

## ARQUITECTURA DE UN SISTEMA EXPERTO

### 1. La Componente Humana

Un sistema experto es generalmente el resultado de la colaboración de uno o varios expertos humanos especialistas en el tema de estudio y los ingenieros del conocimiento, con los usuarios en mente. Los expertos humanos suministran el conocimiento básico en el tema de interés, y los ingenieros del conocimiento trasladan este conocimiento a un lenguaje, que el sistema experto pueda entender. Esta etapa requiere una enorme dedicación y un gran esfuerzo debido a los diferentes lenguajes que hablan las distintas partes y a las diferentes experiencias que tienen.

Ejemplo: En un sistema experto para diagnóstico médico, los doctores especialistas en cardiología aportan el conocimiento sobre síntomas, enfermedades y tratamientos, mientras que los ingenieros en IA traducen esas reglas médicas al sistema.

### 2. La Base de Conocimiento

Los especialistas son responsables de suministrar a los ingenieros del conocimiento una base de conocimiento ordenada y estructurada, y un conjunto de relaciones bien definidas y explicadas. Esta forma estructurada de pensar requiere que los expertos humanos repiensen, reorganicen, y reestructuren la base de conocimiento y, como resultado, el especialista se convierte en un mejor conocedor de su propio campo de especialidad.

Pero hay que diferenciar entre datos y conocimiento, el conocimiento se refiere a afirmaciones de validez general tales como reglas, distribuciones de probabilidad, etc. y los datos se refieren a la información relacionada con una aplicación particular. Por ejemplo, en diagnóstico médico, los síntomas, las enfermedades y las relaciones entre ellos, forman parte del conocimiento, mientras los síntomas particulares de un paciente dado forman parte de los datos. Mientras el conocimiento es permanente, los datos son efímeros, es decir, no forman parte de la componente permanente de un sistema y son destruidos después de usarlos. El conocimiento se almacena en la base de conocimiento y los datos se almacenan en la memoria de trabajo. Todos los procedimientos de los diferentes sistemas y subsistemas que son de carácter transitorio se almacenan también en la memoria de trabajo.

Ejemplo: En un sistema experto veterinario, la base de conocimiento incluye reglas como:

“Si el animal presenta fiebre + vómito → posible infección viral.”

Estos son conocimientos permanentes, mientras que los síntomas de un perro en consulta serían datos temporales.

### 3. Subsistema de adquisición de Conocimiento

El subsistema de adquisición de conocimiento controla el flujo del nuevo conocimiento que fluye del experto humano a la base de datos. El sistema determina que nuevo conocimiento se necesita, o si el conocimiento recibido es en realidad nuevo, es decir, si debe incluirse en la base de datos y, en caso necesario, incorpora estos conocimientos a la misma.

Ejemplo: En un sistema experto agrícola, si se detecta una nueva plaga en cultivos de maíz, el sistema consulta al agrónomo y actualiza la base con la nueva relación “*plaga* → *tratamiento recomendado*”.

#### **4. Control de la Coherencia**

El subsistema de control de la coherencia ha aparecido en los sistemas expertos muy recientemente, pero es una componente esencial de un sistema experto. Este subsistema controla la consistencia de la base de datos y evita que unidades de conocimiento inconsistentes entren en la misma. Sin un subsistema de control de la coherencia, unidades de conocimiento contradictorio pueden formar parte de la base de conocimiento, dando lugar a un comportamiento insatisfactorio del sistema. Es también bastante común, especialmente en sistemas con mecanismos de propagación de incertidumbre, que se llegue a conclusiones absurdas o en conflicto como, por ello, el subsistema de control de la coherencia comprueba e informa a los expertos de las inconsistencias. Por otra parte, cuando se solicita información de los expertos humanos, este subsistema informa sobre las restricciones que esta debe cumplir para ser coherente con la existente en la base de conocimiento. De esta forma, ayuda a los expertos humanos a dar información fiable.

Ejemplo: En un sistema experto financiero, si en la base aparece una regla que dice “*si ingresos > gastos = quiebra*”, el subsistema de coherencia la detecta como contradictoria y la corrige antes de integrarla.

#### **5. El Motor de Inferencia**

El motor de inferencia es el corazón de todo sistema experto. El cometido principal de esta componente es el de sacar conclusiones aplicando el conocimiento a los datos. Por ejemplo, en diagnóstico médico, los síntomas de un paciente (datos) son analizados a la luz de los síntomas y las enfermedades y de sus relaciones (conocimiento). Las conclusiones del motor de inferencia pueden estar basadas en conocimiento determinista o conocimiento probabilístico. Como puede esperarse, el tratamiento de situaciones de incertidumbre (probabilísticas) puede ser considerablemente más difícil que el tratamiento de situaciones ciertas (deterministas).

En muchos casos, algunos hechos (datos) no se conocen con absoluta certeza. Por ejemplo, piénsese en un paciente que no está seguro de sus síntomas. En los sistemas expertos basados en probabilidad, la propagación de incertidumbre es la tarea principal del motor de inferencia, que permite sacar conclusiones bajo incertidumbre. Esta tarea es tan compleja que da lugar a que esta sea probablemente la componente más débil de casi todos los sistemas expertos existentes.

Ejemplo: En un sistema experto automotriz, el usuario reporta “*motor no arranca y luces débiles*”. El motor de inferencia aplica las reglas y concluye: “*Posible falla de batería*”.

#### **6. El Subsistema de adquisición de Conocimiento**

Si el conocimiento inicial es muy limitado y no se pueden sacar conclusiones, el motor de inferencia utiliza el subsistema de adquisición de conocimiento para obtener el conocimiento necesario y continuar con el proceso de inferencia hasta que se hayan sacado conclusiones. En algunos casos, el usuario puede suministrar la información requerida para este y otros objetivos. De ello resulta la necesidad de una interfase de usuario y de una comprobación de la consistencia de la información suministrada por el usuario antes de introducirla en la memoria de trabajo.

Ejemplo: En un sistema legal, si el motor no puede concluir si un contrato es válido, solicita más información al usuario sobre *“fecha de firma”* o *“presencia de testigos”* para completar la inferencia.

## **7. Interfase de Usuario**

La interfase de usuario es el enlace entre el sistema experto y el usuario. Por ello, para que un sistema experto sea una herramienta efectiva, debe incorporar mecanismos eficientes para mostrar y obtener información de forma fácil y agradable. Un ejemplo de la información que tiene que ser mostrada tras el trabajo del motor de inferencia, es el de las conclusiones, las razones que expliquen tales conclusiones y una explicación de las acciones iniciadas por el sistema experto. Por otra parte, cuando el motor de inferencia no puede concluir debido, por ejemplo, a la ausencia de información, la interfase de usuario es un vehículo para obtener la información necesaria del usuario. Consecuentemente, una implementación inadecuada de la interfase de usuario que no facilite este proceso minaría notablemente la calidad de un sistema experto. Otra razón de la importancia de la interfase de usuario es que los usuarios evalúan comúnmente los sistemas expertos y otros sistemas por la calidad de dicha interfase más que por la del sistema experto mismo, aunque no se debería juzgar la calidad de un libro por su portada.

Ejemplo: En un sistema experto de asistencia médica, el paciente llena un formulario con sus síntomas y recibe un diagnóstico preliminar junto con recomendaciones, presentadas en un panel amigable.

## **8. El Subsistema de ejecución de Ordenes**

El subsistema de ejecución de ordenes es la componente que permite al sistema experto iniciar acciones. Estas acciones se basan en las conclusiones sacadas por el motor de inferencia. Como ejemplos, un sistema experto diseñado para analizar el tráfico ferroviario puede decidir retrasar o parar ciertos trenes para optimizar el tráfico global, o un sistema para controlar una central nuclear puede abrir o cerrar ciertas válvulas, mover barras, etc., para evitar un accidente. La explicación de las razones por las que se inician estas acciones puede darse al usuario mediante el subsistema de explicación.

Ejemplo: En un sistema experto industrial para control de calderas, si detecta sobrepresión, ejecuta la orden automática de *“abrir válvula de seguridad”*.

## **9. El Subsistema de explicación**

El usuario puede pedir una explicación de las conclusiones sacadas o de las acciones iniciadas por el sistema experto. Por ello, es necesario un subsistema que explique el proceso seguido por el motor de inferencia o por el subsistema de ejecución. Por ejemplo, si un cajero automático decide rechazar la palabra clave (una acción), la máquina puede mostrar un mensaje (una explicación) como la siguiente:

¡Lo siento!, su palabra clave es todavía incorrecta tras tres intentos.

Retenemos su tarjeta de crédito, para garantizar su seguridad.

Por favor, póngase en contacto con su banco en horas de oficina.

En muchos dominios de aplicaciones, es necesaria la explicación de las conclusiones debido a los riesgos asociados con las acciones a ejecutar. Por ejemplo, en el campo del diagnóstico médico, los doctores son responsables últimos de los diagnósticos, independientemente de las

herramientas técnicas utilizadas para sacar conclusiones. En estas situaciones, sin un subsistema de explicación, los doctores pueden no ser capaces de explicar a sus pacientes las razones de su diagnóstico.

Ejemplo: En un sistema experto bancario, si se rechaza un crédito, el sistema muestra:

“Su solicitud fue rechazada porque su historial de pagos tiene más de 3 retrasos en el último año.”

## **10. El Subsistema de Aprendizaje**

Una de las principales características de un sistema experto es su capacidad para aprender. Diferenciaremos entre aprendizaje estructural y aprendizaje paramétrico. Por aprendizaje estructural nos referimos a algunos aspectos relacionados con la estructura del conocimiento (reglas, distribuciones de probabilidad, etc.). Por ello, el descubrimiento de nuevos síntomas relevantes para una enfermedad o la inclusión de una nueva regla en la base de conocimiento son ejemplos de aprendizaje estructural. Por aprendizaje paramétrico nos referimos a estimar los parámetros necesarios para construir la base de conocimiento. Por ello, la estimación de frecuencias o probabilidades asociadas a síntomas o enfermedades es un ejemplo de aprendizaje paramétrico.

Otra característica de los sistemas expertos es su habilidad para obtener experiencia a partir de los datos disponibles. Estos datos pueden ser obtenidos por expertos y no expertos y pueden utilizarse por el subsistema de adquisición de conocimiento y por el subsistema de aprendizaje.

Ejemplo: En un sistema experto de predicción climática, el sistema aprende que “cuando la humedad supera el 90% y la temperatura baja de 15°C, aumenta la probabilidad de neblina”. Esto se convierte en una nueva regla en la base.