# 智能优化大作业三

机器人如何像人一样灵活地控制物品？如何控制非连续的液体？本文将介绍一种基于遗传算法的倾倒过程轨迹求解的方法。

## 仿真平台

因为笔记本性能有限，故本文只在二维中探索算法的性能。

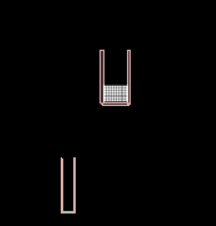
[Box2D](https://box2d.org/)是一个用于游戏的二维物理引擎，[LiquidFun](https://google.github.io/liquidfun/)是基于其的一个流体仿真插件。

![](data:image/png;base64;base64,)

## 问题定义

优化的目标是将源容器中存在的液体倾倒至目标容器中，尽可能避免洒出。

如下图所示，左侧细长的杯子（高2宽0.5）作为目标容器，右上方的杯子（高2宽1）作为源容器。液体由一组粒子进行模拟。在400步仿真步后（约8s实际时间），统计在目标容器中的液体粒子数量，作为对轨迹的评价。



定义每一帧中可以使用的操作如下：

|  |  |
| --- | --- |
| 操作 | 分辨率 |
| 角加速度 +/- | 0.3 |
| 空间位置 x | 0.03 |
| 空间位置 y | 0.03 |

每步大约需要1s的时间进行完全仿真。

## 编码方式

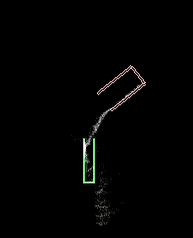
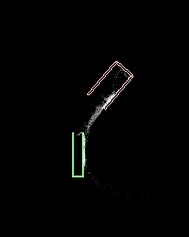
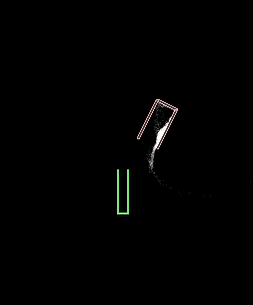
每一帧可以选择一个操作，并且有正负，加上什么也不操作，共7种情况，故使用3bit即可对一个操作进行编码。DNA链总长为3\*400。

由于DNA链较长，故而设置了较高的变异概率：每小节DNA都有1/500的变异概率，随机翻转一位。此时一个DNA链完全不变异的概率为44.9%。

由于随意操作也有一定量的水会进入目标容器，故而个体的适应度定义为指数函数。此设置对提升效率有较好的效果。

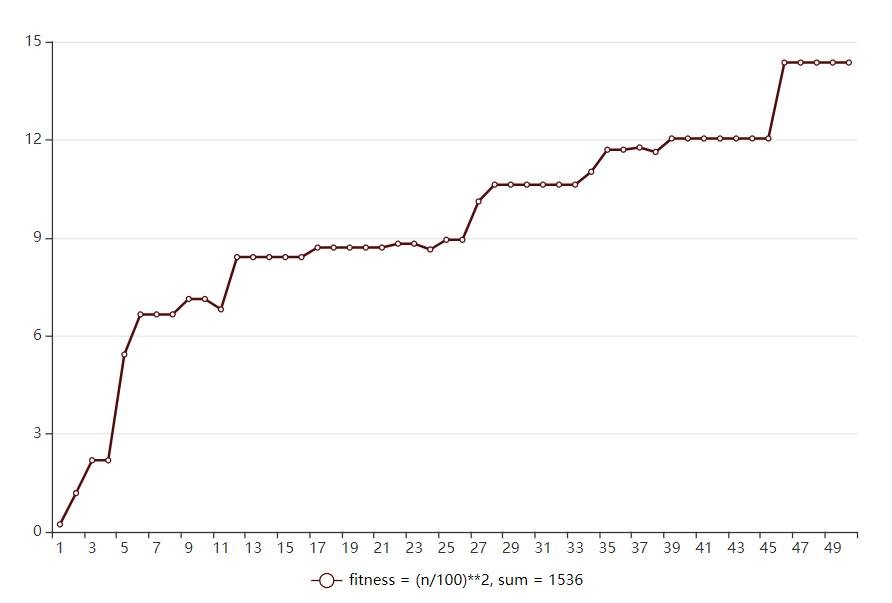
## 测试结果

由于没有设置旋转角度的限制，得到了出乎意料的顺时针旋转的方案。



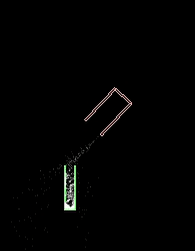
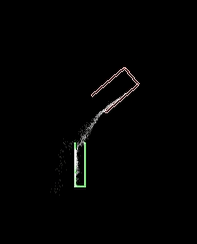
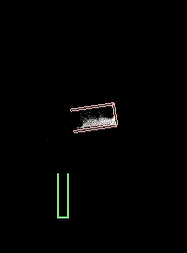
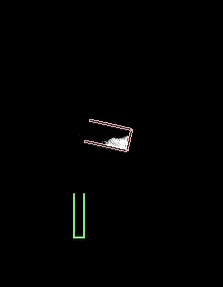
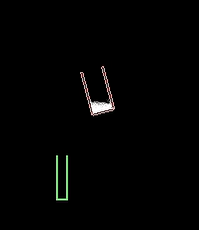
为了加速算法找到较优的解，故而增加了旋转角度的限制（否则两个极大值会干扰求解）。该限制对求解效率影响较大。主要是计算时间较长，所以用了一些额外的限制加速。此外调小了源容器的密度以减少重力的干扰。

20个个体大小的种群，50次迭代的fitness曲线如下



显然算法还有能继续优化的能力，故而存储了最优的基因链，方便增加迭代次数。

重新反复运行5次，fitness收敛到178.757，其最优轨迹为：



比较好地控制了液体流出的轨迹。

总的来说，单纯的遗传算法没有启发式的信息，所以对外加的限制条件比较敏感。基本就是在茫茫解海中找最高的，表现差强人意。

高变异率使全局最优的寻找加快，但也容易失去对优良基因的保持（说到底还是缺少启发信息）。

## 附件

* 工程的源码，需要编译安装liquidfun。
  + GA.h 遗传算法类
  + Pour\_Scene.h 场景描述
  + Main.cpp 主程序
    - 在第625行 选择控制显示/计算