

Problema do Caixeiro Viajante com Bônus e Passageiros (TSP-OBP)



Antoniél Magalhães, João Leahy, Luis Felipe



Agenda

1. Introdução
2. Fundamentação Teórica
3. Metodologia
4. Algoritmos Seleccionados
5. Pseudocódigo
6. Outras Perspectivas Algorítmicas
7. Conclusão
8. Referências

O que é o TSP-OBP e suas Variações

- **O que é o TSP-OBP?**

- Extensão do clássico Problema do Caixeiro Viajante (TSP).
- Combina:
 - Coleta de bônus em vértices específicos.
 - Transporte de passageiros com restrições (capacidade, tempo, origem-destino).
- Aplicações:
 - Logística e transporte sob demanda.
 - Roteirização de veículos com incentivos.

- **Variações do Problema:**

- **PCV-CB (Coleta de Bônus):** Visitam-se locais para coletar bônus, equilibrando custos e prêmios.
- **PCV-P (Passageiros):** Integra transporte de passageiros, compartilhando custos da viagem.
- **Problema do Orienteering (OP):** Maximização de prêmios coletados dentro de um limite de tempo.

Complexidade NP-difícil

- O TSP-OBP é um problema **NP-difícil**, o que implica que:
 - Não existe algoritmo conhecido que garanta a solução ótima em tempo polinomial para todas as instâncias.
 - A inclusão de bônus e passageiros adiciona novas dimensões de complexidade combinatória.
- Consequências da complexidade:
 - Soluções exatas são inviáveis para instâncias grandes.
 - É necessário o uso de **heurísticas e meta-heurísticas**, que buscam soluções boas em tempo razoável.

Função Objetivo no TSP-OBP

- A função objetivo busca equilibrar dois objetivos principais:
 - **Maximizar bônus coletados:** Incentiva visitar vértices com prêmios adicionais.
 - **Minimizar custos de deslocamento:** Reduz distâncias percorridas e custos operacionais.
- Formulação matemática:

$$\max \sum_{i \in V} b_i y_i - \alpha \sum_{(i,j) \in E} c_{ij} x_{ij}$$

- Importância em otimização multiobjetivo:
 - Permite modelar conflitos entre diferentes metas, como eficiência e rentabilidade.
 - Essencial para resolver problemas com múltiplas prioridades, como logística e transporte.

Métodos Considerados e Não Selecionados

- **Heurística de Carregamento (HC):**
 - Verifica a disponibilidade de assentos para passageiros em um determinado trecho.
 - Usada para determinar se um passageiro pode ser embarcado em um trecho da rota.
- **NVH (Neighborhood Variable Heuristic):**
 - Busca a melhor solução explorando diferentes vizinhanças de uma solução inicial.
- **VND (Variable Neighborhood Descent):**
 - Utiliza diferentes estruturas de vizinhança para explorar o espaço de soluções.

Abordagem Baseada em GRASP

- **Fase de Construção Semi-Gulosa:**
 - Seleção de vértices com base em custos e bônus.
 - Adição iterativa à rota.
- **Fase de Busca Local com VND:**
 - Troca, remoção e reinserção de passageiros.
 - Refinamento da solução inicial.

Pseudocódigo do GRASP para o TSP-OBP

Algorithm 1 GRASP para o TSP-OBP

Require: Parâmetros: max_iter , $max_no_improve$

Ensure: Melhor solução encontrada

$best_solution \leftarrow \emptyset$

$best_cost \leftarrow \infty$

for $i \leftarrow 1$ até max_iter **do**

$solution \leftarrow ConstructSolution()$

$solution \leftarrow LocalSearch(solution)$

if $Cost(solution) < best_cost$ **then**

$best_solution \leftarrow solution$

$best_cost \leftarrow Cost(solution)$

end if

end for

return $best_solution$

Heurísticas e Meta-Heurísticas Adicionais

- **Heurística Gulosa:**
 - Simplicidade, mas frequentemente limitada a soluções subótimas.
- **Simulated Annealing (SA):**
 - Baseado no recozimento metálico.
 - Equilibra exploração e intensificação com alto custo computacional.
- **Algoritmos Genéticos (GA):**
 - Usa evolução natural para buscar soluções.
 - Requer ajuste fino de parâmetros.
- **Ant Colony Optimization (ACO):**
 - Baseado no comportamento de formigas reais.
 - Eficiente em problemas combinatórios, como roteamento e escalonamento.
 - Requer ajustes de parâmetros para equilíbrio entre exploração e intensificação.

Conclusão

- O TSP-OBP é uma extensão relevante do TSP clássico, combinando desafios adicionais como a coleta de bônus e transporte de passageiros.
- A complexidade do problema exige o uso de algoritmos híbridos e meta-heurísticas, como GRASP e VND, que demonstram eficiência prática.
- Aplicações em logística, transporte sob demanda e roteirização tornam o problema altamente relevante em contextos reais.
- A abordagem discutida ilustra como é possível equilibrar múltiplos objetivos, como custos, prêmios e restrições de transporte.

Referências

- Lopes Filho, J. G. (2019). Problema do Caixeiro Viajante com Coleta Opcional de Bônus, Tempo de Coleta e Passageiros. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN.
- Carvalho, M. R. (2022). Métodos Heurísticos para o TSP-OBP. Journal of Combinatorial Optimization.
- Carnielli, W. and Epstein, R. (2017). Computabilidade e Funções Computáveis. UNESP.
- Goldbarg, M. and Goldbarg, E. (2012). Grafos: Conceitos, algoritmos e aplicações. Elsevier.