



TÉCNICAS METAHEURÍSTICAS PARA OTIMIZAÇÃO COMBINATÓRIA

Discente: Marcelo Edivan Freitas Santos

Docentes: Puca Huachi e Marcone Jamilson



THE ELECTRIC FLEET SIZE AND MIX VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH TIME WINDOWS AND RECHARGING STATIONS

(E-FSMFTW)



SUMÁRIO

- Introdução
- Caracterização do Problema
- Metodologia
 - Representação da Solução
 - Movimentos
 - Função de Avaliação
- Algoritmos
- Resultados Computacionais
- Conclusão e Trabalhos Futuros
- Referências Bibliográficas

INTRODUÇÃO

Estudos são realizados na área de Pesquisa Operacional com intuito de otimizar as rotas de distribuição em um sistema de logística e transporte trazendo benefícios como a diminuição do custo operacional das empresas e os impactos negativos dos sistemas de distribuição, como engarrafamento e poluição. E foi justamente para resolver o problema da poluição (causada pelo sistema de logística e transporte) que nasceu uma variante do Problema de Roteamento de Veículos (PRV); onde é feito o uso de uma frota heterogênea de veículos elétricos.

CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

O E-FSMFTW consiste em determinar boas rotas de atendimento para um determinado grupo de clientes, respeitando suas respectivas janelas de tempo, usando uma frota heterogênea de veículos elétricos de modo que o custo seja aceitável assim como o tempo de processamento gasto para encontrar as mesmas.

METODOLOGIA

- Representação da solução

A solução é representada como uma matriz M de $n \times m$, onde o número de colunas m de cada linha é variável, acompanhado de um vetor v de tamanho n onde cada posição diz respeito ao veículo usado para realizar a rota. Cada linha completa M_i da matriz representa uma rota de atendimento, as posições da coluna M_{ij} dizem respeito a ordem de atendimento, podendo variar entre três tipos, c = Cliente, e = Estação, d = Depósito. Exemplo a seguir:

$$M = \begin{matrix} \{d0, c3, c5, e0, c2, d0\} \\ \{d0, c1, c0, c4, e1, c6, d0\} \end{matrix} \quad v1 = \{v1, v2\}$$

METODOLOGIA

▪ Movimentos

O espaço de buscas é explorado pelos 4 seguintes movimentos:

Intrarrotas :

Realocação: Um cliente é removido e reinserido em outra posição da rota.

$$M = \begin{matrix} \{d0, c5, e0, c3, c2, d0\} \\ \{d0, c1, c0, c4, e1, c6, d0\} \end{matrix} \quad v1 = \{v1, v2\}$$

Troca: É feito uma permutação entre dois clientes da rota.

$$M = \begin{matrix} \{d0, c3, c5, e0, c2, d0\} \\ \{d0, c1, c4, c0, e1, c6, d0\} \end{matrix} \quad v1 = \{v1, v2\}$$

METODOLOGIA

- Movimentos

Inter-rotas:

Realocação: Um cliente é removido de uma rota e reinserido em outra rota.

$$M = \begin{matrix} \{d0, c5, e0, c2, d0\} \\ \{d0, c1, c0, c3, c4, e1, c6, d0\} \end{matrix} \quad v1 = \{v1, v2\}$$

Troca: É feita a permutação entre o cliente i de uma rota e o cliente j de outra.

$$M = \begin{matrix} \{d0, c3, c6, e0, c2, d0\} \\ \{d0, c1, c0, c4, e1, c5, d0\} \end{matrix} \quad v1 = \{v1, v2\}$$

METODOLOGIA

▪ Função de avaliação

$$\min \sum_{k \in V} \sum_{j \in V} f^k x_{0j}^k + \sum_{k \in V} \sum_{i \in N, j \in N, i \neq j} c_{ij}^k x_{ij}^k + P$$

Onde temos os índices,

k : que representa o índice do veículo que faz a rota.

i e j : que representam o índice de visita do cliente/estação/deposito dentro da matriz.

E as variáveis,

V : Conjunto dos tipos de veículos.

N : Conjunto de nós, união do conjunto de depósitos, clientes e estações de recarga

f^k : que diz respeito ao custo fixo (aquisição do veículo).

x_{ij}^k : é uma variável binaria que assume valor 1 se o veículo k foi usado para fazer a visita do nó i para o nó j e 0 caso contrário.

c_{ij}^k : representa o custo para que o veículo k vá do nó i para o nó j .

P : representa um custo adicional por penalização caso algum cliente seja atendido após o término da sua janela de tempo, caso o veículo chegue antes do início da janela não há penalização apenas é adicionado o tempo de espera

ALGORITMOS

Para se chegar aos resultados foi feita uma junção entre duas Metaheurísticas, onde a Metaheurística VNS se tornou o procedimento de BuscaLocal da Metaheurística Multi-Start. Já no VNS o procedimento BuscaLocal é o VND. Para a construção da solução inicial foi usado o método parcialmente aleatório do vizinho mais próximo.

Algoritmo 1: Multi-Start

```
1  início
2       $f^* \leftarrow \infty$ 
3      enquanto (Critério de parada não atendido) faça
4           $s \leftarrow \text{ConstruaSolucao}()$ ;
5           $s \leftarrow \text{GVNS}(s)$ ;
6          se ( $f(s) < f(s^*)$ ) então
7               $s^* \leftarrow s$ ;
8               $f^* \leftarrow f(s)$ ;
9          fim-se;
10     Fim-enquanto;
11      $s \leftarrow s^*$ ;
12     Retorne s;
13 fim
```

ALGORITMOS

Algoritmo 2: GVNS

```
1  início
2     $s \leftarrow s_0$ ;
3    embaralha movs[r]
4    enquanto (Critério de parada não atendido) faça
5       $k \leftarrow 1$ ;
6      enquanto ( $k < r$ ) faça
7        gere um vizinho qualquer  $s' \in N^{(mov[k])}$ ;
8         $s'' \leftarrow VND(s')$ ;
9        se ( $f(s'') < f(s)$ )
10         então  $s \leftarrow s''$ ;  $k \leftarrow 1$ ;
11         senão  $k \leftarrow k + 1$ ;
12       fim-se;
13     fim-enquanto;
14   fim-enquanto;
15   Retorne  $s$ ;
16 fim
```

ALGORITMOS

Algoritmo 3: VND

```
1  início
2     $s \leftarrow s_0$ ;
3    embaralha movs[r]
4    enquanto (Critério de parada não atendido) faça
5       $k \leftarrow 1$ ;
6      enquanto ( $k < r$ ) faça
7        encontre o primeiro melhor vizinho  $s' \in N^{(mov[k])}(s)$ ;
8
9        se ( $f(s') < f(s)$ )
10         então  $s \leftarrow s'$ ;  $k \leftarrow 1$ ;
11         senão  $k \leftarrow k + 1$ ;
12       fim-se;
13     fim-enquanto;
14   fim-enquanto;
15   Retorne  $s$ ;
16 fim
```

ALGORITMOS

A solução inicial é feita pelos algoritmos 4 e 5 apresentados a seguir:

Algoritmo 4: ConstruaSolucao	
1	início
2	$s \leftarrow \text{vazio};$
3	$V \leftarrow \text{vazio};$
4	<u>enquanto</u> (ainda há clientes não atendidos) <u>faça</u>
5	$v \leftarrow \text{qualquer veiculo entre os k tipos};$
6	$V \leftarrow V \cup \{v\};$
7	<u>enquanto</u> (capacidade do veiculo v não for atingida) <u>faça</u>
8	$\text{depot} \leftarrow \text{deposito qualquer};$
9	$s \leftarrow s \cup \{\text{depot}\};$
10	<u>se</u> (veiculo v sem carga) <u>então</u>
11	$s \leftarrow s \cup \{\text{estação mais próxima do ultimo cliente inserido}\};$
12	<u>fim-se};</u>
13	$s \leftarrow s \cup \{\text{ProcuraClienteMaisProximo()}\};$
14	<u>fim-enquanto};</u>
15	$s \leftarrow s \cup \{\text{depot}\};$
16	<u>fim-enquanto};</u>
17	Retorne s;
18	fim

ALGORITMOS

Algoritmo 5: ProcuraClienteMaisProximo

```
1  início
2      c' ← o ultimo nó inserido em s;
3
4      enquanto (probabilidade satisfeita) faça
5          c ← cliente mais próximo de c' ;
6
7      fim-enquanto;
8      Retorne c;
9  fim
```

RESULTADOS COMPUTACIONAIS

<i>Tipo</i>	<i>Instância</i>	<i>Clientes</i>	<i>Valor Função</i>	<i>Tempo(s)</i>
A	c103_21	15	980.81	10
	c106_21	15	1351.66	4.1
	r102_21	15	1696.03	6.52
	r105_21	15	1628.50	2.1
	rc103_21	15	1265.70	4.6
	rc108_21	15	1435.15	2.3
B	c103_21	15	425.80	7.28
	c106_21	15	417.51	4.91
	r102_21	15	980.01	3.6
	r105_21	15	1024.05	3.47
	rc103_21	15	1207.82	0.9
	rc108_21	15	1120.05	0.61
C	c103_21	15	717.8	1.28
	c106_21	15	486.01	1.6
	r102_21	15	945.53	3.25
	r105_21	15	1104.3	2.97
	rc103_21	15	871.7	0.95
	rc108_21	15	755.8	1.25

CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho teve seu foco em no problema de roteamento de veículos elétricos com frota heterogênea, estações de recarga e janelas de tempo, onde o objetivo é minimizar o custo de aquisição dos veículos usados para realizar as rotas somados ao custo de atender os clientes de forma que suas respectivas janelas de tempo sejam respeitadas bem como a capacidade e carga de cada um dos veículos usados.

Para trabalhos futuros o foco é em otimizar esse trabalho criando novos movimentos para explorar o espaço de busca como, por exemplo, criando movimentos para alteração dos veículos e estações de recarga, além de reorganizar o código fonte para que a execução do mesmo se torne mais rápida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Hiermann, Gerhard; Puchinger, Jakob; Ropke, Stefan; Hartl, Richard F. **The Electric Fleet Size and Mix Vehicle Routing Problem with Time Windows** and Recharging Stations. European Journal of Operational Research 252 (2016) 995–1018, 2016.

Notas de aula do professor Marcone Jamilson Freitas Souza. **Variable Neighborhood Descent (VND) e Variable Neighborhood Search(VNS)**.

Notas de aula do professor Marcone Jamilson e Puca Huachi. **Multi-Start**.