

Rozmieszczanie kamer bezpieczeństwa

Wiktor Franus
Grzegorz Staniszewski

14 listopada 2017

Spis treści

1	Treść zadania	2
2	Założenia	2
3	Przestrzeń przeszukiwań	2
4	Funkcja celu	3
5	Przykład	3
6	Metaheurystyka	4
7	Przewidywane wyniki pracy	4

1 Treść zadania

Jak optymalnie rozmieścić kamery monitoringu w ustalonym pomieszczeniu (rzut z góry), aby minimalną liczbą kamer móc obserwować dowolne miejsce (z uwzględnieniem maksymalnej dopuszczalnej odległości od kamery). W rozwiązaniu należy uwzględnić możliwość zapewnienia parametryzowanej redundancji - tzn. wymagania, aby każde miejsce było obserwowane przez co najmniej n kamer.

2 Założenia

1. Pomieszczenie jest wielokątem zawierającym tylko kąty o mierze 90 lub 270 stopni. Pomieszczenie reprezentowane jest przez zbiór punktów (z I ćwiartki układu współrzędnych) podanych w formie listy. Połączenie tych punktów linią, zgodnie z ich kolejnością na liście, skutkuje otrzymaniem linii łamanej ograniczającej pomieszczenie.
2. Kamery mają jednakowy zasięg reprezentowany przez kwadrat o stałej długości boku równej 2 jednostki. Współrzędne kamery są jednocześnie współrzędnymi środka tego kwadratu. Kamera musi znajdować się wewnątrz pomieszczenia i nie przenika przez ściany.
3. Wnętrze pomieszczenia zdyskretyzowane jest do zbioru punktów o współrzędnych całkowitych poprzez nałożenie siatki o gęstości 1 jednostki.

3 Przestrzeń przeszukiwań

- Stanem w przestrzeni przeszukiwań jest zbiór kamer wraz z ich położeniem.
- Stan początkowy jest zbiorem zawierającym n_{kmin} (obliczane jako stosunek pola powierzchni pomieszczenia do pola powierzchni zasięgu jednej kamery, zaokrąglany do jedności w górę) kamer rozmieszczonych losowo wewnątrz pomieszczenia.
- Przejście do kolejnego stanu możliwe jest poprzez:
 - zmianę współrzędnych x lub y jednej z kamer o 1 jednostkę
 - dodanie nowej kamery w losowym miejscu
 - usunięcie jednej kamery

4 Funkcja celu

Informacje znane dla danej instancji problemu:

n_{kmin} - minimalna teoretyczna liczba kamer wymagana do pokrycia danego pomieszczenia

X - zbiór punktów reprezentujących wnętrze pomieszczenia

Parametry do strojenia:

α - zysk z pokrycia $\frac{1}{100}$ pola powierzchni pomieszczenia

β - koszt użycia nadmiarowej kamery

r_{min} - minimalna liczba kamer pokrywająca każde miejsce w pomieszczeniu

Zadanie polega na maksymalizacji funkcji:

$$f(p, k, r) = \alpha * p - \beta * k - \frac{1}{r_{min}} * r$$

gdzie:

p - stosunek powierzchni pokrytej przez kamery do powierzchni pomieszczenia

k - stosunek nadwyżki liczby kamer do n_{kmin} , obliczany wg. wzoru:

$$k = \frac{\max(0, n_k - n_{kmin})}{n_{kmin}}, \text{ gdzie } n_k - \text{liczba kamer w aktualnym stanie}$$

r - średni stopień niespełnienia warunku redundancji dla punktu z wnętrza pomieszczenia, obliczany wg. wzoru:

$$r = \frac{\sum_{x \in X} \max(0, r_{min} - r_x)}{|X|}, \text{ gdzie } r_x - \text{liczba kamer pokrywających punkt } x$$

5 Przykład

- Wartości parametrów:

$$\alpha = 1$$

$$\beta = 1$$

$$r_{min} = 1$$

- Informacje obliczone dla powyższego pomieszczenia:

pole powierzchni pomieszczenia: 80

$$n_{kmin} = \frac{80}{2*2} = 20$$

$$|X| = 105$$

- Obliczenie wartości funkcji celu dla stanu z rysunku:

Liczba kamer użytych: 6

Pole powierzchni pokryte przez kamery: 18

$$\begin{aligned}
p &= \frac{18}{80} = 0.225 \\
k &= \frac{\max(0, 6-20)}{20} = \frac{0}{20} = 0 \\
r &= \frac{44*0+61*1}{105} = \frac{61}{105} = 0.58 \\
f(p, k, r) &= 1 * 0.225 - 1 * 0 - 1 * 0.58 = -0.355
\end{aligned}$$

6 Metaheurystyka

Do rozwiązania problemu użyjemy algorytmu symulowanego wyżarzania. Przy odpowiednio dobranych parametrach metoda ta, w porównaniu do algorytmów wspinaczkowych, daje większą szansę na znalezienie optymalnego rozwiązania, ponieważ zmniejsza ryzyko zatrzymania się w ekstremach lokalnych. W początkowej fazie przeszukiwania przestrzeni dopuszczalne jest przechodzenie do stanów gorszych (o mniejszej wartości funkcji celu). Wraz z rosnącą liczbą iteracji obszar poszukiwań jest ograniczany, a algorytm bardziej skupia się na poprawie bieżącego rozwiązania.

7 Przewidywane wyniki pracy

Przeprowadzona zostanie seria eksperymentów z różnymi wartościami parametrów α , β , r_{min} na kilku instancjach problemu (różne pomieszczenia). Sporządzone zostaną wykresy przedstawiające wartość funkcji celu oraz liczbę użytych kamer w zależności od liczby wykonanych iteracji. Sprawdzony zostanie wpływ parametru temperatury poprzez zmianę jego wartości początkowej oraz funkcji wygaszania.