



Scatter Search and Path Relinking

曾奕博

目录

CONTENTS

1

Scatter search算法

2

Path relinking算法

3

两算法在各问题上的应用



Scatter search算法

Scatter search主要包括5个部分：

(1) Diversification Generation Method

该方法用参考集生成新解，一般情况下不允许生成两个相同的解

(2) Improvement Method

该方法用于解的改进，可以采用梯度下降等

(3) Reference Set Update Method

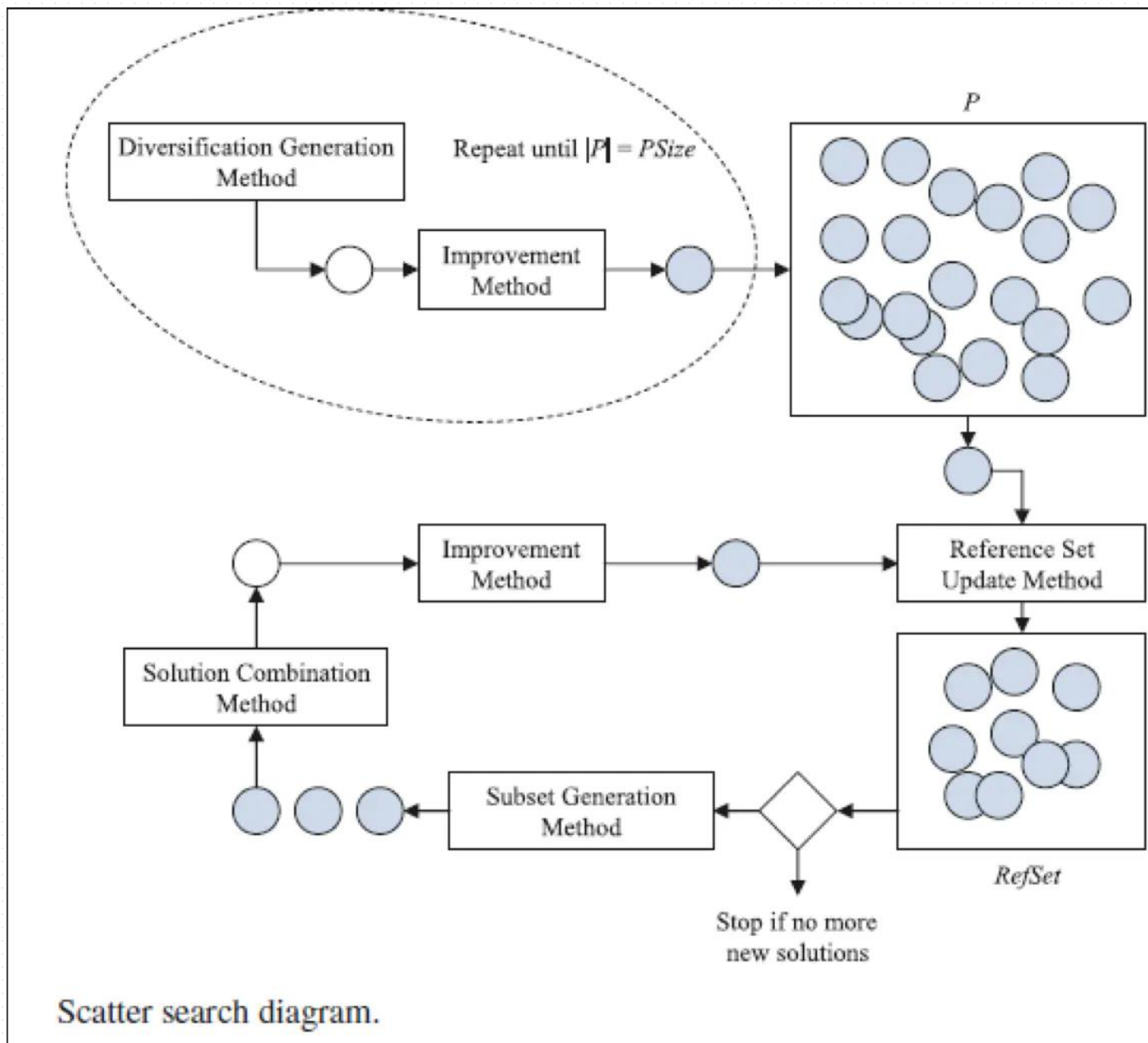
该方法是散射搜索的核心，其建立了一个一般包含 b (一般为20) 个当前最优的解的参考解集，其中解的多样性直接影响最终解的好坏

(4) Subset Generation Method

该方法一般是对参考集中的解进行两两组合，共有 $b(b-1)/2$ 个子集

(5) Solution Combination Method

该方法有点类似遗传算法中的交叉，将产生的子集进行组合



散射搜索算法流程图

Scatter search 算法流程

1. 从空集 P 开始, 用多样性生成法产生新解 x , 若 x 不属于 P , 则将 x 添加到 P 中, 若属于, 则将 x 丢弃, 直到找到 $Psize$ 个解。从 P 的解中选取 b 个尽量满足多样性的解组成一个参考集

2. 根据目标函数对参考集中的解进行排序, 另 x^1 为最优解, x^b 为其中最差的解。并另变量

$newSolutions = TRUE$

While($newSolutions$) do

3. 生成新的子集 $newSubsets$, 其是由参考集中所有解两两结合组成的。另

$newSolutions = FALSE$

while($newSubset \neq NULL$) do

4. 选择 $newSubsets$ 中的下一个子集 s

5. 将解的组合法引用到 s 上, 得到一个或者多个新解 x ,

if(x 不在参考集中 and $f(x) < f(x^b)$) then

6. 用 x 代替参考集中的 x^b

7. 将 $newSolutions$ 置为 $TRUE$

end if

8. 将 s 从 $newSubsets$ 中删除

end while

End while



Path relinking算法

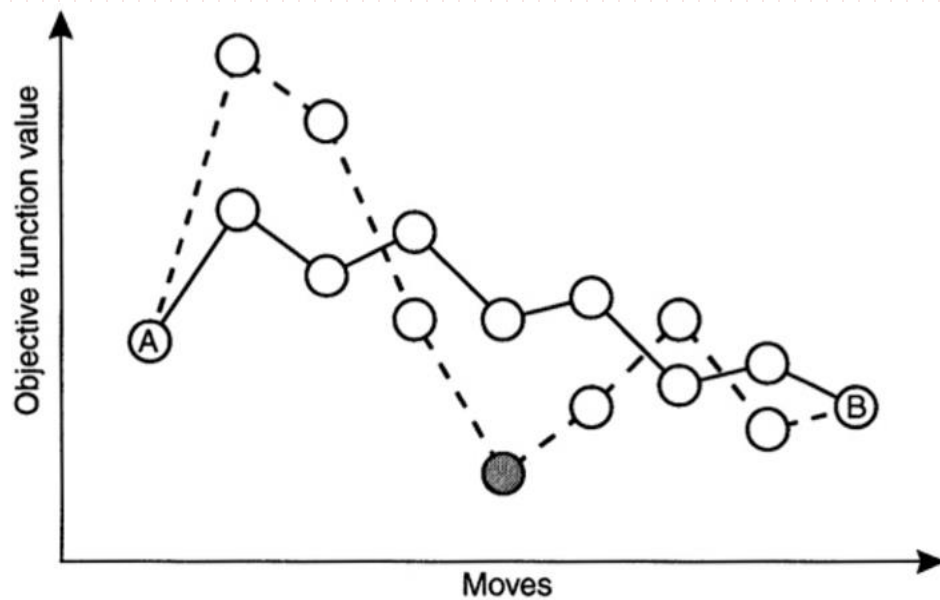


Figure 1.2. Path relinking illustration.

Path relinking (路径重连) 现在已经被认为是结合强化性和多样性策略非常好的算法。这个方法通过探查连接两个高质量解的路径去生成新的解。这个方法的大体过程是，从高质量的解中选出一个解作为初始解 (initiating solution)，选出一个解作为导向解 (guiding solution)，然后生成一个从初始解到导向解的路径，在这个路径中会生成大量的解。这个过程是通过包含在导向解中的属性去引导初始解，将初始解一步一步导向导向解。Path relinking这个方法其实也可以看作是一种混合两个优秀解中属性的方法，在搜索路径中把两个解的属性进行组合，生成新的解。为了得到较好的属性组合，Path relinking选择的方法是在每一次的移动中，去选择最好的移动 (move)。这里的移动 (move) 的意思是初始解引入一个导向解的属性，向导向解靠近。由于刚开始初始解和导向解属性的差异很大，所以可以选择的移动 (move) 比较多。在每一步把导向解的属性加入到初始解的过程中，都要选择最好的移动 (move)，移动的好坏由选择的策略来决定。



PART

两算法在各问题上的应用

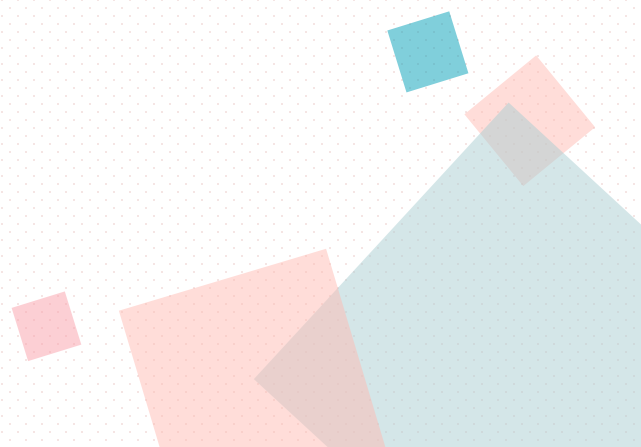


应用1: The Linear Ordering Problem (线性排序问题)

在该问题中, 本文对Tabu search (禁忌搜索) 和Scatter search (散射搜索) 两种算法的性能进行了比较, TS所用的时间大致为SS的1/3, 但是SS大多数情况下都能找到比TS更好的结果

应用2: The Bipartite Drawing Problem (二分图问题)

在该问题中, 本文对Tabu search (禁忌搜索) 和Path relinking (路径重连) 两种算法的性能进行了比较, 两者所需的时间大致相同, 但TS与目前最优解的平均偏差为1.41%, 优于PR的8.96%



应用3: The Graph Coloring Problem (图的着色问题)

图的着色问题的数学定义: 给定一个无向图 $G=(V, E)$, 其中 V 为顶点集合, E 为边集合, 图着色问题即为将 V 分为 K 个颜色组, 每个组形成一个独立集, 即其中没有相邻的顶点。其优化版本是希望获得最小的 K 值。

用Scatter search方法来解决该问题时:

(1) 对Diversification Generation Method, 通过一个接一个的选择顶点来进行颜色的分类来保证解的多样性。

(2) 对Improvement Method, 该方法是基于Tabu search的, 其不停地把冲突的顶点颜色换成其他的颜色, 直到不冲突

(3) 对Reference Set Update Method, 另适应度为当前设置的冲突个数。

(4) 对Solution Combination Method, 采取的是greedy partition crossover (GPX)法, 该方法专为图着色问题设计。

在图着色问题的应用上, SS算法大致能达到目前已知的最好结果。



应用4: Capacitated Multicommodity Network Design (限量多商品网络设计)

针对该问题, 将基于周期的邻域结构和Path relinking算法结合起来组成一个更好的启发式算法, 该方法先通过一系列基于周期的禁忌搜索来寻找最优解, 当一定步数后解都不再更新时, 改换为路径重连算法, 继续寻找更优的解, 直到参考解为空的时候再停止。最终实验表明, 该方法与Branch and Bound方法的差异只在3.69%

应用5: A Scatter Search for the Maximum Clique Problem (最大团问题)

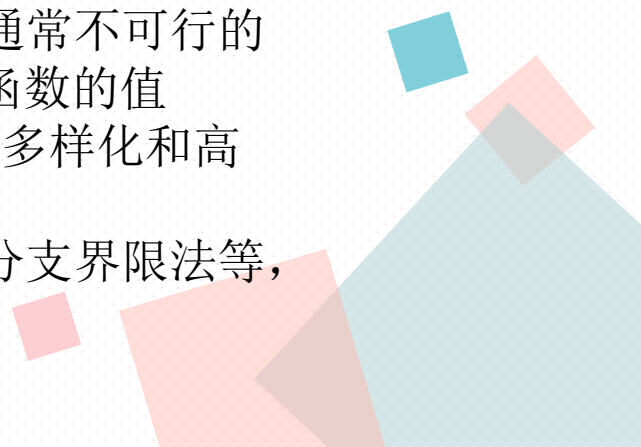
最大团问题就是在一个无向图中找出一个点数最多的完全图。用SS解决该问题时:

(1) 用Diversification Generation Method创建解集时, 使解集分布的尽可能的散, 使用的变量尽可能的多

(2) 对Improvement Method, 这个方法分两步, 首先给一个通常不可行的解, 然后将这个解转化为一个可行的解, 再尝试用它去增加目标函数的值

(3) 对Reference Set Update Method, 必须要保证参考解是多样化和高质量的, 以此来避免早过收敛的问题

经过与其他解决最大团问题的算法进行比较, 例如回溯法, 分支界限法等, SS具有明显的优势





Scatter search还被用于解决以下问题：

- (1) Assigning Proctor to Exams
- (2) Periodic Vehicle Loading
- (3) Job Shop Scheduling
- (4) The Arc Routing Problem
- (5) Resource Constrained Project Scheduling
- (6) Multiple Criteria Scatter Search
- (7) Meta-Heuristic Use of Scatter Search via OptQuest
- (8) Pivot Based Search Integrated with Branch and Bound for Binary MIPs

Path Relinking算法可以对基本的GRASP (Greedy Randomized Adaptive Search Procedure) 进行增强，大大地提高解的质量。

由于初始解的邻域相对于导向解来说会得到更仔细的探查，所有把较好的解当做初始解的话，算法就有更好的机会去仔细探查更好解的邻域。同样地道理，最优解往往是在初始解的附近找到的，而不是导向解的周围。

