



Sistemas Inteligentes II

2023

2ª. parte

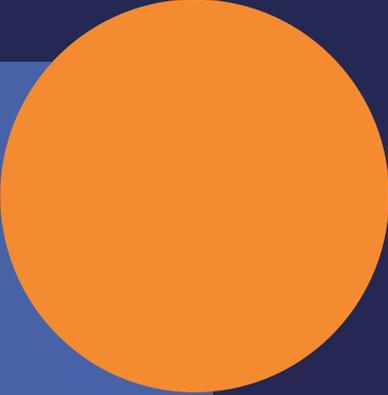
Computação Evolucionaria
Fundamentos

Computação Evolucionária

Sistemas Adaptativos
Sistemas Evolucionários
Sistemas Aprendizes
Algoritmos Genéticos

Paradigmas Biológicos





TEMA 1
Aula 1

TEMA 1
Computação Evolucionária

Aula 1
Princípios
(adaptativa, evolucionária, aprendiz)

Computação Evolucionária Sistemas Evolutivos Artificiais: Paradigmas Biológicos

Paradigmas de computação baseados em biologia

Vida

- Vida Artificial
 - Simulação computacional de sistemas vivos

Inteligência

- Inteligência Artificial
 - Simulação computacional de sistemas inteligentes

Computação
Evolucionária
Sistemas
Evolutivos
Artificiais:
Paradigmas
Biológicos

Sistemas adaptativos e evolutivos

- Algoritmos evolucionários e genéticos

Outros paradigmas matemáticos p simulação de sistemas adaptativos

Autômatos celulares e autômatos finitos

Computação
Evolucionária
Sistemas
Evolutivos
Artificiais:
Paradigmas
Biológicos



Inteligência Computacional



Computação neural –
indutiva

consenso progressivo a
partir de experiências
diversas
métodos estatísticos



Inteligência artificial
simbólica (lógica) -
dedutiva

lógica dedutiva
Lógica Fuzzy (nebulosa)



Soluções híbridas em inteligência
computacional

Contexto

Inteligência
Computacional

Aprendizagem
Máquina

Deep Learning

Redes Neurais
Artificiais

Redes Neurais
Convolucionais

Computação
Evolucionária

Sistemas Adaptativos

Estratégias
Evolucionárias

Algoritmos Genéticos

Computação
Cognitiva

Inteligência Artificial

Multi Agentes

Inferência

Raciocínio

Contexto Sistema Inteligente

Sistemas inteligentes

Tem a capacidade de resolver certos problemas para os quais foram concebidos

Comportamento inteligente se manifesta

- Procedendo segundo a inteligência que lhes foi imputada, ou
- Seguindo os padrões de convergência das ações passadas

Permitindo assim desempenhar bem seus propósitos

Automato (FSM)

Programa Computacional

Rede Neural treinada

Contexto Sistema Adaptativo / Computação Adaptativa

Sistemas adaptativos

Tem a capacidade de se modificar, assumindo formas e comportamentos mais adequados para desempenhar bem seus propósitos

Automato Adaptativo

Programa Computacional aperfeiçoando sua base de conhecimento (usada para suas ações)

Rede Neural sendo treinada

Contexto Sistema Adaptativo / Computação Adaptativa

Sistemas adaptativos

Inspiração na natureza e particularmente em sistemas biológicos

- Evolutivo (com capacidade de aperfeiçoamento)
 - Propriedade da espécie
 - Avanços acumulados ao longo de gerações
 - A natureza conduz a evolução (externa)
 - Exemplos
 - Computação Evolutiva
 - Algoritmos Genéticos

Contexto Sistema Adaptativo / Computação Adaptativa

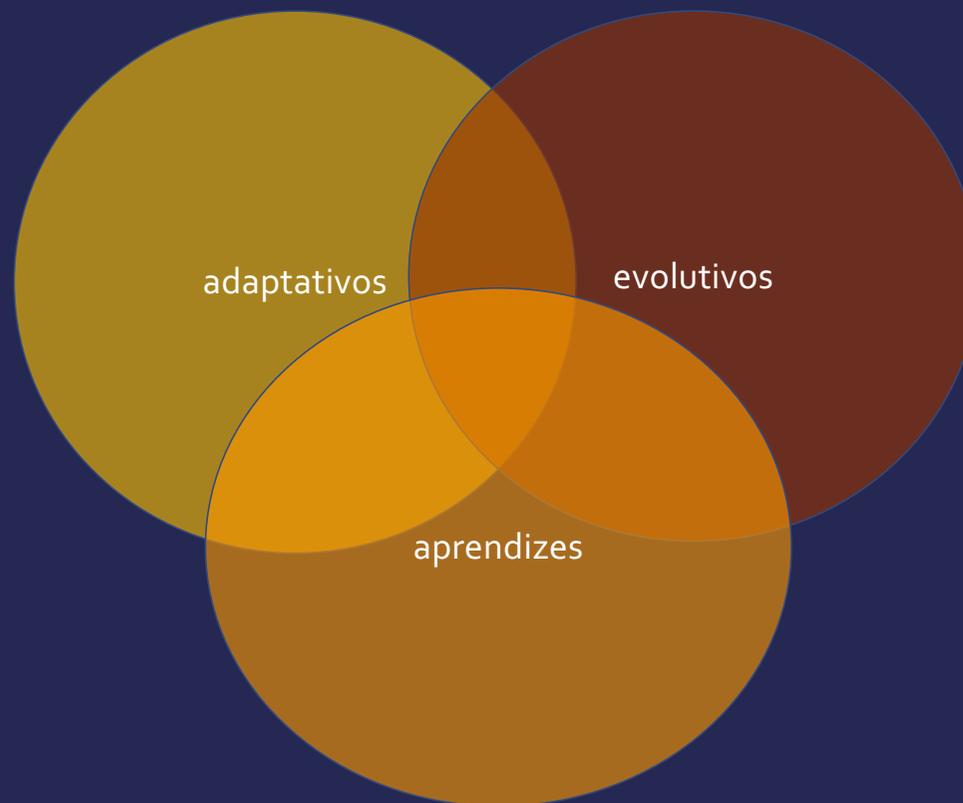
Sistemas adaptativos

Inspiração na natureza e particularmente em sistemas biológicos

- Aprendiz (com capacidade de aprendizado)
 - Propriedade do indivíduo
 - Conhecimento adquirido pelo indivíduo
 - O indivíduo conduz o aprendizado (interna)
 - Exemplos
 - Inteligência Artificial Simbólica (IAS ou IA)
 - Rede Neural Artificial (RNA ou RN)

Contexto

Sistema
Adaptativo /
Computação
Adaptativa



Contexto

Sistema Adaptativo / Computação Adaptativa

Capazes de se ajustar

- Controle adaptativo (sistemas)
 - Auto adaptativo (autônomo)
- Autômato adaptativo (computação)
 - A: Maquinas capazes de realizar uma tarefa
 - A²: Maquinas capazes de se ajustar para melhor realizar uma tarefa
 - De forma supervisionada
 - De forma autônoma

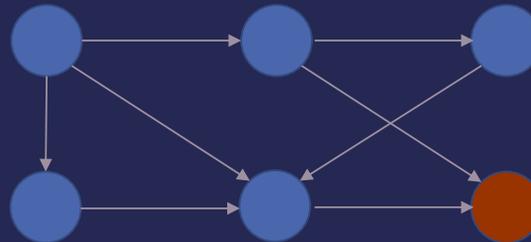
Contexto

Sistema Adaptativo / Computação Adaptativa

Autômato

MEF capaz de realizar procedimentos inteligentes

- A inteligência é incorporada ao autômato pelo seu criador
- Refletida na função (comportamento) embutida na estrutura desta máquina
- A sequência de estados visitados depende das condições externas (entradas)



Contexto

Sistema Adaptativo / Computação Adaptativa

Autômato

- Condições observadas (entradas)
- Estados ou Ações (saídas)

Evolução temporal

sequência de estados visitados em função das entradas

- M1 $s_0/i_1:s_2$ $s_2/i_3:s_2$ $s_2/i_4:s_1$ $s_1/i_1:s_4$ $s_4/i_3:s_1$
- M1 $s_0/i_1:s_2$ $s_2/i_2:s_1$ $s_1/i_5:s_4$ $s_4/i_1:s_3$ $s_3/i_4:s_1$

- M2 $s_0/i_1:s_3$ $s_3/i_3:s_2$ $s_2/i_1:s_3$ $s_3/i_1:s_2$ $s_2/i_1:s_3$
- M2 $s_0/i_1:s_3$ $s_3/i_2:s_3$ $s_3/i_5:s_2$ $s_2/i_1:s_3$ $s_3/i_4:s_1$

Contexto

Sistema Adaptativo / Computação Adaptativa

Autômato

Tabela de transições

seqüência de estados visitados em função das entradas

$M_1: s(t)/i(t):s(t+)$

- $s_0/i_1:s_2$ $s_2/i_2:s_2$ $s_2/i_4:s_1$ $s_1/i_0:s_3$ $s_3/i_1:s_4$ $s_4/i_3:s_1$

.....

•	s	i	0	1	2	3	4		0	1	2	3	4
•	0		0	2	3	4	0		0	2	3	4	0
•	1		3	2	3	3	4		3	2	3	3	4
•	2		2	4	2	3	1		2	4	2	3	1
•	3		3	4	1	4	1		3	4	1	4	1
•	4		1	2	4	1	2		1	2	4	1	2

Contexto

Sistema Adaptativo / Computação Adaptativa

Autômato

É possível ajustar a MEF para que ela tenha um comportamento condizente com certas expectativas

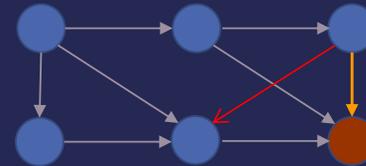
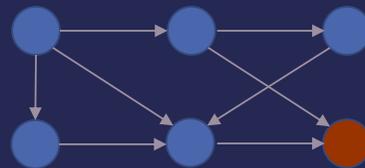
- Cujas sequências de saídas em função das entradas estejam em conformidade com expectativas dos projetistas
- Isso pode ser feito explicitamente pelo projetista
- Ou de forma automática (adaptativa) a partir de ajustes sucessivos

Contexto

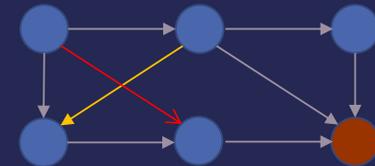
Sistema Adaptativo / Computação Adaptativa

Autômato Adaptativo

- Avanço (alteração) sucessivo da estrutura com reflexos na função (comportamento) nela embutido
- Novos comportamentos podem se manifestar



→ retirada
→ acrescentada



Contexto Sistema Evolucionário / Computação Evolucionária

Quando a adaptação ocorre por processos evolucionários

Capaz de evoluir e assim sucessivamente refinar sua capacidade para corresponder a um objetivo

- Se conformar para resolver um problema (ou encontrar uma forma / solução adequada para o problema)
- Otimização – encontrar uma boa solução num universo imenso de possibilidades
- Ex: Algoritmo Genético (AG)

Contexto Sistema Evolucionário / Computação Evolucionária

Capazes de evoluir

- Modificação sucessiva de
 - um objeto
 - forma/estrutura: proteína  =>
 - função: plano semafórico plano A => plano B => plano C
 - um comportamento
 - como no caso anterior: FSM
- Tentativa & Erro
 - ponderada pelo sucesso relativo até o momento

Contexto Sistema Evolucionário / Computação Evolucionária

Capazes de evoluir

- Tem a capacidade de evoluir (se aperfeiçoar), assumindo formas e comportamentos mais adequados para desempenhar bem seus propósitos
 - Normalmente pressupõe um incremento de complexidade
- Inspiração na natureza e particularmente em sistemas biológicos
 - Evolução das espécies

Contexto Sistema Evolucionário / Computação Evolucionária

Capazes de evoluir

- Emergência
 - Característica de sistemas dinâmicos complexos
 - Surgimento de novos comportamentos não previstos
- Auto Organização
 - Capacidade intrínseca de sistemas adaptativos complexos
 - Sucessivos ajustes contrapondo evolução e balanceamento (novidade e preservação)

Contexto Sistema Evolucionário / Computação Evolucionária

Sistemas evolutivos

- Algoritmos evolucionários
 - Exploram algum paradigma evolucionário para transformar o sistema permitindo sua evolução (genérico)
- Algoritmos genéticos
 - Exploram um modelo de codificação genética para representar sistemas que evoluem em decorrência de operações realizadas no domínio genético

Contexto Sistema Aprendiz / Aprendizagem Computacional

Capazes de aprender

- adquirir algum conhecimento/informação
- mudar seu comportamento em função do que foi adquirido
- se ajustar para efetuar algum procedimento
- Ex: reconhecimento de uma classe de padrões

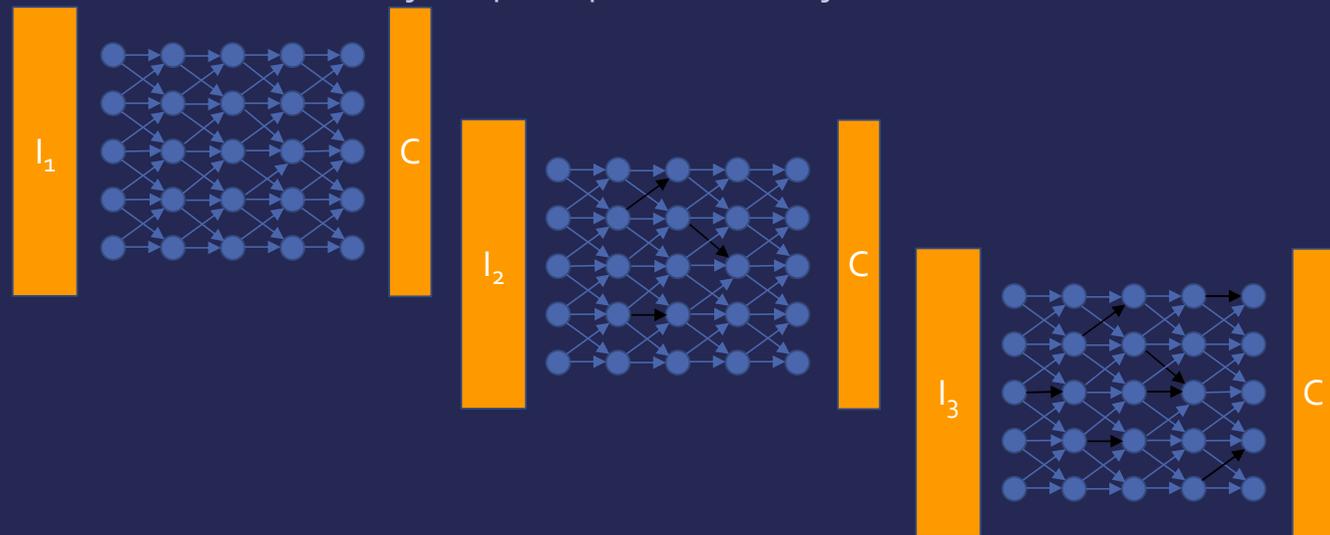
- Ex: Redes Neurais Artificiais (ANN)

Contexto Sistema Aprendiz / Aprendizagem Computacional

Aprendizagem Computacional

RNA

- Implícita (escondida na importância das conexões)
- Base de treinamento (I_1, I_2, I_3, \dots)
 - Ajustes sucessivos (*back propagation*)
 - Rede se ajusta p compreender o conjunto de treinamento



Contexto

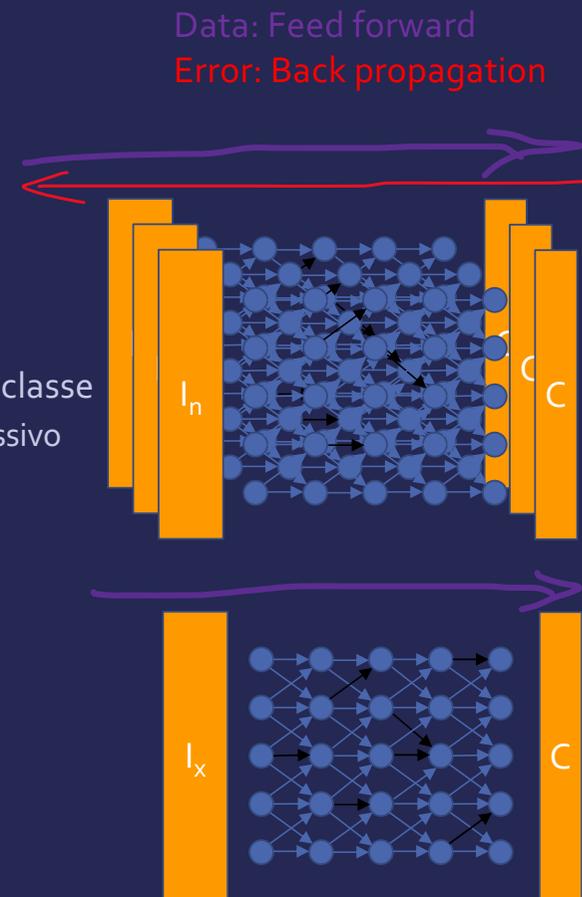
Sistema Aprendiz / Aprendizagem Computacional

Aprendizagem Computacional

RNA

- Fase 1:
 - Treinamento
 - Vasto conjunto de imagens da classe
 - Ajustes de refinamento sucessivo

- Fase 2:
 - Reconhecimento
 - Classificação



Contexto

Sistema Aprendiz / Aprendizagem Computacional

Sistema aprendiz

- Possuem capacidade de aprendizado
- Inferir novos conhecimentos a partir de outros já adquiridos
 - Aprendizado por ensinamento (professor)
 - Aprendizado por observação (autonomo passivo)
 - Aprendizado por experimentação (autonomo criativo)
- Permitem a expansão da base de conhecimento
 - Mantem portanto um registro do seu conhecimento
 - De forma implicita (RNA) ou explicita (IAS)

Contexto

Sistema Aprendiz / Aprendizagem Computacional

Sistema aprendiz

- Diferentes formas de aprendizado
 - Inteligencia Artificial Simbolica (IAS / IA)
 - Tem dentre seus temas de interesse a questão do aprendizado
 - Aprendizado em agentes inteligentes
 - A questão da expansão do conhecimento
 - Agregação de novas informações
 - Aprendizado em multi-agentes
 - Aprendizado distribuido
 - Conhecimento comunitário (*swarm computing*)

Contexto Sistema Aprendiz / Aprendizagem Computacional

Sistema aprendiz

- Diferentes formas de aprendizado
 - Rede Neural Artificial (RNA)
 - A questão do aprendizado é intrínseca às RNAs
 - Conhecimento fica distribuído na rede
 - “Holografia” (cada parte tem contribuição para o todo)

Computação Evolucionária Problemas

Existem problemas cuja solução é encontrada seguindo uma estratégia (sequencia de etapas)

- Final é desconhecido, mas estratégias para cada etapa são conhecidas
- Ex: Jogo xadrez (10^{120} possíveis combinações)

Computação Evolucionária Problemas

Existem problemas cuja solução é encontrada testando sua validade / nível de adequação

- Sabe-se o que se procura, mas não como chegar lá
- Destino é conhecido, mas não o percurso para atingi-lo

- Síntese de medicamentos (síntese molecular)
 - Verifica quão apropriada a molécula é para o que se procura
 - Acoplamento estrutural (quão bom é o encaixe)
 - Combinação de boas moléculas tem mais chance de levar a moléculas ainda melhores

Computação Evolucionária Possibilidades

Sistemas criativos

- tentativa e erro, com refinamento sucessivo
- defina regras e condições de contorno
- deixe o sistema experimentar !
 - Propor / Analisar / Refinar (iterativamente)

Aplicações (*Evolutive Design by Computer*)

- Composição musical
- Projetos arquitetônicos
- Solução de problemas gerais

Computação Evolucionária Evolução Natural

Aquela observada na natureza

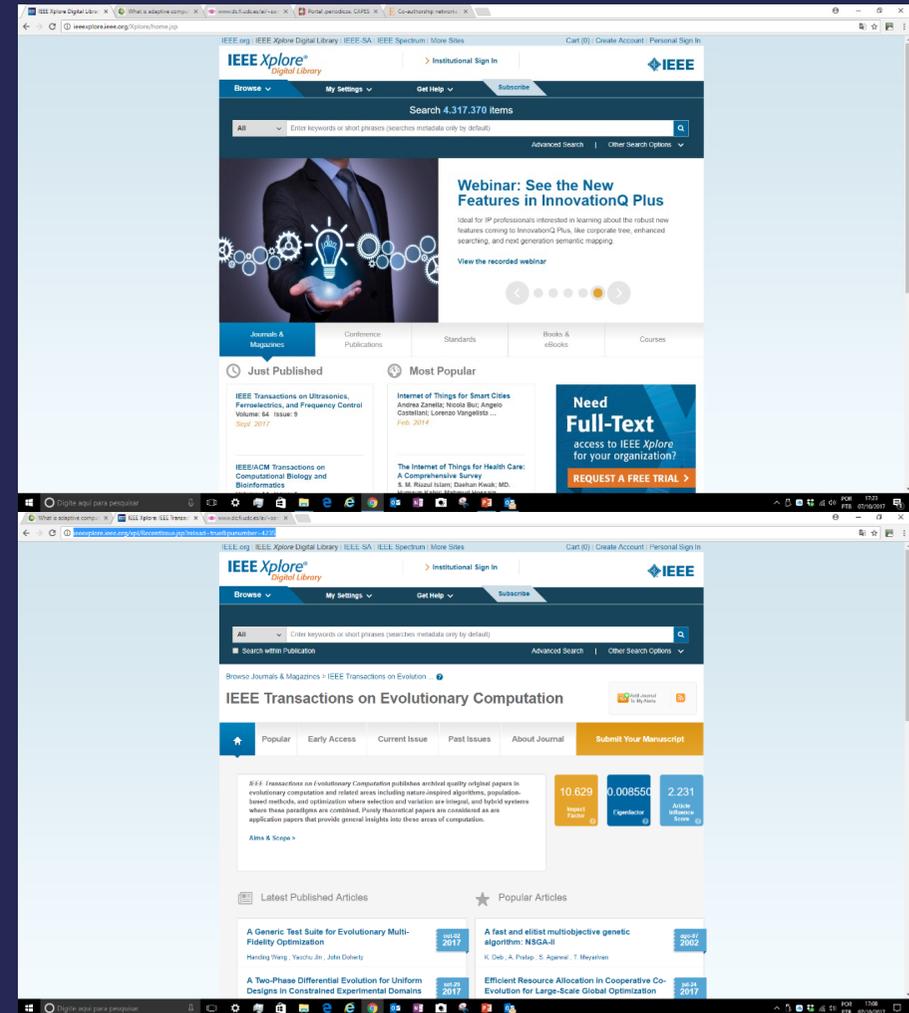
Darwin

Sucessivas (pequenas) alterações nos indivíduos

- Mutação e reprodução (diversificação)
- Seleção natural (adaptação)

Referências

IEEE Xplore Digital Library
<http://ieeexplore.ieee.org>

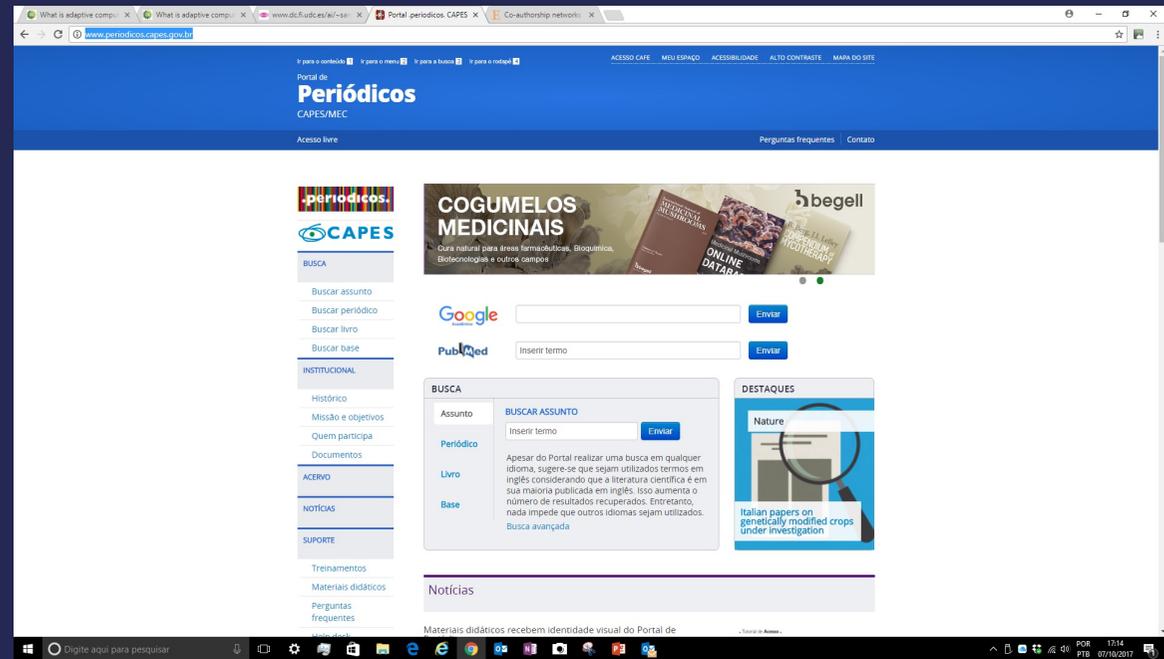


Referências

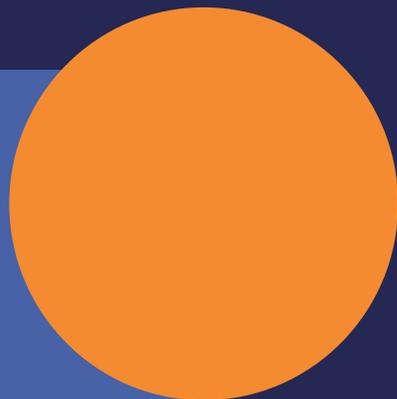
ACM Digital Library
<http://dl.acm.org/>

The image displays two screenshots of the ACM Digital Library website. The top screenshot shows the homepage, which includes a search bar, navigation links (HOME, SIGN UP, LOGIN), and several featured sections: 'Advanced Search', 'Browse the ACM Publications' (listing Journals, Transactions, Magazines, Proceedings, Technical Magazines, Newsletters, and Books), 'Browse the Special Interest Groups', 'Browse the Conferences', 'Browse the Special Collections', 'Browse the Digital Content', 'Browse all literature by type', 'Browse all literature by publisher', and 'Browse by the ACM Computing Classification System'. There are also links for 'ACM BOOKS', 'New Digital Library Resource Center', and 'Computing Reviews'. The bottom screenshot shows a search result for 'What is adaptive computing?'. It includes the title, authors (George J. Horne, Michael J. Griffin, and Michael J. Griffin), a PDF icon, and a detailed abstract: 'Adaptive computing refers to the capability of a computing system to select one or more of its properties (e.g., performance) during runtime. There are diverse reasons of why it is advantageous for a computing system to adapt during runtime and there are various enabling techniques and paradigms that allow a computing system to perform such an adaptation. In the following, we first our exploration of adaptive computing systems to the most advanced in embedded computing systems. Other, non-embedded computing is referred to as adaptive computing, actually, it corresponds to one of the key paradigms that along with application-specific instruction set processors enable adaptive computing. We will shortly discuss state of the art in both areas.' The page also features a 'Contact Us' section and a 'Table of Contents'.

Referências



Portal Periódicos CAPES
<http://www.periodicos.capes.gov.br/>



TEMA 1

Aula 2

TEMA 1
Computação Evolucionária

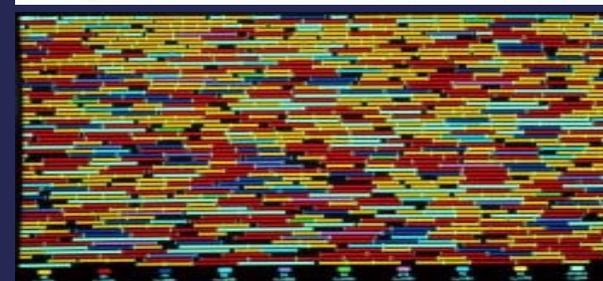
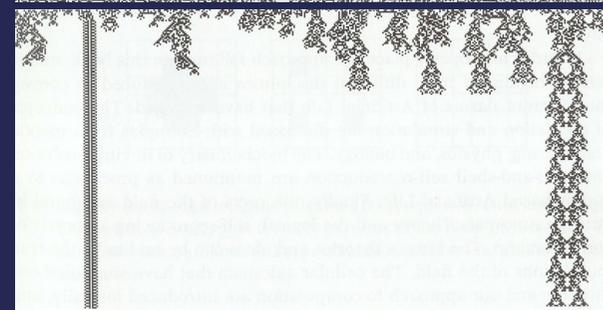
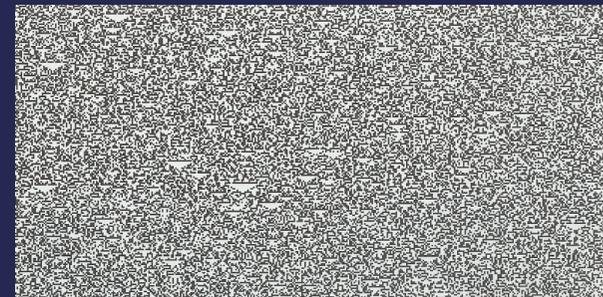
Aula 2
ferramentas de otimização - classe de problemas típicos

Computação Evolucionária Sistemas Evolutivos Artificiais: Paradigmas Biológicos

Como evoluem ou se transformam os sistemas dinâmicos, enquanto sustentando algumas de suas características organizacionais ou comportamentais

Relação de princípios matemáticos de sistemas auto-organizados, e de métodos estatísticos, com sua manifestação em sistemas biológicos

Trata ainda da classe de procedimentos lógicos, retratados pela IA, de que são capazes os humanos



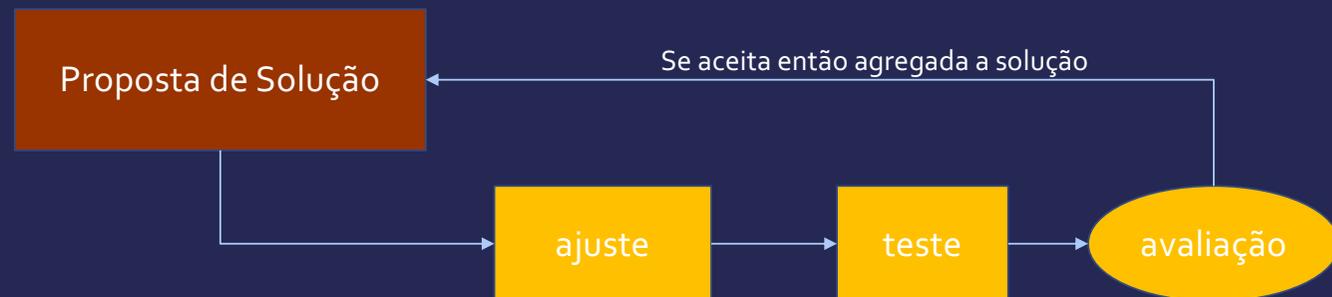
Computação Evolucionária

Sistemas Evolutivos Artificiais

Computação Evolutiva

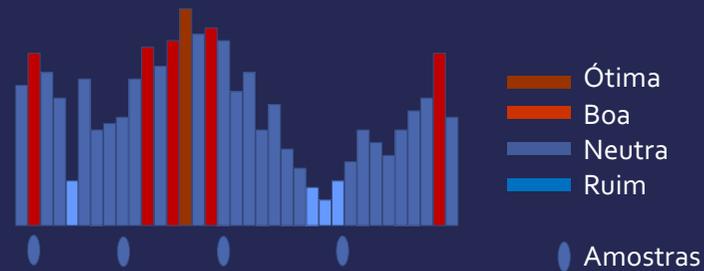
Computação de avanços sucessivos

- Ajustes
- Testes e avaliações



Computação Evolucionária

Sistemas Evolutivos Artificiais

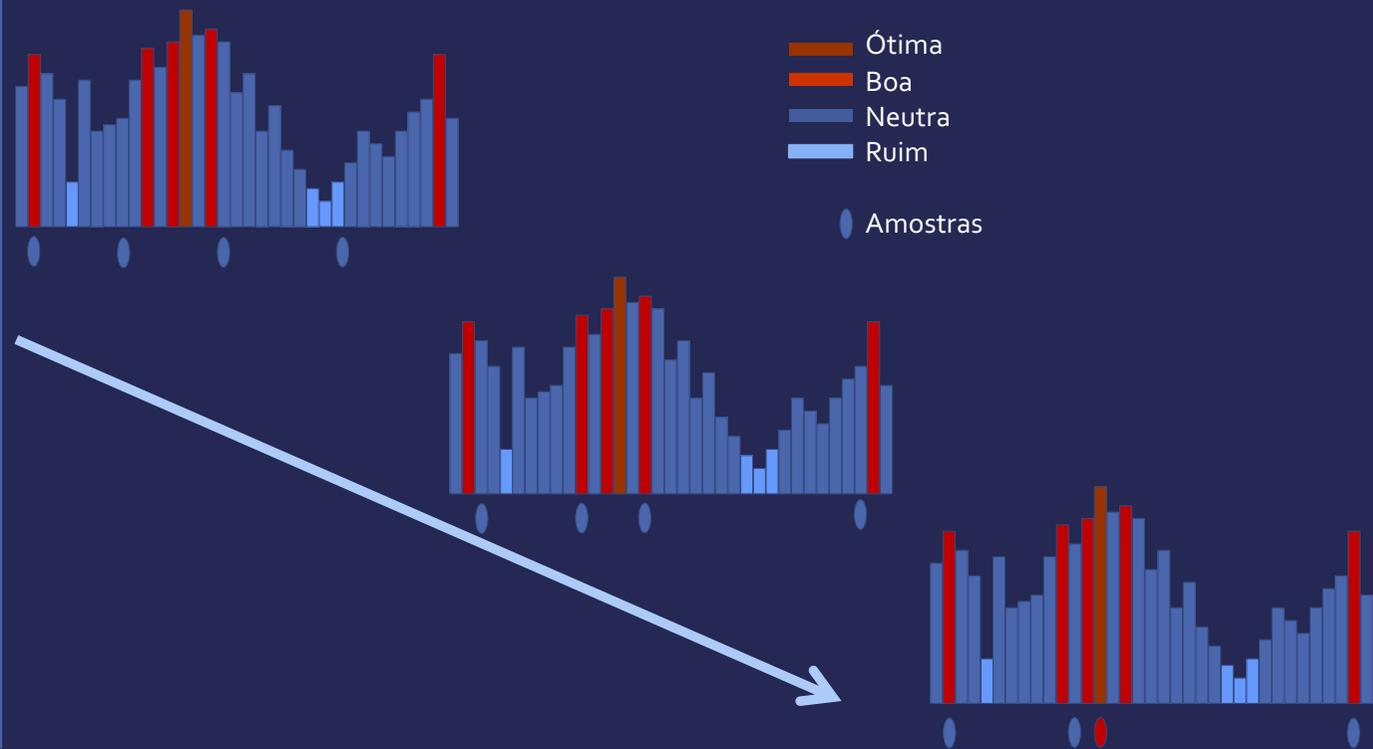


Como proceder para com um pequeno número de amostras (quando comparado ao número total de exemplares) conseguir encontrar o que se procura

- Tipicamente o maior (menor) valor
- Usando algum mecanismo de ajuste sucessivo

Computação Evolucionária

Sistemas Evolutivos Artificiais



Computação Evolucionária Sistemas Evolutivos Artificiais

Entende-se cada individuo como uma particular solução (candidata) do problema, e o espaço de soluções como aquele que contempla a todas as possíveis soluções

A exploração de diferentes indivíduos permite vasculhar o enorme espaço de soluções, e desta forma a partir de um processo de sucessivo refinamento caminhar para encontrar uma solução senão ótima, ao menos muito boa

Computação Evolucionária Sistemas Evolutivos Artificiais

Particularmente indicado em casos em que o espaço de soluções é muito grande (ex: 10^{30})

- ou seja situações em que é explorar todas as soluções na busca da melhor é algo intratável
- e em que não há conhecimento da função que qualifica cada solução
 - se houver e for conhecida pode-se ter uma solução analítica simples – ex função linear, ou derivável, basta ver o seu máximo!

Computação Evolucionária Sistemas Evolutivos Artificiais

Procura-se resolver o problema usando apenas um numero sensivelmente menor que o total

- Ex: num espaço de 10^{30} elementos (intratável)
testar apenas 10^5 amostras (tratável)
- Como escolher os 10^5 que sejam representativos?
- Explorando coerência entre as melhores soluções e refinando este processo

Computação Evolucionária Sistemas Evolutivos Artificiais

Uma grande diversidade de métodos computacionais e princípios matemáticos são aplicáveis para o desenvolvimento de sistemas adaptativos, inteligentes e eventualmente até mesmo conscientes

A consolidação e extensão dos mesmos tem favorecido sua maior integração, com o que sistemas vivos e cognitivos artificiais começam a se tornar mais e mais sofisticados e complexos

Computação Evolucionária Sistemas Evolutivos Artificiais

Aulas da próxima etapa ilustrarão métodos computacionais como algoritmos genéticos usados com êxito para estes propósitos

Alguns exemplos demonstram a potencialidade deste tipo de computação, além de ressaltar sua relação com a biologia, seja enquanto inspiradora para vários deles, seja enquanto objeto de aplicações que possam ser desenvolvidas

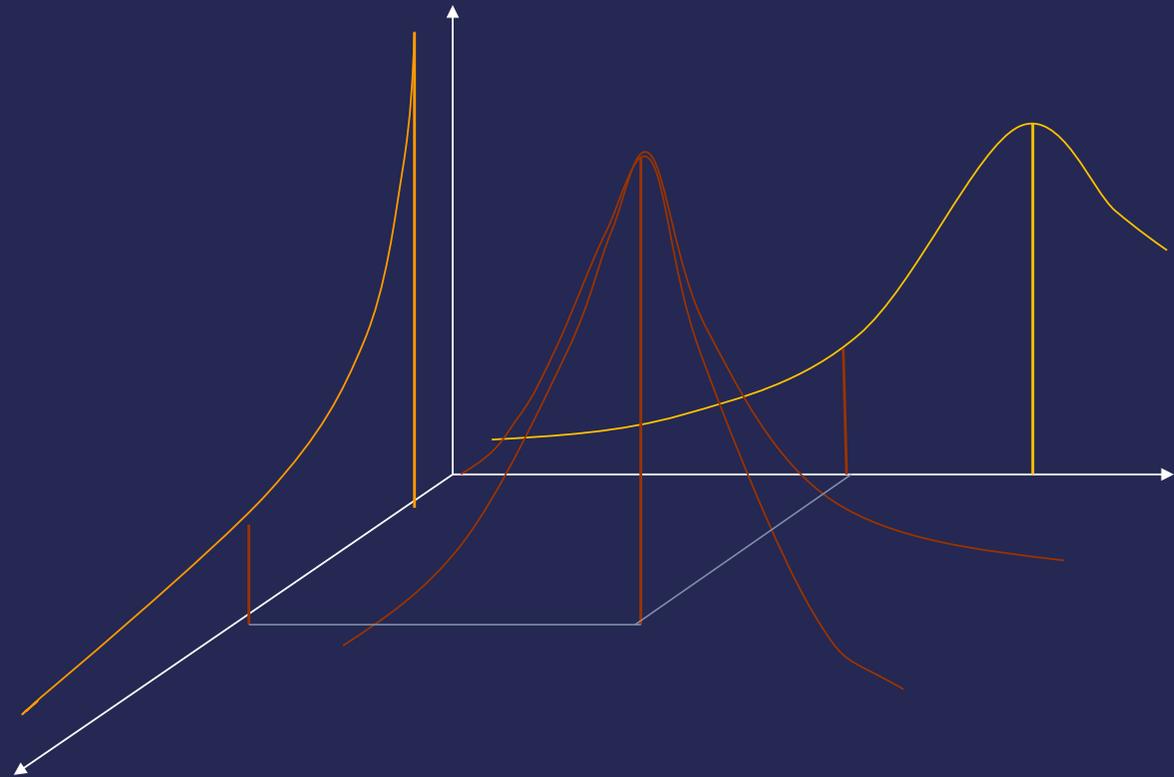
MATH ↔ BIO

Computação Evolucionária Métodos Otimização

Diversos problemas são multidimensionais

- Influenciados por diferentes variáveis (dimensões)
- Nestes casos cada solução é encontrada a partir de um particular ajuste de cada uma de suas variáveis independentes (dimensões)
- A busca por uma solução ótima pode ser tarefa altamente complexa ou enfadonha
 - A solução ótima pode não corresponder aquela em que se maximizou seu desempenho a partir do ajuste independente de cada entrada

Computação Evolucionária Métodos Otimização



Computação Evolucionária Métodos Otimização

Diversas técnicas foram desenvolvidas para tratar de problemas desta natureza

- Muitos tem bom desempenho (ou se aplicam) a certas classes de problemas mas não a outras
- Já outros, como AG são genéricos e podem ser aplicados com bons resultados a quaisquer problemas desta natureza (multidimensionais)
- Os AG são ainda recomendados em problemas cuja enumeração (dimensão) são tipicamente intratáveis por outros meios

Computação Evolucionária Métodos Otimização

Método clássico: Gradiente Descendente (Ascendente)

- Conhecida uma função, a partir da observação (cálculo) de seus valores em pontos inicialmente aleatórios, pode-se continuamente procurar nas suas vizinhanças considerando o gradiente da função nestes pontos, outros melhores
- Dando cada passo no sentido montanha acima ou abaixo.

Computação
Evolucionária
Métodos
Otimização

Método clássico: Gradiente Descendente (Ascendente)

Permite encontrar mínimos (máximos) **locais**, mas não garante que seja encontrado o mínimo (máximo) **global**



Computação Evolucionária Métodos Otimização

E quando a função não tem uma forma analítica conhecida? Como proceder (não dá para derivar e encontrar os pontos de máximo/mínimo)

E quando elas são mal comportadas (variam de formas inesperadas / desconhecidas)?



Ajuste sucessivo dos passos

- Grandes demais podem ultrapassar o ponto procurado
- Muito pequenos levam a um tempo excessivo na busca pelos picos

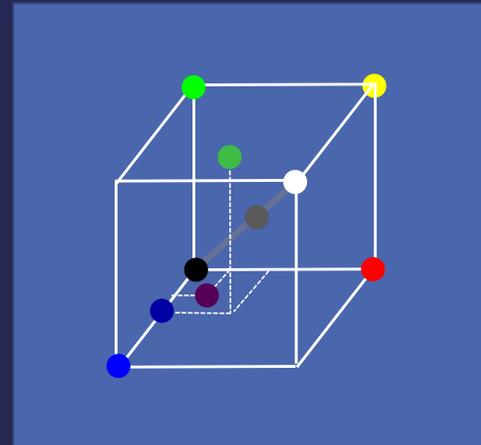


Representação no espaço de estados

Seja uma imagem de 3 pixels

- Cada pixel pode ser representado como uma dimensão
- Portanto temos um espaço de dimensão 3
- Cada eixo representa um pixel
 - E seu valor a intensidade deste pixel
 - ex 8 para cada componente (RGB) ● ● ●
- Portanto, cada uma das 512 imagens possíveis corresponde a um ponto deste espaço $8^3 = 512$

- Img 1 ● ● ●
- Img 2 ● ● ●
- Img 3 ● ● ●
- Img 4 ● ● ●
-
- Img 256 ● ● ●

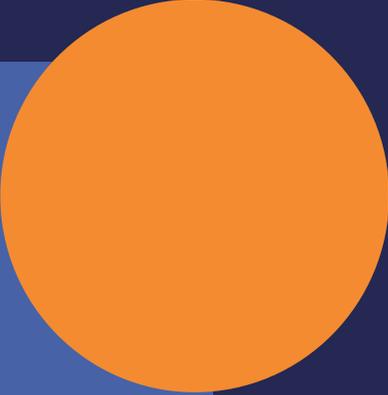


Representação no espaço de estados

Seja uma imagem de 100 x 100

- 10.000 pixels
- Cada pixel pode ser representado como uma dimensão
- Portanto temos um espaço de dimensão 10 K
- Cada eixo representa um pixel
 - E seu valor a intensidade ou cor daquele pixel
 - ex 256 tons de cinza
- Portanto, cada imagem possível de ser formada nesta matriz 100x100 tem correspondência a um ponto deste espaço 256^{10K}
- Temos que encontrar métodos eficientes para tratar isso!





TEMA 1 Aula 3

TEMA 1
Algoritmos Genéticos

Aula 3:
fundamentos: conceito / modelo / operadores / algoritmo

Artificial Life

- Karl Sims – Evolving Creatures (1994)
- https://www.youtube.com/watch?v=JBgG_VSP7f8

Morfologia

- corpo: membros / articulações
- controle: propósito / movimentos & ações
- evolução genética

Algoritmo Genético

- Caixeiro viajante (traveling salesman)
- <https://www.youtube.com/watch?v=KdrfFFWwWiU>
- <https://www.youtube.com/watch?v=Lw-91UORjx4>
- <https://www.youtube.com/watch?v=q6fPko--eHY>

- Adaptação genética de redes neurais
- <https://www.youtube.com/watch?v=8V2sX9BhAW8>

Algoritmos Evolucionários e Genéticos categorias / propostas

Algoritmos evolucionários

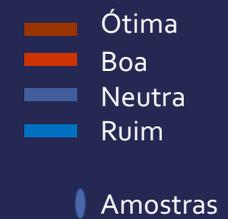
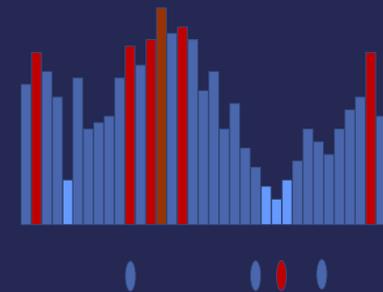
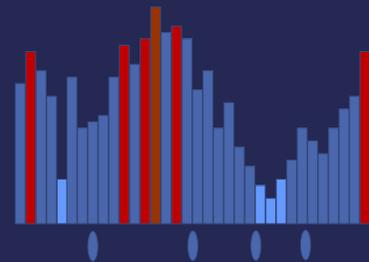
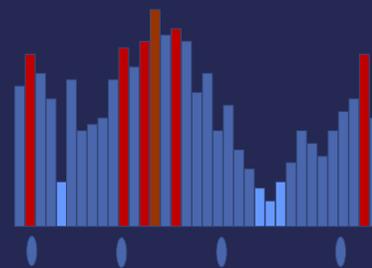
- Algoritmos (estratégias) evolucionários
 - (Rechenberg, 1965)
 - Métodos para evolução de soluções de problemas
- Programação evolucionária
 - (Fogel, 1966)
 - Quando aplicados para o desenvolvimento de programas
- Algoritmos genéticos
 - (Holland, 1975)
 - Métodos evolutivos baseados no uso de codificação genética
- Programação genética
 - (Koza, 1992)
 - Quando aplicados para o desenvolvimento de programas

Algoritmos Evolucionários e Genéticos fundamentais

O que é?

- mecanismo de busca num espaço de soluções
- Buscamos uma solução (indivíduo) num espaço de soluções
 - Um bom indivíduo
 - Esperando poder encontra-lo sem precisar testar todos!!!
 - Com base em alguma coerência entre vizinhos
 - Quem está por perto não costuma ser tão diferente

Algoritmos Evolucionários e Genéticos fundamentos



AG é um procedimento para escolher sucessivas amostras com a expectativa de chegar cada vez mais próximo da melhor situação

Algoritmos Evolucionários e Genéticos fundamentos

Quando é interessante?

- Quando a dimensão deste espaço é intratável
 - Ou seja quando não se pode testar cada solução pelo fato de que tal ação excede em muito a capacidade (tempo) disponível
- Ex dimensões intratáveis:
 - $\sim 10^{80}$ número átomos universo
 - $\sim 10^{120}$ número de possíveis estados no xadrez
 - 10^{6000} 6.000 semáforos em SP; 10 estados/semáforo

Algoritmos Evolucionários e Genéticos fundamentos

A exploração de diferentes indivíduos permite vasculhar o enorme espaço de soluções

- entendendo-se cada indivíduo como uma particular solução do problema, e o espaço de soluções como aquele que contempla a todas as possíveis soluções

Particularmente indicado em casos em que o espaço é muito grande (ex: 10^{30})

- situações em que explorar todas as soluções na busca da melhor é algo intratável, e em que não há conhecimento da função que qualifica cada solução (se houver e for conhecida pode-se ter uma solução analítica simples – ex função linear, ou derivável, basta ver o seu máximo!)

Algoritmos Evolucionários e Genéticos fundamentos

Computação evolucionária

Métodos *bottom-up* para desenvolvimento de sistemas e processos

Podem apresentar princípios associados à

- Criatividade
- Emergência (surgir algo novo)

Algoritmos Genéticos princípios

Algoritmos genéticos

Princípio

- Método com embasamento estatístico
- Sucessiva alteração de indivíduos numa população segundo um critério norteador do processo
 - Mecanismo de avaliação da qualidade dos indivíduos (*fitness*)
- Codificação genética dos indivíduos, sobre a qual operam os procedimentos de reprodução e mutação
 - Permitem manter boas (melhores) características dos indivíduos da população enquanto exploram também outras novas
 - Início: sistema exploratório – favorece novas características
 - Fim: sistema conservativo – favorece a manutenção das melhores características obtidas

Algoritmos Genéticos princípios

Algoritmos genéticos

Busca por caminhos para um destino

- Identificar uma boa seqüência de etapas para atingir o objetivo

Busca por soluções

- Procurar por uma boa solução do problema (ou ótima)
 - Quando o espaço de possíveis soluções é de altíssima dimensão

Algoritmos Genéticos princípios

Algoritmos genéticos

Exemplo

- Evolução de máquina de estados que define o **comportamento** de um robô virtual (WoxBot)
 - Máquina (estados e transições) codificada geneticamente
 - Métrica de avaliação de desempenho: o sucesso do robô em procurar pirâmides evitando cubos
 - Procedimentos de reprodução genética:
 - cruzamento
 - mutação

Algoritmos Genéticos princípios

Identificação do indivíduo (aquilo que se quer melhorar)

Codificação genética do indivíduo (para permitir o uso de operadores genéticos)

Criação de sucessivas gerações da população (diversos indivíduos com algumas diferenças entre si, representadas nas diferentes codificações genéticas)

Avaliação e ranking de todos os indivíduos

Criação de novos indivíduos (nova geração) a partir dos atuais por reprodução (combinação entre pais) e mutação (pequenas alterações aleatórias)

Algoritmos Genéticos conceito

Indivíduo

- Cada solução é representada por um indivíduo

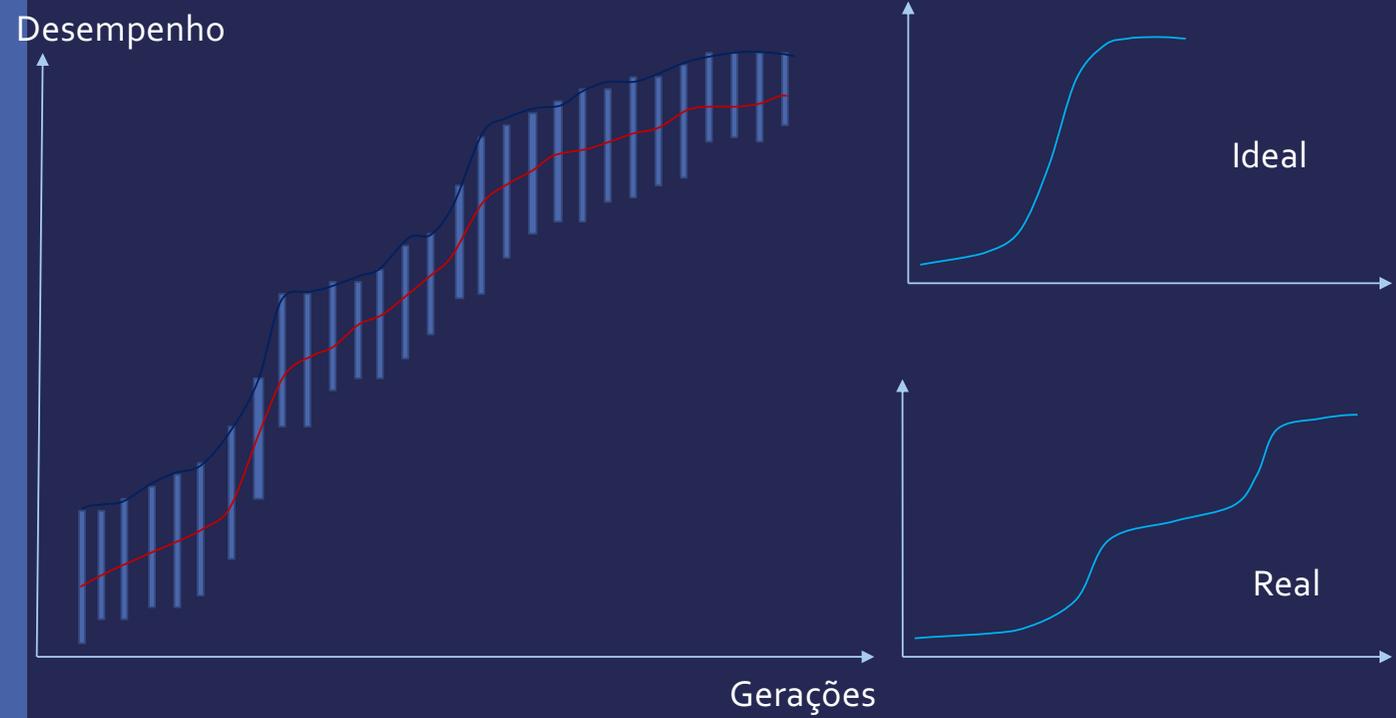
População

- Conjunto parcial de soluções é representado por uma população

Gerações

- Ao longo de diversas gerações se observa uma mudança no perfil dos indivíduos da população que vão se especializando (chegando mais próximos da melhor)

Algoritmos Genéticos conceito



Algoritmos Genéticos modelo

Fenótipo

- O individuo em si
- Representa uma possível solução do problema tratado

Genótipo

- Uma codificação (binária) do indivíduo

Algoritmos Genéticos modelo

A maior dificuldade esta em garantir a consistência do fenótipo (**F**) com base no genótipo (**G**)

- Correspondência biunívoca $F \leftrightarrow G$

Cada novo genótipo tem que poder corresponder a um fenótipo (indivíduo ou solução) possível (consistente)

- Modelos homogêneos
 - Fácil
- Modelos heterogêneos
 - Pode ser difícil
 - Eventualmente necessite de validadores do processo construtivo

Algoritmos Genéticos modelo

Ex: indivíduo é um animal (consistência estrutural)

O cruzamento (reprodução) deve produzir um novo indivíduo que mantenha as mesmas características dos seus pais, combinando-as

- Pernas mais longas (pai) e braços mais curtos (mãe)

O que não pode acontecer é por exemplo surgir algo com os pés na cabeça!



Algoritmos Genéticos modelo

Embora o exemplo anterior pareça obvio, nem sempre é fácil de se garantir tal consistência

- Ex: individuo corresponde a um conjunto de rotas de ônibus
- Um novo individuo deve corresponder a um novo conjunto de rotas, mas deve-se garantir por exemplo que a cobertura das mesmas seja completa (toda a cidade)
- E ao se misturar dois conjuntos de rotas isso pode não ser trivial. Ex, o filho pode herdar dois conjuntos de rotas de uma região da cidade deixando outra região descoberta

Algoritmos Genéticos modelo

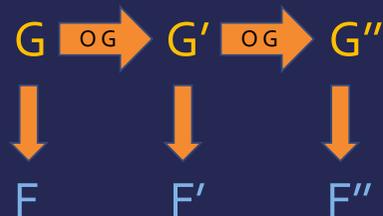
O primeiro e talvez mais importante ponto a ser trabalhado quando se trabalha com algoritmos genéticos é o da especificação do modelo do indivíduo (fenótipo) e de um correspondente código (genótipo) que o represente

Não parece haver uma regra para isso. Cada projeto deve ser tratado independentemente, analisando suas características e procurando uma representação que permita uma manipulação consistente

Algoritmos Genéticos operadores

Operadores agem sobre o genótipo com efeito sobre o fenótipo

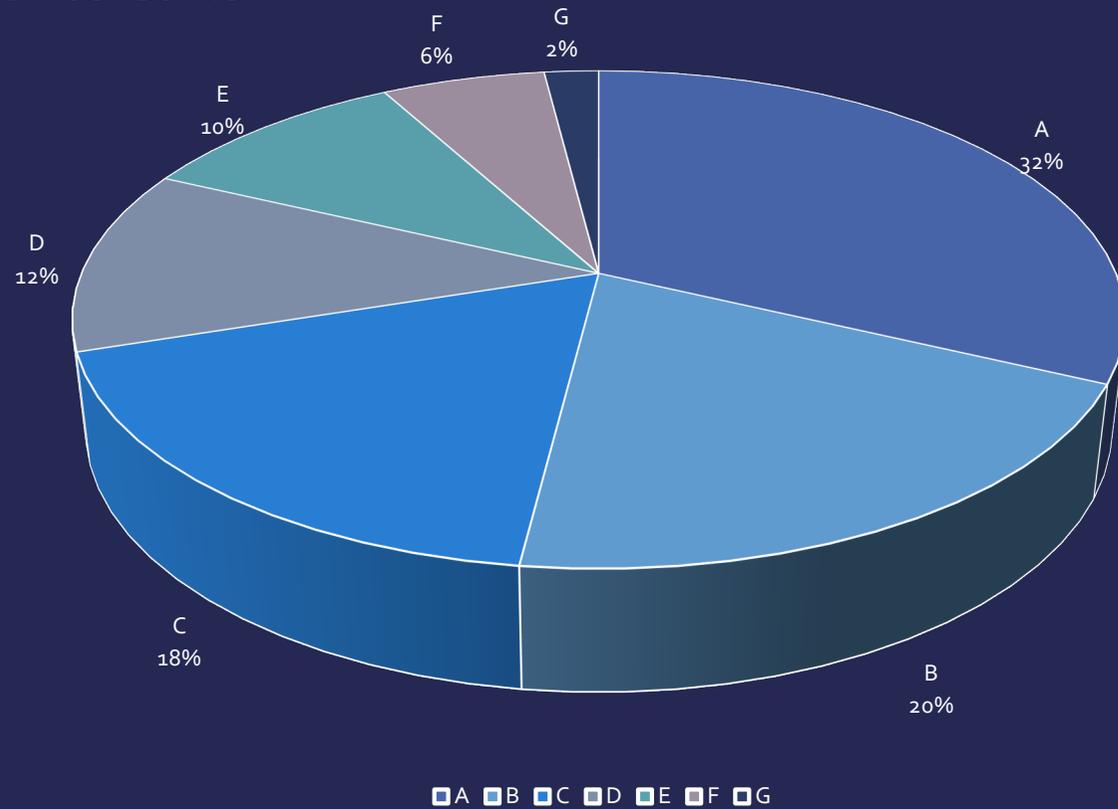
Altera-se o código e com isso transforma-se o indivíduo



Monte Carlo

Monte Carlo

Indivíduos: Desempenho



Algoritmos Genéticos operadores

Operadores Genéticos

Reprodução

- novo individuo composto a partir da composição (partes) de seus pais
 - Pais escolhidos considerando seus desempenhos (Monte Carlo)
 - melhores levam vantagem, mas piores não são excluídos!

Mutação

- novo individuo transformado aleatoriamente
 - mutações tem baixa ocorrência (3% a 10%)
 - dentre as ocorrências as pequenas alterações são mais frequentes (lei das potencias inversas – terremotos!)

Algoritmos Genéticos exemplo / procedimento

Representação / Codificação

Ex: Automato

- estados e transições
- número de estados (vamos considera-lo fixo)
- número de transições (entre mínimo e máximo)
- código: cada transição
 - implícito (posição no código): E_i/C
 - explícito (valor): E_f
- 6 estados / de 0 a 3 transições por estado

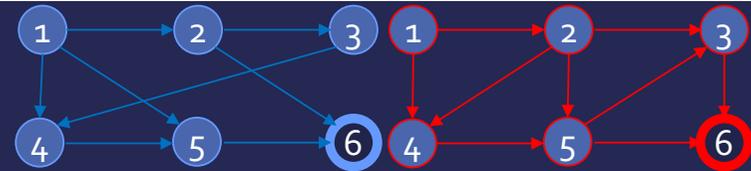
Algoritmos Genéticos exemplo / procedimento

Representação / Codificação

Ex: Automato

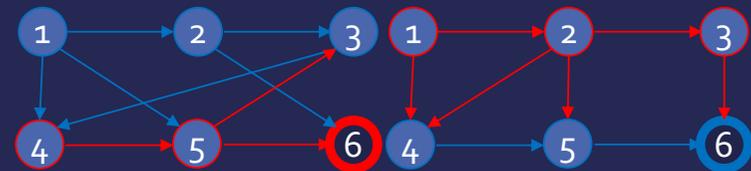
- Cross Over
- 2 pais gerando 2 filhos
- Compostos a partir de parte de cada um dos pais

Algoritmos Genéticos exemplo / procedimento



Ef: (Ei C)	a	b	c
1	4	2	5
2	3		6
3			4
4		5	
5			6
6			

Ef: (Ei C)	a	b	c
1	4	2	
2	3	4	5
3			6
4		5	
5	3		6
6			

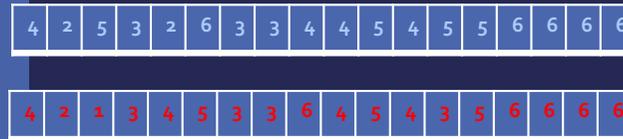


Reprodução 1 (1-3 /4-6)

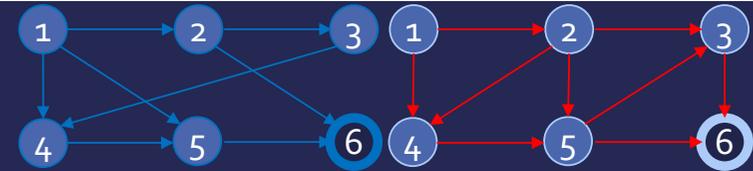
Ef: (Ei C)	a	b	c
1	4	2	5
2	3		6
3			4
4		5	
5	3		6
6			

Ef: (Ei C)	a	b	c
1	4	2	
2	3	4	5
3			6
4		5	
5			6
6			

Algoritmos Genéticos exemplo / procedimento

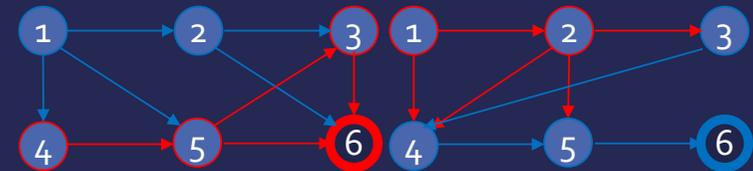


Reprodução 2 (1-2 / 3-6)



Ef: (Ei C)	a	b	c
1	4	2	5
2	3		6
3			4
4		5	
5			6
6			

Ef: (Ei C)	a	b	c
1	4	2	
2	3	4	5
3			6
4		5	
5	3		6
6			



Ef: (Ei C)	a	b	c
1	4	2	5
2	3		6
3			6
4		5	
5	3		6
6			

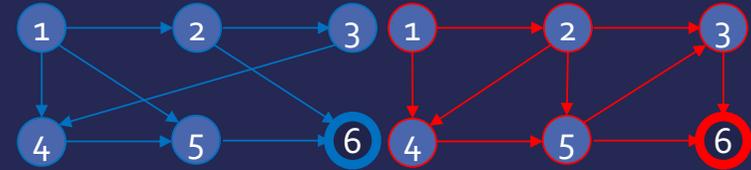
Ef: (Ei C)	a	b	c
1	4	2	
2	3	4	5
3			4
4		5	
5			6
6			

Algoritmos Genéticos exemplo / procedimento

4 2 5 3 2 6 3 3 4 4 5 4 5 5 6 6 6 6

4 2 1 3 4 5 3 3 6 4 5 4 3 5 6 6 6 6

Reprodução 2 (1-2 / 3-6)
com Mutação (3 / 4)



Ef: (Ei C)	a	b	c
1	4	2	5
2	3		6
3			4
4		5	
5			6
6			

Ef: (Ei C)	a	b	c
1	4	2	
2	3	4	5
3			6
4		5	
5	3		6
6			



Ef: (Ei C)	a	b	c
1	4	2	5
2	3		6
3			6
4	5		
5	3		6
6			

Ef: (Ei C)	a	b	c
1	4	2	
2	3	4	5
3			5
4		5	
5			6
6			

Algoritmos Genéticos exemplo / procedimento

Pseudo código

- Criação da população inicial (n indivíduos)
- Avaliação de cada individuo e ordenação (ranking)
- Criação da nova população
 - seleção de pares para reprodução (quem)
 - seleção do critério de reprodução (como)
 - reavaliação (novos indivíduos)
 - escolha dos indivíduos da nova população

Algoritmos Genéticos exemplo / procedimento

Pseudo código

- Criação da população inicial (n indivíduos)
 - *aleatória (normalmente a melhor forma – generalidade)*
 - *ou*
 - *segundo algum critério*
- *ex: homogeneamente distribuídos no espaço de soluções*

Algoritmos Genéticos exemplo / procedimento

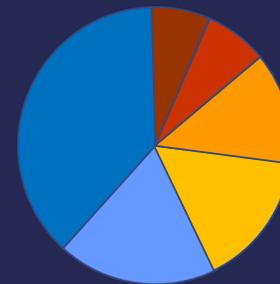
Pseudo código

- Avaliação de cada individuo
 - *avaliação individual (desempenho natural)*
 - *ou*
 - *avaliação por competição (torneios: um contra o outro(s))*
-
- ... e ordenação (ranking)
 - mantendo os melhores
 - *ou*
 - *favorecendo os melhores (maiores chances)*
-

Algoritmos Genéticos exemplo / procedimento

Pseudo código

- Criação da nova população
 - seleção de pares para reprodução (quem)
 - *aleatória*
 - *ou*
 - *favorecendo os melhores*
 - *proporcionalmente ao desempenho de cada um*



Algoritmos Genéticos exemplo / procedimento

Pseudo código

- Criação da nova população
 - seleção de critérios para reprodução (como)
 - *definição do ponto de quebra do código*
 - *fixa*
 - *ou*
 - *aleatória*
 - *agregando mutação*
 - *chance de mutação e ponto de mudança*

Algoritmos Genéticos exemplo / procedimento

Pseudo código

- Criação da nova população
 - reavaliação

-

Algoritmos Genéticos exemplo / procedimento

Pseudo código

- Criação da nova população
 - escolha dos indivíduos da nova população
 - *mantendo os melhores (elitismo)*
 - *ou*
 - *favorecendo os melhores*
 - *ou*
 - *aleatória*
 - *ou*
 - *alguma combinação das anteriores*

Algoritmos Genéticos conclusão

Método genérico

- para procura de soluções
- para evoluir (melhorar) soluções

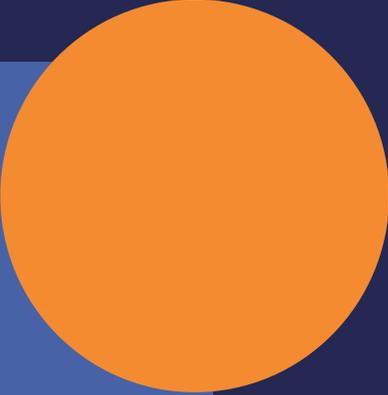
Próxima aula

- estudo de alguns casos
 - Woxbot (robô que evolui para sobreviver por mais tempo)
 - Genpolis (sistema de procura por uma carta semafórica mais eficiente)

Algoritmo Genético

- Caixeiro viajante (traveling salesman)
- <https://www.youtube.com/watch?v=KdrfFFWwWiU>
- <https://www.youtube.com/watch?v=Lw-91UORjx4>
- <https://www.youtube.com/watch?v=q6fPko--eHY>

- Adaptação genética de redes neurais
- <https://www.youtube.com/watch?v=8V2sX9BhAW8>



TEMA 1 Aula 4

TEMA 1 Algoritmos Genéticos

Aula 4:
aplicações: exemplos / simulações / vídeos
(modelagem do individuo)
exemplos: woxbot / genpolis

Algoritmos Genéticos exemplos

WOXBOT

- um robô controlado por autômato que evolui

GENPOLIS

- plano semafórico que evolui

Algoritmos Genéticos WOXBOT

Robô

- vive numa arena (ambiente)
 - onde se encontram cubos (roubam energia)
 - e pirâmides (fornecem energia)
 - onde se movimenta livremente
- consome energia de forma contínua, precisando portanto encontrar fontes onde possa se recarregar

Algoritmos Genéticos WOXBOT

Robô

- Dotado de sensor visual (câmera com redes neurais)
- câmera captura imagens do ponto de vista do robô
- RNA previamente treinada reconhece objetos na cena
 - identificando cubos e pirâmides
 - reportando sua localização relativa
 - frente, direita, esquerda / perto, longe
 - Informação repassada para o centro de decisões (MEF)

Algoritmos Genéticos WOXBOT

Robô

- Controlado por um autômato evolutivo (decisor)
- estados correspondem a ações
 - Seguir em frente, virar a direita ou esquerda
 - Em consequência do que se movimenta na cena
 - Podendo então (MEF adequada) perseguir alguns objetos e evitar outros

Algoritmos Genéticos WOXBOT

Robô

- Controlado por um autômato evolutivo (decisor)
- evolui ao longo de gerações de modo a conduzir a um robô mais adaptado ao ambiente
 - *vida prospera e longa (Dr Spock, Star Trek)*
- sem que haja interferência do criador do robô
- adaptação é autônoma!
 - Favorece robôs que procuram pirâmides enquanto evitam cubos (acumulam mais energia, tendo então vida mais longa)

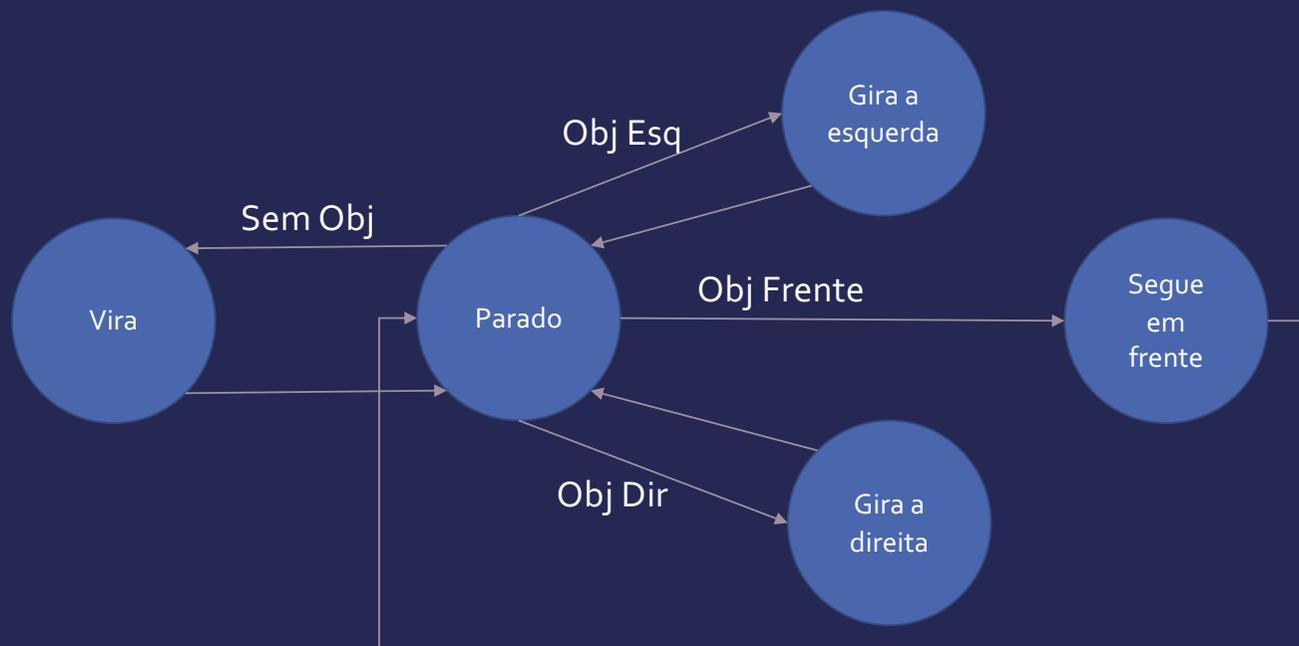
Algoritmos Genéticos WOXBOT

Robô melhor adaptado é aquele de mais rapidamente tomar decisões corretas a partir dos objetos identificados, de modo a ir ao encontro das pirâmides enquanto evita os cubos

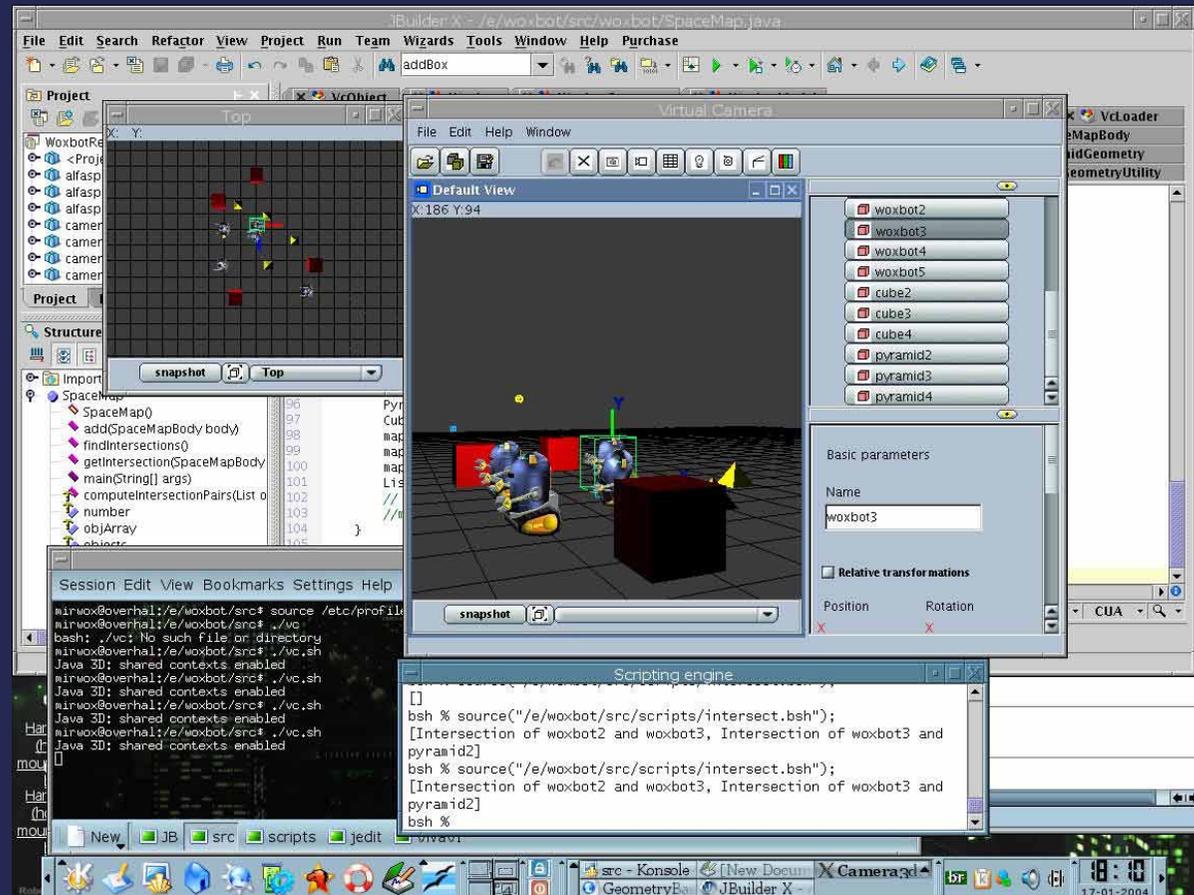
Encontrar a FSM ideal não é tarefa trivial. Existem diversas opções (estratégias para reger o comportamento)

O bom é que podem ser encontradas de forma autônoma usando conceitos adaptativos / evolutivos

Algoritmos Genéticos WOXBOT



Algoritmos Genéticos WOXBOT



Algoritmos Genéticos WOXBOT

- Recolhimento dos exercícios feitos em casa
- Discussão das propostas – semelhanças e diferenças
- Analise do processo mental humano que levou ao resultado
 - neste caso nós fizemos tudo
- Comparação com o método computacional evolutivo
 - neste caso nós participamos, definindo critérios e
 - condições de contorno
- Representação com vistas a Codificação

Algoritmos Genéticos WOXBOT

- Para resolver um problema é fundamental defini-lo bem
- E então compreender quais estratégias parecem mais adequadas (número de estados, graus de percepção, o que parece ser a melhor ação em cada situação)
- Mesmo que a solução venha a ser encontrada computacionalmente (de forma autônoma por métodos evolutivos) ela só acontece depois que tiverem sido definidas as condições de contorno do problema

Algoritmos Genéticos WOXBOT

Neste caso compõe a condição de contorno

- número de estados adequado
 - nem tão pouco que não consiga lidar com o problema
 - nem tanto que torne seu tratamento difícil

Temos que definir os estados?

- é mais fácil definir o significado de cada estado a priori
- mas pode ser deixado para que seja definido pelo AG, só que neste caso se cria um problema a mais (como automatizar a definição / significado de cada estado)

Temos que definir as transições?

- não, neste caso cabe ao processo evolutivo fazê-lo
- mas temos que definir o conjunto de condições a ser avaliado

Algoritmos Genéticos WOXBOT

Neste caso compõe a condição de contorno

- graus de percepção (condições de transição)
 - nenhum, um ou mais objetos no campo visual
 - melhor decisão em cada caso

Algoritmos Genéticos WOXBOT

Se partirmos de estados pré-definidos, deixaremos para a evolução a busca ótima das transições

- é mais simples, mas também mais restritivo

Se deixarmos tudo livre, podemos imaginar que seja possível encontrar um modelo mais robusto, mas cujo custo (tempo computacional) seja maior (proibitivo?)

Algoritmos Genéticos WOXBOT

Resumindo, a intervenção de um projetista ainda se faz necessária

Nem tudo é criado ou emerge a partir do nada de forma autônoma

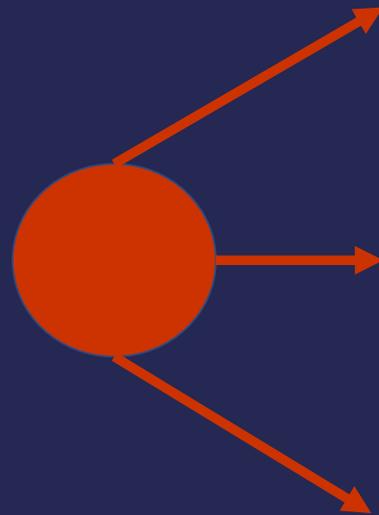
Apenas damos condições para que mecanismos automáticos (por nós concebidos / programados) possam intervir e então criar autonomamente o que esperamos deles (neste exemplo a MEF)

Algoritmos Genéticos WOXBOT

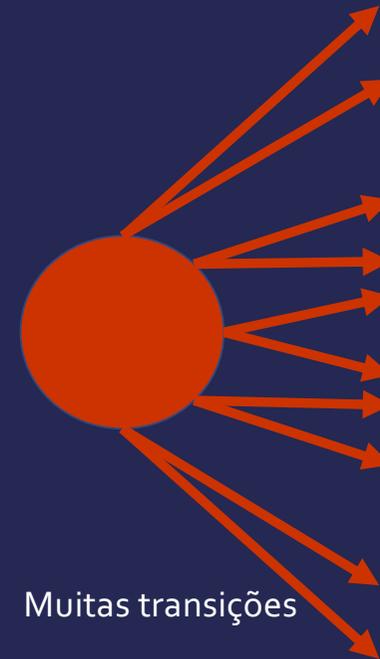
De qualquer forma a ideia é que o AG seja capaz de fazer boas escolhas, o que pressupõe que o elenco de itens a escolher seja definido a priori

- por exemplo todos os estados possíveis, dos quais o AG escolheria alguns (ou usaria todos)

Algoritmos Genéticos WOXBOT



Poucas transições



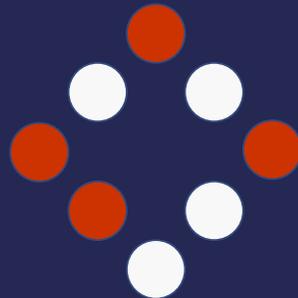
Muitas transições

Algoritmos Genéticos WOXBOT

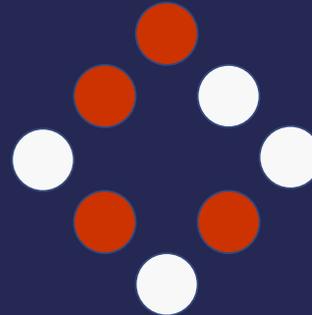


Universo de estados possíveis (8)

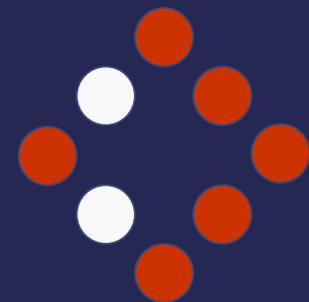
MEF 1:
com alguns estados (4)



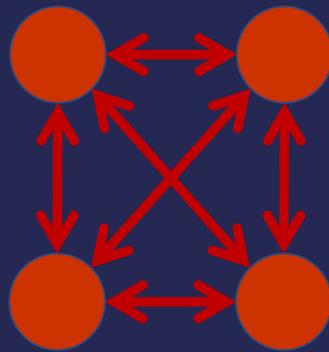
MEF 2:
com outros estados (4)



MEF n:
com outros estados (6)

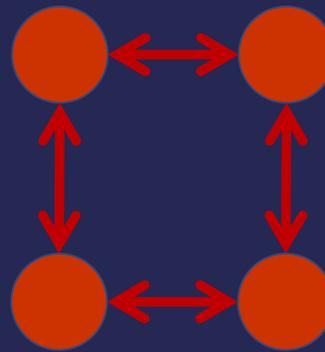


Algoritmos Genéticos WOXBOT



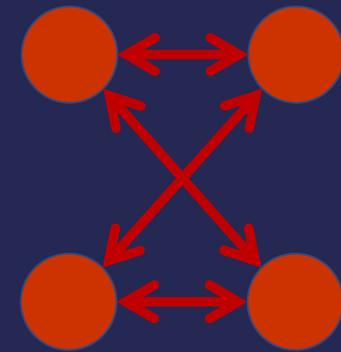
Rede pequena
Poucos estados

Totalmente conectada



Rede pequena
Poucos estados

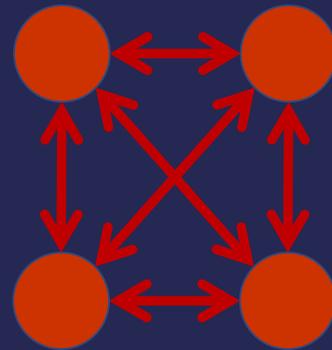
Parcialmente conectada



Rede pequena
Poucos estados

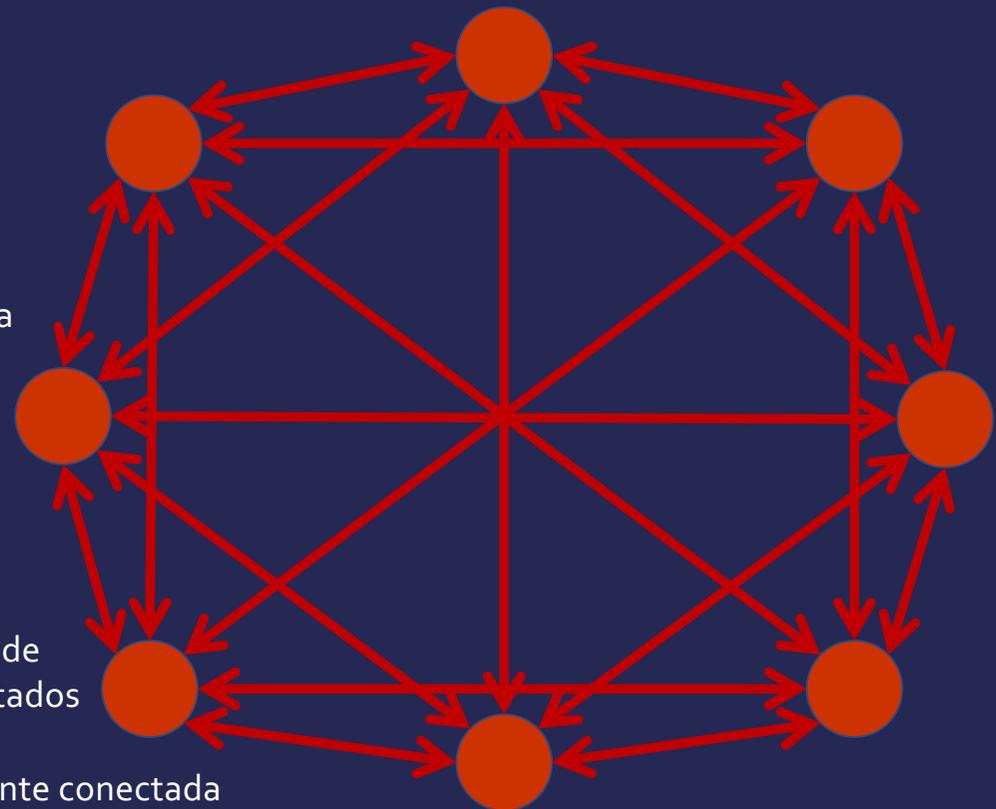
Parcialmente conectada

Algoritmos Genéticos WOXBOT



Rede pequena
Poucos estados

Totalmente conectada



Rede grande
Muitos estados

Parcialmente conectada

Algoritmos Genéticos WOXBOT

Construção das redes

- conexão completa ou parcial
- homogênea ou não (alguma hierarquia)

O que quer que seja, o conceito deve ser escolhido para poder ser definido entre os critérios que serão usados pelo AG na busca por novas configurações

A menos da configuração completa e homogênea, as demais correm o risco de levar a redes desconexas no processo de reprodução

- Neste caso pode-se proceder com as averiguações de consistência ou simplesmente deixar isso em aberto (estas redes tem menores chances de serem boas e serão provavelmente descartadas)

Algoritmos Genéticos WOXBOT

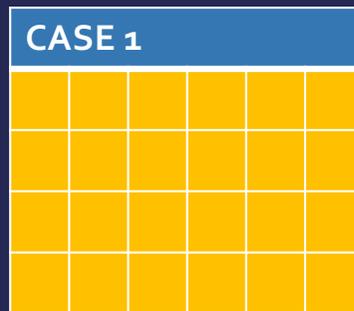
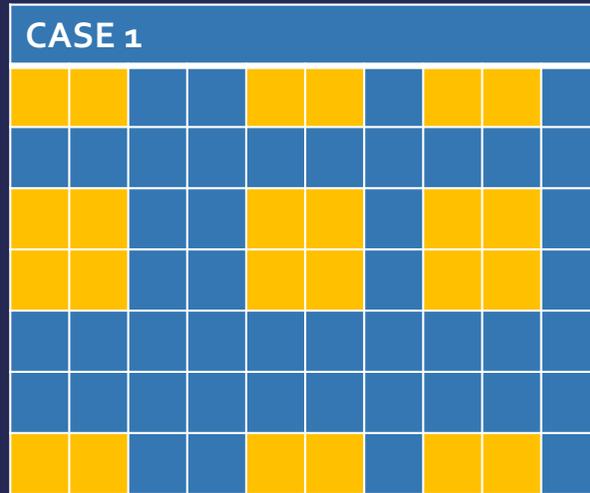
Seleção de estados e entradas de interesse

- Sub conjunto de possíveis estados e entradas

Repertorio total é definido

- Particulares subconjuntos podem ser escolhidos
 - Ao acaso
 - Segundo algum critério

Algoritmos Genéticos WOXBOT



Algoritmos Genéticos WOXBOT

O mesmo vale para as transições, e neste caso se resume a definir o conjunto de todas as situações que podem ser vislumbradas

- neste caso é razoável supor que tenhamos que criar classes
- um objeto, dois objetos, vários objetos
- localização: segmentada
- direita, direita-centro, centro, ...
- próximo, intermediário, longe

Algoritmos Genéticos WOXBOT

DISCUSSÃO

CONSTRUÇÃO CONJUNTA DE UMA REDE (FSM)

- escolha de critérios
- proposição de uma arquitetura (FSM)
- identificação de dúvidas, problemas, ...

Algoritmos Genéticos WOXBOT

Permite encontrar Meta Soluções

- Comportamentos ao invés de caminhos
 - A MEF contem uma proposta geral
 - O resultado final (ação) depende das condições do ambiente (cenário, tidos como entradas)
- Bom comportamento permite encontrar bons percursos para cada situação
 - Generalidade
 - Flexibilidade

Caso 2

Ajuste semafórico (GENPOLIS)

Algoritmos Genéticos GENPOLIS

Plano Semafórico

- qual a carta de tempos que propicia o melhor escoamento do tráfego numa determinada condição?
- por condição entende-se a situação do trânsito (densidade de veículos na malha) considerando padrões (medias históricas) por faixa horaria
- aumentar o tempo de verde para favorecer o fluxo num cruzamento (para uma das vias) tem efeito nos cruzamentos seguintes da rede, da mesma forma que é afetada por cruzamentos anteriores
- Trata-se portanto de um problema de otimização de caráter global (distribuído)

Algoritmos Genéticos GENPOLIS

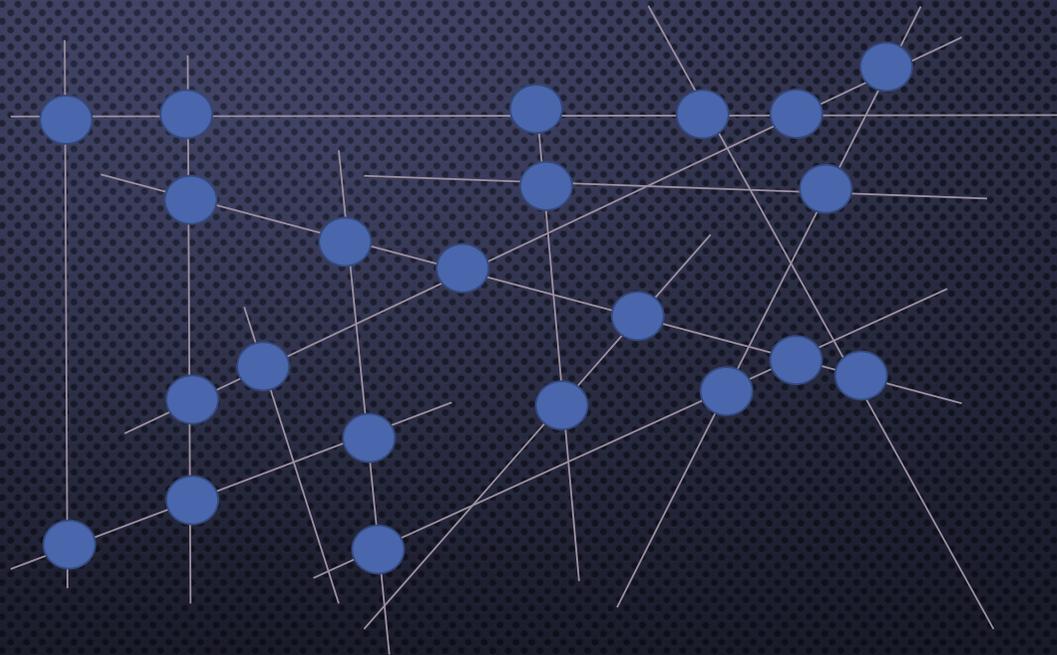
Congestionamentos

&

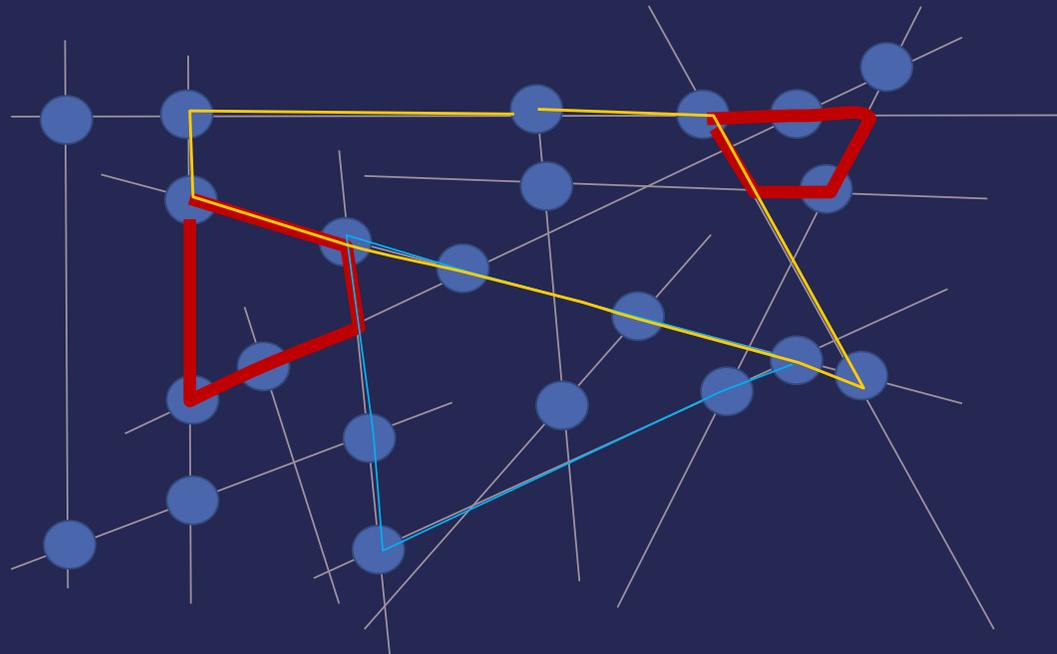
Engarrafamentos



Algoritmos Genéticos GENPOLIS



Algoritmos Genéticos GENPOLIS



Algoritmos Genéticos GENPOLIS

AG – propõe sucessivas soluções, combinando soluções anteriores

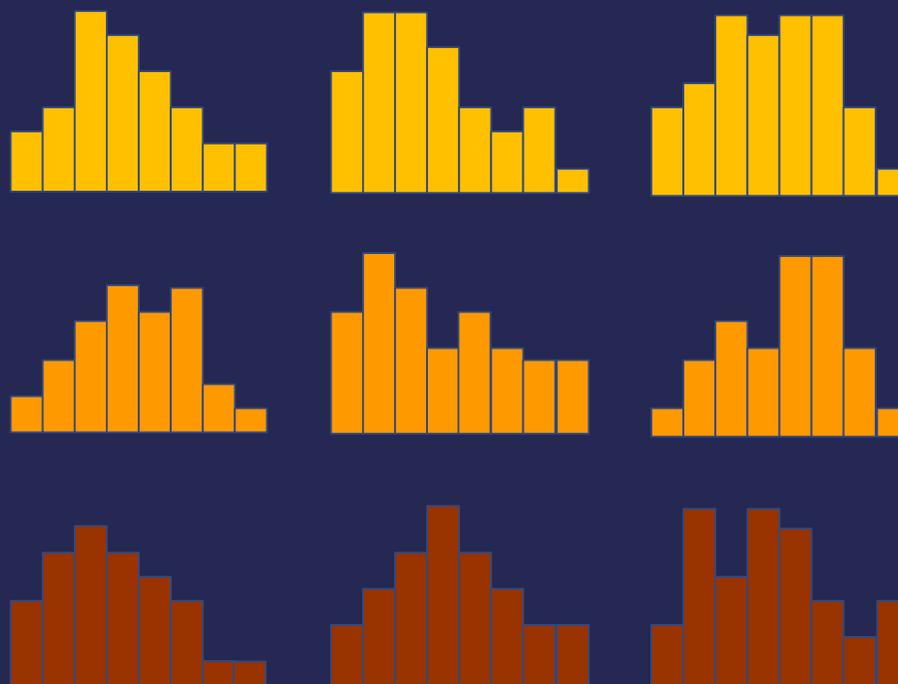
SIMULADOR – avalia o impacto de cada nova solução (carta semafórica) no escoamento do trafego

DADOS INICIAIS – obtidos a partir de medidas / observações da realidade, discriminado por faixas horarias (intervalos de duas horas)

- assumindo que exista um padrão médio de trafego nestas janelas temporais que seja mantido com pouca dispersão

Algoritmos Genéticos GENPOLIS – situação original

Análise Espaço Temporal

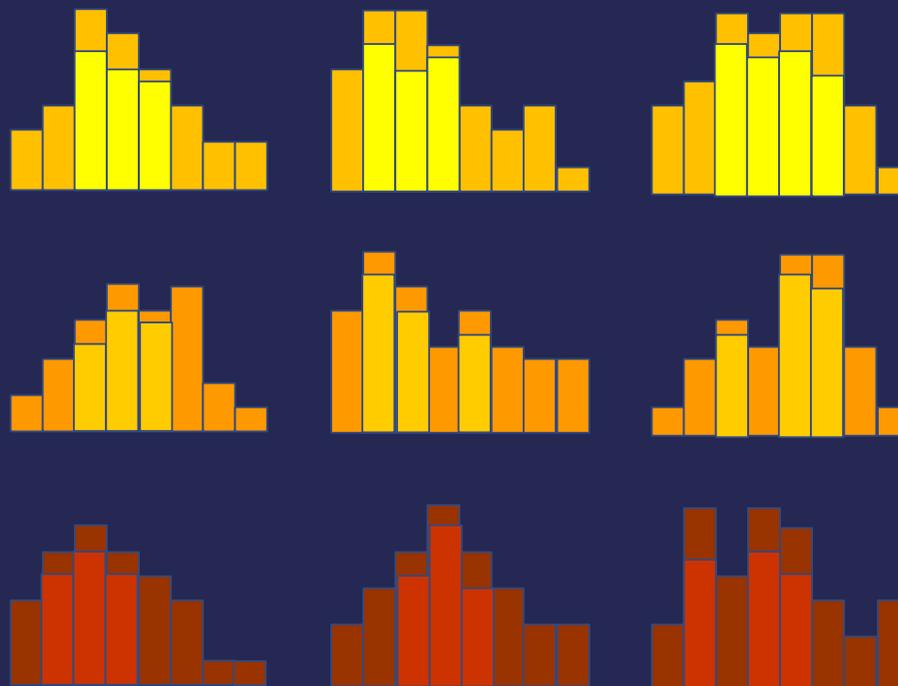


Dia Faixa Horária

Trecho Via



Algoritmos Genéticos GENPOLIS – situação melhorada



Dia Faixa Horária

Trecho Via



Algoritmos Genéticos

GENPOLIS

Carta Semafórica

		gerações						
		G1	G2	G3	G4			GF
cruzamentos	C1	30/30	35/25	40/20	50/10	45/15	40/20	35/25
	C2	20/40	20/40	25/35	35/25	30/30	25/35	30/30
	C3	10/50	20/40	40/20	35/25	30/30	25/35	25/35
	Cn	10/50	20/40	40/20	35/25	40/20	45/15	40/20
	Km (total) congestionamento	108	98	102	96	92	93	91

Algoritmos Genéticos GENPOLIS

Mapa Genético

tempos	plano
10/50	1
20/40	2
30/30	3
40/20	4
50/10	5

5 estados por semáforo
40 semáforos na rede considerada

5^{40} possíveis combinações

gene	C1	C2	C3	C4						C40
G1	1	5	3	4						3
G2	3	3	3	1						4
Gn	2	4	2	3						5

Algoritmos Genéticos GENPOLIS

Mapa Genético

tempos	plano
05/55	1
10/50	2
15/45	3
20/40	4
25/35	5
30/30	6
35/25	7
40/20	8
45/15	9
50/10	10
55/05	11

11 estados por semáforo
40 semáforos na rede considerada

11^{40} possíveis combinações

gene	C1	C2	C3	C4						C40
G1	1	8	3	8						5
G2	3	6	3	9						7
Gn	4	7	2	7						9

Algoritmos Genéticos GENPOLIS

Modelagem (definição do gene) é muito simples

Boa simulação (avaliação de cada candidato) é quem consome muito tempo de processamento

Explosão combinatória

Testar todas as possibilidades é impraticável

Tem portanto que explorar coerência entre soluções

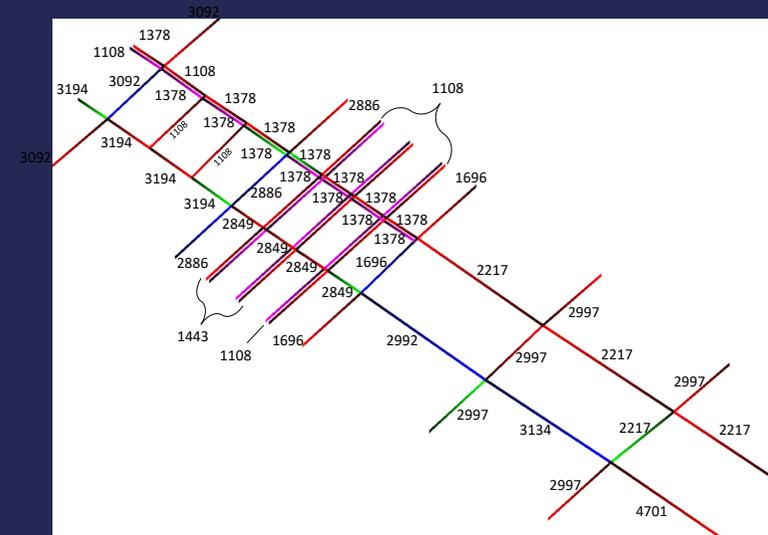
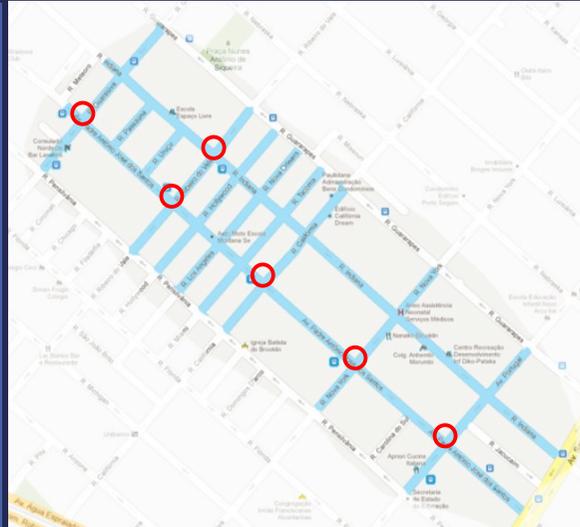
- se de fato existir, então com um numero de testes sensivelmente menor que o total é possível se chegar a boas soluções

Algoritmos Genéticos GENPOLIS

FIGURAS

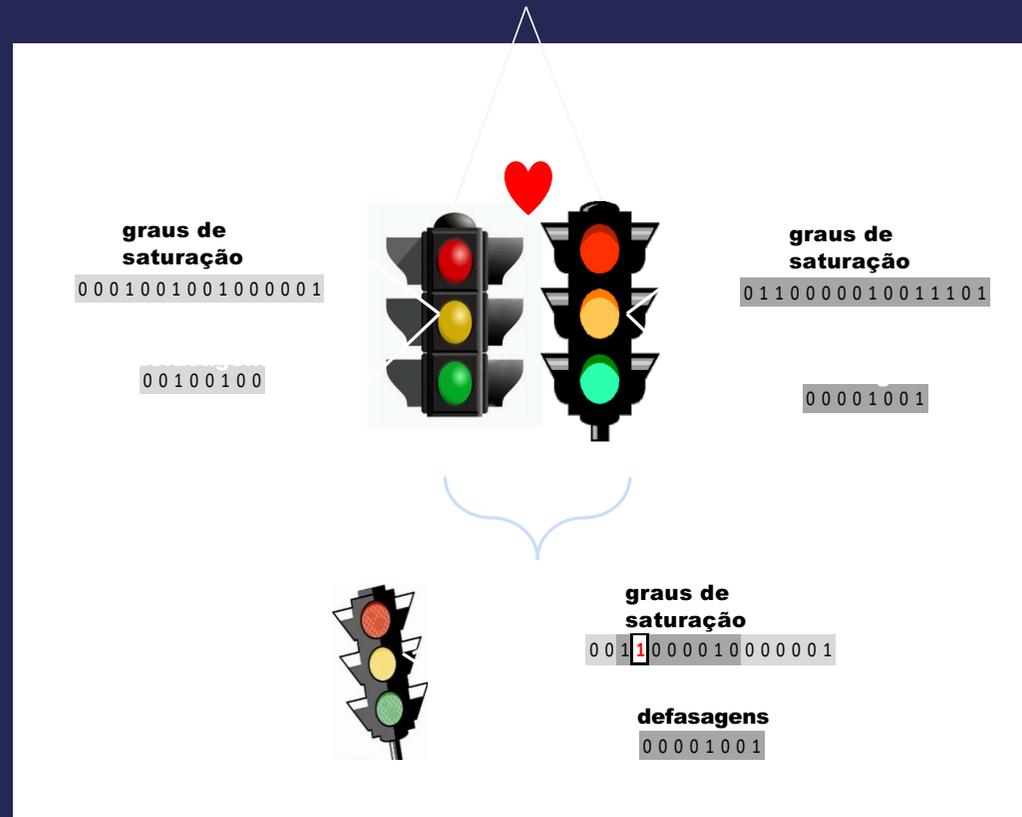
- Cenário / rede de vias metropolitana
- Carta semafórica
- Medidas estatísticas (históricas por faixa horaria)
- Combinação ideal

Algoritmos Genéticos GENPOLIS



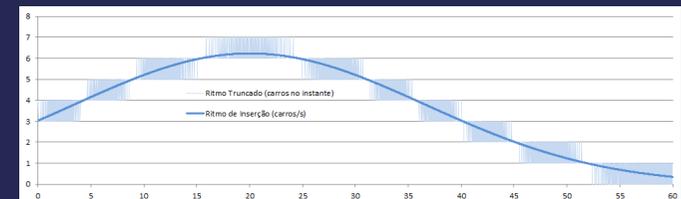
Algoritmos Genéticos GENPOLIS

Tempo de ciclo, tempos de verde, defasagens → **Atrasos + 20*nParadas**

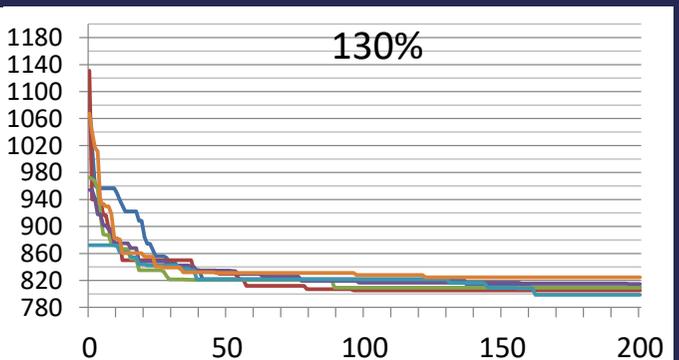
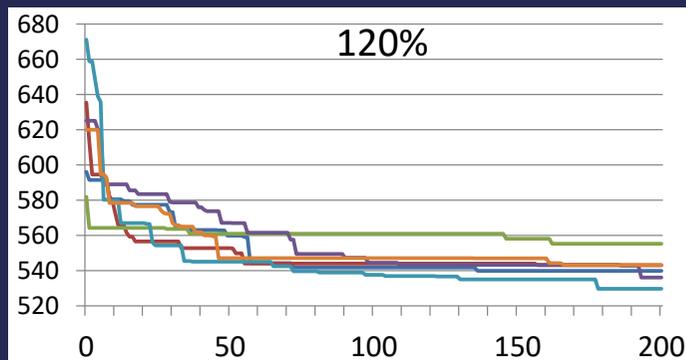
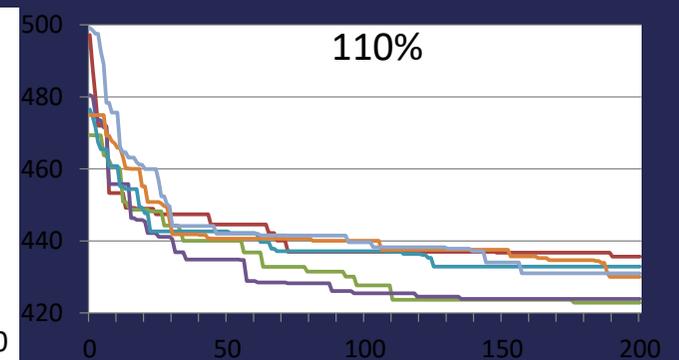
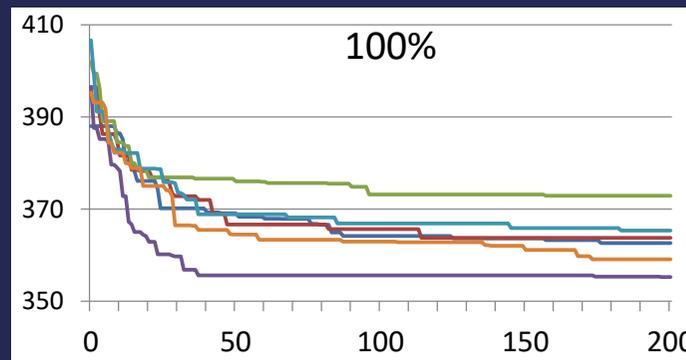


Algoritmos Genéticos GENPOLIS

GERAÇÃO 1



Algoritmos Genéticos GENPOLIS



Caso 3 Rotas de Onibus

Algoritmos Genético Tráfego/Mobili- dade Urbana

Rotas de ônibus (campus da USP)

Descrição do problema

- matriz origem destino
- escolha dos pontos (aglomeração)

Representação das rotas

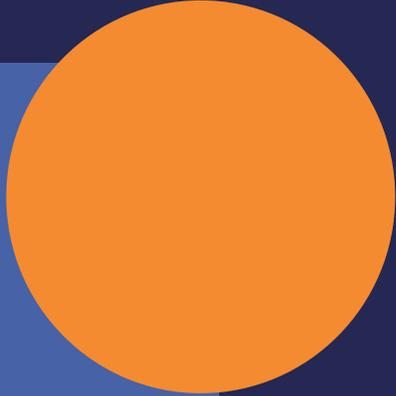
Algoritmos Genéticos WOXBOT

Exercício para próxima aula!

- Como poderia ser a MEF que persiga pirâmides evitando cubos? Considere no máximo o uso de 8 estados.
- Defina cada estado proposto e as condições de transição (dentre categorias resultantes do classificação visual)

Caso 4 Aprendendo a seguir a pista

- Adaptação genética de redes neurais
- <https://www.youtube.com/watch?v=8V2sX9BhAW8>



TEMA 2
Aula 1

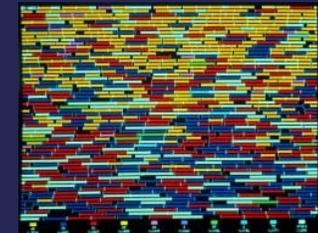
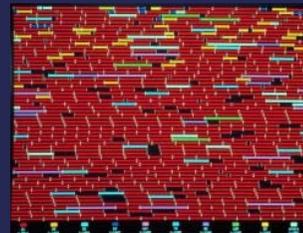
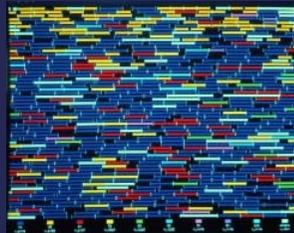
TEMA 2
Outras Técnicas Inteligência Computacional

Aula 1
Autômatos Celulares

Autômatos *celulares*

Autômatos celulares

- Sistemas computacionais, compostos por células, cuja evolução no espaço de estados decorre de uma regra que determina o estado futuro de cada célula em função do seu estado atual, bem como de outras células na sua vizinhança

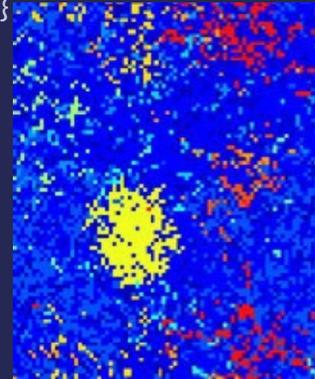


Autômatos celulares

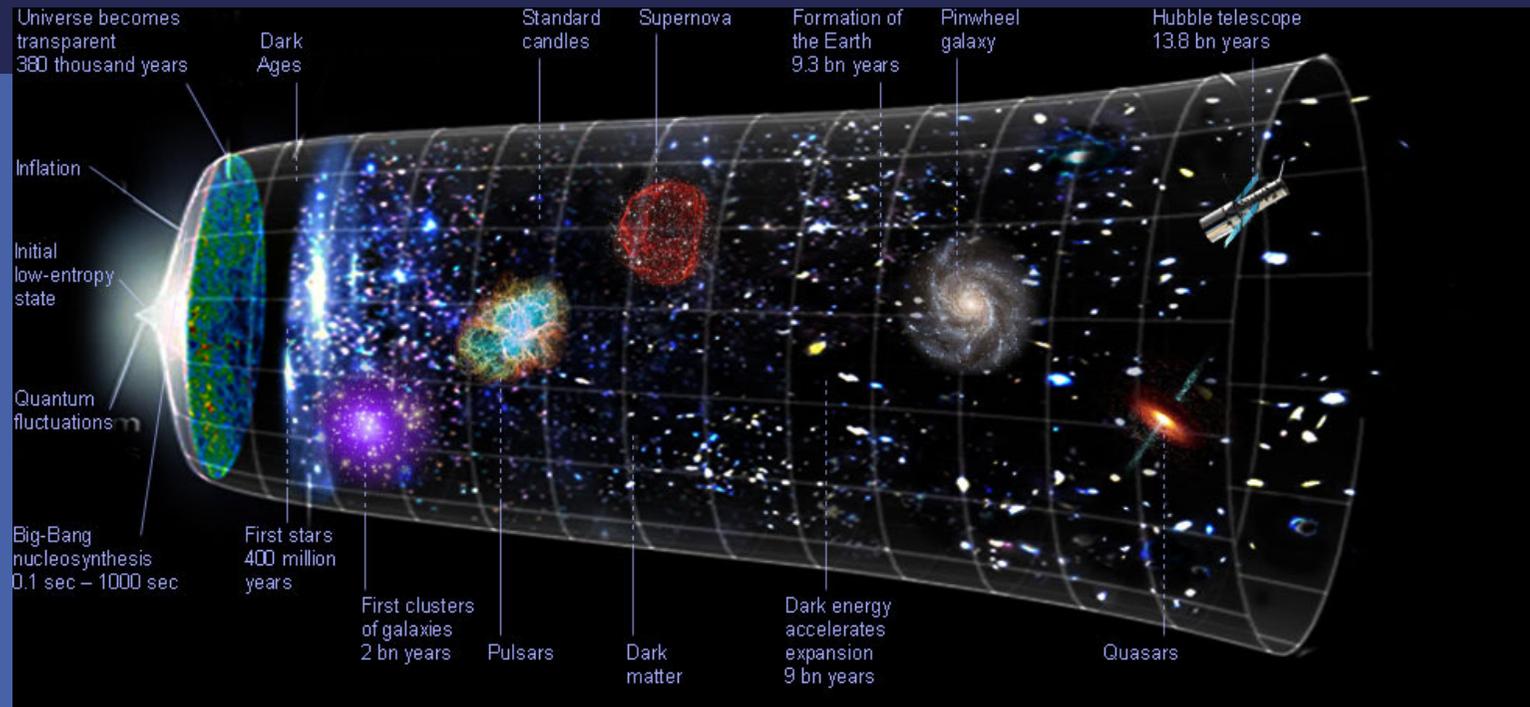
Autômatos Celulares

$$s^n(t+1) = f[s^{n-1}(t), s^n(t), s^{n+1}(t)]$$

- Enorme diversidade de trajetórias de estado
- Sistemas cíclicos de enorme periodicidade (tipicamente)
 - Ex:
 - $D(s) = 4: \{00, 01, 10, 11\}; V(e) = 3$
 - $4^3 = 64 \Rightarrow 4^{64}$ autômatos ou funções
- Dimensão do mapa definida pelo vetor inicial
 - Ex:
 - $D(e) = 128: \{00, 11, 01, 00, \dots, 10\}$
 - 128 elementos



Automata Celular

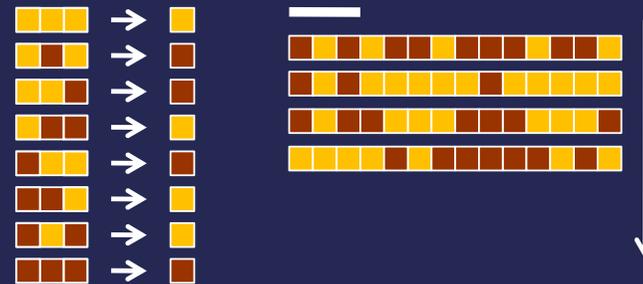


- [Source: //philosophy-of-cosmology.ox.ac.uk/cosmos.html](http://philosophy-of-cosmology.ox.ac.uk/cosmos.html)
- The number of atoms in the universe are estimated to be around 10^{78} to 10^{83}
- A cellular automata with 100 cells and 10 states for each cell has 10^{100} combinations!!

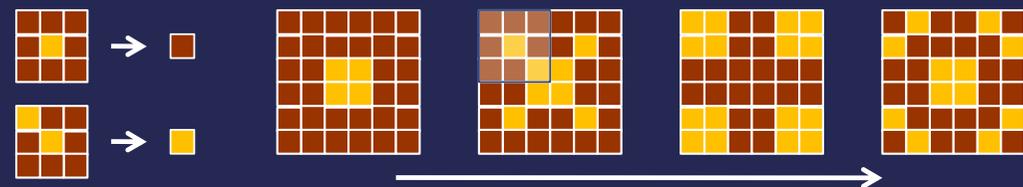
Autômatos celulares

Autômatos celulares

- 1D regra evolução temporal (vertical)
- $D = 2; V = 3; N = D^V : 2^3 = 8$ combinations; $F = D^N : 2^8 = 64$ functions



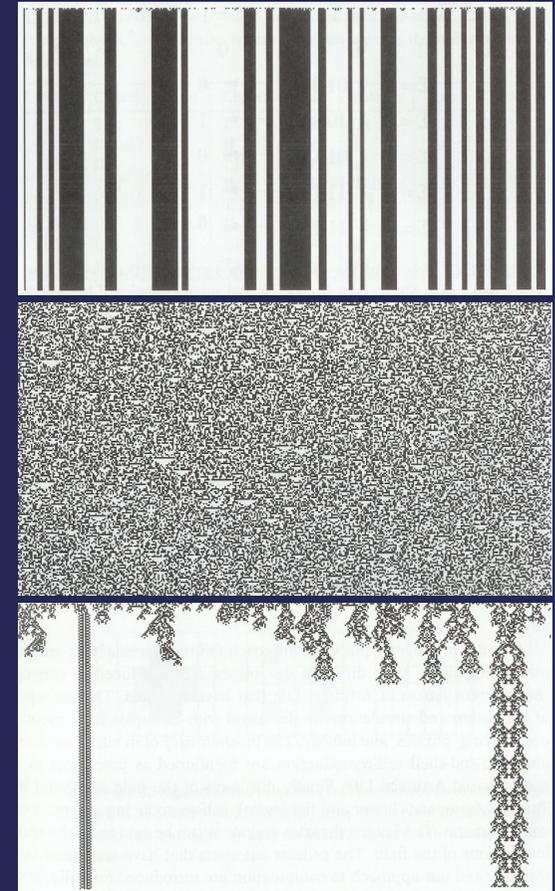
- 2D regra evolução temporal (seqüência quadros)



Autômatos celulares

Autômatos Celulares

- Classe I: Mortos
 - Assintoticamente estáveis
 - Desinteressantes
- Classe II: Regulares estáticos
 - Ciclo limite
 - Desinteressantes
- Classe III: Caóticos (Sopa Primordial)
 - Atrator caótico
 - Riqueza de estados e percursos
- Classe IV: Auto-Organizados (Vida)
 - Riqueza de estados e percursos
 - Robustez garantindo a perpetuação desta condição



Autômatos *celulares*

Autômatos Celulares

- Classe I e II
 - Mortos e regulares
 - Não apresentam variabilidade necessária para surgimento de vida
- Classe III
 - Caóticos (Sopa Primordial)
 - Apresentam variabilidade necessária para surgimento de vida
 - Mas não a estabilidade necessária para sustentá-la
- Classe IV
 - Auto-Organizados (Vida)
 - Apresentam a estabilidade necessária para sustentá-la

Autômatos *celulares*

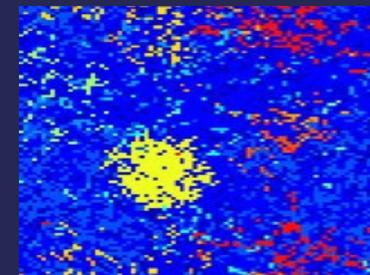
Autômatos Celulares

- No contexto da vida artificial, servem bem para representar a diversidade e riqueza de possíveis conformações de um mapa de estados
 - Explorando particularmente situações de auto-organização
 - Ou seja, servindo para ilustrar conceitos envolvidos com a vida (Schrödinger, 1943)
 - Ordem a partir da desordem (surgimento da vida)
 - Ordem a partir da ordem (manutenção da vida) - DNA

Autômatos *celulares*

Autômatos Celulares

- No contexto da vida artificial, servem bem para representar comportamentos coletivos
 - Onde se manifestem claramente as inter-relações entre os diversos elementos constituintes do sistema
 - Neste caso o sistema é composto por elementos de mesma natureza (mesma espécie p.ex.) e se pode observar a evolução desta espécie
 - Ou são representadas várias espécies e se pode observar a co-evolução simultânea de todas elas
 - Cooperação
 - Competição



Autômatos *celulares*

Autômatos Celulares

- No contexto da vida artificial, servem bem para representar comportamentos coletivos
 - Uma célula representa um indivíduo, e seu comportamento (qualquer que seja ele: movimentação, decisão, ...) fica representado nos possíveis estados
 - O indivíduo é indissociavelmente relacionado à célula – a impressão de que se movimentem pelo cenário é falsa, mas interessante!
 - Um novo estado é definido pelo estado atual do indivíduo e de seus vizinhos (em determinados graus de vizinhança)
 - Com isto pode-se observar as dependências mútuas estabelecidas entre os indivíduos nas formas de competição e de colaboração

Autômatos *celulares*

Autômatos Celulares

- No contexto da vida artificial - Exemplos (PSI5000)
 - Emergência da vida (ordem a partir da desordem)
 - Sistema dinâmico caótico que se encontra na borda da região de auto-organização
 - Pequenas mudanças ambientais podem levar a esta nova situação
 - Um ruído que modifique a tabela de regras pode criar transferir o sistema dinâmico da região caótica para a de auto-organização
 - Implicando no surgimento da vida

Autômatos *celulares*

Autômatos Celulares

- No contexto da vida artificial – Exemplos (PSI5000)
 - Sustentação da vida (ordem a partir da ordem)
 - Robustez
 - Um sistema robusto, onde eventualmente a alteração de algumas poucas regras não tenha efeito significativo no seu comportamento (não altere seu caráter primeiro – ser auto-organizado), pode conseguir se manter na classe auto-organizada
 - Mecanismos de auto-regulação
 - Regras
 - Como encontrar regras válidas para a sustentação da vida

Autômatos *celulares*

Autômatos Celulares

- No contexto da vida artificial – Exemplos (PSI5000)
 - Sustentação da vida
 - Mecanismos de auto-regulação
 - Regras
 - Como encontrar regras válidas para a sustentação da vida?

Autômatos *finitos*

Autômatos Finitos

- Máquinas de Estados Finitos
 - Sistemas computacionais, cuja evolução no espaço de estados decorre de uma regra que determina o estado futuro observando para cada estado, sua condição atual e as entradas do sistema.
 - Cada estado, ou transição entre estados, pode estar associada a uma saída.

Autômatos finitos

Autômatos Finitos

- Máquinas de Estados Finitos

Entradas admissíveis

a, b

Saídas produzidas

x, y, z

Ex:

no estado 1:

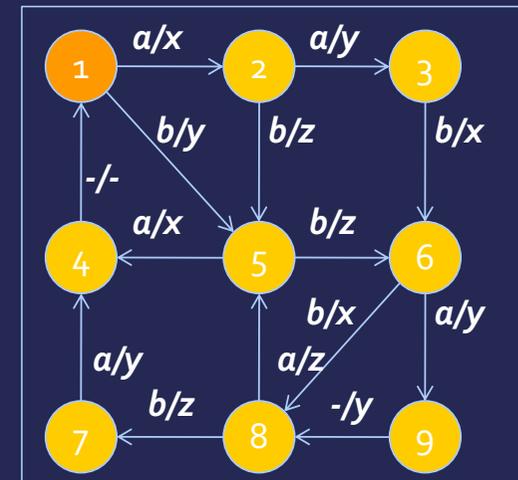
se a então $x \gg 2$

se b então $y \gg 5$

no estado 2:

se a então $y \gg 3$

se b então $z \gg 5$



Autômatos *finitos*

Autômatos Finitos

- No contexto da vida artificial, servem bem para representar comportamentos individuais
 - Refinamento que permite avaliar o que se faz a cada situação
 - Seja de forma reativa direta
 - Seja de forma que demonstre alguma estratégia decorrente da composição nas possíveis diferentes sucessões de estado

Autômatos *finitos* *adaptativos*

Autômatos Finitos Adaptativos

- Máquinas de estados finitos supervisionadas por processos que podem alterar suas configurações e topologias
 - Ex: Algoritmos genéticos (WOXBOT)
 - ME codificada geneticamente
 - Aplicação de mecanismos de evolução para ajuste da máquina a um propósito esperado, mas de difícil especificação a priori

Autômatos

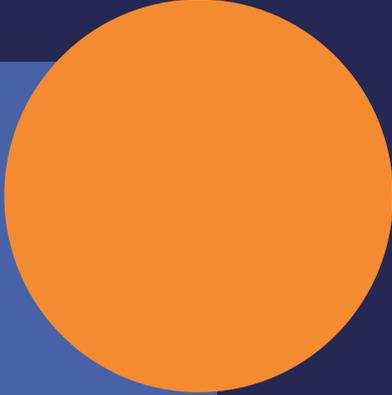
Autômatos

- Linguagens Regulares
 - Classe I: Finitos Determinísticos
 - entrada e estado atual determinam o próximo estado
 - Classe II: Finitos Não Determinísticos
 - entrada e estado atual não determinam o próximo estado
- Linguagens Livres de Contexto
 - Classe III: Autômatos de Pilha
 - Determinísticos com a inclusão de memória
- Linguagens Sensíveis ao Contexto
 - Classe IV: Autômatos Linearmente Limitados
 - MT com memória finita
- Linguagens Recursivamente Enumeráveis
 - Classe V: Máquina de Turing
 - Com memória infinita – realizam computação universal

Autômatos

Máquina de Turing – computação universal

- A máquina de Turing é um autômato que conceitualmente permite a computação de caráter universal [Turing1936]. Ela é composta por uma cabeça de leitura/escrita controlada por uma máquina de estados, e por uma fita infinita, podendo ser descrita como uma quintupla (j, p, f, i, e) onde:
 - j : estado final;
 - p : passos de movimentação da fita;
 - f : valor escrito na fita;
 - i : estado inicial;
 - e : valor lido da fita.
- Os valores j , p e f dependem de i e e . Através deste simples mecanismo pode ser descrito qualquer procedimento computável, daí a grande importância da máquina proposta por Alan Turing.



TEMA 2

Aula 2

TEMA 2
Outras Técnicas Inteligência Computacional

Aula 2
Inteligência Artificial / Computação Cognitiva

Inteligência Artificial

Inteligência Artificial Simbólica (IAS)

- Modelos baseados em lógica
- Representação mental
- Raciocínio e Inferência

Inteligência Artificial Conexionista (IAC)

- Modelos baseados em estrutura topológica
- Representação cerebral
- Aprendizado e Adaptação

Inteligência Artificial simbólica

Inteligência Artificial Simbólica (IAS)

- Resolução de problemas
 - Métodos de busca
 - Navegação no espaço de soluções
 - Quando se sabe onde se quer chegar, mas não o caminho
 - Quando se conhece as regras de movimentação, mas não se sabe para onde se vai
 - Métodos de exploração
 - Usando heurísticas
 - Considerando aprendizado
 - Métodos de competição
 - Consideram cenários dinâmicos
 - Presença de um oponente

Inteligência Artificial simbólica

Inteligência Artificial Simbólica (IAS)

- Conhecimento e Raciocínio
 - Representação do conhecimento
 - Bases de conhecimento
 - Categorias
 - Considerações semânticas
 - Redes semânticas
 - Uso de ontologias
 - Modelos de aprendizado

Inteligência Artificial simbólica

Inteligência Artificial Simbólica (IAS)

- Conhecimento e Raciocínio
 - Agentes e Multi-Agentes
 - Inferências e Lógicas
 - Apoio a tomada de decisões
 - Lógicas proposicionais
 - Lógicas de 1ª. ordem

Inteligência Artificial simbólica

Inteligência Artificial Simbólica (IAS)

- Planejamento
 - Individual
 - Coletivo
- Métodos podem ser desenvolvidos
 - Explicitamente
 - Quando assim programados
 - Evolutivamente
 - Quando são sucessivamente aprimorados e avaliados

Inteligência Artificial simbólica

Inteligência Artificial Simbólica (IAS)

- Raciocínio frente a incertezas
- Raciocínio probabilístico
 - Probabilidade Bayesiana
 - Redes Bayesianas

Inteligência Artificial simbólica

Inteligência Artificial Simbólica (IAS)

- Aprendizagem
 - Por observação
 - Por reforço (repetição)
 - Por ensinamento
 - Por experimentação
 - Métodos estatísticos
- Conhecimento e aprendizagem
 - Alteração e expansão da base de conhecimento
- Ontologias
 - Definição consensual dos objetos e suas relações
- Semânticas
 - Atribuição de significado aos objetos

Inteligência Artificial simbólica

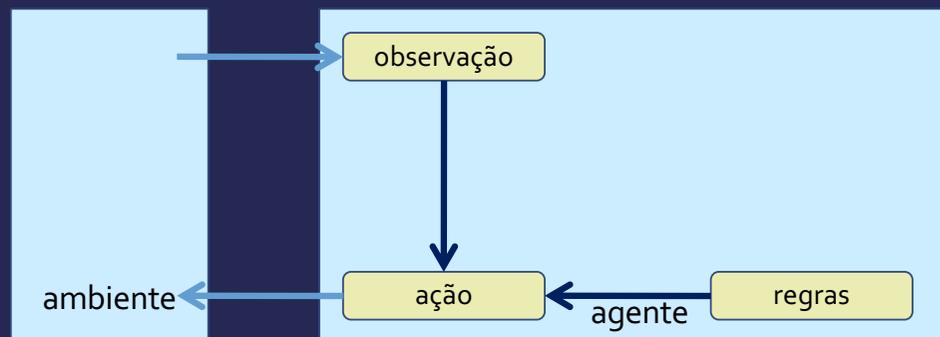
Inteligência Artificial Simbólica (IAS)

- Comunicação
 - Aprendizagem por ensinamento
 - Troca de conhecimento
- Percepção
 - Aprendizagem por observação

Inteligência Artificial simbólica

Inteligência Artificial Simbólica (IAS)

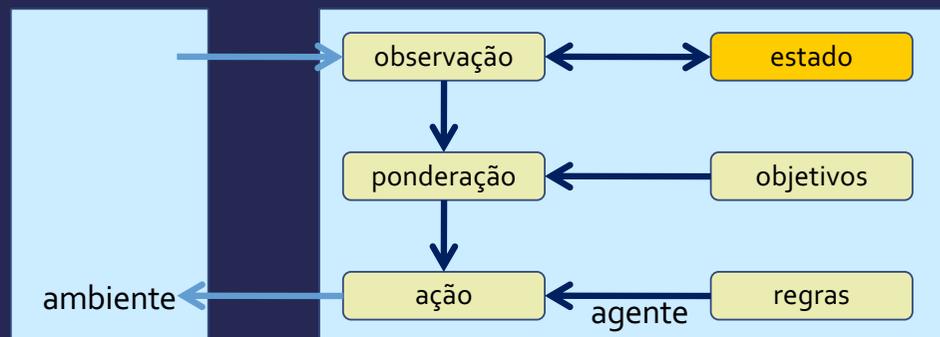
- Arquiteturas de agentes
 - Reativos
 - Controle conduzido apenas como reação pré-determinada à situação vivenciada no ambiente



Inteligência Artificial simbólica

Inteligência Artificial Simbólica (IAS)

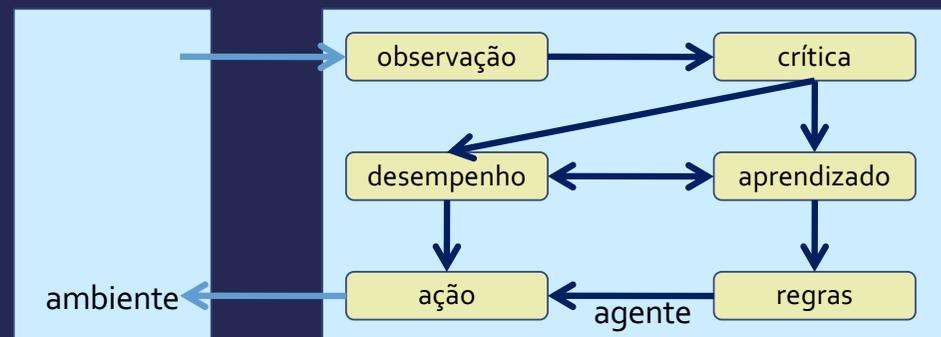
- Arquiteturas de agentes
 - Pró-ativos (orientados por objetivos)
 - Capazes de avaliar as condições do ambiente e tomar decisões da forma que melhor atenda seus objetivos



Inteligência Artificial simbólica

Inteligência Artificial Simbólica (IAS)

- Arquiteturas de agentes
 - Aprendizes
 - Capazes de aprender de acordo com avaliações das ações realizadas no cenário



Inteligência Artificial simbólica

Inteligência Artificial Simbólica (IAS)

- Arquiteturas de agentes
 - BDI
 - Estruturado em crenças, desejos e intenções
 - Planejamento e decisão suportada por mecanismos hierárquicos
 - Subsumption
 - Baseado em hierarquias de importância vital
 - Ações mais básicas e vitais tem precedência sobre as demais, de forma hierárquica

TEMA 2

Aula 3

TEMA 2
Deep Learning

Aula 3

Revisão dos Conceitos (essência)

Apresentação e Discussão de Casos

Outras aplicações (SIGGRAPH)

BACKUP

Outros Tema 4: Paradigmas Biológicos, AG, Fuzzy, IA

- Paradigmas de computação baseados em biologia e sua relação com sistemas de computação neural
- Inteligência artificial simbólica
- Inteligência computacional
- Soluções híbridas em inteligência computacional
- Lógica Fuzzy
- Sistemas adaptativos e evolutivos
- Algoritmos evolucionários e genéticos
- Outros paradigmas matemáticos que se aplicam para simulação de sistemas adaptativos
- Autômatos celulares e autômatos finitos

Paradigmas computacionais baseados em biologia e sua relação com computação neural

- Computação
 - Algo que se manifesta em sistemas de elevada complexidade
 - Na natureza, encontrada em sistemas vivos (biológicos)
 - Realizada no sistema nervoso
 - Inspiração para implementação de sistemas artificiais que tenham alguma analogia com circuitos neurais
 - Realizada na mente (que se estabelece sobre o SNC)
 - Inspiração para implementação de sistemas artificiais que tenham alguma analogia com máquinas mentais

Paradigmas computacionais baseados em biologia e sua relação com computação neural

- É forte a relação entre a computação (nas suas diversas formas de manifestação) e sistemas biológicos (vivos, inteligentes)

• Vida	AG
• Inteligência	IA
• Aprendizado e Adaptação	IA, RN
• Automação	RN
• Raciocínio e Inferência	IA
• Evolução e Adaptação	AG, RN

Inteligência Computacional

- Generalização e extensão de IA agregando novos conceitos
 - Inteligência de grupos (*swarm*)
 - Inteligência como resultado de atos distribuídos
 - Explora conceitos de emergência
 - Indivíduos seguem regras comportamentais simples
 - Mas da sua interação emergem comportamentos sociais sofisticados
 - Colônias de insetos
 - Bandos de animais

Inteligência Computacional - soluções híbridas

- Exploram os princípios de inteligência computacional usando agentes inteligentes
 - Indivíduos capazes de realizar ações que demandem algum tipo de inteligência
 - Inferência lógica
 - Avaliação de cenários
 - Ponderação para tomada de decisões
 - Enquanto observam e se comunicam também outros indivíduos
 - Trocando informações
 - Desenvolvendo planejamentos conjuntos
 - Cooperativamente
 - Competitivamente

Lógica Nebulosa

- Lógica Nebulosa
 - Opera sobre dados nebulosos (faixas de valores)
 - Processos de transformação
 - De entrada: da representação discreta para a nebulosa
 - De saída: da representação nebulosa para a discreta
 - Operadores nebulosos

Outros paradigmas matemáticos aplicáveis para simulação de sistemas adaptativos

- Métodos estatísticos
 - Probabilidade Bayesiana
 - Relaciona probabilidade de eventos a priori e a posteriori
 - Ajuste iterativo com o uso
 - A medida em que a confiança aumenta por haver uma maior experiência (número de ocorrências)
 - Processos vivos e cognitivos são intrinsecamente probabilísticos dada a sua alta complexidade
 - Aqueles internos aos indivíduos
 - Aqueles que decorrem de seu comportamento – sociais

Deep Learning Conceitos

DNN: Uma máquina que frente a um número gigantesco de evidencias é capaz de sumarizar a essência daquilo que lhe é apresentado (fase de aprendizagem)

E a partir de então é capaz de aplicar seu aprendizado numa tarefa

Deep Learning Conceitos

exemplos

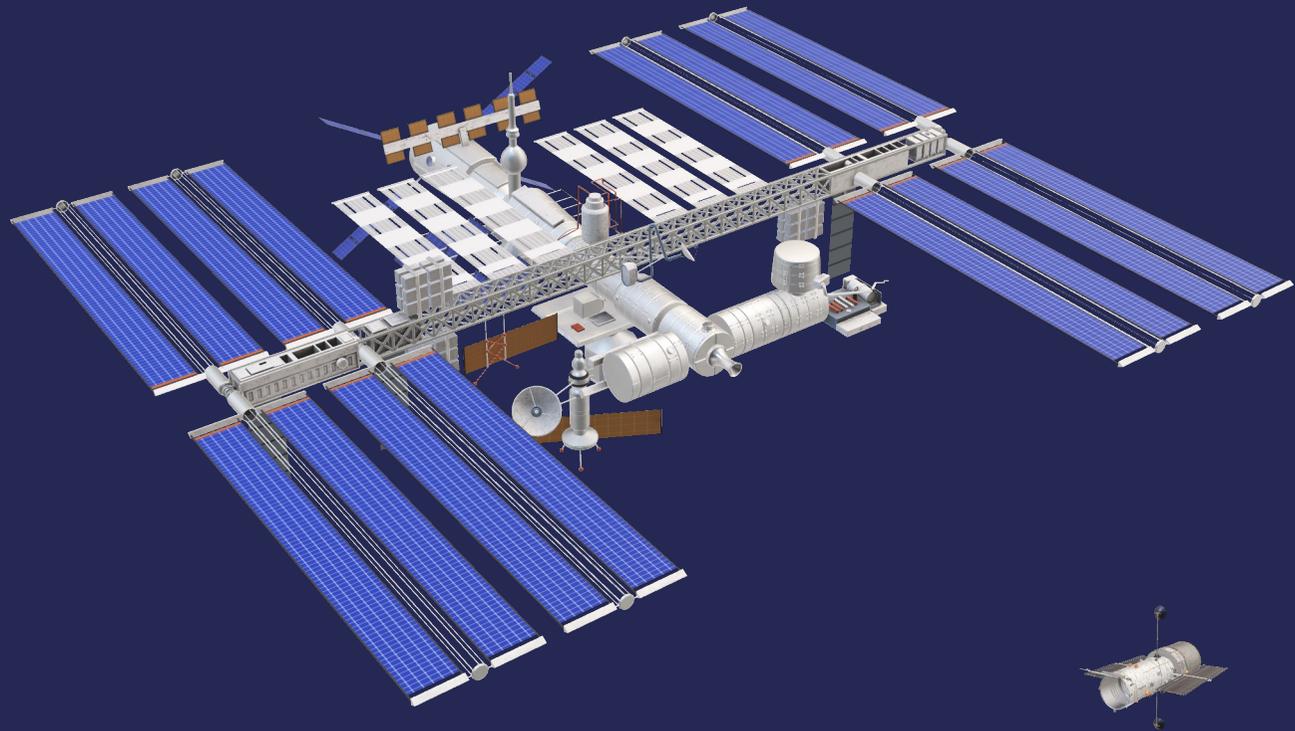
- Reconhecer algo (por exemplo uma imagem ou vídeo)
-
- Sintetizar algo (por exemplo um movimento)

Deep Learning Conceitos

Sistema físico

Evolução Espaço-Temporal (mapa de estados)

- apresenta coerência / alta correlação
- próximo estado provavelmente se encontra na vizinhança do estado anterior



Conclusão

Sistemas

Sistemas Eletrônicos

Sistemas Computacionais

INTELIGENTES