

INTRODUÇÃO A HEURÍSTICAS E HEURÍSTICAS CONSTRUTIVAS

DCE529 - Algoritmos e Estruturas de Dados III

Atualizado em: 6 de maio de 2024

Iago Carvalho

Departamento de Ciência da Computação



Pesquisa Operacional é um termo muito amplo

Ele se refere a uma grande quantidade de áreas de trabalho e pesquisa

- Programação matemática
- Simulação de produção
- Otimização de sistemas
- Apoio a tomada de decisão
- Teoria de jogos
- ...

ORIGENS DA PO

Segunda Guerra Mundial



ORIGENS DA PO

Segunda Guerra Mundial



ORIGENS DA PO

Segunda Guerra Mundial



PO NA SEGUNDA GUERRA

Durante a guerra, PO foi utilizada por cientistas e matemáticos dos EUA e da Grã-Bretanha para

- Alocar recursos de forma eficiente
- Planejar movimentação de aviões e embarcações
- ...

Como resultado, os Aliados venceram a Batalha do Atlântico Norte e tiveram grande avanço na Campanha Britânica no Pacífico

PO NO PÓS-GUERRA

Organização	Aplicação	Resultados
Petrobrás	Planejamento de voos de helicópteros	18% menos pousos e decolagens, 8% menos tempo de voo, economia anual de 20 milhões de dólares
Samsung	Planejamento de linha de produção; Monitoramento de estoque	Economia anual de 200 milhões de dólares, dentre salários e melhora na produção
Peugeot e Citroen	Sequenciamento da esteira de montagem de veículos	Economia anual de 130 milhões de dólares e aumento da produção de veículos
Protect & Gamble	Redesenho do sistema de produção e de distribuição de itens manufaturados	Economia anual de 200 milhões de dólares
Exército dos EUA	Planejamento logístico e tático da Guerra do Golfo	Não informado
AT&T	Projeto e operação de call centers	Economia anual de 750 milhões de dólares
Air New Zealand	Alocação de tripulação de voos	Economia anual de 6,7 milhões de dólares
Taco Bell	Gerir a escala de funcionários de seus restaurantes	Economia anual de 13 milhões de dólares

EXEMPLO DE UMA APLICAÇÃO

FedEx - Serviço postal dos EUA

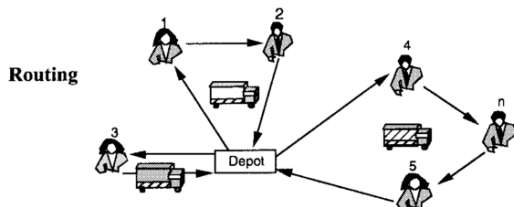
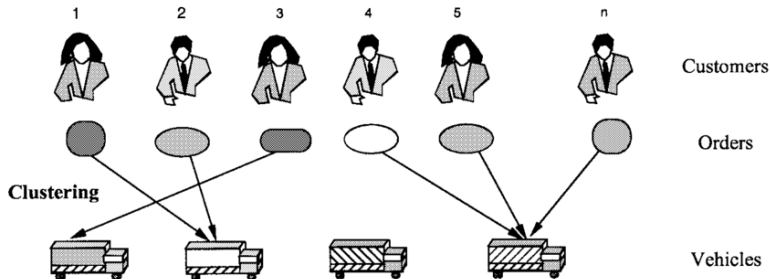
Todos os dias, eles entregam mais de 6,5 milhões de itens

- 220 países diferentes
- Restrições de horário

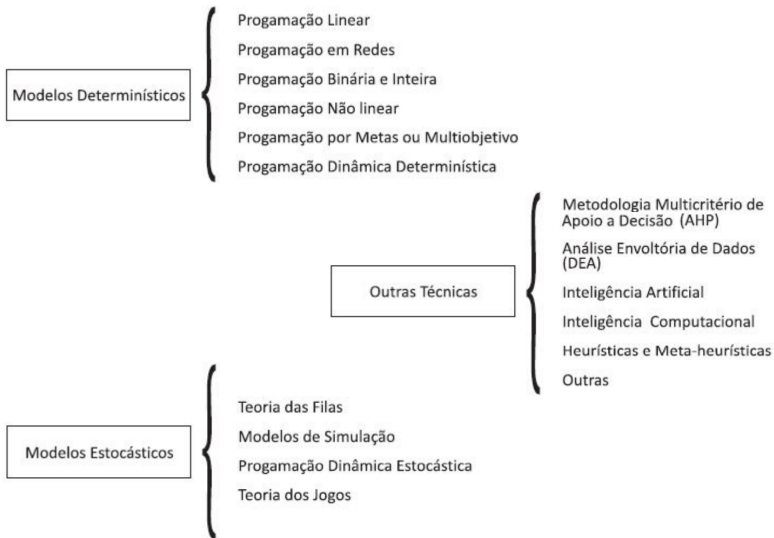
Deve-se planejar

- Rotas de aviões e navios de transporte
- Otimização do carregamento de aviões e navios
- Planejamento da rota dos entregadores
 - A pé
 - Carros
 - Vans
 - Motos
- Alocação dos itens a serem entregues por cada entregador

EXEMPLO DE UMA APLICAÇÃO



FERRAMENTAS DE PO



Heurística é um procedimento mental simples que ajuda a encontrar respostas adequadas, embora várias vezes imperfeitas, para perguntas difíceis

É um processo cognitivo baseado em três aspectos

1. **Procura:** As decisões são tomadas dentre alternativas, e por esse motivo há uma necessidade de procura activa;
2. **Parar de procurar:** A procura por alternativas tem que terminar devido às capacidades limitantes da mente humana;
3. **Decisão:** Assim que as alternativas estiverem encontradas e a procura for cessada, um conjunto final de heurísticas são chamadas para que a decisão possa ser tomada

Algoritmos heurísticos são algoritmos de busca baseados no processo cognitivo descrito anteriormente

Utilizam os três aspectos (procura, parar de procurar e decisão) para encontrar boas respostas para problemas difíceis

- Problemas NP-Completo

São algoritmos rápidos e eficientes

- Entretanto, não garantem a solução ótima

Existem 4 grandes classes de algoritmos heurísticos

1. **Heurísticas construtivas**
2. Heurísticas de busca local
3. Heurísticas populacionais
4. Algoritmos aproximativos

Uma metaheurística é uma heurística para heurísticas

- É um *framework* utilizado para desenvolver heurísticas

Uma metaheurística serve como um *guia* para a construção de heurísticas

Existem diversas metaheurísticas, mas a maioria delas se baseia em

- Buscas locais
- Evolução de um conjunto de soluções

Aplicações tanto em problemas teóricos quanto em problemas práticos

- Problemas em grafos
- Variáveis discretas
- Variáveis contínuas
- Simulação
- Aprendizado de máquina
- Engenharia
- ...

Constroem uma solução para um problema de otimização

- Muitas vezes, constroem a solução do zero
- Utilizam a definição do problema e os parâmetros da instância

Complexidade polinomial

Na maioria das vezes, garantem uma solução viável

- Nunca garantem a otimalidade

HEURÍSTICAS CONSTRUTIVAS

Em sua maioria, são algoritmos gulosos

- Outros algoritmos gulosos: Dijkstra, Prim, Kruskal ...

Para a utilização de uma heurística construtiva, deve-se definir dois pontos-chave

1. O que é um elemento de uma solução
 - Um vértice
 - Uma aresta
 - Algum outro elemento
2. O que é uma solução parcial
 - Um subgrafo
 - Parte de um caminho
 - Componentes desconectados

Começa de uma solução inicial

- Na maioria das vezes, uma solução vazia

Adiciona elemento por elemento de forma gulosa

- Cada adição de um elemento aumenta a solução parcial

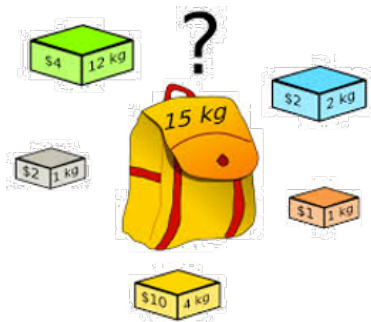
Finaliza quando obtiver uma solução completa

APLICAÇÃO - PROBLEMA DA MOCHILA BINÁRIA

Seja I um conjunto de elementos

- Cada elemento $i \in I$ é associado a um peso p_i e a um benefício b_i

Problema da mochila binária: Encontrar $X \subseteq I$ tal que $\sum_{i \in X} b_i$ é máximo e que $\sum_{i \in X} p_i \leq c$, para uma constante c qualquer

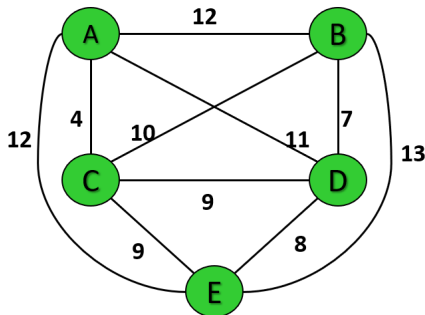


APLICAÇÃO - PROBLEMA DO CAIXEIRO VIAJANTE

Seja $G = (V, E)$ um grafo

- Cada aresta $e \in E$ é associada a um peso w_e

Problema do caixeiro viajante: Encontrar um subgrafo $G' = (V, X)$, onde $X \subseteq E$, tal que o grau de todos os vértices seja igual a 2 e que $\sum_{e \in X} w_e$ é mínimo



APLICAÇÃO - PROBLEMA DO EMPACOTAMENTO

Seja I um conjunto de elementos

- Cada elemento tem um tamanho $i \in I$ tem um tamanho t_i

Problema do empacotamento: Alocar todos os elementos de I em "potes" de tamanho 1

- Utilizar o menor número de "potes" o possível

