

Definición 1.1 Sistema Experto. *Un sistema experto puede definirse como un sistema informático (hardware y software) que simula a los expertos humanos en un área de especialización dada.*

Como tal, un sistema experto 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. Se puede pensar también en un sistema experto como un *consultor* que puede suministrar ayuda a (o en algunos casos sustituir completamente) los expertos humanos con un grado razonable de fiabilidad.

Durante la última década se han desarrollado muy rápidamente numerosas aplicaciones de sistemas expertos a muchos campos (ver, por ejemplo, Quinlan (1987, 1989)). Durkin (1994) examina unos 2,500 sistemas expertos y los clasifica por criterios, tales como áreas de aplicación, tareas realizadas, etc. Tal como puede verse en la Figura 1.1, la economía, la industria y la medicina continúan siendo los campos dominantes entre aquellos en los que se utilizan los sistemas expertos. La sección siguiente muestra algunos ejemplos que motivan la aplicación de los sistemas expertos en algunos de estos campos.

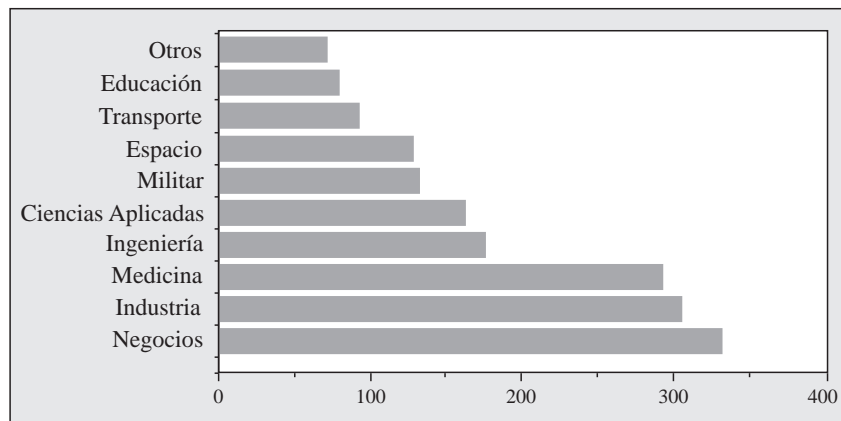


FIGURA 1.1. Campos de aplicación de los sistemas expertos. Adaptado de Durkin (1994) y Castillo, Gutiérrez, y Hadi (1995a).

1.3 Ejemplos Ilustrativos

Los sistemas expertos tienen muchas aplicaciones. En esta sección se dan unos pocos ejemplos ilustrativos del tipo de problemas que pueden resolverse mediante sistemas expertos. Otros ejemplos prácticos se dan a lo largo del libro.

Ejemplo 1.1 Transacciones bancarias. No hace mucho, para hacer una transacción bancaria, tal como depositar o sacar dinero de una cuenta, uno tenía que visitar el banco en horas de oficina. Hoy en día, esas y otras muchas transacciones pueden realizarse en cualquier momento del día o de la noche usando los cajeros automáticos que son ejemplos sencillos de sistemas expertos. De hecho, se pueden realizar estas transacciones desde casa comunicándose con el sistema experto mediante la línea telefónica. ■

Ejemplo 1.2 Control de tráfico. El control de tráfico es una de las aplicaciones más importantes de los sistemas expertos. No hace mucho tiempo, el flujo de tráfico en las calles de una ciudad se controlaba mediante guardias de tráfico que controlaban el mismo en las intersecciones. Hoy se utilizan sistemas expertos que operan automáticamente los semáforos y regulan el flujo del tráfico en las calles de una ciudad y en los ferrocarriles. En la Sección 2.6 y en los ejercicios del Capítulo 2 se dan ejemplos de estos sistemas. ■

Ejemplo 1.3 Problemas de planificación. Los sistemas expertos pueden utilizarse también para resolver problemas complicados de planificación de forma que se optimicen ciertos objetivos como, por ejemplo, la organización y asignación de aulas para la realización de exámenes finales en una gran universidad, de forma tal que se logren los objetivos siguientes:

- Eliminar las coincidencias de asignación simultánea de aulas: Sólo se puede relizar un examen en cada aula al mismo tiempo.
- Asientos suficientes: Un aula asignada para un examen debe tener al menos dos asientos por estudiante.
- Minimizar los conflictos temporales: Minimizar el número de alumnos que tienen exámenes coincidentes.
- Eliminar la sobrecarga de trabajo: Ningún alumno debe tener más de dos exámenes en un periodo de 24 horas.
- Minimizar el número de exámenes realizados durante las tardes.

Otros ejemplos de problemas de planificación que pueden ser resueltos mediante sistemas expertos son la planificación de doctores y enfermeras en un gran hospital, la planificación en una gran factoría, y la planificación de autobuses para las horas de congestión o de días festivos. ■

Ejemplo 1.4 Diagnóstico médico. Una de las aplicaciones más importantes de los sistemas expertos tiene lugar en el campo médico, donde éstos pueden ser utilizados para contestar a las siguientes preguntas:

1. ¿Cómo se puede recoger, organizar, almacenar, poner al día y recuperar la información médica (por ejemplo, registros de pacientes) de una forma eficiente y rápida? Por ejemplo, supóngase que un doctor en un centro médico está interesado en conocer información sobre una cierta enfermedad (E) y tres síntomas asociados (S_1 , S_2 , y S_3). Se puede utilizar un sistema experto para buscar en la base de datos, extraer y organizar la información deseada. Esta información puede resumirse en tablas tales como la dada en la Tabla 1.1 o en gráficos como el de la Figura 1.2.
2. ¿Cómo se puede aprender de la experiencia? Es decir, cómo se actualiza el conocimiento de los doctores en medicina cuando el número de pacientes que éstos tratan aumenta?
3. Supuesto que un paciente presenta un conjunto de síntomas, ¿cómo se decide qué enfermedad es la que más probablemente tiene el paciente?
4. ¿Cuáles son las relaciones entre un conjunto (normalmente no observable) de enfermedades y un conjunto (observable) de síntomas? En otras palabras, ¿qué modelos pueden utilizarse para describir las relaciones entre los síntomas y las enfermedades?
5. Dado que el conjunto de síntomas conocidos no es suficiente para diagnosticar la enfermedad con cierto grado de certeza, ¿qué información adicional debe ser obtenida (por ejemplo, ¿qué síntomas adicionales deben ser identificados? o ¿qué pruebas médicas deben realizarse?).
6. ¿Cuál es el valor de cada una de éstas piezas de información? En otras palabras, ¿cuál es la contribución de cada uno de los síntomas adicionales o pruebas a la toma de decisión? ■

Ejemplo 1.5 Agentes secretos. Alberto, Luisa, Carmen, y Tomás son agentes secretos, cada uno está en uno de los cuatro países: Egipto, Francia, Japón y España. No se sabe dónde está cada uno de ellos. Por tanto, se ha pedido información y se han recibido los cuatro telegramas siguientes:

- Desde Francia: Luisa está en España.
- Desde España: Alberto está en Francia.
- Desde Egipto: Carmen está en Egipto.
- Desde Japón: Carmen está en Francia.

No se sabe quién es el que ha mandado cada uno de los mensajes, pero se sabe que Tomás miente (¿un agente doble?) y que los demás agentes dicen la verdad.

importante en el desarrollo de un sistema experto. 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.

1.6.2 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.

Hay que diferenciar 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. 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.

1.6.5 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. Puede darse el caso de tener que trabajar con conocimiento de tipo no determinista, es decir, de casos en los que se dispone sólo de información aleatoria o difusa. El motor de inferencia es también responsable de la propagación de este conocimiento incierto. De hecho, 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 ésta sea probablemente la componente más débil de casi todos los sistemas expertos existentes. Por esta razón, la mayor parte de este libro se dedica al análisis y resolución del problema de la propagación de incertidumbre.

1.6.7 *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. Los lectores que estén interesados en el diseño de una interfase de usuario pueden consultar los libros de Shneiderman (1987) y Brown y Cunningham (1989).