



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA  
ELÉTRICA E INFORMÁTICA INDUSTRIAL  
Disciplina - Tópicos Especiais em Computação Paralela

---

Capítulo 8 - *Parallel Particle Swarm Optimization (PPSO)  
with Communication Strategies*

*Parallel Evolutionary Computations*

N.Nedjah, E.Alba, L.de Macedo Mourelle

Aluno: Chidambaram Chidambaram  
Prof. Heitor Silvério Lopes

Curitiba, 15 de Setembro de 2009

## Otimização Paralela por Enxame de Partículas

### Tema Central:

◆ Explorar o conceito de processamento paralelo utilizando a otimização por enxame de partículas baseada nas estratégias de comunicação .

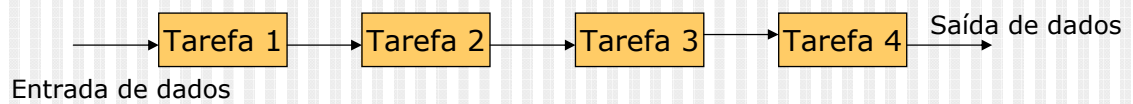
### Estratégias de comunicação:

- I. Quando os parâmetros de soluções são independentes ou são apenas livremente correlacionados, a estratégia é baseada em melhores partículas;
- II. Quando a propriedade de correlação é conhecida, a estratégia será baseada em autoajuste de cada grupo;
- III. Quando a propriedade de correlação não é conhecida, utiliza-se a estratégia híbrida.

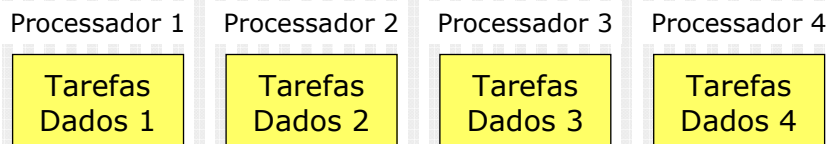
## Métodos de Processamento de Paralelo

---

### 1) Processamento via Pipelining



### 2) Paralelismo via Dados



## Função Matemática de Algoritmo de PPSO

$$V_{i,j}^{t+1} = W^t \cdot V_{i,j}^t + C_1 \cdot r_1 \cdot (P_{i,j}^t - X_{i,j}^t) + C_2 \cdot r_2 \cdot (G_j^t - X_i^t) \quad (1)$$

$$X_{i,j}^{t+1} = X_{i,j}^t + V_{i,j}^{t+1} \quad (2)$$

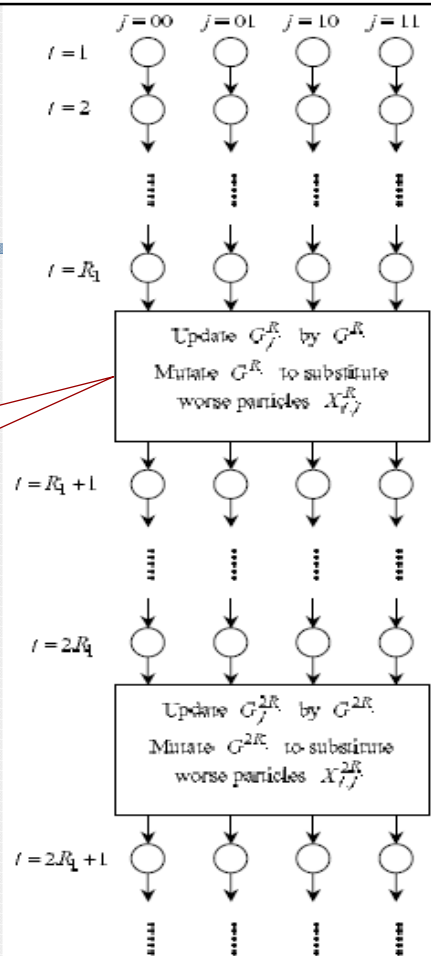
$$f(G^t) \leq f(G_j^t) \quad (3)$$

- $i = 0, \dots, N_j$  Onde  $N_j$  é o tamanho de partícula do grupo  $j$ .
- $j = 0, \dots, S-1$ ,  $S = (2^m)$  é número de grupos e  $m$  é um inteiro positivo
- $X_{i,j}^t$  é posição de partícula  $i$  no grupo  $j$  em iteração  $t$
- $G_j^t$  é a posição ótima entre todas as partículas do grupo  $j$  desde iteração 1 até iteração  $t$
- $G^t$  é a posição ótima entre todas as partículas de todos os grupos desde iteração 1 até iteração  $t$

## Estratégia de Comunicação I

Parâmetros fracamente Correlacionados ou independentes

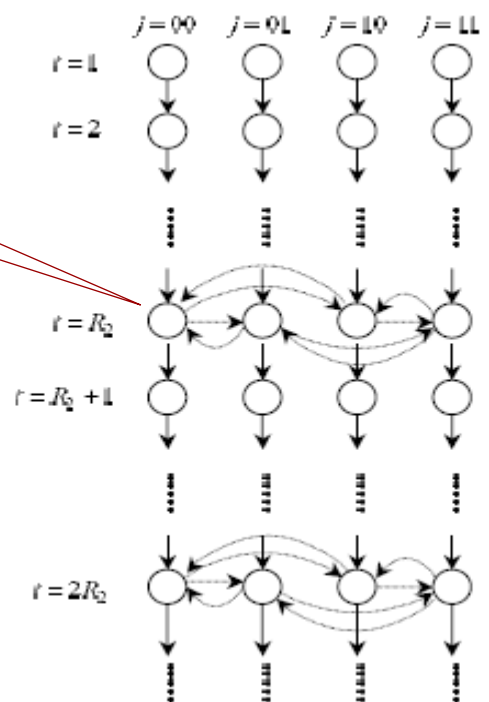
Cópias de partículas de ótimo global  $G^t$  passam por mutação e essas migram para substituir piores partículas em outros grupos a cada  $R_1$  iterações



## Estratégia de Comunicação II

Parâmetros Fortemente Correlacionados

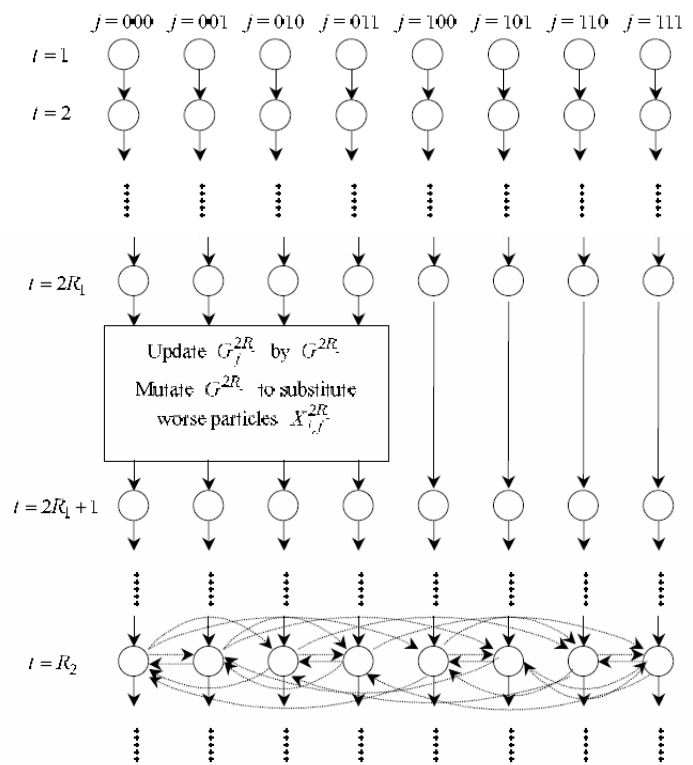
Partícula ótima em cada grupo  $G_i$  migra para substituir alguns piores partículas dos vizinhos a cada  $R_2$  iterações.



### Estratégia de Comunicação III

- Propriedade de correlação não é conhecida
- Estratégia Híbrida

Grupos divididos em dois subgrupos iguais  
Estratégia I - 1º Grupo  
Estratégia II - Todos



## Algoritmo Paralelo de PSO (PPSO)

### 1) Inicialização:

Gerar  $N_j$  partículas de  $X_{i,j}^t$  para o grupo  $j$ ;  
 $t=1$ ;

### 2) Avaliação:

Avaliar  $f(X_{i,j}^t)$  para cada partícula de cada grupo;

### 3) Atualização:

Atualizar velocidade e posições de partículas usando equações 1 e 2;

### 4) Comunicação:

**Aplica uma das estratégias:**

#### **Estratégia I: Para cada $R_1$ iterações:**

migrar o partícula global (ótima global)  $G^t$  para cada grupo;  
mutar  $G^t$  para substituir piores partículas (soluções) em cada grupo;  
atualizar  $G_j^t$  com  $G^t$  para cada grupo;

#### **Estratégia II: Para cada $R_2$ iterações:**

Substituir piores partículas (soluções) dos grupos de vizinhanças por uma partícula local (ótima local) do grupo  $j$ ,  $G_j^t$ ;

#### **Estratégia III:** Dividir os grupos em dois subgrupos; Aplica Estratégia I para subgrupo 1; Aplica Estratégia II para todos;

### 5) Finalização:

Repetir os passos 2 a 5 até alcançar um número máximo de iterações ou um determinado valor da função;  
Registrar o ótimo valor da função  $f(G^t)$  e a ótima posição entre todas as partículas  $G^t$ .



## Resultados dos Experimentos

*Funções Rosenbrock, Rastrigrin e Griewank*

Comparação do Desempenho de PSO e PPSO com a Estratégia de Comunicação I da Função Rosenbrock

Percentage of Migration	cost of $f_1(X)$			
	PSO	PPSO(2,80)	PPSO(4,40)	PPSO(8,20)
None	108.739			
25%		65.384	98.548	75.948
50%		75.994	61.095	67.178
75%		61.190	64.507	59.955
100%		68.444	60.203	50.883

## Resultados dos Experimentos

Comparação do Desempenho de PSO e PPSO com a Estratégia de Comunicação I da Função Rastrigrin

Percentage of Migration	cost of $f_2(X)$			
	PSO	PPSO(2,80)	PPSO(4,40)	PPSO(8,20)
None	24.544			
25%		16.875	17.909	16.058
50%		15.123	12.875	12.835
75%		12.877	11.183	11.024
100%		11.243	10.507	10.030

## Resultados dos Experimentos

---

Comparação do Desempenho de PSO e PPSO com a Estratégia de Comunicação II da Função Griewank

Number of Migration	cost of $f_3(X)$			
	PSO	PPSO(2,80)	PPSO(4,40)	PPSO(8,20)
None	0.01191			
1		0.01137	0.00822	0.00404
2		0.01028	0.01004	0.00601

## Resultados dos Experimentos

---

Comparação do Desempenho de PSO e PPSO com a Estratégia de Comunicação III

Function	cost		
	PSO	PPSO(4,40)	PPSO(8,20)
Rosenbrock	108.74	76.59	82.62
Rastrigin	24.54	18.63	19.14
Griewank	0.01191	0.01053	0.00989

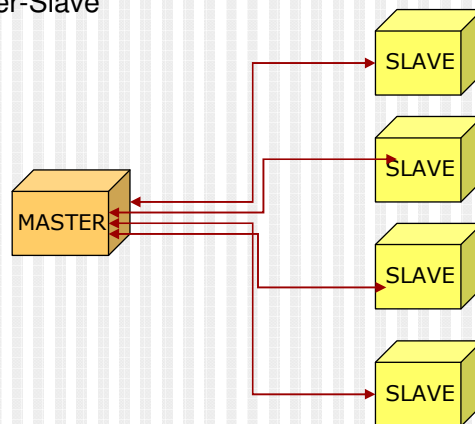
## Aplicações - Artigos

---

### *A Parallel Particle Swarm Optimization Algorithm Accelerated by Asynchronous Evaluations*

Gerhard Venter e Jaroslaw Sobieszczanski-Sobieski

- Modelo Paralelo PSO **Síncrono** x Modelo Paralelo PSO **Assíncrono**
- MPI c/ Master-Slave



## Aplicações - Artigos

---

### ***A Synchronous parallelization of Particle Swarm Optimization with digital pheromones***

*Particle swarms search the design space with digital pheromones aiding communication within the swarm during an iteration to improve search efficiency.*

### ***Multiprocessor modeling of parallel Particle Swarm Optimization applied to nuclear engineering problems***

*Discuss the several different PPSO algorithms exploring the advantages of enhanced neighborhood topologies implemented by communication strategies in multiprocessor architectures.*

*The proposed PPSOs have been applied to two complex and time consuming nuclear engineering problems: i) reactor core design (CD) and ii) fuel reload (FR) optimization.*

## Referências:

---

- [1] S.-C.Chu and J.-S Pan: *Intelligent Parallel Particle Swarm Optimization Algorithms*, Studies in Computational Intelligence (SCI),No. 22, pp. 159-175, 2006.
- [2] G.Venter and J.S. Sobieski, *A Parallel Particle Swarm Optimization Algorithm Accelerated by Asynchronous Evaluations*, 6th World Congresses of Structural and Multidisciplinary Optimization, Rio de Janeiro, 30 May - 03 June 2005, Brazil.
- [3] Ying Li, Yijia Cao, Zhaoyan Liu, Yi Liu, Quanyuan Jiang, *Dynamic optimal reactive power dispatch based on parallel particle swarm optimization algorithm*, Computers and Mathematics with Applications, No. 57, pp.1835-1842, 2009.
- [4] M. Waintraub, R. Schirru, C.M.N.A. Pereira, *Multiprocessor modeling of parallel Particle Swarm Optimization applied to nuclear engineering problems*, Progress in Nuclear Energy, No. 51, pp. 680-688, 2009.