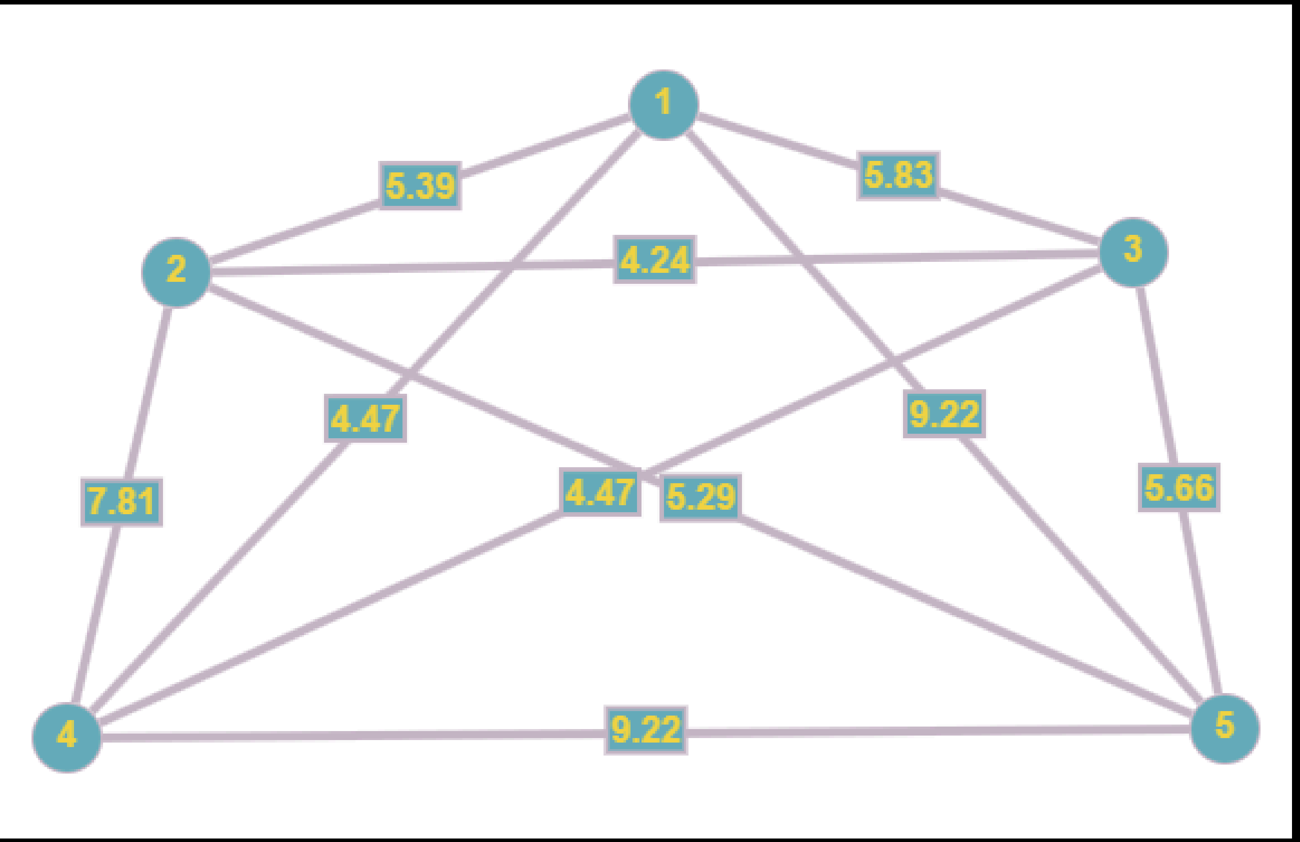
Trabalho de Otimização

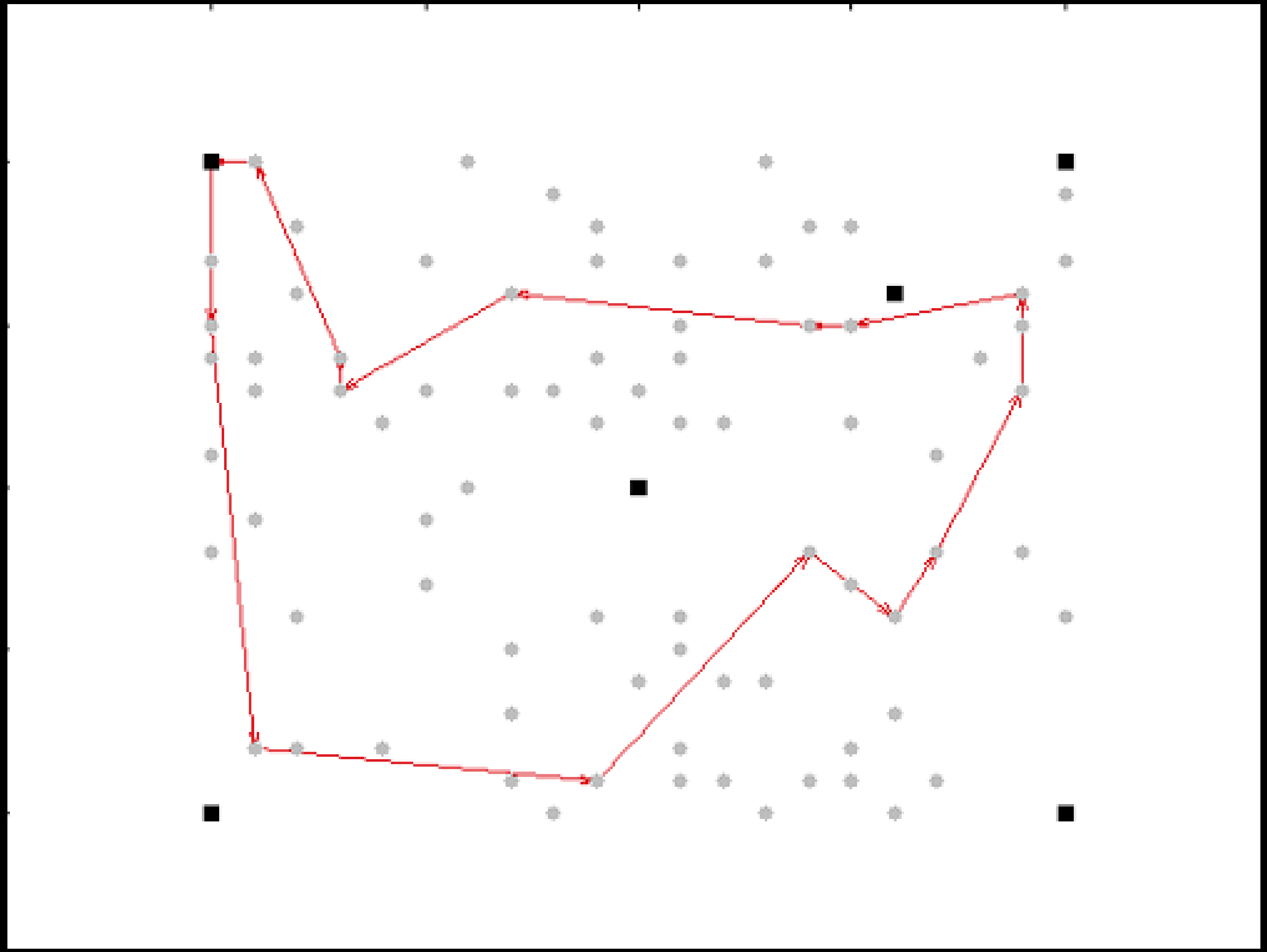
Integrantes: Cainã Penna Mendes, Kayo Xavier Nascimento Cavalcante Leite, Rafael Xavier Ribeiro

Uma heurística baseada em GRASP-VND para o Problema de Roteamento de Mula de Dados em Redes Mistas

Autores: Igor Morais, Pablo Luiz Araújo Munhoz, Marcos A. Guerine, Pedro Henrique González

Contextualizando o Problema:





Dados de Entrada:

- *n*: Número de sensores.
- *Sensores*: Conjunto de sensores de 1 a *n.*
- *b:* Nó base, onde a mula de dados começa e termina seu percurso.
- *distancia[Sensores][Sensores]:* Matriz de distâncias entre cada par de sensores.
- *raio: [Sensores]:* Raio de comunicação de cada sensor.
- *C [i* $\in$ *Sensores]:* Conjunto que define os sensores que estão dentro do raio de comunicação de um sensor *i.*

Variáveis de decisão:

- *x[Sensores][Sensores]:* Variável binária que indica se a aresta entre os sensores *i* e *j* faz parte da solução (1 se sim, 0 se não).
- y*[Sensores]:* Variável binária que indica se o sensor *i* é visitado (1 se sim. 0 se não).
- z*[Sensores][Sensores]:* Variável auxiliar para evitar a formação de subciclos na rota.

Função Objetivo

A função objetivo é minimizar a distância total percorrida pela mula de dados:

$$\min \sum_{(i,j)\in A} d_{ij} x_{ij}$$

Ou seja, busca-se minimizar a soma das distâncias entre os sensores que estão conectados.

Restrições:

Cobertura dos Sensores:

$$\sum_{j \in \bar{C}(i) \cup \{i\}} y_j \geq 1, \quad \forall i \in V \setminus \{0\}$$

Essa restrição garante que, se um sensor estiver dentro do raio de comunicação de outro já visitado, ele não precisa ser visitado diretamente pela mula de dados.

Formação do Ciclo:

$$\sum_{j \in \delta^+(i)} x_{ij} = y_i,$$

$$\sum_{j \in \delta^-(i)} x_{ji} = y_i,$$

$$\forall i \in V$$

Esta restrição garante que, se um sensor for visitado, deve haver um fluxo de entrada e saída, formando um ciclo válido.

Base sempre visitada:

$$y_b = 1,$$

Garante que a mula de dados sempre visite a base.

Eliminação de Subciclos:

$$\sum_{j\in\delta^+(i)} z_{ij} = \sum_{j\in\delta^-(i)} z_{ji} + y_i,$$

$$z_{ij} \leq \sum_{l\in V} y_l,$$

Essas restrições garantem que não haja subciclos na solução, utilizando as variáveis auxiliares *z*.

Fluxo da base

$$\sum_{j \in \delta^+(0)} z_{0j} = y_0,$$

$$\sum_{j \in \delta^-(0)} z_{j0} = \sum_{l \in V} y_l$$

Essas restrições garantem o ciclo completo, pois definem z para base como o somatorio de todos os nos visitados.

Aplicação

Foram usados um total de 3 exemplos para rodar este programa como teste.

Exemplo 1

Neste caso foram utilizados 5 sensores gerando a matriz de distâncias. A base para este exemplo foi definida como o Sensor 2.

$$\begin{pmatrix} 0.0 & 5.39 & 5.83 & 4.47 & 9.22 \\ 5.39 & 0.0 & 4.24 & 7.81 & 5.39 \\ 5.83 & 4.24 & 0.0 & 4.47 & 5.66 \\ 4.47 & 7.81 & 4.47 & 0.0 & 9.22 \\ 9.22 & 5.39 & 5.66 & 9.22 & 0.0 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{raio^T} = [5.0, 9.0, 4.0, 7.0, 8.0]$$

Exemplo 2

Neste caso foram utilizados 10 sensores gerando a matriz de distâncias A base para este exemplo foi definida como o Sensor 1:

$$\begin{pmatrix}
0.0 & 4.2 & 5.5 & 7.8 & 6.1 & 8.9 & 9.2 & 5.3 & 4.9 & 6.4 \\
4.2 & 0.0 & 3.6 & 6.7 & 8.2 & 5.5 & 7.9 & 9.3 & 4.6 & 7.5 \\
5.5 & 3.6 & 0.0 & 4.9 & 6.8 & 7.2 & 5.1 & 6.4 & 9.1 & 8.7 \\
7.8 & 6.7 & 4.9 & 0.0 & 5.3 & 9.0 & 6.7 & 4.8 & 6.9 & 9.2 \\
6.1 & 8.2 & 6.8 & 5.3 & 0.0 & 4.7 & 6.9 & 5.1 & 7.8 & 4.3 \\
8.9 & 5.5 & 7.2 & 9.0 & 4.7 & 0.0 & 5.8 & 6.6 & 8.4 & 7.3 \\
9.2 & 7.9 & 5.1 & 6.7 & 6.9 & 5.8 & 0.0 & 4.5 & 5.7 & 7.9 \\
5.3 & 9.3 & 6.4 & 4.8 & 5.1 & 6.6 & 4.5 & 0.0 & 6.1 & 8.2 \\
4.9 & 4.6 & 9.1 & 6.9 & 7.8 & 8.4 & 5.7 & 6.1 & 0.0 & 5.3 \\
6.4 & 7.5 & 8.7 & 9.2 & 4.3 & 7.3 & 7.9 & 8.2 & 5.3 & 0.0
\end{pmatrix}$$

$$\mathbf{raio^T} = [4.0, 5.5, 4.2, 6.0, 4.8, 5.9, 4.5, 5.0, 6.2, 4.7]$$

Exemplo 3

Neste caso foram utilizados 20 sensores gerando a matriz de distâncias A base para este exemplo foi definida como o Sensor 10:

$$\mathbf{raio^T} = [10, 14.5, 6, 5.5, 14.8, 10.1, 12.2, 13.9, 11.3, 12.2, 4.6, 17.1, 22.75.4, 26, 15.7, 14.4, 16.3, 5, 4.8]$$

Resultados

Dificuldades

Dificuldades Encontradas

O problema de roteamento de mula de dados é classificado como NP-difícil, o que torna inviável o uso de métodos tradicionais, como a programação linear ou busca exaustiva, em redes grandes devido ao aumento exponencial no tempo de cálculo. Métodos clássicos enfrentam dificuldades para lidar com a dinâmica dos dados, e sem meta-heurísticas, a flexibilidade e adaptabilidade das soluções são comprometidas. Além disso, o tempo de cálculo torna-se um obstáculo significativo, dificultando análises robustas. A falta de meta-heurísticas também limita a obtenção de soluções práticas e aplicáveis, prejudicando a avaliação de desempenho e comparações. Por fim, a rigidez dos métodos tradicionais dificulta a personalização do algoritmo para atender às necessidades específicas do problema.

Conclusão

Diante dessas dificuldades, fica evidente que compilar e obter resultados sem a utilização de meta-heurísticas em um problema como o Problema de Roteamento de Mula de Dados em Redes Mistas pode não apenas aumentar a complexidade do processo, mas também limitar a eficácia e a aplicabilidade das soluções. Para abordar essas questões, a adoção de técnicas de otimização que considerem a natureza multifacetada do problema pode ser essencial para se alcançar resultados significativos e práticos.

FIM