

Inteligencia Artificial

Es la parte de la Ciencia que se ocupa del diseño de sistemas de computación inteligentes

¿Qué es un Sistema Experto?

Son máquinas que piensan y razonan como un experto lo haría en una cierta especialidad o campo.

No sólo realiza las funciones tradicionales de manejar grandes cantidades de datos, sino que también manipula esos datos de forma tal que el resultado sea inteligible y tenga significado.

Aunque la anterior es todavía una definición razonable de un sistema experto, han surgido desde entonces otras y puede definirse como un sistema informático (hardware y software) que simula a los expertos humanos en un área de especialización dada.

Debería ser capaz de procesar y memorizar información, aprender y razonar en situaciones deterministas e inciertas, comunicar con los hombres y/u otros sistemas expertos, tomar decisiones apropiadas, y explicar por qué se han tomado tales decisiones.

¿Por Que los Sistemas Expertos?

Las principales razones son:

1. Con la ayuda de un sistema experto, personal con poca experiencia puede resolver problemas que requieren un conocimiento de experto.
2. El conocimiento de varios expertos humanos puede combinarse, lo que da lugar a sistemas expertos más fiables.
3. Pueden responder a preguntas y resolver problemas mucho más rápidamente que un experto humano.
4. Suministran respuestas rápidas y fiables en situaciones en las que los expertos humanos no pueden.
5. Pueden ser utilizados para realizar operaciones monótonas, aburridas e incómodas para los humanos.
6. Se pueden obtener enormes ahorros mediante el uso de sistemas expertos.

Componentes de un Sistema Experto

1. **La Componente Humana.**
2. **La Base de Conocimiento**
3. **Subsistema de Adquisición de Conocimiento:** Controla el flujo del nuevo conocimiento que fluye del experto humano a la base de datos
4. **Control de la Coherencia:** Controla la consistencia de la base de datos y evita que unidades de conocimiento inconsistentes entren en la misma. También comprueba e informa a los expertos de las inconsistencias
5. **El Motor de Inferencia:** Corazón de todo sistema experto. El cometido es sacar conclusiones aplicando el conocimiento a los datos.
 - a. Las conclusiones del motor de inferencia pueden estar basadas en conocimiento determinista o conocimiento probabilístico.
 - b. Los sistemas expertos basados en probabilidad, la propagación de incertidumbre es la tarea principal del motor de inferencia.
6. **El Subsistema de Adquisición de Conocimiento:** Obtener el conocimiento necesario y continuar con el proceso de inferencia hasta que se hayan sacado conclusiones.

7. **El Subsistema de Ejecución de Órdenes:** Componente que permite al sistema experto iniciar acciones basadas en las conclusiones sacadas por el motor de inferencia.
8. **El Subsistema de Explicación:** Explica el proceso seguido por el motor de inferencia o por el subsistema de ejecución.
9. **El Subsistema de Aprendizaje:** Habilidad para obtener experiencia a partir de los datos disponibles.

Sistemas Basados en Reglas

Base del conocimiento

Intervienen dos elementos, la base del conocimiento y los datos. En situaciones deterministas, las relaciones entre un conjunto de objetos pueden ser representadas mediante un conjunto de reglas.

- Los datos están formados por la evidencia o los hechos conocidos en una situación particular.
- El conocimiento consiste en un conjunto de objetos y un conjunto de reglas que gobiernan las relaciones entre esos objetos.
- La información almacenada en la base de conocimiento es permanente y estática.

Restricciones

1. No permitir en la premisa el operador lógico o, y
2. Limitar las conclusiones a expresiones lógicas simples.

Sustitución de reglas

Reglas mucho más generales pueden ser reemplazadas por conjuntos de reglas.

El Motor de Inferencia

El motor de inferencia usa datos y conocimiento para obtener nuevas conclusiones o hechos. Las conclusiones pueden clasificarse en dos tipos: simples (proceden de una regla) y compuestas (proceden de más reglas).

Reglas de inferencia

1. Modus Ponens
2. Modus Tollens
3. Resolución

Estrategias de inferencia

1. Encadenamiento de reglas
2. Encadenamiento de reglas orientado a un objetivo
3. Compilación de reglas

Las dos primeras reglas de inferencia se usan para obtener conclusiones simples y el resto de reglas y estrategias para obtener conclusiones compuestas.

Las conclusiones compuestas se obtienen a través del **mecanismo de resolución** que tiene estas etapas:

1. Las Reglas son sustituidas por expresiones lógicas equivalentes.
2. Estas expresiones lógicas se combinan en otra expresión lógica.
3. Esta última expresión se utiliza para obtener la conclusión.

Aprendizaje automático

Se refiere a un amplio espectro de situaciones en las cuales el aprendiz incrementa su conocimiento o sus habilidades para cumplir una tarea.

Un agente autónomo debe tener la capacidad de realizar una misma tarea de varias maneras, si es posible, y dependiendo de las circunstancias.

En el campo del aprendizaje automático, el objetivo del aprendizaje supervisado es usar las características de un objeto para identificar a qué clase (o grupo) pertenece. Un **clasificador lineal** logra esto tomando una decisión de clasificación basada en el valor de una combinación lineal de sus características.

Un objetivo es el de construir sistemas (agentes) que sean capaces de adaptarse dinámicamente y sin un entrenamiento previo a situaciones nuevas y aprender como resultado de resolver el problema (o problemas) que estas situaciones presentan.

Aprendizaje = Selección + Adaptación

El aprendizaje automático consta de dos fases:

1. El sistema selecciona las características más relevantes de un objeto (o un evento), las compara con otras conocidas a través de algún proceso de cotejamiento (Pattern Matching).
2. Cuando las diferencias son significativas adapta su modelo de aquel objeto según el resultado del cotejamiento.

Tipos de aprendizaje automático

- **Deductivo:** Se realiza mediante una secuencia de inferencias deductivas usando hechos o reglas conocidos.
- **Analítico:** Se intentan formular generalizaciones después de analizar algunas instancias en términos del conocimiento del sistema.
- **Analógico:** Intenta emular algunas de las capacidades humanas más sorprendentes:
 - Poder entender una situación por su parecido con situaciones anteriores conocidas.
 - Poder crear y entender metáforas o resolver un problema notando su posible semejanza.
- **Inductivo:** No conocen a priori los objetos con los que tratan o su cantidad. Trata problemas como inducir la descripción de un concepto a partir de una serie de ejemplos y contraejemplos del mismo.
- **Mediante descubrimiento:** Forma restringida mediante el agente adquiere conocimientos sin la ayuda de un profesor.
- **Algoritmos genéticos**
- **Conexionismo:** El sistema es una red de nodos interconectados, que tiene asociada una regla de propagación de valores, y cuyos arcos están etiquetados con pesos.
 - **El sistema aprende si adapta los pesos de las conexiones para dar con la salida correcta.**

Tipos de aprendizaje

- **Supervisado:** Los ejemplos proporcionados como entrada son necesarios para cumplir las metas del aprendizaje.

- Los datos de entrada se le presentan al supervisor y a la red de neuronal simultáneamente, el supervisor propone la salida deseada para ser comparada con la salida de la red neuronal artificial.
- **No supervisado:** Desarrollan nuevos conocimientos mediante el descubrimiento de regularidades en los datos (data-driven). No se dirigen por metas.
 - En este caso el vector de datos que describe el problema, se le presenta directamente a la red, pero ahora ya no hay un supervisor o maestro que guía el aprendizaje.
- **Mediante refuerzo:** A medio camino entre los dos anteriores. El aprendizaje viene de un profesor o por un entorno como indicador de que se ha resuelto el problema.

Medidas de actuación

- Generalidad
- Eficiencia
- Robustez
- Eficacia

Estrategias de aprendizaje

- Memorístico → *Rote learning* → Buena organización al almacenar información y acceso rápido.
- Por instrucción → *Direct instruction* → Cantidad de inferencia necesaria mayor,
 - Por imitación → *Learning by imitation*
 - Ostensivo → *Learning by being told*

Dependen de la calidad de las descripciones suministradas.

Redes neuronales

Definición

Sistema compuesto de muchos elementos simples de procesamiento los cuales operan en paralelo y cuya función es determinada por la estructura de la red y el peso de las conexiones, donde el procesamiento se realiza en cada uno de los nodos o elementos de cómputo.

Las redes neuronales artificiales (RNA) surgen como un intento para emular el funcionamiento de las neuronas de nuestro cerebro. En este sentido las RNA siguen una tendencia diferente a los enfoques clásicos de la inteligencia artificial que tratan de modelar la inteligencia humana buscando imitar los procesos de razonamiento que ocurren en nuestro cerebro.

Aprendizaje

Un proceso mediante el cual los parámetros libres de una red neuronal artificial son adaptados a través de un proceso de estimulación del ambiente en el cual está embebida la red. El tipo de aprendizaje está determinado por la forma como se cambian los parámetros en el proceso.

Neurona artificial

Recibe unas entradas de estímulo que pueden provenir del sistema sensorial externo o de otras neuronas con las cuales posee conexión. La información recibida por la neurona es modificada por un vector w de pesos sinápticos cuyo papel es el de emular la sinapsis existente entre las neuronas biológicas.

Los diferentes valores que recibe la neurona, modificados por los pesos sinápticos, los sumamos para producir lo que hemos denominado la entrada neta. Esta entrada neta es la que va a determinar si la neurona se activa o no.

La activación o no de la neurona depende de lo que llamaremos Función de Activación.

Por si sola posee una baja capacidad de procesamiento y su nivel de aplicabilidad es bajo, su verdadero potencial radica en la interconexión de las mismas, tal como sucede en el cerebro humano.

Niveles de una red neuronal artificial

1. **Entrada:** Conjunto de neuronas que recibe directamente la información.
2. **Oculto:** Corresponde a un conjunto de neuronas internas a la red y no tiene contacto directo con el exterior. Las neuronas de nivel oculto comparten el mismo tipo de información.
3. **Salida:** Conjunto de neuronas que transfieren la información que la red ha procesado hacia el exterior.

En función del número de capas se pueden clasificar como **monocapa o multicapa** y en función de la forma que fluye la información **FeedForward y Recurrentes**.

En la FeedForward la información fluye en un único sentido y en las recurrentes no tiene porqué ser así puesto que puede realimentarse hacia capas anteriores.

Capa

Conjunto de neuronas artificiales que recibe simultáneamente el mismo tipo de información.

Redes monocapa

Solo disponemos de una capa de procesamiento, de ahí su nombre arquitectura monocapa. Observemos que hay conectividad total entre el nivel de entrada y la capa de salida, pues todas las neuronas de entrada están conectadas con todas las neuronas de salida, por ejemplo, la neurona de entrada i -ésima se conecta a las m neuronas de salida.

Redes multicapa

La red tiene un nivel de entrada con n neuronas y una capa de salida de m neuronas; cuyo comportamiento es similar al que describimos en la red monocapa. La diferencia sustancial, es que incluimos una nueva capa intermedia entre la entrada y la salida, a esta capa la denominaremos Capa Oculta, que está conformada por h neuronas.

Perceptron

Primer modelo de RNA presentado a la comunidad científica. En referente a su estructura en su entrada posee varias neuronas lineales que se encargan de recibir el estímulo externo de la red y a la salida presenta una única capa de neuronas, con función de activación binaria o bipolar lo cual trae como consecuencia que la salida de cada neurona esté entre dos posibles valores.

Es una red monocapa con conectividad total. La función de activación es de tipo escalón binario o bipolar.

La principal limitación es la incapacidad para separar regiones que no sean linealmente separables.

Adaline

Es similar al Perceptron pero en vez de tener una función de activación binaria o bipolar posee una función de activación lineal.

Puede tener más de una neurona en su capa de procesamiento, dando origen a un sistema con N entradas y M salidas.

Utiliza el **Algoritmo de Gradiente Descendiente**: Partiendo desde un punto aleatorio en la superficie de error, buscaremos un punto donde el error sea mínimo, siguiendo una trayectoria descendente.

Lógica difusa

Se usan etiquetas lingüísticas para representar una distribución de posibilidad sobre estos valores.

Todo conjunto difuso está representado por una función característica μ_A que define la pertenencia de un elemento al conjunto. A través de ésta se puede definir la función de posibilidad de los valores de X al conjunto A.

Dependiendo de la distribución de posibilidad, cada valor de la variable es, respecto a la etiqueta:

- Cierto
- imposible (falso)
- posible hasta cierto punto

Los hechos difusos se representan siguiendo el esquema:

$$[X \text{ es } A]$$

que define un conjunto difuso sobre U donde:

- X es una variable sobre el dominio U.
- A es un término lingüístico aplicable a X que restringe sus valores.

Cada variable tiene un dominio y un conjunto de etiquetas.

Cada etiqueta tiene una función característica definida sobre su dominio.

Las conectivas lógicas difusas (operaciones con conjuntos difusos) se definen como funciones continuas en el intervalo $[0, 1]$ que generalizan las conectivas clásicas:

- Intersección de conjuntos $\equiv P \wedge Q \equiv T\text{-norma } (P, Q)$
 1. Conmutativa, $T(a, b) = T(b, a)$
 2. Asociativa, $T(a, T(b, c)) = T(T(a, b), c)$
 3. $T(0, a) = 0$
 4. $T(1, a) = a$
 5. Es una función creciente
- Unión de conjuntos $\equiv P \vee Q \equiv T\text{-conorma } (P, Q)$
 1. Conmutativa
 2. Asociativa

3. Neutro
4. $S(1,a)=1$
- Complemento de un conjunto $\equiv \neg P \equiv$ Función de negación (P)
 1. $N(N(a)) = a$

Tareas diseño Sistemas Fuzzy

1. Identificar las variables del dominio:
 - a. Variables" de estado": describen las entradas del sistema
 - b. Variables" de control": describen las salidas del sistema
2. Identificar los términos lingüísticos vinculados a cada variable y sus respectivas definiciones:
 - Definir las" particiones difusas" de cada variable (etiquetas lingüísticas).
 - Definir las funciones grado de verdad asociadas a cada etiqueta.

¿Cuáles son las dimensiones que se precisan en un algoritmo de aprendizaje automático supervisado?

1. **Modelo** que usamos en el aprendizaje => Se obtiene a partir de los casos positivos y negativos.
2. **Función de pérdida** => Permite calcular la diferencia entre la salida deseada, y nuestra aproximación. Se calcula como la suma de pérdidas de instancias individuales.
3. **Procedimiento de optimización** => Proporciona el argumento que minimiza el error total (en regresión fundamentalmente)

¿Qué diferencia hay entre los problemas de clasificación y de regresión en Aprendizaje Automático Supervisado?

La diferencia está en el rango de la función; en los problemas de clasificación tenemos una función booleana; mientras que en el caso de la regresión tenemos una imagen numérica (real, float, double, ...)

¿Qué queremos conseguir cuando buscamos una regla de asociación?

Intentamos buscar **propiedades que nos permitan predecir la solución** a un problema de clasificación con la mayor probabilidad posible.

Diferencia entre datos y conocimiento

El conocimiento se refiere a afirmaciones de validez general tales como reglas, distribuciones de probabilidad, etc. Los datos se refieren a la información relacionada con una aplicación particular.

Mientras el conocimiento es permanente, los datos son efímeros. El conocimiento se almacena en la base de conocimiento y los datos se almacenan en la memoria de trabajo.

Diferencia entre aprendizaje estructural y paramétrico

Por aprendizaje estructural nos referimos a algunos aspectos relacionados con la estructura del conocimiento mientras que por aprendizaje paramétrico nos referimos a estimar los parámetros necesarios para construir la base de conocimiento.

¿Cuál es el principal objetivo de los Sistemas de Razonamiento Basados en Conocimiento?

Para cumplir estas características necesitamos al menos los siguientes elementos en un SBC:

- Un subsistema de almacenamiento del conocimiento
- Un subsistema de uso e interpretación del conocimiento
- Un subsistema de almacenamiento del estado del problema
- Un subsistema de justificación e inspección de las soluciones
- Un interfaz de comunicación con el entorno y/o el usuario
- Adicionalmente se puede incorporar capacidad de aprendizaje mediante observación del entorno, que daría lugar a la necesidad de un subsistema de aprendizaje.

Los tres primeros subsistemas se pueden agrupar en el **subsistema de razonamiento**, que será el **encargado de construir la solución del problema**. *El conocimiento y la forma en la que funcionan estos subsistemas dependen bastante de las técnicas que se usen para la representación del conocimiento y la resolución de problemas*. Nosotros nos centraremos en dos tipos:

- Sistemas basados en reglas de producción (Rule Based Reasoning)
- Sistemas basados en casos (Case Based Reasoning)

¿Qué es un caso en el contexto en que nos movemos?

El Razonamiento Basado en Casos, no es más que otro paradigma de resolución de problemas, pero son precisamente las diferencias con el resto de los acercamientos de la inteligencia artificial las que lo hacen tan especial. En lugar de confiar únicamente en el conocimiento general del dominio del problema, o realizar asociaciones a lo largo de relaciones entre descripciones del problema y conclusiones, este paradigma es capaz de utilizar conocimiento específico de experiencias previas, es decir, **situaciones de un problema concreto (casos)**. Un problema nuevo (al decir nuevo nos referimos a nunca antes tratado) es resuelto *cuando se encuentra un caso pasado similar y se reutiliza en la situación del problema nuevo*. Teniendo en cuenta esto podemos definir el Razonamiento Basado en Casos como: **Un método para resolver un problema nuevo recordando una situación similar previa y reutilizando su información y conocimiento**.

Un caso puede definirse como: una pieza contextualizada de conocimiento que representa una experiencia que enseña una lección fundamental para alcanzar los objetivos del razonador

¿De qué partes se compone un caso?

- Descripción del problema
- Descripción de la solución
- Resultado, si admitimos que el sistema se pueda equivocar (opcional)

Representación del conocimiento

Diferencia entre información y conocimiento

Información es el conjunto de datos básicos, sin interpretar, que se obtienen como entrada del sistema. Estos datos no nos dicen nada si no los asociamos a su significado en el problema.

El conocimiento es el conjunto de datos de primer orden, que modelan de forma estructurada la experiencia que se tiene sobre un cierto dominio o que surgen de interpretar los datos básicos.

El conocimiento es la combinación entre la información y la forma en la que se debe interpretar.

Representación

Para representar el conocimiento hablaremos de esquema de representación que puede ser descrito como una combinación de:

Parte estática → Estructuras de datos que codifican el problema en curso.

Parte dinámica → Estructuras de datos que almacenan conocimiento referente al entorno en el que se desarrolla el problema y procedimientos que manipulan las estructuras de forma consistente.

Partes estáticas

- Estructura de datos.
- Operaciones que permiten crear, modificar y destruir elementos.
- Función que establezca una relación entre los elementos de la realidad y los elementos de la representación.

Partes dinámicas

- Estructuras de datos que almacenan conocimiento referente al entorno/dominio
- Procedimientos:
 - Interpretar los datos del problema.
 - Controlar el uso de los datos
 - Adquirir nuevo conocimiento → Por observación del mundo real o como deducción a partir de la manipulación del conocimiento.

La representación siempre es incompleta debido a:

- Modificaciones
- Volumen
- Complejidad

El problema de la codificación del mundo está ligado a los procedimientos de adquisición y mantenimiento de la representación.

Los problemas de volumen y complejidad de la realidad están relacionados con la granularidad de la representación.

Propiedades del esquema

Ligadas a la representación

- **Adecuación Representacional** → Representar todas las clases de conocimiento.
- **Adecuación Inferencial** → Manipular estructuras de representación con el fin de generar nuevas.

Ligadas al uso de la representación

- **Eficiencia Inferencial**→ Capacidad del sistema para incorporar conocimiento adicional a la estructura de representación.
- **Eficiencia en la Adquisición**→ Capacidad de incorporar fácilmente nueva información.

Nota: No existe un esquema de representación que sea óptimo en todas estas características a la vez.

Tipos de conocimiento

Declarativo → *No impone un mecanismo específico de razonamiento.*

- Mecanismos de tipo general, los tipos son:
 - **Conocimiento relacional**→ Indica como diferentes conceptos se relacionan entre si y las propiedades que se pueden obtener a través de esas relaciones
 - **Conocimiento heredable**→ Establece las relaciones estructurales entre conceptos. Este conocimiento pretende representar definiciones de conceptos aprovechando las relaciones estructurales entre ellos.
 - **Conocimiento inferible**→ Establece como se pueden derivar propiedades y hechos de otros mediante relaciones de deducción. Descrito mediante el lenguaje de la lógica.

Procedimental

Mecanismo de razonamiento ligado a la representación. Más eficiente. incluye la especificación de los procesos para su uso. También se incluyen en este conocimiento las denominadas reglas de producción.

Motor de inferencias

Tiene como propósito ejecutar la representación del problema descrita mediante la base de reglas y la base de hechos. Constará de dos elementos:

- **El intérprete de reglas**→ Deberá ser capaz de ejecutar las reglas.
- **La estrategia de control**→ Será el mecanismo que permitirá al motor de inferencia elegir la regla u objetivo que deberá resolver en primer lugar y se basará en lo que denominaremos **estrategia de resolución de conflictos**.

Criterios de elección de reglas

- La primera regla según el orden establecido en la base de conocimiento.
- La regla más/menos utilizada.
- La regla más específica/más general.
- La regla con la instanciación de hechos más prioritarios.
- La regla con la instanciación de hechos más antiguos/más nuevos.
- Ordenadamente en anchura/en profundidad
- Aleatorio.

Ninguno garantiza una solución.

Fases de Ciclo de ejecución

1. **Fase de detección**→ En esta fase el intérprete de reglas determinará todas las instanciaciones posibles entre los hechos u objetivos del problema y las reglas de la base de reglas.
2. **Fase de selección**→ Se elegirá la regla a utilizar utilizando una estrategia de resolución de conflictos.

3. **Fase de aplicación**→ El intérprete de reglas propagará las instanciaciones de las condiciones de la regla a la conclusión ejecutándola y cambiando el estado del problema.

Finaliza cuando:

- Se alcance el objetivo.
- No haya más reglas.
- Se han cubierto los objetivos surgidos durante la resolución del problema.

Tipos de razonamiento

- Guiado por los datos o razonamiento hacia adelante (forward chaining).
 - Son los hechos los que dirigen el ciclo de ejecución del motor de inferencias. Por lo tanto, cada vez que hacemos la fase de selección, buscamos todas aquellas reglas cuyas condiciones podamos hacer válidas con cualquier posible combinación de los hechos que tenemos en ese momento.
- Guiado por los objetivos o razonamiento hacia atrás (backward chaining).
 - Es el objetivo el que dirige el ciclo del motor de inferencias. En este caso lo que hacemos es mantener una lista de objetivos pendientes de demostrar que se inicializa con el objetivo del problema. En la fase de selección miramos si entre los hechos está el objetivo actual, si es así lo eliminamos y pasamos al objetivo siguiente. Si no es así, se seleccionan todas aquellas reglas que permitan obtener el objetivo como conclusión.

Representaciones estructurales(Métodos)

Redes semánticas

Formalismo de representación del conocimiento donde éste es representado como un grafo donde los nodos corresponden a conceptos y los arcos a relaciones entre conceptos.

Ha ido evolucionando desde su definición para permitir, por un lado, una formalización de su semántica y sus capacidades (a partir de lógica de predicados), y por otro, la definición de lenguajes y formalismos que permitan su uso computacional.

UML o diagramas de entidad relación son ejemplos de redes semánticas.

Frames

Permiten una definición detallada del comportamiento de los elementos que se definen. Existen:

- **Concepto(frame)**→ Es una colección de atributos (**slots**) que lo definen y estos tienen una serie de características y restricciones que establecen su semántica (**facets**).
- **Relación**→ Conecta conceptos entre sí y también tiene una serie de características que definen su comportamiento.

El mecanismo de razonamiento se basa en la denominada lógica de la descripción (**Description Logics**). Los mecanismos tienen:

- **Métodos**→ Procedimientos o funciones que pueden invocar los conceptos o las instancias.
- **Demons**→ Procedimientos reactivos que se ejecutan cuando se dan ciertas circunstancias en la representación.

La herencia es el principal mecanismo de razonamiento sobre valores y propiedades que se utiliza en los frames.

Un **slot** es un atributo que describe un concepto. Cada slot puede ir acompañado de modificadores (facets).

Una red semántica puede ser buena para establecer las definiciones en un diccionario mientras que en los frames cada nodo en la red semántica se considera un marco con slots o ranuras donde guardar sus atributos y también poseen herencia múltiple un ejemplo de un marco puede ser una silla la cual pertenece al conjunto mueble y puede tener una cantidad de patas determinadas.

¿Son equivalentes entre sí los diferentes métodos de representación de conocimiento?

Pon ejemplos que justifiquen tu respuesta

Se podría hallar una equivalencia entre ambos, ya que las clases, instancias y valores atributos propios de los marcos de referencia pueden ser iguales a los conceptos (nodos) en las redes semánticas. Asimismo, también podemos establecer una comparación entre atributos y las relaciones (arcos).

Redes bayesianas

Son un formalismo que permite la representación de las relaciones de independencia entre un conjunto de variables aleatorias. Una red bayesiana es un grafo dirigido **acíclico** que contiene información probabilística en sus nodos, indicando cual es la influencia que tienen sobre un nodo Xi sus padres en el grafo.

En cada uno de los nodos de la red aparece la distribución de probabilidad del nodo respecto a sus padres, es decir, como estos influyen la probabilidad del hijo.

Es una representación correcta de un dominio sólo si cada nodo es condicionalmente independiente de sus predecesores en orden, dados sus padres.

La información cuantitativa de una red bayesiana viene dada por:

- Probabilidad de los nodos que no tienen padres.
- Probabilidad condicionada de los nodos con padres.

La información circula en todos los sentidos permitiendo influencias abductivas como predictivas.

Definición formal de red bayesiana

Una red bayesiana es:

- Un conjunto de variables proposicionales, V.
- Un conjunto de relaciones binarias definida sobre las variables de V, E.
- Una distribución de probabilidad conjunta sobre las variables de V.
tales que:
 - (V, E) forman un grafo acíclico, conexo y dirigido G.
 - (G, P) cumplen las hipótesis de independencia condicional, también llamadas de separación direccional, que se enuncian a continuación.

Variables según su modelado

Variables objetivo

Se usan para modelar los objetos de interés, es decir, aquellos objetos sobre lo que nos gustaría razonar.

Variable proposicional

Es una variable aleatoria que toma un conjunto exhaustivo y excluyente de valores.

La denotaremos con letras mayúsculas, por ejemplo, X , y a un valor cualquiera de la variable con la misma letra en minúscula, x .

Variables de observación

Se usan para modelar las formas indirectas que tenemos de medir las variables objetivo. También se denominan variables de evidencia.

Variables factor

Se usan para modelar los fenómenos que afectan a las variables objetivo. Se pueden dividir en:

- **Promotores**→La variable afectada es más probable cuando están presentes.
- **Inhibidores**→La variable afectada es menos probable cuando están presentes.
- **Requeridos**→Si no entra en acción, no ocurre la variable afectada.
- **Preventivos**→Si entra en acción, no ocurre la variable afectada.
- **Auxiliares**→Usadas para simplificar el modelo

Variables según su escala de medición

- **Cualitativas**→Son las variables que expresan distintas cualidades, características o modalidad
- **Cuantitativas**→Son las variables que se expresan mediante cantidades numéricas. Pueden ser discretas o continuas.

Varias definiciones

Arco→Es un par ordenado (X, Y) .

Camino→Es una secuencia ordenada de nodos

Ciclo→Camino no dirigido que empieza y termina en el mismo nodo X .

Grafo acíclico→ Grafo que no contiene ciclos.

Padre→ X es un padre de Y si y sólo si existe un arco $X \rightarrow Y$

Dos variables X e Y son independientes si se tiene que $P(X/Y) = P(X)$.

Dos variables X e Y son independientes dado una tercera variable Z si se tiene que $P(X/Y,Z) = P(X/Y)$

Antepasado o ascendiente→ X es un antepasado o ascendiente de Z si y sólo si existe un camino dirigido de X a Z .

Hipótesis de independencia condicional

Para toda variable X de V se tiene que el conjunto de los padres directos de X , que denotaremos por $pa(X)$ separa condicionalmente a X de todo otro nodo Y de la red que no sea X , ni sus descendientes ni sus padres.

Comunicación

- **Comunicación entre hijos**→La comunicación entre los hijos está abierta, y se cierra al conocer el valor del padre común.
- La comunicación entre los nodos raíz y hoja está abierta, y se cierra al conocer el valor nodo intermedio.
- **Comunicación padre-hijo**→La comunicación está cerrada, y se abre al conocer el valor del hijo común

Sistemas basados en conocimiento

Es cualquier sistema incluyendo cualquier sistema en el que se utilice conocimiento independientemente de su procedencia y la metodología o arquitectura de diseño que se utilice.

Las aplicaciones pueden incluir la necesidad de adaptación y aprendizaje. Están pensados para la resolución de problemas complejos en los que las técnicas de software convencionales no son aplicables.

Características

- Flexibilidad.
- Emular un comportamiento racional.
- Operar en un entorno rico y con mucha información.
- Uso de información simbólica.
- Uso del lenguaje natural.
- Capacidad de aprender.

Restricciones

Se debe:

1. Separar el conocimiento y el control de la resolución→Ventajas:
 - a. Naturalidad para expresar el conocimiento.
 - b. Modularización del conocimiento.
 - c. Extensibilidad.
 - d. Modificabilidad.
 - e. Independencia.
2. Incorporar conocimiento heurístico→Conocimiento basado en el de un experto.
3. Permitir Interactividad a diferentes niveles→Necesitan interactuar con otros sistemas o con humanos.

Se necesita en estos sistemas

- Representación del conocimiento.
- Razonamiento e inferencia.
- Búsqueda y resolución de problemas.
- Interacción con el usuario.
- Aprendizaje

Necesidades de estos sistemas

- Poder disponer del conocimiento de expertos altamente cualificados
- Poder ayudar a otros expertos/no expertos
- Poder preservar el conocimiento de los expertos
- Poder combinar el conocimiento de varios expertos
- Poder disponer de sistemas que permitan dar soluciones rápidas y justificadas
- Poder tratar grandes volúmenes de información
- Poder disponer de sistemas que tomen decisiones autónomas

Problemas que se pueden resolver

- El problema ha de tener entidad suficiente
- El problema puede plantearse como un proceso de razonamiento simbólico.
- Para poder identificar sus elementos y hemos de poder formalizar tanto el conocimiento necesario, como los procedimientos de resolución.
- Si el problema tiene una solución algorítmica o matemática
- Si no hay expertos disponibles
- Si el problema no está bien dimensionado

Problemas de los SBC

- **Fragilidad**→Incapaces de dar respuesta si el problema está fuera de su ámbito.
- **Dificultades con el control del razonamiento**
- **Baja reusabilidad de las bases de conocimiento**
- **Es difícil integrar el aprendizaje**→Complejo integrar nuevo conocimiento.
- **Problemas en la adquisición del conocimiento**
- **Problemática de la validación**→Debido a inconsistencias en el sistema.

Arquitectura de los sistemas basados en casos

La resolución de un problema se realiza mediante el proceso de razonamiento generado por el ciclo de funcionamiento de un motor de inferencia.

Almacenamiento del conocimiento

Contiene el conocimiento necesario para resolver problemas en el dominio del SBC→**Base del conocimiento**

Tres tipos de conocimiento

- Factual
- Relacional
- Condicional

Los dos primeros integrados en ontología del dominio. El tercero está representado mediante reglas de producción.

Las reglas de producción nos permitirán representar:

- Conocimiento deductivo
- Conocimiento Sobre objetivos
- Conocimiento Causal

El conocimiento se divide en módulos.

Almacenamiento del estado del problema

Se le conoce como memoria de trabajo. Almacena datos iniciales del problema descritos mediante ontología del dominio y deducciones.

Justificación e inspección de las soluciones

Dos preguntas típicas que debería poder responder un SBC en cualquier punto de la resolución son:

- Porqué: Que objetivos globales se desean resolver.
- Cómo: Que cadena de razonamiento ha llevado a ese punto.

Dos niveles de explicación → **Muestra y Justificación**

Aprendizaje

- **Basado en explicaciones** → Se crean nuevas reglas de control para evitar pérdidas de tiempo en futuras resoluciones.
- **Inductivo** → Se basa en ejemplos de soluciones para construir una generalización con el fin de resolver problemas futuros de ese tipo.

Arquitectura de los sistemas basados en casos

Supone que la solución de un problema se puede obtener identificando una solución anterior similar y adaptándola a las características particulares del problema.

Ventajas

- Reducen en gran medida el proceso de explicitación y extracción del conocimiento.
- Mejoran la capacidad de mantenimiento del conocimiento
- Hacen más eficiente la resolución de problemas
- Es cercano a la experiencia de los usuarios

Ciclo de resolución

1. **Fase de recuperación** → Se identifican casos almacenados que tengan similitud.
2. **Fase de reuso** → Se escoge uno como solución inicial.
3. **Fase de revisión** → Se evalúa la solución y se adapta al caso particular. Puede necesitar un proceso de razonamiento.
4. **Fase de retención** → Evalúa si es útil guardar la información de la nueva solución.

Comunicación con el entorno y/o el usuario

Debería permitir:

- Introducir los datos del problema a resolver
- Preguntar sobre el estado interno →
 - Sobre la resolución.
 - Sobre suposiciones alternativas.
 - Sobre el estado de la memoria de trabajo.
- Preguntar al usuario

Ciclo de vida de un SBC

1. Análisis del problema
2. Especificación de requerimientos
3. Diseño preliminar
4. Prototipo inicial y evaluación

5. Diseño final
6. Implementación
7. Validación y verificación
8. Ajustes de diseño
9. Mantenimiento

Clasificación de los SBC

1. **Sistemas de Interpretación:** Infieren descripciones de situaciones a partir de observaciones.
2. **Sistemas de predicción:** Infieren consecuencias previsibles de situaciones o eventos.
3. **Sistemas de diagnóstico:** Infieren fallos a partir de síntomas.
4. **Sistemas de diseño:** Desarrollan configuraciones de objetos que satisfacen ciertas restricciones.
5. **Sistemas de planificación:** Generan secuencias de acciones que obtienen un objetivo.
6. **Sistemas de monitorización:** Estudian el comportamiento de un sistema en el tiempo y procuran que siga unas especificaciones.
7. **Sistemas de corrección:** Genera soluciones para fallos en un sistema.
8. **Sistemas de control:** Gobiernan el comportamiento de un sistema anticipando problemas, planeando soluciones.

Tipos de operaciones

- **Análisis**→Interpretan un sistema.
 - Identificación
 - Monitorización
 - Diagnóstico
 - Predicción
 - Control
- **Síntesis**→Construyen un sistema.
 - Especificación
 - Diseño
 - Ensamblaje

Sistemas basados en Reglas

Las reglas son fórmulas condicionales en los que puede haber cualquier número de átomos en el antecedente y solo uno en el consecuente. Mediante este formalismo podemos ser capaces de descubrir cómo solucionar el problema. Con ese mecanismo no explicitamos directamente el algoritmo a seguir para encontrar una solución, sino que se indican las condiciones que han de cumplir.

Esta forma de descubrir procedimientos se encadena dentro de los denominados lenguajes declarativos.

La mayoría de los formalismos de representación del conocimiento se fundamenta en la lógica.

La lógica es un lenguaje de representación que provee un lenguaje formal a través del cual podemos expresar sentencias que modelan la realidad.

Lógica de predicados

Amplía el vocabulario de la lógica proposicional añadiendo parámetros a los átomos y añade constantes, variables y funciones.

Mediante este lenguaje podemos expresar propiedades y relaciones entre objetos contantes de un dominio y establecen propiedades universales entre estos elementos.

Lógica proposicional

Es el lenguaje lógico más simple y nos permite definir relaciones entre frases declarativas atómicas. Tiene las siguientes conectivas:

- Conjunción (\wedge)
- Disyunción
- Negación
- Condicional (\rightarrow)

El conocimiento del dominio está expresado como una ontología del dominio y el conocimiento de resolución como un conjunto de reglas de producción.

Algoritmo PSO

Este algoritmo hace referencia al comportamiento de las partículas en la naturaleza. Trabaja con una población (denominada enjambre) de soluciones candidatas (llamadas partículas). Dichas partículas se desplazan a lo largo del espacio de búsqueda conforme reglas matemáticas.

El movimiento de cada partícula depende de ser mejor posición obtenida, así como la mejor posición global hallada en todo el espacio de búsqueda. Cuando se descubre una mejor posición, ésta pasa a orientar los movimientos de las partículas, proceso que se repite hasta encontrar una solución (o no).

Algoritmo ACO

Es una técnica probabilística para solucionar problemas computacionales en la búsqueda del mejor camino en un grafo. Se basa en el comportamiento de las hormigas cuando estas están buscando un camino entre la colonia y una fuente de comida.

Las hormigas dejan un rastro de feromonas que sirve como punto donde escoger la ruta, el conjunto de esos puntos se trata del camino más corto entre la colonia y la comida.

Siempre escogerán la ruta que tiene el camino más corto.

Diferencia entre ACO y PSO

El algoritmo ACO puede llegar a diferentes soluciones mientras que PSO a una única.

ACO y PSO en JASON

En ACO las hormigas se comunican entre sí indirectamente a través del entorno, depositando feromonas, moviéndose...

Las hormigas obtienen información a través de percepciones del entorno que se añaden como creencias a su base del conocimiento. Esto modifica su comportamiento.

En PSO se comunican los agentes entre ellos, no utilizan el entorno porque se perdería la utilidad de este algoritmo.

Algoritmos PRISM ID3 y 1 Rule

Sirven para clasificar la información y obtener resultados de ella con un nivel de error en función de lo que se esté analizando.

PRISM

Implementa el método divide y vencerás. La lista de decisión son conjuntos de reglas que se evalúan en orden. Esto facilita la evaluación, pero reduce la modularidad. El tener reglas que pueden ser evaluadas independientemente del orden permite que exista más de una predicción para un solo caso y dificulta el producir un único resultado.

ID3

Es un sistema de aprendizaje supervisado que construye árboles de decisión a partir de un conjunto de ejemplos con atributos definidos. Los atributos están limitados a un conjunto finito de valores que pueden tomar.