

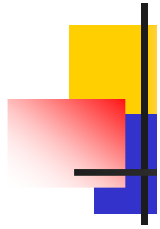
Introdução à Computação Evolutiva

Aula 2 – Conceitos Básicos
Prof. Tiago A. E. Ferreira

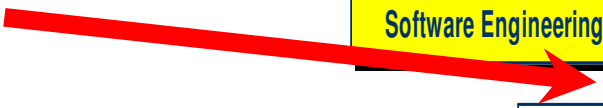


Conteúdo

- Posicionamento de Computação Evolutiva (CE)
- Perspectiva Histórica
- Inspiração Biológica :
 - Teoria da Evolução Darwiniana (Simplificada!)
 - Genética (Simplificada!)
- Motivação para CE
- O que a CE pode fazer: Exemplos e Áreas de aplicações
- Demo: Quadrado mágico



Você está aqui!!!!





Posicionamento da CE

- A CE faz parte da Ciência da Computação
- A CE não faz parte da Biologia ou Ciências da Vida!
 - Embora a INSPIRAÇÃO e TERMINOLOGIA venham da biologia
 - E, a CE possa ser aplicada à processos de busca biológica (Bio-Informática)



Metáfora Central de CE

Evolução

Resolução de Problemas

Ambiente



Problema

Indivíduo



Solução Candidata

Fitness



Qualidade

Fitness → Chances para a sobrevivência e reprodução

Qualidade → chance semear novas soluções



Breve Histórico - Antecessores

- 1948, Turing:
Propôs: **genetical or evolutionary search**
- 1962, Bremermann
Propôs: **optimization through evolution and recombination**
- 1964, Rechenberg
Introduz: **evolution strategies**
- 1965, L. Fogel, Owens and Walsh
Introduz: **evolutionary programming**
- 1975, Holland
Introduz: **genetic algorithms**
- 1992, Koza
Introduz: **genetic programming**



Breve Histórico – A Área

- 1985: Primeira Conferência Internacional (ICGA)
- 1990: Primeira Conferência Internacional na Europa (PPSN)
- 1993: Primeiro Jornal Científico (MIT Press)
- 1997: Criação da European EC Research Network EvoNet



CE no Começo do Século 21

- Três Grandes Conferências Mundiais
- Três Jornais Científicos Reconhecidos Internacionalmente
- De 750-1000 artigos publicas em 2003
- EvoNet: mais de 150 Institutos membros
- Incontáveis aplicações
- Várias firmas de P&D aplicando CE



Evolução Darwiniana 1 – Sobrevivência do Mais Forte

- Todo Ambiente tem fontes limitadas
 - Podendo apenas suporta uma quantidade limitadas de indivíduos
- Toda forma de vida tem um instinto básico
 - Sobrevivência e Reprodução
- Desta forma, alguns tipos de seleções são inevitáveis
 - Os indivíduos mais fortes que competem pelas fontes do ambiente devem ter uma maior chance de sobrevivência e reprodução



Evolução Darwiniana 2 – Chance guiada pela Diversidade

- Traços Fenótipos
 - Diferenças comportamentais e/ou físicas que afetam ao meio
 - Parcialmente determinados pela herança, parcialmente determinados por fatores presentes no desenvolvimento
 - Único a cada indivíduo, parcialmente como resultados de causas aleatórias
- Se os traços Fenótipos
 - Conduzem a alta chance de reprodução, estes podem ser herdados
 - Tendem a aumentar nas gerações subseqüentes
- Aprendizagem de novas combinações de traços...



Evolução Darwiniana: Sumário

- Uma População consiste de um conjunto diverso de indivíduos semelhantes
- A combinação de traço (ou características) que melhor se adaptarem tendem a aumentar sua representação na população

Indivíduos são “Unidades de Seleção”

- Variações ocorrem através de alterações aleatórias, conduzido a uma constante fonte de diversidade, que acoplada com o processo de seleção, significa que:

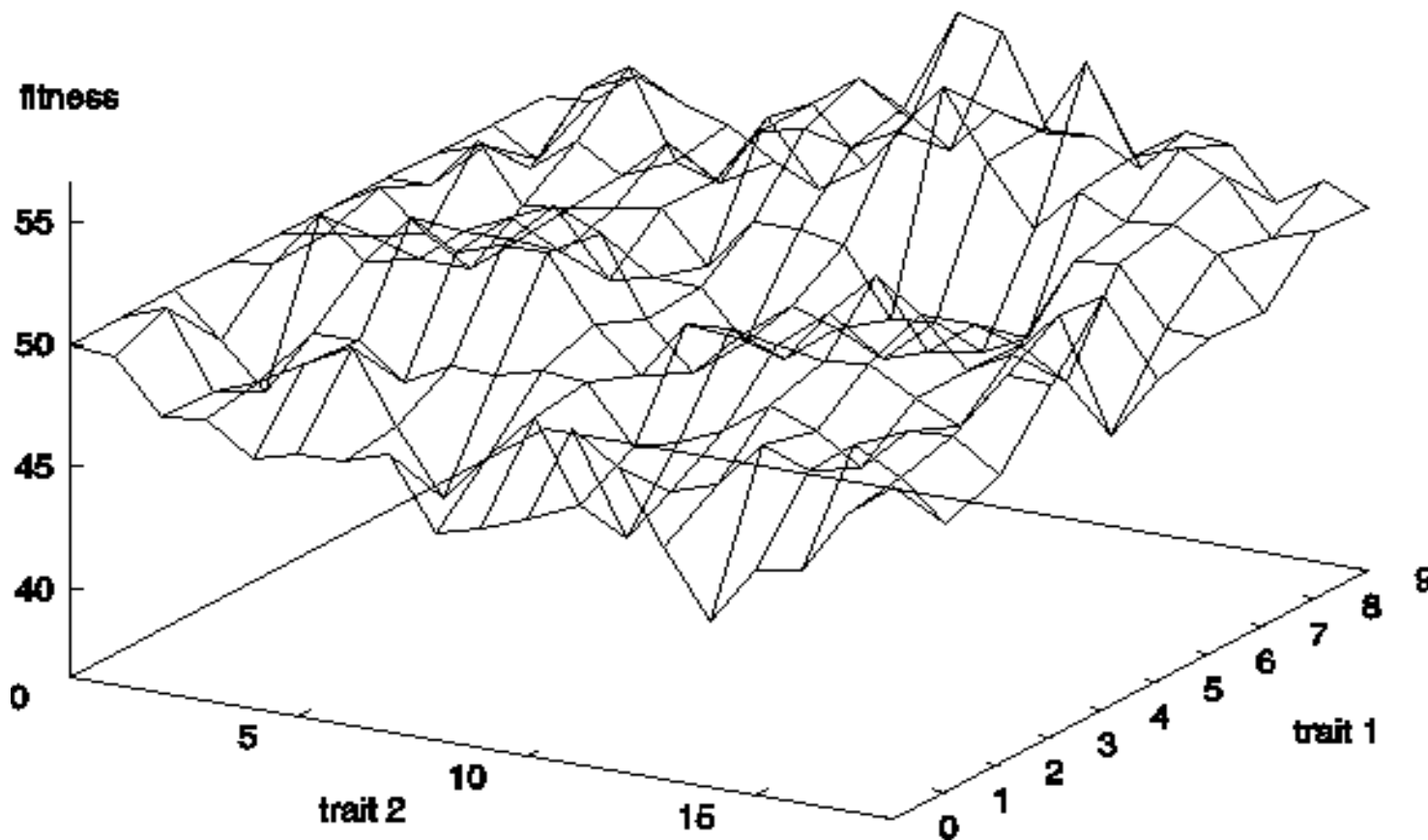
População é a “Unidade de Evolução”



Metáfora da Paisagem Adaptativa (Wright, 1932)

- Uma população com n traços pode ser encarada com existindo em um espaço $n+1$ -dimensional (Paisagem), com um peso correspondente ao seu *fitness*
- Cada distinto indivíduo (Fenótipo) representa um único ponto nesta paisagem
- A População é uma nuvem de pontos, movendo-se sobre a paisagem no tempo com seu envelope - adaptação

Exemplo com dois traços





Metáfora da Paisagem Adaptativa (Cont.)

- A seleção "*empurra*" a população sobre a paisagem
- Flutuações Genética
 - Variações Aleatórias na Distribuição de característica (+/-) resultando de erros de amostragem
 - Pode levar a População "*saltar*" vales na paisagem, levando a regiões de ótimos locais



Genética Natural

- A informação requerida para a construção de um ser vivo é codificada no DNA do organismo
- O **Genótipo** (interior do DNA) determina o **Fenótipo**
 - Um gene pode afetar muitos traços
 - Muitos genes podem afetar um único traço
- Pequenas alterações no genótipo conduzem em pequenas alterações no organismo (em média)



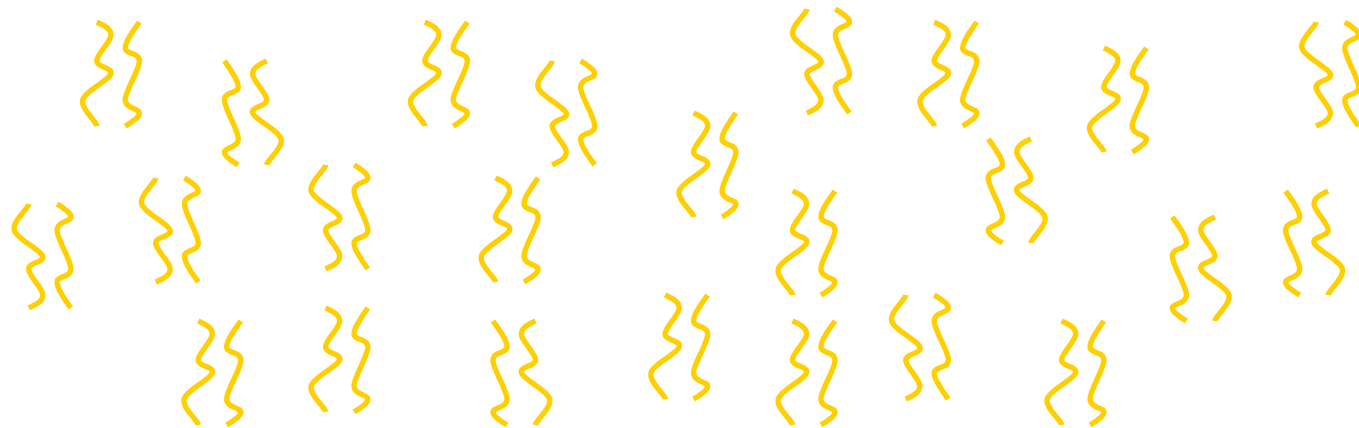
Genes e o Genoma

- Genes são codificados em tiras de DNA, chamadas de **cromossomos**
- Na maioria das células há duas cópias de cada cromossomo
- O material genético completo no genótipo do indivíduo é chamada de **Genoma**
- Dentro de uma espécie, a maior parte do material genético é o mesmo



Exemplo: Homo Sapiens

- O DNA Humano é organizado dentro de cromossomos
- As células do corpo humano contém 23 pares de cromossomos, os quais juntos definem os atributos físicos do indivíduos





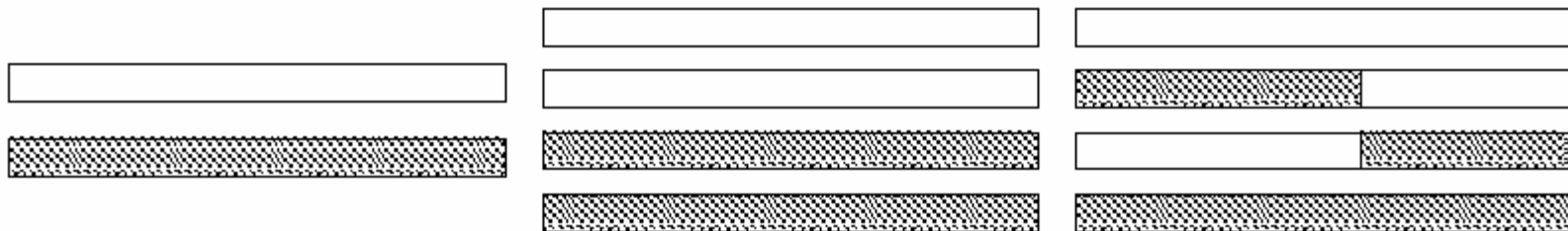
Células de Reprodução

- Gametas (esperma e óvulos) contêm 23 cromossomos individuais, ademais do que 23 pares
- As gametas são formadas por uma especial forma de divisão celular chamada meiose
- Durante a meiose os pares de cromossomos sofrem uma operação chamada de *crossover* (cruzamento)



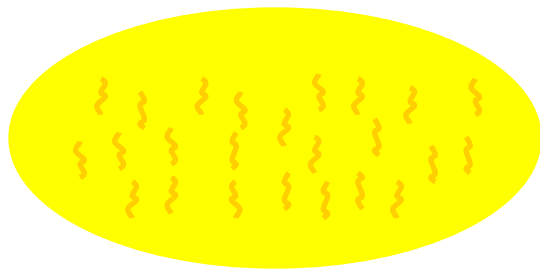
Crossover Durante a Meiose

- Os pares de Cromossomos se alinham e se duplicam
 - Os pares internos de cromossomos se misturam
 - A saída é a cópia dos cromossomos paternos e maternos mais duas combinações inteiramente novas
 - Após o cruzamento, cada par vai para dentro de cada gameta

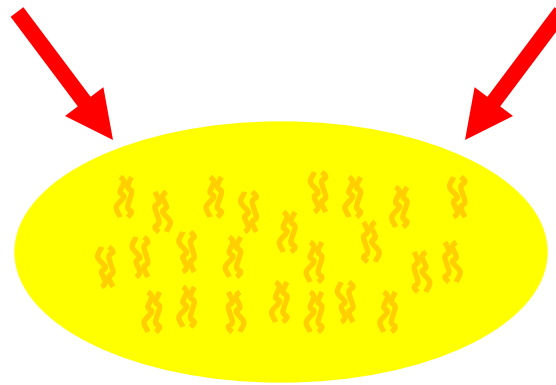
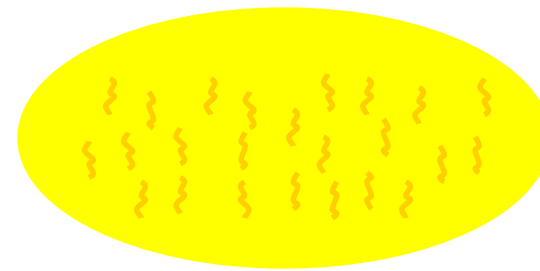


Fertilização

Sperm cell from Father



Egg cell from Mother



New person cell (zygote)

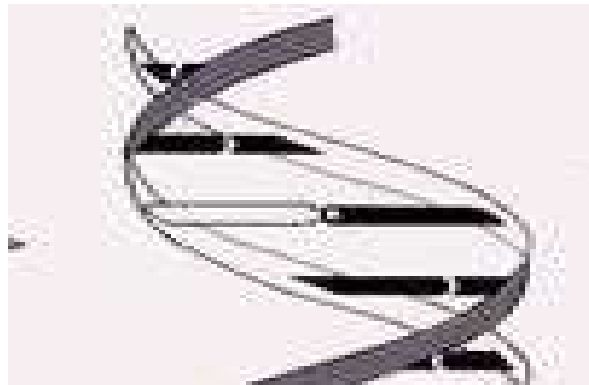


Após Fertilização

- O novo **Zigoto** rapidamente se divide, criando muitas novas células com o mesmo conteúdo genético
- Todas as células contêm os mesmos genes, porém dependendo, por exemplo, de onde estas células se encontrem no organismo, elas irão se comportar de forma distinta.
- Este processo de diferenciação comportamental durante o desenvolvimento é chamado de ontogênese
- Todos estes fenômenos, e seu controle, vem do mesmo mecanismo de decodificação dos genes do DNA

Código Genético

- Todas as proteínas “utilizadas” na vida sobre a Terra são compostas por uma seqüência de 20 diferentes aminoácidos
- O DNA é construído a partir de 4 nucleotídeo em uma espiral de hélice dupla: A,G,T,C

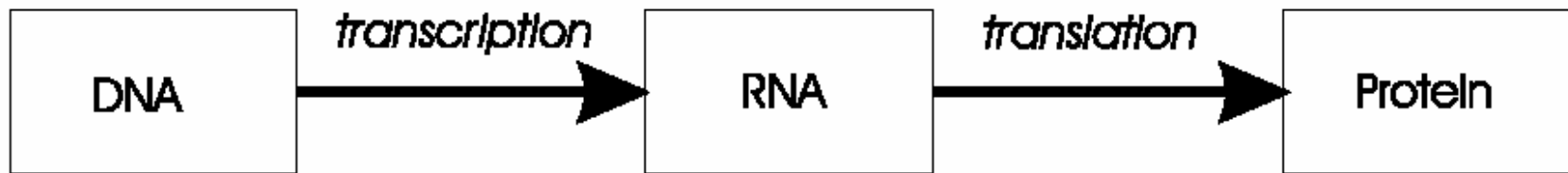




Código Genético

- Tripletos destes nucleotídeo, cada um dos quais codifica um específico aminoácido
- Há muita redundância
 - As purininas (A e G) complementam as pirimidinas (T e C)
 - O DNA contem muito material sem necessidade (Lixo)
 - $4^3 = 64$ códigos (trincas ou codons) para cada 20 aminoácios
 - Código genético = mapeamento dos codons para os aminoácios
- **Para toda vida natural na Terra, o código genético é o mesmo!!!!**
 - **A combinação dos codons diferenciam as espécies**

Transcrição e Translação



- Uma alegação central em genética molecular
 - Genótipo \longrightarrow Fenótipo
 - Genótipo \longleftarrow Fenótipo



Mutação

- Ocasionalmente, algum material genético pode mudar durante este processo (replicação de erro)
- Isto significa que um filho pode ter informação de material genético não herdada dos pais.
- Isto pode:
 - Catástrofe: o filho não é viável (morre)
 - Neutro: a nova característica não influencia no *fitness*
 - Vantagem: a nova característica fortalece o *fitness*
- A redundância no código genético forma uma boa maneira de checagem de erro.



Motivação para CE: 1

- A natureza tem sempre servido de fonte de inspiração para os cientistas
- O melhor solucionador de problemas conhecido é a natureza:
 - O cérebro (humano)
 - O mecanismo de evolução
- Neuro-Computing
- Population-Computing



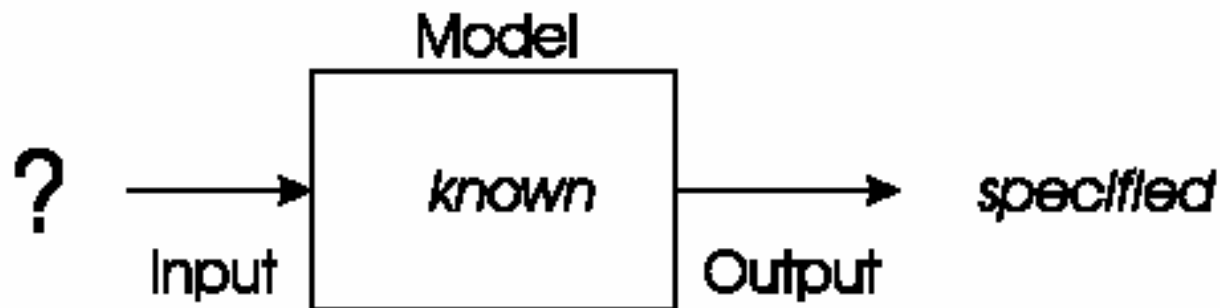
Motivações para a CE: 2

- Desenvolvimento, análise, aplicações de métodos de resolução de problemas – algoritmos com um tema central na matemática e ciência da computação
- Decremento do tempo de análise
- Incremento da Complexidade dos problemas
- Conseqüências
 - Tecnologia robusta para a resolução de problemas

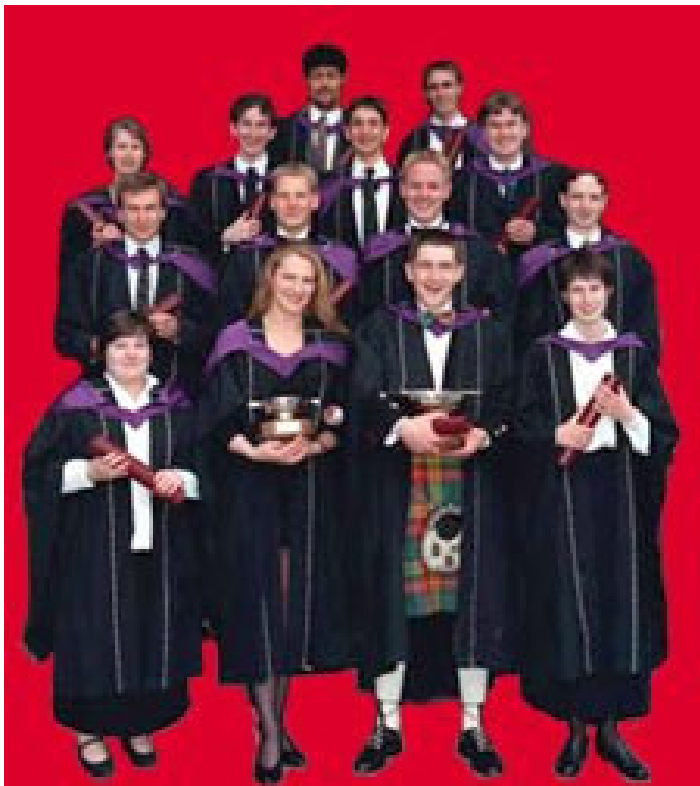


Problema: Otimização

- Tem-se um modelo para um sistema. Deseja-se as entradas que gerem uma meta específica



Exemplo 1: Horário de Universidade

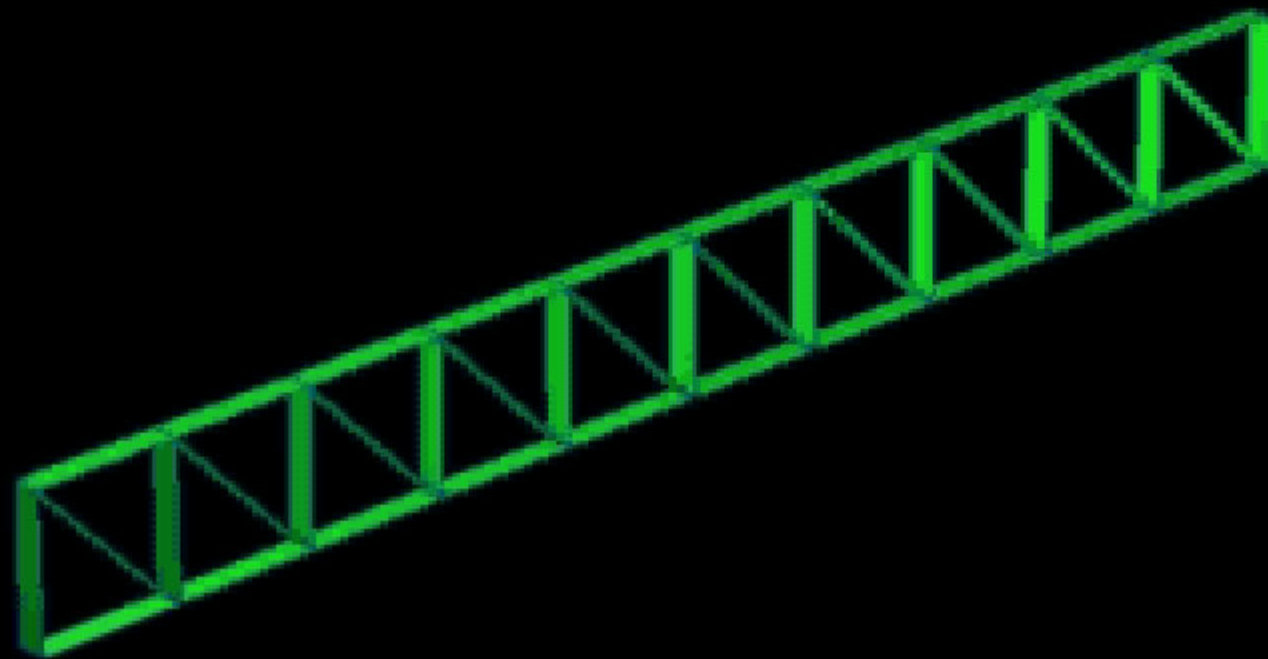


- Espaço de busca enorme
- Os horários devem ser *bons*
- *Bom* é definido por uma série de critérios
- Os horários devem ser possíveis
- A maior parte do espaço de busca é impossível

Exemplo 2: Estrutura de Satélites

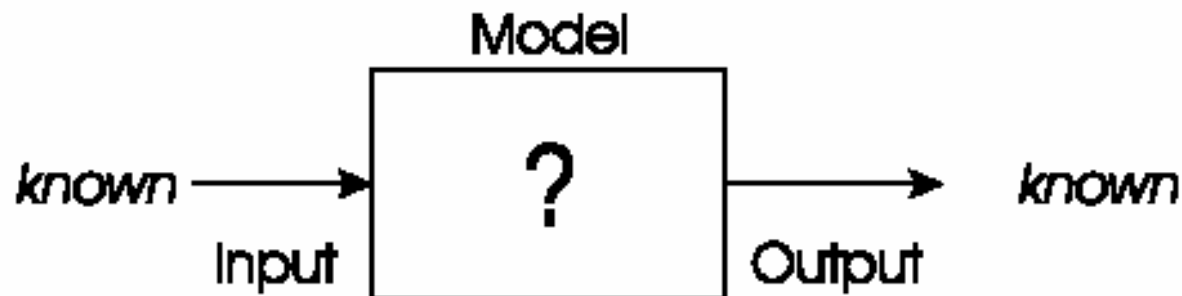


- Otimização do projeto das estruturas de satélites para o isolamento de vibrações
- Evolução: projetos de estruturas
- Fitness: Resistência à vibração
- Criatividade Evolutiva



Problema: Modelagem

- Tem-se o correspondente a um conjunto de entradas & saídas. Deseja-se modelar o mapeamento entre as entradas e saídas
 - Aprendizagem de máquina evolutiva



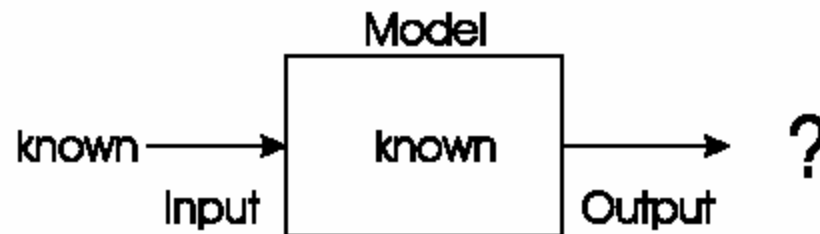
Aplicações Financeiras



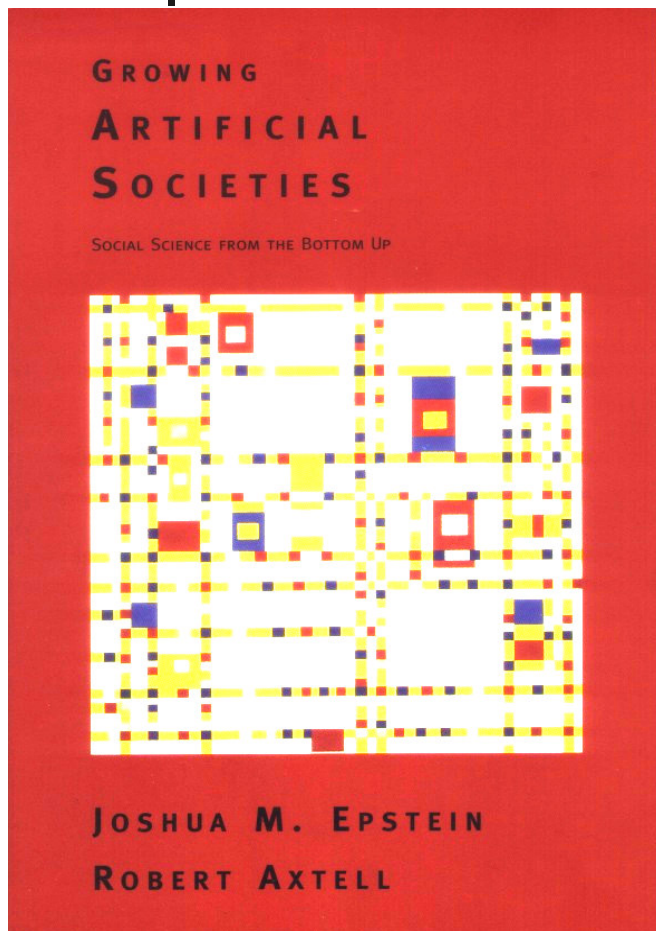
- Escolha e tomada de decisão em processos econômicos financeiros
- Modelos de previsão
- Fitness: precisão do modelo sobre os dados históricos

Problema: Simulações

- Tem-se um modelo. Deseja-se saber suas saídas para diferentes condições de entradas
 - Freqüentemente utilizado para o estudo da dinâmica de sistemas
 - Exemplos: Vida Artificial e Economia Evolutiva



Exemplo: Evoluindo Sociedades Artificiais



- Simulações de negócios e comercio, competição econômica, etc
- Usa modelos para otimizar estratégias e políticas
- Problemas de sobrevivência (equilíbrio e ecossistemas)
- Autômatos celulares



Demonstração: Quadrados Mágicos

- Dado uma grade de 10×10 com um pequeno quadrado 3×3 em seu interior
- Problema: arrumar os números 1-100 sobre a grade tal que
 - Toda soma na horizontal, vertical e diagonal seja igual
 - Um pequeno quadrado 3×3 forma uma solução para 1-9



Demonstração: Quadrados Mágicos

- Abordagens Evolutivas
 - Criação de um arranjo inicial aleatório
 - Faz N mutantes de um dado arranjo
 - Mantenha os mutantes (filhos) com um erro mínimo
 - Pare quando o erro for zero

Demonstração: Quadrados Mágicos

- Software by M. Herdy, TU Berlin
- Interesting parameters:
 - Step1: small mutation, slow & hits the optimum
 - Step10: large mutation, fast & misses (“jumps over” optimum)
 - Mstep: mutation step size modified on-line, fast & hits optimum
- Start: double-click on icon below
- Exit: click on TUBerlin logo (top-right)



Application