# Завдання на роботу

A black text on a white background

Description automatically generated

# Алгоритм

В роботі реалізовано оптимізацію роєм частинок мовою С++. Посилання на гітхаб репозиторій: [Bohdan628318ylypchenko/SwarmOptimization](https://github.com/Bohdan628318ylypchenko/SwarmOptimization).

Рішення складається з частин:

* swarm-core: бібліотека, що реалізує алгоритм рою частинок
* swarm-tests: юніт-тести для бібліотеки
* swarm-demo: демонстраційний додаток – користувач swarm-core, реалізує перебір параметрів, оптимізацію із підібраними параметрами.

Критерій зупинки – виконання заданої кількості ітерацій.

Реалізація містить модифікації:

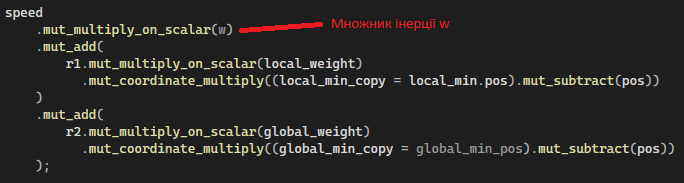
1. Запобігання вибуху рою: якщо модуль швидкості частки перевищує задане значення, швидкість примусово зменшується до максимальної дозволеної (файл swarm\_particle.cpp):

A computer screen with white text

Description automatically generated

Значення max\_speed\_mod задається як параметр оптимізації.

1. Множник інерції (файл swarm\_particle.cpp):



Множник інерції змінюється наступним чином (файл swarm\_algorithm.cpp):

A computer screen shot of a black background

Description automatically generated

Кожні comparation\_interval (значення comparation\_interval є параметром оптимізації) ітерацій порівнюється значення поточного глобального мінімуму із значенням глобального мінімуму comparation\_interval ітерацій тому. Якщо модуль різниці є меншим за epsilon (параметр оптимізації) – множник інерції зменшується вдвічі. Така зміна множника інерції адаптує множник до поведінки цільової функції, на відміну від «ручного» задання закону зміни множника.

Параметри алгоритму:

A screen shot of a computer code

Description automatically generated

* dim: розмірність простору
* particle\_count: кількість частинок
* min\_pos\_bound: нижнє обмеження області пошуку
* max\_pos\_bound: верхнє обмеження області пошуку
* max\_speed\_mod: максимальне допустиме значення модуля швидкості
* iteration\_count: кількість ітерацій алгоритму
* initial\_w: початкове значення множника w
* comparation\_interval: кількість ітерацій між порівнянням мінімумів для можливого зменшення w
* epsilon: параметр порівняння мінімумів (застосовується лише для можливого зменшення w)
* target\_function: цількова функція: std::function<real\_t(const VN&)>

# Перебір параметрів

Було виконано перебір значень параметрів:

* particle\_count: [100, 1000, 2000, 4000]
* local\_weight/global\_weight: [(1;5), (2;4), (3;3), (4;2), (5;1)]
* iteration\_count: [100, 1000, 5000, 10000, 20000]
* initial\_w: [1, 1.2]
* comparation\_interval: [10, 100, 1000]
* epsilon: [0.01, 0.001]

Для кожної із 5 цільових функцій було протестовано 4 \* 5 \* 5 \* 2 \* 3 \* 2 = 1200 комбінацій параметрів. Із отриманого набору значень для кожної функції було обрано топ-20 комбінацій параметрів.

Результати тестування (файл automatic optimization.txt):

PS C:\Users\Bohdan\swarm> .\swarm-demo.exe

=== griewank: ===

total iteration count = 1200

Top 20 best parameter sets:

i = 0: value: 0; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 5000; initial\_w: 1; comp\_interval: 100; e: 0.001

i = 1: value: 0; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 10000; initial\_w: 1; comp\_interval: 100; e: 0.01

i = 2: value: 0; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1; comp\_interval: 100; e: 0.01

i = 3: value: 0; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1; comp\_interval: 100; e: 0.001

i = 4: value: 0; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1; comp\_interval: 1000; e: 0.01

i = 5: value: 0; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 10000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 100; e: 0.001

i = 6: value: 0; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 10000; initial\_w: 1; comp\_interval: 10; e: 0.01

i = 7: value: 0; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 10000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 100; e: 0.01

i = 8: value: 0; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 5000; initial\_w: 1; comp\_interval: 10; e: 0.01

i = 9: value: 0; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 10000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 10; e: 0.001

i = 10: value: 0; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 10000; initial\_w: 1; comp\_interval: 1000; e: 0.001

i = 11: value: 0; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 5000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 10; e: 0.001

i = 12: value: 0; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1; comp\_interval: 10; e: 0.01

i = 13: value: 0; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 5000; initial\_w: 1; comp\_interval: 100; e: 0.01

i = 14: value: 0; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 10000; initial\_w: 1; comp\_interval: 1000; e: 0.01

i = 15: value: 0; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 5000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 10; e: 0.01

i = 16: value: 0; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 10000; initial\_w: 1; comp\_interval: 100; e: 0.001

i = 17: value: 0; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 10000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 10; e: 0.01

i = 18: value: 0; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 5000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 100; e: 0.01

i = 19: value: 0; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 5000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 100; e: 0.001

=== rastringin: ===

total iteration count = 1200

Top 20 best parameter sets:

i = 0: value: 0; particle\_count: 2000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1; comp\_interval: 100; e: 0.001

i = 1: value: 0; particle\_count: 2000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 10000; initial\_w: 1; comp\_interval: 100; e: 0.001

i = 2: value: 5.68434e-14; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 1000; e: 0.01

i = 3: value: 5.68434e-14; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 1000; e: 0.001

i = 4: value: 5.68434e-14; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 10000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 1000; e: 0.01

i = 5: value: 5.68434e-14; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 100; e: 0.001

i = 6: value: 1.13687e-13; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 10000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 100; e: 0.001

i = 7: value: 1.13687e-13; particle\_count: 2000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1; comp\_interval: 1000; e: 0.01

i = 8: value: 1.13687e-13; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 10; e: 0.01

i = 9: value: 1.13687e-13; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 100; e: 0.01

i = 10: value: 1.13687e-13; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 10000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 100; e: 0.01

i = 11: value: 1.13687e-13; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 10; e: 0.001

i = 12: value: 1.7053e-13; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1; comp\_interval: 1000; e: 0.001

i = 13: value: 1.7053e-13; particle\_count: 2000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 1000; e: 0.001

i = 14: value: 2.84217e-13; particle\_count: 2000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1; comp\_interval: 1000; e: 0.001

i = 15: value: 3.41061e-13; particle\_count: 2000; local\_weight: 5; global\_weight: 1; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1; comp\_interval: 100; e: 0.001

i = 16: value: 5.68434e-13; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 10000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 10; e: 0.001

i = 17: value: 6.82121e-13; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 10000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 10; e: 0.01

i = 18: value: 1.25056e-12; particle\_count: 2000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 1000; e: 0.01

i = 19: value: 4.03588e-12; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 5000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 100; e: 0.01

=== rosenbrock: ===

Top 20 best parameter sets:

i = 0: value: 3.86686; particle\_count: 2000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 100; e: 0.01

i = 1: value: 10.2601; particle\_count: 2000; local\_weight: 5; global\_weight: 1; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 10; e: 0.001

i = 2: value: 10.2606; particle\_count: 2000; local\_weight: 5; global\_weight: 1; iteration\_count: 10000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 10; e: 0.001

i = 3: value: 10.2616; particle\_count: 2000; local\_weight: 5; global\_weight: 1; iteration\_count: 5000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 10; e: 0.001

i = 4: value: 10.2654; particle\_count: 2000; local\_weight: 5; global\_weight: 1; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 10; e: 0.01

i = 5: value: 10.2663; particle\_count: 2000; local\_weight: 5; global\_weight: 1; iteration\_count: 10000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 10; e: 0.01

i = 6: value: 10.2678; particle\_count: 2000; local\_weight: 5; global\_weight: 1; iteration\_count: 5000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 10; e: 0.01

i = 7: value: 10.2993; particle\_count: 2000; local\_weight: 5; global\_weight: 1; iteration\_count: 1000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 10; e: 0.001

i = 8: value: 10.3364; particle\_count: 2000; local\_weight: 5; global\_weight: 1; iteration\_count: 1000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 10; e: 0.01

i = 9: value: 12.9576; particle\_count: 2000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 10; e: 0.01

i = 10: value: 21.2533; particle\_count: 100; local\_weight: 5; global\_weight: 1; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 10; e: 0.01

i = 11: value: 25.2886; particle\_count: 4000; local\_weight: 1; global\_weight: 5; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 100; e: 0.01

i = 12: value: 25.4619; particle\_count: 2000; local\_weight: 5; global\_weight: 1; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 100; e: 0.01

i = 13: value: 25.4629; particle\_count: 2000; local\_weight: 5; global\_weight: 1; iteration\_count: 10000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 100; e: 0.01

i = 14: value: 25.4646; particle\_count: 2000; local\_weight: 5; global\_weight: 1; iteration\_count: 5000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 100; e: 0.01

i = 15: value: 25.4666; particle\_count: 2000; local\_weight: 5; global\_weight: 1; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 100; e: 0.001

i = 16: value: 25.467; particle\_count: 2000; local\_weight: 5; global\_weight: 1; iteration\_count: 10000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 100; e: 0.001

i = 17: value: 25.4689; particle\_count: 2000; local\_weight: 5; global\_weight: 1; iteration\_count: 5000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 100; e: 0.001

i = 18: value: 25.7142; particle\_count: 4000; local\_weight: 1; global\_weight: 5; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 10; e: 0.01

i = 19: value: 26.499; particle\_count: 4000; local\_weight: 1; global\_weight: 5; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 10; e: 0.001

=== simple: ===

total iteration count = 1200

Top 20 best parameter sets:

i = 0: value: 1.89535e-37; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 10; e: 0.001

i = 1: value: 5.59124e-34; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 10; e: 0.01

i = 2: value: 7.9184e-33; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 100; e: 0.01

i = 3: value: 1.52489e-32; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1; comp\_interval: 100; e: 0.001

i = 4: value: 9.88347e-32; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 10000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 10; e: 0.001

i = 5: value: 1.04712e-31; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1; comp\_interval: 100; e: 0.01

i = 6: value: 1.68742e-31; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 100; e: 0.001

i = 7: value: 6.86586e-31; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1; comp\_interval: 10; e: 0.001

i = 8: value: 8.44428e-31; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 10000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 10; e: 0.01

i = 9: value: 8.46873e-31; particle\_count: 4000; local\_weight: 5; global\_weight: 1; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 1000; e: 0.001

i = 10: value: 9.34761e-31; particle\_count: 4000; local\_weight: 5; global\_weight: 1; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1; comp\_interval: 1000; e: 0.001

i = 11: value: 9.34942e-31; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1; comp\_interval: 1000; e: 0.01

i = 12: value: 1.76997e-30; particle\_count: 4000; local\_weight: 5; global\_weight: 1; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1; comp\_interval: 1000; e: 0.01

i = 13: value: 2.29026e-30; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 10000; initial\_w: 1; comp\_interval: 100; e: 0.01

i = 14: value: 3.00098e-30; particle\_count: 4000; local\_weight: 5; global\_weight: 1; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 1000; e: 0.01

i = 15: value: 6.83583e-30; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 10000; initial\_w: 1; comp\_interval: 100; e: 0.001

i = 16: value: 2.30303e-29; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 10000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 100; e: 0.01

i = 17: value: 3.28077e-29; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 1000; e: 0.001

i = 18: value: 6.88718e-29; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 10000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 100; e: 0.001

i = 19: value: 1.20534e-28; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1; comp\_interval: 1000; e: 0.001

=== ackley: ===

total iteration count = 1200

Top 20 best parameter sets:

i = 0: value: 7.54952e-15; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 5000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 10; e: 0.001

i = 1: value: 7.54952e-15; particle\_count: 4000; local\_weight: 5; global\_weight: 1; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1; comp\_interval: 100; e: 0.001

i = 2: value: 7.54952e-15; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 10; e: 0.001

i = 3: value: 7.54952e-15; particle\_count: 4000; local\_weight: 5; global\_weight: 1; iteration\_count: 10000; initial\_w: 1; comp\_interval: 100; e: 0.001

i = 4: value: 7.54952e-15; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 100; e: 0.01

i = 5: value: 7.54952e-15; particle\_count: 2000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 10; e: 0.01

i = 6: value: 7.54952e-15; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 10000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 10; e: 0.001

i = 7: value: 1.11022e-14; particle\_count: 4000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 10000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 100; e: 0.01

i = 8: value: 1.11022e-14; particle\_count: 2000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 10000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 10; e: 0.01

i = 9: value: 1.46549e-14; particle\_count: 2000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 1000; e: 0.001

i = 10: value: 1.46549e-14; particle\_count: 2000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 1000; e: 0.01

i = 11: value: 1.46549e-14; particle\_count: 2000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1; comp\_interval: 10; e: 0.001

i = 12: value: 1.46549e-14; particle\_count: 2000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1; comp\_interval: 100; e: 0.01

i = 13: value: 1.46549e-14; particle\_count: 2000; local\_weight: 5; global\_weight: 1; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 1000; e: 0.001

i = 14: value: 1.46549e-14; particle\_count: 2000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 100; e: 0.001

i = 15: value: 1.46549e-14; particle\_count: 2000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1; comp\_interval: 100; e: 0.001

i = 16: value: 1.46549e-14; particle\_count: 2000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 5000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 100; e: 0.001

i = 17: value: 1.46549e-14; particle\_count: 2000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 10000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 100; e: 0.001

i = 18: value: 1.46549e-14; particle\_count: 2000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 5000; initial\_w: 1; comp\_interval: 10; e: 0.001

i = 19: value: 1.46549e-14; particle\_count: 2000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 5000; initial\_w: 1; comp\_interval: 100; e: 0.001

PS C:\Users\Bohdan\swarm>

Для функцій griewank, rastringin, sphere(simple), ackley задовільними є будь-які набори параметрів із топ-20. На жаль для функції Розенброка досягнути абсолютного мінімуму (0) не вдалось: найближче значення – 3.86.

В якості остаточного набору параметрів оберемо той, де функція Розенброка набуває значення 3.86:

particle\_count: 2000; local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 100; e: 0.01

Результат оптимізації з фінальними параметрами для кожної функції:

PS D:\> .\swarm-demo.exe

=== griewank final run: ===

value = 0.0270664

coord 0 = -8.38419e-09

coord 1 = -1.12733e-08

coord 2 = 6.28227e-09

coord 3 = -3.20084e-10

coord 4 = -7.0073

coord 5 = -7.67228

coord 6 = 1.54277e-08

coord 7 = -2.20997e-08

coord 8 = 2.33247e-08

coord 9 = -2.22778e-08

coord 10 = -3.23583e-08

coord 11 = 2.62084e-08

coord 12 = -3.40656e-08

coord 13 = -4.56479e-08

coord 14 = 4.21444e-09

coord 15 = 2.06126e-08

coord 16 = -2.33898e-08

coord 17 = 1.79709e-08

coord 18 = 1.67989e-08

coord 19 = -1.30143e-08

coord 20 = 8.47474e-10

coord 21 = 1.62615e-08

coord 22 = 3.94276e-08

coord 23 = -4.45988e-08

coord 24 = 1.85851e-08

coord 25 = -3.18992e-08

coord 26 = -2.79864e-08

coord 27 = -1.53901e-08

coord 28 = -3.88244e-08

coord 29 = -5.15383e-08

coord 30 = 9.29938e-08

coord 31 = -3.75856e-08

coord 32 = -3.79308e-08

coord 33 = -5.47408e-08

coord 34 = 5.42703e-08

coord 35 = -3.74594e-08

coord 36 = -9.7632e-08

coord 37 = 7.63106e-09

coord 38 = -1.41128e-07

coord 39 = -9.56482e-08

coord 40 = 3.98191e-08

coord 41 = -1.61565e-08

coord 42 = -2.11093e-08

coord 43 = -3.94279e-08

coord 44 = -1.11139e-08

coord 45 = -3.64751e-08

coord 46 = 6.84716e-08

coord 47 = -1.69742e-08

coord 48 = 1.46294e-09

coord 49 = 7.26704e-09

=== rastringin final run: ===

value = 1.8036e-07

coord 0 = -3.83476e-06

coord 1 = -2.06532e-06

coord 2 = 4.92875e-06

coord 3 = -5.32896e-06

coord 4 = -3.29141e-06

coord 5 = -2.8781e-06

coord 6 = 5.45997e-07

coord 7 = -1.49354e-06

coord 8 = -2.96511e-08

coord 9 = -1.8785e-06

coord 10 = 3.36806e-06

coord 11 = -1.17994e-06

coord 12 = 5.19628e-06

coord 13 = -8.29278e-07

coord 14 = 9.88509e-07

coord 15 = -6.85608e-07

coord 16 = 5.13126e-07

coord 17 = -2.7182e-07

coord 18 = -2.07421e-06

coord 19 = 3.54345e-07

coord 20 = -2.55601e-05

coord 21 = -1.12109e-07

coord 22 = -8.17373e-07

coord 23 = -2.37354e-06

coord 24 = 9.7132e-06

coord 25 = 4.87308e-07

coord 26 = -3.5547e-08

coord 27 = -1.46141e-07

coord 28 = -3.34959e-06

coord 29 = -4.22812e-07

=== rosenbrock final run: ===

value = 3.86686

coord 0 = 0.998561

coord 1 = 0.997359

coord 2 = 0.99494

coord 3 = 0.997108

coord 4 = 0.998252

coord 5 = 0.998374

coord 6 = 0.998447

coord 7 = 0.998843

coord 8 = 0.998804

coord 9 = 0.997635

coord 10 = 0.997115

coord 11 = 0.998105

coord 12 = 0.998673

coord 13 = 0.99901

coord 14 = 0.999561

coord 15 = 0.999581

coord 16 = 0.999362

coord 17 = 0.99995

coord 18 = 1.0005

coord 19 = 1.00106

coord 20 = 1.00259

coord 21 = 1.00626

coord 22 = 1.01353

coord 23 = 1.02835

coord 24 = 1.05772

coord 25 = 1.11979

coord 26 = 1.25605

coord 27 = 1.57872

coord 28 = 2.49291

coord 29 = 6.21445

=== simple final run: ===

value = 1.96713e-19

coord 0 = 9.81618e-12

coord 1 = -2.18837e-11

coord 2 = 9.39628e-14

coord 3 = 1.62172e-12

coord 4 = -3.46111e-12

coord 5 = 1.04349e-11

coord 6 = -2.10464e-11

coord 7 = -2.97402e-14

coord 8 = 1.19968e-10

coord 9 = 7.32756e-11

coord 10 = 6.88737e-11

coord 11 = 4.31045e-12

coord 12 = -1.11972e-13

coord 13 = -3.61128e-11

coord 14 = -5.39355e-11

coord 15 = 1.15393e-11

coord 16 = 1.2629e-11

coord 17 = -3.33134e-13

coord 18 = 3.41889e-11

coord 19 = 8.88033e-12

coord 20 = 1.82982e-12

coord 21 = 2.5999e-12

coord 22 = -3.92927e-10

coord 23 = 3.29949e-12

coord 24 = 2.61603e-11

coord 25 = 1.34904e-12

coord 26 = -5.14255e-12

coord 27 = 2.06061e-11

coord 28 = 2.21003e-12

coord 29 = -5.0432e-12

coord 30 = -3.26997e-11

coord 31 = -2.22382e-12

coord 32 = 4.18621e-12

coord 33 = 4.23847e-13

coord 34 = -3.07193e-11

coord 35 = 2.0862e-11

coord 36 = 2.49689e-11

coord 37 = 3.20243e-12

coord 38 = -6.80353e-14

coord 39 = -2.82109e-11

coord 40 = -7.84547e-12

coord 41 = -1.9589e-11

coord 42 = 8.86109e-12

coord 43 = -6.94081e-11

coord 44 = -2.86398e-12

coord 45 = -2.00984e-12

coord 46 = 8.08079e-12

coord 47 = 1.56918e-12

coord 48 = 1.85047e-11

coord 49 = -7.0779e-12

=== ackley final run: ===

value = 2.17604e-14

coord 0 = -4.39653e-15

coord 1 = -5.30514e-15

coord 2 = -6.97095e-15

coord 3 = -4.10238e-15

coord 4 = 1.3052e-15

coord 5 = -1.06006e-14

coord 6 = 9.13598e-15

coord 7 = -1.52001e-16

coord 8 = 8.91772e-15

coord 9 = 2.42424e-15

coord 10 = 7.29722e-15

coord 11 = 9.01609e-16

coord 12 = -6.70299e-15

coord 13 = 1.84372e-15

coord 14 = 5.68265e-15

coord 15 = -2.43554e-15

coord 16 = 7.95683e-15

coord 17 = -5.05383e-15

coord 18 = -2.79508e-15

coord 19 = 6.00163e-15

PS D:\>

Для всіх функцій крім функції Розенброка було досягнуто глобального мінімуму. Для функції Розенброка метод зміг наблизитись до глобального мінімуму (хоча значення останніх 5 координат суттєво відрізняються від «справжнього» значення). Той факт, що метод не знайшов глобальний мінімум для функції Розенброка може бути пов’язаний із недостатньо рівномірним початковим покриттям області роєм.

## Аналіз залежності наближення до глобального мінімуму від кількості часток

Оберемо всі параметри крім particle\_count такими як у попередньому дослідженні:

local\_weight: 4; global\_weight: 2; iteration\_count: 20000; initial\_w: 1.2; comp\_interval: 100; e: 0.01

Значення particle\_count набуватиме значень: [100, 200, 500, 1000, 1500, 2000, 4000, 8000].

Результати (файл particle-count-research.txt):

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| particle\_count | griewank | rastrigin | rosenbrock | simple | ackley |
| 100 | 0.239569 | 1.6261 | 6381.81 | 0.101886 | 0.00170992 |
| 200 | 0.0758497 | 0.0821559 | 346.543 | 0.00654462 | 0.000110415 |
| 500 | 0.0197664 | 0.00148483 | 27.9862 | 4.83732e-07 | 1.44707e-09 |
| 1000 | 3.33154e-10 | 0.0632345 | 6515.88 | 1.24399e-11 | 9.88098e-13 |
| 1500 | 9.34800e-14 | 7.95808e-13 | 26.8846 | 2.45843e-14 | 2.17604e-14 |
| 2000 | 0.0270664 | 1.8036e-07 | 3.86686 | 1.96713e-19 | 2.17604e-14 |
| 4000 | 0 | 1.13687e-13 | 6503.34 | 7.9184e-33 | 7.54952e-15 |
| 8000 | 0.0147798 | 1.13687e-13 | 6352.69 | 7.73889e-53 | 1.46549e-14 |

Для простих функцій (sphere (simple), ackley, rastrigin) збільшення кількості часток само по собі покращує наближення до глобального мінімуму.

Для функції Розенброка бачимо, що зміна розміру рою не завжди покращує результат. Для оптимальної поведінки рою потрібно корегувати інші параметри відповідно розміру рою.

Griewank реагує подібно до функції Розенброка (значення 0 при particle\_count = 0 скоріше є випадковістю) – починаючи з particle\_count = 2000 спостерігаємо погіршення результату.