

Programación con restricciones

Ana López Palomo y Andrea Manuel Simon

September 2023

1 Definición de programación con restricciones

La programación con restricciones permite al usuario encontrar las soluciones a un problema que tenga condiciones. Es una herramienta muy valiosa para las resoluciones de problemas de ciencias de datos.

Podemos utilizar la programación con restricciones de dos maneras: para encontrar todas las soluciones posibles (satisfacibilidad), o para encontrar la mejor solución (optimización).

2 Diferencias entre la satisfacibilidad y la optimización

2.1 Satisfacibilidad:

En el ejemplo de los scouts, tenemos estas cuatro observaciones: El número de soldados enemigos es múltiplo de 13, 19 y 37, y además no supera los 10000. Nuestra variable en este problema es el número de soldados enemigos, sea "army", y esta variable tiene una cota: no supera los 10000 y, como es un ejército, es mayor de 1:

$$1 \leq army \leq 1000$$

Por otra parte, las restricciones son las observaciones de los scouts. En código, añadimos las limitaciones con "AddModuloEquality" de esta manera:

AddModuloEquality(objetivo, variable, modulo) donde $variable \div modulo = objetivo$ Por tanto, los módulos serán 13, 19 y 37, el objetivo será 0 en las tres restricciones y la variable es "army".

En este caso, como buscamos todas las soluciones posibles, sean buenas, malas, o regulares, no tenemos que añadir ninguna función objetivo. No hay nada que optimizar.

La solución del modelo es de 9139 soldados, únicamente, pero si quitamos la cota de hasta 10000 soldados, hay muchas más (18278, 27417, 36556...). Todas estas soluciones satisfacen nuestras restricciones de múltiplos, pero no son mejores unas que otras.

2.2 Optimización:

En esta parte vamos a ver cómo optimizar los recursos de nuestro ejército para la guerra que está a punto de comenzar. Necesitamos llenar un vagón de suministros con una capacidad de 19 plazas con raciones de comida, aunque no todas las raciones son igual de populares.

Raciones:

Pan: ocupa 1 de espacio y tiene una popularidad de 3

Carne: ocupa 3 de espacio y tiene una popularidad de 10.

Cerveza: ocupa 7 de espacio y tiene una popularidad de 26.

Para tener a los soldados contentos tenemos que seleccionar las raciones en función de su popularidad, es decir, maximizar la popularidad de las raciones sin excedernos de la capacidad del vagón. Este problema de selección es una derivación del famoso problema de la mochila.

Vamos a resolver el ejercicio usando programación de restricciones y con CP, donde hallaremos soluciones factibles optimizando los algoritmos para manejar la sobrecarga.

Pasos a seguir:

Primero, declaramos las tres variables de comida y estableceremos su rango de cero a la capacidad del vagón, 19.

Segundo, escribiremos las inecuaciones de las restricciones en función de la capacidad del vagón ($1pan + 3carne + 7cerveza \leq 19$).

Tercero, la ecuación a maximizar será según la popularidad de la comida ($3pan + 10carne + 26cerveza$)

Al final, obtenemos una popularidad de 68 con 2 panes, 1 carne y 2 cervezas. Aunque esta solución es la más óptima, no es la única que ha encontrado. Para ver cuántas ha encontrado realizaremos una clase que se encargará de contar todas las posibles soluciones (óptimas y no óptimas). La clase heredarán de `CpSolverSolutionCallback`, para poder retroceder y contar todas las posibles soluciones.

Tras realizar el programa, encontramos 121 soluciones.

Todo esto se debe a que CP combina las 3 técnicas más populares para resolver los problemas de satisfacción de restricciones, son el retroceso, la programación de restricciones y la búsqueda local. En otras palabras, combina heurística y búsqueda combinatoria.

2.3 Conclusión:

Como podemos ver con las explicaciones anteriores, la diferencia entre la satisfacibilidad y la optimización es que en el primer caso buscamos todas las soluciones, sin optimizar. En el segundo caso, sí queremos buscar la mejor de las opciones, por tanto, se usa heurística y búsqueda combinatoria.

3 Diferencia entre Programación con restricciones y programación lineal

La programación lineal comparte algunas cosas con CP, como la optimización matemática y la heurística. Las diferencias son que la LP es para parámetros continuos y no admite restricciones especializadas, mientras que CP es para discretos y admite restricciones especializadas.