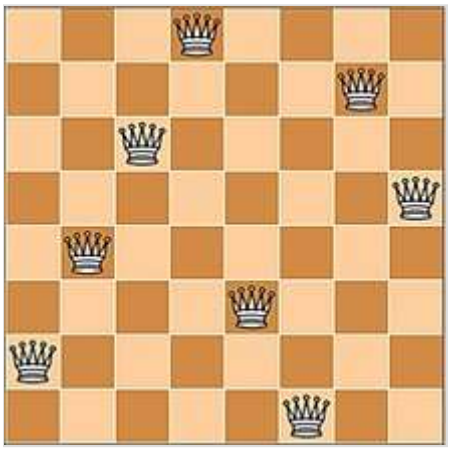
Búsqueda de fuerza bruta

En informática, la **búsqueda por fuerza bruta**, **búsqueda combinatoria**, **búsqueda exhaustiva** o simplemente **fuerza bruta** es una técnica trivial pero a menudo usada, que consiste en enumerar sistemáticamente todos los posibles candidatos para la solución de un problema, con el fin de chequear si dicho candidato satisface la solución al mismo.



El problema de las ocho reinas puede ser resuelto por fuerza bruta, pero no es adecuado debido al elevado número de combinaciones posibles.

Por ejemplo, un algoritmo de fuerza bruta para encontrar el divisor de un número natural n consistiría en enumerar todos los enteros desde 1 hasta n, chequeando si cada uno de ellos divide n sin generar resto. Otro ejemplo de búsqueda por fuerza bruta, en este caso para solucionar el problema de las ocho reinas (posicionar ocho reinas en el tablero de ajedrez de forma que ninguna de ellas ataque al resto), consistiría en examinar todas las combinaciones de posición para las 8 reinas (en total 64!/8!(64-8)! = 4.426.165.368 posiciones diferentes), comprobando en cada una de ellas si las reinas se atacan mutuamente.

La búsqueda por fuerza bruta es sencilla de implementar y, siempre que exista, encuentra una solución. Sin embargo, su coste de ejecución es proporcional al número de soluciones candidatas, el cual es exponencialmente proporcional al tamaño del problema. Por el contrario, la búsqueda por fuerza bruta se usa habitualmente cuando el número de soluciones candidatas no es elevado, o bien cuando este puede reducirse previamente usando algún otro método heurístico.

Es un método utilizado también cuando es más importante una implementación sencilla que una mayor rapidez. Este puede ser el caso en aplicaciones críticas donde cualquier error en el algoritmo puede acarrear serias consecuencias; también es útil como método "base" cuando se desea comparar el desempeño de otros algoritmos metaheurísticos. La búsqueda de fuerza bruta puede ser vista como el método metaheurístico más simple.

La búsqueda por fuerza bruta no se debe confundir con backtracking, método que descarta un gran número de conjuntos de soluciones, sin enumerar explícitamente cada una de las mismas.

Implementación de la búsqueda por fuerza bruta

Algoritmo básico

Para poder utilizar la búsqueda por fuerza bruta a un tipo específico de problema, se deben implementar las funciones *primero*, *siguiente*, *valido*, y *mostrar*. Todas recogerán el parámetro *P* indicando una instancia en particular del problema:

1. *primero* (*P*): genera la primera solución candidata para *P*.
2. *siguiente* (*P*, *c*): genera la siguiente solución candidata para *P* después de una solución candidata *c*.
3. *valido* (*P*, *c*): chequea si una solución candidata *c* es una solución correcta de *P*.
4. *mostrar* (*P*, *c*): informa que la solución *c* es una solución correcta de *P*.

La función *siguiente* debe indicar de alguna forma cuándo no existen más soluciones candidatas para el problema *P* después de la última. Una forma de realizar esto consiste en devolver un valor "nulo". De esta misma forma, la función *primero* devolverá un valor "nulo" cuando no exista ninguna solución candidata al problema *P*.

Usando tales funciones, la búsqueda por fuerza bruta se expresa mediante el siguiente algoritmo:

```
c ← primero(P)
mientras c != null
  si valido(P,c) entonces mostrar(P, c)
  c ← siguiente(P,c)
```

Por ejemplo, para buscar los divisores de un entero n, la instancia del problema P es el propio número n. la llamada *primero* (n) devolverá 1 siempre y cuando $n \geq 1$, y "nulo" en otro caso; la función *siguiente* (n,c) debe devolver $c + 1$ si $c < n$, y "nulo" caso contrario; *válido* (n,c) devolverá **verdadero** si y solo si c es un divisor de n.

Variaciones comunes en el algoritmo

El algoritmo descrito anteriormente llama a la función *mostrar* para cada solución al problema. Este puede ser fácilmente modificado de forma que termine una vez encuentre la primera solución, o bien después de encontrar un determinado número de soluciones, después de probar con un número específico de soluciones candidatas, o después de haber consumido una cantidad fija de tiempo de CPU.

Explosión combinacional

La principal desventaja del método de fuerza bruta es que, para la mayoría de problemas reales, el número de soluciones candidatas es prohibitivamente elevado.

Por ejemplo, para buscar los divisores de un número n tal y como se describe anteriormente, el número de soluciones candidatas a probar será de n. Por tanto, si n consta de, digamos, 16 dígitos, la búsqueda requerirá de al menos 10^{15} comparaciones computacionales, tarea que puede tardar varios días en un ordenador personal. Si n es un bit de 64 dígitos, que aproximadamente puede tener hasta 19 dígitos decimales, la búsqueda puede tardar del orden de 10 años.

Este crecimiento exponencial en el número de candidatos, cuando crece el tamaño del problema ocurre en todo tipo de problemas. Por ejemplo, si buscamos una combinación particular de 10 elementos entonces tendremos que considerar 10! = 3,628,800 candidatos diferentes, lo cual en un PC habitual puede ser generado y probado en menos de un segundo. Sin embargo, añadir un único elemento más —lo cual supone solo un 10% más en el tamaño del problema— multiplicará el número de candidatos 11 veces — lo que supone un 1000% de incremento. Para 20 elementos el

número de candidatos diferentes es 20!, es decir, aproximadamente 2.4×10^{18} o 2.4 millones de millones de millones; la búsqueda podría tardar unos 10 000 años. A este fenómeno no deseado se le denomina explosión combinacional.

Fuerza bruta lógica

La fuerza bruta lógica, consiste básicamente en lo mismo, pero evitando casos que por razones demasiado obvias se sabe que quedan fuera de la solución buscada.

Este método sólo se usa cuando el número de posibilidades a evitar es lo suficientemente grande y que contando con el tiempo de ejecución del código necesario para implementarlo, reduzca ampliamente el tiempo necesario para encontrar el resultado esperado.

Cuando se habla de *fuerza bruta lógica*, por contraste, la contrapuesta es llamada *fuerza bruta ciega*.

Con el ejemplo de arriba, cuando tratamos por fuerza bruta de encontrar el divisor de un número natural *n* enumeraríamos todos los enteros desde 1 hasta *n*, chequeando si cada uno de ellos divide *n* sin generar resto. La fuerza bruta lógica haría lo mismo pero solo con los números primos, dada una tabla de primos, o solo con los impares y el 2 si no poseemos una tabla de primos. Dado que sabemos que cualquier número está compuesto de primos en cualquier cantidad y esto es demasiado obvio, no es absolutamente necesario revisar el 4,6,8,10,12,14,15,16 si ya hemos mirado el 2,3,5,7...

La fuerza bruta lógica sigue siendo fuerza bruta, ya que recorre sin estrategia el espacio de posibilidades pero descartando posibilidades muy obvias y relativamente fáciles de implementar.

Véase también

- Ataque de fuerza bruta
- Cota superior asintótica