



Sistemas Basados en Reglas

Modelos de Inteligencia Artificial
Francisco Gallego Perona



Qué es un Sistema Basado en Reglas (SBR)

- Sistema de representación del conocimiento que se basa en la forma de proceder de los expertos.
- Interesantes en aquellos dominios en los que escasean los expertos: medicina, ingeniería, etc.
- Medio eficaz para difundir razonamientos escasos y específicos.
- Las estructuras de representación son declarativas

Conocimiento del dominio / Mecanismos de deducción usados

Conocimiento del dominio

- Conocimiento del dominio **factual**:

Es el conocimiento aceptado y consensuado.

- Conocimiento del dominio **heurístico**:

Menos riguroso y basado en la experiencia propia de cada experto o grupo de expertos.

Motor de inferencia

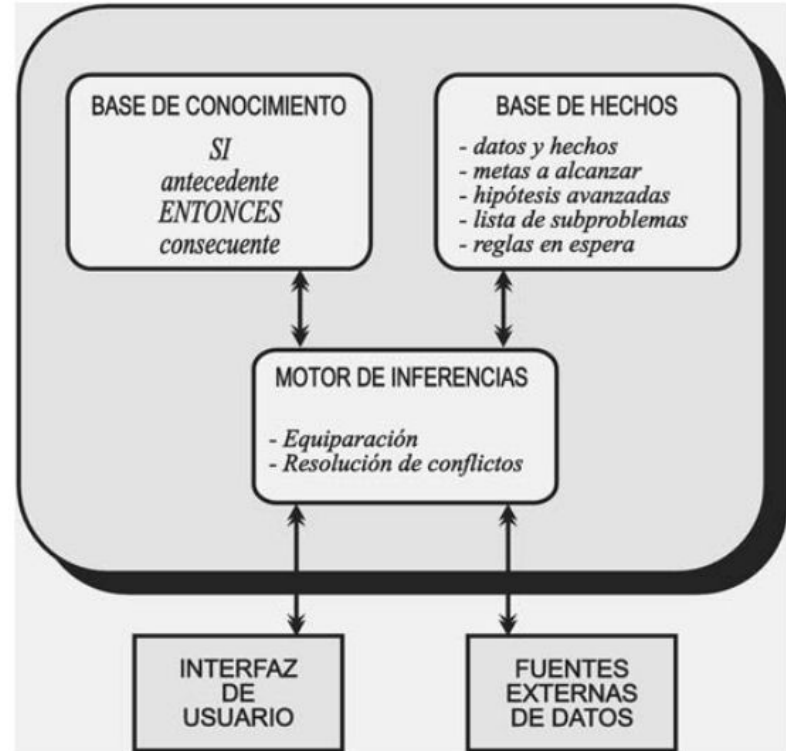
Se trata de los mecanismos de deducción utilizados en los SBR.

Los SBR son una aplicación de los sistemas de deducción en **lógica proposicional** o de primer orden.

Se usan reglas de **condición-acción** encadenadas.

Componentes de un SBR

- Base de Hechos
- Base de Conocimiento
- Motor de Inferencias



Base de Hechos (BH)

La BH contiene toda la información actual del problema a resolver.

- Datos
- Hechos
- Metas a alcanzar
- Hipótesis realizadas

En un SBR no se guarda más información de la que hay en la BH, que representa el **estado actual del problema** en curso.

Base de Conocimiento (BC)

Conjunto de reglas condición-acción.

Una regla consta de dos partes:

- Antecedente (condición)
- Consecuente (acción)

Condición → Acción

Base de Conocimiento (BC)

Condición → Acción

Ejemplos:

Coche no arranca → Revisar batería

El euro baja → Comprar euros

Podemos tener varias condiciones en la parte izquierda de la expresión.

Base de Conocimiento (BC)

Las reglas de la BC operan sobre los hechos de la BH.

La ejecución de una acción **puede cambiar el contenido de la BH.**

Envío urgente de paquete → Incremento de coste de envío en 10 euros

En este caso, al evaluar el envío urgente del paquete, se ha incrementado el coste en 10 euros, modificando un hecho dentro de la BH con el precio del envío.

Base de Conocimiento (BC)

Las reglas de la BC son similares a los If-Then de un lenguaje de programación.

La diferencia con un sistema de programación basada en procedimientos (al que estamos acostumbrados) es que:

- En programación basada en procedimientos se seleccionan los condicionales por orden de aparición en el código.
- En un SBR se tienen en cuenta varios factores para tomar la decisión y ésta se toma en tiempo de ejecución, usando un proceso llamado “resolución de conflictos”.

Motor de Inferencias (MI)

El MI sirve para examinar la BH y decidir qué reglas se deben disparar.

El esquema general de funcionamiento es el siguiente:

BH = HechosIniciales;

mientras NoVerificaCondiciónFinalización(BH) o NoSeEjecutaAcciónDeParada hacer

ConjuntoConflicto = Equiparar(BC, BH);

R = Resolver(ConjuntoConflicto);  Selección desinformada o informada

NuevosHechos = Aplicar(R, BH);

Actualizar(BH, NuevosHechos);

fin mientras

Coste computacional de un SBR

Coste computacional = Coste de control + Coste de aplicación de reglas

BH = HechosIniciales;

mientras NoVerificaCondiciónFinalización(BH) o NoSeEjecutaAcciónDeParada hacer

ConjuntoConflicto = Equiparar(BC, BH);

R = Resolver(ConjuntoConflicto);

Coste de control

NuevosHechos = Aplicar(R, BH);

Actualizar(BH, NuevosHechos);

Coste de aplicación de reglas

fin mientras

Inferencia

Hay dos algoritmos de inferencia distintos:

- **Encaminamiento hacia delante**
- **Encaminamiento hacia atrás**
- Modelo mixto

Encaminamiento hacia delante:

Colección de hechos → generar nuevos hechos aplicando reglas de la BC

Encaminamiento hacia atrás:

Conjunto de hipótesis → verificar las hipótesis usando la BH

Ejemplo de Inferencia

BC

Regla 1: $a \& b \rightarrow p$

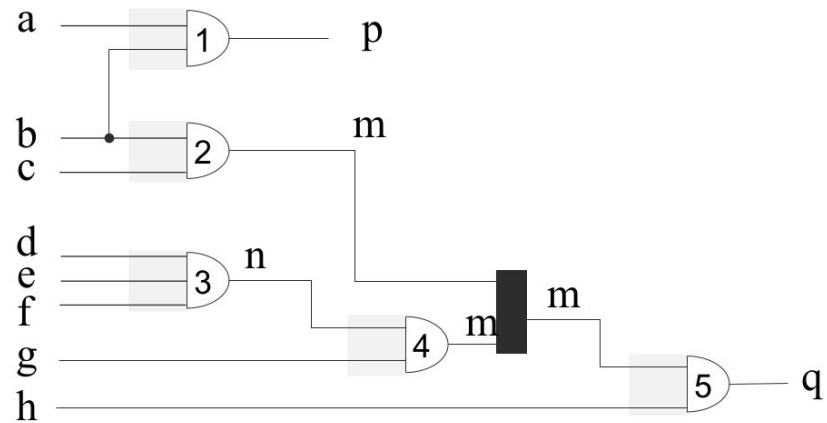
Regla 2: $b \& c \rightarrow m$

Regla 3: $d \& e \& f \rightarrow n$

Regla 4: $n \& g \rightarrow m$

Regla 5: $h \& m \rightarrow q$

Red de inferencia



Encaminamiento hacia delante

BH = HechosIniciales, ConjuntoConflicto = ExtraeCualquierRegla(BC);

mientras NoContenida(Meta,BH) y NoVacío(ConjuntoConflicto) **hacer**

ConjuntoConflicto = Equiparar(Antecedente(BC),BH);

si NoVacío(ConjuntoConflicto) **entonces**

R=Resolver(ConjuntoConflicto);

NuevosHechos = Aplicar(R,BH);

Actualizar(BH,NuevosHechos);

fin si

fin mientras

si Contenida(Meta,BH) **entonces**

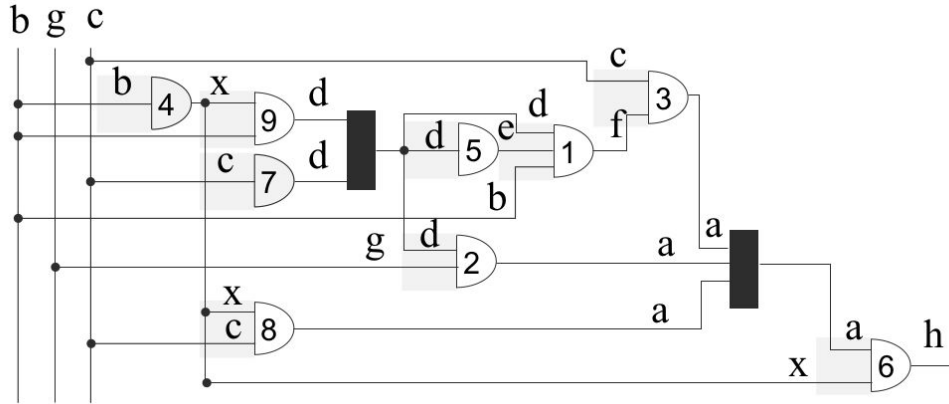
devolver "éxito";

fin si

Ejemplo de encaminamiento hacia adelante

BH: $\{b, c\}$

Meta a alcanzar: h



Regla 1: $b \& d \& e \rightarrow f$

Regla 2: $d \& g \rightarrow a$

Regla 3: $c \& f \rightarrow a$

Regla 4: $b \rightarrow x$

Regla 5: $d \rightarrow e$

Regla 6: $a \& x \rightarrow h$

Regla 7: $c \rightarrow d$

Regla 8: $x \& c \rightarrow a$

Regla 9: $x \& b \rightarrow d$

Ejemplo de encaminamiento hacia delante

Tenemos dos estrategias de **resolución de conflictos**:

- Elegir la regla de menor índice
- Elegir la regla con mayor número de cláusulas antecedentes

Ejemplo de encaminamiento hacia delante

Usando la regla de menor índice:

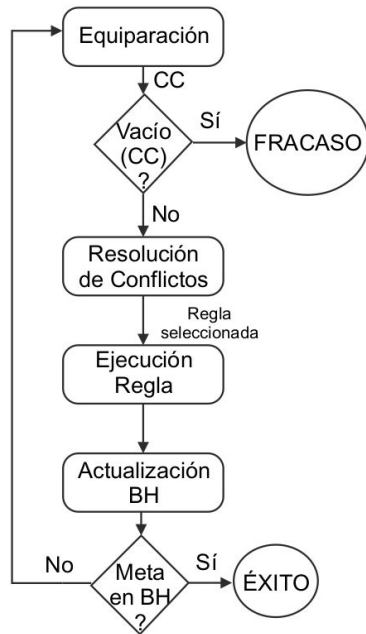
Ciclo	BH	Conjunto Conflicto	Resolución
1	$\{b, c\}$	$\{4, 7\}$	4
2	$\{x, b, c\}$	$\{7, 8, 9\}$	7
3	$\{d, x, b, c\}$	$\{5, 8, 9\}$	5
4	$\{e, d, x, b, c\}$	$\{1, 8, 9\}$	1
5	$\{f, e, d, x, b, c\}$	$\{3, 8, 9\}$	3
6	$\{a, f, e, d, x, b, c\}$	$\{6, 8, 9\}$	6

Ejemplo de encaminamiento hacia delante

Eligiendo la regla con mayor número de cláusulas antecedentes:

Ciclo	BH	Conjunto Conflicto	Resolución
1	$\{b, c\}$	$\{4, 7\}$	4
2	$\{x, b, c\}$	$\{7, 8, 9\}$	8
3	$\{a, x, b, c\}$	$\{6, 7, 9\}$	6

Ciclo de reconocimiento-acción



Todas las reglas para las cuales la equiparación ha tenido éxito son válidas → Entran en el conjunto conflicto.

Inconvenientes de encaminamiento hacia delante:

1. La fase de resolución de conflictos es **crítica**
2. Explosión combinatoria
3. Cargamos todas las afirmaciones en la BH, sin tener en cuenta si son útiles o no