American International Group, Evaluación de riesgos en contratos de seguros.

Área: Agricultura

Wheat Counsellor, ICI, prevención de enfermedades del trigo en invierno.

Área: Formación

TVX, DEC, formación en el sistema de exploración VMS.

Área: Diversas

—, Shell Petroleum, interface inteligente de programas complejos.

Aalps, US Army, optimiza la carga de aviones en equipamiento y flete.

ANEXO II

Lenguajes generadores de sistemas expertos

1. Lenguajes:

LISP.
PROLOG.
IDEAL.
NATURAL.
POPLOG.
INTERLISP.
SISTXEM EXPERT SCI.

2. Shells:

EMYCIN.
ES/P ADVISOR.
M.I.
S.I.
ART.
1STCLASS.
EXSYS.

Glosario

Algoritmo: se denomina así al conjunto de pasos necesarios para llegar a la resolución de un problema.

Base de conocimientos: Base de datos sobre la cual emite juicios un sistema experto.

Base de datos: Colección de datos organizada de tal modo que la computadora pueda acceder rápidamente a ella.

Heurística: Manera de alcanzar un objetivo basada en la experiencia más que en el cálculo; esta técnica no garantiza un resultado cierto comparado con el algoritmo que lleva siempre a un resultado deseado.

Ingeniería del conocimiento: Proceso mediante el cual se traslada a un programa de computadora las pericias o conocimientos humanos en un campo determinado o varios.

Lenguaje de programación: conjunto de caracteres y reglas bien definidas, sobre cuya base es posible escribir un programa para una computadora, p. ej. BASIC, LOGO, FORTRAN, PASCAL, LISP, FORTH, PROLOG, etc.

Sistema: conjunto de elementos conectados entre sí y que interactúan de modo que forman una unidad orgánica.

BIBLIOGRAFÍA

ALAN, Colmenares. **Prolog, Lenguaje de IA**, Mundo científico 41. (Barcelona, Ed. Fontalba, 1984).

BERK, A. A. **Prolog, Programación y aplicaciones en IA**, (Madrid, Ed. Anaya, 1985).

BODEM, Margaret **Inteligencia Artificial y Hombre Natural**. (Madrid, Ed. Tecnos, 1977).

CANTU, María Celina. **Inteligencia Artificial. Proyecto Japonés de Quinta Generación**. (Mendoza, F.C.P. y S. U.N.C., 1987).

CLOSKIN, and MELLISH. **Programming in Prolog**. (California, 1986).

CUADRADO, Guillermo y otros. **Introducción a la Informática**. (Mendoza, F.F.y L. U.N.C., 1987).

CUENA, J. y otros. **Inteligencia Artificial, Sistemas Expertos**, (Madrid, Ed. Alianza, 1986).

DESCARTES, Rene. **Discurso del Método**. Traducido por Antonio Rodríguez Huesar. (España, Ed. Orbis, 1983).

DIARIO LA RAZÓN. **Sección informática**. (Viernes 29 de agosto de 1986, pág. 1). **Expert System for Personal Computers**, Byte (Mayo de 1984).

EXSYS. **Expert System Development Package**. (U.S.A., EXSYS Inc., 1987).

FEINGENBAUM y Mc CORDUOK, P. **La quinta generación**. (Buenos Aires, Ed. Sudamericana Planeta, 1985).

- GONDA, F. y JODAL, J. IA, Bases de Datos y Generación Automática de Aplicaciones. (Montevideo, 1987).
- HARTNELL, Tim. IA, Conceptos y Programas. (Madrid, Ed. Anaya, 1986). .
- LAVIER, M. Los Ordenadores y el Cambio Social. (Madrid, Ed. Tecnos, 1982).
- RUTH, Stephen. **Manual de Aprendizaje de 1st CLASS.** (Washington, George Masón University, 1987). SANDERS, Donald. Informática Presente y Futuro. (Buenos Aires, E. Mc. GrawHill, 1983).
- SIMONS, G. L. Introducción a la Inteligencia Artificial. (Madrid, 1987). VANDEGINSTE, Pierre. Las Aplicaciones de los SE. Mundo Científico 65. (Barcelona, Ed. Fontalba).
- VÁZQUEZ, G., ARONSON, J. y LOCICERO, A. **SE para el Diagnóstico de Fallas.** (Rosario, U.N.R., 1987).
- VÁZQUEZ, Guillermo. **Prolog: Hacia la quinta generación.** (Rosario, Ateneo de Informática, 1987).
- VOSS. Introducción a la Inteligencia Artificial. (Barcelona, Ed. Ferre Maset, 1985).