

Capítulo 7

Conclusiones.

En este capítulo se exponen las conclusiones obtenidas en esta tesis, así como algunas de las líneas futuras de investigación.

Durante esta investigación se han desarrollado diversas metodologías para la obtención de información cualitativa a partir de datos cuantitativos. La estructura de la información de partida es un conjunto de registros donde cada uno está formado por un número determinado de valores reales llamados atributos o características y una marca de clasificación denominada tipo o clase.

La estructura de la información de salida está organizada en distintos niveles:

- Indicación cuantitativa y cualitativa de los atributos que más influyen tanto en la determinación de la clase como en los valores de las variables de salida.
- Información cualitativa sobre la estructura espacial de los datos, es decir, disposición de las regiones conexas de datos relacionados en el espacio de parámetros y de sus superficies frontera, así como la determinación mediante aproximación analítica de estas superficies.
- Obtención de los cambios de escala y de coordenadas que facilitan la obtención de clasificadores con menor tasa de error. Además, estos datos sirven para conseguir un mejor conocimiento del sistema que proporcionó los datos, al facilitar una nueva medida sobre la influencia de los parámetros y posibilitar la obtención de clasificadores más simples, manteniendo o incluso mejorando las tasas de error originales.
- A partir de estas herramientas, es posible encontrar mediante dos metodologías

diferentes unos modelos lingüísticos. Estos mediante reglas de decisión construidas en base a términos y modificadores procedentes del lenguaje natural, facilitan al usuario una sencilla descripción del sistema.

La conjunción de todas estas herramientas proporcionan al experto la posibilidad de extraer conclusiones sobre un sistema, del que en principio, sólo disponía de resultados numéricos. Estas conclusiones se proporcionan, en resumen y principalmente, de tres maneras: resultados sobre la influencia de las características, mejores (más precisos y sencillos) clasificadores y un conjunto de reglas que resumen la información numérica.

Se debe resaltar que la utilización de los algoritmos evolutivos como técnica de optimización, y de la programación genética como herramienta para la regresión simbólica, se ha demostrado como acertada, al proporcionar buenas soluciones sin un coste computacional excesivo.

Los resultados alcanzados en la aplicación al análisis cualitativo de sistemas dinámicos confirman la validez de los métodos propuestos. A partir del sistema de ecuaciones diferenciales se ha obtenido una información cuantitativa mediante la utilización del método de Montecarlo. Mediante un muestreo aleatorio del espacio de parámetros o del espacio de condiciones iniciales se crean diferentes ficheros de datos cuantitativos obtenidos a partir de la simulación del sistema dinámico. En estos ficheros cada trayectoria se clasifica según el atractor que alcanza y servirán como base de datos de partida para la obtención de la siguiente información cualitativa:

- Indicación cuantitativa y cualitativa de los parámetros y condiciones iniciales que más influyen en la determinación del atractor.
- Información cualitativa sobre la disposición de las regiones conexas en el espacio de parámetros y en el espacio de fases con igual tipo o número de atractores. Determinación de sus superficies frontera mediante aproximación analítica.
- Obtención de nuevos parámetros a partir de los cuales se obtienen clasificadores que permiten prever el atractor para unos valores de los parámetros o de las condiciones iniciales que no están en la base de datos.
- Obtención de un conjunto de reglas que describan la información anterior mediante lenguaje natural.

La validez de esta metodología y de las herramientas desarrolladas se comprobó sobre sistemas dinámicos con comportamiento conocido. A continuación, se ha procedido al estudio de dos sistemas suficientemente complejos, donde las conclusiones obtenidas permitirían al experto que desarrolla el modelo, un conocimiento más profundo del sistema que pretende modelar.

En resumen, se han desarrollado métodos para automatizar el proceso de obtener información cualitativa de unos datos numéricos. Su aplicación al estudio de sistemas complejos, entendidos como sistemas dinámicos dependientes de numerosos parámetros y comportamientos diversos, proporciona resultados válidos y prometedores que invitan a proseguir esta labor.

Como futuras líneas de investigación se proponen:

- Mejorar algunos aspectos computacionales en los métodos propuestos, por ejemplo, utilizando la selección de casos claves para las distintas técnicas de clasificación.
- Utilización de la programación genética como herramienta para la obtención de nuevas características que determinen clasificadores más precisos.
- Estudio de otras técnicas de optimización (simulated annealing, búsqueda tabú) para la obtención de los cambios de escala y de coordenadas.
- Estudio de herramientas que, a partir de las descripciones realizadas por un experto, permitan clasificar el transitorio de un sistema dinámico concreto, lo que conllevaría la posibilidad de obtener información cualitativa mediante la misma metodología aquí propuesta.