



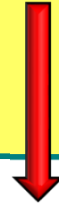
ESTRATÉGIAS EVOLUTIVAS

Adair Santa Catarina
Mestrado em Ciência da Computação
Unioeste – Campus de Cascavel – PR

Outubro/2025

Computação Evolutiva

Ramo da ciência da computação que propõe um **paradigma alternativo** ao processamento de dados convencional.



Para resolver um problema não se exige o conhecimento prévio de uma maneira de encontrar a solução.

Bittencourt,
1998, p. 309.

Farmer *et al.*,
1983;
Goldberg,
1989.

A Computação Evolutiva está baseada nos mecanismos evolutivos encontrados na natureza, tais como a diversidade genética, seleção, reprodução, adaptação e evolução.

Os Mecanismos Evolutivos

Descobertos e formalizados por **Charles Darwin** em sua **Teoria da Evolução Natural**.



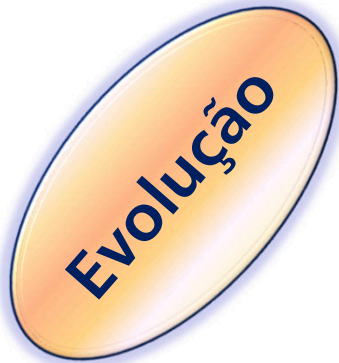
A vida na terra é o resultado de um processo de seleção, pelo meio ambiente, dos mais aptos e adaptados, e por isto com mais chances de sobreviver e se reproduzir.



Evolução

Seleção Natural

Os Mecanismos Evolutivos



O indivíduos descendem com modificações. As espécies mudam ao longo do tempo, dando origem a novas espécies que compartilham um ancestral comum.

É o mecanismo da evolução. Devido às restrições ambientais, organismos com características hereditárias (diversidade genética) que favoreçam a sobrevivência e a reprodução tendem a deixar mais descendentes, aumentando a frequência destas características ao longo das gerações.



Histórico da Computação Evolutiva

1957

Biólogos e geneticistas interessados em simular os processos vitais em computador.

Processos genéticos

Holland e outros começaram estudos de sistemas adaptativos, modelados como sistemas de aprendizado de máquina.

1960

Algoritmos genéticos

Populações de indivíduos contendo um genótipo, formado por cromossomos (cadeias de bits) operados por seleção, recombinação e mutação.

Histórico da Computação Evolutiva

1966

Uso de dois operadores: seleção e mutação, rejeitando a importância da recombinação.

Programação Evolutiva

60's

Ênfase na auto-adaptação. A recombinação é aceita, mas como operador secundário.

Estratégias Evolutivas

Todas as abordagens têm em comum o mesmo modelo inicial – a evolução natural –, além dos operadores e, mais importante, o mesmo objetivo final: a solução de problemas complexos.

Bäck e Schwefel, 1993.

Princípios da Computação Evolutiva

O conceito chave na computação evolutiva é o de adaptação. Ele unifica a abordagem quanto ao método empregado.

Uma população inicial de soluções evolui, ao longo de gerações simuladas, em direção a soluções com maior aptidão, por meio de operadores de seleção, recombinação e mutação.

Cada indivíduo representa, em si, uma solução codificada. Essa codificação corresponde aos cromossomos na evolução natural e é chamado de genótipo. A função de avaliação interpreta o cromossomo e determina sua qualidade ("nota").

Princípios da Computação Evolutiva

Simular o processo de passagem de gerações da evolução natural, em computadores, demanda:

- 1 Criação de uma **População**, em sua primeira geração aleatória, onde cada indivíduo codifica uma possível solução para o problema em estudo.
- 2 Definição de uma **Função de Avaliação**, que mede a aptidão de cada indivíduo da população. Não detêm conhecimento sobre como resolver o problema, apenas atribui uma “nota” ao indivíduo.
- 3 Criação de **Operadores** que geram uma nova população quando aplicados aos indivíduos da geração atual. São baseados na evolução natural.

Operadores da Computação Evolutiva

Os principais operadores citados na literatura são:

Seleção: permite escolher um indivíduo ou um par deles para gerar descendência. Simula a reprodução assexuada ou sexuada. A prioridade da escolha recai sobre os indivíduos melhor avaliados.

Recombinação: simula a troca de material genético entre os ancestrais determinando a carga genética dos descendentes.

Mutação: realiza mudanças aleatórias no material genético.

Objetivos da Computação Evolutiva

A computação evolutiva busca desenvolver métodos (algoritmos, heurísticas e meta-heurísticas) para aplicá-las na resolução de problemas complexos, principalmente da classe NP-Árduos.

Os problema NP-Árduos não podem ser resolvidos por métodos determinísticos em tempo polinomial; por isso empregam-se métodos não-determinísticos ou aproximativos baseados em heurísticas simples ou meta-heurísticas.

Nestes métodos perseguem-se dois objetivos excludentes:

Eficiência e Eficácia

O que se deseja destes Algoritmos?

1

Que explore uma região restrita do espaço de soluções viáveis do problema de forma a esgotá-la eficientemente.

Este processo denomina-se **Busca Local** ou **Exploração**.

2

Que seja capaz de discriminar regiões promissoras do espaço de soluções viáveis, não se obrigando a examinar todo o espaço.

Este processo denomina-se **Busca Global** ou **Exploração**.

Deseja-se o perfeito casamento entre a exploração de determinadas regiões do espaço de soluções e a escolha dessas regiões.

Estratégias Evolutivas



Universidade Técnica de Berlim, Alemanha.
O uso do método do gradiente não se mostrou adequado para definir formas submetidas a testes em túnel de vento.

Ingo Rechenberg e Hans-Paul Schwefel experimentaram alterações randômicas nos parâmetros que definiam as formas dos objetos.

Para cada indivíduo selecionado um descendente é gerado, usando uma perturbação randômica com distribuição gaussiana (mutação).

Estratégia (1 + 1)
Esquema simples de seleção/mutação.

Estratégias Evolutivas

60's

Evolução para a **estratégia** $(\mu + 1)$, onde uma população de m indivíduos se recombina, aleatoriamente, para formar um descendente que, após sofrer mutação, substituirá o pior elemento da população, caso tenha avaliação superior.

70's

Transição p/ as estratégias $(\mu + \lambda)$ e (μ, λ) . Na primeira os μ ancestrais convivem com os λ descendentes; na segunda os μ ancestrais morrem, deixando apenas os λ descendentes vivos.

Programação Evolutiva

1966

Fogel, Owens e Walsg desenvolveram a programação evolutiva aplicando-a na predição de comportamento de máquinas de estados finitos, mas a técnica se adapta a qualquer estrutura de problema.

Cada indivíduo gera um único descendente por mutação. A melhor metade da população ascendente e a melhor metade da descendente formam a nova geração. Usando terminologia de estratégia evolutiva ($\mu + \mu$).

Bäck e Schwefel, 1993.

Programação Meta-evolucionária



Proposta por Fogel, em seu doutorado. Um vetor de variâncias substitui o valor padrão e exógeno da taxa de mutação.

Não se exige que a população permaneça constante ou que cada ascendente gera um descendente.

A mutação é o único operador que atua na programação evolutiva. Não há recombinação.

Programação Meta-evolucionária

Algoritmo básico:

- 1) Escolhe-se um população inicial de soluções aleatórias; o tamanho da população é relevante para a velocidade de otimização;
- 2) Novas soluções são geradas por mutação das soluções ancestrais; a mutação é controlada pelo vetor de variâncias;
- 3) Cada nova solução tem sua aptidão calculada. Os mais aptos são retidos para a próxima geração.

Referências

BÄCK, T.; SCHWEFEL, H. P. An overview of evolutionary algorithms for parameter optimization. **Evolutionary Computation**, v. 1, n. 1, p. 1- 23, 1993.

BITTENCOURT, G. Inteligência artificial: ferramentas e teorias. Florianópolis : Ed. da UFSC, 1998.

FARMER, J. D.; TOFFOLI, T.; WOLFRAM, S. **Cellular Automata: Proceedings of an Interdisciplinary Workshop at Los Alamos**. New México, North-Holland, Amsterdam, March 7-11, 1983.

GOLDBARG, M. C.; GOLDBARG, E. G; LUNA, H. P. L. **Otimização combinatória e meta-heurísticas**: algoritmos e aplicações. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.

GOLDBERG, D. E. **Genetic algorithms in search, optimization & machine learning**. Reading : Addison-Wesley, 1989.