

# Estudos de Caso Swarm Intelligence

Computação Natural  
Gisele L. Pappa

# Estudos de caso

- ACO
- Swarm music
- Swarm-bots

# PSO para Classificação

## [Falco et al 2007]

# PSO para Descoberta de Regras

- Um problema de classificação composto por  $n$  classes pode ser visto como:
  - Encontrar  $n$  centróides, onde cada centróide corresponde ao protótipo de uma classe
- Partícula é representada por um vetor de tamanho  $2n$

$$(\vec{p}_i^1, \dots, \vec{p}_i^C, \vec{v}_i^1, \dots, \vec{v}_i^C)$$

- Cada centróide tem  $d$  dimensões, onde  $d$  é o número de atributos da base

# PSO para Classificação

- Avaliação

- Baseada na taxa de erro

$$\psi_1(i) = \frac{100.0}{D_{\text{Train}}} \sum_{j=1}^{D_{\text{Train}}} \delta(\vec{x}_j) \quad \delta(\vec{x}_j) = \begin{cases} 1 & \text{if } \mathbf{CL}(\vec{x}_j) \neq \mathbf{CL}_{\text{known}}(\vec{x}_j) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

- Na distância de um exemplo para o centróide

$$\psi_2(i) = \frac{1}{D_{\text{Train}}} \sum_{j=1}^{D_{\text{Train}}} d\left(\vec{x}_j, \vec{p}_i^{\mathbf{CL}_{\text{known}}(\vec{x}_j)}\right)$$

- Combinação dos dois

$$\psi_3(i) = \frac{1}{2} \left( \frac{\psi_1(i)}{100.0} + \psi_2(i) \right)$$

# PSO para Classificação

- Atualização da velocidade

$$\vec{v}_i(t+1) = w \cdot \vec{v}_i(t) + c_1 \cdot U(0,1) \otimes (\vec{b}_i(t) - \vec{p}_i(t)) \\ + c_2 \cdot U(0,1) \otimes (\vec{b}_g(t) - \vec{p}_i(t))$$

- Inércia variável

- $U(0,1)$  é uma função que gera um vetor de números aleatórios entre 0 e 1, seguindo uma distribuição uniforme,.
- Vizinhaça considera todas as outras partículas

$$w(t) = w_{\max} - \left( (w_{\max} - w_{\min}) \frac{t}{T_{\max}} \right)$$

$T_{\max}$  é o número máximo de iterações

# PSO para Classificação

- Parâmetros
  - 50 partículas
  - 1000 iterações
  - Velocidade  $[-0.05, +0.05]$
  - $C1 = c2 = 2$
  - Inércia  $[0.4, 0.9]$

# Resultados

Average percentages of incorrect classification on testing set

	PSO	Bayes Net	MLP ANN	RBF
Balance	13.12	19.74	<b>9.29</b>	33.61
Credit	18.77	12.13	13.81	<i>43.29</i>
Dermatology	6.08	<b>1.08</b>	3.26	34.66
Diabetes	<b>21.77</b>	25.52	29.16	<i>39.16</i>
E.Coli	13.90	17.07	<b>13.53</b>	24.38
Glass	38.67	29.62	28.51	44.44
Heart	<b>15.73</b>	18.42	19.46	<i>45.25</i>
Horse Colic	35.16	30.76	32.19	38.46
Iris	5.26	2.63	<b>0.00</b>	<i>9.99</i>
Thyroid	3.88	6.66	<b>1.85</b>	5.55
WDBCancer	3.49	4.19	2.93	<i>20.27</i>
WDBCancer-Int	<b>2.64</b>	3.42	5.25	<i>8.17</i>
Wine	2.88	<b>0.00</b>	1.33	2.88



Swarm Music  
[www.timblackwell.com](http://www.timblackwell.com)

# Swarm Music

- Aplicação na área de jazz improvisado
  - Tem uma linguagem musical distinta para cada improvisador
  - Habilidade de lidar com contribuições vindas de outros músicos
  - Melodia é auto-organizável
- Músicos tem que prestar atenção no que está sendo tocado ao redor deles

# Analogia com Swarms

- Em música, a melodia se move em torno de uma nota central e tem uma forma (da mesma forma que em *swarms* cada partícula é atraída pelo *swarm*)
  - Padrões de subida e descida de tons
  - Normalmente gradual
  - Acordes são grupos de notas e são atraídas por uma nota central
  - Interação local leva a estrutura

# Swarm Music

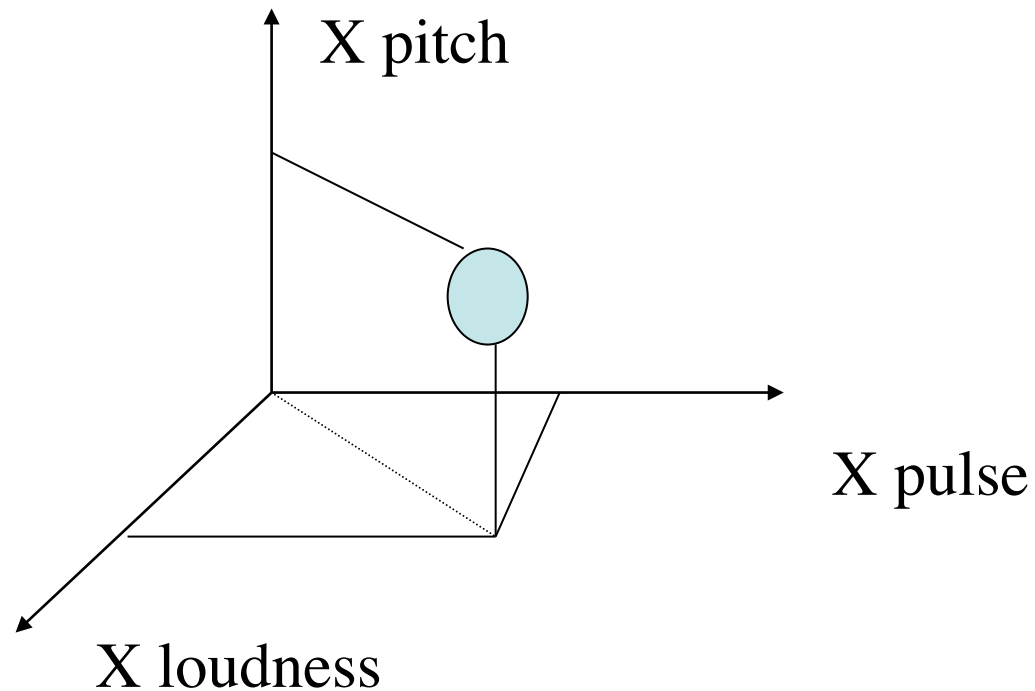
- Sistema de interação e improvisação de música
- Colaboração entre os músicos é livre
- Partículas se movem no espaço de música e são atualizadas de acordo com um algoritmo de *flocking* (Bandos de pássaros)
- Partículas são atraídas para a nota do centro, mas também implementam propriedade que evitam colisões
  - Não existe conceito de melhor vizinhança (já que não estamos tentando otimizar nada)

# Swarm Music

- Um ou mais *swarms*
- Cada partícula tem uma orientação, posição e velocidade
- Partículas sofrem quatro tipos de acelerações
  - 3 tipos de aceleração de atração
  - 1 tipo de aceleração que previne colisões e permite que o *swarm* desvie de obstáculos
- Usa tanto feedback positivo e negativo

# Espaço da Música

- Cada partícula é uma nota em um certo tempo
- Swarm pode ser lido como uma partitura



# Demos

- Follow me (existe um condutor)
  - 2 *swarms*, um toca a mão direita e o outro a mão esquerda
- Autumn missed (apenas o *swarm* em uma improvisação de piano)
- Wind up (*swarms* com um quarteto)

# Conclusões

- Usa a idéia de enxame de partículas
- O sistema já foi utilizado para tocar junto com a Orquestra Filarmônica da BBC e em vários outros concertos.



# Swarm-Bots

[www.swarm-bots.org](http://www.swarm-bots.org)

# Robótica de Swarms

- Inspirado nas formigas e abelhas
- Sistemas robóticos distribuídos
  - Comunicação limitada entre agentes
- Comunicação direta e indireta em swarms
  - Indireta
  - Direta

# Swarm Bots

- Idéia é construir vários robôs autônomos, mas que exibam um comportamento coletivo
  - Baseado na comunicação **direta** entre formigas
- Podem ser utilizados para realizar várias tarefas:
  - Criar correntes de robôs para realizar tarefas que um único robô não pode realizar
  - Andar em terrenos difíceis
  - Coordenar o movimento de vários robôs

# Simulação de Correntes de S-Bots

Filme : gap

- Cada robô possui uma garra
- Existe um sistema de sinalização por som
- Usa informação local
  - Apenas um robô pode detectar alguma coisa e comunicar aos outros
- Requer movimento coordenado

# S-Bots Reais

- Controlados por uma rede neural
- Os parâmetros da rede são controlados por um AG
  - Robótica evolucionária
- Por que são *swarms*?
  - Comunicação direta através de sensores

# Transporte Cooperativo

- Existe um mais de 20 robôs, e o sistema faz com 4 deles sejam “cegos”
  - Tolerância a falhas
- O que acontece quando o número de robôs é drasticamente reduzido?

# Conclusões

- Inspiração em *swarms* não prevalece
- Mas a *performance* do sistema é muito melhor do que a *performance* de outros sistemas que utilizam apenas uma estratégia de comunicação não-direta
- Porém
  - A maioria desses sistemas continua sendo implementado apenas em simulações
  - A simulação parece fácil, mas...

# Bibliografia

- Parpinelli, R.S., Lopes, H.S., Freitas, A.A. "Data mining with an ant colony optimization algorithm". IEEE Transactions on Evolutionary Computation, special issue on Ant Colony Algorithms, v. 6, n. 4, p. 321-332, August, 2002.
- An ant-based algorithm for annular sorting, M. Amos e O. Don, IEEE Congress on Evolutionary Computation, 2007.
- Swarm music: improvised music with multi-swarms, T.M. Blackwell. Artificial Intelligence and the Simulation of Behaviour, University of Wales, 2003.