



I INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Inteligencia Artificial

Resolver problemas Se enfoca a lograr la comprensión de entidades inteligentes, por ello una de las razones principales es aprender acerca de nosotros mismo.

Definiciones

La interesante tarea de lograr que las computadoras piensen... maquinas con mente, en su amplio sentido literal. (Haugeland, 1985)

El arte de crear maquinas con capacidad de realizar funciones que realizadas por personas requieren de inteligencia. (Kurzweil, 1990)

El estudio de cómo lograr que las computadoras realicen tareas que por el momento, los humanos hacen mejor. (Rich y Kninght, 1991)

El estudio de los calculus que permiten permiten percibir, razonar y actuar (Winston 1992)

Se pueden agrupar en:

- a) Sistemas que piensan como humanos
- b) Sistemas que actúan como humanos
- c) Sistemas que piensan racionalmente
- d) Sistemas que actúan racionalmente

La Inteligencia Artificial trata de conseguir que los ordenadores simulen en cierta manera la inteligencia humana. Se acude a sus técnicas cuando es necesario incorporar en un sistema informático, conocimiento o características propias del ser humano.

Origen

El nacimiento de la Inteligencia Artificial se sitúa en una reunión celebrada en el Dartmouth College (Hanover, EEUU) en 1956, en la que se planteó la posibilidad de construir máquinas inteligentes. Llama la atención que en esa fecha la informática



apenas se había desarrollado, y ya se planteaba la posibilidad de diseñar mecanismos inteligentes.

En aquella reunión se encontraban entre otros, **Claude Shannon, padre de la Teoría de la Información**; Marvin Minsky, que más tarde demostraría las limitaciones de ciertos modelos de redes neuronales; Herbert Simon, premio Nobel de Economía quien además desarrolló el primer programa de Inteligencia Artificial.

Reconocido en general como los primeros trabajos en IA son tres por Warren McCulloch y Walter Pitts (1943) aplicados al conocimiento de la fisiología básica y funcionamiento de las neuronas en el cerebro, el análisis formal de la lógica proposicional de Russell y Whitehead y la teoría de la computación de Turing.

Tronco común con varias ramas

Desde entonces son muchas las ramas que surgen del tronco común de la Inteligencia Artificial. Las Ciencias de la Computación han asistido continuamente al nacimiento de nuevas ramas y se habla de sistemas expertos, vida artificial, algoritmos genéticos, computación molecular o redes neuronales. En algunas de estas ramas los resultados teóricos van muy por encima de las realizaciones prácticas.

a) Los sistemas expertos

Los sistemas expertos **son la rama más conocida**. Parten de la premisa de que los expertos humanos utilizan gran cantidad de conocimientos específicos de un campo que deben ser incorporados en el sistema experto.

b) Las redes neuronales

Las redes neuronales tratan de representar el conocimiento replicando la estructura neuronal del cerebro humano. En ellas lo fundamental es el aprendizaje mediante patrones o ejemplos.



Técnicas de representación del conocimiento. Parte I

Representación de conocimiento = Escribir en un lenguaje descripciones del mundo

Representación - ``... un conjunto de convenciones **sintácticas y semánticas** que hacen posible el describir cosas "

En IA, son descripciones para que una máquina inteligente las utilice.

Sintaxis: símbolos y conjunto de reglas para combinarlos.

Semántica: significado de las expresiones construidas.

A pesar de que todo programa de IA tiene una parte de base de conocimiento, es una área de investigación abierta.

Aspectos básicos:

- A. Un lenguaje de representación
- B. Capacidad de inferencias
- C. Conocimiento del dominio

El poder está en el conocimiento

Una de las ambiciones es poder representar ``sentido común''

El fin no es tanto buscar una explicación de comportamiento cognitivo racional, sino el poder construir razonablemente sistemas inteligentes

En general una representación debe de tener:

1. Expresividad Adecuada
2. Eficiencia de Razonamiento



Criterios para juzgar una representación:

Capacidad Lógica: Que sea capaz de expresar el conocimiento que deseamos expresar.

Poder Heurístico: Capacidad para resolver problemas (inferencia).

Conveniencia de la Notación: Simplicidad para acceder al conocimiento y facilidad de entendimiento (declarativa).

La representación determina la facilidad con la que podemos resolver ciertos problemas y utilizar el conocimiento.

Ejemplo: Representación de números romanos vs arábigos (desarrollo del álgebra).

A nivel epistemológico:

Primitivos (cuáles y a qué nivel)

Meta-representaciones (permitir hacer razonamientos con el lenguaje)

Representaciones alternas:

- Procedurales (se necesita declarativo)
- Analógico
- Probabilístico

Problemas de representación de:

- Substancias (litro de leche)
- Causalidad y tiempo
- Creencias, deseos, intenciones, etc.

Consideraciones:

Hacer explícito lo que se considere importante.

Exhibir las restricciones inherentes al problema.

Completo y preciso.

Entendible. - Fácil de usar.



Computacionalmente factible.

Técnicas de representación del conocimiento. Parte II

La IA es una nueva generación de tecnología informática, caracterizada no sólo por su arquitectura (*hardware*), sino también por sus capacidades.

El énfasis de generaciones previas fue en las computaciones numéricas para aplicaciones científicas o de negocios. La nueva generación de tecnología informática incluye además la **manipulación simbólica**, con el objetivo de emular el comportamiento inteligente; y, **la computación en paralelo**, para tratar de conseguir resultados prácticamente en tiempo real.

La capacidad predominante de la nueva generación, también conocida como la **Quinta Generación**, es la habilidad de emular (y tal vez en algunos casos superar) ciertas funciones inteligentes del ser humano.

Aprendizaje:

- Captación automática de conocimientos.

Razonamiento:

- Sistemas basados en conocimientos.
- Bases de datos inteligentes.
- Prueba de teoremas y juegos.

Percepción:

- Comprensión de lenguaje natural.
- Interpretación de escenas visuales (Visión por computadora).

Locomoción y Manipulación:

- Realizar procesos mecánicos y tareas manuales (Robótica).

Creación:

- Generación, verificación, depuración y optimización automática de programas.



Algunas de las tareas que estos sistemas realizan en el campo de la **IA** son:

- Percepción: Visión, Fonemas.
- Lenguaje Natural: Comprensión, generación y traducción.
- Razonamiento de sentido común.
- Control de robots.

Tareas formales

- Juegos: Ajedrez, Backgammon, Damas.
- Matemáticas: Geometría, Lógica, Cálculo Integral.

Tareas expertas

- Ingeniería: Diseño, Localización de fallas, Planeamiento.
- Análisis Científico.
- Diagnóstico Médico.
- Análisis Financiero.

La IA es una rama de la ciencia de computación que comprende el estudio y creación de sistemas computarizados que manifiestan cierta forma de inteligencia: sistemas que aprenden nuevos conceptos y tareas, sistemas que pueden razonar y derivar conclusiones útiles acerca del mundo que nos rodea, sistemas que pueden comprender un lenguaje natural o percibir y comprender una escena visual, y sistemas que realizan otro tipo de actividades que requieren de inteligencia humana.

Desde el punto de vista de los objetivos, la IA puede considerarse en parte como ingeniería y en parte como ciencia:

-**Como ingeniería**, el objetivo de la IA es resolver problemas reales, actuando como un conjunto de ideas acerca de cómo representar y utilizar el conocimiento, y de cómo desarrollar sistemas informáticos.

- **Como ciencia**, el objetivo de la IA es buscar la explicación de diversas clases de inteligencia, a través de la representación del conocimiento y de la aplicación que se da a éste en los sistemas informáticos desarrollados.



Para usar la IA se requiere una comprensión básica de la forma en que se puede representar el conocimiento y de los métodos que pueden utilizar o manipular ese conocimiento.

La Hipótesis del Sistema Físico de Símbolos

Un sistema físico de símbolos está formado por un conjunto de entidades básicas (llamadas símbolos), las cuales son patrones físicos que pueden ocurrir como componentes de otro tipo de entidad llamada expresión o estructura de símbolos. Una estructura de símbolos está compuesta de un número de instancias de símbolos, relacionados en alguna forma física. Además de estas estructuras, el sistema también contiene una colección de procesos que operan sobre las expresiones, para producir otras: procesos de creación, modificación, reproducción y destrucción.

Un sistema físico de símbolos es una máquina que produce, a través del tiempo, una colección evolutiva de estructuras de símbolos.

Hipótesis: Un sistema físico de símbolos tiene los medios necesarios y suficientes para actuar en general de forma inteligente.

Importancia De La Hipótesis

Representa una importante teoría acerca de la naturaleza de la inteligencia humana.

Constituye la base sobre la que se fundamenta la creencia de que es posible construir programas que pueden realizar tareas inteligentes como las que hacen las personas.

Desde el punto de vista de ingeniería, la mayor parte del trabajo requerido para construir sistemas de IA, está basado en el desarrollo de adecuadas *representaciones de conocimiento* y sus correspondientes *estrategias de manipulación*. **No se puede manipular conocimiento a menos que esté adecuadamente representado.**

En consecuencia, las siguientes tres preguntas claves pueden guiarnos en el estudio de la IA.

- ¿Qué es el conocimiento?
- ¿Cómo se puede representar el conocimiento?
- ¿Cómo se podría manipular el conocimiento?

A continuación, se dan respuestas parciales a estas preguntas planteadas.



Conocimiento

Puede ser definido como el conjunto de hechos y principios acumulados por la humanidad, o el acto, hecho o estado de conocer.

Es la familiaridad con el lenguaje, conceptos, procedimientos, reglas, ideas, abstracciones, lugares, costumbres y asociaciones, unida a la habilidad de utilizar estas nociones en forma efectiva para modelar diferentes aspectos del universo que nos rodea.

Los conceptos de conocimiento e inteligencia están íntimamente ligados. La inteligencia requiere de la posesión y acceso al conocimiento. Conocimiento no debe ser confundido con datos o información.

El conocimiento incluye y requiere del uso de datos e información. Además, combina relaciones, dependencias, y la noción del saber con datos e información.

A veces es también útil o más aun necesario distinguir entre conocimiento y otros términos como *creencia* e *hipótesis*.

Esencialmente, se define como **creencia** a toda expresión que tiene significado, que es coherente y puede ser representada.

En consecuencia una creencia puede ser verdadera o falsa. **Hipótesis** se define como una creencia justificada que no se conoce sea verdadera. Una hipótesis es una creencia que está respaldada por cierta evidencia, pero todavía puede resultar falsa. Finalmente, se puede también decir que conocimiento es una creencia justificada como verdadera.

Otros términos relacionados con el conocimiento y que son ocasionalmente empleados son *epistemología* y *metaconocimiento*.

Epistemología es el estudio de la naturaleza del conocimiento, mientras que **metaconocimiento** es conocimiento acerca del conocimiento, esto es, conocimiento acerca de lo que se conoce.

El conocimiento puede ser de tipo *procedimental*, *declarativo* o *heurístico*.

Conocimiento procedimental es aquel conocimiento compilado que se refiere a la forma de realizar una cierta tarea (*el saber como hacerlo*). Por ejemplo, los pasos necesarios para resolver una ecuación algebraica son expresados como conocimiento procedimental.



Por otro lado, el **conocimiento declarativo** es conocimiento pasivo, expresado como sentencias acerca de los hechos del mundo que nos rodea (*el saber que hacer*). La información personal en una base de datos es un típico ejemplo de conocimiento declarativo. Tales tipos de datos son piezas explícitas de conocimiento independiente.

El **conocimiento heurístico** es un tipo especial de conocimiento usado por los humanos para resolver problemas complejos. El adjetivo *heurístico* significa *medio para descubrir*. Está relacionado con la palabra griega *heuriskein* que significa descubrir, encontrar. Se entiende por *heurístico* a un criterio, estrategia, método o truco utilizado para simplificar la solución de problemas. El conocimiento heurístico usualmente se lo adquiere a través de mucha experiencia.

El conocimiento es importante y primordial para el comportamiento inteligente, su representación constituye una de las máximas prioridades de la investigación en IA.

El conocimiento puede ser representado como imágenes mentales en nuestros pensamientos, como palabras habladas o escritas en algún lenguaje, en forma gráfica o en imágenes, como cadenas de caracteres o colecciones de señales eléctricas o magnéticas dentro de un computador.

En nuestro estudio de IA, consideraremos las representaciones escritas y sus correspondientes estructuras de datos utilizadas para su almacenamiento en un computador. La forma de representación que se escoja dependerá del tipo de problema a ser resuelto y de los métodos de inferencia disponibles.

Una representación del conocimiento puede ser un esquema o dispositivo utilizado para capturar los elementos esenciales del dominio de un problema. Una representación manipulable es aquella que facilita la computación. En representaciones manipulables, la información es accesible a otras entidades que usan la representación como parte de una computación.

Debido a la variedad de formas que el conocimiento puede asumir, los problemas involucrados en el desarrollo de una representación del conocimiento son complejos, interrelacionados y dependientes del objetivo. El términos generales, se debe tratar que el conocimiento esté representado de tal forma que:

- Capture generalizaciones.
- Pueda ser comprendido por todas las personas que vayan a proporcionarlo y procesarlo.
- Pueda ser fácilmente modificado.
- Pueda ser utilizado en diversas situaciones aún cuando no sea totalmente exacto o completo.



- Pueda ser utilizado para reducir el rango de posibilidades que usualmente debería considerarse para buscar soluciones.

El conocimiento declarativo puede ser representado con modelos relacionales y esquemas basados en lógica. Los modelos relacionales pueden representar el conocimiento en forma de árboles, grafos o redes semánticas. Los esquemas de representación lógica incluyen el uso de lógica proposicional y lógica de predicados.

Los modelos procedimentales y sus esquemas de representación almacenan conocimiento en la forma de cómo hacer las cosas. Pueden estar caracterizados por gramáticas formales, usualmente implantadas por sistemas o lenguajes procedimentales y sistemas basados en reglas (sistemas de producción).

Las representaciones declarativas son usualmente más expansivas y costosas, en el sentido que la enumeración puede ser redundante e ineficiente. Sin embargo, la modificación de las representaciones declarativas es usualmente muy fácil; simplemente se agrega o se elimina conocimiento.

Las representaciones procedimentales, en cambio, pueden ser más compactas, sacrificando flexibilidad. Representaciones prácticas pueden incluir elementos tanto declarativos (listado de hechos conocidos), como procedimentales (un conjunto de reglas para manipular los hechos).

Manipulación del conocimiento

Existen tres paradigmas que los investigadores han utilizado tradicionalmente para la resolución de problemas de IA:

Programación Heurística.- Está basado en el modelo de comportamiento humano y su estilo para resolver problemas complejos. Existen diversos tipos de programas que incluyen algoritmos heurísticos. Varios de ellos son capaces de aprender de su experiencia.

Redes Neuronales Artificiales.- Es una representación abstraída del modelo neuronal del cerebro humano. Las redes están formadas por un gran número de elementos simples y por sus interconexiones. Una red neuronal artificial puede ser simulada o ser real. Al elemento procesador de la red, se lo denomina neurona artificial.

Evolución Artificial.- Su modelo está basado en el proceso genético de evolución natural, propuesto por Charles Darwin. Se utilizan sistemas simulados en computador que evolucionan mediante operaciones de reproducción, mutación y cruce (Algoritmos Genéticos).



Cada paradigma comprende una colección de métodos, configuraciones y técnicas desarrolladas para manipular el conocimiento. En general, una técnica de **IA** está caracterizada por incluir los siguientes componentes:

Procesos de Búsqueda.- Proporciona una forma de resolver problemas para los cuales no hay un método más directo, así como también se constituye en un marco de trabajo dentro del cual cualquier técnica directa puede ser incorporada.

Uso del Conocimiento.- Proporciona una forma de resolver problemas explotando las estructuras de los objetos involucrados.

Abstracción.- Proporciona una forma de separar rasgos importantes y variaciones, de los tantos que no tienen importancia.

La manipulación del conocimiento involucra además la selección de objetos, entidades y rasgos que son claves para las representaciones.

Al nivel más bajo de representación del conocimiento, estas entidades pueden consistir de simples datos de entrada, por ejemplo: grabaciones cuantizadas y digitalizadas de audio, datos de una imagen, valores captados por un sensor, información de interruptores o hechos elementales.

Estos bloques constructivos de la representación se los denomina comúnmente *primitivas*. La representación escogida para las primitivas, puede determinar las capacidades del sistema, el éxito, la corrección y sus posibilidades de expansión.

El Nivel del Modelo de Inteligencia

En primer lugar, un proyecto de IA, debe definir lo más exactamente posible, lo que desea lograr:

- Desarrollar programas que realicen las tareas de la misma forma en que lo realizan las personas.
- Desarrollar programas que simplemente realicen las tareas de la forma que parezca más sencilla.

Los programas que se enmarcan en el primer caso, tratan de modelar el comportamiento humano, para ejecutar las siguientes tareas:

- Probar teorías psicológicas del comportamiento humano.
- Capacitar a los computadores para entender el razonamiento humano.
- Capacitar a los humanos para que comprendan a los computadores.
- Explotar el conocimiento que es posible obtener de la gente.



En el segundo caso, están agrupados los programas de IA de índole más práctica, que sin ser rigurosos en la modelación del comportamiento humano, tratan de proporcionar soluciones aceptables.

Criterios de Evaluación en I. A.

Cada campo necesita criterios para evaluar el éxito alcanzado. En general, es muy difícil determinar si una máquina o un sistema tiene inteligencia o puede pensar. Al respecto se han sugerido algunas pruebas entre las que se destaca la de Alan Turing (1912-1954). En 1950 ideó una prueba para reconocer *comportamientos inteligentes*, esta prueba dice lo siguiente:

Si la ejecución de un sistema de IA puede convencernos de que su comportamiento es el que tendría un humano, entonces el sistema es verdaderamente inteligente.

En una forma más práctica, para saber si un trabajo de investigación en IA ha tenido éxito, debe hacerse tres preguntas claves:

¿Está definida con claridad la tarea?

¿Existe un procedimiento ya instrumentado que efectúe la tarea? Si no existe, es que deben haber muchas dificultades escondidas en algún lugar.

¿Existe un conjunto de regularidades o restricciones identificables a partir de las cuales el procedimiento implantado obtiene su validez? De no ser así, el procedimiento no pasaría de ser un juguete, tal vez capaz de un desempeño superficial impresionante en ciertos ejemplos seleccionados con cuidado, pero incapaz de impresionar con un desempeño profundo y de resolver problemas más generales.

Para determinar si una aplicación de IA ha tenido éxito, deben plantearse preguntas adicionales como las siguientes:

- ¿Resuelve la aplicación un problema real?
- ¿Crea la aplicación una nueva oportunidad?

Eventualmente, las respuestas a las preguntas planteadas, deberán ser complementadas con pruebas típicas de verificación y validación de sistemas: eficacia en el desempeño, eficiencia operativa, facilidad de uso, flexibilidad, portabilidad, etc.



Importancia de la Inteligencia Artificial

Conforme el mundo se vuelve más complejo, debemos usar nuestros recursos materiales y humanos con más eficiencia, y para lograrlo, se necesita la ayuda que nos ofrecen los computadores.

Existe la falsa impresión de que uno de los objetivos del IA es sustituir a los trabajadores humanos y ahorrar dinero. Pero en el mundo de los negocios, la mayoría de personas está más entusiasmada ante las nuevas oportunidades que ante el abatimiento de costos. Además, la tarea de reemplazar totalmente a un trabajador humano abarca de lo difícil a lo imposible, ya que no se sabe cómo dotar a los sistemas de IA de toda esa capacidad de percibir, razonar y actuar que tienen las personas. Sin embargo, debido a que los humanos y los sistemas inteligentes tienen habilidades que se complementan, podrían apoyarse y ejecutar acciones conjuntas:

- En la agricultura, controlar plagas y manejar cultivos en forma más eficiente.
- En las fábricas, realizar montajes peligrosos y actividades tediosas (labores de inspección y mantenimiento).
- En la medicina, ayudar a los médicos a hacer diagnósticos, supervisar la condición de los pacientes, administrar tratamientos y preparar estudios estadísticos.
- En el trabajo doméstico, brindar asesoría acerca de dietas, compras, supervisión y gestión de consumo energético y seguridad del hogar.
- En las escuelas, apoyar la formación de los estudiantes, especialmente en aquellas materias consideradas complejas.
- Ayudar a los expertos a resolver difíciles problemas de análisis o a diseñar nuevos dispositivos.
- Aprender de los ejemplos para explorar bases de datos en busca de regularidades explotables.
- Proporcionar respuestas a preguntas en lenguaje natural usando datos estructurados y texto libre.

La IA aplicada es la contraparte de ingeniería de la ciencia cognoscitiva y complementa sus perspectivas tradicionales. La ciencia cognoscitiva es una mezcla de psicología, lingüística y filosofía.

La metodología y terminología de la IA está todavía en vías de desarrollo. La IA se está dividiendo y encontrando otros campos relacionados: lógica, redes neuronales, programación orientada a objetos, lenguajes formales, robótica, etc.



Esto explica por qué el estudio de IA no está confinado a la matemática, ciencias de la computación, ingeniería (particularmente la electrónica y la mecánica), o a la ciencia cognoscitiva, sino que cada una de estas disciplinas es un potencial contribuyente.

La robótica es considerada como un campo interdisciplinario que combina conceptos y técnicas de IA, con ingeniería óptica, electrónica y mecánica.

Para construir un sistema básico de inteligencia artificial capaz de resolver un problema específico, es necesario realizar las siguientes acciones:

- Definir de una forma precisa el problema, incluyendo especificaciones de las condiciones iniciales y de las situaciones finales que pueden considerarse como soluciones aceptables al problema.
- Analizar el problema. Puede darse el caso de que unos muy pocos rasgos importantes puedan tener un gran impacto en la identificación de la técnica más apropiada para resolver el problema.
- Identificar y representar el conocimiento que es necesario para resolver el problema.
- Escoger la mejor técnica y aplicarla para la resolución del problema.

En este capítulo trataremos los fundamentos sobre los que se basan cada una de las acciones indicadas

Técnicas de representación del conocimiento. Parte III y Búsquedas Heurísticas

Para construir un sistema básico de inteligencia artificial capaz de resolver un problema específico, es necesario realizar las siguientes acciones:

- Definir de una forma precisa el problema, incluyendo especificaciones de las condiciones iniciales y de las situaciones finales que pueden considerarse como soluciones aceptables al problema.
- Analizar el problema. Puede darse el caso de que unos muy pocos rasgos importantes puedan tener un gran impacto en la identificación de la técnica más apropiada para resolver el problema.



- Identificar y representar el conocimiento que es necesario para resolver el problema.
- Escoger la mejor técnica y aplicarla para la resolución del problema.

Definición del Problema

El primer paso hacia el diseño de un programa que resuelva un problema en IA, debe ser la creación de una forma descriptiva formal y manipulable del problema, a partir de la descripción informal del mismo.

La definición del problema como una búsqueda en el *espacio de estados* forma la base de la mayoría de los métodos que se utilizan para la solución de problemas en IA.

Los *estados del sistema* o *descripción de estados*, son representaciones que contienen el conjunto de toda la información que describe la situación actual del sistema.

En cambio, el *espacio de estado* del sistema o *espacio del problema*, es el dominio que contiene todos los posibles estados del sistema. El *espacio de estados* puede ser finito o infinito.

Los mecanismos que se emplean para modificar o transformar un estado del sistema, toman el nombre de *operadores*, *producciones* o *acciones*, y se utilizan para enlazar un estado actual, con otro estado objetivo.

Cuando existen varias posibles soluciones, representadas por diversas secuencias de operadores que enlazan dos estados, es necesario desarrollar algoritmos de IA que sean capaces de identificar las mejores secuencias.

En general, el posible número de secuencias de operadores a ser exploradas en el desarrollo de una solución puede ser muy grande, por lo que los algoritmos que se empleen no deben requerir la enumeración de todas las secuencias posibles. Esto sugiere el empleo de un *proceso de búsqueda* para tratar de encontrar una solución aceptable.

La búsqueda es un proceso de gran importancia en la resolución de problemas difíciles para los que no se dispone de técnicas más directas. Los procesos de búsqueda están cercanamente relacionados con los procesos de optimización.

En resumen, la representación como espacio de estados ofrece una estructura que permite:



- Definir formalmente el problema, al poder convertir alguna situación dada en una situación deseada utilizando un conjunto de operaciones permitidas.
- Definir la resolución de un problema como la combinación de dos componentes:
- Un conjunto de operadores que, al modificar o transformar un estado, representan movimiento en el espacio del problema.
- Un proceso de búsqueda, que explorando el espacio intenta encontrar alguna ruta desde el estado actual hasta un estado objetivo.

Al proceso que se encarga de convertir una descripción informal, en una descripción formal del problema, se lo denomina **operacionalización**. Los pasos a seguirse son los siguientes:

- Definir el espacio de estado que contiene todas las configuraciones posibles de los objetos relevantes. Esto es posible, sin necesariamente enumerar en forma explícita todos los estados que contiene.
- Especificar uno o más estados dentro de ese espacio que correspondan a posibles situaciones desde donde el proceso de resolución pueda arrancar (*estados iniciales*).
- Especificar uno o más estados que podrían ser aceptables como soluciones al problema (*estados objetivo*).
- Especificar un conjunto de operadores que describan las acciones posibles. Para esto se debe considerar los siguientes aspectos:
- ¿Qué suposiciones implícitas están presentes en la descripción informal del problema?
- ¿Qué generalidad deben tener los operadores?
- ¿Qué cantidad del trabajo requerido para resolver el problema debería estar incluido y representado en los operadores?

Luego, el problema puede ser resuelto utilizando el conjunto de operadores, en combinación con una estrategia de control apropiada, para moverse dentro del espacio de estados del problema hasta encontrar un sendero entre el estado inicial y el estado objetivo.

Como se indicó anteriormente, el mecanismo de búsqueda es fundamental para el proceso de solución del problema. Adicionalmente, proporciona un marco donde pueden intercalarse métodos más directos de resolución de partes del problema, en caso de ser esto posible.

Análisis del Problema

Para poder escoger el o los métodos más apropiados para resolver un problema, es necesario analizarlo en algunos aspectos claves y buscar las respuestas necesarias a las siguientes preguntas:



-
- ¿Puede el problema ser descompuesto en un conjunto de subproblemas pequeños y, posiblemente, independientes?
 - ¿Podrían ignorarse pasos de solución o ser corregidos si resultaran inútiles?
 - ¿Es posible predecir el o los resultados del problema?
 - ¿Una buena solución al problema es suficientemente obvia, sin necesidad de compararla con otras posibles soluciones?
 - ¿La solución deseada es un estado o una ruta desde un estado inicial hasta un estado objetivo?
 - ¿Es absolutamente necesaria toda una cantidad de conocimiento para resolver el problema, o es importante sólo para restringir la búsqueda?
 - ¿Puede un computador, al que se le ha dado el problema, retornar por sí sólo la solución, o será necesario que haya una interacción entre el computador y una persona?

Las respuestas que se den a las preguntas planteadas no sólo afectan a la definición del problema en si mismo, sino también a las características de la solución deseada y a las circunstancias bajo las cuales debe darse la solución.

Representación

En general, una *representación* es un conjunto de convenciones sobre la forma de describir algún tipo de cosa. El hallar una representación apropiada es una parte fundamental de la resolución de un problema.

El principio de la representación establece que:

Una vez que un problema es descrito mediante una buena representación, el problema está casi resuelto.

Descripciones Explícitas

La descripción explícita de una buena representación está caracterizada por los siguientes aspectos importantes:

- Hace explícitos los objetos y las relaciones de importancia: de una sola mirada se puede apreciar lo que sucede.
- Pone de manifiesto las restricciones inherentes al problema.
- Agrupa los objetos y las relaciones.



- Suprime los detalles insignificantes.
- Es transparente: se puede entender lo que representa.
- Es completa: contiene todo lo que es necesario que debe expresar.
- Es concisa: expresa todo lo necesario con eficacia.

Las representaciones tienen cuatro ingredientes fundamentales:

- El **léxico**, que determina los símbolos que están permitidos en el vocabulario de la representación.
- Una parte **estructural** que describe las restricciones sobre la forma en que los símbolos pueden ordenarse.
- Una parte **operativa** que especifica los procedimientos de acceso que permiten crear descripciones; así como la forma de modificarlas y utilizarlas para responder preguntas.
- Una parte **semántica** que establece una forma de asociar el significado con las descripciones.

Para ilustrar el problema de la representación, considérese el siguiente ejemplo:

Un granjero desea cruzar un río llevando consigo un lobo silvestre, una oveja y una carga de col. Por desgracia su bote es tan pequeño que sólo puede transportar una de sus pertenencias en cada viaje. Peor aún, si no vigila al lobo, puede comerse a la oveja y si no cuida la col, puede comerse la oveja; de modo que no puede dejar al lobo solo con la oveja, ni a la oveja sola con la col. ¿Cómo puede hacer para cruzar el río sin contratiempos?

La representación utilizada en el problema del granjero, es un ejemplo de **red semántica**. Desde el punto de vista del **léxico**, las **redes semánticas** están formadas por **nodos**, que representan objetos; **enlaces**, que representan relaciones entre objetos; y, **etiquetas** de enlace, que denotan relaciones particulares.

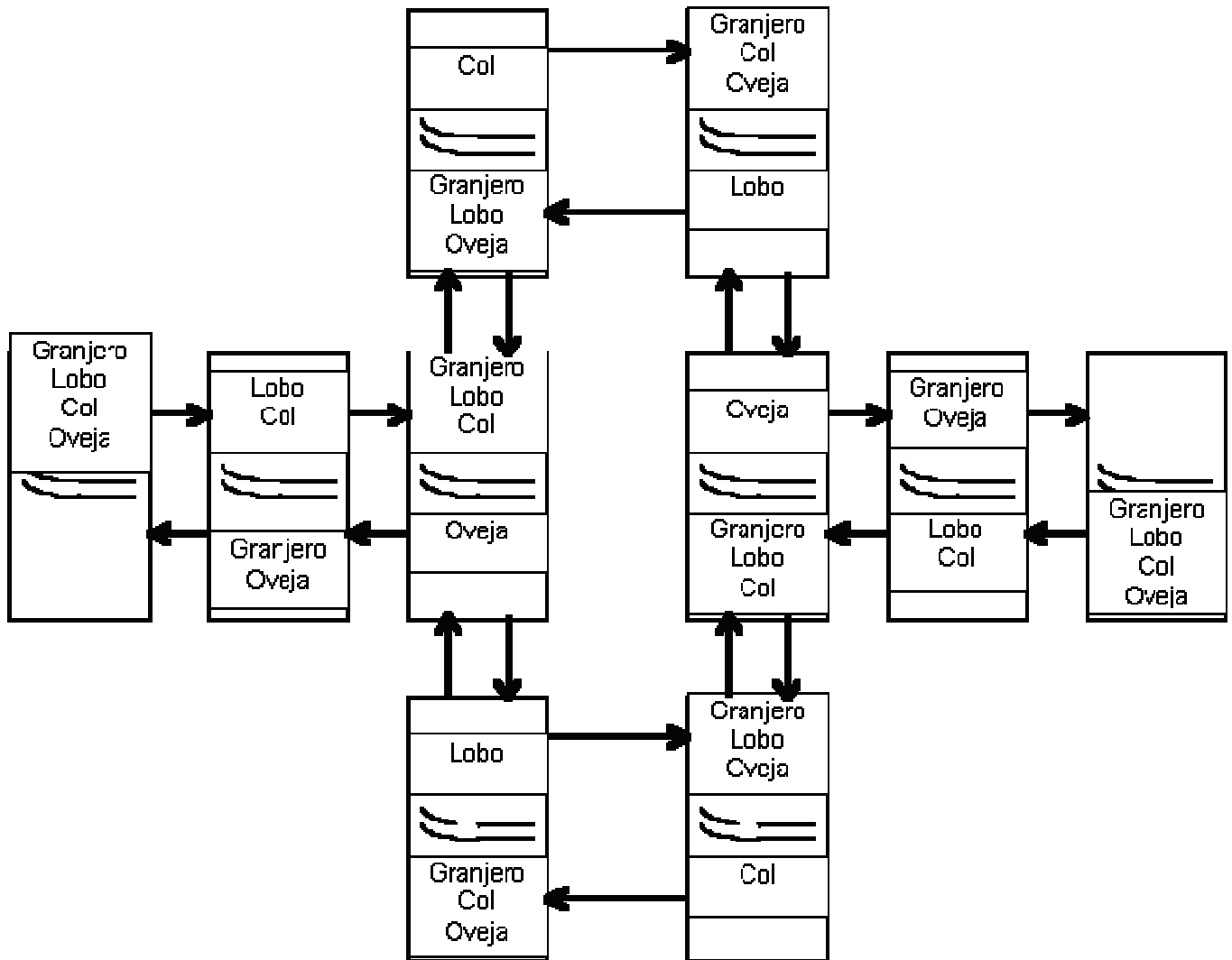
Desde el punto de vista **estructural**, los nodos están conectados entre sí por enlaces etiquetados. En los diagramas, los nodos aparecen como círculos, elipses o rectángulos; y, los enlaces como flechas que apuntan de un nodo a otro.

Desde la perspectiva de la **semántica**, el significado de los nodos y sus enlaces, depende de la aplicación.



Desde la perspectiva operativa, los procedimientos de acceso son, en general, cualquiera de los siguientes: constructores, destructores, lectores y escritores.

Las redes semánticas usan constructores para formar nodos y enlaces; lectores para responder preguntas acerca de estos; escritores, para modificar nodos y enlaces; y, ocasionalmente, destructores, para borrar nodos y enlaces.



Representación del problema del granjero, el lobo, la oveja y la col.

Técnicas de representación del conocimiento. Parte IV



Lógica Proposicional

La lógica proposicional es la más antigua y simple de las formas de lógica. Utilizando una representación primitiva del lenguaje, permite representar y manipular aserciones sobre el mundo que nos rodea. La lógica proposicional permite el razonamiento, a través de un mecanismo que primero evalúa sentencias simples y luego sentencias complejas, formadas mediante el uso de conectivos proposicionales, por ejemplo Y (AND), O (OR). Este mecanismo determina la veracidad de una sentencia compleja, analizando los valores de veracidad asignados a las sentencias simples que la conforman.

Una proposición es una sentencia simple que tiene un valor asociado ya sea de verdadero (V), o falso (F). Por ejemplo:

Hoy es Viernes

Ayer llovió

Hace frío

La lógica proposicional, permite la asignación de un valor verdadero o falso para la sentencia completa, no tiene facilidad par analizar las palabras individuales que componen la sentencia. Por este motivo, la representación de las sentencias del ejemplo, como proposiciones, sería:

hoy_es_Viernes

ayer_llovió

hace_frío

La proposiciones pueden combinarse para expresar conceptos más complejos. Por ejemplo:

hoy_es_Viernes y hace_frío.

A la proposición anterior dada como ejemplo, se la denomina **fórmula bien formada** (*well-formed formula*, **wff**). Una fórmula bien formada puede ser una proposición simple o compuesta que tiene sentido completo y cuyo valor de veracidad, puede ser determinado.



La lógica proposicional proporciona un mecanismo para asignar valores de veracidad a la proposición compuesta, basado en los valores de veracidad de las proposiciones simples y en la naturaleza de los conectores lógicos involucrados.

Los conectores básicos de la lógica proposicional, se dan en las tablas de verdad para las operaciones básicas.

NOMBRE	CONECTOR	SÍMBOLO
Conjunción	AND	\wedge
Disyunción	OR	\vee
Negación	NOT	\sim
Implicación	If-Then	\Rightarrow
Equivalencia	Igual	$=$

Conectores básicos de la lógica proposicional

p	q	Disyunción $p \vee q$	Conjunción $p \wedge q$	Negación $\sim p$	Implicación $p \Rightarrow q$	Equivalencia $p = q$
V	V	V	V	F	V	V
V	F	V	F	F	F	F
F	V	V	F	V	V	F
F	F	F	F	V	V	V

Tablas de verdad para operadores lógicos

El conector de implicación, puede ser considerado como un condicional expresado de la siguiente forma:



Si $A \Rightarrow B$ va a ser verdadero,

entonces toda vez que A sea verdadero, B debe ser siempre verdadero.

Para los casos en los cuales A es falso, la expresión $A \Rightarrow B$, es siempre verdadera, independientemente de los valores lógicos que tome B , ya que el operador de implicación no puede hacer inferencias acerca de los valores de B .

Existen varias equivalencias en lógica proposicional, similares a las del álgebra Booleana. Estas son:

DENOMINACIÓN	REPRESENTACIÓN LÓGICA
Leyes Equipotenciales	$A \Rightarrow B = \sim A \vee B$ $A \wedge \sim A = F$ $A \vee \sim A = V$
Leyes Conmutativas	$A \wedge B = B \wedge A$ $A \vee B = B \vee A$
Leyes Distributivas	$A \wedge (B \vee C) = (A \wedge B) \vee (A \wedge C)$ $A \vee (B \wedge C) = (A \vee B) \wedge (A \vee C)$
Leyes Asociativas	$A \wedge (B \wedge C) = (A \wedge B) \wedge C$ $A \vee (B \vee C) = (A \vee B) \vee C$
Leyes Absortivas	$A \wedge (A \vee B) = A$ $A \vee (A \wedge B) = A$
Leyes de DeMorgan	$\sim(A \wedge B) = \sim A \vee \sim B$ $\sim(A \vee B) = \sim A \wedge \sim B$

Equivalencias en lógica proposicional

Búsqueda heurística



Las técnicas de solución de problemas en IA, en general, incorporan un proceso de búsqueda. Todo proceso de búsqueda puede ser visualizado como el recorrido por un árbol en el que cada nodo representa un estado y cada rama representa las relaciones entre los estados cuyos nodos conecta.

En general, las reglas contienen en forma implícita el árbol, y se genera en forma explícita sólo aquellas partes que se decide explorar. Las principales diferencias que pueden aparecer en las diferentes técnicas de búsqueda, son:

- La dirección en la cual se conduce la búsqueda (hacia adelante o hacia atrás).
- La estrategia de control, o forma de seleccionar las reglas que pueden ser aplicables. Los principales requerimientos de una buena estrategia de control son: que cause desplazamiento en el espacio de estado; y, que sea sistemático.
- La forma de representar cada nodo del proceso de búsqueda (representación del conocimiento).

Muchas veces, tratar el proceso como búsqueda en un grafo en lugar de una búsqueda en un árbol, puede reducir el esfuerzo que se gasta en explorar senderos, esencialmente iguales, varias veces. Sin embargo, los requisitos asociados, son:

- Cada vez que se genere un nodo se debe chequear para ver si ha sido generado antes.
- Se deben introducir procedimientos especiales para que la búsqueda no quede atrapada en algún lazo.

Algoritmo Primero a lo Ancho (BREATH-FIRST)

1. Crear una variable NODE_LIST y ponerla al estado inicial.
2. Hasta que se encuentre el objetivo o hasta que NODE_LIST esté vacía haga lo siguiente:
 - a. Remover el primer elemento de NODE_LIST, y llamarlo E. Si NODE_LIST estuvo vacía, salir.
 - b. Para cada forma en que cada regla puede ajustarse al estado descrito en E, haga lo siguiente:
 - i. Aplicar la regla para generar un nuevo estado.
 - ii. Si el nuevo estado es un estado objetivo, salir y retornar este estado.
 - iii. Sino, añada el nuevo estado al final de NODE_LIST.
 - iv.

Algoritmo Primero en Profundidad (DEPTH-FIRST)

1. Si el estado inicial es el objetivo, salir y retornar éxito.



2. Sino, haga lo siguiente hasta que se obtenga señal de éxito o fracaso:
 - a. Genere un sucesor E del estado inicial. Si no hay más sucesores, retorne con señal de fracaso.
 - b. Llame recursivamente al algoritmo, esta vez con E como el estado inicial.
 - c. Si la señal es éxito, retorne, de otra manera, continúe en este lazo.

Búsqueda Heurística

Para resolver muchos problemas difíciles (explosión combinatoria), es necesario muchas veces llegar a un compromiso de los requerimientos de movilidad y sistematicidad y construir una estructura de control que no necesariamente garantiza el encontrar la mejor respuesta, sino que casi siempre encuentra una buena respuesta. Una técnica heurística mejora la eficiencia del proceso de búsqueda sacrificando, usualmente, exhaustividad. Las consideraciones que sirven de soporte a un proceso de búsqueda heurística, son:

- Rara vez se requiere, en realidad, una solución óptima. Una buena aproximación, normalmente, sirve muy bien.
- A pesar que una aproximación heurística no puede resultar muy buena en el peor de los casos, raras veces aparecen los peores casos en la práctica.
- El tratar de comprender por qué un heurístico funciona o por qué no funciona, a menudo conduce a una mejor comprensión del problema.

Redes de Inferencia

Una red de inferencia puede ser representada como un gráfico en el que los nodos representan parámetros que son los hechos obtenidos como datos o derivados de otros datos. Cada parámetro es una declaración acerca de algún aspecto del problema bajo análisis y puede servir como un antecedente o consecuente de una regla.

Estas declaraciones pueden copar un rango que va desde la conclusión final de un sistema, hasta hechos simples, observados o derivados. Cada uno de estos parámetros puede tener uno o más valores asociados, donde cada valor tiene una medida correspondiente de incertidumbre que representa cuan creíble es el valor particular de un parámetro.

Las reglas en el sistema están representadas dentro del gráfico por las interconexiones entre los varios nodos. Este conocimiento es utilizado por el proceso de inferencia para propagar resultados a través de la red.



Nótese que todas las interconexiones entre los varios nodos de la red de inferencia son conocidas previa a la ejecución del sistema. Esto trae como consecuencia la minimización del proceso de búsqueda de hechos que se identifiquen con las premisas. Adicionalmente, simplifican la implementación del mecanismo de inferencia y el manejo de las facilidades de explicación.

Las redes de inferencia son muy útiles para dominios donde el número de diferentes soluciones alternativas es limitado. Por ejemplo, la clasificación de elementos en las ciencias naturales y problemas de diagnóstico. Una red de inferencia es fácil de implementar, pero es menos poderosa ya que se debe conocer de antemano todas las relaciones entre reglas y hechos.