

Programación con restricciones

José Luis Rodríguez y Alexandre Muñoz

September 2023

1 Introducción

La programación con restricciones (CP) es un paradigma para resolver problemas combinatorios que se basa en una amplia gama de técnicas de inteligencia artificial, informática e investigación operativa. En la programación con restricciones, los usuarios declaran las restricciones sobre las soluciones factibles para un conjunto de variables de decisión. Las restricciones difieren de las primitivas comunes de los lenguajes de programación imperativos en que no especifican un paso o una secuencia de pasos a ejecutar, sino las propiedades de una solución a encontrar. Además de las restricciones, los usuarios deben especificar un método para resolverlas. La CP ha sido identificada como una técnica prometedora para resolver eficientemente problemas de optimización discretos. El CP ha encontrado aplicaciones en diversas áreas y ha disfrutado de un gran éxito en áreas que implican la optimización combinatoria, como los problemas de asignación y programación.

1.1 Relevancia en Ciencia de Datos

La programación con restricciones desempeña un papel importante en la ciencia de datos al permitirnos modelar y resolver problemas combinatorios y de optimización que son comunes en este campo. Proporciona un enfoque sistemático y eficiente para encontrar soluciones que cumplan con las restricciones especificadas, lo que resulta en análisis y resultados más precisos y efectivos. Algunos ejemplos son:

1. Optimización de Problemas de Ciencia de Datos

En la ciencia de datos, se pueden enfrentar problemas de optimización que implican encontrar la mejor solución dentro de un conjunto de restricciones. Por ejemplo, en el aprendizaje automático, se pueden utilizar técnicas de CP para optimizar hiperparámetros de modelos, encontrar combinaciones óptimas de características o resolver problemas de programación lineal en optimización de carteras financieras.

2. Planificación y Programación

Se utiliza en la planificación de tareas y asignación de recursos en proyectos de ciencia de datos. Puede ayudar a distribuir recursos de manera eficiente o asignar trabajos a trabajadores en sistemas de procesamiento de datos distribuidos.

3. Detección de Anomalías

CP se utiliza para definir restricciones sobre datos normales y, a partir de estas restricciones, detectar datos que se desvían de lo esperado, lo que puede ser indicativo de problemas o fraudes.

4. Scheduling en Procesamiento de Datos

En proyectos de procesamiento de datos a GRAN ESCALA, como flujos de datos en tiempo real, CP se utiliza para programar y administrar tareas de manera eficiente, garantizando que se cumplan ciertas restricciones, como límites de tiempo o recursos disponibles.

5. Optimización de Recursos en Big Data

CP puede ayudar a asignar recursos como CPU, memoria o almacenamiento de manera óptima para satisfacer los requisitos de procesamiento y garantizar que se cumplan restricciones de rendimiento.

1.2 Comparación de Satisfabilidad y Optimización

La satisfacción de restricciones se centra en encontrar una solución factible que cumpla con todas las restricciones especificadas. El objetivo principal es determinar si es posible encontrar una asignación de valores a variables que satisfaga todas las restricciones. Si se encuentra una solución, no se busca necesariamente la mejor o más óptima, sino simplemente una solución válida. Por ejemplo, determinar si es posible colorear un mapa de manera que dos regiones adyacentes no tengan el mismo color.

Por otro lado, la optimización con restricciones busca encontrar la mejor solución posible dentro de un conjunto de restricciones. El objetivo es encontrar una solución que optimice una función objetivo en función de las restricciones dadas. Esto implica encontrar la combinación óptima de valores para las variables de decisión que cumplan con todas las restricciones y maximicen o minimicen la función objetivo. Por ejemplo, la asignación de trabajadores a tareas de manera que se minimice el costo total de mano de obra, cumpliendo con las restricciones de disponibilidad de trabajadores y tiempo de ejecución de tareas o el problema de la mochila.

En términos de comparación, la satisfacción de restricciones se enfoca en la viabilidad, es decir, en encontrar una solución válida, mientras que la optimización con restricciones busca la solución óptima. La satisfacción de restricciones es útil cuando solo se necesita determinar si es posible satisfacer todas las restricciones, mientras que la optimización con restricciones es adecuada cuando se busca la mejor solución posible dentro de las restricciones dadas.

1.3 Diferenciación entre CP y LP

La diferencia entre la programación con restricciones (CP) y la programación lineal (LP) radica en sus enfoques y objetivos.

La programación con restricciones (CP) se centra en la resolución de problemas mediante la especificación de restricciones y la búsqueda de soluciones que cumplan con todas esas restricciones. Se utiliza para problemas complejos en los que se deben tener en cuenta múltiples restricciones, como limitaciones de recursos, restricciones de tiempo o restricciones de capacidad. La CP busca encontrar una asignación de valores a variables que satisfaga todas las restricciones especificadas. Por ejemplo, para asignación de tareas

Por otro lado, la programación lineal (LP) se enfoca en la optimización de una función objetivo lineal sujeta a restricciones lineales. Es un método utilizado para resolver problemas de optimización en los que se busca maximizar o minimizar una función lineal sujeta a restricciones lineales. La LP utiliza variables continuas y busca encontrar los valores óptimos para esas variables que maximicen o minimicen la función objetivo, cumpliendo con todas las restricciones lineales. Por ejemplo, para la gestión de inventarios.

En resumen, la programación con restricciones (CP) se centra en encontrar soluciones que cumplan con todas las restricciones específicas, mientras que la programación lineal (LP) busca encontrar soluciones óptimas que optimicen una función objetivo lineal sujeta a restricciones lineales. Ambos enfoques son útiles en diferentes contextos y se utilizan para resolver problemas de optimización con diferentes tipos de restricciones.