Particle swarm optimization

Метод роя частиц

Эволюционное программирование

Имитация социального поведения

Имитация социального поведения

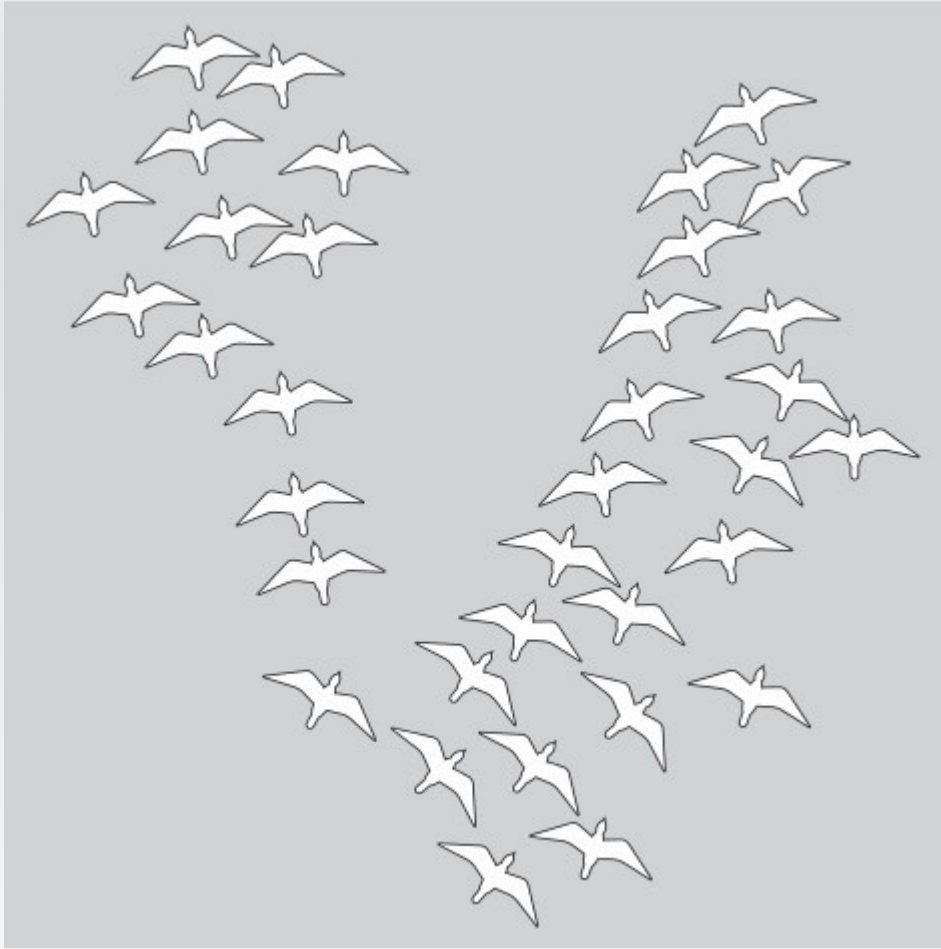
Craig Reynolds, 1987

”Boids”:

• Избегать столкновений

• Двигаться с той же скоростью, что соседи

• Стараться приблизиться к центру



Имитация социального поведения

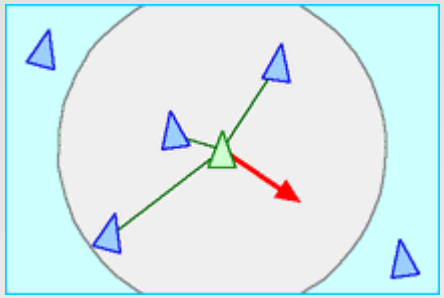
Boids

http://www.red3d.com/cwr/boids/

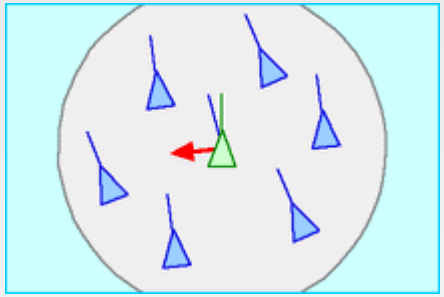
http://natcomp.liacs.nl/NC/applets/SwarmApplet/SwarmApplet.html

Имитация социального поведения

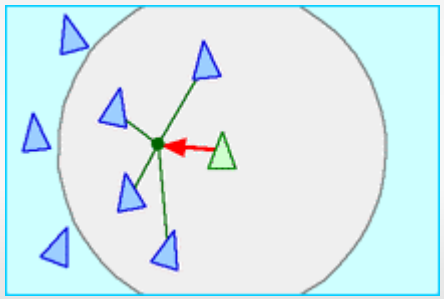
Boids



Separation: избегать сближения с соседями



Alignment: двигаться по усредненному вектору направления соседей

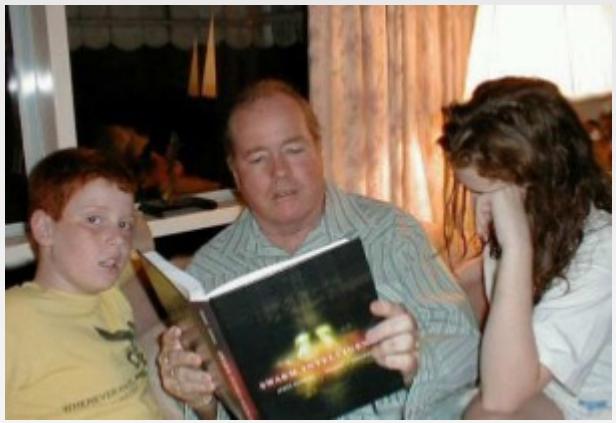


Cohesion: двигаться к средней позиции соседей

Имитация социального поведения

Kennedy, J.; Eberhart, R. (1995). "Particle Swarm Optimization"

Kennedy, Eberhart, Shi. Swarm Intelligence. Collective, Adaptive, 2001



James Kennedy

Russell Eberhart

Алгоритм

Агент:

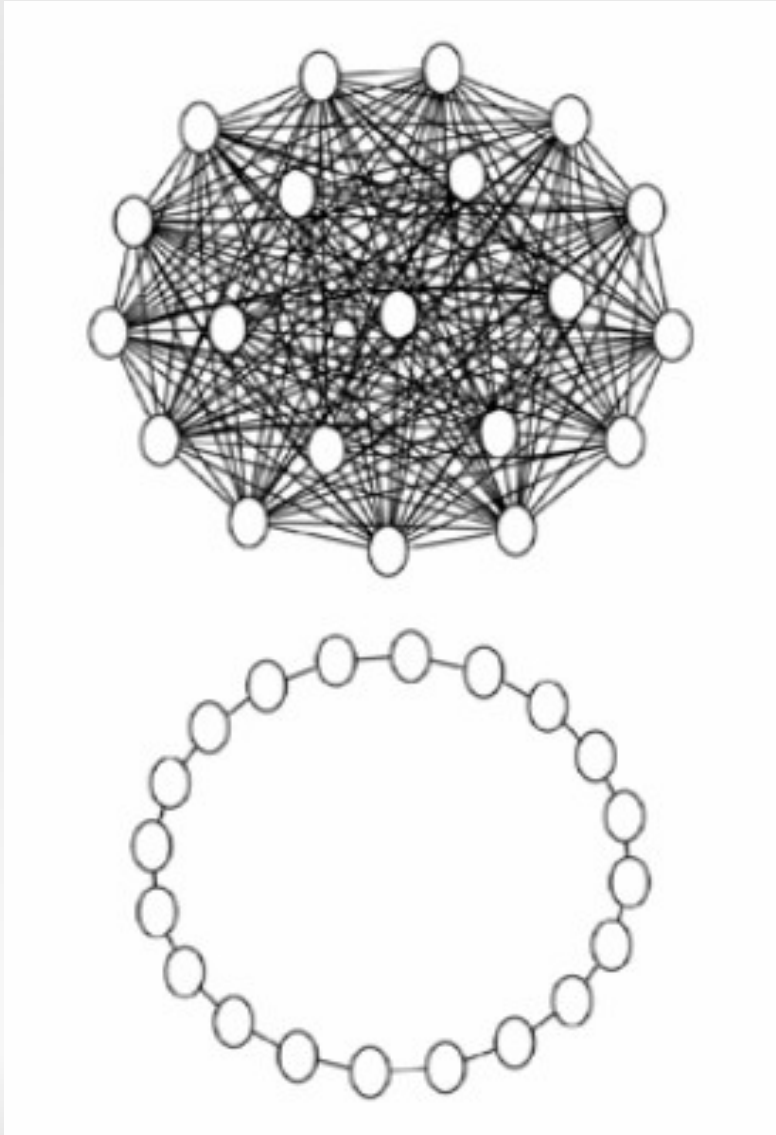
- Знает свою позицию
- «Качество» позиции оценивается значением целевой функции
- Знает свою скорость
- Помнит лучшую позицию из посещенных
- Знает лучшую позицию, найденную соседями

Алгоритм

- Evaluate
- Compare
- Imitate

Алгоритм

Определение соседей



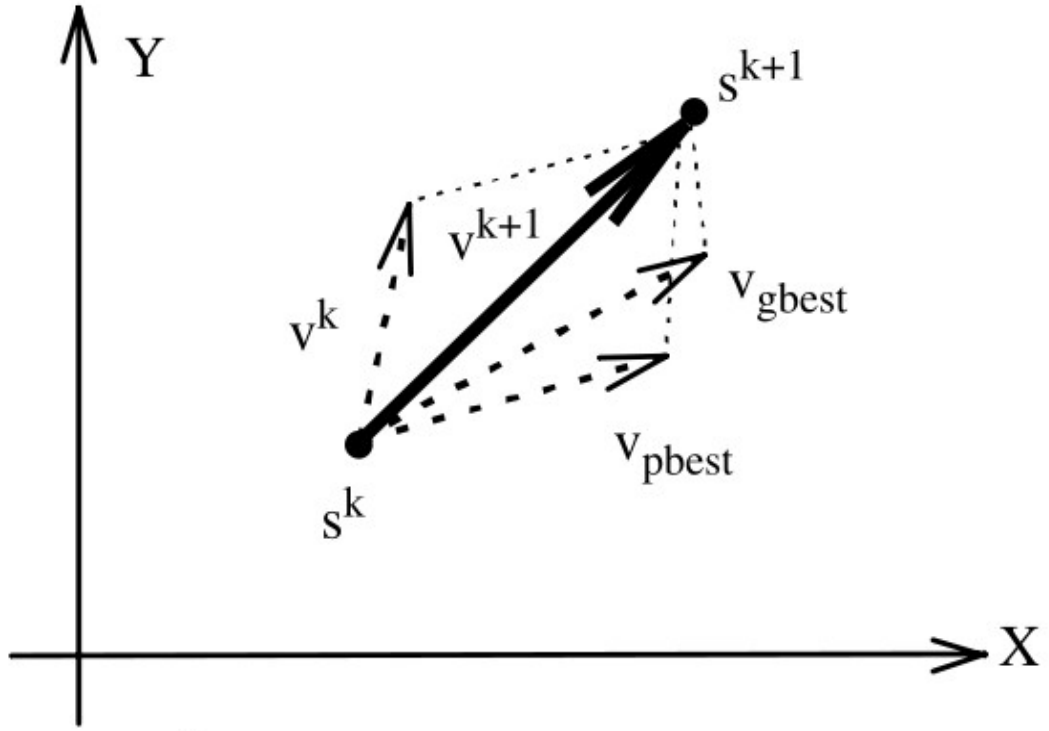
Алгоритм

$$\vec{x}_i(t) = \vec{x}_i(t-1) + \vec{v}_i(t)$$

Алгоритм

$$\begin{cases} \vec{v}_i(t) = \vec{v}_i(t-1) + \varphi_1(\vec{p}_i - \vec{x}_i(t-1)) + \varphi_2(\vec{p}_g - \vec{x}_i(t-1)) \\ \vec{x}_i(t) = \vec{x}_i(t-1) + \vec{v}_i(t) \end{cases}$$

Алгоритм



s^k : current searching point,
s^{k+1} : modified searching point,
V^k : current velocity,
V^{k+1} : modified velocity,
V_{pbest} : velocity based on pbest
V_{gbest} : velocity based on gbest

Влияние параметров

Упрощенная модель для изучения поведения:

$$v = v + \varphi \cdot (p - x)$$

$$x = x + v$$

p – всегда 0, φ = 3.9, 150 итераций

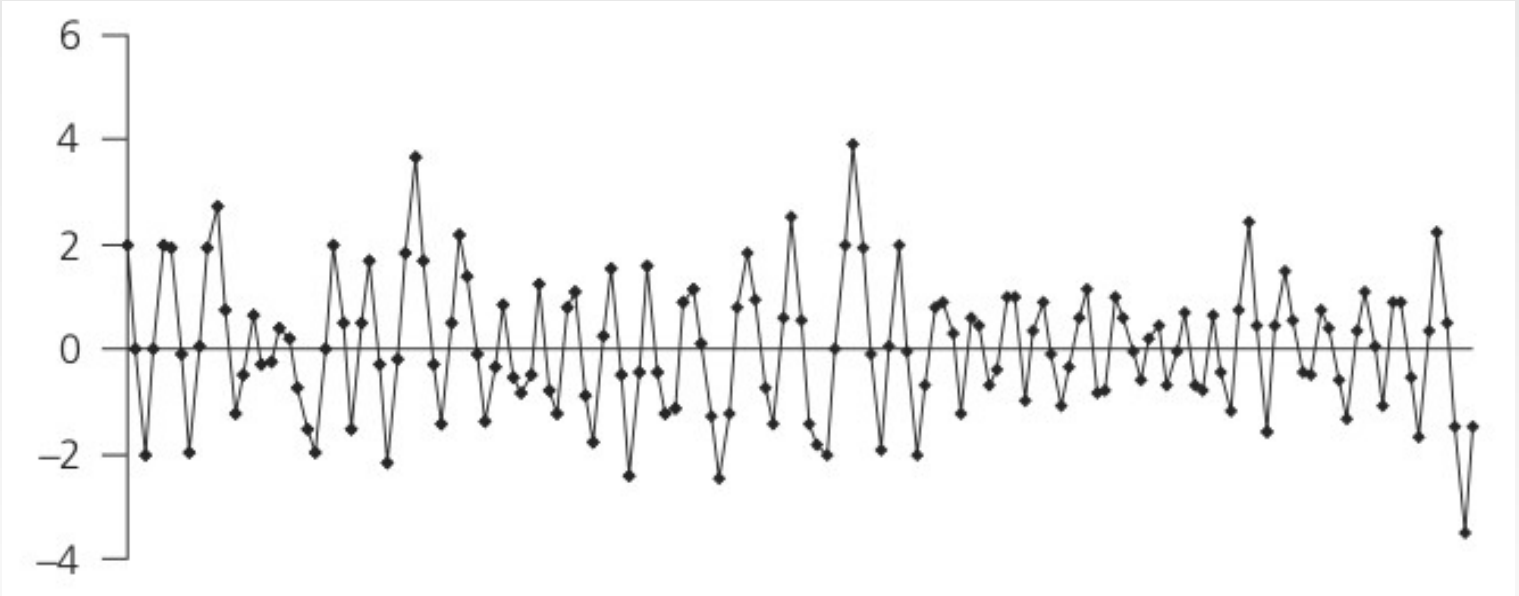
Влияние параметров

Упрощенная модель для изучения поведения:

$$v = v + \varphi \cdot (p - x)$$

$$x = x + v$$

Вводится Vmax



p – всегда 0, φ = 3.9, 150 итераций, Vmax = 2

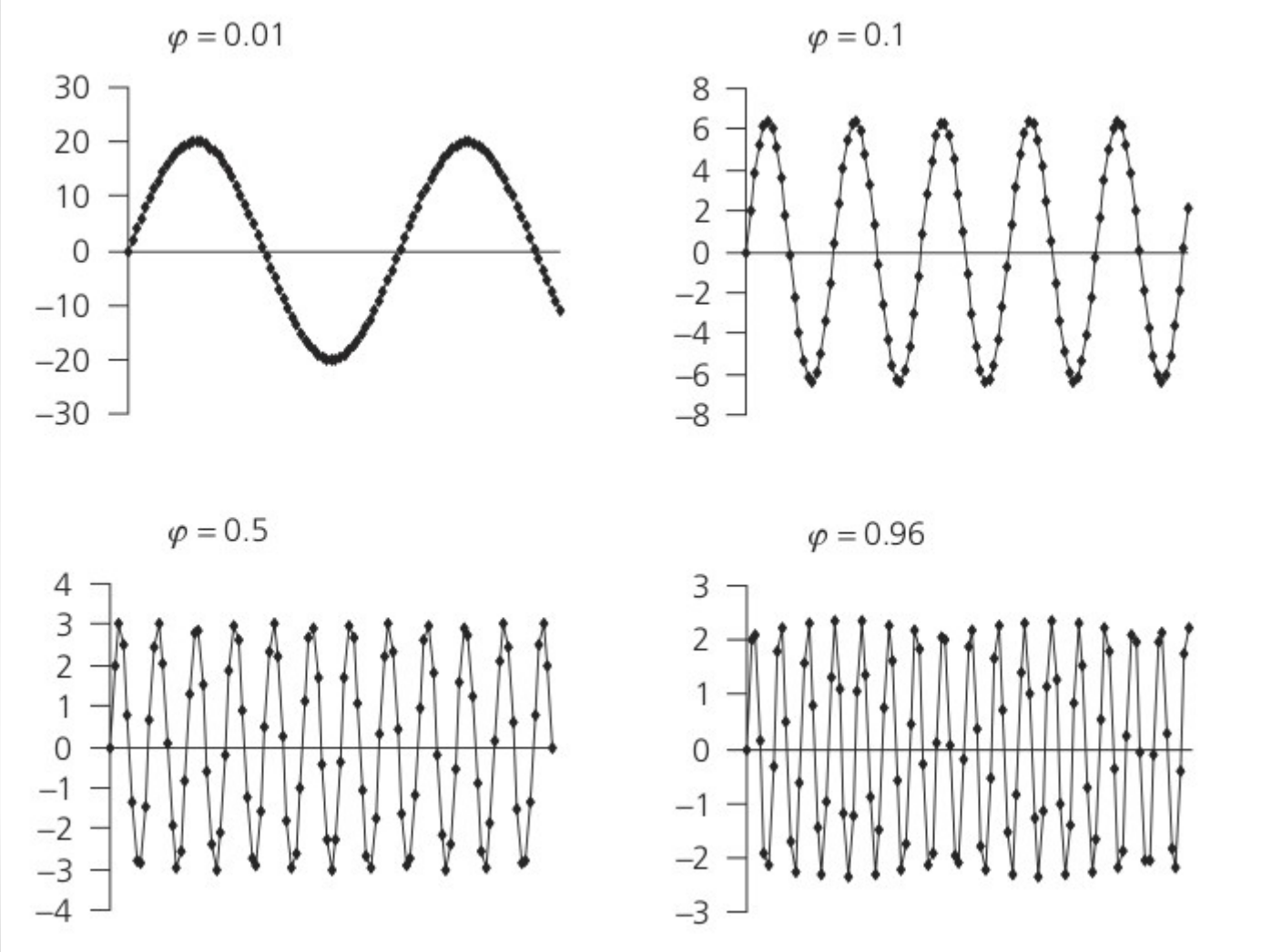
Влияние параметров

Упрощенная модель для изучения поведения:

$v = v + \varphi \cdot (p - x)$

$x = x + v$

$\Phi = \text{const}$



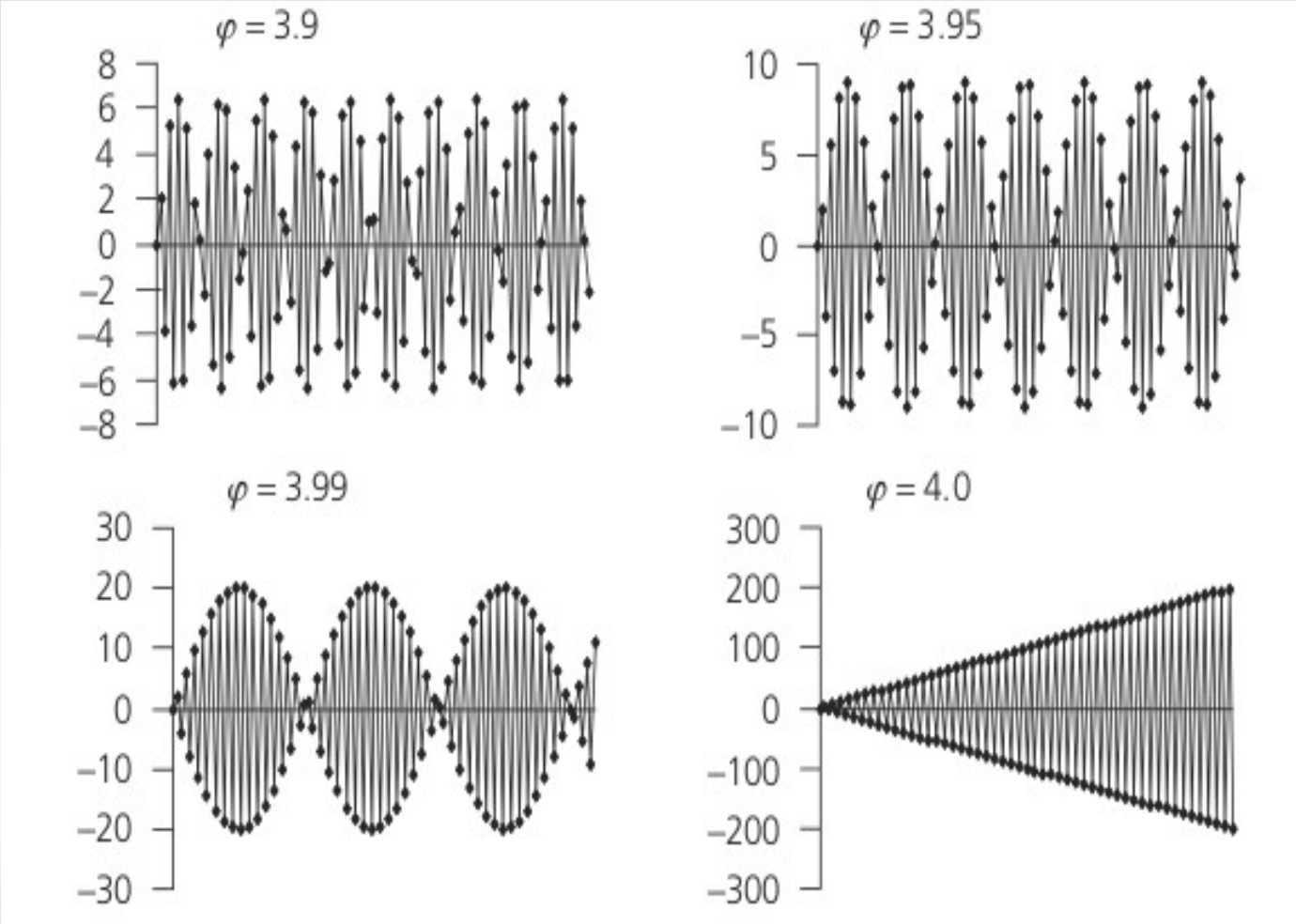
Влияние параметров

Упрощенная модель для изучения поведения:

$v = v + \varphi \cdot (p - x)$

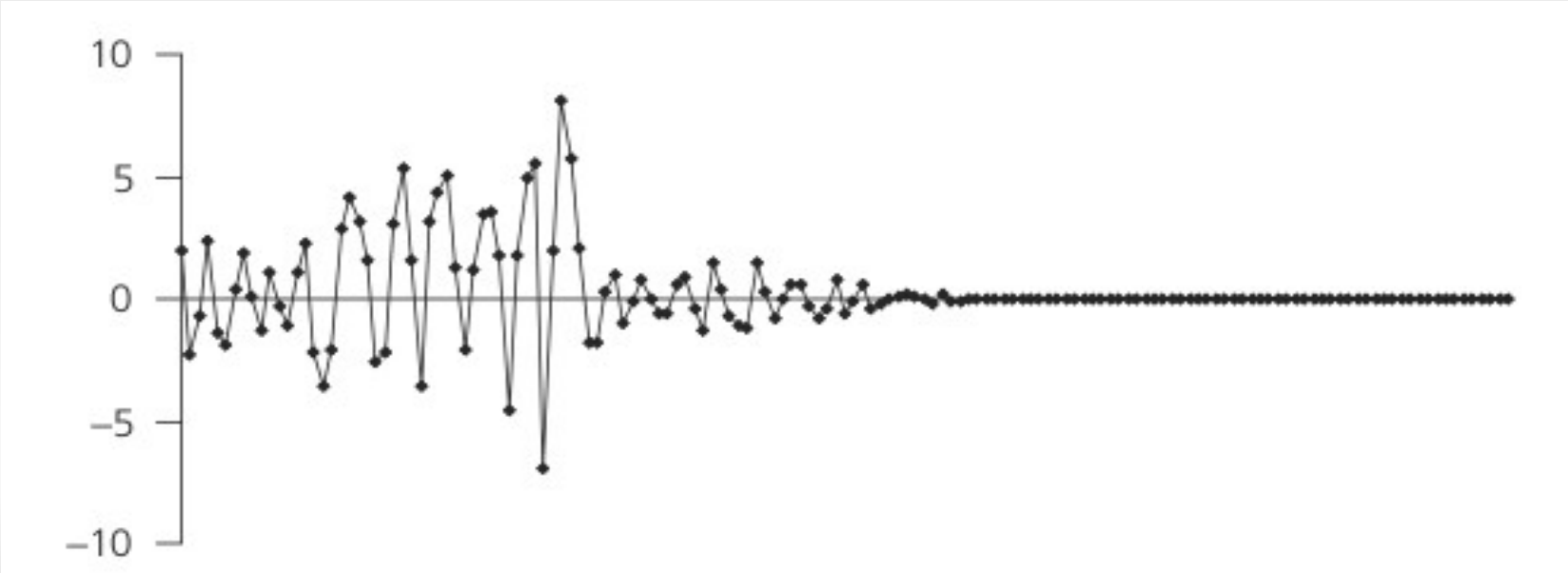
$x = x + v$

$\Phi = const$



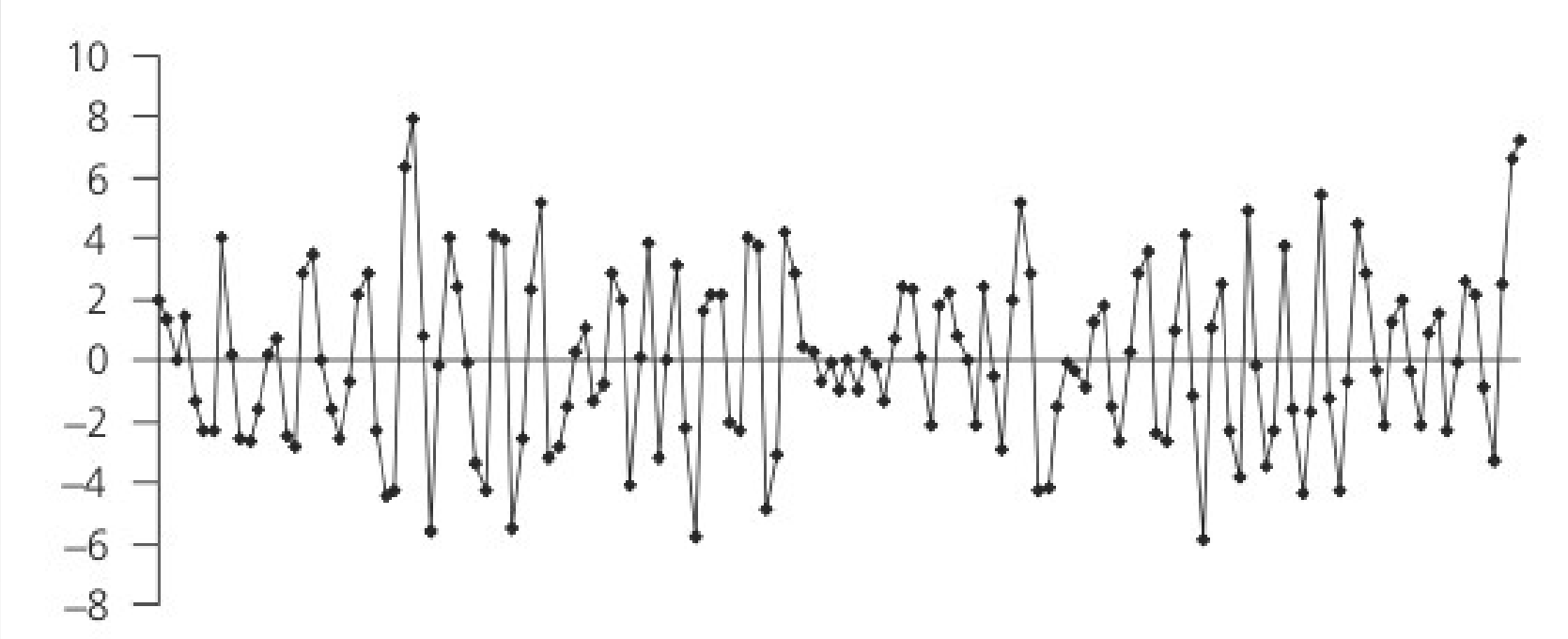
Влияние параметров

$$\begin{cases} v(t) = \alpha v(t-1) + \varphi(p - x(t-1)) \\ x(t) = x(t-1) + v(t) \end{cases}$$



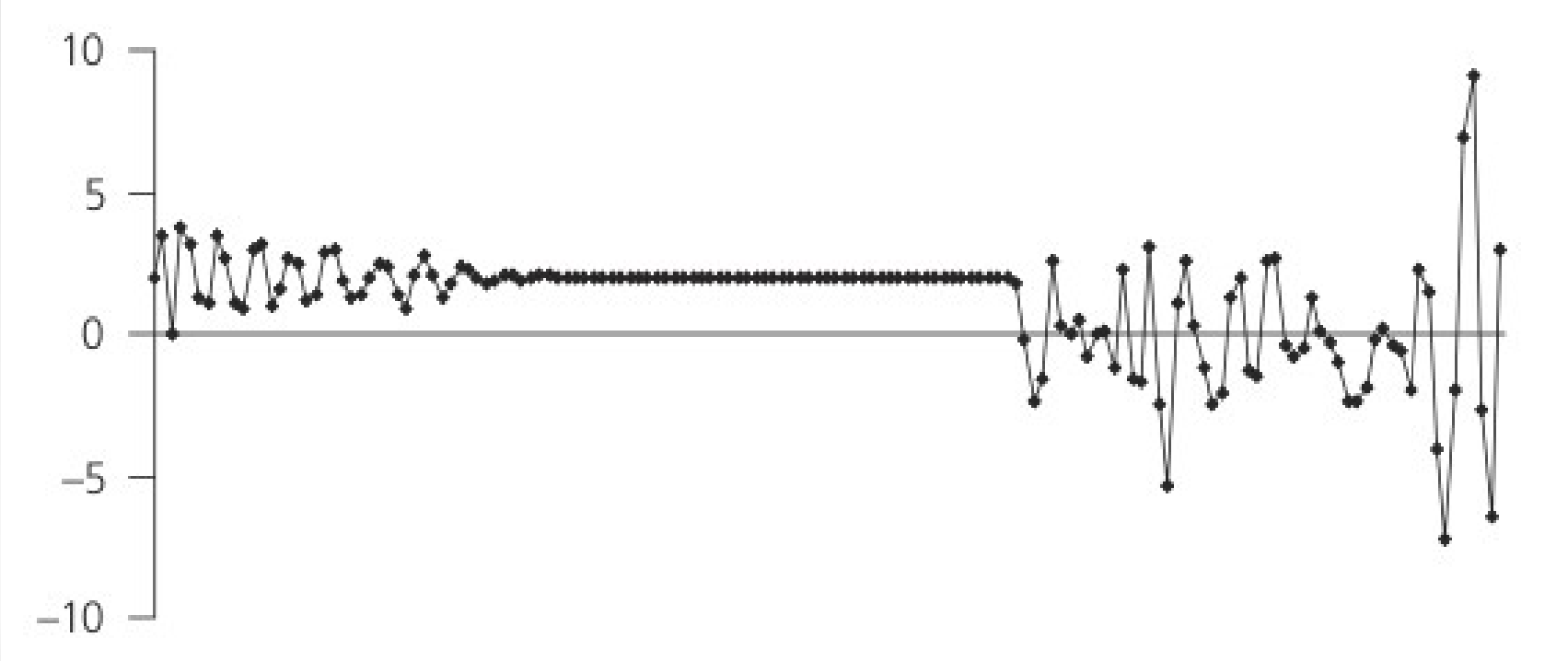
Влияние параметров

Pbest и Gbest отличаются



Влияние параметров

После 100 итераций устанавливается Gbest



Задача

Нахождение решения за меньшее количество итераций

Баланс между исследованием пространства поиска и нахождением лучшего локального решения

Проблемы

Теоретический анализ

- Черный ящик
- Результат сильно зависит от пространства поиска

Проблемы

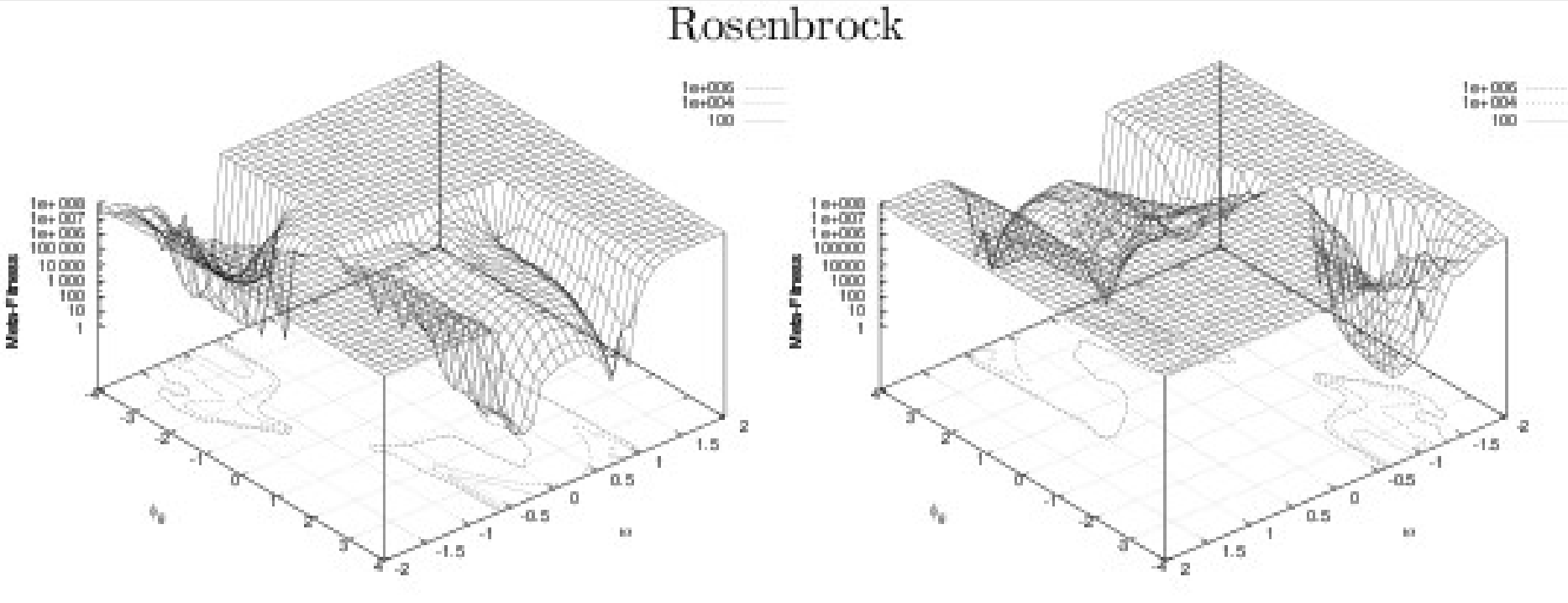
Подбор параметров

- Черный ящик
- Результат сильно зависит от пространства поиска

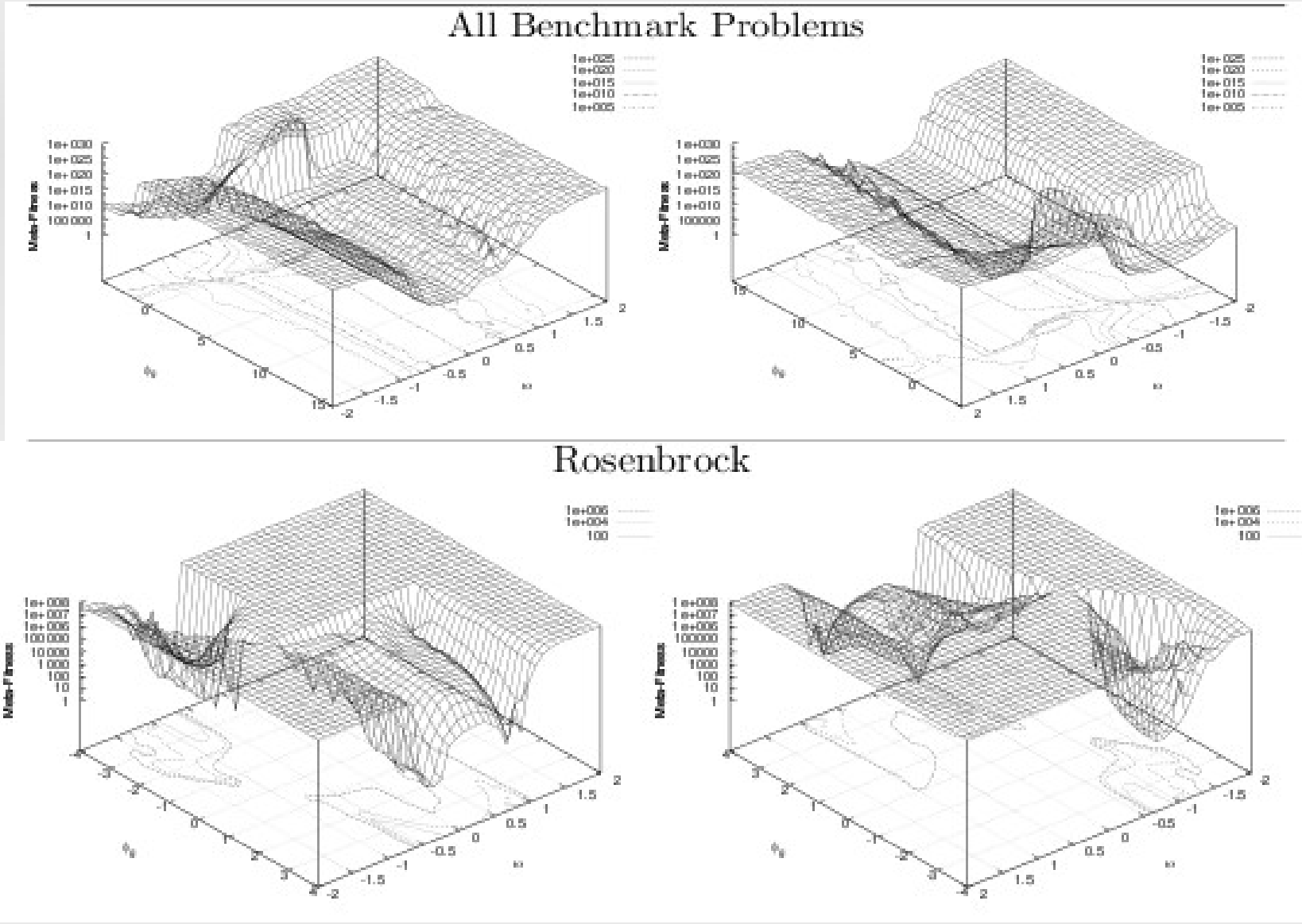
Проблемы

Подбор параметров

- Черный ящик
- Результат сильно зависит от пространства поиска



Проблемы

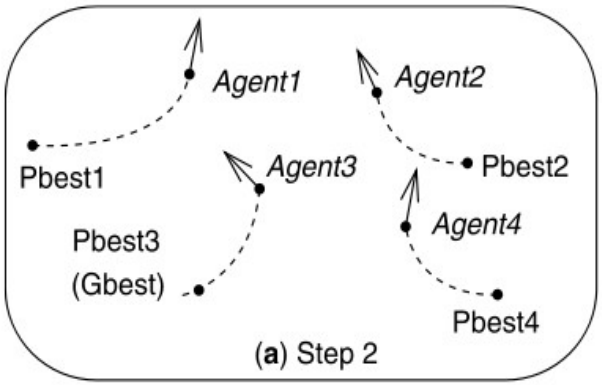


Проблемы

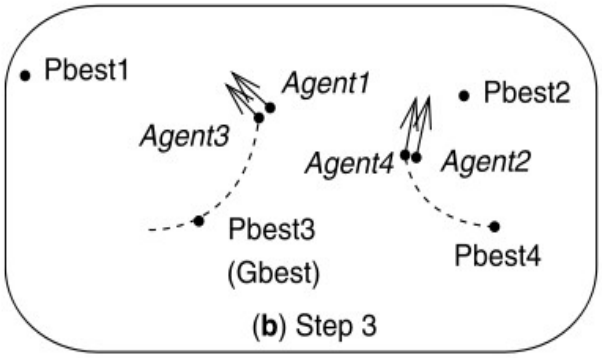
Сравнение производительности

- Черный ящик
- Результат сильно зависит от пространства поиска

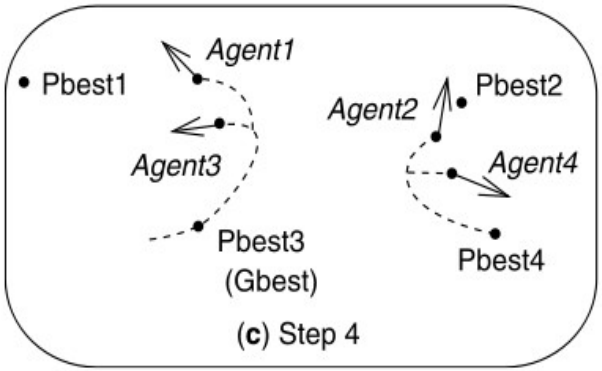
Возможные модификации



Evaluation values of Agent 1, 2 are low and those of agent 3, 4 are high.



Searching points of agent 1, 2 are changed to those of agent 3, 4 by the selection mechanism.



New search is begun from the new searching points.

Возможные модификации

- REPLICATION: каждый агент дублируется R раз
- MUTATION
- REPRODUCTION
- EVALUATION
- SELECTION

Возможные модификации

- REPLICATION: каждый агент дублируется R раз
- MUTATION: коэффициенты агента подвергаются процессу мутации
- REPRODUCTION
- EVALUATION
- SELECTION

$$c' = c + t * N(0,1)$$

Возможные модификации

- REPLICATION: каждый агент дублируется R раз
- MUTATION: коэффициенты агента подвергаются процессу мутации
- REPRODUCTION: агенты производят потомство
- EVALUATION
- SELECTION

Возможные модификации

- REPLICATION: каждый агент дублируется R раз
- MUTATION: коэффициенты агента подвергаются процессу мутации
- REPRODUCTION: агенты производят потомство
- EVALUATION: пересчет фитнесс-функций
- SELECTION: лучшие агенты формируют новое поколение

Применение

Riccardo Poli, ”An Analysis of Publications on Particle Swarm Optimisation Applications”,

Department of Computer Science, University of Essex, May 2007

Применение

Table 1: PSO applications papers by year.

Year	IEEE Xplore
1995	(0)
1996	(0)
1997	(2)
1998	(3)
1999	(6)
2000	(10)
2001	(13)
2002	(36)
2003	(86)
2004	(270)
2005	(425)
2006	(687)

Применение

- Design 5%
- Antenna design 6%
- Biomedical 4%
- Electronics and Electromagnetics
- Communication networks 4%
- Clustering and classification 4%
- Image and video 9%
- Control 7%
- Sheduling 6%

Комбинаторные задачи

$$v = \{(i_k, j_k), \quad i_k, j_k = 1, \ldots, N, \quad k = 1, \ldots, |v|\}$$

p = (1, 2, 3, 4, 5)

v = ((1,2) ,(2,3))

p ' = (2,1 ,3,4 ,5)

p '' = (3,1 ,2 ,4 ,5)

p + v = p''

Комбинаторные задачи

$p1 - p2 = v : p1 = p2 + v$

$v1 + v2 = v3 : p + v3 = (p + v1) + v2$

$c * v$

- $c = 0$
- $0 < c < 1$
- $c > 1$