

Sistemas cualitativos y diagnosis: ARCA

Juan A. Ortega,

Universidad de Sevilla
Avda. Reina Mercedes s/n
SEVILLA
ortega@lsi.us.es

Belarmino Pulido,

Universidad de Valladolid
Campus Miguel Delibes,
Camino del Cementerio
s/n VALLADOLID
belar@infor.uva.es

Xavier Parra

Universitat Politècnica de Catalunya
Campus Vilanova
Avda. Víctor Balaguer, s/n
VILANOVA I LA GELTRÚ
xparra@esaii.upc.es

Resumen

Este artículo se ha escrito con una doble intención: presentar el estado actual de las investigaciones de diversos grupos españoles sobre los sistemas cualitativos y también sobre la diagnosis dentro de nuestro país. Hay además un estudio sobre la aplicación de estas investigaciones al campo de los sistemas socioeconómicos.

Recientemente se han celebrado en Vilanova i la Geltrú una reunión de carácter nacional de investigadores pertenecientes al colectivo ARCA (www.lsi.us.es/arca). Los objetivos de estas jornadas han sido los sistemas cualitativos y la diagnosis. El objetivo de este artículo es presentar de manera general el objetivo de esta reunión y además, de manera resumida, los trabajos que allí se presentaron.

Palabras clave: Inteligencia Artificial, Sistemas cualitativos, Diagnosis, Sistemas socioeconómicos, ARCA

1 Introducción

El presente artículo contiene los resúmenes de los trabajos presentados en las IV Jornadas ARCA (Automatización del Razonamiento Cualitativo y Aplicaciones) dedicadas en esta ocasión fundamentalmente a los Sistemas Cualitativos y Diagnosis y que se celebraron en Vilanova i la Geltrú, en junio de 2002.

El Grup de Recerca en Enginyeria del Coneixement (GREC) de la Universitat Politècnica de Catalunya (ESAII-MA2-MA3-OE) y la Universitat Ramon Llull (ESADE), el Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos de la Universidad de Sevilla y el Departamento de Informática de la Universidad de Valladolid se han encargado de la organización de este evento. Las jornadas se celebraron del 12 al 14 de junio de 2002 en la sede de la Escola Universitària Politècnica de Vilanova i la Geltrú

(EUPVG) de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).

Las Jornadas de ARCA surgieron hace varios años como sesiones de trabajo, en las que los diferentes miembros del colectivo ARCA se reunían y exponían sus últimas investigaciones. De ahí surgieron relaciones y conexiones entre grupos que han hecho que hoy en día ARCA sea una realidad formada por numerosos grupos de investigación de diferentes universidades españolas.

La primera vez que las presentaciones de trabajo adoptaron el formato de Jornadas de Trabajo fue durante la reunión de Sevilla en 1998 y que trató sobre Metodologías Cualitativas Aplicadas a los Sistemas Socioeconómicos. El interés despertado por las jornadas dió lugar a la celebración de las dos siguientes, una en el año 2000 también en Sevilla y otra el pasado año en Valladolid. En estas últimas también se celebraron las I Jornadas de Trabajo sobre Diagnosis.

Este año hemos decidido darle el nombre de Jornadas de ARCA[JARCA2002] que, como continuación de las iniciadas en 1998, será la cuarta edición.

La necesidad de unas jornadas específicas que sirvan de foro para los trabajos de los miembros del colectivo ARCA está clara. Por un lado para continuar fomentando la relación entre los diversos colectivos que integran ARCA y por otro para permitir una puesta al día de nuestras investigaciones, estableciendo foros de debate apropiados sobre los tópicos específicos de las Jornadas. Sin embargo, estas Jornadas están abiertas a cualquier grupo que esté interesado en los temas sobre los que versan las mismas. De hecho, la presente convocatoria de las Jornadas ha tenido una acogida importante, máxime teniendo en cuenta la multitud de eventos que cada año se celebran.

En este artículo se recogen los resúmenes de aquellos trabajos que fueron seleccionados por el Comité de Programa para publicarse en las actas de las jornadas.

2 Resúmenes de los artículos seleccionados

Los trabajos que se presentaron en las jornadas se recogen a continuación agrupados conforme a su temática de investigación. A continuación se presentan de manera resumida estos trabajos.

• Diagnóstico y aprendizaje

1. Integración de un sistema de aprendizaje en la diagnosis basada en consistencia con modos de fallo
J.J. Rodríguez (U. Burgos) y C.J. Alonso (U. Valladolid)
2. Máquinas l-SVRC con salidas probabilísticas
C. Angulo (U. Politècnica Catalunya) y L. González (U. Sevilla)
3. Un modelo de conocimiento para la diagnosis de sistemas dinámicos
C.J. Alonso, C. Llamas, J.A. Maestro y J.B. Pulido (U. Valladolid)
4. Diagnosis basada en modelos para la depuración de programas JAVA mediante técnicas simbólicas
R. Ceballos, R.M. Gasca, C. del Valle y M. Toro (U. Sevilla)
5. Diagnosis progresiva en el tiempo de sistemas dinámicos

A. Suárez, P. Abad (U. Huelva), J.A. Ortega y R.M. Gasca (U. Sevilla)

6. Model-based fault diagnosis of dynamic processes: comparing FDI and DX methodologies
V. Puig, J. Quevedo, T. Escobet y S. Tornil (U. Politècnica Catalunya)

• Razonamiento cualitativo

7. Localización de centros públicos atractivos y/o repulsivos
C. Chamizo, F. Velasco y R.M. Gasca (U. Sevilla)
8. Metodología para la representación gráfica de relaciones cualitativas entre centros de interés
F. de la Rosa, L. González, R.M. Gasca y F. Velasco (U. Sevilla)
9. Un modelo de optimización CSP para la sustitución de piezas defectuosas diagnosticadas
C. del Valle, R.M. Gasca, J.A. Ortega y J. Aguilar (U. Sevilla)
10. Applying qualitative spatial reasoning combining space and time to mobile robot navigation
Ll. Museros (Alicer) y M.T. Escrig (U. Jaume I)
11. Qualitative velocity: how to represent it?
M.T. Escrig y F. Toledo (U. Jaume I)
12. Three dimensional coarse qualitative spatial models
J. Pacheco, M. T. Escrig y F. Toledo (U. Jaume I)

• Aplicaciones y Sistemas socioeconómicos

13. Bifurcaciones de Hopf: análisis cualitativo y aplicación a un modelo bio-económico de pesquerías
M.L. Vílchez (U. Huelva), F. Velasco, I. Herrero y F. Begines (U. Sevilla)
14. Cálculo de los valores de bifurcación en un modelo dinámico de Economía Nacional en tiempo continuo
F. Velasco, F. Begines, E. Escartín (U. Sevilla) y M.L. Vílchez (U. Huelva)
15. Representación cualitativa del conocimiento: aplicación a la generación automática de itinerarios culturales
J.A. Ortega, M.J. Escalona, J. Torres, R.M. Gasca y M. Mejías (U. Sevilla)
16. Modal interval arithmetical applied to health monitoring of cable-stayed Structures
J. Vehí, R. Villamizar, N. Luo (U. Girona)

Los resúmenes de estos trabajos se presentan a continuación, en el mismo orden en el que se han recogido anteriormente:

2.1 Integración de un sistema de aprendizaje en la diagnosis basada en consistencia con modos de fallo

J.J. Rodríguez (U. Burgos) y C.J. Alonso (U. Valladolid)

En trabajos anteriores se ha presentado un método para la clasificación de series temporales basado en la familia de métodos de aprendizaje denominados "boosting" utilizando clasificadores base muy simples, sólo un literal. Hay dos tipos de predicados, relativos, como "incrementa" y "permanece" y basados en regiones, como "siempre" y "alguna vez".

Este trabajo considera dos cuestiones que se plantean a la hora de incorporar estos clasificadores en un sistema de diagnosis sobre sistemas dinámicos. La primera de ellas es que no se pide sólo una clasificación cuando se dispone de una serie completa, sino que según se van generando datos de la serie es necesario realizar una clasificación aproximada. La segunda cuestión es que las decisiones del clasificador no son vinculantes, y por lo tanto la misión del clasificador no es tan sólo predecir una clase (en este caso un posible fallo) sino asignar un orden, una preferencia, a las distintas clases.

La validación experimental del método se realiza mediante un conjunto de datos propuesto como banco de pruebas de sistemas de aprendizaje sobre patrones temporales en sistemas dinámicos. Los resultados experimentales, comparados con los conocidos para este conjunto de datos, son satisfactorios.

2.2 Máquinas l-SVRC con salidas probabilísticas

C. Angulo (U. Politècnica de Catalunya) y L. González (U. Sevilla)

En este trabajo se presenta una máquina l-SVCR (l-clases Support Vector Machine con restricciones de Clasificación y Regresión) basada en la teoría de aprendizaje estadístico, introducida en [AC01], la cual ha sido modificada de forma que la salida se puede interpretar en términos probabilísticos. Además esta nueva máquina proporciona tantas salidas intermedias como máquinas de soporte vectorial se han utilizado en el proceso de

clasificación así como el grado de confianza que presenta cada una de ellas.

Con objeto de comprobar la versatilidad de la máquina, ésta se aplica sobre un conjunto de datos sobre el que se comprueba empíricamente una de las características más importante de este tipo de máquinas, la prudencia en la elección del etiquetado.

2.3 Un modelo de conocimiento para la diagnosis de sistemas dinámicos

C.J. Alonso, C. Llamas, J.A. Maestro y J.B. Pulido (U. Valladolid)

La diagnosis de sistemas dinámicos es un problema difícil, por lo que en la construcción de diagnosticadores reales se suele recurrir a la integración de técnicas de distinta naturaleza. Una de ellas son los sistemas de diagnóstico basado en modelos causales, que en muchos sistemas complejos se siguen generando a partir de la experiencia. Este trabajo presenta un modelo de conocimiento para la diagnosis causal utilizando la metodología CommonKADS. La principal novedad de la propuesta es que, a partir de modelos causales y temporales sencillos, permite diseñar una tarea de diagnosis que, una vez invocada tras una tarea de Monitorización, es capaz de examinar la evolución del sistema integrando la nueva información disponible en el proceso de diagnosis.

2.4 Diagnosis basada en modelos para la depuración de programas JAVA mediante técnicas simbólicas

R. Ceballos, R.M. Gasca, C. del Valle y M. Toro (U. Sevilla)

En la programación es esencial tener herramientas para la diagnosis del software que ayuden al programador y al ingeniero de desarrollo a localizar los errores. En este trabajo, proponemos una nueva aproximación que permite identificar los posibles errores en programas software usando técnicas simbólicas (Bases de Gröbner). Esta técnica permite generar, a partir la estructura y semántica del programa original, un modelo más simple del programa para llevar a cabo la diagnosis.

Se tienen en cuenta las especificaciones formales y el código fuente del programa, y es a partir de ellos como se detecta la sentencia o el conjunto de sentencias que contienen el error al emplear un caso de test determinado. La metodología comienza eliminando las variables no observables y obtiene nuevos asertos referidos a grupos de sentencias del

programa. A partir de ahí construimos una red de contextos formada por estos grupos de sentencias y sus correspondientes asertos como nodos, y por último obtenemos la diagnosis mínima utilizando un algoritmo estándar.

2.5 Diagnosis progresiva en el tiempo de sistemas dinámicos

A. Suárez, P. Abad (U. Huelva), J.A. Ortega y R.M. Gasca (U. Sevilla)

En este trabajo se presenta un nuevo avance en la metodología objeto de estudio por los mismos autores presentada en trabajos anteriores, esta nueva aproximación se basa en realizar detección y diagnosis en momentos tempranos de la evolución de un sistema dinámico, el cual evoluciona desde una situación estable a otra distinta también estable, siendo en esos cambios o pulsos de control en los momentos en los que el fallo será detectado y posteriormente diagnosticado, esta detección y diagnosis temprana se realizará mediante aprendizaje supervisado, el cual se realiza off-line, obteniendo tres árboles de decisión para realizar diagnosis en un tercio, dos tercios y al final del transitorio.

Debemos tener en cuenta que los datos con los que el sistema trabaja pueden obtenerse mediante adquisición del sistema real o mediante simulaciones como es el caso, es de resaltar que las simulaciones se han realizado en presencia de ruido, adecuando el exhaustivo tratamiento de los datos a minimizar en lo posible el impacto de este sobre el aprendizaje.

2.6 Model-based fault diagnosis of dynamic processes: comparing FDI and DX methodologies

V. Puig, J. Quevedo, T. Escobet y S. Tornil (U. Politècnica de Catalunya)

Model based fault diagnosis of dynamic processes is a very active area of research. Approaches coming from two different research communities (FDI community in the Automatic Control area and DX community in the Artificial Intelligence area) are proposing different methodologies that share many concepts and tools. However, in practice there are difficulties in sharing results coming from both communities due to the different kind of formalisms and backgrounds. This paper is another attempt to try to connect both communities in order to share tools and combine methodologies. The perspective used to connect both types of approaches will be the structural analysis proposed

by Staroswiecki. This tool allows to derive automatically analytical redundancy relations (or possible conflicts) from elementary models of system components. Once these relations have been derived, they can be used to fault diagnosis using FDI or DX tools.

2.7 Localización de centros públicos atractivos y/o repulsivos

C. Chamizo, F. Velasco y R.M. Gasca (U. Sevilla)

En este trabajo localizamos un centro de servicio en la Provincia de Sevilla en relación a unos puntos fijos atractivos o repulsivos, resolviendo el problema de Web mediante algoritmos de ramificación y poda, de consistencia eficiente y que son algoritmos que permiten declarar fácilmente el problema mediante las restricciones y la función a optimizar, así como de configuración sencilla, en el sentido de que sirven para diferentes tipos de problemas de optimización sin restricciones, y satisfacción de restricciones en general. Localizamos el centro utilizando dos familias de funciones de distancia para las que calculamos los parámetros que mejor aproximan las distancias por carreteras existentes en la red provincial.

2.8 Metodología para la representación gráfica de relaciones cualitativas entre centros de interés

F. de la Rosa, L. González, R.M. Gasca y F. Velasco (U. Sevilla)

En este trabajo presentamos una metodología que permite cuantificar y representar gráficamente el grado de similitud entre diferentes tópicos de interés, de acuerdo a una interpretación intuitiva de la similitud entre conjuntos. Para ello utilizamos una función procedente de la teoría del aprendizaje, que nos permitirá estudiar a partir de las páginas Web, la similitud que existe entre las diferentes líneas de investigación sobre aprendizaje referente al año 2000.

2.9 Un modelo de optimización CSP para la sustitución de piezas defectuosas diagnosticadas

C. del Valle, R.M. Gasca, J.A. Ortega y J. Aguilar (U. Sevilla)

Este trabajo presenta un modelo CSP (Problema de Satisfacción de Restricciones) para el secuenciamiento óptimo de tareas en la sustitución

de piezas defectuosas que han sido previamente diagnosticadas. Para ello, se parte de un modelo para la selección de secuencias óptimas de ensamblaje en sistemas con múltiples máquinas. El objetivo del plan es la minimización del tiempo total del ensamblaje (o del proceso global de reparación), para lo cual el modelo considera, además de las duraciones y los recursos utilizados por las tareas, los tiempos necesarios para el cambio de configuración (herramientas) en las máquinas de ensamblaje, y los retardos asociados al transporte de submontajes intermedios entre distintas máquinas. El problema puede ser visualizado mediante un grafo And/Or, que incluye el conjunto de todos los planes de montaje factibles para un producto. Esta representación recoge por un lado las restricciones de precedencia entre tareas, y por otro las relaciones entre las tareas para componer un plan correcto. En el presente trabajo se propone una ampliación de esta representación que incluya todas las restricciones que aparecen en el problema, añadiéndose aquellas asociadas al uso de recursos. A partir de la representación anterior, se proponen sendos modelos CSP que recogen el conjunto de todas las restricciones del problema del ensamblado del producto completo y del problema de la sustitución de una pieza defectuosa. La naturaleza combinatoria de ambos problemas justifica la utilización de modelos CSP para su eficiente resolución.

2.10 Applying qualitative spatial reasoning combining space and time to mobile robot navigation

Ll. Museros (Alicer) y M.T. Escrig (U.Jaume I)

In this paper we present a qualitative representational model and the corresponding reasoning process for integrating qualitatively time and topological information. In the calculus presented topological information in function of the point of the time in which it is true is represented as an instance of the Constraint Satisfaction Problem. That representation together with the implementation of the reasoning process by means of Constraint Logic programming extended with Constraint Handling Rules allow us the integration of both aspects (time and topology) with other spatial aspects such as orientation, distances and cardinal directions in the same way as it has been done in [Escrig & Toledo 00]. The resulting method can be applied to qualitative navigation of autonomous agents. The model presented in this paper will help during the path planning task by describing the sequence of topological situations that the agent should find during its way to the

target objective. A preliminary result of that application has been obtained by using qualitative representation of such spatial aspects for the autonomous simulated navigation of a Nomad-200 robot, on a structured environment of an easy corridor in a building.

2.11 Qualitative velocity: how to represent it?

M.T. Escrig y F. Toledo (U.Jaume I)

The concept of velocity of an object relates an interval of time with the space that this object has travelled in that interval of time. Velocity is always relative: we compare the distance that an object has travelled in a period of time with respect to the position of another object. Although velocity is a quantitative physical concept, we also need a qualitative model of velocity if we want to automatically reason in a human-like way. In this paper, a qualitative model for representing and reasoning with the concept of velocity at different levels of granularity is introduced.

2.12 Three dimensional coarse qualitative spatial models

J. Pacheco, M.T. Escrig y F. Toledo (U.Jaume I)

When the information provided to the system is coarse or it is advisable to reduce the processing time of the reasoning process, it is necessary to define a coarse 3-D orientational model. The fine orientation model in 3-D extended from the Zimmerman and Freksa's orientation model in 2-D has been modified in three new coarse models. The paper presents those models: the fine orientational model, the length coarse model, the height coarse model and a general coarse model, and how they are represented in 3D and as an iconical representation in 2D. The algebra and the relations between those models are also explained.

2.13 Bifurcaciones de Hopf: análisis cualitativo y aplicación a un modelo bio-económico de pesquerías

M.L. Vilchez (U. Huelva), F. Velasco, I. Herrero y F. Begines (U. Sevilla)

Realizamos en este trabajo un estudio cualitativo de las trayectorias del sistema dinámico resultante de aplicar el Principio del Máximo de Pontryagin a un problema de control óptimo para la gestión económica de una pesquería. Analizamos en primer lugar la estabilidad de las soluciones de equilibrio

estacionario en función de los parámetros del sistema, para posteriormente investigar sobre la existencia de bifurcaciones de codimensión uno, esto es, los cambios cualitativos importantes que se producen en la dinámica del sistema cuando un parámetro del mismo varía. En este sentido, centramos particularmente nuestra atención en la bifurcación de Hopf y en la consiguiente aparición de trayectorias cerradas de tipo ciclo límite. Los resultados obtenidos a nivel teórico son ilustrados empíricamente asignando a los parámetros del sistema las estimaciones realizadas para el caso de la pesquería de “chamelea gallina” del litoral suratlántico español.

2.14 Cálculo de los valores de bifurcación en un modelo dinámico de Economía Nacional en tiempo continuo

F. Velasco, F. Begines, E. Escartín (U. Sevilla) y M.L. Vilchez (U. Huelva)

En este trabajo se muestra un modelo macroeconómico que estudia el comportamiento dinámico de la economía de un país o una región y en él aparecen una serie de parámetros, pertenecientes a unos determinados intervalos, que son determinados a partir de datos históricos por medio de la calibración. Nuestro estudio encuentra las bifurcaciones de codimensión uno inherentes al sistema, con lo que obtenemos distintos comportamientos que va a tener la economía. Los comportamientos encontrados han sido de economía con equilibrio y la aparición de ciclos en el comportamiento de las variables.

2.15 Representación cualitativa del conocimiento: aplicación a la generación automática de itinerarios culturales

J.A. Ortega, M.J. Escalona, J. Torres, R.M. Gasca y M. Mejías (U. Sevilla)

La expresividad que el conocimiento cualitativo puede ofrecer a la hora de expresar una consulta, es aprovechada en este artículo para su aplicación en la difusión en la generación de itinerarios culturales. Este artículo presenta un problema real en el que se quiere ofrecer al público el conocimiento del patrimonio cultural de Andalucía, permitiendo que, mediante una interfaz sencilla, pueda seleccionar sus preferencias para obtener itinerarios culturales que verifiquen determinadas restricciones definidas por el usuario en su visita cultural. Se utilizarán técnicas de razonamiento cualitativo como soporte adecuado para la resolución del problema de la generación automática de itinerarios culturales.

2.16 Modal interval arithmetical applied to health monitoring of cable-stayed Structures

J. Vehí, R. Villamizar, N. Luo (U. Girona)

In this paper, an interval mathematical model is presented to describe the dynamic behavior of the cable-stayed bridges such that the some bounded parametric uncertainties can be taken into account. The technique of modal intervals has been applied to the health monitoring of cable-stayed bridges. This represents a new, challenging, difficult and unique problem not only to the fault detection and diagnosis but also to the structural control community, with many complexities in modelling, control design and implementation. However, the simulation based on the linear interval model will be closed to the possible real dynamic behavior of the bridge structure under normal circumstance and can give an envelope in which the real dynamics of a cable-stayed bridge will be involved.

3 Conclusiones

El contenido del presente artículo intenta acercar al lector a algunas de las líneas de trabajo actuales en el campo de los sistemas cualitativos y la diagnosis y su aplicación a los sistemas socioeconómicos. En este artículo se ha presentado de manera resumida algunos de los trabajos de investigación entorno a estas líneas de investigación

El resultado que aquí se expone es un resumen de los trabajos presentados en las últimas Jornadas celebradas durante este año por el colectivo de investigadores agrupados en el grupo ARCA (Automatización del Razonamiento Cualitativo y Aprendizaje – www.lsi.us.es/arca). En concreto las «IV Jornadas de Trabajo ARCA: Sistemas Cualitativos y Diagnosis».

Finalmente los autores de este artículo quisiéramos dar las gracias a los participantes en estas Jornadas, por suministrarnos los resúmenes de las exposiciones que realizaron.

Referencias

[JARCA2002] IV Jornadas de ARCA: Sistemas Cualitativos y Diagnosis. Ed. Juan A. Ortega, Xavier Parra y Belarmino Pulido. Edición Digital A3 – Sevilla (2002).