

## 5. SISTEMAS HIBRIDOS (SH)

### 5.1. *Modos de Integración*

- **Aislados:** No interaccionan sino es para comprobar los resultados obtenidos con una y otra técnica. Pueden ser muy útiles en sistemas usados en toma de decisión (para verificar entre si sus resultados)
- **Transformación:** Se transforma un sistema conexionista, previamente entrenado, en una base de conocimiento de un sistema experto, o viceversa, etc. Los componentes no interactúan entre sí.

Se están utilizando para verificar tendencias y relaciones entre datos, como ayuda en toma de decisión en “Marketing”.

El sistema tiene la limitación de que sólo usa las capacidades de la técnica que está siendo ocupada en cada momento.

- **Con acoplamiento débil:** conexión indirecta entre los componentes del sistema híbrido, a través de interfases, ficheros, etc. El sistema usa los componentes para beneficiar el funcionamiento de otros componentes. Por ejemplo, el sistema conexionista se usa para analizar los datos dados por el sistema experto. Precisa de gran cantidad de conexiones entre los componentes, lentifica el funcionamiento del sistema y, además, no hay acceso directo entre los distintos componentes del sistema.
- **Con acoplamiento fuerte:** conexión directa entre los componentes del sistema híbrido, siendo cooperativos y mejorando el tiempo de ejecución del sistema respecto a los anteriores. Además, cada parte ayuda al control de las otras. Un ejemplo es una RNA imbuida en un S.E. donde la RNA controle el proceso de inferencia enfocando adecuadamente los procesos de búsqueda y de equiparación de patrones (en este caso reglas). Otro ejemplo sería un sistema experto imbuido en una RNA proporcionando conectividad entre las partes de la RNA o de ella con otras RNA y pudiendo ofrecer algún tipo de explicación de actuaciones.

Se están usando en el campo de la robótica y educación.

- **Totalmente integrados:** son sistemas conexionistas que simulan o actúan como sistemas expertos o bases de datos relacionales o viceversa.

Sus principales características positivas son: robustez, mejora de la eficiencia del sistema y un incremento en las posibles problemas a solucionar.

Si están bien integrados pueden ofrecer: gran capacidad de adaptación, generalización, tolerancia a ruido, justificación, deducción lógica, rapidez de proceso.

Son los modelos integrados más avanzados y están, todavía, en fase de prototipo en la inmensa mayoría de los casos por lo que aún quedan muchas dificultades a superar (algunas todavía por descubrir).

Los SH pueden explicar mejor las transiciones entre las partes más primitivas y más elaboradas de las tareas cognitivas que tomando sus componentes por separado (RNA, SE, ...).

## **5.2. Algunos Ejemplos de Sistemas Híbridos (SH)**

No siempre van a coexistir en los sistemas híbridos las posibilidades de componentes distintos. Es más, casi nunca coexisten todos. Lo más común es que coexistan dos o tres componentes distintos. Se verán, a continuación algunos ejemplos de esto:

### **5.2.1. R.N.A. y Sistemas Expertos**

Es uno de los campos abiertos más amplios de la investigación actual en Inteligencia Artificial.

Su conjunción está soportada, de forma teórica, por la forma de procesar la información de los humanos, donde se aprecian, ante determinadas situaciones, una respuesta rápida, no consciente, gobernada por el simple reconocimiento de patrones (ejemplo: actos reflejos ante dolor), y, complementándose con lo anterior se requiere otro procesamiento de la información que puede precisar de más datos y tiempo, pero que es consciente y proporciona una mayor "calidad" en la respuesta.

Las RNA pueden ser una buena interfase entre el mundo real (difuso) y los sistemas expertos en cuanto a la adquisición de conocimientos o a la captación de informaciones (datos, noticias y conocimiento) se refiere. La aproximación inversa sería que: (1) el S.E. toma los datos del exterior (puede hacer preguntas a usuarios, conectarse a una base de datos, puede introducir fácilmente heurísticas, etc.); (2) la RNA, una vez entrenada, analiza los datos

de forma completa, rápida y masiva; y (3) los resultados de la evaluación de los datos (utilidad y consistencia de los resultados o conclusiones de la RNA) la realiza el S.E.: analizando, por tanto, y validando las salidas de la RNA.

Otra posible utilización compuesta de RNA y S.E. es: la RNA genera proposiciones y constricciones para los sistemas expertos, educiendo el conocimiento que no es capaz de elicitar el experto. Además pueden completar (gracias a la capacidad de las RNA de restaurar patrones incompletos) antecedentes o consecuentes incompletos de las reglas de producción de la base de conocimientos de sistema experto.

Además, las RNA pueden usarse para validar los sistemas expertos, para actualizar parámetros estadísticos en módulos de sistemas expertos, etc.

Finalmente, la RNA puede realizar un refinamiento del sistema experto: (1) insertar en la RNA el conocimiento del sistema experto ; (2) se entrena la RNA con ejemplos clasificatorios; y (3) se extrae el conocimiento de la RNA en forma de reglas de producción: “SI ... ENTONCES” y se introduce en la base de conocimientos del sistema experto.

### **5.2.2. RNA-BD-BRD (bases de datos- DB relacionales)**

Se usan las RNA para extraer conocimiento de grandes bases de datos, por ejemplo examinando patrones de atención clínica en relación con el resultado de esta atención (éxito o fracaso). Las RNA hacen más “inteligentes” las bases de datos ya que les permiten actualizar y adecuar su contenido mediante algoritmos de aprendizaje.

Por otra parte la RNA puede extraer reglas de la base de datos e incluso incluirle heurísticas de búsqueda.

Un ejemplo más sofisticado es una “base de datos consejera” que utiliza:

1. Un sistema experto para: a) determinar las variables tiempo, recursos y esfuerzos; y b) aconsejar al usuario sobre el coste y la organización óptima.
2. Una RNA para determinar la cantidad de esfuerzo y tiempo requeridos. Así, el sistema experto recoge información del usuario acerca del trabajo anterior al diseño de la base de datos y obtiene unos valores que serán los de entrada a la RNA que calcula la cantidad de esfuerzo y tiempo necesario para concluir el proyecto, devolviendo la RNA el número de personas más requeridas y el tiempo total necesario. Esta información la usa el sistema

experto para concluir el coste, número de personal requerido y un esquema organizado de los recursos.

### **5.2.3. RNA y algoritmos genéticos**

Se utilizan los algoritmos genéticos para entrenar eficientemente las RNA gracias a las propiedades de los algoritmos genéticos para: seleccionar la población inicial; cruzarse con pérdida mínima de información y mutarse (actúan como un operador que impide que el espacio de búsqueda sea 0 en ningún momento). Estas propiedades de los algoritmos genéticos se aplican sobre los pesos de las conexiones de la RNA y junto con otra propiedad de los algoritmos genéticos que es la “reproducción” (sólo sobreviven y se reproducen las mejores soluciones), se consigue obtener el esquema de pesos óptimos para la RNA sin precisar del entrenamiento (se reduce el coste en tiempo y poder computacional). Además se permite obtener los pesos óptimos de la RNA como si estuviese entrenado, pero sin tener que prefijar ni la “tasa” ni la regla de aprendizaje a utilizar por la RNA (puntos siempre conflictivos).

Suelen utilizarse, por tanto, los algoritmos genéticos en: (1) optimización topológica (selecciona la arquitectura y conectividad óptimas para la RNA en ese dominio concreto) y (2) optimización de los pesos de las conexiones.

Este tipo de sistemas híbridos (algoritmos genéticos – RNA) se usó con éxito en problemas de predicción (económica y evaluación de impacto ambiental y refinamiento de bordes en zonas de baja calidad radiográfica).