机器人智能控制大作业

题目三

姓名：陈帅华

学号：202028014728006

任课老师：易建强、蒲志强、袁如意

目录

[一．问题描述 3](#_Toc58448175)

[二．设计思路 3](#_Toc58448176)

[三．仿真结果 5](#_Toc58448177)

[1.不同拓扑结构的PSO仿真结果 5](#_Toc58448178)

[a.测试函数的选取 5](#_Toc58448179)

[b.环形拓扑结构 6](#_Toc58448180)

[c.四簇形拓扑结构 7](#_Toc58448181)

[d.冯诺依曼拓扑结构 8](#_Toc58448182)

[2.冯诺伊曼拓扑结构的PSO算法对PID参数的整定 9](#_Toc58448183)

[四．分析总结 11](#_Toc58448184)

[1.不同拓扑结构优缺点分析 11](#_Toc58448185)

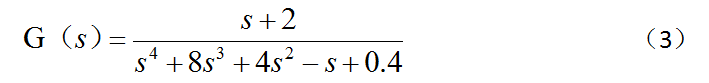
[2.PSO算法对PID参数优化分析 11](#_Toc58448186)

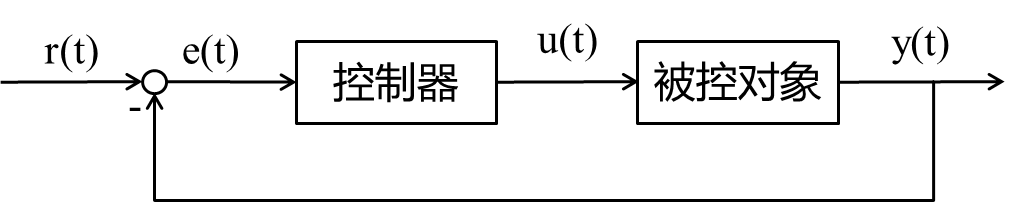
# 一．问题描述

粒子群优化（PSO）算法的一个重要改进方向是修改粒子间的网络拓扑结构，即将基本PSO算法中的全连接网络结构改为环形、四组合、金字塔、四面体等结构，或借鉴复杂网络思想，修改为具有一定社会意义的随机网络、小世界网络、无标度网络等结构。

（1）设计至少三种不同的粒子拓扑结构并代码实现，针对一个自拟的基础优化问题（如函数寻优），结合实验分析每种拓扑结构的优缺点、适用范围、参数影响等（分析内容结合情况自行拟定）；

（2）基于上述任一种粒子拓扑结构下的PSO算法，对以下控制系统控制器参数进行优化，控制器可采用PID、模糊控制、自抗扰控制等方法设计，对比分析优化前后的实验效果。其中被控对象数学模型为：





# 二．设计思路

对于第一问，在粒子群优化算法中，对粒子群的拓扑结构进行改变，其目的是为了使用粒子的局部最优值来替代全局最优值，以避免粒子群算法陷入局部最优。目前有多种常见的拓扑结构，如全连接结构、环形结构、四簇结构、金字塔结构和四面体结构等。本次作业对环型结构、四簇结构和冯诺依曼结构这三种结构进行了实现。在粒子之间进行通信时，本次作业采用的是基于下标的排序结构，而不是基于距离的结构。

环形结构的特征为所有粒子首尾相连成一个**环状**，每个粒子与其相邻的两个粒子进行信息交换，其属于全连接结构(即每个粒子与其他所有粒子均有信息沟通)的一种极端特殊情况，环形结构如图1所示：



图1 环型结构

四簇结构的特征为将所有粒子分为**四簇**，簇内粒子进行信息交互，簇间的连接粒子实现信息交换，让信息在整个种群中得到共享，其结构如图2所示：

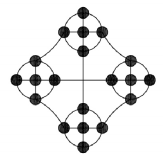


图2 四簇结构

冯诺依曼的特征为每个粒子**与其相邻的 4 个粒子相连**进行信息交换，构成方形结构，粒子找到的最优解只影响周围的 4 个邻域粒子，从而维持其他粒子的多样性，其结构如图3所示。

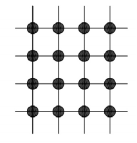


图3 冯诺依曼结构

对于第二问，我们根据第一问中不同拓扑结构的粒子群优化算法的实际的表现然后采用表现最好的拓扑结构来对PID参数中的比例、积分和微分三分参数进行整定，其中整定的流程如图4所示，本次作业使用了m文件和simulink模型进行了仿真求解。

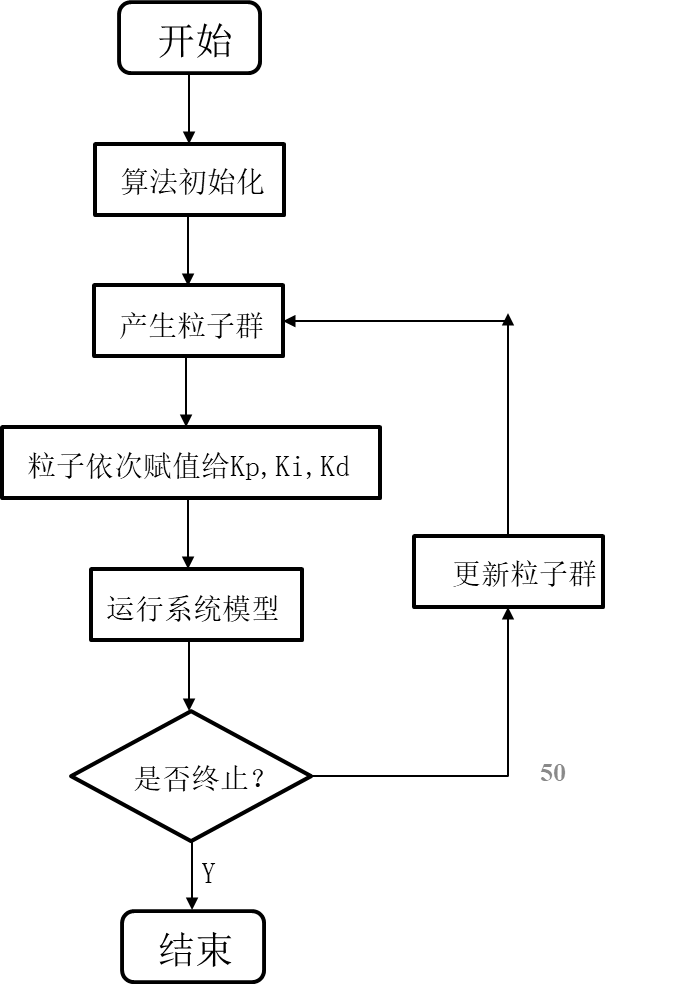


图4 PSO优化PID中三个参数流程

# 三．仿真结果

## 1.不同拓扑结构的PSO仿真结果

### a.测试函数的选取

本次作业通过matlab实现了三种不同结构的PSO算法设计，为了对这三种不同结构的PSO算法进行性能测试，我们选取了如下函数作为我们的测试函数：



并且使用matlab绘制出其在[0-20]区间上的函数图像，结果如图5所示，从这张图中我们可以看出来该函数有有多个局部最大值和局部最小值，比较适合用来对PSO进行测试。

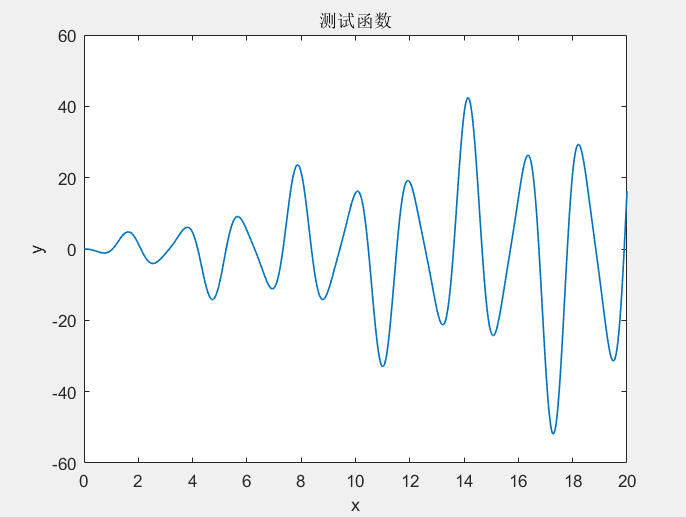


图5 测试函数图像

### b.环形拓扑结构

在使用环形拓扑结构时，我们可以发现，有一些粒子停留在局部最优解上，结果如图6所示：

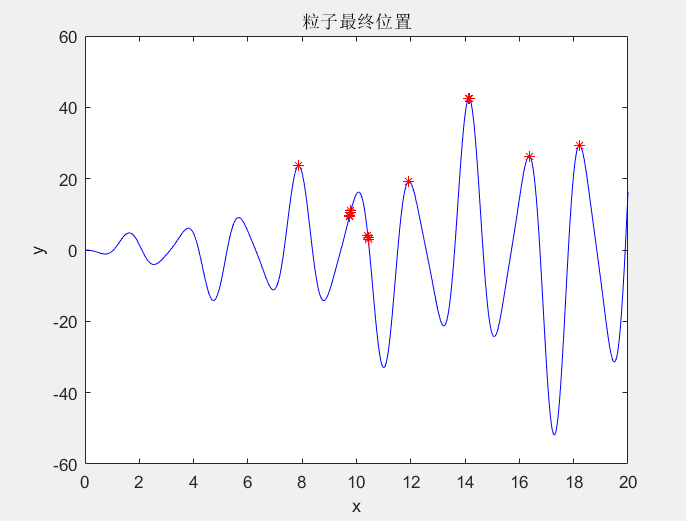


图6 环形拓扑结构粒子最终位置

图7是使用环形拓扑结构时粒子的收敛过程，从这张图中我们可以看出其收敛过程稍有波动，在第十次迭代左右就已经找到了测试函数的最大值。

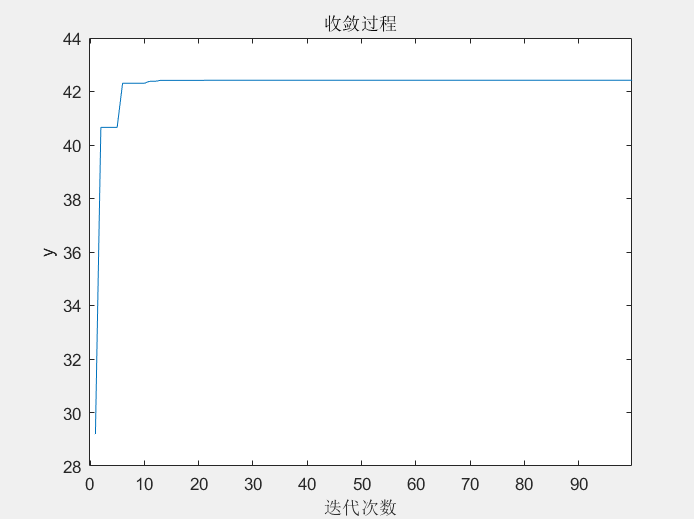


图7 环形拓扑结构粒子收敛过程

### c.四簇形拓扑结构

在使用四簇形拓扑结构实现粒子群算法时，我们可以发现，有一些粒子仍处于迭代过程中，但相比于环形拓扑结构，处于局部最优解的粒子数目有了减少，其结果如图8所示：

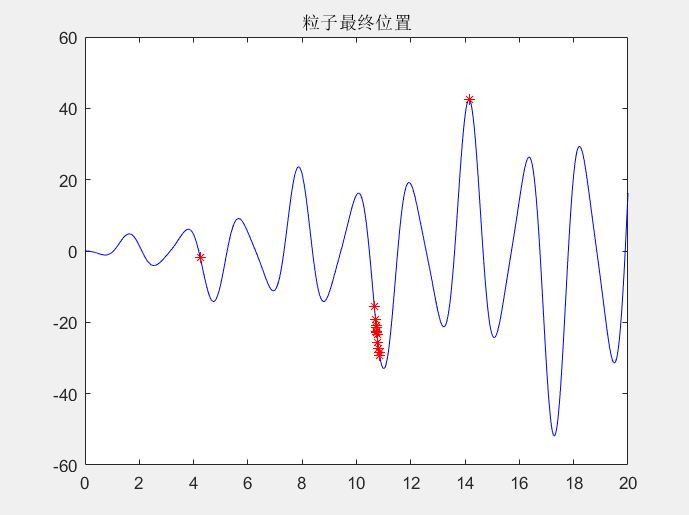


图8 四簇形拓扑结构粒子最终位置

图9是使用四簇形拓扑结构时粒子的收敛过程，从这张图中我们可以看出相比于环形拓扑结构，其收敛过程更加迅速，并且在第十次迭代前就已经找到了测试函数的最大值。

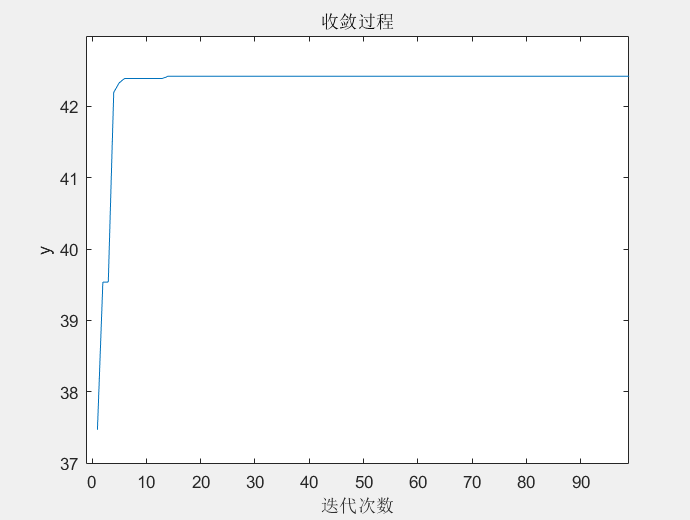


图9四簇形拓扑结构粒子收敛过程

### d.冯诺依曼拓扑结构

在使用冯诺依曼拓扑结构实现粒子群算法时，我们可以发现所有粒子都收敛到了测试函数的极大值上，其结果如图10所示：

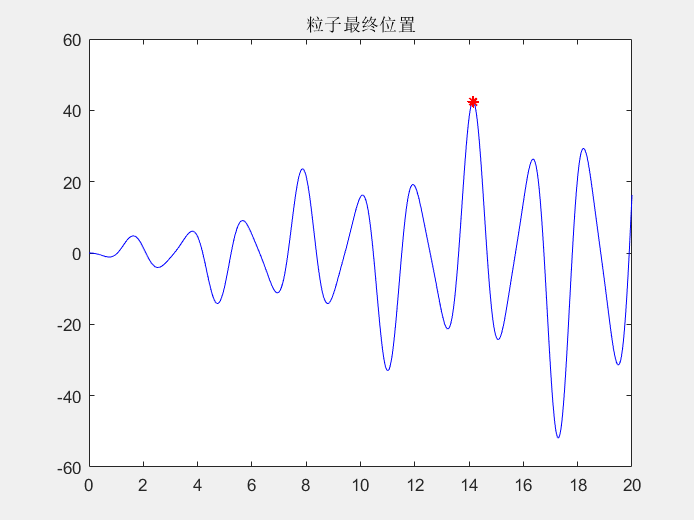


图10 冯诺依曼拓扑结构粒子最终位置

图11是使用冯诺依曼拓扑结构实现粒子群算法时粒子的收敛过程，从这张图中我们可以看出相比于前两种结构而言，其收敛过程更加迅速，非常快速地就找到了函数的极大值。

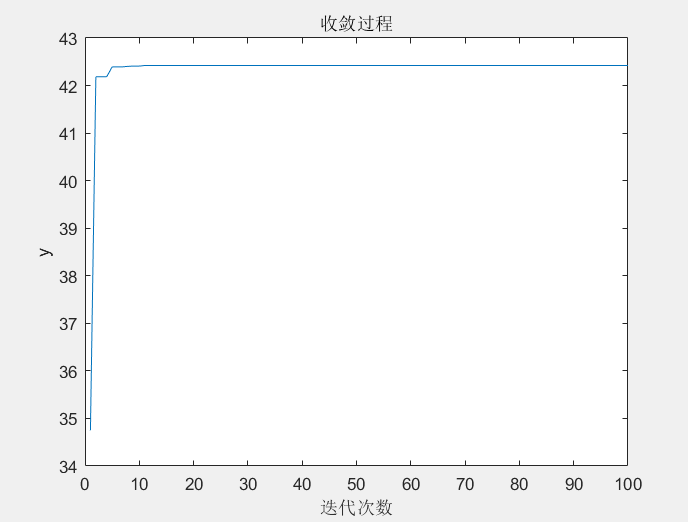


图11 冯诺依曼拓扑结构粒子收敛过程

## 2.冯诺伊曼拓扑结构的PSO算法对PID参数的整定

在第一问的实现分析中，冯诺依曼拓扑结构表现出的性能最优，因此在这一问中，我们使用冯诺依曼拓扑结构的PSO算法对PID的参数进行了整定。

在控制系统中，基本的PID控制回路如下图所示:

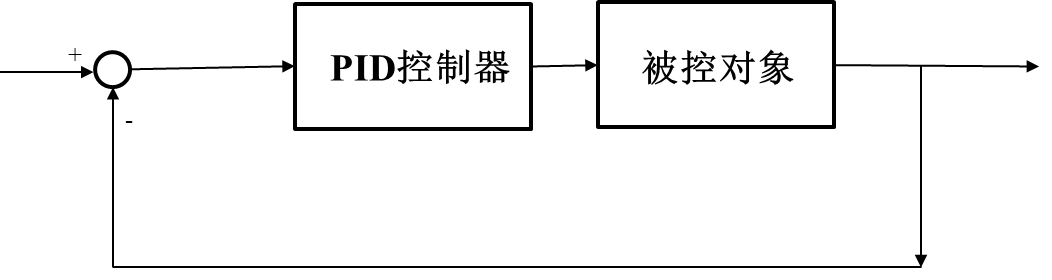


图12 PID控制回路

而其中PID控制器的形式如下：



在本次作业中，我们的目标就是使用基于冯诺依曼拓扑结构实现的粒子群优化算法来最PID控制器中的Kp,Ki和Kd三个参数来进行优化，以便获得良好的控制效果。

本次作业中的被控对象为，在阶跃输入下，系统的响应如图13所示，从这张图中可以看出，在没有控制器的作用下，系统是发散的。

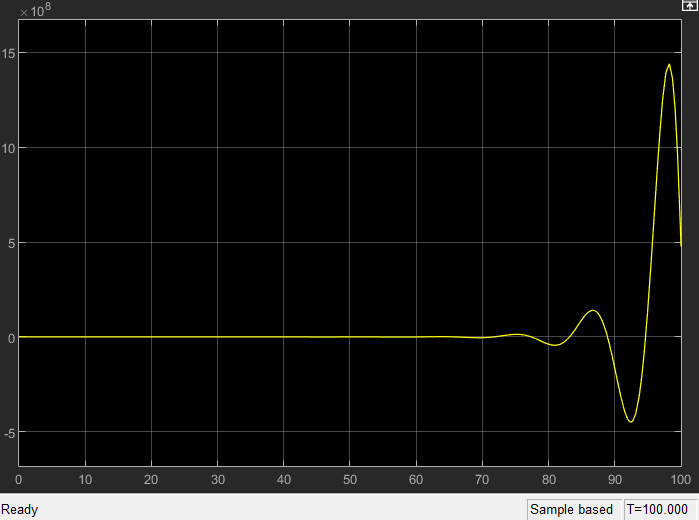


图13 无控制器时系统响应

首先使用matlab中的simulink对本次作业中使用到的模型进行了搭建，具体如图14所示。

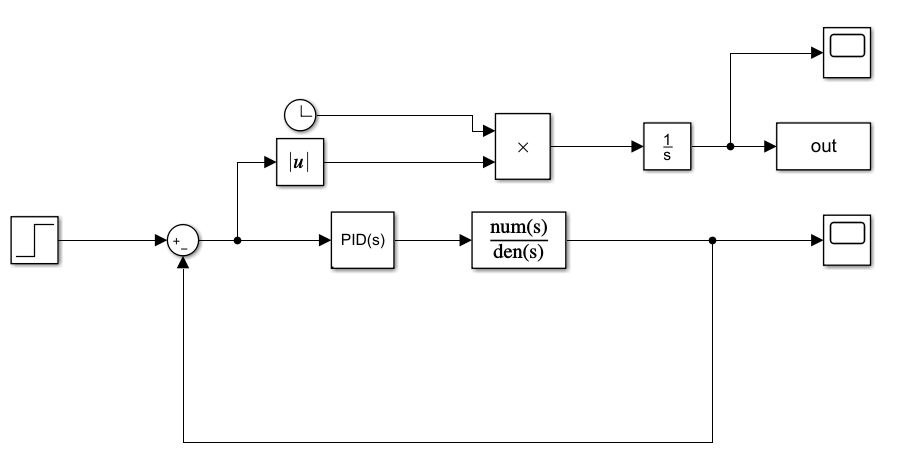


图14 simulink模型

在本次作业中，我们设置粒子数N为64，对Kp，Ki和Kd三个参数进行优化，最终得到了Kp为40，Ki为0.1，Kd为30，此时系统的响应输出如图15所示。

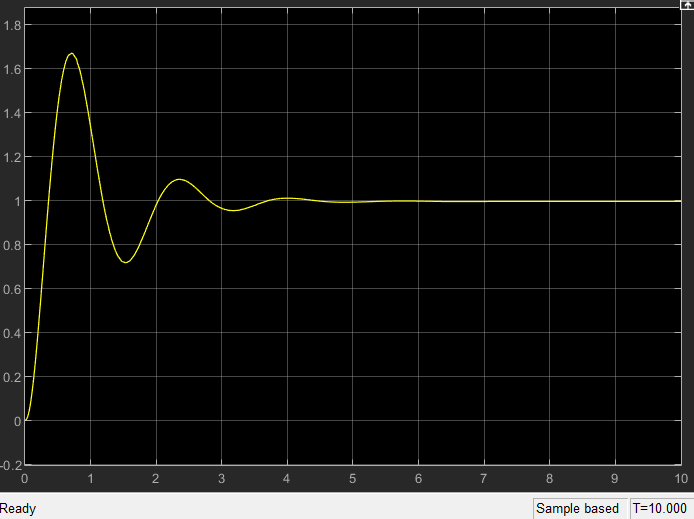


图15 PSO对参数优化后系统的响应输出

从图15中我们可以看出，PID控制器在很短的时间内就对系统实现了控制，准确性、快速性都得到了满足。

# 四．分析总结

## 1.不同拓扑结构优缺点分析

从第三部分中对不同拓扑结构实现的粒子群算法而言，通过分析对比得到的图像我们可以发现环形结构由于只和其临近的粒子通信，其也可以找到最优解，但是由于可用的信息较少，因而其收敛速度较慢；而四簇结构通过簇内粒子的信息交换以及簇间连接粒子的信息交换让信息在整个种群内得到了共享，其结构灵活性更强，收敛速度也较快；对于冯诺依曼结构，粒子找到的最优解只影响周围的四个邻域粒子，从而维持了其他粒子的多样性，可以避免系统早熟产生局部最优解。

## 2.PSO算法对PID参数优化分析

在第二问中，本次作业使用基于冯诺依曼拓扑结构的PSO算法对PID控制器中的三个参数进行了优化，使用最终求解得出的三个参数对被控对象实现了较为良好的控制，满足了准确性、快速性和稳定性的要求。