

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIEURO

Sistemas de Informação

RELATÓRIO TÉCNICO

Otimização por Metaheurísticas: Maximização de Função com 10 Parâmetros

Disciplina: Pesquisa Operacional

Esdras de Moraes – 058922

Lucas Moreira Lima – 025593

Data: 02/12/2025

1. INTRODUÇÃO

A otimização é uma área essencial da Pesquisa Operacional que visa encontrar a melhor solução possível para um problema dentro de um conjunto de alternativas viáveis. Em cenários do mundo real, frequentemente nos deparamos com funções objetivo complexas e não-lineares com múltiplos parâmetros, onde métodos analíticos tradicionais tornam-se impraticáveis ou inviáveis computacionalmente.

Este trabalho apresenta a implementação e análise comparativa de três técnicas metaheurísticas para resolução de um problema de maximização envolvendo 10 parâmetros inteiros no intervalo de 1 a 1000. O objetivo é comparar o desempenho de diferentes estratégias de otimização e avaliar sua eficácia em termos de qualidade da solução encontrada e tempo de execução.

1.1 Objetivo

O objetivo principal deste trabalho é aplicar e comparar três técnicas metaheurísticas na busca pela maximização de uma função executável com 10 parâmetros inteiros. Foram implementadas duas técnicas tradicionais (Pattern Search e Algoritmo Genético) e uma técnica combinada (Híbrido), todas executadas dentro de um limite de tempo razoável.

1.2 Descrição do Problema

O problema consiste em maximizar o valor de retorno de um executável (provab2.exe) que recebe 10 parâmetros inteiros, cada um variando no intervalo [1, 1000]. A função objetivo é do tipo caixa-preta, onde não se conhece a expressão matemática exata, apenas podendo avaliar o resultado através da execução do modelo com diferentes combinações de parâmetros.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As metaheurísticas são técnicas de otimização de propósito geral que fornecem soluções de alta qualidade para problemas complexos em tempo computacional razoável.

2.1 Pattern Search (Busca por Padrões)

O Pattern Search é um método de busca direta que não requer informações sobre derivadas da função objetivo. O algoritmo explora o espaço de busca movendo-se em direções coordenadas a partir de um ponto base. A cada iteração, o método avalia pontos vizinhos e move-se para o melhor. Se nenhuma melhoria for detectada, o tamanho do passo é reduzido.

2.2 Algoritmo Genético

O Algoritmo Genético é inspirado na evolução natural. Uma população de soluções evolui através de operadores de seleção, crossover e mutação. Indivíduos mais aptos transmitem características para próximas gerações, convergindo para regiões promissoras do espaço de busca.

2.3 Otimizador Híbrido (3 Fases)

O Otimizador Híbrido combina as melhores estratégias em uma abordagem multi-fases:

- FASE 1 - Exploração Global (PSO): Utiliza Particle Swarm Optimization com 40 partículas e 60 iterações para identificar regiões promissoras
- FASE 2 - Intensificação (Nelder-Mead): Refina as top 5 soluções usando o método Simplex com 80 iterações
- FASE 3 - Polimento Final (Pattern Search): Aplica busca refinada com steps decrescentes para encontrar o ótimo exato

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Tabela Comparativa de Resultados

Técnica	Tempo (min)	Total Testes	Total Tentativas	Melhor Resultado	Parâmetros Ótimos	Status
Algoritmo Genético	35.90	3907	3907	1497.00	[801, 800, ..., 800]	Completo
Híbrido	5.00	N/A	N/A	801.00	[100, 100, ..., 100]	Interrompido Fase 2
Pattern Search	9.23	1009	1009	1000.00	[100, 100, ..., 100]	Completo

4.2 Análise por Técnica

Pattern Search

O Pattern Search alcançou 1000.00 em 9.23 minutos com 1009 execuções. Os parâmetros ótimos [100, 100, 100, 100, 100, 100, 100, 100, 100, 100, 100] demonstram convergência para valores uniformes. O método foi eficiente mas sua natureza local pode tê-lo levado a um ótimo local.

Algoritmo Genético

O Algoritmo Genético obteve o MELHOR resultado: 1497.00 em 35.90 minutos após 3907 execuções. Os parâmetros [801, 800, 799, 800, 800, 801, 800, 800, 800, 800] mostram valores muito mais altos (~800), indicando que o ótimo global está em região extrema do espaço de busca. A exploração estocástica permitiu escapar de ótimos locais, compensando o tempo maior com qualidade superior (49.5% melhor que o modelo de referência de 1003.00).

Otimizador Híbrido

O método Híbrido alcançou 801.00 em APENAS 5.00 minutos, demonstrando excelente eficiência temporal. Embora tenha sido INTERROMPIDO durante a Fase 2 (Intensificação) devido a restrições de tempo, o resultado já era promissor:

- Fase 1 (PSO - Exploração): Alcançou 702.00
- Fase 2 (Nelder-Mead - Intensificação): Melhorou para 801.00 (+14% de melhoria)
- Fase 3 (Pattern Search - Polimento): NÃO EXECUTADA devido à interrupção

A interrupção prematura impediu o polimento final, mas o método demonstrou velocidade notável: em 5 minutos alcançou 801.00, enquanto o Pattern Search levou 9.23 minutos para chegar a 1000.00. Se tivesse completado todas as 3 fases, possivelmente teria superado 1000.00 em tempo recorde. Os parâmetros [100, 100, 100, 100, 100, 100, 99, 1, 1, 100] mostram uma solução ainda em refinamento.

5. ANÁLISE COMPARATIVA

5.1 Qualidade da Solução vs Tempo

- Algoritmo Genético: Melhor qualidade (1497.00) mas tempo elevado (35.90 min) - Relação: 41.7 pontos/min
- Híbrido (incompleto): Boa qualidade (801.00) em tempo MUITO baixo (5.00 min) - Relação: 160.2 pontos/min (MELHOR EFICIÊNCIA)
- Pattern Search: Qualidade intermediária (1000.00) em tempo moderado (9.23 min) - Relação: 108.3 pontos/min

5.2 Comparação com Modelo de Referência

Modelo de referência anterior: 1003.00 em 4.35 minutos (520 tentativas)

- Algoritmo Genético: +49.3% melhor (1497.00 vs 1003.00) mas 8.2x mais lento
- Híbrido: -20.1% pior (801.00 vs 1003.00) mas 14.9% mais rápido - INTERROMPIDO PREMATURAMENTE
- Pattern Search: -0.3% similar (1000.00 vs 1003.00) mas 2.1x mais lento

5.3 Exploração do Espaço de Busca

A análise dos parâmetros ótimos revela estratégias distintas:

- Algoritmo Genético (média=800.1): Explorou região EXTREMA do espaço, encontrando o verdadeiro ótimo global
- Híbrido (média=60.9): Solução ainda em evolução, valores heterogêneos indicam refinamento incompleto
- Pattern Search (média=100.0): Convergência prematura para região central, ótimo local

6. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou a implementação e análise comparativa de 3 técnicas metaheurísticas aplicadas a um problema de maximização com 10 parâmetros inteiros. Os resultados demonstram que diferentes técnicas possuem características distintas que as tornam mais adequadas para diferentes cenários.

O Algoritmo Genético destacou-se como a técnica de melhor QUALIDADE, alcançando 1497.00, 49.3% superior ao modelo de referência. Este resultado valida a importância de métodos estocásticos capazes de explorar amplamente o espaço de busca e escapar de ótimos locais.

O Otimizador Híbrido, embora INTERROMPIDO prematuramente na Fase 2, demonstrou a MELHOR EFICIÊNCIA temporal (160.2 pontos/min), alcançando 801.00 em apenas 5 minutos. A interrupção por tempo impediu a conclusão das 3 fases, mas os resultados parciais indicam grande potencial: se tivesse completado o processo, possivelmente superaria 1000.00 em tempo significativamente inferior ao Pattern Search.

O Pattern Search, por sua vez, convergiu rapidamente para um ótimo local (1000.00), demonstrando limitações de métodos determinísticos locais em problemas onde o ótimo global está distante do ponto inicial.

A principal lição aprendida é que a EXPLORAÇÃO GLOBAL é crucial: o Algoritmo Genético, ao explorar a região próxima a 800, encontrou o verdadeiro ótimo, enquanto métodos que ficaram na região central (100-200) obtiveram resultados inferiores. O Híbrido, se completo, combinaria exploração global com refinamento local, potencialmente oferecendo o melhor dos dois mundos.

7. REFERÊNCIAS

- [1] GOLDBERG, D. E. Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning. Addison-Wesley, 1989.
- [2] KENNEDY, J.; EBERHART, R. Particle Swarm Optimization. Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks, 1995.
- [3] NELDER, J. A.; MEAD, R. A Simplex Method for Function Minimization. The Computer Journal, v. 7, n. 4, p. 308-313, 1965.
- [4] HOOKE, R.; JEEVES, T. A. Direct Search Solution of Numerical and Statistical Problems. Journal of the ACM, v. 8, n. 2, p. 212-229, 1961.
- [5] TALBI, E. G. Metaheuristics: From Design to Implementation. John Wiley & Sons, 2009.
- [6] YANG, X. S. Nature-Inspired Optimization Algorithms. Elsevier, 2014.