

(附) 模拟退火解决JSP问题

姓名：李方舟

学号：2019141080002

模拟退火算法提出

同TSP

实现并解决问题

经过查阅一些资料，最后还是实现了用模拟退火来解决JSP问题。这里我采用的是王杜娟老师课上的matlab代码里的编码方式，将36个工序全部放在一个数组里，而不是讲义里的指定出队序列的方法。因此我也没仔细去想怎么求代价（总时间），而是将matlab上的代码转换了一下写成了下面的cost函数。在邻域选择方法上和TSP一样。

具体实现

模拟退火的部分同TSP，编码、代价函数和绘图部分进行了修改。

```
In [1]:  
import numpy as np  
import matplotlib.pyplot as plt
```

问题

这里用的就是讲义中的那个车间调度案例，其中每一行代表一个工件的所有工序。而第一个(2, 1)代表第一个工件的第一个工序需要在机器2上加工1个时间单位。

```
In [2]:  
jobs = np.array([[[(2,1),(0,3),(1,6),(3,7),(5,3),(4,6)],  
                 [(1,8),(2,5),(4,10),(5,10),(0,10),(3,4)],  
                 [(2,5),(3,4),(5,8),(0,9),(1,1),(4,7)],  
                 [(1,5),(0,5),(2,5),(3,3),(4,8),(5,9)],  
                 [(2,9),(1,3),(4,5),(5,4),(0,3),(3,1)],  
                 [(1,3),(3,3),(5,9),(0,10),(4,4),(2,1)]]])
```

定义cost函数，用于计算总某个调度方案的总时长

```
In [3]:  
def cost(schedule):  
    j = len(jobs)  
    m = len(jobs[0])  
  
    tj = [0]*j  
    tm = [0]*m  
  
    ij = [0]*j  
  
    for i in schedule:  
        machine, time = jobs[i][ij[i]]
```

```

ij[i] += 1

start = max(tj[i], tm[machine])
end = start + time
tj[i] = end
tm[machine] = end

return max(tm)

```

绘图

下面定义绘制甘特图的方法，花了不少时间来写这个函数，参照了[这个链接](#)。

In [4]:

```

def plot(schedule):

    j = len(jobs)
    m = len(jobs[0])

    tj = [0]*j
    tm = [0]*m

    ij = [0]*j

    output = []
    yticks = []
    yticklabels = []

    fig, gnt = plt.subplots()

    gnt.set_ylim(0, m * 10 + 20)
    gnt.set_xlim(0, cost(schedule))

    gnt.set_xlabel('seconds since start')
    gnt.set_ylabel('Machine')

    for i in range(m):
        output.append([])
        yticks.append(i* 10 + 15)
        yticklabels.append(str(i + 1))

    gnt.grid(True)
    gnt.set_yticks(yticks)
    gnt.set_yticklabels(yticklabels)

    for i in schedule:
        machine, time = jobs[i][ij[i]]
        ij[i] += 1
        start = max(tj[i], tm[machine])
        end = start + time
        tj[i] = end
        tm[machine] = end

        output[machine].append((start, time))

    for i in range(m):
        gnt.broken_barh(output[i], ((i+1) * 10, 9),
                         facecolors =('tab:red'))

```

模拟退火及邻域选择

同TSP

In [5]:

```
#邻域及是否选择
def selectNew(sold, T):
    c = len(sold)
    flag = np.random.randint(5)
    snew = sold.copy()
    if (flag == 0):
        a = np.random.randint(c-1)
        b = np.random.randint(c-1)
        while (b == a):
            b = np.random.randint(c-1)
    else:
        a = np.random.randint(c-2)
        b = a + 1

    snew[a], snew[b] = snew[b], snew[a]

    dcost = cost(snew) - cost(sold)
    if (dcost < 0):
        return snew
    else:
        if (np.exp(-dcost / T) > np.random.rand()):
            return snew
        else:
            return sold
```

运行

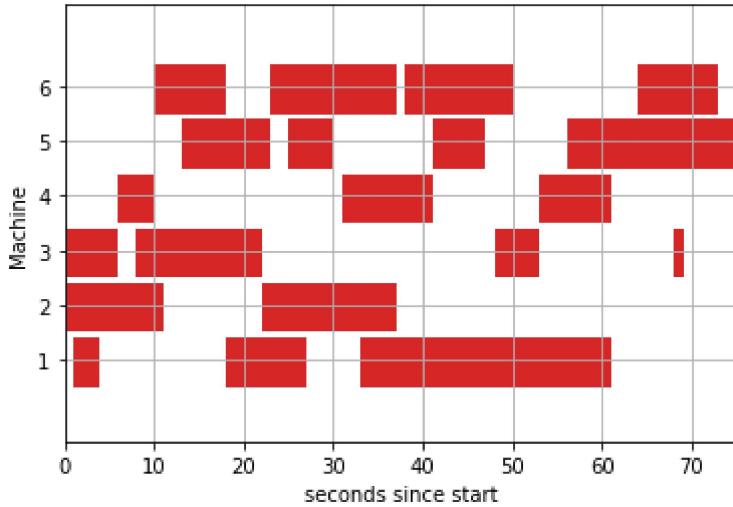
同TSP，但由于绘制gantt图比较麻烦，放在小图里效果很不好。所以我就没有像TSP那样把过程中每个温度下的gantt图都画出来，只print了每个温度下的一些解的总时间，大概还是能看出是否收敛的

In [6]:

```
#初始随机解
solu = [i for i in range(len(jobs[0]))] * len(jobs)
np.random.shuffle(solu)
#初始温度 衰减速率
temp = 100
alpha = 0.95
#每个温度迭代次数
iterCount = 200
#一个数组来存储每个温度下的平均距离
allCost = []

print("初始解总时间: " + str(cost(solu)))
plot(solu)
```

初始解总时间: 75



In [7]:

```
count = 0 #迭代次数
while(temp > 0.05):
    count += 1
    if (count % 10 == 0):
        print("\n当前温度:" + "%.2f" % temp + " 迭代次数: " + str(count) + " 部分解的")
    for i in range(iterCount):
        solu = selectNew(solu, temp)
        c = cost(solu)
        if (i % 20 == 0 and count % 10 == 0):
            print(c, end=' ')
    allCost.append(c)
    temp *= alpha
```

当前温度:63.02 迭代次数: 10 部分解的总时长为: 72 72 80 100 94 72 91 91 97 110
 当前温度:37.74 迭代次数: 20 部分解的总时长为: 83 79 81 93 78 76 84 79 65 87
 当前温度:22.59 迭代次数: 30 部分解的总时长为: 116 88 83 71 71 82 79 63 90 78
 当前温度:13.53 迭代次数: 40 部分解的总时长为: 70 75 67 65 75 93 88 85 86 77
 当前温度:8.10 迭代次数: 50 部分解的总时长为: 86 77 65 72 62 65 73 75 79 79
 当前温度:4.85 迭代次数: 60 部分解的总时长为: 72 70 67 64 61 61 70 74 68 69
 当前温度:2.90 迭代次数: 70 部分解的总时长为: 65 66 67 68 68 66 66 65 65 66
 当前温度:1.74 迭代次数: 80 部分解的总时长为: 68 68 63 63 63 63 63 63 65 65
 当前温度:1.04 迭代次数: 90 部分解的总时长为: 61 61 61 61 62 63 63 58 59 63
 当前温度:0.62 迭代次数: 100 部分解的总时长为: 58 58 58 58 58 58 58 58 58 58
 当前温度:0.37 迭代次数: 110 部分解的总时长为: 57 57 57 57 57 57 57 57 57 55
 当前温度:0.22 迭代次数: 120 部分解的总时长为: 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55
 当前温度:0.13 迭代次数: 130 部分解的总时长为: 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55
 当前温度:0.08 迭代次数: 140 部分解的总时长为: 55 55 55 55 55 55 55 55 55 55

展示结果

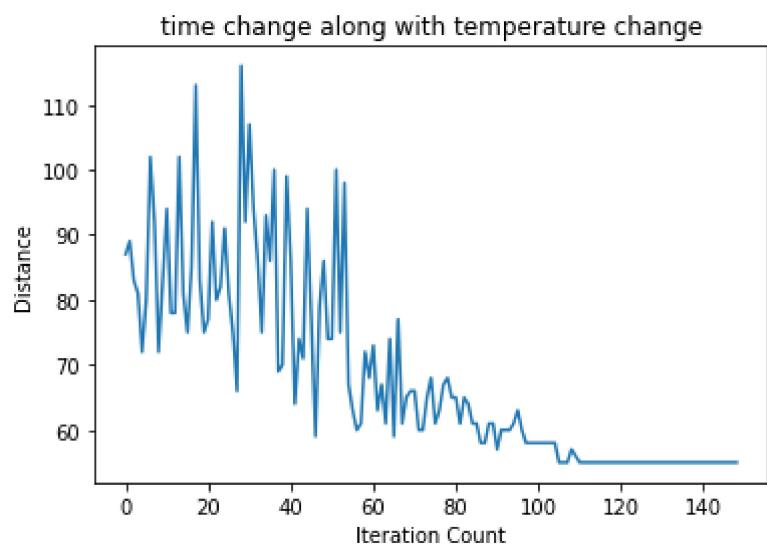
同TSP

In [8]:

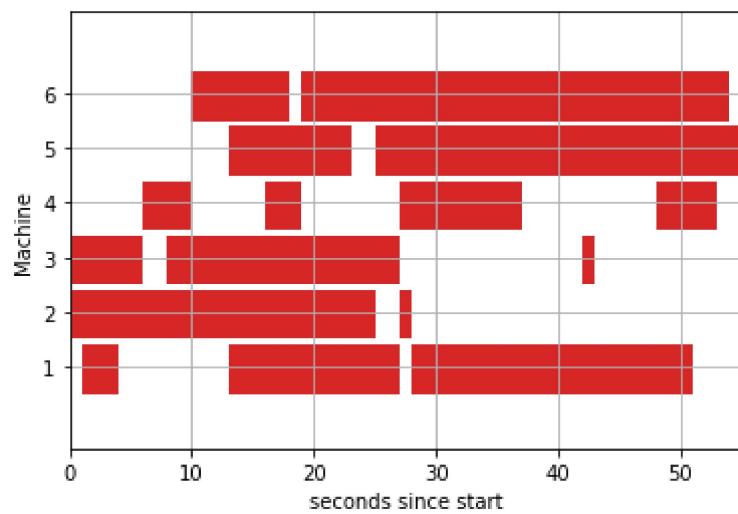
```
# 距离随温度变化
x = list(range(len(allCost)))
y = allCost
plt.title("time change along with temperature change")
plt.xlabel("Iteration Count")
plt.ylabel("Distance")
plt.plot(x,y)
plt.show()

print("最优结果为: " + str(cost(solu)))

plot(solu)
```



最优结果为：55



总结与思考

见TSP