

Sistemas basados en conocimiento

Constantino Malagón Luque

February 17, 2003

Abstract

Este artículo trata sobre los Sistemas basados en conocimiento desde la Ciencia Cognitiva

1 Ingeniería del conocimiento

Podemos definir la Ingeniería del conocimiento como la rama de la Inteligencia Artificial que se ocupa del estudio de la adquisición del conocimiento, su representación y la generación de inferencias sobre ese conocimiento para realizar una tarea concreta.

La adquisición del conocimiento se puede en principio realizar de dos maneras:

1. Extrayendo los conocimientos de un experto humano para organizarlos y modelizarlos conceptualmente, en un proceso llamado Educación de conocimientos. Esto constituye el núcleo del desarrollo de los sistemas expertos, en lo que se ha dado en llamar IA clásica o simbólica (porque supone que un sistema cognitivo cualquiera va a tratar la información como símbolos que puede manejar) o también llamado **soft computing** porque sólo se hace referencia al software del sistema y no al hardware para representar ese conocimiento.
2. Por medio de un proceso de generalización y aprendizaje a partir de unos patrones de entrada iniciales. Esto forma parte de la adquisición de conocimientos en las redes neuronales, o IA conexionista, o más recientemente la neurocomputación. Se le introducen datos a un sistema de cálculo matemático llamado red neuronal artificial, y se hace que ésta aprenda para construir ella misma su base de conocimientos mediante un proceso de aprendizaje. Esta visión en la que se intenta emular el comportamiento de las neuronas biológicas se conoce como **conexionismo** o también como **hard computing** porque sólo piensa que no tanto el software del sistema como el hardware es necesario e influyente para la representación de ese conocimiento.

La representación del conocimiento, es decir, representar el conocimiento adquirido de forma que sea procesable por una máquina. En el caso de sistemas expertos ésto se realiza mediante lenguajes formales, como el LISP o el PROLOG, u otros medios que comentaré más adelante.

La generación de inferencias o el proceso de razonamiento a partir de esos datos adquiridos.

2 El nivel de conocimiento de Allen Newell

Newell introdujo en 1981 una clasificación de los distintos niveles de computación muy explicativa del proceso del conocimiento. El objetivo de Newell era primero razonar acerca de la naturaleza del conocimiento, y proponer luego la existencia de un nivel específico del conocimiento cuyas entidades básicas son las creencias, objetivos, planes e intenciones y el principio de racionalidad que conecta causalmente las intenciones con las acciones.

En el primer punto Newell distingue entre el conocimiento y su representación, dotándoles de entidades diferenciadas. Y así distingue tres niveles, que empezando por el superior son:

1. **Nivel de conocimiento.** El **medio** o los objetos que maneja es el conocimiento, y éste es el nuevo nivel introducido por Newell. Los **componentes** o procesos primitivos básicos a partir de los cuales se pueden construir todos los demás son las metas, creencias, acciones ,intenciones, procedimientos de inferencia y racionalidad, y los **operadores** son los que usa el lenguaje natural.

El nivel de conocimiento posee un carácter abstracto, genérico e independiente de los lenguajes usados para representar el conocimiento (lógica, reglas, marcos o redes semánticas) y para usarlo (inducción y deducción).

2. **Nivel simbólico**, cuyo medio son los símbolos con los que representaremos el conocimiento (y ésta es la hipótesis fundamental de IA clásica, todavía no demostrada en los casos reales como pueden ser los humanos y animales). Ésto lo hará un programador (**sistema** por medio de un lenguaje de alto nivel, como puede ser PROLOG.
3. **Nivel de implementación o físico**, cuyo medio son los 0 y 1, los componentes son los registros, ALUs y los distintos componentes del sistema físico, y el sistema será el procesador, memoria,...

Las transiciones entre los niveles de conocimiento y simbólico se pueden describir así:

- El paso del nivel de conocimiento al nivel simbólico lo llamaremos **reducción** o representación.
- El paso del nivel simbólico al nivel de conocimiento lo llamaremos **recuperación** o interpretación.

Las transiciones entre todos los niveles dependen del enfoque (simbólico o conexionista) que consideremos, pues en el enfoque conexionista la transición entre los niveles de conocimiento y de implementación se realiza directamente, sin pasar por el nivel simbólico, pues la representación se encuentra distribuida entre cada uno de los nodos de la red neuronal, y se realiza mediante el entrenamiento de la red. La transición entre los niveles simbólico y de implementación o físico en el enfoque simbólico lo realiza el compilador.

2.1 El agente observador y los dos dominios de descripción

Introduciremos un agente observador externo que describa las funcionalidades del sistema, lo que nos lleva a distinguir entre dos dominios: uno es el **dominio propio** o **DP** que engloba a los niveles simbólico y físico, que usan lenguajes formales y ceros y unos (o puertas lógicas) para la representación, y otro es el **dominio del observador** o **DO** que comprende el nivel de conocimiento y que usa el lenguaje natural para describir y dotar de significado a los procesos del DP. Lo que tratamos es de reducir el DO al DP, trasladando el conocimiento en lenguaje natural a lenguajes formales del nivel simbólico. La diferencia básica entre estos dos dominios es que mientras en el DP tenemos relaciones causales no ocurre lo mismo en el DO.

3 Sistemas basados en el conocimiento

El componente principal de un sistema basado en conocimiento (en adelante, SBC) es su **base de conocimientos**, o **BC**. En realidad sólo es un conjunto de representaciones de ciertos hechos acerca del mundo. A cada una de estas representaciones se le denomina **oración**. Las oraciones se representan en un lenguaje llamado **lenguaje para la representación del conocimiento**, que puede ser un lenguaje natural (como el que usamos nosotros) o un lenguaje formal (por ejemplo un lenguaje de programación). Sobre esta base de conocimientos podría hacer varias acciones, como tratarla para llegar a una conclusión (proceso llamado inferencia) o incluso modificarla (aprendizaje) para adaptarla a otros planteamientos.

Esquemáticamente se pueden describir las acciones que puede realizar un SBC de la siguiente forma:

1. El SBC informa a la BC lo que percibe.
2. Se le pregunta a la BC cuál es la acción que debe emprender. Esta puede estar decidida por un conjunto de reglas preestablecidas, o necesitar de un proceso de inferencia para llegar a la decisión.
3. El agente realiza la acción que haya decidido de acuerdo a ese proceso de inferencia.
4. Aprender y posiblemente modificar su BC de acuerdo a lo realizado y a si se ha conseguido el objetivo perseguido o no.

Estas acciones se corresponden con las siguientes funciones cognitivas:

1. **Percepción**, o cómo es la entrada de información sensorial del mundo que nos rodea.
2. **Conocimiento**, o cómo representamos esa información proveniente de los sentidos.
3. **Memoria**, o de qué forma almacenamos esa información en nuestro sistema cognitivo.
4. **Razonamiento**, o cómo tratamos esa información para realizar inferencias y llegar a conclusiones válidas.
5. **Búsqueda de soluciones**
6. **Acción**, o cual va a ser la respuesta que se va a dar en función quizá del proceso de inferencia realizado.
7. **Lenguaje natural**.
8. **Procesos de consciencia**, o cómo somos conscientes de que tratamos con información, de cómo realizar una metacognición de nuestro sistema cognitivo (si eso es posible) y de cómo puedo saber que yo soy yo y no la persona con la que estoy hablando.

Aquí trataremos de los procesos de representación del conocimiento (tanto desde el punto de vista simbólico como conexionista), de los procesos de razonamiento tanto formal como informal (o con incertidumbre), de los procesos de aprendizaje por último trataremos de la consecuencias filosóficas que esto plantea.

3.1 Representación del conocimiento

Lo que intentaremos explicar es cómo traducir o representar los estímulos percibidos (que al fin y al cabo es información sobre hechos del mundo que nos rodea -o ambiente-, en un *lenguaje de representación* que permita almacenarlo y recuperarlo en caso de necesitar esa información.

Podemos representar el conocimiento de varias formas:

- Simbólicamente podría ser a través de un lenguaje formal como la lógica de primer orden, o mediante otros mecanismos como las reglas de producción, las redes semánticas o los marcos (frames) de Marvin Minsky.
- Si partimos del enfoque conexionista el conocimiento, como ya hemos dicho, está representada en cada una de los nodos de la red neuronal, que lo adquirió en el proceso de entrenamiento presentándole un cierto patrón de entrada, y si es aprendizaje supervisado la salida deseada.

4 Construcción de una base de conocimientos mediante la lógica formal

En principio, un lenguaje de representación del conocimiento consta de dos aspectos básicos:

- **Sintáxis**, que explica cómo es la forma en que se construyen las oraciones como combinación de estructuras más sencillas (por ejemplo las palabras en un lenguaje natural). Así podemos decir que la oración *Un bueno será jefe justo* está sintácticamente mal construida, debido a los signos o elementos de esta oración están mal ordenados.
- **Semántica**, que explica la correspondencia entre los elementos o signos que componen un lenguaje y los objetos que representan. Por ejemplo podemos decir que la palabra juez designa a una persona que imparte justicia.

Podríamos hacer una analogía entre forma y contenido respectivamente. Y a partir de aquí podemos definir el concepto de **inferencia** como el proceso que lleva de unas premisas a una conclusión, y que en principio puede ser válida o no. Pero, ¿qué entendemos por validez, o por una oración *válida*? Se dice que una oración es válida si y sólo si es verdadera en todos y cada uno de los casos posibles, independientemente del objeto que representen. Así también se suele hablar de *validez formal* o de que un razonamiento es *formalmente válido* cuando dadas unas premisa *necesariamente* se obtiene una conclusión concreta. A éstas oraciones que son necesariamente verdaderas se les conoce con el nombre de **tautologías**. Por ejemplo, si decimos que *Todos los perros ladran* y que *Pipo es un perro*, de esto podré concluir que *Pipo ladra*.

A su vez, un razonamiento puede ser **deductivo**, si la información contenida en la conclusión no aporta ningún conocimiento que no se pueda deducir de forma inmediata de las premisas (como es el caso anterior) o **inductivo** cuando de la información contenida en las premisas no se infiere de forma inmediata la conclusión, como por ejemplo de *Mercurio gira en una órbita elíptica*, *Venus gira en una órbita elíptica*, *la Tierra gira en una órbita elíptica* podemos inferir que *Plutón gira en una órbita elíptica*, pero eso no es necesariamente verdadero. A lo sumo será verdadero con una cierta probabilidad o **plausibilidad**, y así llamaremos a estos razonamientos *razonamientos probabilísticos* o *plausibles*. Éstos razonamientos son los que se usan en ciencia y los que aportan de verdad conocimiento.

Por último, llamaremos **modelo** a un mundo en el que una oración es verdadera bajo una determinada interpretación. Y así, habrá oraciones que serán verdaderas en un determinado modelo y otras que no.

Por lo tanto disponemos de un lenguaje formal, que será independiente del modelo en el que se sitúe, y que nos permitirá representar todos los elementos u objetos de un modelo (o mundo) mediante *signos* de forma no ambigua, un conjunto de reglas (*reglas de formación*) para manipular esos signos y efectuar inferencias para llegar a conclusiones y un conjunto de *reglas de transformación*

que permitirá transformar una combinación bien construida en otra igualmente bien construida. Estos elementos constituyen lo que se denomina **lógica**, y que equivaldría al concepto matemático de *Cálculo*.

Podemos distinguir dos tipos dentro de lo que se llama **lógica clásica** (aquella que la conclusión, si es verdadera lo es con certeza, es decir, sin ningún grado de probabilidad, mientras que hay otros tipos de lógicas no clásicas, como puede ser la lógica difusa -o *Fuzzy Logic* en el que una conclusión sólo es verdadera con un cierto grado de certeza):

- **Lógica propositiva** o **lógica de enunciados** cuando los signos que manejamos son proposiciones completas (por ejemplo, *a* podría significar *el perro de Juan es negro*, y usaremos símbolos llamados **conectores** para hacer oraciones más complejas, como por ejemplo *el perro de Juan es negro y no lleva correa*.
- **Lógica de predicados de primer orden**, en el que manejamos objetos y predicados sobre objetos, así como *propiedades* (hermano de, padre de), *cuantificadores* (algunos, todos, ningún) y *conectivos*.
- **Lógica de predicados de orden superior** en el que podemos hacer inferencias sobre la lógica, es decir, tener un conocimiento que podríamos llamar metalógico.
- **Lógicas multivaluadas**, en las que tratamos con varios valores de verdad, como por ejemplo las trivaluadas de Kleen y de Lukasiewicz donde se introduce el valor $1/2$ para las proposiciones cuyo valor de verdad es indeterminado (por ejemplo las proposiciones futuras).

Éstas serán las herramientas de que dispondremos para representar el conocimiento. Así que vamos a ver cómo construir una base de conocimientos en base al lenguaje utilizado para representar los conceptos. En principio elegiremos la lógica de predicados como un buen lenguaje para hacerlo.