

第8章 记忆型搜索算法

记忆型搜索算法是在保持已搜索过的状态的同时，又增加了一些记忆机制，保存特定的搜索信息。

- 禁忌搜索算法： 引入禁忌表和相应的禁忌准则来避免迂回搜索，其目的是阻止搜索过程中出现循环和陷入局部最优。
- 和声搜索算法： 增加和声记忆库HM。

第8章 记忆型搜索算法

8.1 局部搜索

8.1.1 邻域的概念

8.1.2 局部搜索算法

8.1.3 局部搜索示例

8.2 禁忌搜索

8.2.1 算法的主要思路

8.2.2 禁忌搜索示例

8.3 禁忌搜索的关键参数和操作

8.3.1 变化因素

8.3.2 禁忌表

8.3.3 其他

8.4 禁忌搜索的实现与应用

8.1 局部搜索

8.1.1 邻域的概念

- ◆ 函数优化问题中
在距离空间中，通常的邻域定义是以一点为中心的一个球体；
- ◆ 组合优化问题中

$$N: x \in D \rightarrow N(x) \in 2^D,$$

且 $x \in N(x)$ ，称为一个邻域映射，其中 2^D 表示 D 的所有子集组成的集合。

$N(x)$ 称为 x 的邻域， $y \in N(x)$ 称为 x 的一个邻居。

8.1 局部搜索

8.1.1 邻域的概念

- ◆ 例8.1 TSP问题解的一种表示方法为 $D=\{x=(i_1, i_2, \dots, i_n) \mid i_1, i_2, \dots, i_n \text{ 是 } 1, 2, \dots, n \text{ 的排列}\}$ ，定义它的邻域映射为2-opt，即 x 中的两个元素进行对换， $N(x)$ 中共包含 x 的 $C_n^2 = n(n-1)/2$ 个邻居和 x 本身。

例如： $x=(1,2,3,4)$ ，则 $C_4^2=6$ ， $N(x)=\{(1,2,3,4), (2,1,3,4), (3,2,1,4), (4,2,3,1), (1,3,2,4), (1,4,3,2), (1,2,4,3)\}$

- ◆ TSP问题解的邻域映射可由2-opt，推广到 k -opt。
- ◆ 邻域概念的重要性

邻域的构造依赖于决策变量的表示，邻域的结构在现代优化算法中起重要的作用。

8.1 局部搜索

8.1.2 局部搜索算法

- ◆ STEP 1

选定一个初始可行解 x^0 ，记录当前最优解 $x^{best}:=x^0$ ， $T=N(x^{best})$ ；

- ◆ STEP 2

当 $T-\{x^{best}\}=\emptyset$ 时，或满足其他停止运算准则时，输出计算结果，停止运算；
否则，从 T 中选一集合 S ，得到 S 中的最好解 x^{now} ；若 $f(x^{now})<f(x^{best})$ ，则
 $x^{best}:=x^{now}$ ， $T=N(x^{best})$ ；否则 $T:=T-S$ ；重复STEP 2。

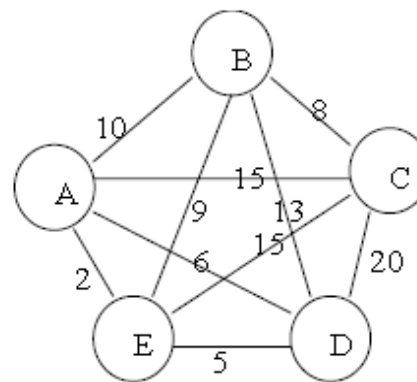
- ◆ 如果在领域中只接受比当前解 x^{best} 好的解，搜索就可能陷入循环和局部最优的危险。

8.1 局部搜索

8.1.3 局部搜索示例

例8.2 五个城市的对称TSP问题

$$D = (d_{ij}) = \begin{bmatrix} 0 & 10 & 15 & 6 & 2 \\ 10 & 0 & 8 & 13 & 9 \\ 15 & 8 & 0 & 20 & 15 \\ 6 & 13 & 20 & 0 & 5 \\ 2 & 9 & 15 & 5 & 0 \end{bmatrix}$$



初始解为 $x^{best}=(ABCDE)$, $f(x^{best})=45$, 定义邻域映射为对换两个城市位置的2-opt, 选定A城市为起点。

8.1 局部搜索

8.1.3 局部搜索示例

- 五个城市的对称TSP问题

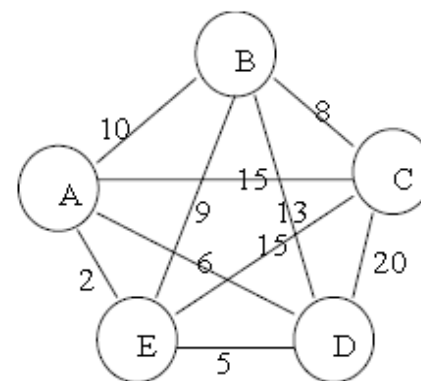
方法1：全邻域搜索

第1步

$N(x^{best}) = \{(ABCDE), \underline{(ACBDE)}, (ADCBE), (AECDB), (ABDCE), (ABEDC), (ABCED)\},$

对应目标函数为 $f(x) = \{45, 43, 45, 60, 60, 59, 44\}$

$x^{best} := x^{now} = (ACBDE)$



8.1 局部搜索

8.1.3 局部搜索示例

- 五个城市的对称TSP问题

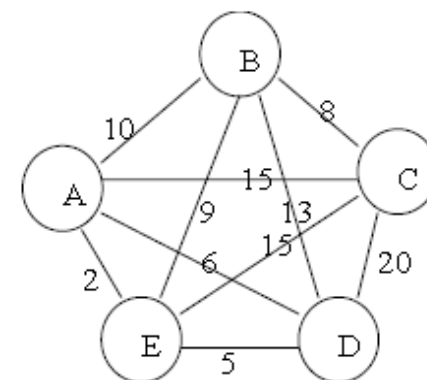
方法1：全邻域搜索

第2步

$N(x^{best}) = \{(\underline{ACBDE}), (ABCDE), (ADBCE), (AEBDC), (ACDBE), (ACEDB), (ACBED)\},$

对应目标函数为 $f(x) = \{43, 45, 44, 59, 59, 58, 43\}$

$x^{best} := x^{now} = (ACBDE)$



8.1 局部搜索

8.1.3 局部搜索示例

- 五个城市的对称TSP问题

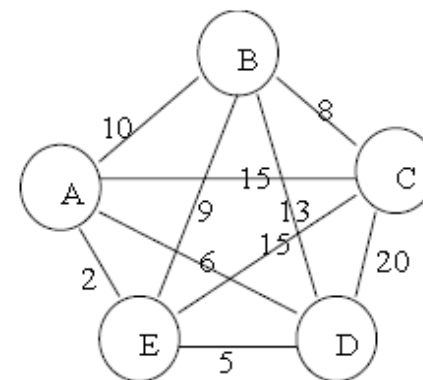
方法2：一步随机搜索

第1步

从 $N(x^{best})$ 中随机选一点，如 $x^{now}=(ACBDE)$,

对应目标函数为 $f(x^{now})=43 < 45$

$x^{best}:=x^{now}=(ACBDE)$



8.1 局部搜索

8.1.3 局部搜索示例

- 五个城市的对称TSP问题

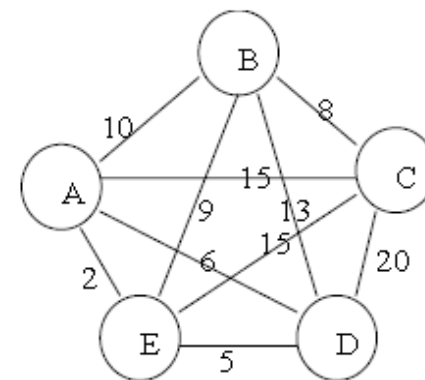
方法2：一步随机搜索

第2步

从 $N(x^{best})$ 中又随机选一点，如 $x^{now}=(ADBCE)$,

对应目标函数为 $f(x^{now})=44 > 43$

$$x^{best} := x^{now} = (ACBDE)$$



8.1 局部搜索

8.1.3 局部搜索示例

- ◆ 五个城市的对称TSP问题

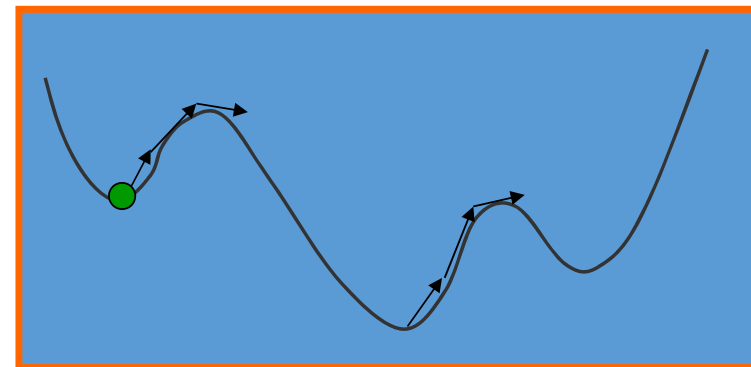
简单易行，但无法保证全局最优性；

局部搜索主要依赖起点的选取和邻域的结构；

为了得到好的解，可以比较不同的邻域结构和不同的初始点；

如果初始点的选择足够多，

总可以计算出全局最优解。



8.2 禁忌搜索

8.2.1 算法的基本思想

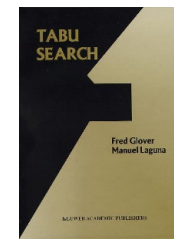
- ◆ 算法的提出

禁忌搜索 (Tabu search) 是局部邻域搜索算法的推广, Fred Glover在1986年提出这个概念, 进而形成一套完整算法。

- ◆ 算法的特点

构造一个短期循环记忆表-禁忌表(tabu list), 禁忌表中存放刚刚进行过的 $|T|$ 个邻居的移动。对于当前进入到禁忌表中的移动, 在以后的 T 次数循环内是禁止的, 以避免回到原来的解。 T 次以后释放该移动。

必须给定停止准则来避免循环。



<http://spot.colorado.edu/~glover/>

8.2 禁忌搜索

8.2.2 算法的基本流程

◆ 基本思路

给定一个当前解以及它的相应的领域表示，然后在当前解的领域中确定若干候选解；

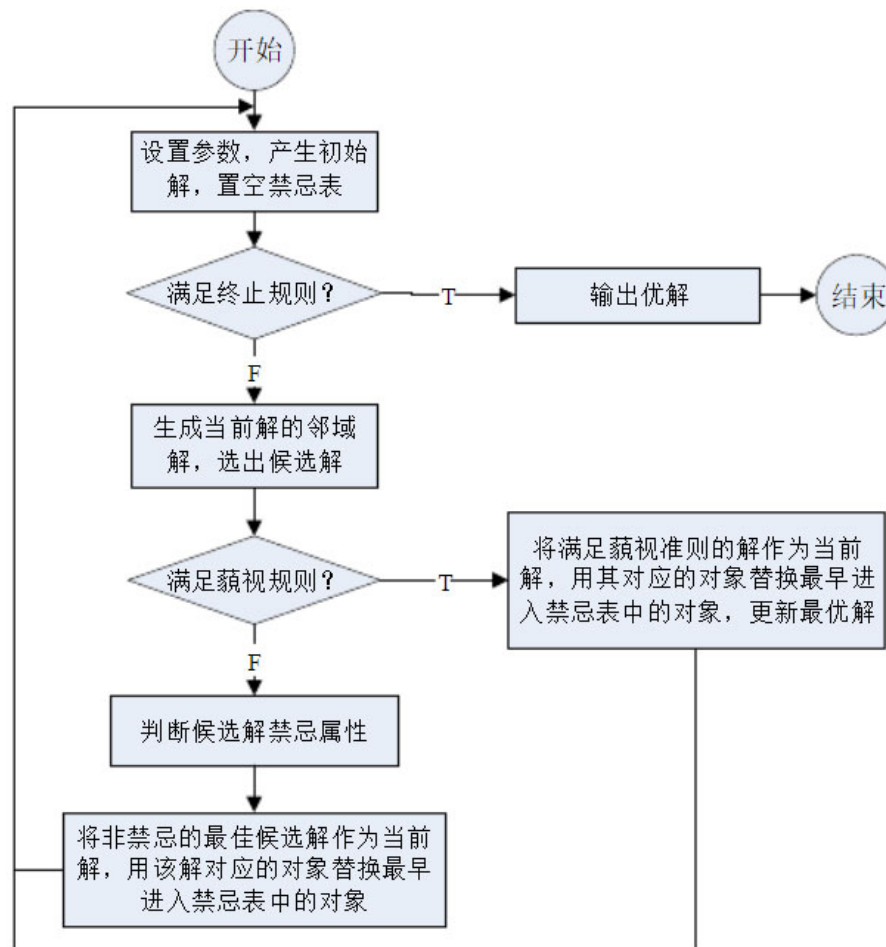
若最佳候选解对应的目标值优于“当前最好”状态，则忽视其禁忌特性，用其代替当前解和“当前最好”状态，并将相应的对象加入禁忌表同时修改禁忌表中各对象的任期；

若不存在以上所述的候选解，则在候选解中选择非禁忌的最佳状态为当前解，而无视它与当前解的优劣，同时将相应的对象加入禁忌表，并修改表中各对象的任期。

8.2 禁忌搜索

8.2.2 算法的基本流程

- ◆ **藐视准则：** 当一个禁忌移动在随后 $|T|$ 次的迭代内，即还未解禁时再度出现，如果能把搜索带到一个从未搜索过的区域，则应该接受该移动，不受禁忌表的限制。

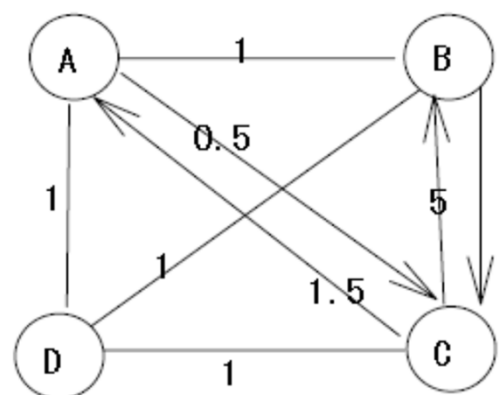


8.2 禁忌搜索

8.2.2 禁忌搜索示例

- ◆ 例8.3 四城市非对称TSP问题

$$D = (d_{ij}) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0.5 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1.5 & 5 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$



初始解 $x^0=(ABCD)$, $f(x^0)=4$, 邻域映射为两个城市顺序对换的2-opt, 始、终点都是A城市。

8.2 禁忌搜索

8.2.2 禁忌搜索示例

◆ 四城市非对称TSP问题

第1步

解的形式

A	B	C	D
---	---	---	---

$$f(x^0)=4$$

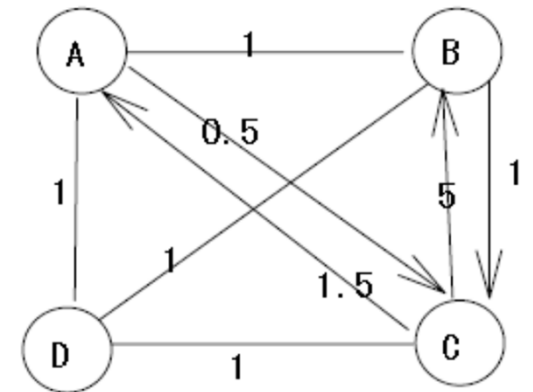
禁忌对象及长度

	B	C	D
A			
	B		
		C	

候选解

对换 评价值

CD	4.5 😊
BC	7.5
BD	8



8.2 禁忌搜索

8.2.2 禁忌搜索示例

- 四城市非对称TSP问题
第2步

解的形式

A	B	D	C
---	---	---	---

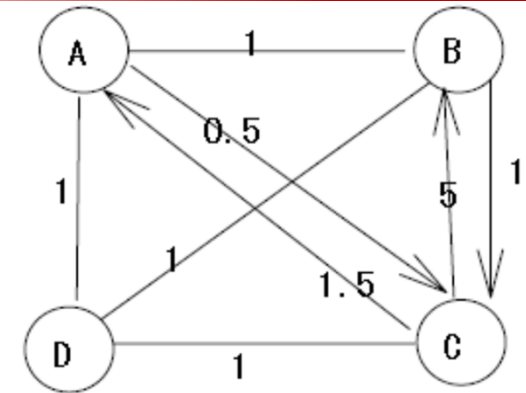
$$f(x^1)=4.5$$

禁忌对象及长度

	B	C	D
A			
B			
C			3

候选解

对换	评价值
CD	4.5T
BC	3.5😊
BD	4.5



8.2 禁忌搜索

8.2.2 禁忌搜索示例

◆ 四城市非对称TSP问题

第3步

解的形式

A	C	D	B
---	---	---	---

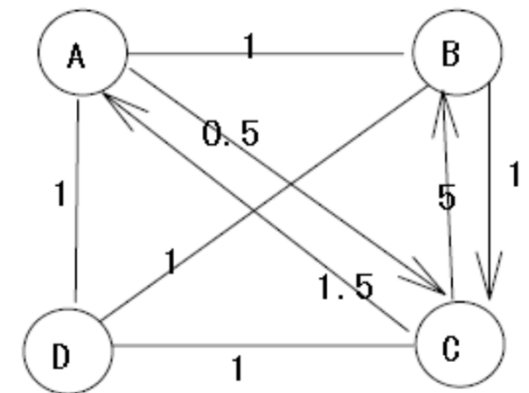
$$f(x^2)=3.5$$

禁忌对象及长度

	B	C	D
A			
B		3	
C			2

候选解

对换	评价值
CD	8 T
BC	4.5 T
BD	7.5 😊



8.2 禁忌搜索

8.2.2 禁忌搜索示例

◆ 四城市非对称TSP问题

第4步

解的形式

A	C	B	D
---	---	---	---

$$f(x^3)=7.5$$

禁忌对象及长度

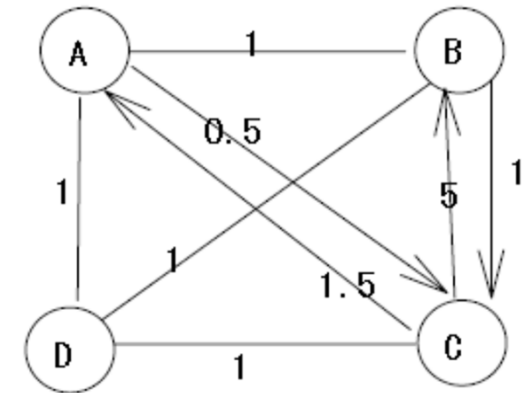
	B	C	D
A			
B		2	3
C			1

候选解

对换 评价值

CD	4.5T
BC	4.5T
BD	3.5T

禁忌长度的选取



8.2 禁忌搜索

8.2.2 禁忌搜索示例

- 四城市非对称TSP问题

第4步（如果减小禁忌长度）

解的形式

A	C	B	D
---	---	---	---

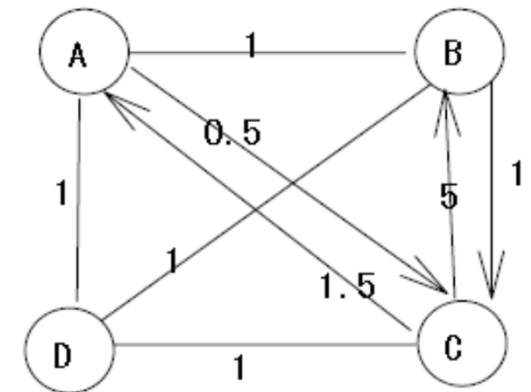
$$f(x^3)=7.5$$

禁忌对象及长度

	B	C	D
A			
B		1	2
C			0

候选解

对换	评价值
CD	4.5 😊
BC	4.5 ^T
BD	3.5 ^T



8.2 禁忌搜索

8.2.2 禁忌搜索示例

◆ 四城市非对称TSP问题

第5步

解的形式

A	D	B	C
---	---	---	---

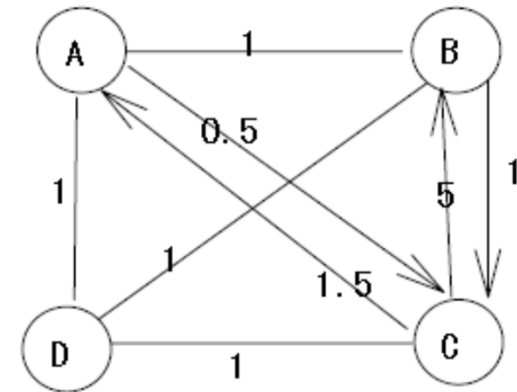
$$f(x^4)=4.5$$

禁忌对象及长度

	B	C	D
A			
B		0	1
C			2

候选解

对换	评价值
CD	7.5T
BC	8 😊
BD	4.5T



8.2 禁忌搜索

8.2.2 禁忌搜索示例

- 四城市非对称TSP问题

第6步

解的形式

A	D	C	B
---	---	---	---

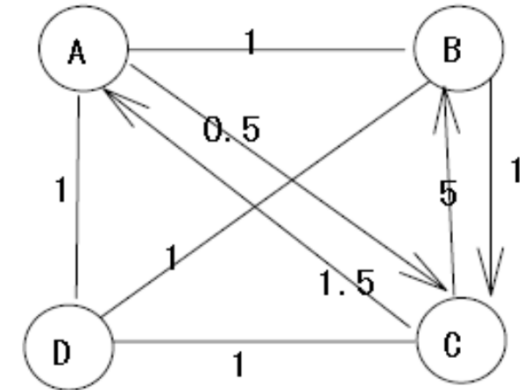
$$f(x^5)=8$$

禁忌对象及长度

	B	C	D
A			
	B	2	0
		C	1

候选解

对换	评价值
CD	3.5T
BC	4.5T
BD	4 😊



8.2 禁忌搜索

简单的禁忌搜索是在邻域搜索的基础上，通过设置禁忌表来禁忌一些已经完成过的操作，并利用藐视准则来奖励一些优良状态，其中邻域结构、候选解、禁忌长度、禁忌对象、藐视准则、终止准则等是影响禁忌搜索算法性能的关键。

8.3 禁忌搜索的关键参数和操作

8.3.1 邻域移动

邻域移动到是从一个解产生另一个解的途径。
移动前后的目标函数值之差，称为移动值。

8.3 禁忌搜索的关键参数和操作

8.3.2 禁忌表

- ◆ 禁忌表的主要指标（两项指标）
 - 禁忌对象：禁忌表中被禁的那些变化元素
 - 禁忌长度：禁忌的步数
- ◆ 状态变化（三种变化）
 - 简单解的变化
 - 解向量分量的变化
 - 目标值变化

8.3 禁忌搜索的关键参数和操作

8.3.2 禁忌表

- ◆ 简单解的变化

假设 $x, y \in D$ ，邻域映射为 N ，其中 D 为优化问题的定义域，
则简单解变化

$$x \rightarrow y \in N(x)$$

是从一个解变化到另一个解。

8.3 禁忌搜索的关键参数和操作

8.3.1 变化因素

- ◆ 向量分量的变化

设原有的解向量为 $(x_1, \dots, x_{i-1}, x_i, x_{i+1}, \dots, x_n)$ ，向量分量的最基本变化为

$$(x_1, \dots, x_{i-1}, x_i, x_{i+1}, \dots, x_n) \rightarrow (x_1, \dots, x_{i-1}, y_i, x_{i+1}, \dots, x_n)$$

即只有第 i 个分量发生变化。

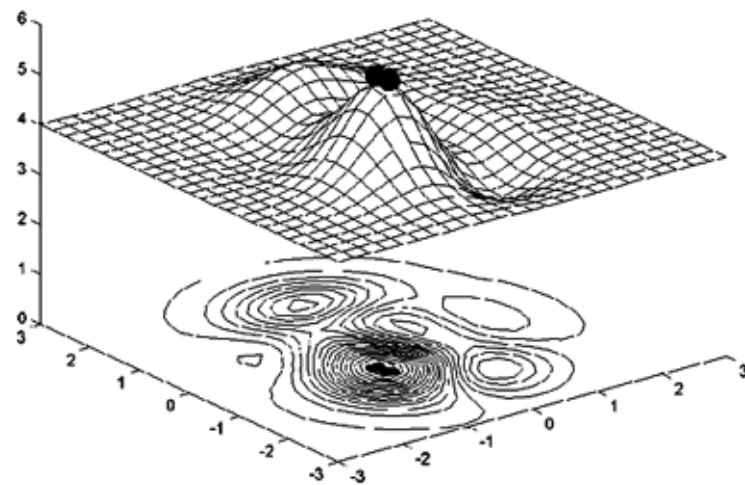
也包含多个分量变化的情形。

8.3 禁忌搜索的关键参数和操作

8.3.1 变化因素

- ◆ 目标值的变化

目标值的变化隐含着解集合的变化。



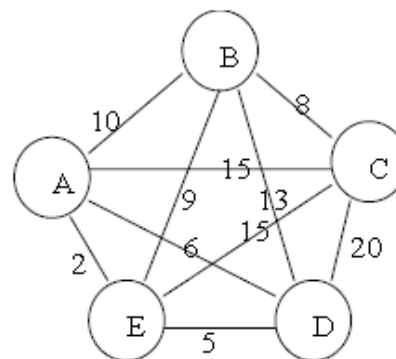
8.3 禁忌搜索的关键参数和操作

8.3.2 禁忌表

- ◆ 禁忌对象的选取

情况1：禁忌对象为简单解的变化

$$D = (d_{ij}) = \begin{bmatrix} 0 & 10 & 15 & 6 & 2 \\ 10 & 0 & 8 & 13 & 9 \\ 15 & 8 & 0 & 20 & 15 \\ 6 & 13 & 20 & 0 & 5 \\ 2 & 9 & 15 & 5 & 0 \end{bmatrix}$$



禁忌长度为4，从2-opt邻域中选出最佳的5个解组成候选集 $\text{Can_}N(x^{now})$ ，初始解 $x^{now}=x^0=(ABCDE)$ ， $f(x^0)=45$ ， $H=\{(ABCDE;45)\}$ 。

8.3 禁忌搜索的关键参数和操作

8.3.2 禁忌表

- ◆ 禁忌对象的选取

情况1：禁忌对象为简单的解变化

第1步——

$x^{now}=(ABCDE)$, $f(x^{now})=45$, $H=\{(ABCDE;45)\}$

$Can_N(x^{now})=\{(\underline{ACBDE};43)$, $(ABCDE;45)$,
 $(ADCBE;45)$, $(ABEDC;59)$, $(ABCED;44)\}$ 。

$x^{next}=(ACBDE)$

8.3 禁忌搜索的关键参数和操作

8.3.2 禁忌表

- ◆ 禁忌对象的选取

情况1：禁忌对象为简单的解变化

第2步——

$x^{now}=(ACBDE)$, $f(x^{now})=43$, $H=\{(ABCDE;45)$,
 $(ACBDE;43)\}$

$Can_N(x^{now})=\{(ACBDE;43)$, $(ACBED;43)$,
 $(ADBCE;44)$, $(ABCDE;45)$, $(ACEDB;58)\}$ 。

$x^{next}=(ACBED)$

8.3 禁忌搜索的关键参数和操作

8.3.2 禁忌表

- ◆ 禁忌对象的选取

情况1：禁忌对象为简单的解变化

第3步——

$x^{now}=(ACBED)$, $f(x^{now})=43$, $H=\{(ABCDE;45)$,
 $(ACBDE;43)$, $(ACBED;43)\}$

$Can_N(x^{now})=\{(ACBED;43)$, $(ACBDE;43)$,
 $(ABCED;44)$, $(AEBCD;45)$, $(ADBEC;58)\}$ 。

$x^{next}=(ABCED)$

8.3 禁忌搜索的关键参数和操作

8.3.2 禁忌表

- ◆ 禁忌对象的选取

情况1：禁忌对象为简单的解变化

第4步——

$x^{now}=(ABCED)$, $f(x^{now})=44$, $H=\{(ABCDE;45)$,
 $(ACBDE;43)$, $(ACBED;43)$, $(ABCED;44)\}$

$Can_N(x^{now})=\{(ACBED;43)$, $(AECBD;44)$,
 $(ABCDE;45)$, $(ABCED;44)$, $(ABDEC;58)\}$ 。

$x^{next}=(AECBD)$

8.3 禁忌搜索的关键参数和操作

8.3.2 禁忌表

- ◆ 禁忌对象的选取

情况1：禁忌对象为简单的解变化

第5步——

$x^{now}=(AECBD)$, $f(x^{now})=44$, $H=\{(ACBDE;43)$,
 $(ACBED;43)$, $(ABCED;44)$, $(AECBD;44)\}$

$Can_N(x^{now})=\{(AEDBC;43)$, $(ABCED;44)$,
 $(AECBD;44)$, $(AECDB;44)$, $(AEBDC;45)\}$ 。

$x^{next}=(AEDBC)$

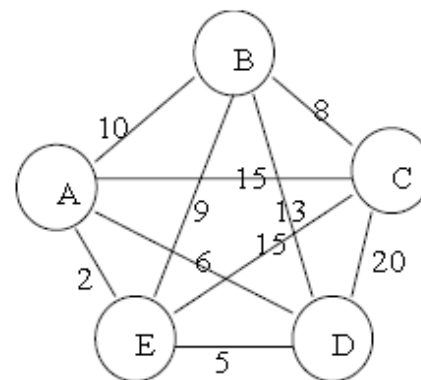
8.3 禁忌搜索的关键参数和操作

8.3.2 禁忌表

- ◆ 禁忌对象的选取

情况2：禁忌对象为分量变化

$$D = (d_{ij}) = \begin{bmatrix} 0 & 10 & 15 & 6 & 2 \\ 10 & 0 & 8 & 13 & 9 \\ 15 & 8 & 0 & 20 & 15 \\ 6 & 13 & 20 & 0 & 5 \\ 2 & 9 & 15 & 5 & 0 \end{bmatrix}$$



禁忌长度为3，从2-opt邻域中选出最佳的5个解组成候选集 $\text{Can_}N(x^{\text{now}})$ ，初始解 $x^{\text{now}}=x^0=(ABCDE)$ ， $f(x^0)=45$ 。

8.3 禁忌搜索的关键参数和操作

8.3.2 禁忌表

- ◆ 禁忌对象的选取

情况2：禁忌对象为分量变化

第1步——

$$x^{now}=(ABCDE), f(x^{now})=45, H=\Phi$$

$$\text{Can_}N(x^{now})=\{(ACBDE;43), \underline{(ADCBE;45)}, (AECDB;60), (ABEDC;59), (ABCED;44)\}。$$

$$x^{next}=(ACBDE)$$

8.3 禁忌搜索的关键参数和操作

8.3.2 禁忌表

- ◆ 禁忌对象的选取

情况2：禁忌对象为分量变化

第2步——

$$x^{now}=(ACBDE), f(x^{now})=43, H=\{(B,C)\}$$

$$\text{Can_}N(x^{now})=\{(\underline{ACBED};43), (ADBCE;44), (ABCDE;45), (ACEDB;58), (AEBDC;59)\}。$$

$$x^{next}=(ACBED)$$

8.3 禁忌搜索的关键参数和操作

8.3.2 禁忌表

- ◆ 禁忌对象的选取

情况2：禁忌对象为分量变化

第3步——

$$x^{now}=(ACBED), f(x^{now})=43, H=\{(B,C), (D,E)\}$$

$$\text{Can_}N(x^{now})=\{(ACBDE;43), (ABCED;44), \\ \underline{(AEB CD;45)}, (ADBEC;58), (ACEBD;58)\}。$$

$$x^{next}=(AEB CD)$$

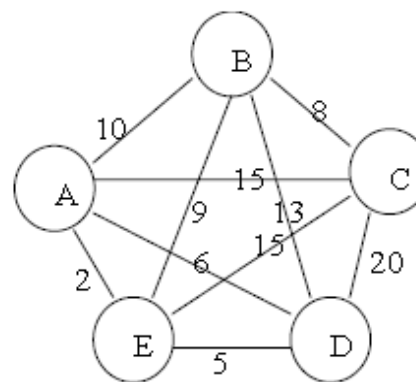
8.3 禁忌搜索的关键参数和操作

8.3.2 禁忌表

- ◆ 禁忌对象的选取

情况3：禁忌对象为目标值变化

$$D = (d_{ij}) = \begin{bmatrix} 0 & 10 & 15 & 6 & 2 \\ 10 & 0 & 8 & 13 & 9 \\ 15 & 8 & 0 & 20 & 15 \\ 6 & 13 & 20 & 0 & 5 \\ 2 & 9 & 15 & 5 & 0 \end{bmatrix}$$



禁忌长度为3，从2-opt邻域中选出最佳的5个解组成候选集 $\text{Can_}N(x^{now})$ ，初始解 $x^{now}=x^0=(ABCDE)$ ， $f(x^0)=45$ 。

8.3 禁忌搜索的关键参数和操作

8.3.2 禁忌表

- ◆ 禁忌对象的选取

情况3：禁忌对象为目标值变化

第1步——

$$x^{now}=(ABCDE), f(x^{now})=45, H=\{45\}$$

$$\text{Can_}N(x^{now})=\{(ABCDE;45), (\underline{ACBDE};43), \\ (ADCBE;45), (ABEDC;59), (ABCED;44)\}。$$

$$x^{next}=(ACBDE)$$

8.3 禁忌搜索的关键参数和操作

8.3.2 禁忌表

- ◆ 禁忌对象的选取

情况3：禁忌对象为目标值变化

第2步——

$$x^{now}=(ACBDE), f(x^{now})=43, H=\{45, 43\}$$

$$\text{Can_}N(x^{now})=\{(ACBDE;43), (ACBED;43), \\ \underline{(ADBCE;44)}, (ABCDE;45), (ACEDB;58)\}。$$

$$x^{next}=(ADBCE)$$

8.3 禁忌搜索的关键参数和操作

8.3.2 禁忌表

- ◆ 禁忌对象的选取

解的简单变化比解的分量变化和目标值变化的受禁范围要小，可能造成计算时间的增加，但也给予了较大的搜索范围；

解分量的变化和目标值变化的禁忌范围大，减少了计算时间，可能导致陷在局部最优点。

8.3 禁忌搜索的关键参数和操作

8.3.2 禁忌表

- ◆ 禁忌长度的选取

- (1) t 可以为常数，易于实现；

- (2) $t \in [t_{\min}, t_{\max}]$ ， t 是可以变化的数， t_{\min} 和 t_{\max} 是确定的。

- t_{\min} 和 t_{\max} 根据问题的规模确定， t 的大小主要依据实际问题、实验和设计者的经验。

- (3) t_{\min} 和 t_{\max} 的动态选择。

8.3 禁忌搜索的关键参数和操作

8.3.2 禁忌表

- ◆ 禁忌长度的选取

禁忌长度过短，一旦陷入局部最优点，出现循环无法跳出；

禁忌长度过长，造成计算时间较大，也可能造成计算无法继续下去。

8.3 禁忌搜索的关键参数和操作

8.3.2 禁忌表

- ◆ 特赦（藐视）原则

（1）基于评价值的规则，若出现一个解的目标值好于前面任何一个最佳候选解，可特赦；

（2）基于最小错误的规则，若所有对象都被禁忌，特赦一个评价值最小的解；

（3）基于影响力的规则，可以特赦对目标值影响大的对象。

8.3 禁忌搜索的关键参数和操作

8.3.3 其他

◆ 候选集合的确定

- (1) 从邻域中选择若干目标值最佳的邻居入选；
- (2) 在邻域中的一部分邻居中选择若干目标值最佳的状态入选；
- (3) 随机选取。

目前广泛采用的策略：

- (1) 最优解优先策略
- (2) 优先改进解策略

8.3 禁忌搜索的关键参数和操作

8.3.3 其他

- ◆ 评价函数

（1）直接评价函数，通过目标函数的运算得到评价函数；

（2）间接评价函数，构造其他评价函数替代目标函数，应反映目标函数的特性，减少计算复杂性。

8.3 禁忌搜索的关键参数和操作

8.3.3 其他

- ◆ 记忆频率信息

可记录的信息：

- (1) 静态频率信息：解、对换或目标值在计算中出现的频率；
- (2) 动态频率信息：从一个解、对换或目标值到另一个解、对换或目标值的变化趋势。

8.3 禁忌搜索的关键参数和操作

8.3.3 其他

- ◆ 记忆频率信息

根据记忆的频率信息（禁忌次数等）来控制禁忌参数（禁忌长度等）。

例如：

如果一个元素或序列重复出现或目标值变化很小，可增加禁忌长度以避免循环；

如果一个最佳目标值出现频率很高，则可以终止计算认为已达到最优值。

8.3 禁忌搜索的关键参数和操作

8.3.3 其他

- ◆ 终止规则

- (1) 确定步数终止，无法保证解的效果，应记录当前最优解；

- (2) 频率控制原则，当某一个解、目标值或元素序列的频率超过一个给定值时，终止计算；

- (3) 目标控制原则，如果在一个给定步数内，当前最优值没有变化，可终止计算。

8.3 禁忌搜索的关键参数和操作

8.3.3 其他

- ◆ 记忆表

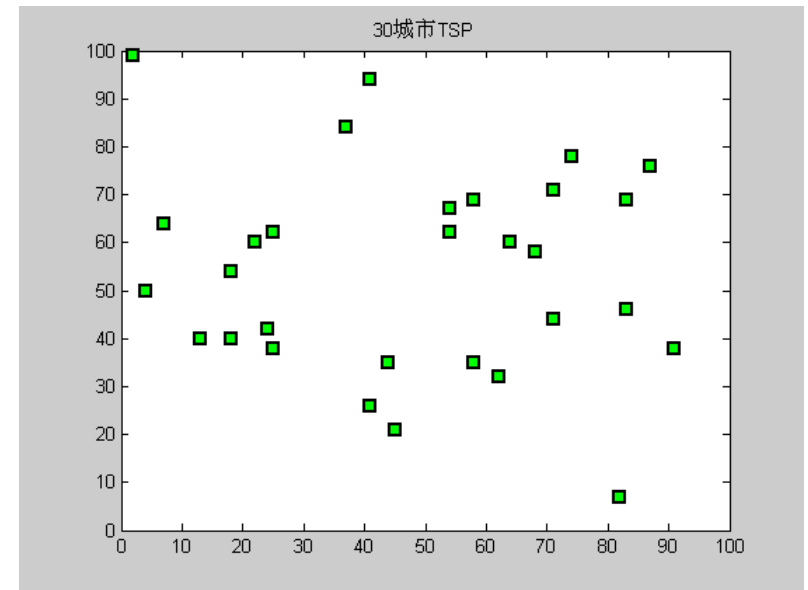
将短期记忆与长期记忆相结合使用，以保持局部的强化和全局多样化之间的平衡。

8.4 禁忌搜索的实现与应用

8.4.1 30城市TSP问题

◆ TSP Benchmark 问题

41 94;37 84;54 67;25 62;
7 64;2 99;68 58;71 44;54
62;83 69;64 60;18 54;22
60;83 46;91 38;25 38;24
42;58 69;71 71;74 78;87
76;18 40;13 40;82 7;62 32;
58 35;45 21;41 26;44 35;4 50



8.4 禁忌搜索的实现与应用

8.4.1 30城市TSP问题

- ◆ 初始条件

禁忌长度为50

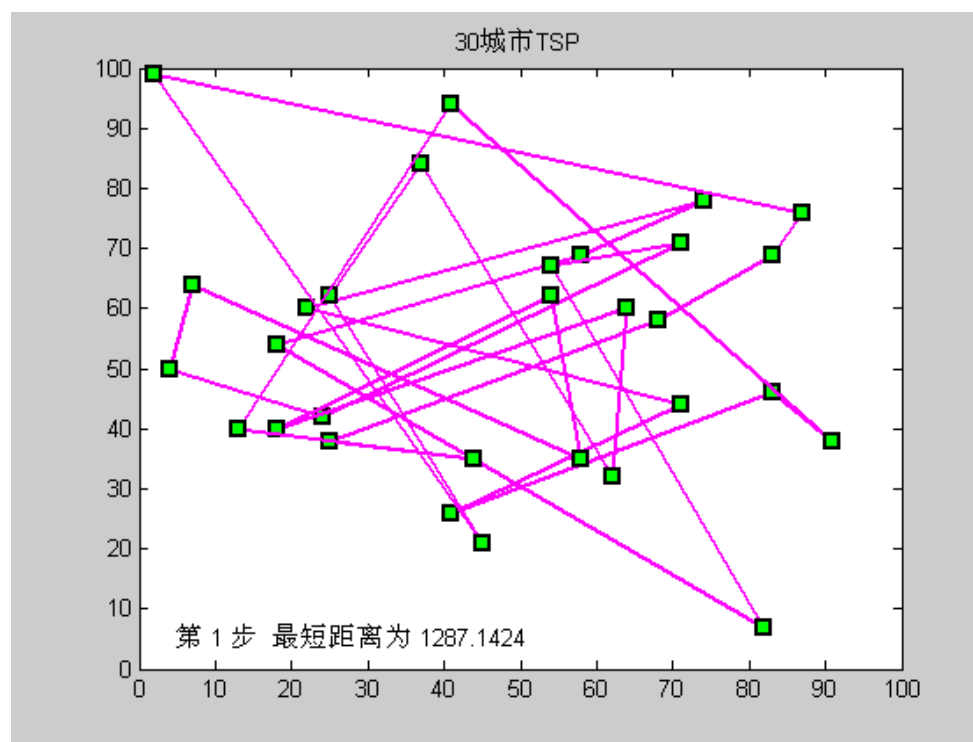
从2-opt邻域中随机选择200个邻域解，选出其中100个最佳解组成候选集

终止步数2000

8.4 禁忌搜索的实现与应用

8.4.1 30城市TSP问题

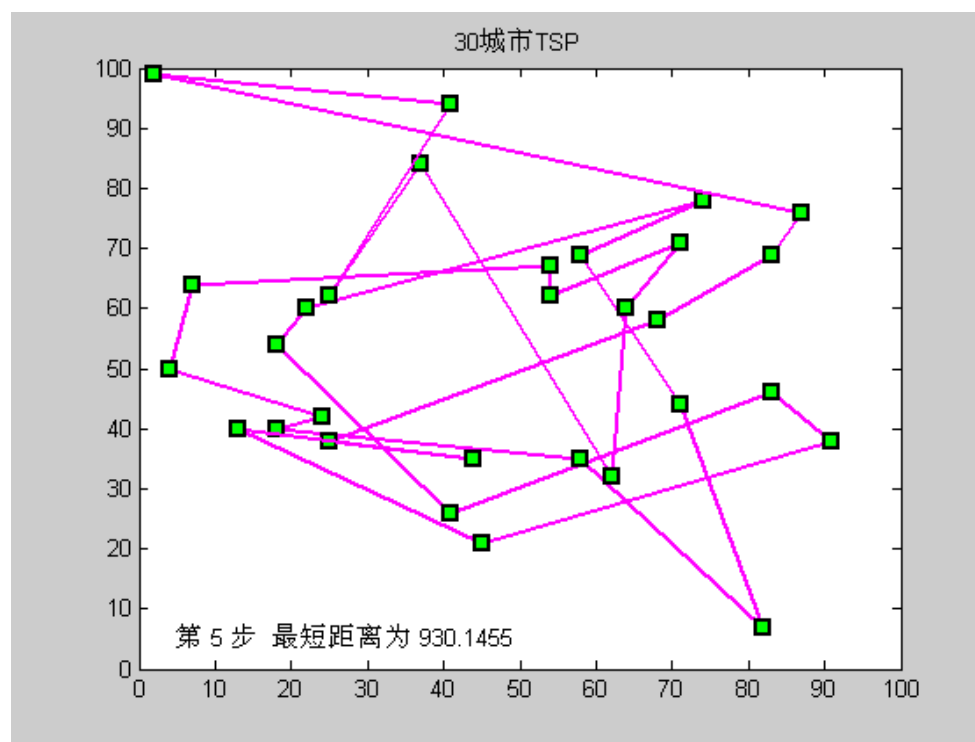
- ◆ 运行过程



8.4 禁忌搜索的实现与应用

8.4.1 30城市TSP问题

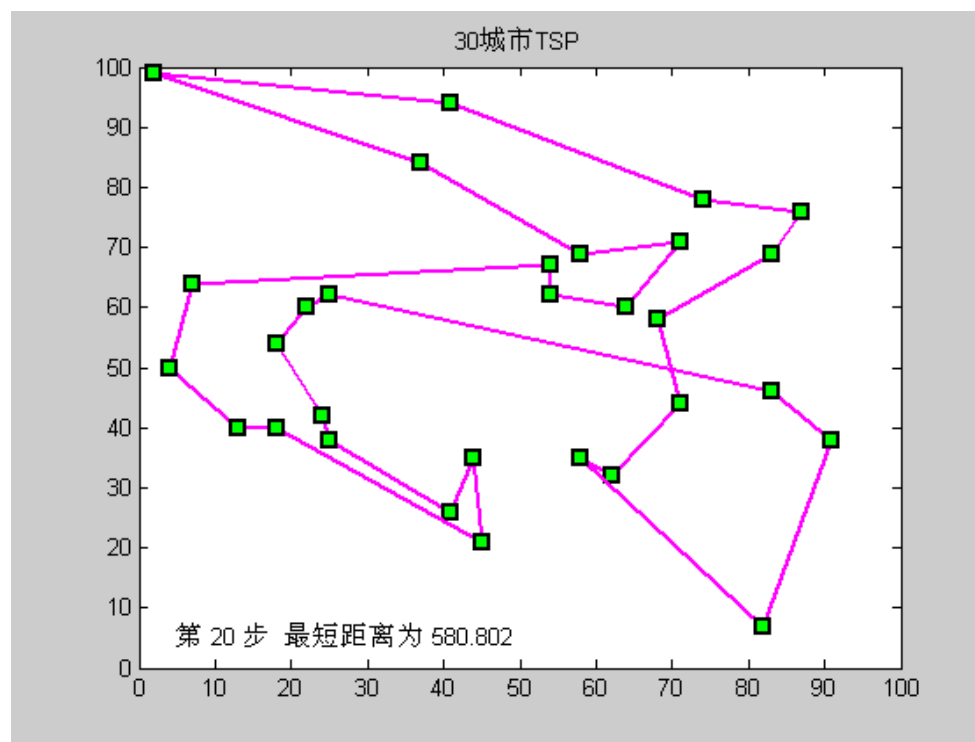
- ◆ 运行过程



8.4 禁忌搜索的实现与应用

8.4.1 30城市TSP问题

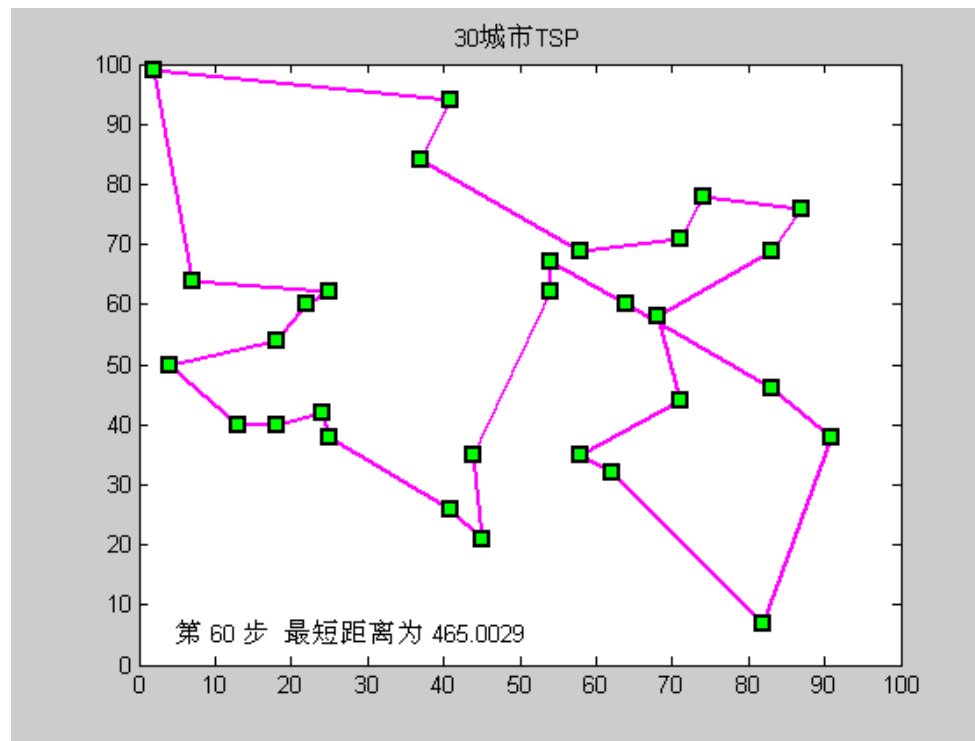
- ◆ 运行过程



8.4 禁忌搜索的实现与应用

8.4.1 30城市TSP问题

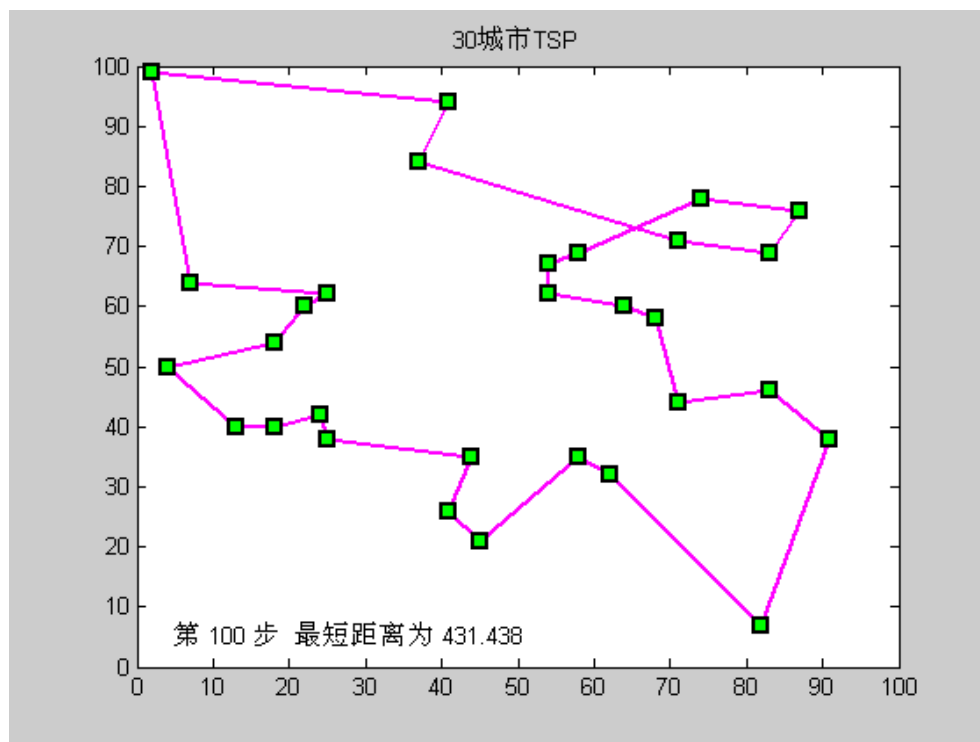
- 运行过程



8.4 禁忌搜索的实现与应用

8.4.1 30城市TSP问题

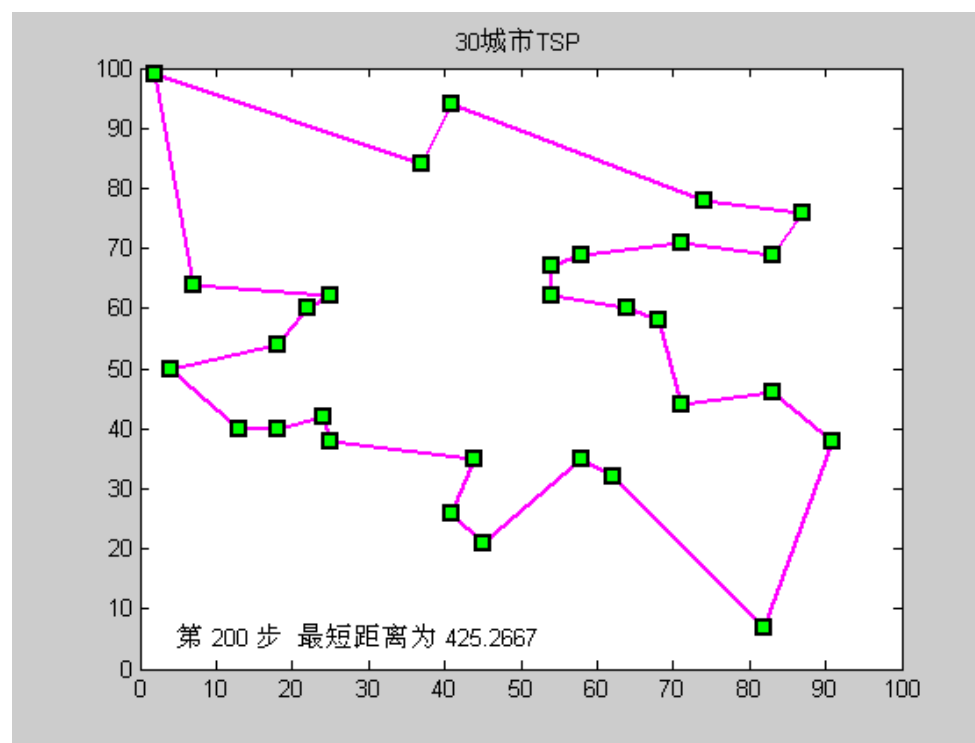
- 运行过程



8.4 禁忌搜索的实现与应用

8.4.1 30城市TSP问题

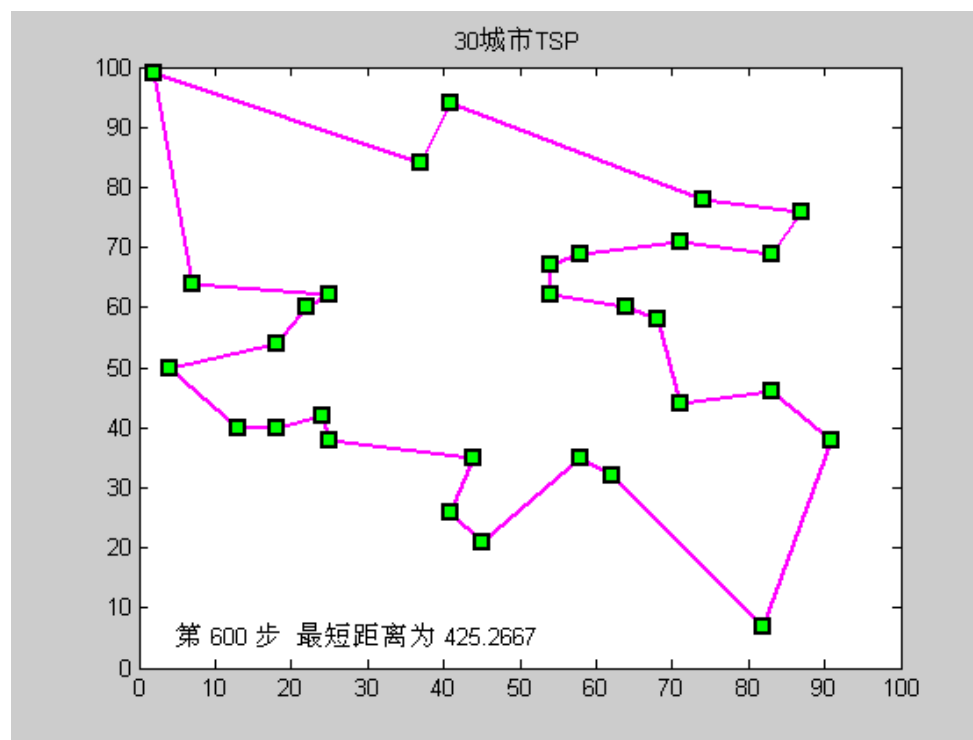
- 运行过程



8.4 禁忌搜索的实现与应用

8.4.1 30城市TSP问题

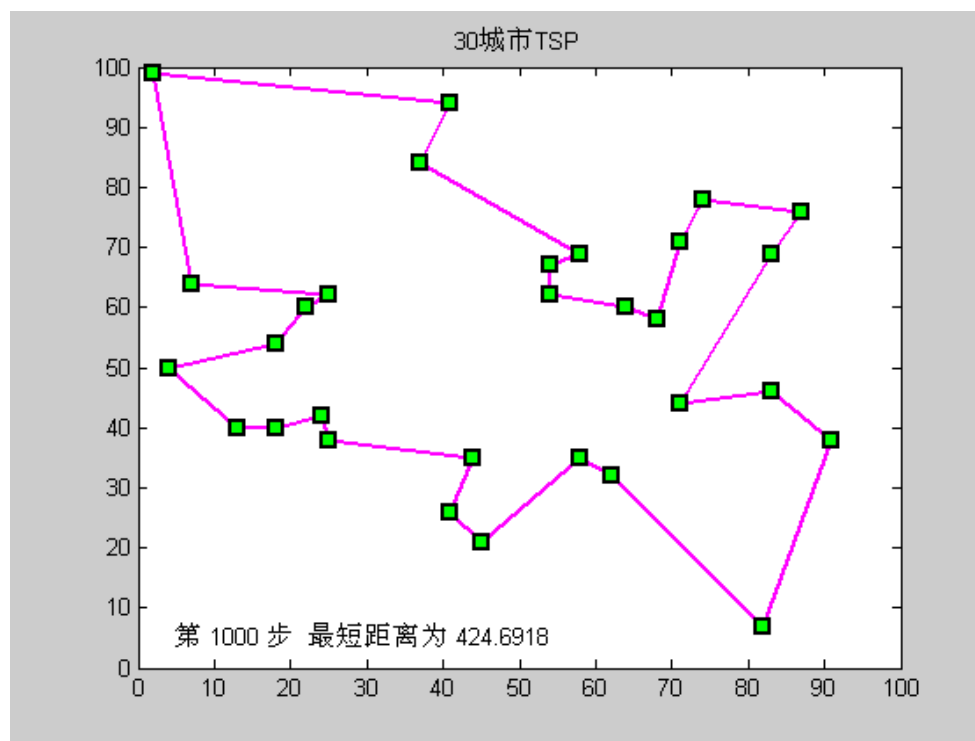
- 运行过程



8.4 禁忌搜索的实现与应用

8.4.1 30城市TSP问题

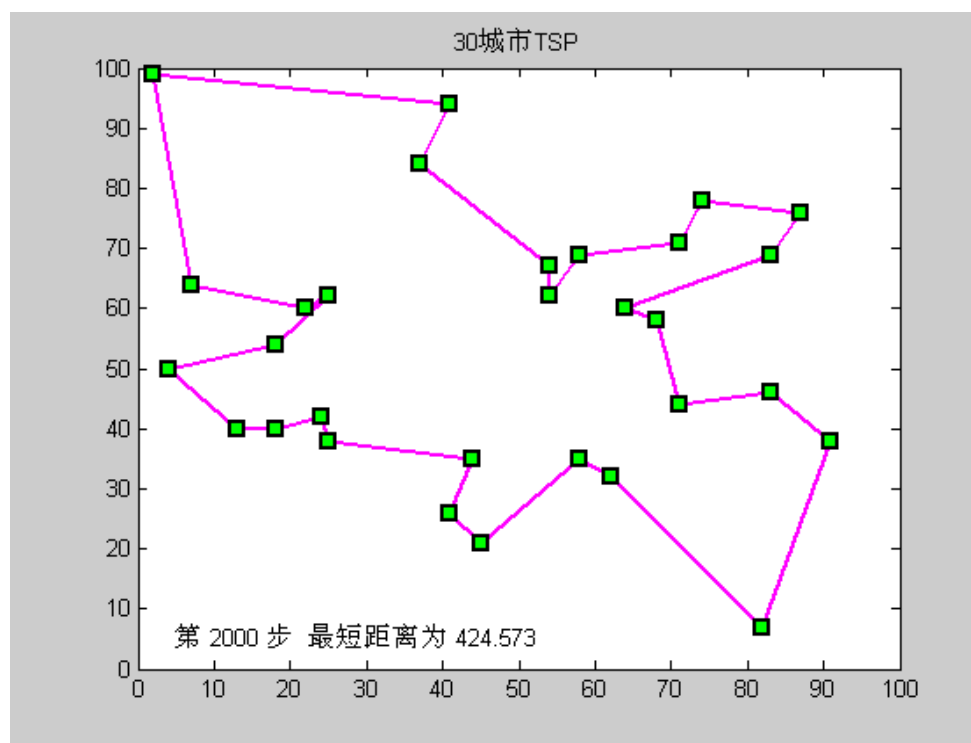
- 运行过程



8.4 禁忌搜索的实现与应用

8.4.1 30城市TSP问题

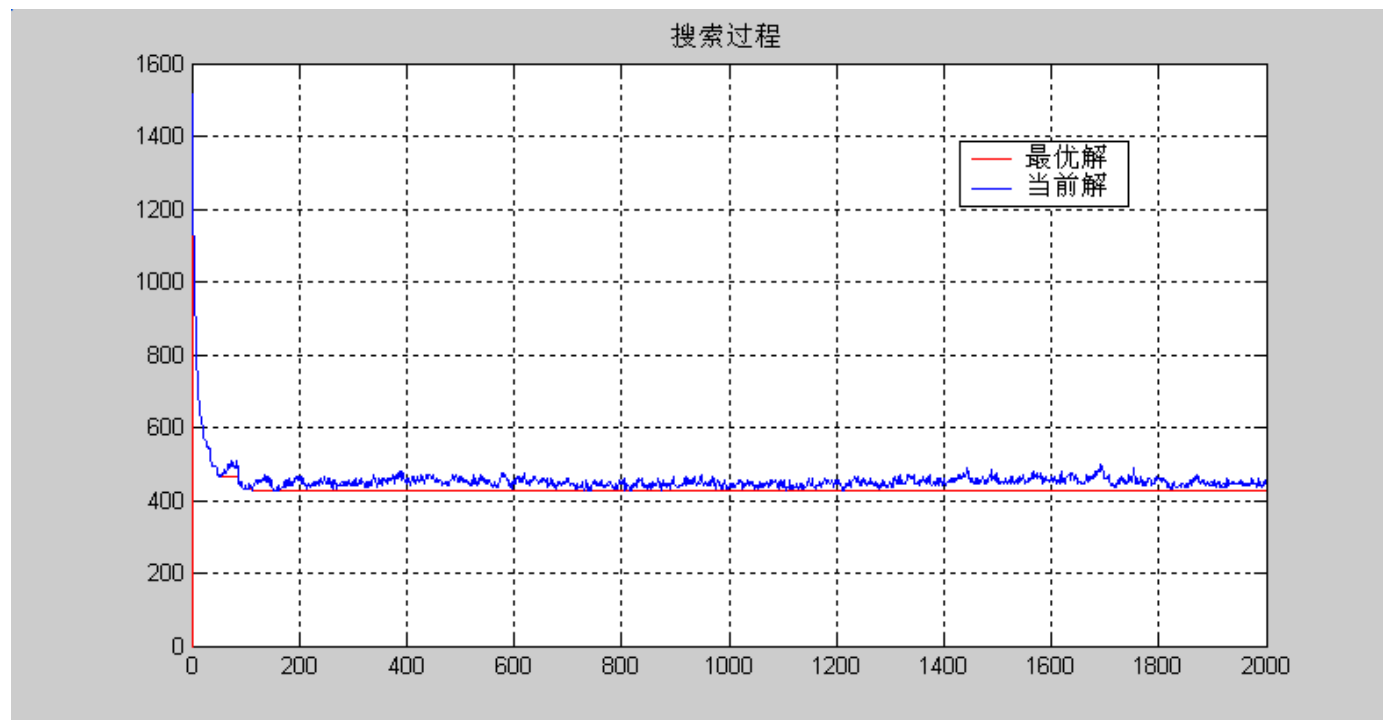
- 运行过程



8.4 禁忌搜索的实现与应用

8.4.1 30城市TSP问题

- ◆ 运行过程



8.4 禁忌搜索的实现与应用

8.4.1 30城市TSP问题

- ◆ 初始条件

禁忌长度为10

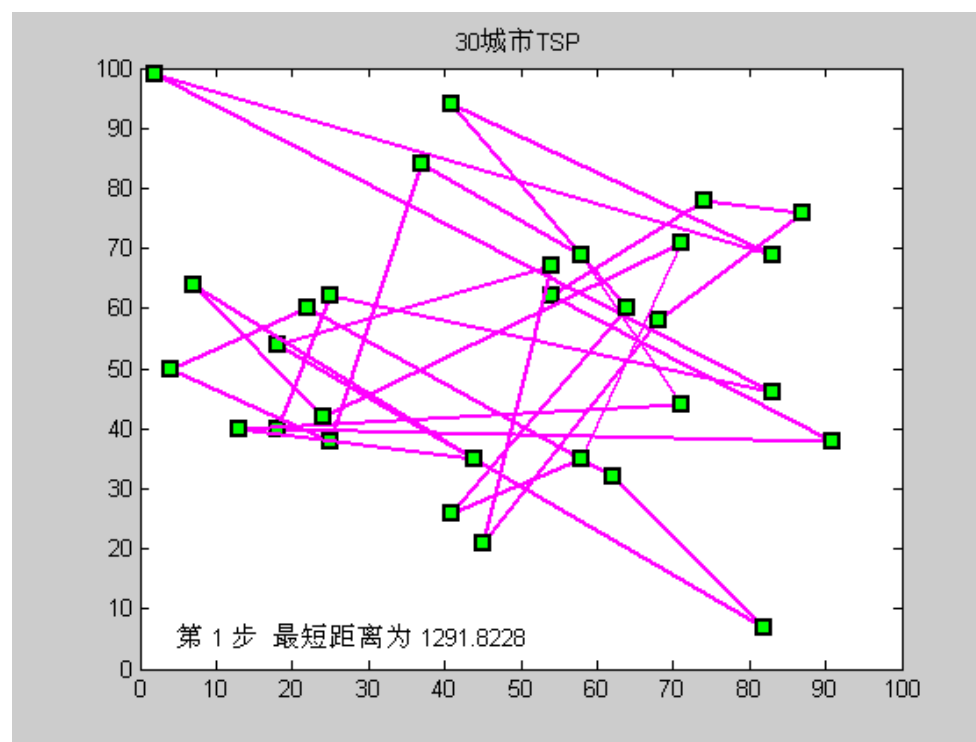
从2-opt邻域中随机选择200个邻域解，选出其中100个最佳解组成候选集

终止步数2000

8.4 禁忌搜索的实现与应用

8.4.1 30城市TSP问题

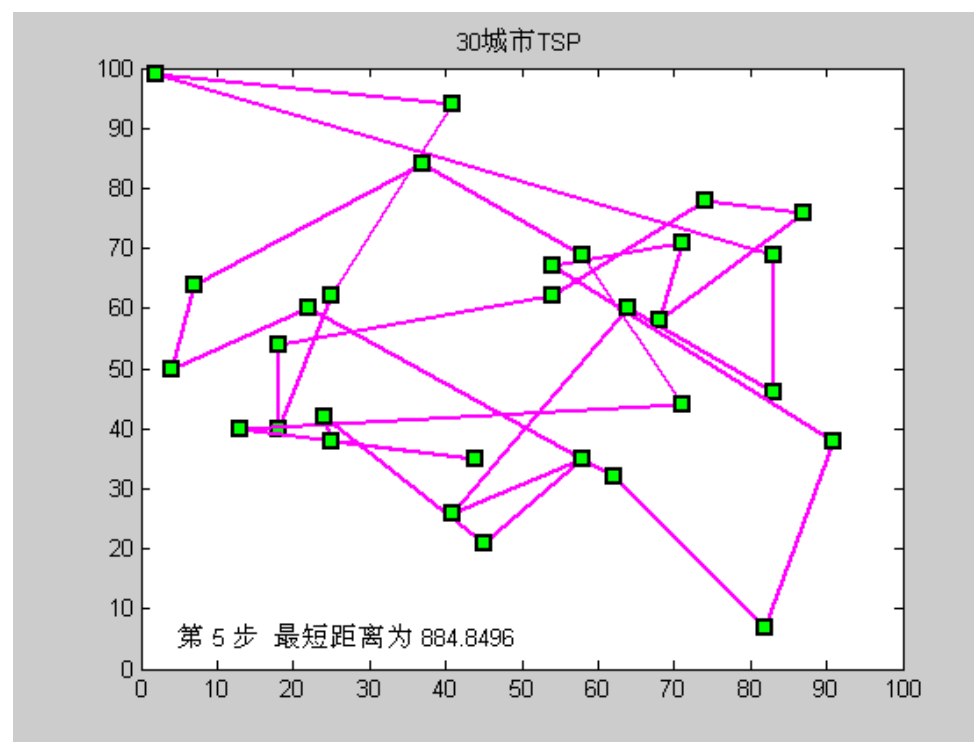
- ◆ 运行过程



8.4 禁忌搜索的实现与应用

8.4.1 30城市TSP问题

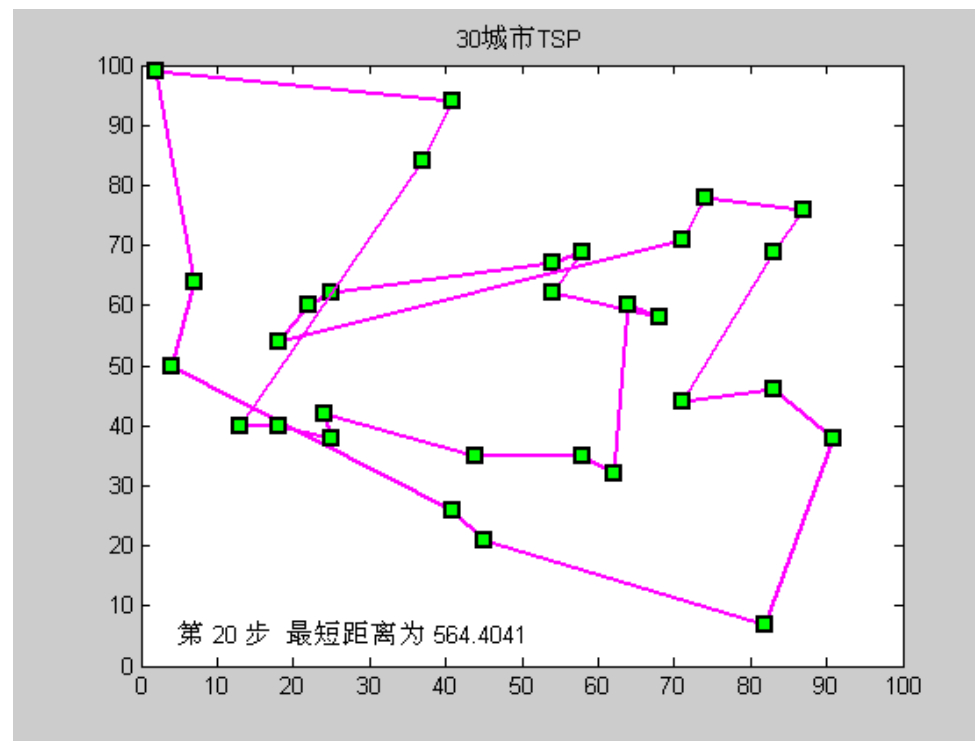
- ◆ 运行过程



8.4 禁忌搜索的实现与应用

8.4.1 30城市TSP问题

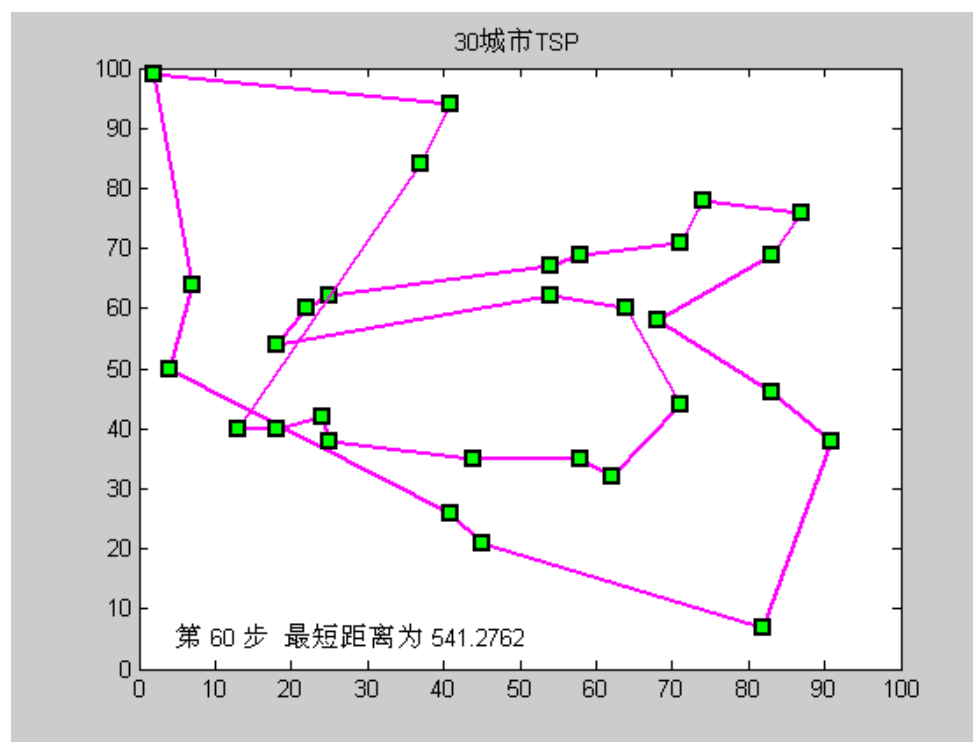
- 运行过程



8.4 禁忌搜索的实现与应用

8.4.1 30城市TSP问题

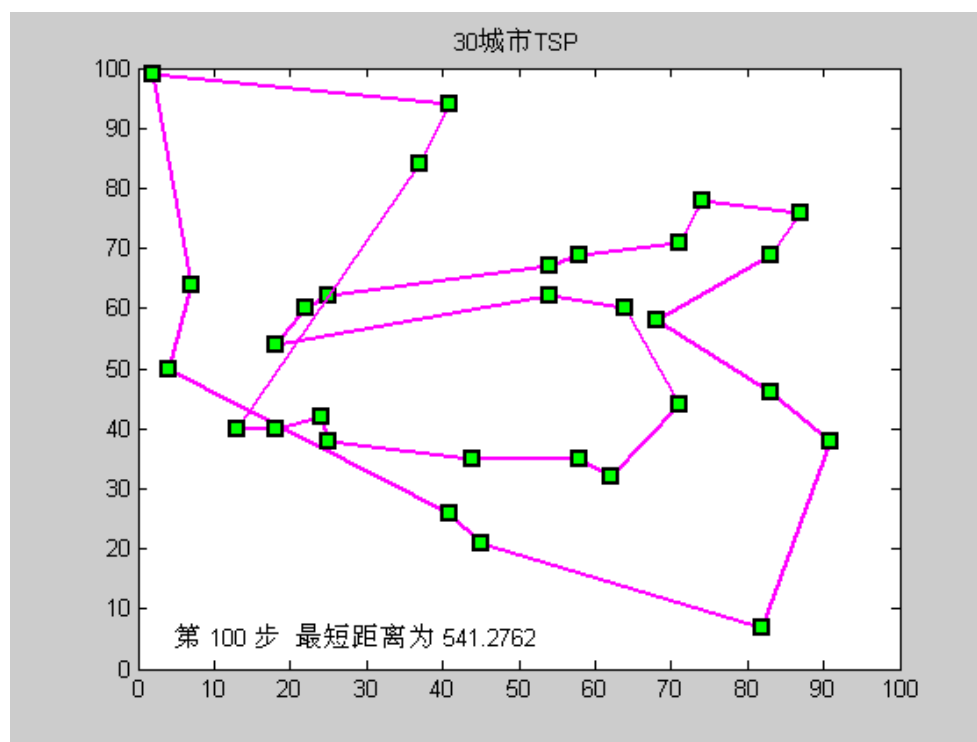
- ◆ 运行过程



8.4 禁忌搜索的实现与应用

8.4.1 30城市TSP问题

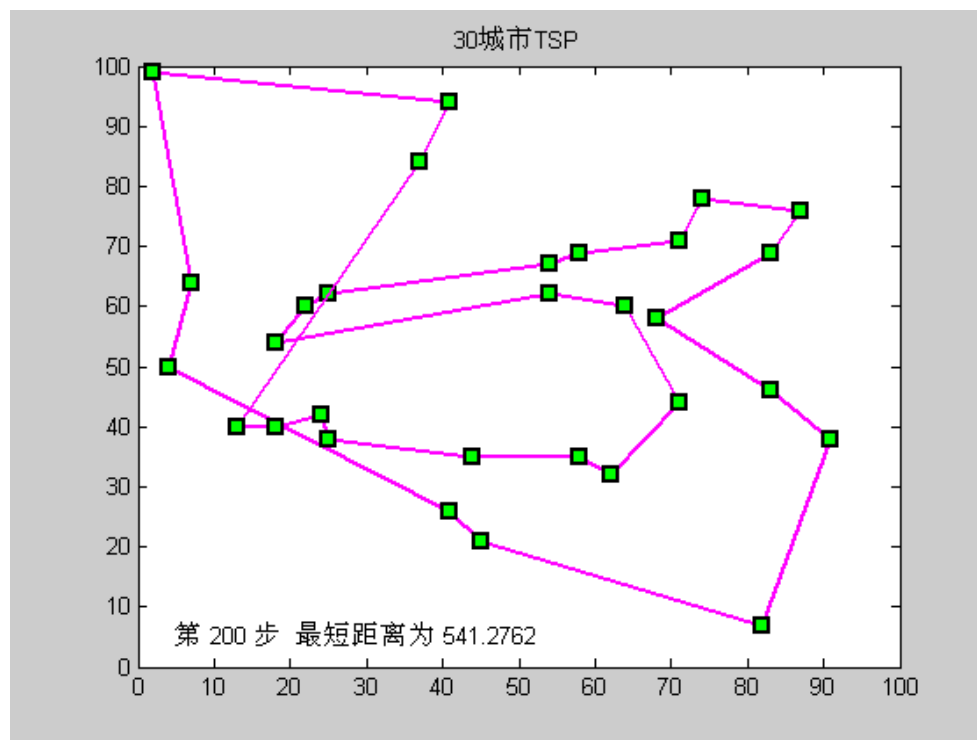
- 运行过程



8.4 禁忌搜索的实现与应用

8.4.1 30城市TSP问题

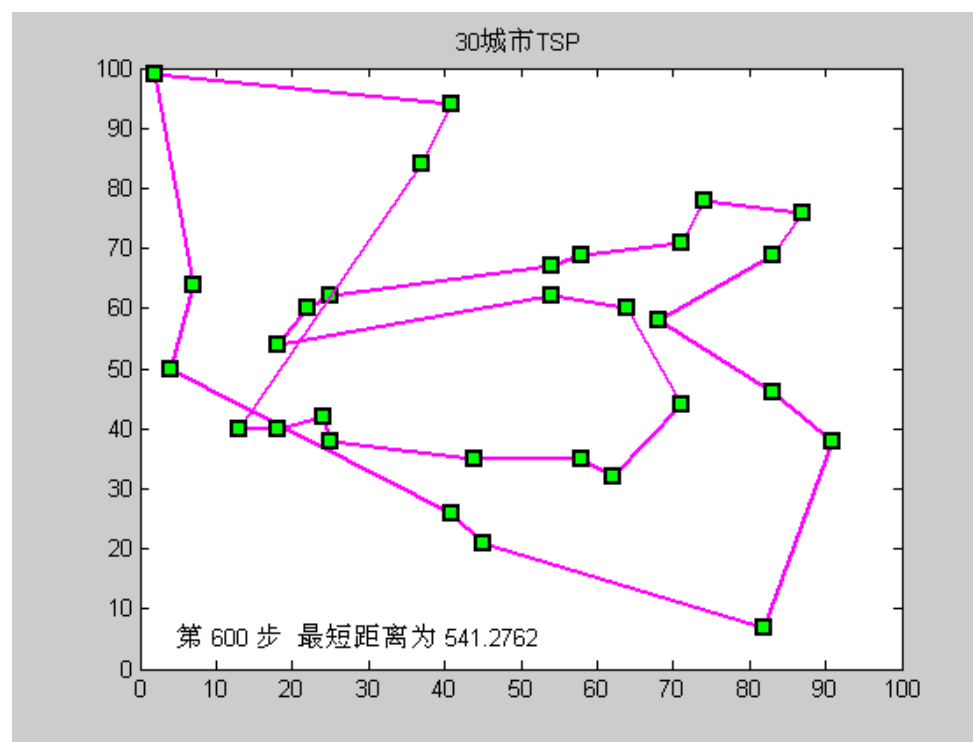
- 运行过程



8.4 禁忌搜索的实现与应用

8.4.1 30城市TSP问题

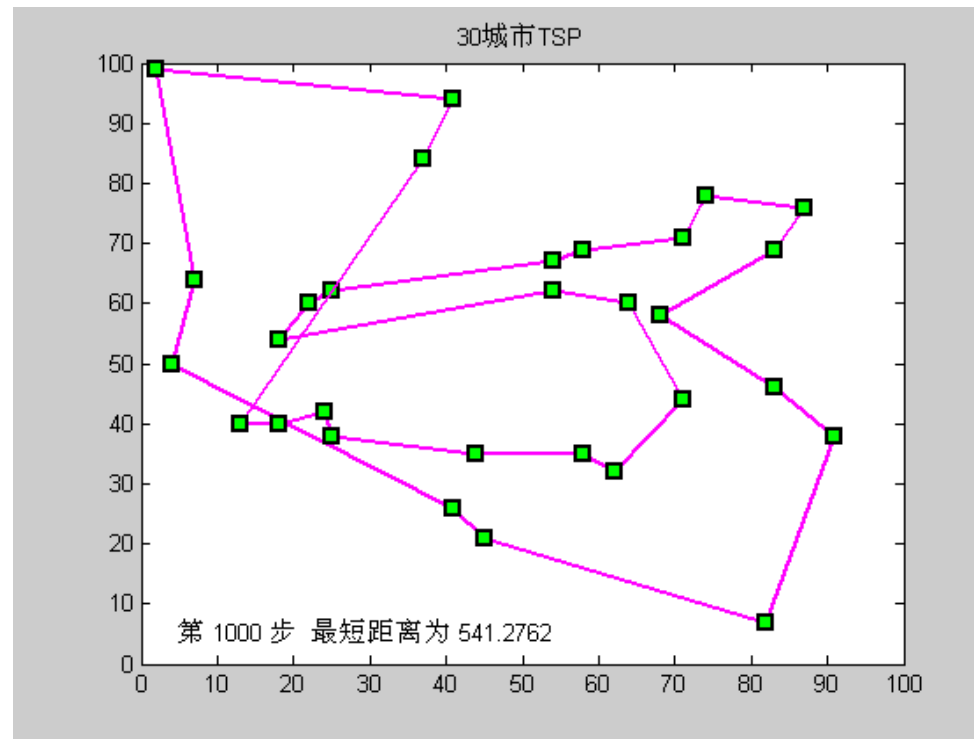
- ◆ 运行过程



8.4 禁忌搜索的实现与应用

8.4.1 30城市TSP问题

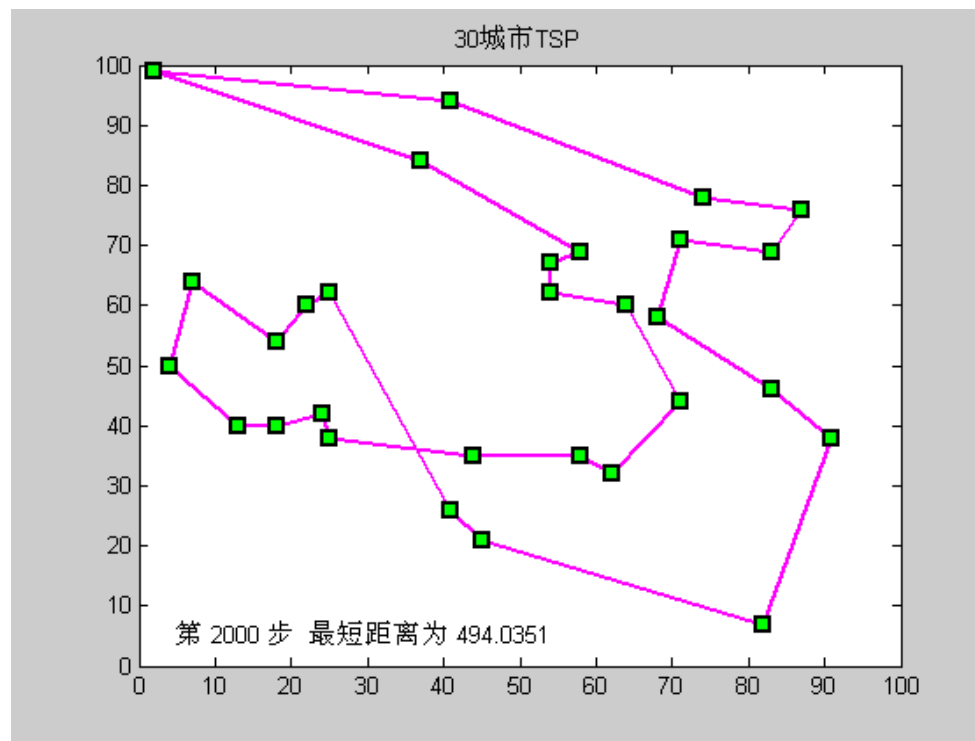
- ◆ 运行过程



8.4 禁忌搜索的实现与应用

8.4.1 30城市TSP问题

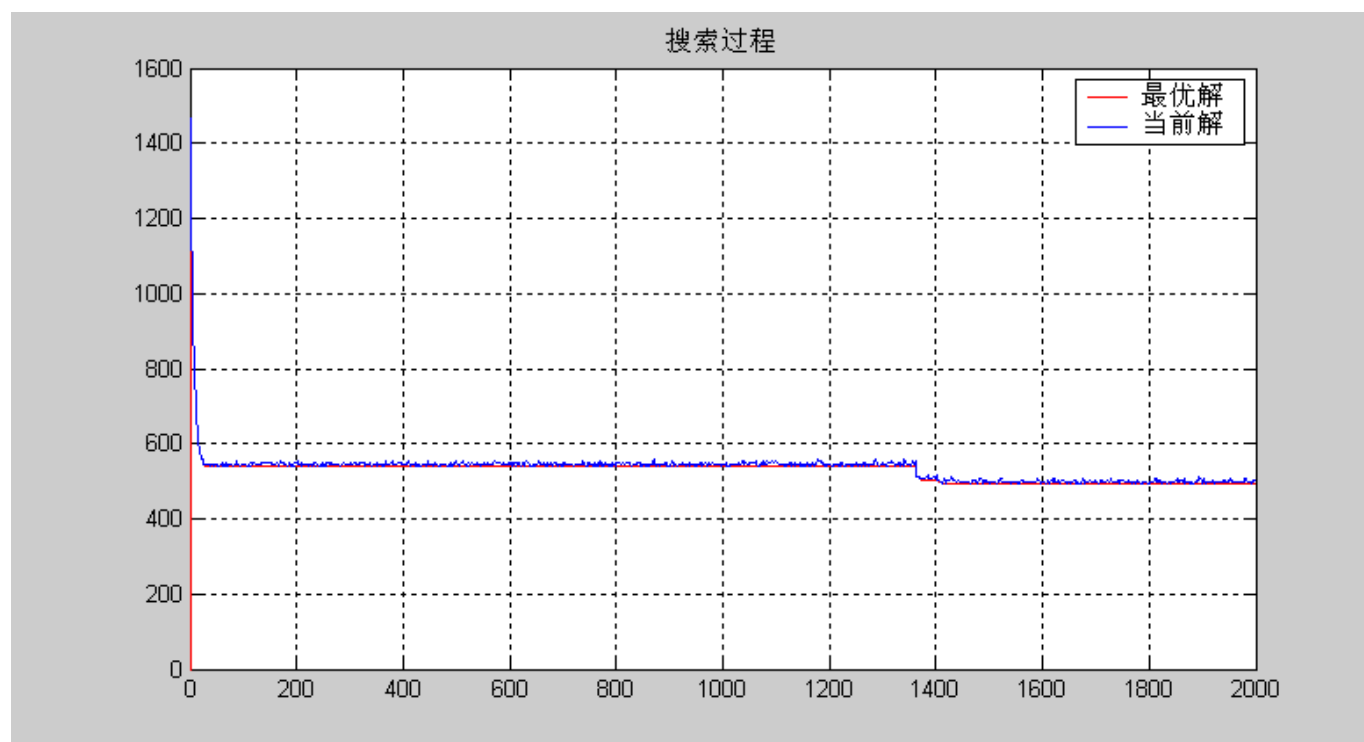
◆ 运行过程



8.4 禁忌搜索的实现与应用

8.4.1 30城市TSP问题

- 运行过程



8.4 禁忌搜索的实现与应用

8.4.1 30城市TSP问题

◆ 运行过程比较

