智能控制与控制智能课程实验报告

粒子群优化算法综合设计实验

郭家豪

- **实验目的**
- 实验环境
- 基本原理
- 实验一
- 实验二
- 实验三
- 其他

实验目的

- 加深对粒子群优化算法的理解；
- 提高动手能力；
- 提高信息检索利用能力；

- 实验目的
- **实验环境**
- 基本原理
- 实验一
- 实验二
- 实验三
- 其他

实验环境

- 笔记本电脑一台
  - 系统Windows10（非必须），配置应该不重要（我猜）
  - 使用IDLE (Python 3.8 64-bit)，Microsoft Word，Chrome浏览器等软件。

- 实验目的
- 实验环境
- **基本原理**
- 实验一
- 实验二
- 实验三
- 其他

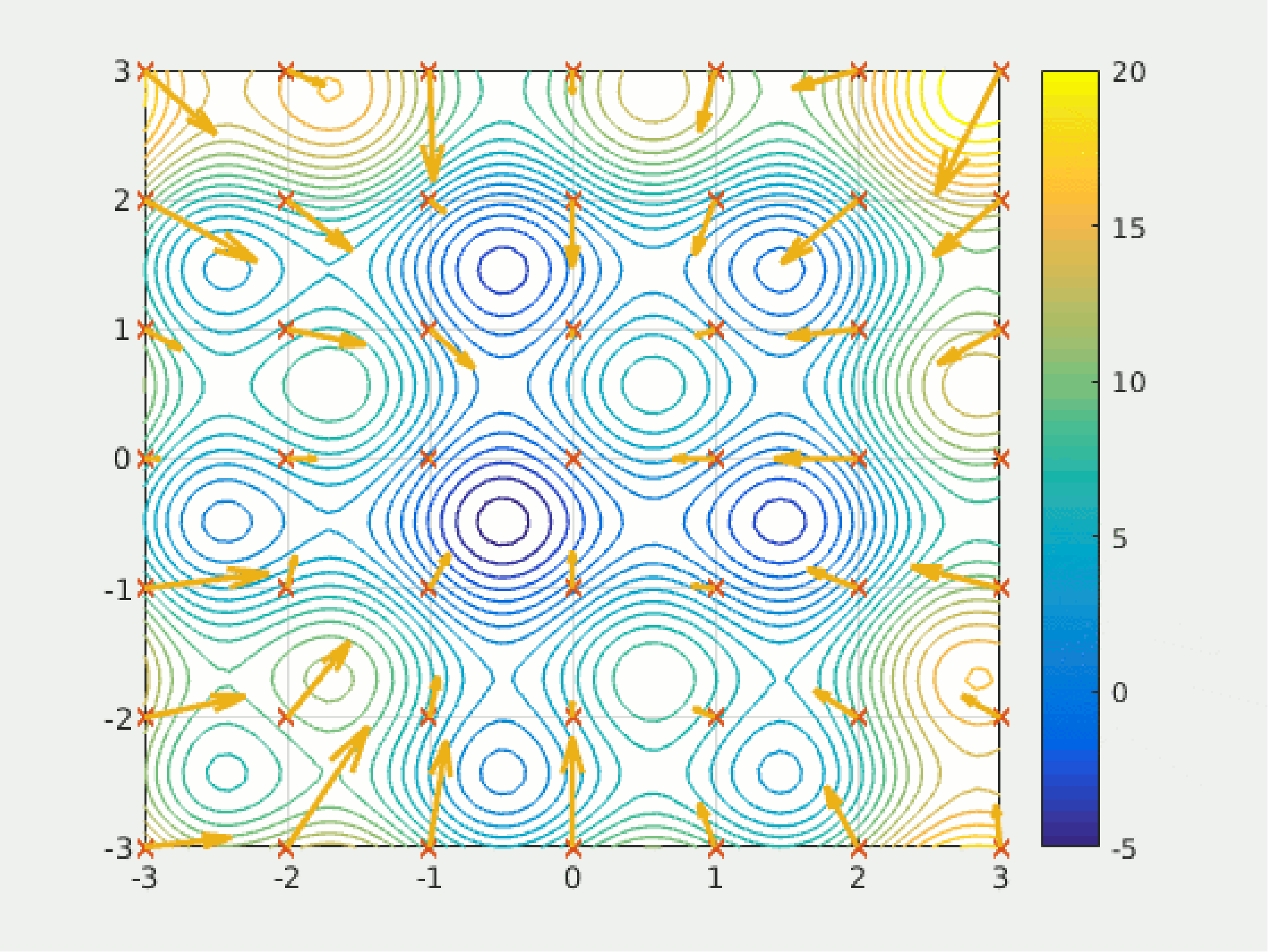
基本原理

- 粒子群优化（Particle Swarm Optimization, PSO）算法

粒子群优化（Particle Swarm Optimization, PSO）算法

- 由J. Kennedy 和 R. C. Eberhart 等于1995年开发。
- 同时维护多个解
- 每次迭代中，有一个目标函数来评估每个解的适应度（fitness）
- 每个解由搜索空间的一个例子表示
- 粒子“飞来飞去”，进而求得目标函数的最优解

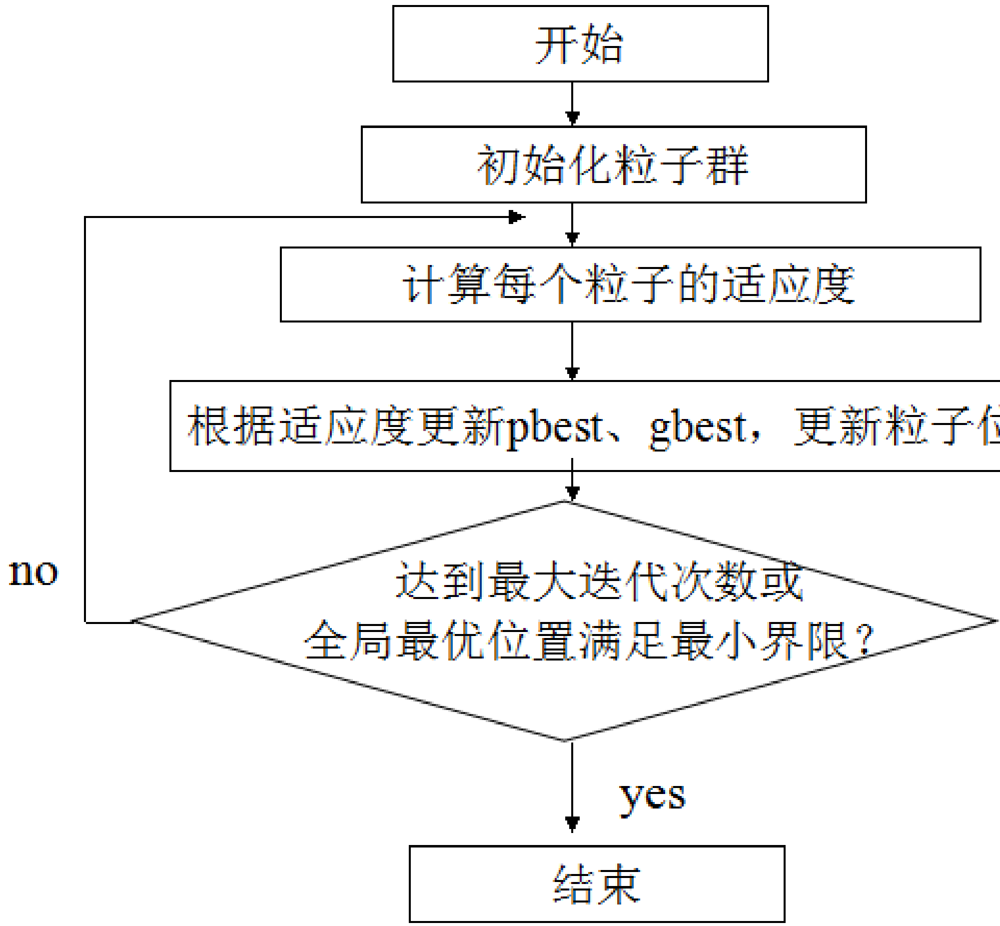
粒子群优化（Particle Swarm Optimization, PSO）算法



粒子群优化（Particle Swarm Optimization, PSO）算法

$$v(t+1) = wv(t) + c_1 rand(x_{best} - x) + c_2 rand(g_{best} - x)$$
$$x(t+1) = x(t) + v(t+1)$$

粒子群优化（Particle Swarm Optimization, PSO）算法



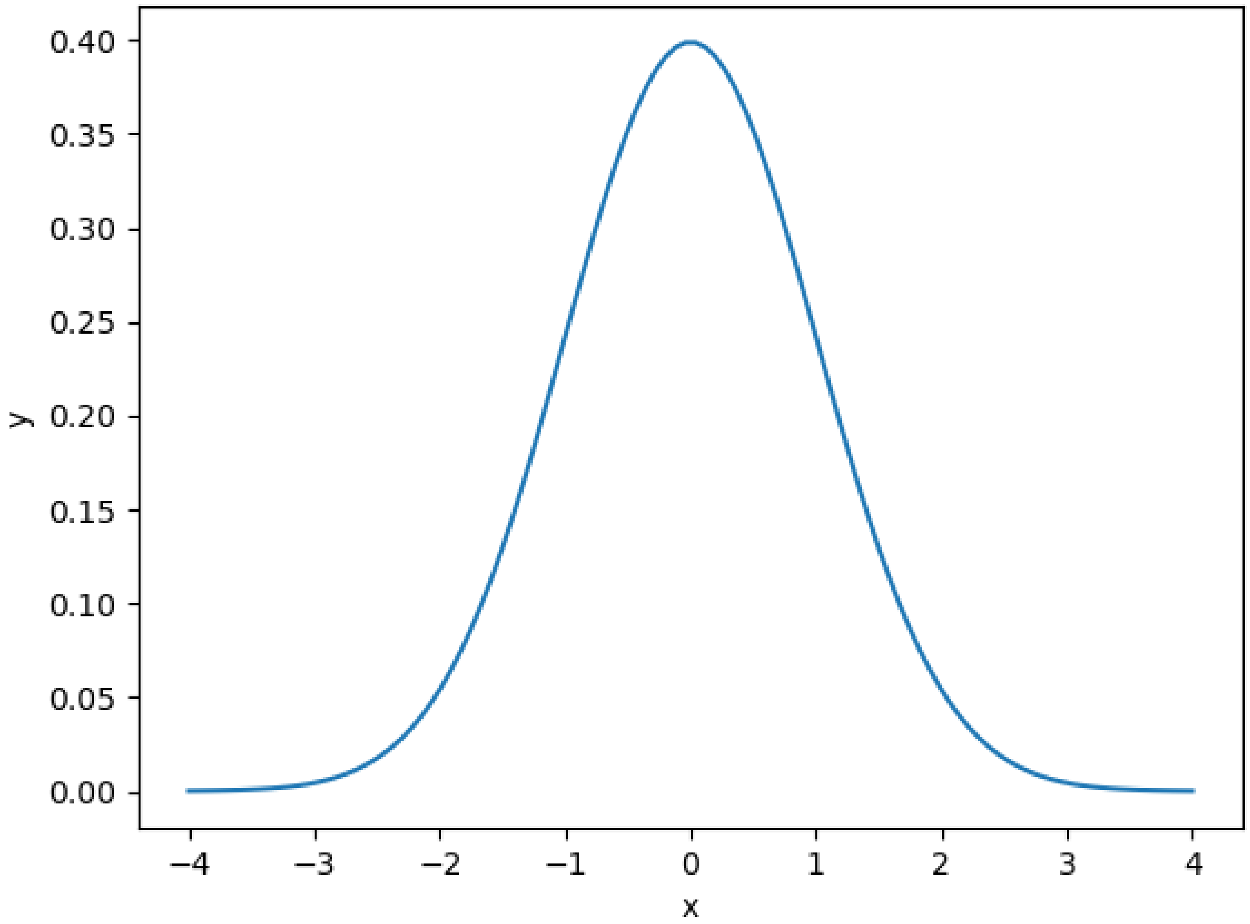
- 实验目的
- 实验环境
- 基本原理
- **实验一**
- 实验二
- 实验三
- 其他

实验一

- 要求：绘制单变量正态分布在区间[-4,4]上的波形p(x)~N(0,1)，并利用粒子群优化算法求解其最大值。
- 给定条件下：

$$\boldsymbol{p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} exp\left(\frac{x^2}{2}\right)}$$

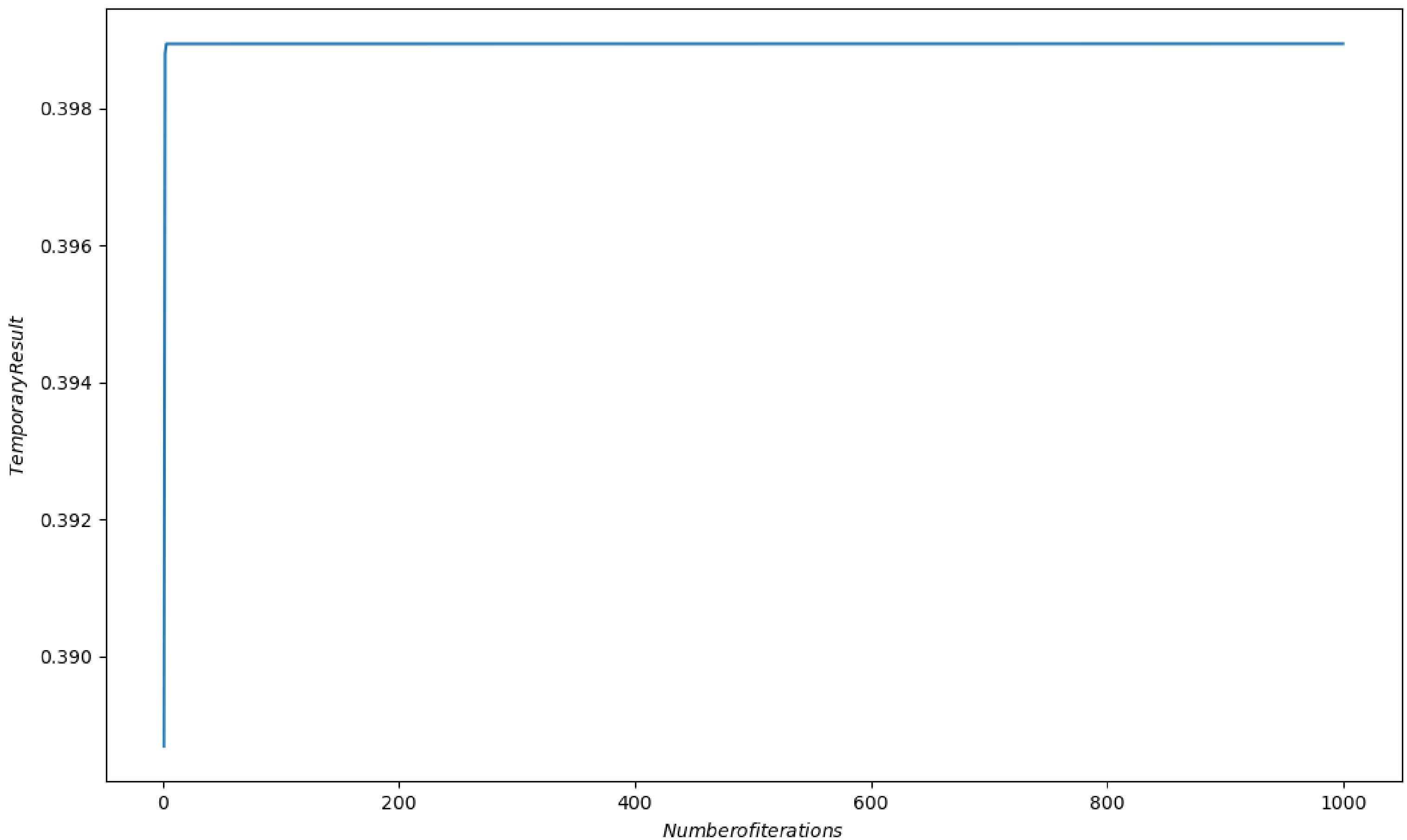
函数图像



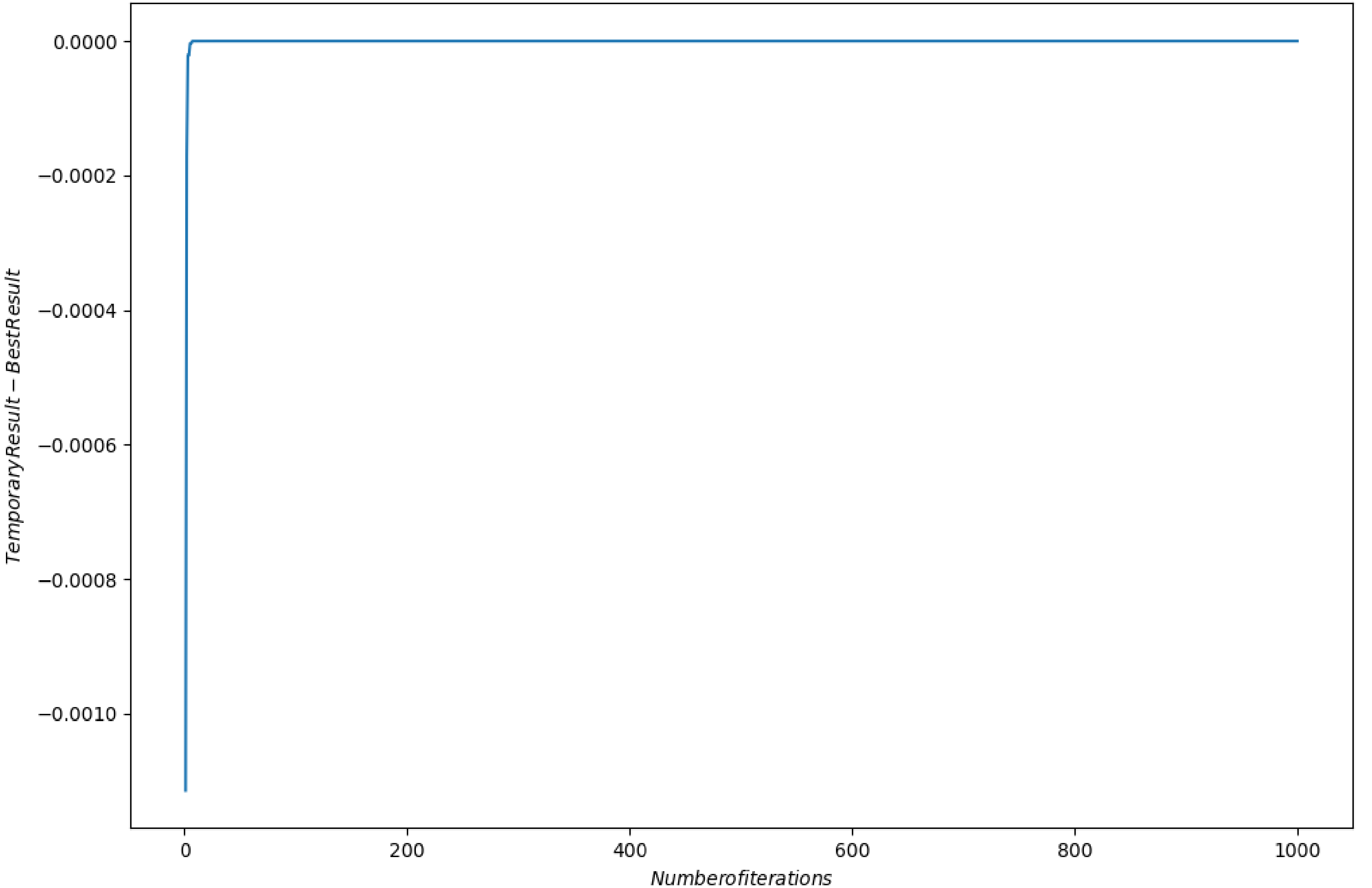
求解结果

- 最终结果 x = 0.00000 p(x) = 0.398942
- 求解时使用的参数：
  - c1 = c2 =1.5
  - w = 0.5
  - max_iter = 1000
  - pN = 50

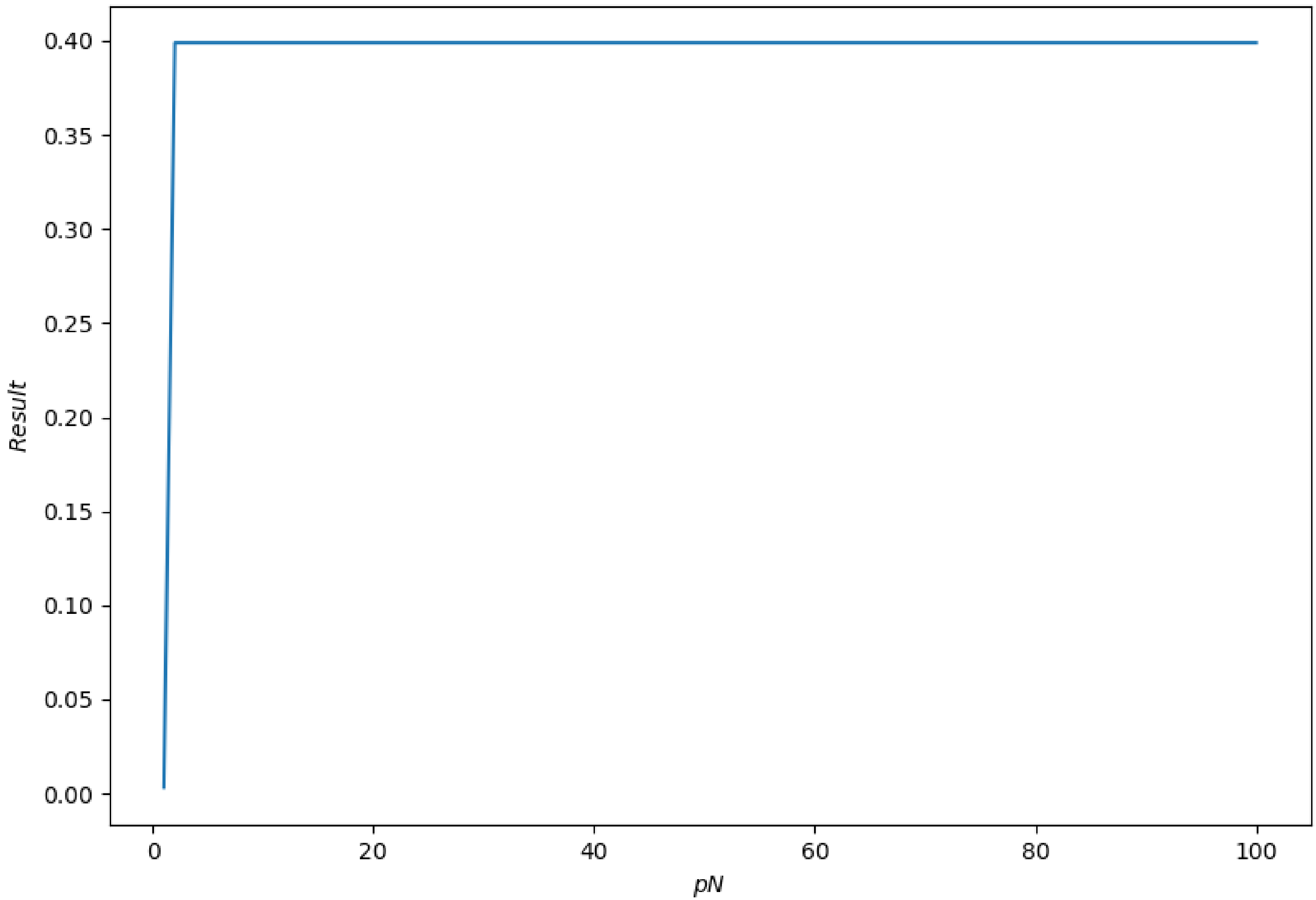
分析


0.398
0.396
0.394
0.392
0.390
TemporaryResult
0
200
400
600
800
1000
Numberofiterations

分析


0.0000
−0.0002
−0.0004
−0.0006
−0.0008
−0.0010
0
200
400
600
800
1000
Numberofiterations
TemporaryResult − BestResult

分析



分析

- **以上三个图像反应的规律是：**
  - 其他条件一定，迭代次数越大，最终值越趋近一个确定值，越接近最优值。
  - 其他条件一定，群粒子数目越大，最终值越趋近一个确定值，越接近最优值。
  - 本函数较为简单，所以较低的迭代次数和较少的粒子数目就能轻松的求出最终结果。

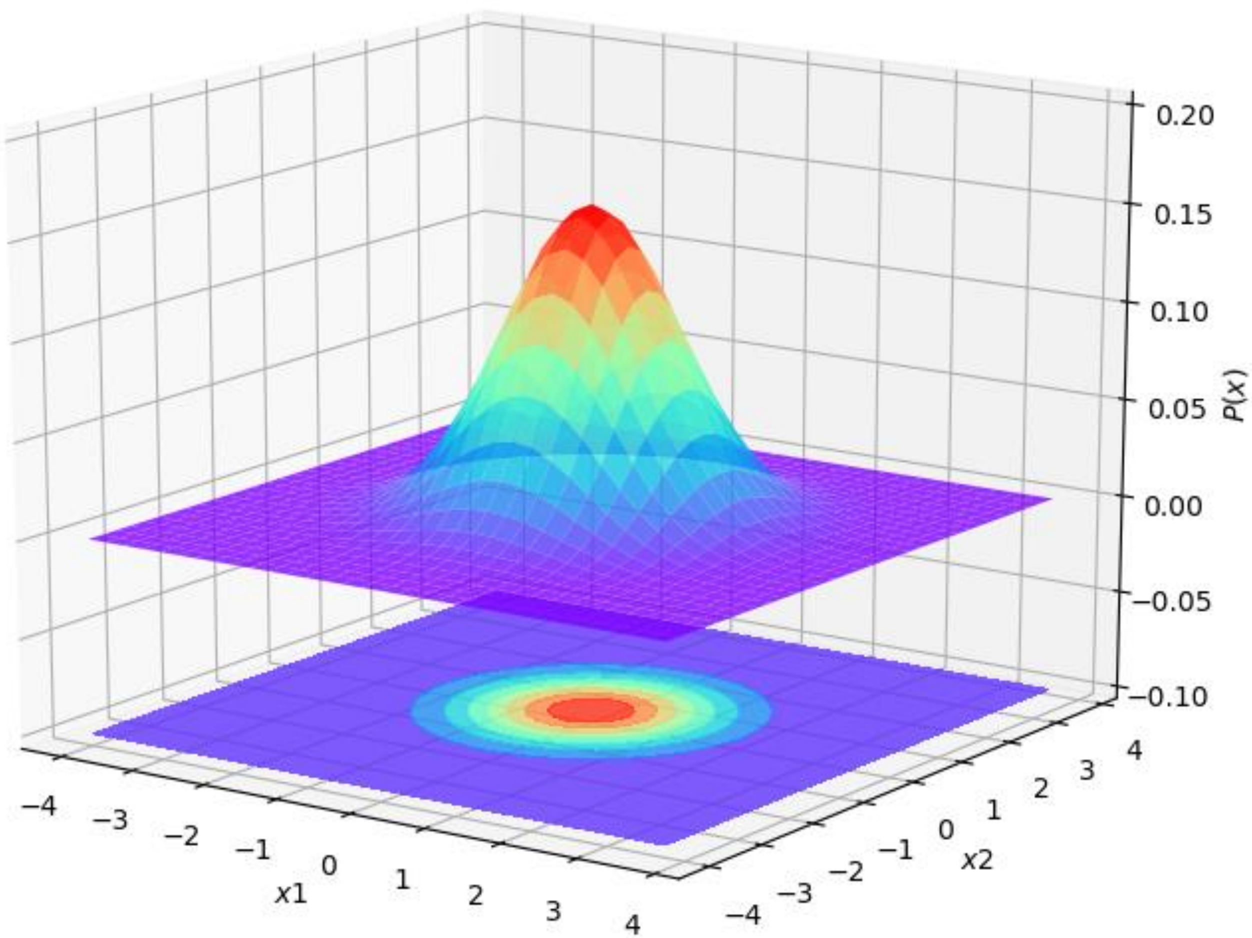
- 实验目的
- 实验环境
- 基本原理
- 实验一
- **实验二**
- 实验三
- 其他

实验二

- 要求：绘制二元正态分布在区间([-4,4][-4,4])波形$p(x_1$，$x_2)\sim N(\mu,\Sigma)$，并利用粒子群优化算法求解其最大值。已知条件：$\mu=\begin{bmatrix}0\\0\end{bmatrix}$，$\Sigma=\begin{bmatrix}1 & 0\\0 & 1\end{bmatrix}$。
- 给定条件下：

$$\boldsymbol{P(x_1,x_2)=\frac{1}{2\pi}exp(-\frac{1}{2}(x_1^2+x_2^2))}$$

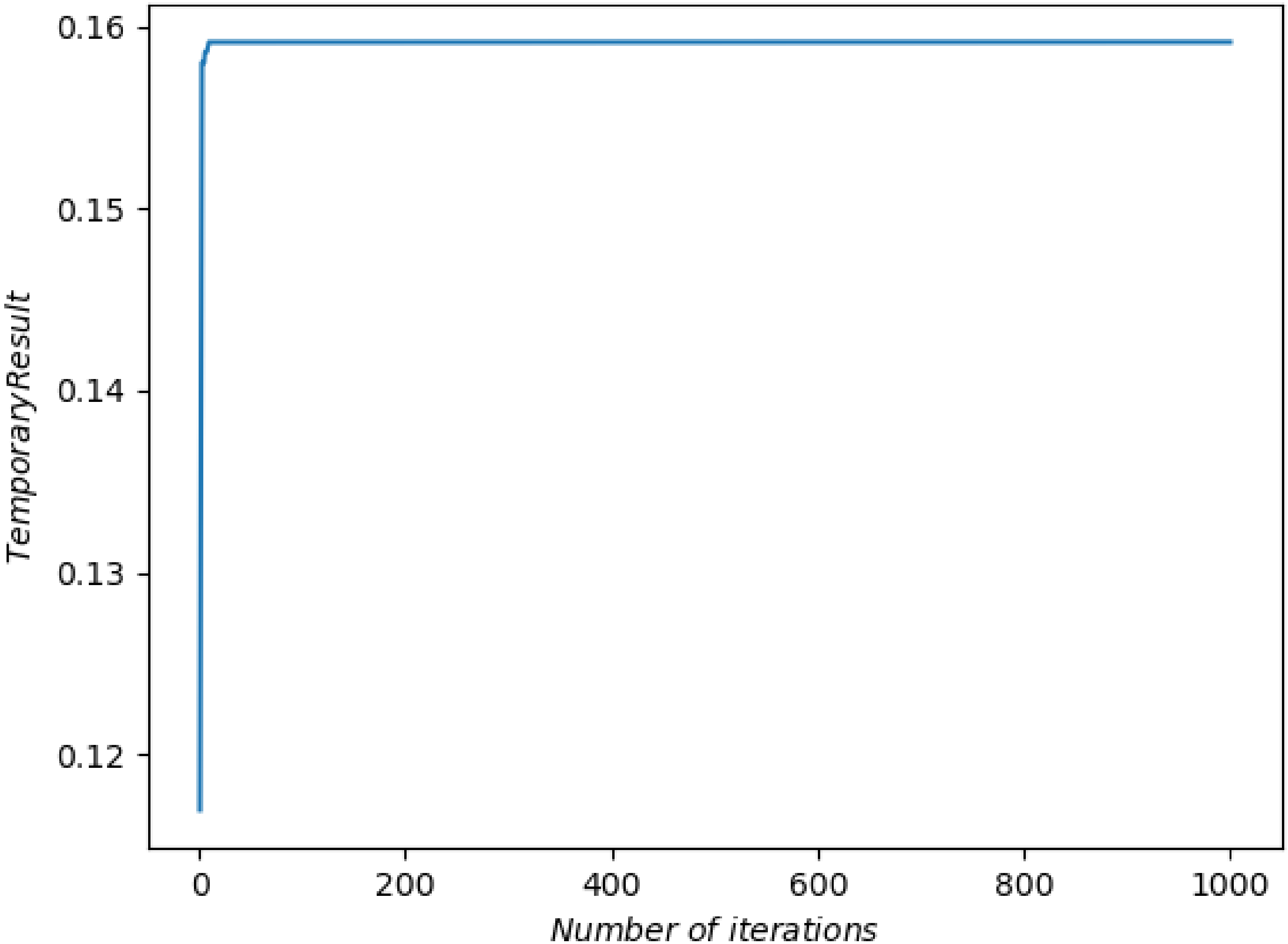
函数图像



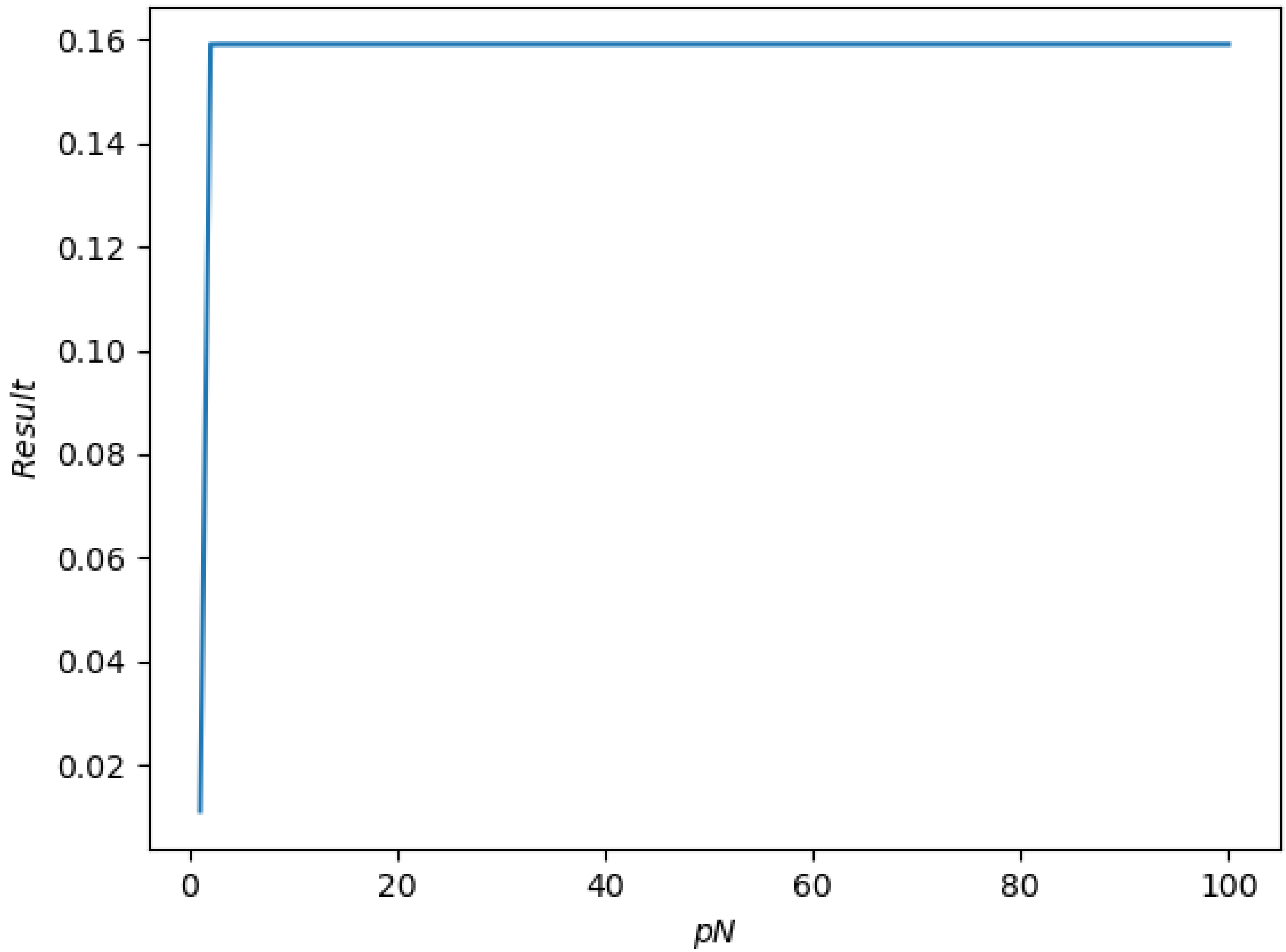
求解结果

- 最终结果 最优点(-0.000000,-0.000000) 此处p(x)=0.159155
- 求解时使用的参数：
  - c1 = c2 =1.5
  - w = 0.5
  - max_iter = 1000
  - pN = 50

分析


0.16
0.15
0.14
0.13
0.12
TemporaryResult
0
200
400
600
800
1000
Number of iterations

分析

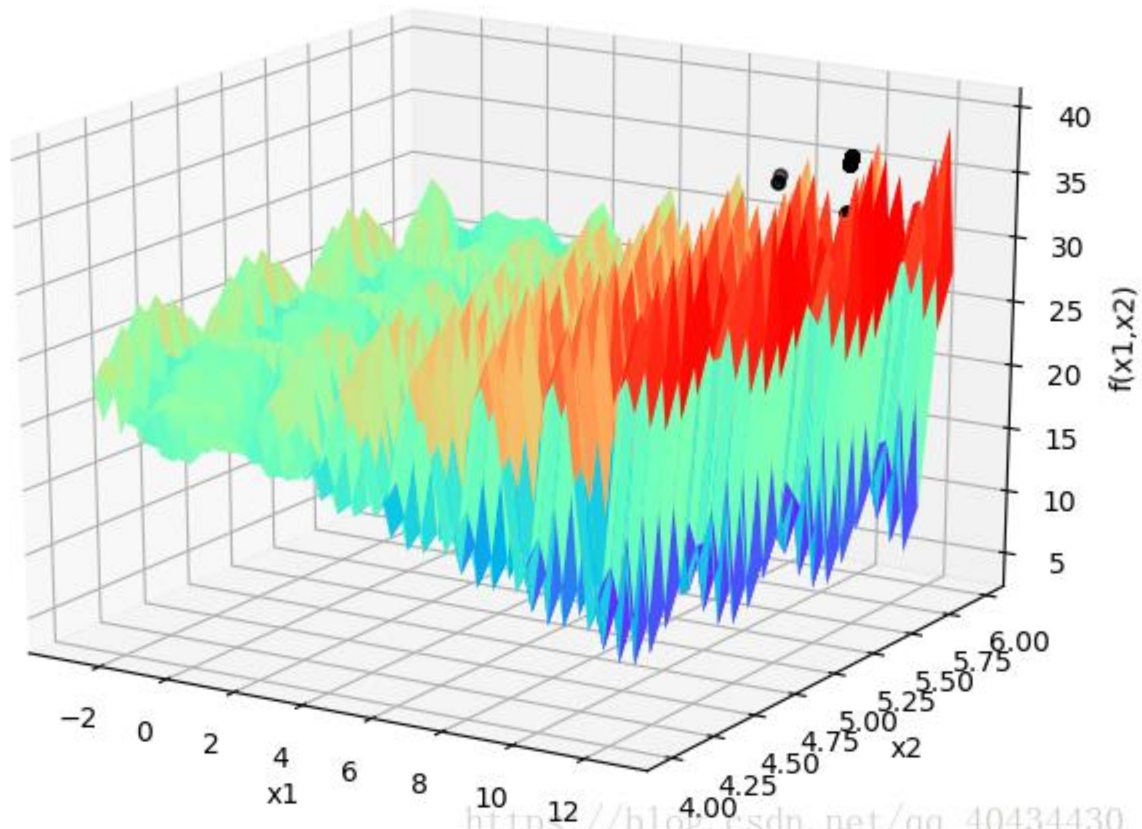


分析

- 以上两个图像反应的规律是：
  - 其他条件一定，迭代次数越大，最终值越趋近一个确定值，越接近最优值。（与实验一得出结论相同）
  - 其他条件一定，群粒子数目越大，最终值越趋近一个确定值，越接近最优值。（与实验一得出结论相同）
  - 本函数较为简单，所以较低的迭代次数和较少的粒子数目就能轻松的求出最终结果。

分析

实验一、二都是很简单的函数，都是单峰，且对称性很好，不会出现误导性的第二第三好的点。



- 实验目的
- 实验环境
- 基本原理
- 实验一
- 实验二
- **实验三**
- 其他

实验三（一）

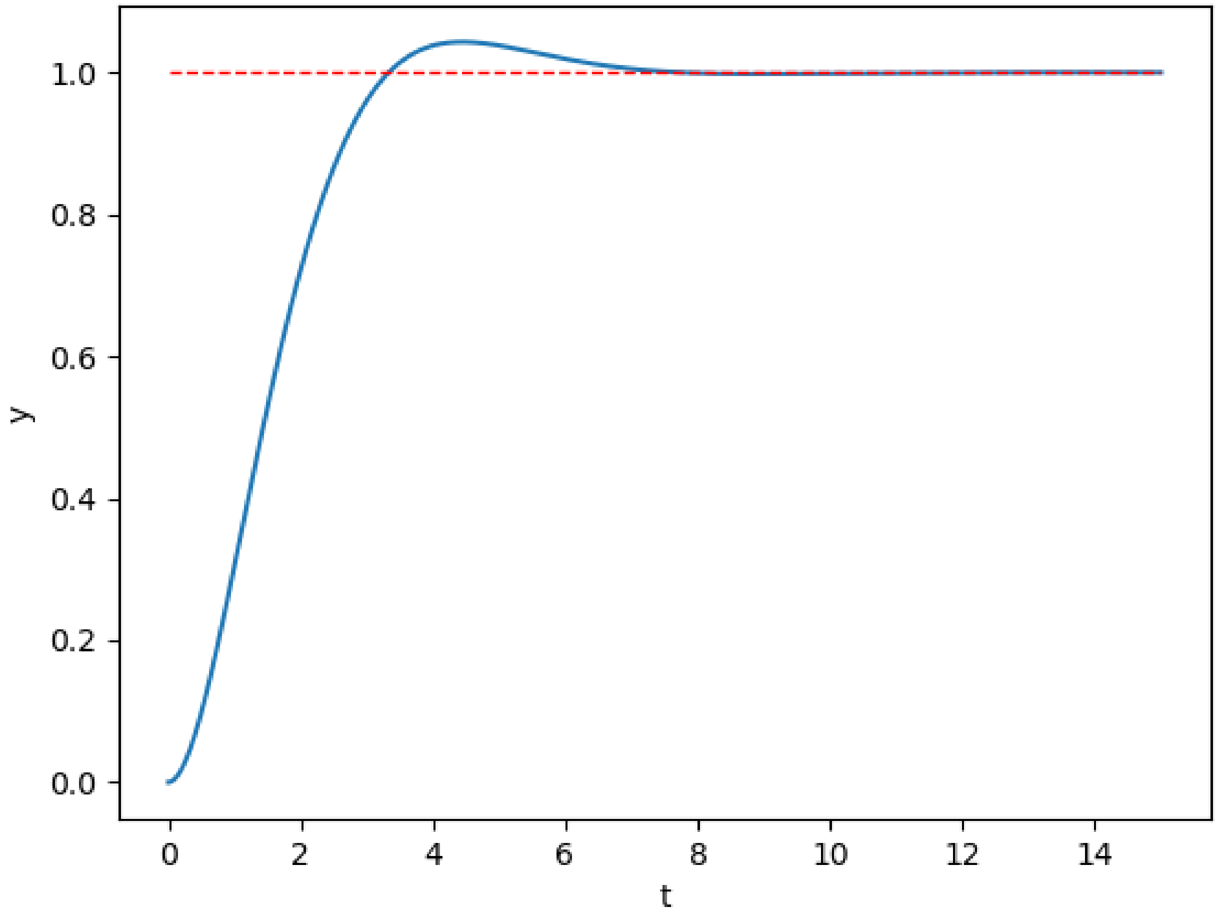
- 求解t在[0,4π]区间二阶欠阻尼系统单位阶跃响应的最大值（假设$\omega_n = 1rad/s$，$\zeta = 0.707$），计算此时系统的超调量。
- 讨论粒子群大小swamSize 和最大迭代次数maxgen对寻优结果的影响。
- 公式如下：

$$y(t) = 1 - \frac{e^{-\zeta\omega_n t}}{\sqrt{1-\zeta^2}}\sin(\omega_d t + \beta),\ t \geq 0$$

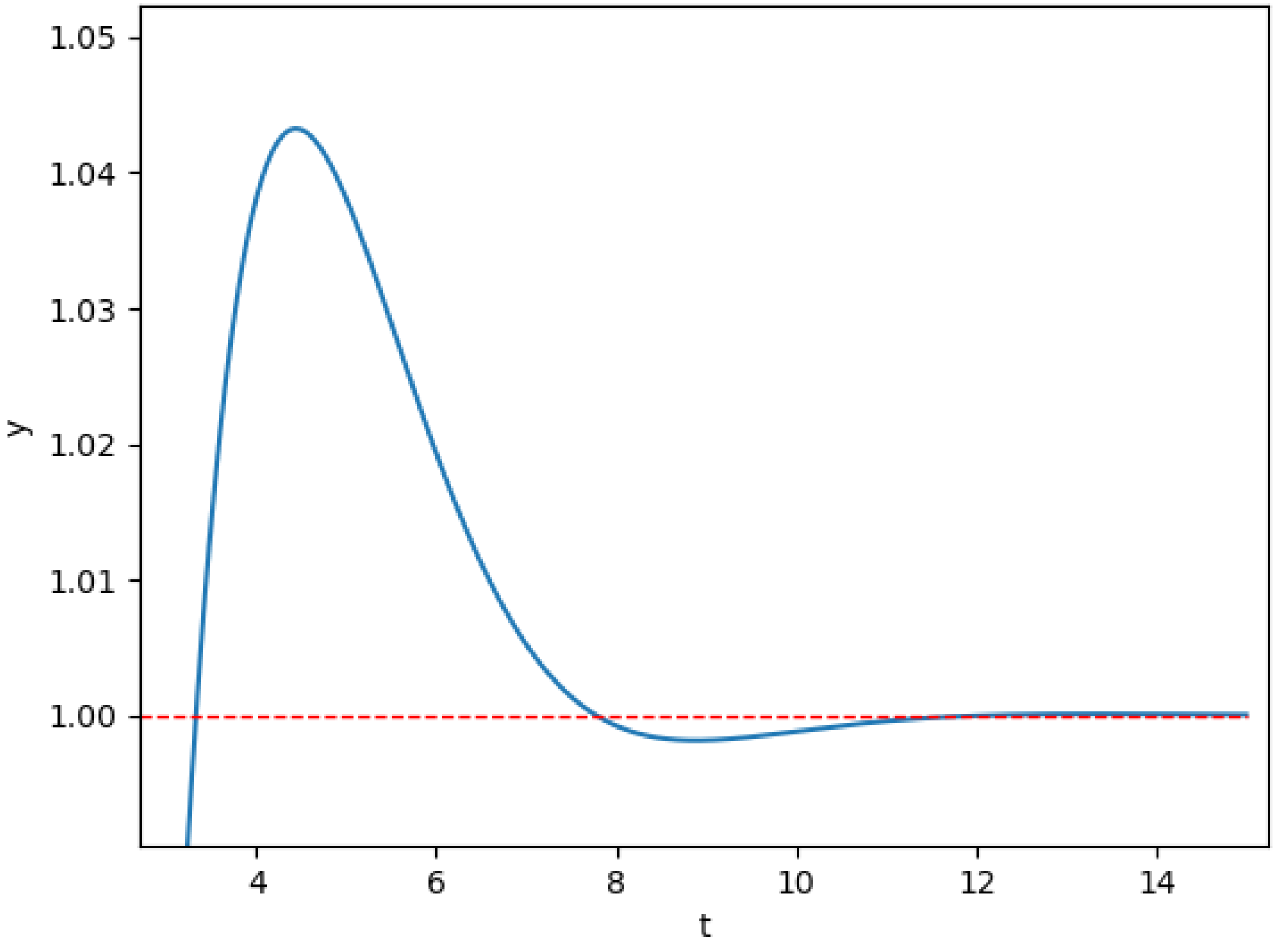
$$\beta = \arccos(\zeta)$$

$$\omega_d = \omega_n\sqrt{1-\zeta^2}$$

函数图像



函数图像

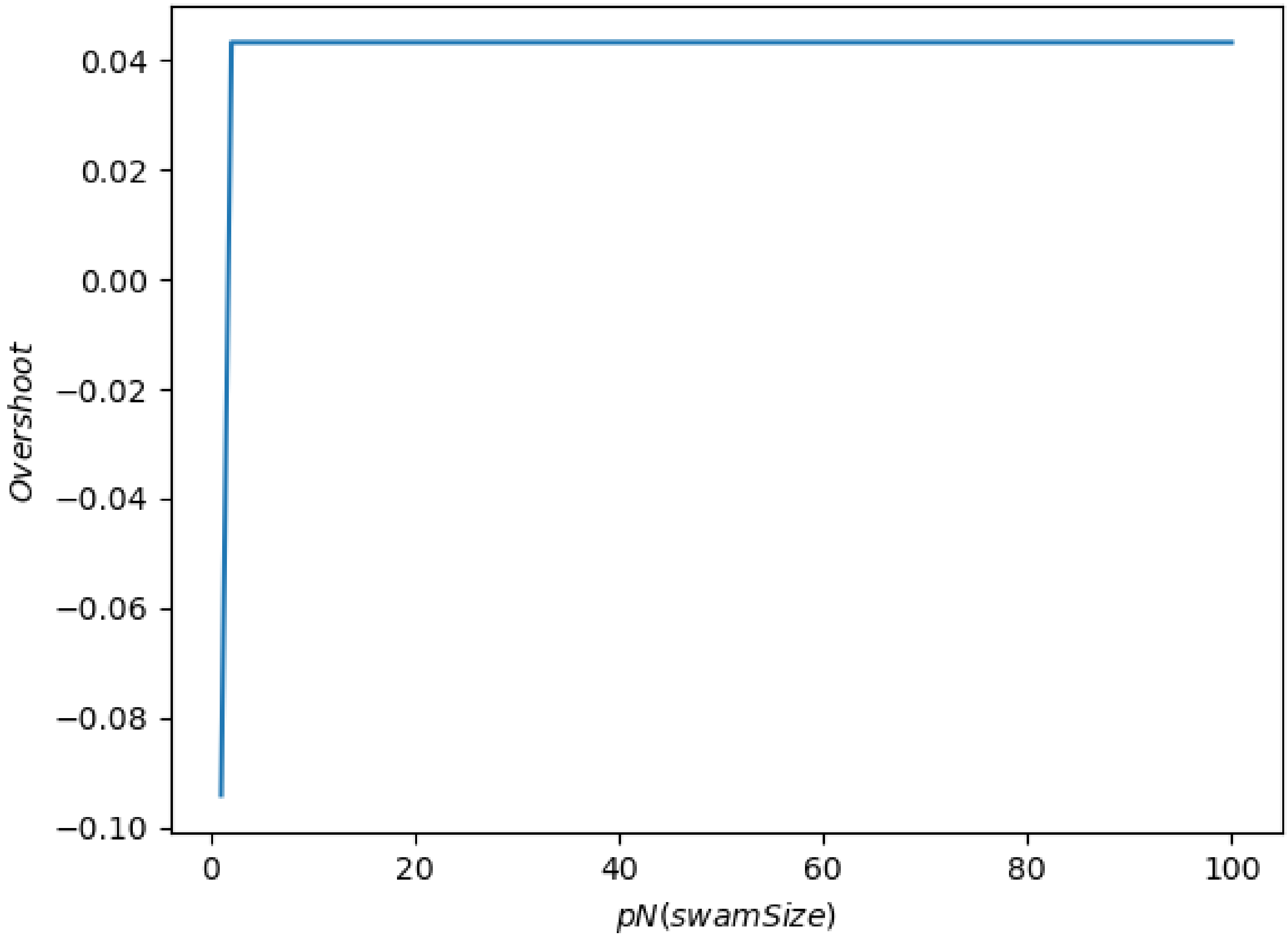


求解结果

- 最终结果 t=4.442212， 超调量0.0432549
- 求解时使用的参数：
  - c1 = c2 =1.5
  - w = 0.5
  - max_iter = 1000
  - pN = 100

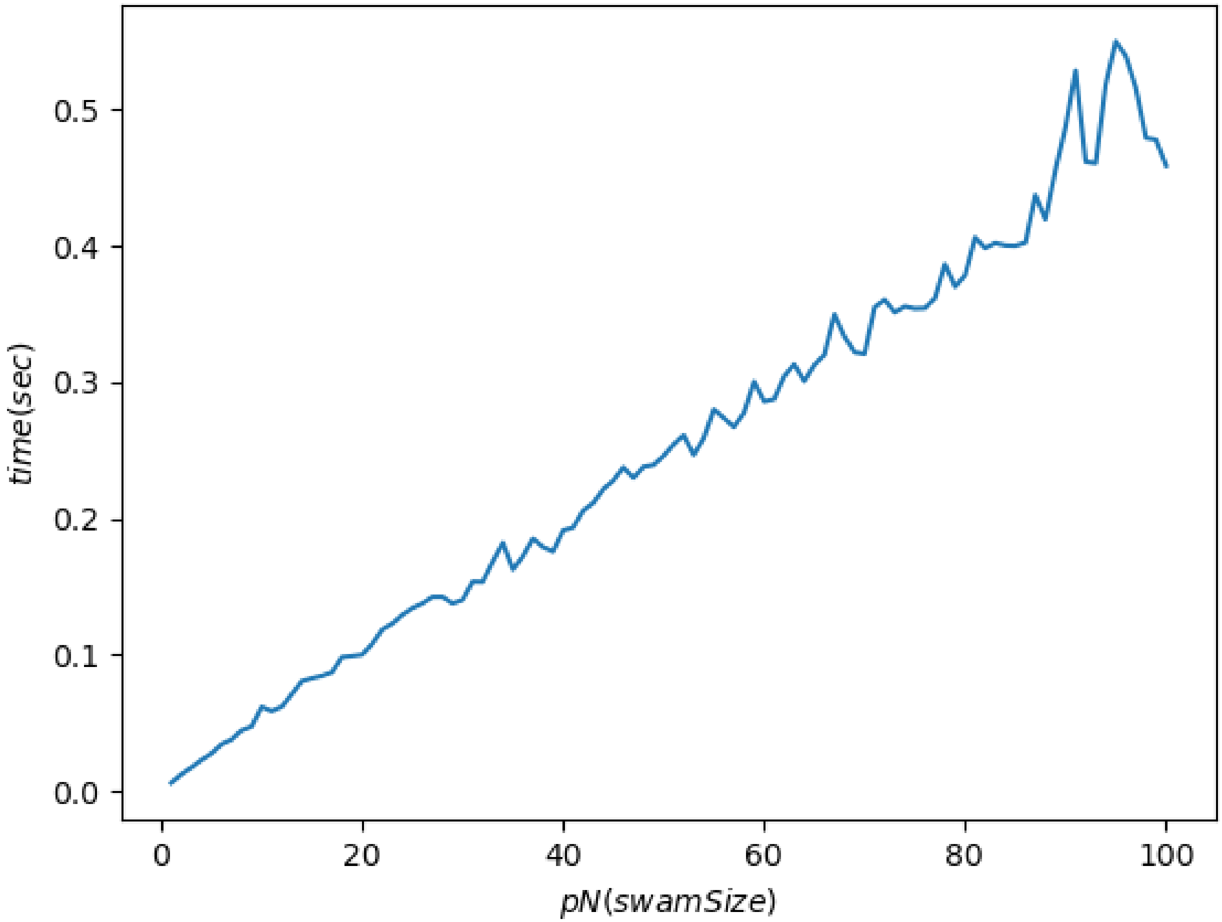
分析　粒子群大小swamSize对寻优结果的影响

固定迭代数为300



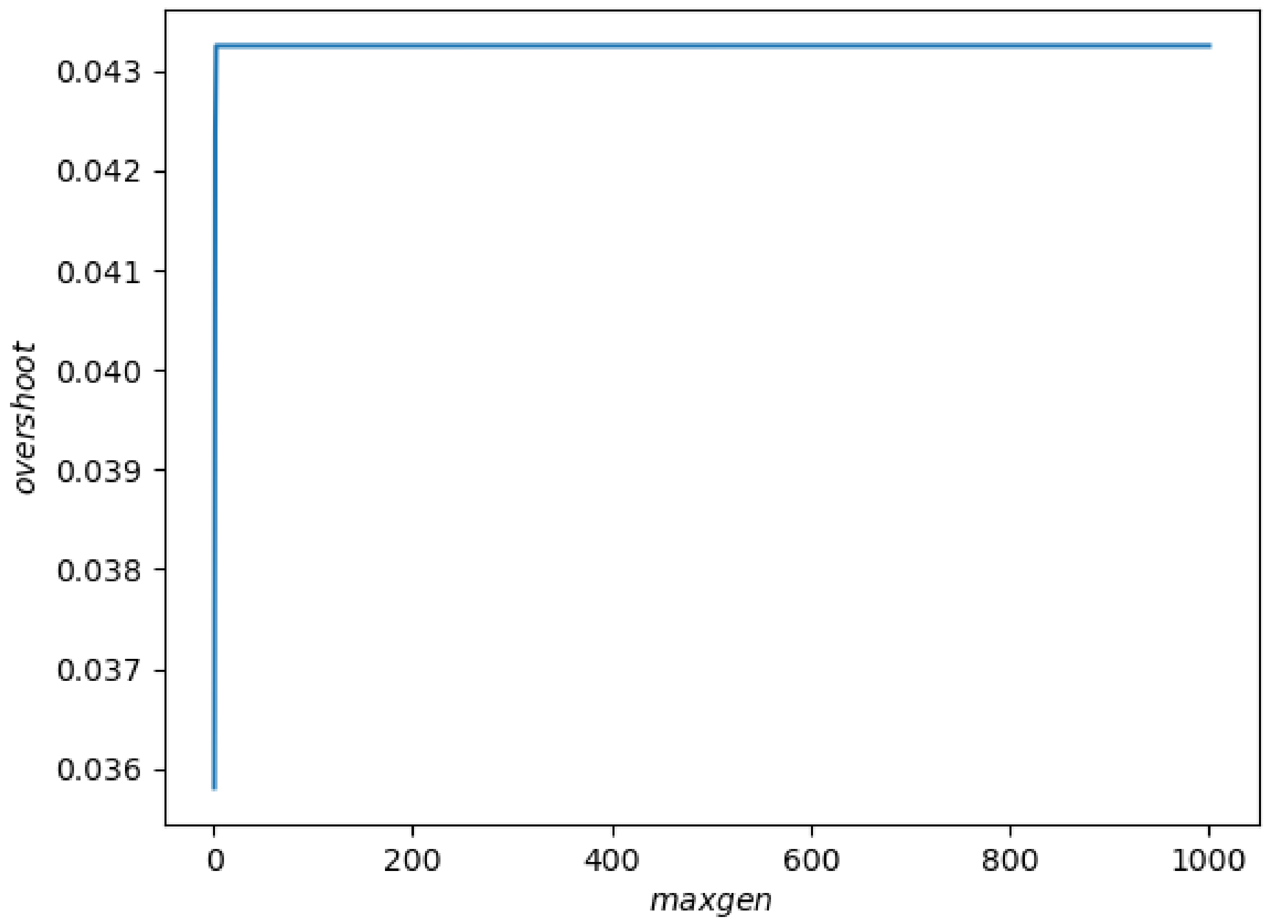
分析　粒子群大小swamSize对寻优结果的影响

固定迭代数为300



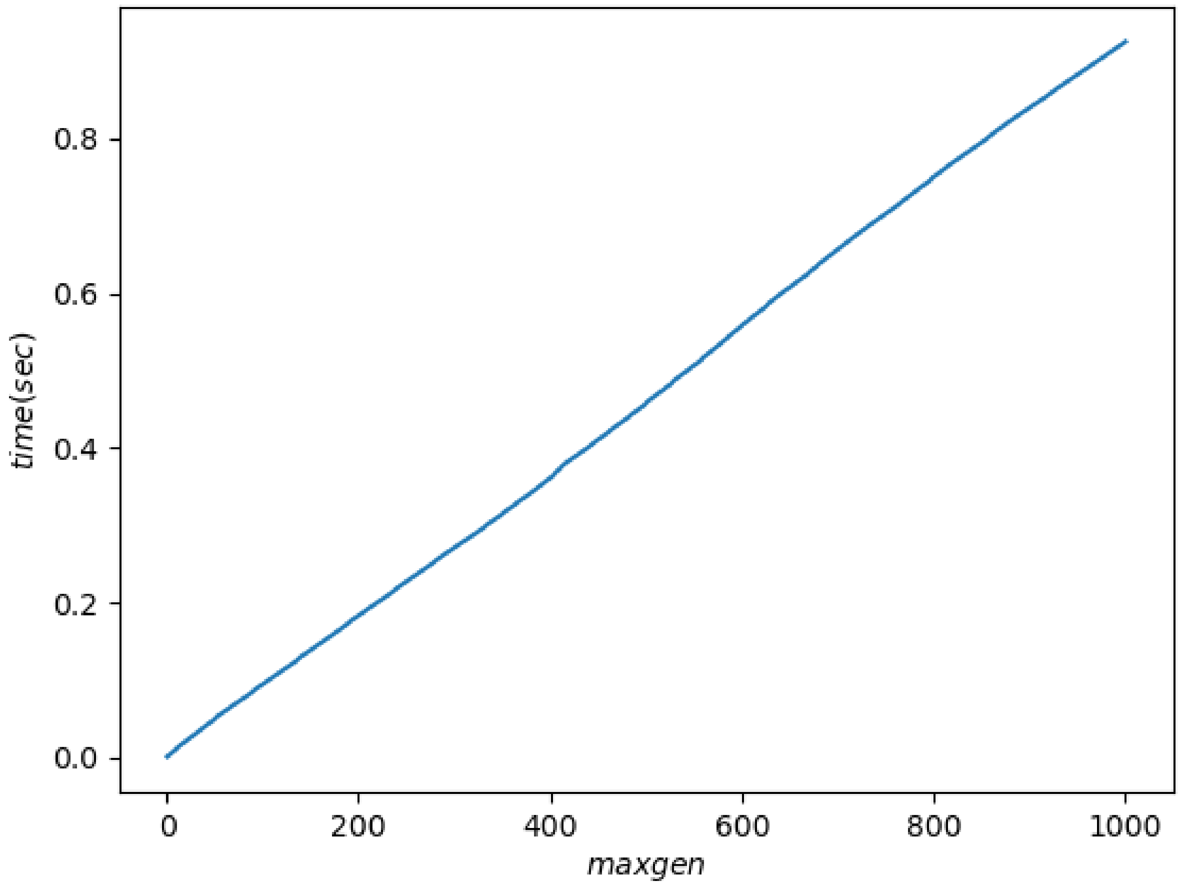
分析 最大迭代次数 maxgen 对寻优结果的影响

固定粒子群大小为50

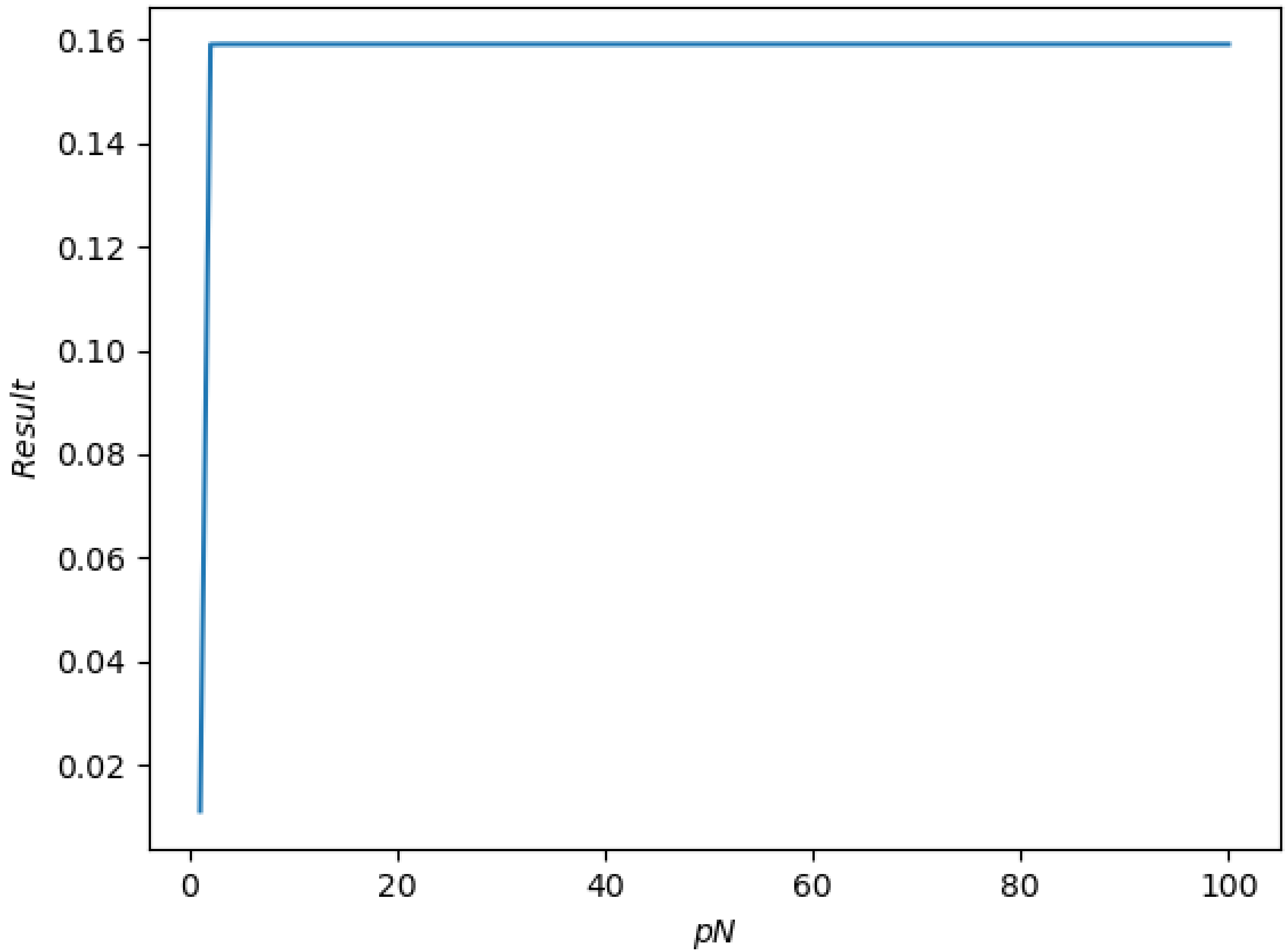


分析 最大迭代次数 maxgen 对寻优结果的影响

固定粒子群大小为50



分析



分析

- 结合对两个变量的分析，要兼顾效率和精确性，应选择合适的粒子群大小。

实验三（二）

- 要求：编程绘制出误差带$\Delta = 5\%$时，阻尼比ζ（在区间0≤ζ≤1）与调整时间ts之间的关系曲线。
- （三条关系曲线，真实调整时间、包络线调整时间、近似公式时间）

实验三（二）

真实调整时间 无简单求解公式，我的思路是暴力求解。

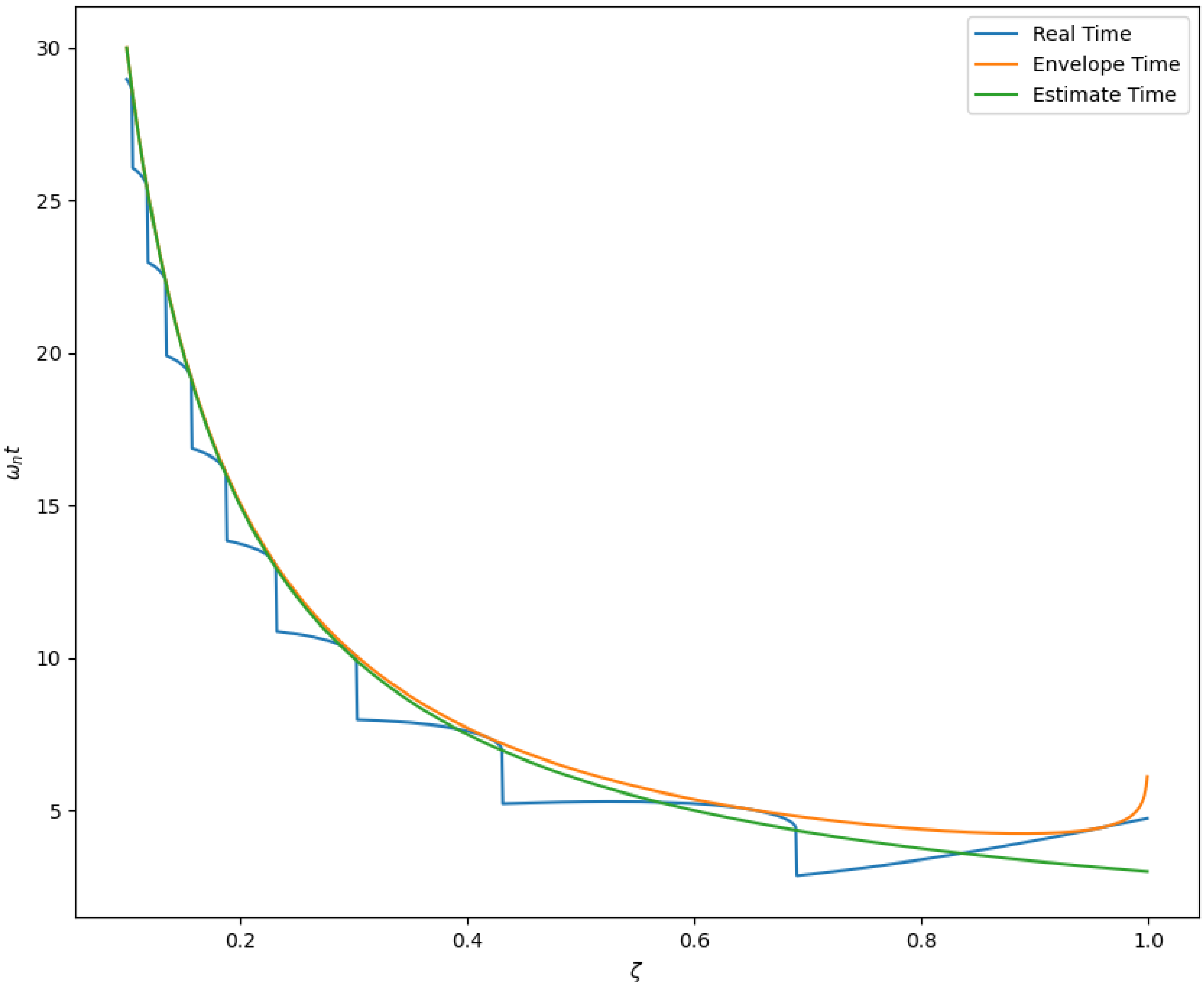
包络线调整时间：

$$\omega_n t_s = -\frac{-ln\,\Delta - ln\sqrt{1-\zeta^2}}{\zeta}$$

近似公式：

$$t_s \approx \frac{3}{\zeta\omega_n}, \Delta = 0.05$$

图像



Real Time
Envelope Time
Estimate Time
30
25
20
15
10
5
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
$\omega_n t$
ζ

实验三 （三）

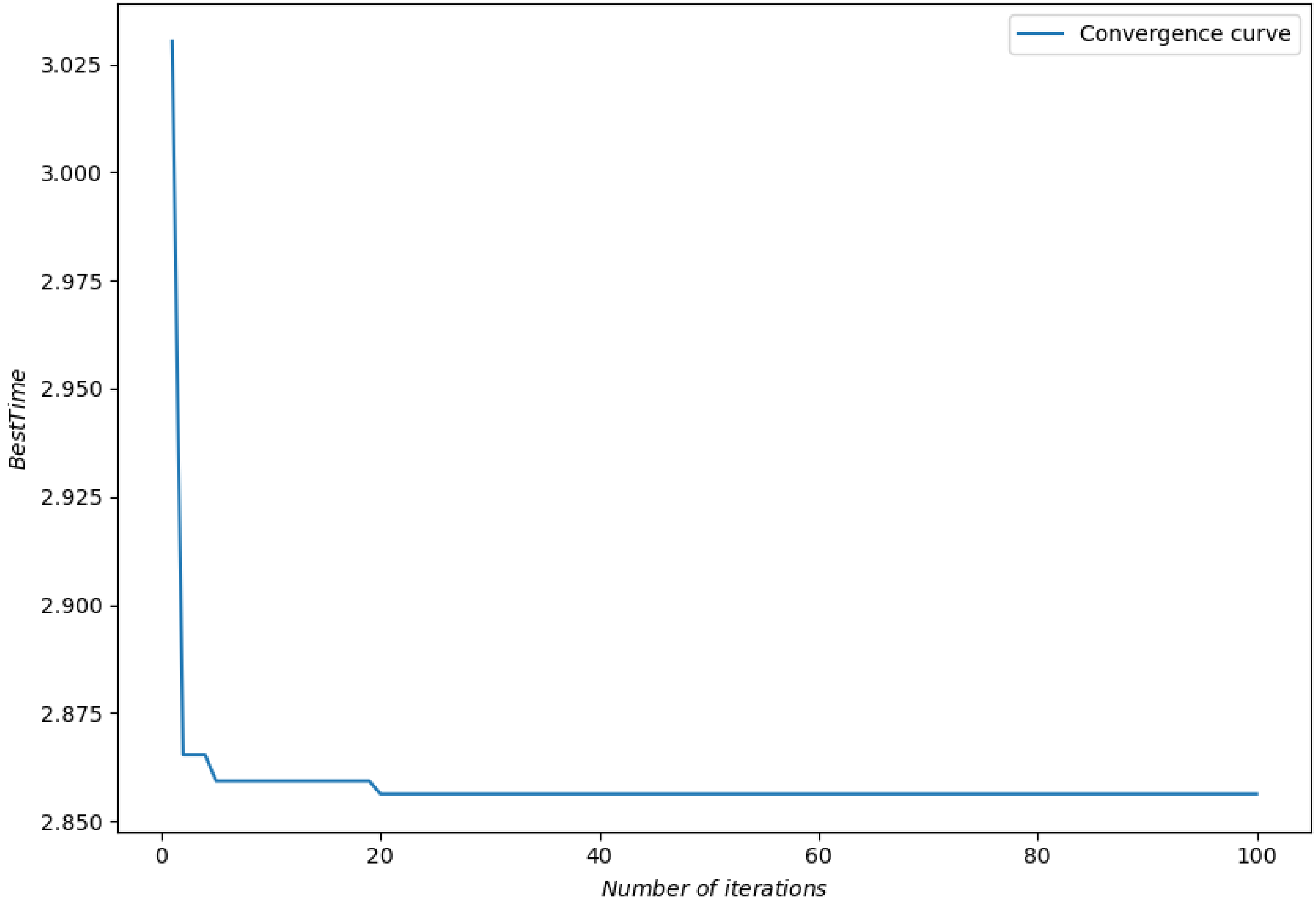
- 要求：粒子群优化算法，以真实调整时间ts作为粒子群优化算法的适应度函数（Fitness）当误差带为$\boldsymbol{\Delta} = \mathbf{5}\%$时，优化得到0≤ζ≤1区间内的最优ζ值，绘制出收敛曲线**；**

- 由实验三（二），知道真实调整时间**没有简单公式**，需要将目标函数的形式进行调整，主要思想是t从一个较大值逐渐减小，暴力取点。
- 应该有更好的实现方法。
- 具体请看代码。

求解结果

- 最终结果结果：bestZeta = 0.690150 bestTime=2.85629
- 求解时使用的参数：
  - c1 = c2 =1.5
  - w = 0.5
  - max_iter = 100 （运行时间较长）
  - pN = 50

收敛曲线



Convergence curve
BestTime
3.025
3.000
2.975
2.950
2.925
2.900
2.875
2.850
0
20
40
60
80
100
Number of iterations

- 实验目的
- 实验环境
- 基本原理
- 实验一
- 实验二
- 实验三
- **其他**

课程学习体会与收获

- 算法很漂亮
- Python or Matlab?
- 一些问题

感谢

- 涉及的二阶欠阻尼控制系统的一些专业知识，感谢吴老师在课堂上的讲解。
- 算法的具体实现最初参考了“粒子群算法的python实现”(https://uzzz.org/2019/08/02/795485.html)，虽然发现了一些问题，但是还是表示感谢。
- 对粒子群优化算法的主要了解来自（https://en.wikipedia.org/wiki/Particle_swarm_optimization）

感谢聆听！

报告和完整代码见：

https://github.com/grejioh/PsoReporter