

Presentación de la Monografía: Problemas de Satisfacción de Restricciones

Federico Barber

Departamento de Sistemas Informáticos y Computación
Universidad Politécnica de Valencia, Spain
fbarber@dsic.upv.es

*“Constraint Satisfaction is a simple but powerful idea.”
Rina Dechter, in ‘Constraint Processing’ Morgan Kaufmann Pub. (2003)*

La metodología CSP (Constraint Satisfaction Problems) permite tratar una amplia tipología de problemas en los que la solución pueda especificarse mediante el cumplimiento de unas determinadas restricciones. Estos problemas aparecen en áreas tales como diagnóstico, diseño y configuración, scheduling y asignación de recursos, planificación, almacenamiento y recuperación de información, empaquetamiento, timetabling, modelado, CAD/CAM, etc. En su aplicación inciden un conjunto de técnicas informáticas provenientes fundamentalmente de la lógica, matemática, investigación operativa e inteligencia artificial.

Muchos problemas reales pueden resolverse mediante la metodología CSP: ¿Que configuración, estados, instancias, valores de variables, etc, cumplen unas determinadas condiciones?. Para resolver el problema basta entonces expresar el conjunto de datos iniciales y el conjunto de condiciones/restricciones que debe satisfacer la solución. Así, las etapas fundamentales consisten en:

- La modelización CSP o especificación del problema mediante Variables, Dominios de valores para la instanciación de las variables, y las Restricciones que deben cumplirse entre las variables.
- La posterior resolución del CSP, mediante la aplicación de técnicas que permitan obtener respuestas o soluciones al problema.

En la modelización CSP, resulta fundamental poder disponer de un modelo de restricciones adecuado para la especificación del problema y capaz de captar las distintas tipologías de restricciones que pueden aparecer. Aquí aparecen cuestiones como la tipología de las variables, de los dominios (finitos ($\{T,F\}$, Z , etc.) o infinitos) y de las restricciones: aridad (restricciones unarias, binarias, ..., n-arias), prioridades (restricciones duras o blandas, etc.), restricciones imprecisas o inciertas, restricciones cuantitativas o cualitativas, etc. Adicionalmente, debe proveerse de los métodos específicos para poder tratar dichas restricciones.

En el aspecto de la resolución CSP, son de importancia (i) los métodos inferenciales que, aplicando procesos deductivos, permiten garantizar diferentes niveles de consistencia, deducir información implícita a partir de la explícitamente conocida, acotar el espacio de búsqueda de soluciones, u obtener respuestas sobre el problema; y (ii) los métodos de búsqueda de soluciones CSP, es decir, la búsqueda de una instanciación de las variables en sus dominios tal que se cumplan las restricciones del problema. Puede adicionalmente requerirse una optimización de la solución obtenida en base a unos determinados criterios. De esta forma, la resolución del problema puede variar desde saber si el problema tiene solución, los valores posibles (dominios mínimos) de algunas variables, saber si un conjunto de variables pueden tomar determinados valores (solución parcial), una ins-

tanciación consistente de todas las variables (solución), o una solución óptima en base a un determinado criterio de optimización. Estos procesos de resolución son, en general NP, por lo que resulta de gran importancia tratar su eficiencia computacional. Al respecto, suelen aplicarse procesos inferenciales, de forma previa o durante el propio proceso de búsqueda, que eliminan valores inconsistentes en los dominios, así como técnicas de búsqueda heurísticas.

El objetivo de esta monografía es presentar una amplia panorámica sobre la modelización, resolución y aplicaciones CSP. Además, se ofrece una visión de las actividades en el área que se realizan en diferentes grupos de investigación.

La monografía consta de un artículo introductorio y un primer grupo de contribuciones sobre técnicas generales CSP:

- **'Introducción a la Programación de Restricciones'**, donde se presenta la notación básica CSP, los algoritmos básicos para los procesos de búsqueda de soluciones e inferencia, y se enmarcan algunas de las aplicaciones y líneas de desarrollo.
- **'Algoritmos para Satisfacción de Restricciones'** donde se detallan los principales algoritmos CSP para procesos inferenciales y de búsqueda de soluciones.
- **'Una introducción a los algoritmos de satisfactibilidad'**, que presenta los algoritmos de satisfactibilidad de fórmulas booleanas proposicionales (SAT) y su utilidad en la resolución de problemas CSP.

Un segundo grupo de artículos trata sobre técnicas y problemáticas más concretas y específicas:

- **'Computación Evolutiva para Resolución de CSPs'**, que presenta la aplicación de técnicas evolutivas y algoritmos genéticos, apoyados con reglas de prioridad y heurísticas, para la obtención de soluciones.
- **'Restricciones blandas: Modelos y Algoritmos'** que presenta cómo se pueden introducir preferencias en el conjunto de restricciones a satisfacer, así como los algoritmos para su resolución.
- **'Algunas reflexiones sobre la semántica de una restricción borrosa'**, donde se trata la especificación y resolución de restricciones borrosas, que permiten introducir

cuestiones como la imprecisión, incertidumbre, posibilidad, etc., en los problemas.

- **'CSP-No binarios'** que trata específicamente sobre las restricciones no-binarias, su transformación en restricciones binarias y métodos para razonar directamente sobre las no binarias.
- **'Problemas de Satisfacción de Restricciones Temporales'**, que trata específicamente sobre los CSP-temporales (específicas primitivas, restricciones, etc.), y revisando los principales modelos de razonamiento temporal.
- **'Resolución de Restricciones Geométricas'**, que introduce específicamente las primitivas y restricciones geométricas, de aplicación en sistemas de modelado, empaquetamiento, configuración, CAD/CAM, etc.

En el tercer grupo de aportaciones se describen algunas de las áreas generales de aplicación CSP, en las que se desarrollan asimismo modelos y técnicas específicos.

- **'CSP aplicados a la diagnosis basada en modelos'**, donde se trata la aplicación de la metodología CSP a problemas de diagnosis de sistemas.
- **'CSP y Bases de Datos Restrictivas'**, que plantea la aplicación de técnicas CSP para la representación y recuperación de un gran volumen de información, representada mediante restricciones espacio-temporales.
- **'Recuperación de Crónicas y de Patrones Temporales en grandes colecciones de documentos'**, que presenta la aplicación de CSPs para la automatización de los procesos de almacenamiento y recuperación de información en sistemas documentales de amplio volumen.

Cabe desear que esta panorámica general que se presenta sobre la metodología CSP resulte de interés, tanto para los ya iniciados, como para los menos conocedores de la misma. Esta monografía tiene además una alta relación con el número anterior (No.19) de esta misma revista, en el que se presentó una excelente monografía sobre 'Metaheurísticas'. Y, finalmente, por supuesto, agradecer a todos los participantes en la misma su dedicación y esfuerzo.