

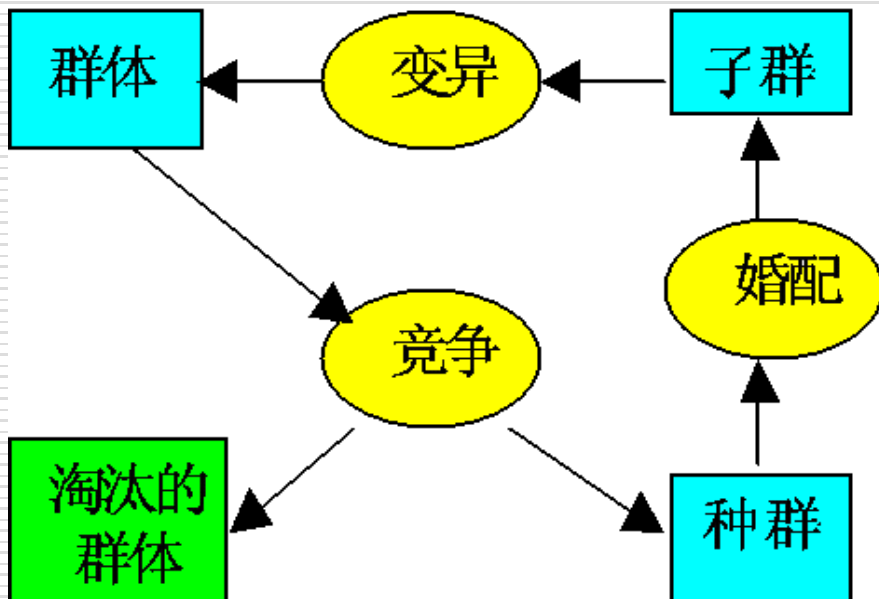
第9章 遗传算法及其应用



第9章 遗传算法及其应用

□ **遗传算法** (Genetic Algorithms, GA):一类借鉴生物界**自然选择**和**基因遗传学原理**的**随机搜索算法**。

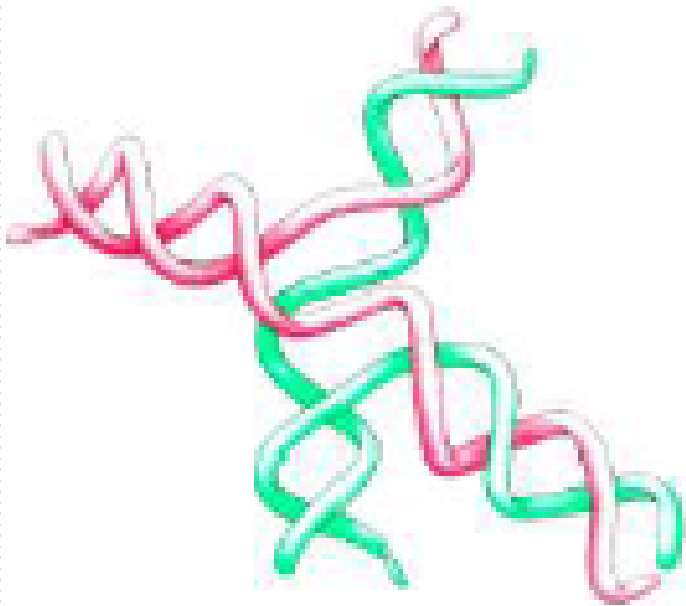
- **自然选择**: 生物在自然界的生存环境中适者生存, 不适者被淘汰的过程。
- **遗传**: 子代总是与亲代 (父代) 相似。



第9章 遗传算法及其应用

□ **遗传算法** (Genetic Algorithms, GA):一类借鉴生物界**自然选择**和**基因遗传学原理**的**随机搜索算法**。

- **自然选择**: 生物在自然界的生存环境中适者生存, 不适者被淘汰的过程。
- **遗传**: 子代总是与亲代 (父代) 相似。

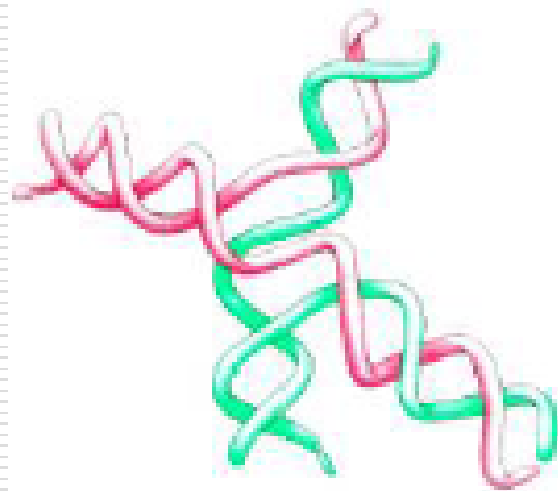
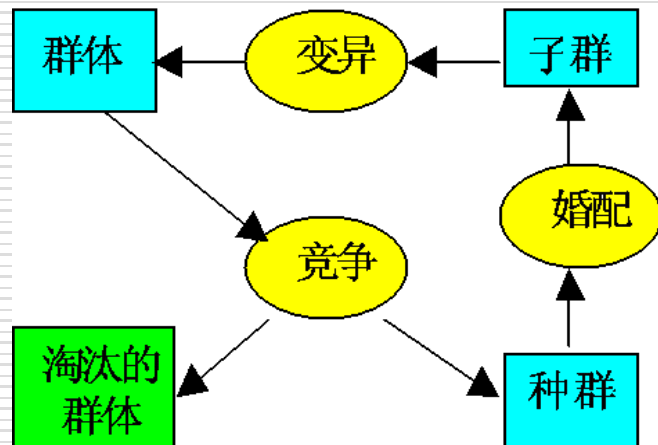


- **染色体(chromosome)**: 生物的遗传物质的主要载体;
- **基因(gene)**: 扩展生物性状的遗传物质的功能单元和结构单位;
- **基因座(locus)**: 染色体中基因的位置;
- **等位基因(alleles)** : 基因所取的值。

第9章 遗传算法及其应用

□ 遗传算法 (Genetic Algorithms, GA)

- **实现:** 在计算机上模拟生物的进化过程和基因的操作 (复制、交叉、变异)。
- **研究目的:**
 - 抽象和严谨地解释自然界的适应过程;
 - 将自然生物系统的重要机理运用到人工系统的设计中。



第9章 遗传算法及其应用

- ✓ 9.1 遗传算法的产生与发展
- 9.2 遗传算法的基本算法
- 9.3 遗传算法的改进算法
- 9.4 遗传算法的应用

9.1 遗传算法的产生与发展

□ 1. 遗传算法的发展概况

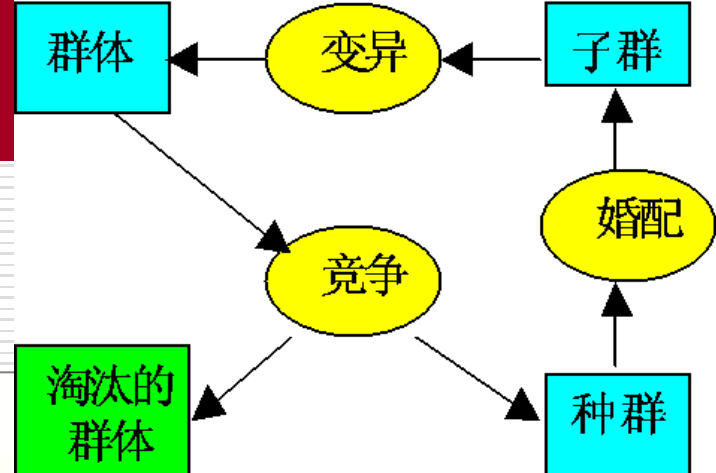
- **起源（20世纪40年代）**：从生物学的角度进行生物的进化过程模拟、遗传过程等研究工作。
- **产生（20世纪60年代）**：
 - 1962年，Fraser提出自然遗传算法。
 - 1965年，**Holland**首次提出人工遗传操作的重要性。
 - 1967年，Bagley首次提出遗传算法这一术语。
 - 1970年，Cavicchio把遗传算法应用于模式识别中。
 - 1971年，Hollstien在论文《计算机控制系统中人工遗传自适应方法》中阐述了遗传算法用于数字反馈控制的方法。

9.1 遗传算法的产生与发展

1. 遗传算法的发展概况

产生（20世纪60年代）：

- 1975年，Holland出版《Adaption in Natural and Artificial System》，阐述了遗传算法的基本理论和方法，提出**模式定理及其证明**，奠定了遗传算法的理论基础；
- 1975年，DeJong 完成重要论文《遗传自适应系统的行为分析》，进行了大量纯数值函数优化计算实验，建立De Jong 五函数测试平台。



9.1 遗传算法的产生与发展

□ 1. 遗传算法的发展概况

■ 发展 (20世纪80年代后):

- 1983年, Holland的学生Goldberg将遗传算法用于管道煤气系统的优化。
- 1989年, Goldberg出版《搜索、优化和机器学习中的遗传算法》, 奠定了现代遗传算法的科学基础。
- 1991年, Davis出版《遗传算法手册》一书, 为推广和普及遗传算法的应用起到了重要的指导作用。
- 1992年, Koza将遗传算法应用于计算机程序的优化设计及自动生成, 提出遗传编程的概念。

9.1 遗传算法的产生与发展

□ 2. 遗传算法的应用

应用领域	说明
控制	煤气管道控制，防避导弹控制，机器人控制
规划	生产规划，并行机任务分配
设计	VLSI 布局，背包问题，图划分问题
图像处理	模式识别，特征抽取
信号处理	滤波器设计
机器人	路径规划
人工生命	生命的遗传进化
人工神经网络	权值训练和网络结构生成

第9章 遗传算法及其应用

□ 9.1 遗传算法的产生与发展

□ 9.2 遗传算法的基本算法

● 9.2.1 遗传算法的基本操作

● 9.2.2 遗传算法的设计与实现

□ 9.3 遗传算法的改进算法

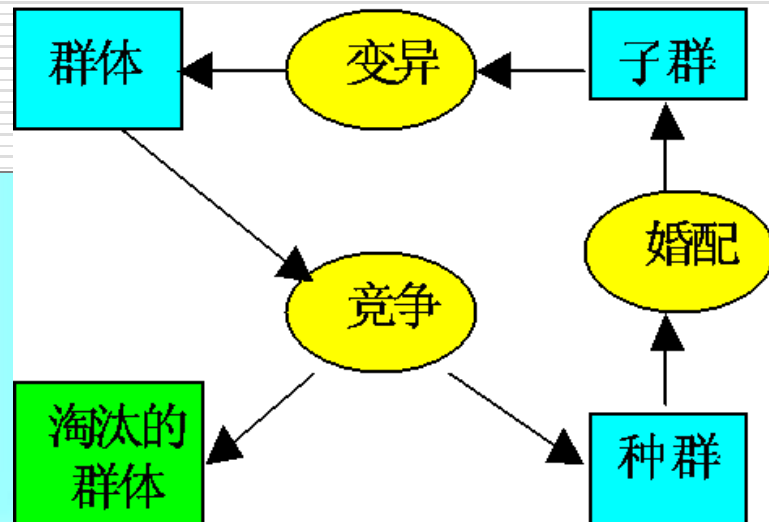
□ 9.4 遗传算法的应用

9.2.1 遗传算法的基本操作

1. 遗传算法的生物遗传学基础

- 1) 遗传——基础
- 2) 变异——条件
- 3) 选择——方向

- 选择通过遗传和变异起作用，变异为选择提供资料，遗传巩固与积累选择的资料；
- 选择控制变异与遗传的方向，使变异和遗传向着适应环境方向发展。

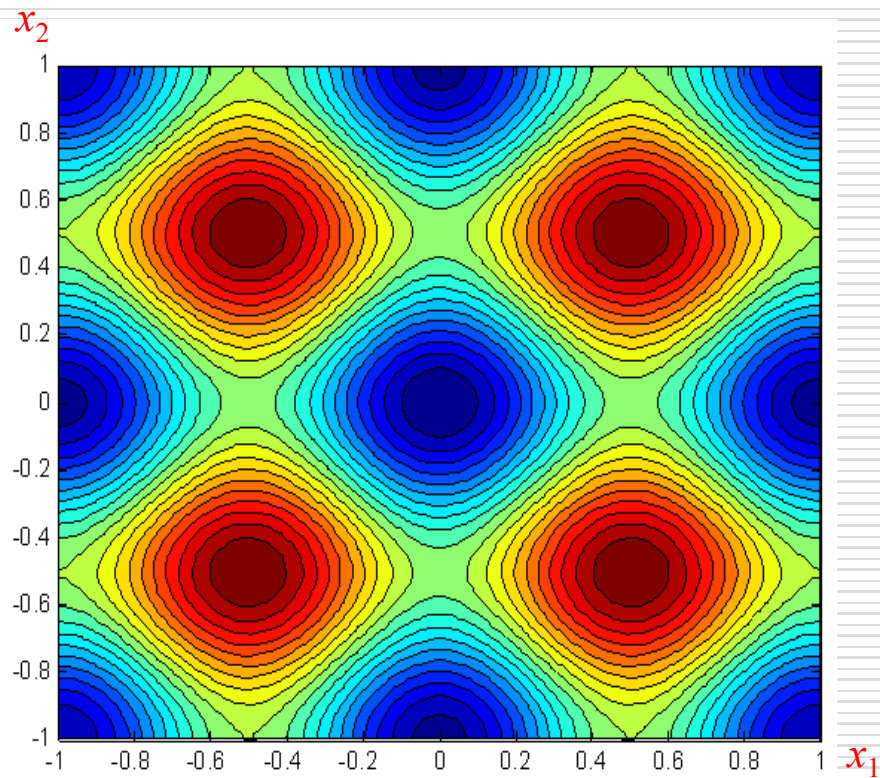
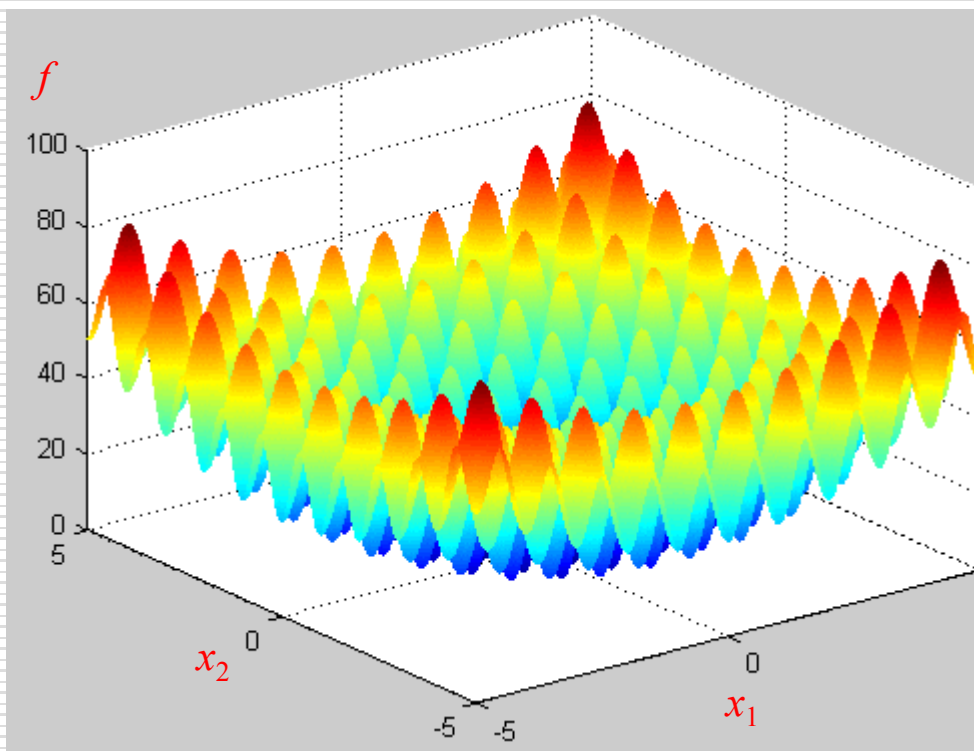


9.2.1 遗传算法的基本操作

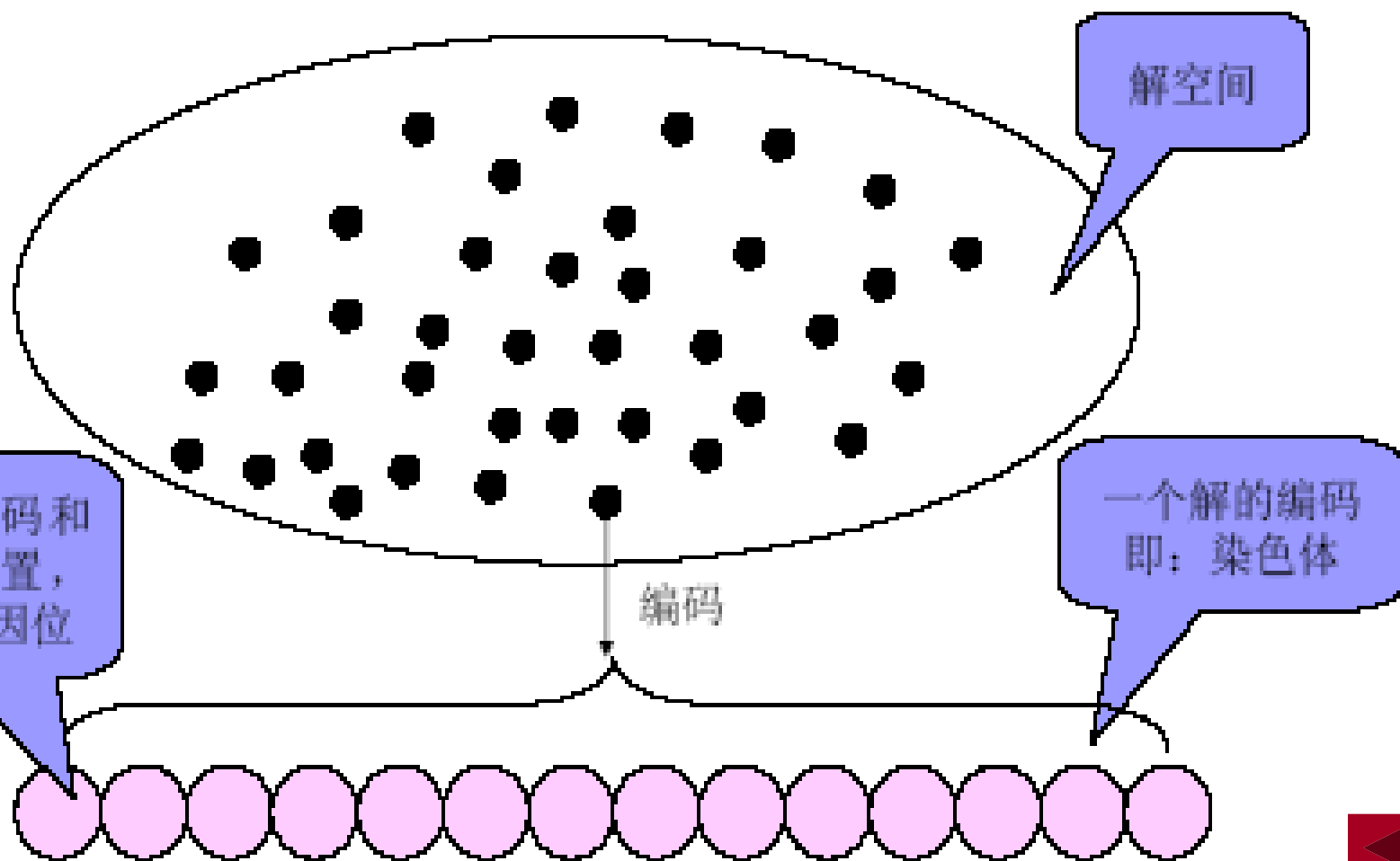
生物遗传概念	遗传算法中的应用
环境	问题
个体 (Individual) / 染色体 (Chromosome)	问题的一个解/ 解的编码 (字符串、向量等)
基因 (Gene)	编码的元素
群体 (Population)	被选定的一组解 (解的个数为 群体的规模)
交叉 (Crossover)	选择两个染色体进行交叉产生一组新的染色体的过程
变异 (Mutation)	编码的某些分量发生变化的过程
适应性 (Fitness)	适应度函数 (对应问题的目标函数) 值
选择 (Selection) / 适者生存	适应度函数值大的解被保留的概率大

□ 例：用遗传算法求解下面一个Rastrigin函数的最小值。

$$f(x_1, x_2) = 20 + x_1^2 + x_2^2 - 10(\cos 2\pi x_1 + \cos 2\pi x_2)$$
$$-5 \leq x_i \leq 5 \quad i = 1, 2$$



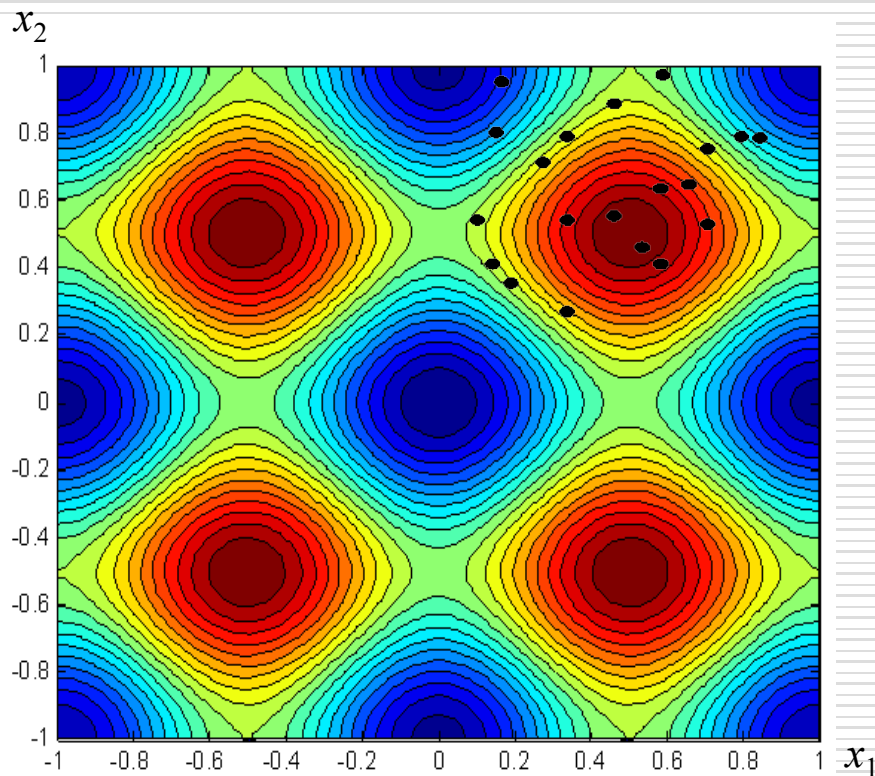
解的编码 - GA的基础



□ 例：用遗传算法求解下面一个Rastrigin函数的最小值。

$$f(x_1, x_2) = 20 + x_1^2 + x_2^2 - 10(\cos 2\pi x_1 + \cos 2\pi x_2)$$
$$-5 \leq x_i \leq 5 \quad i = 1, 2$$

□ 初始种群:

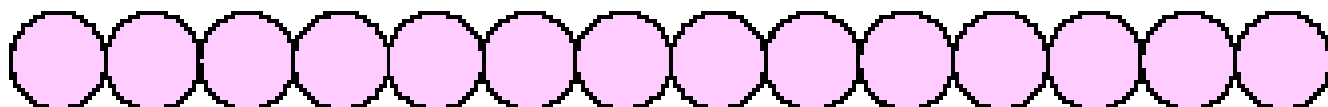


初始化——Initialization

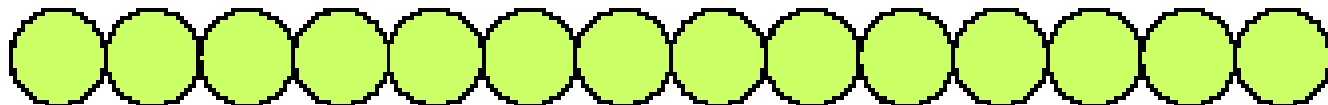
解的编号

解的编码 (染色体)

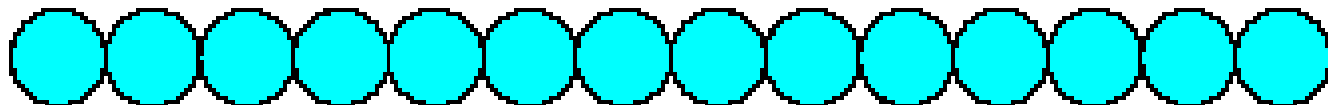
1



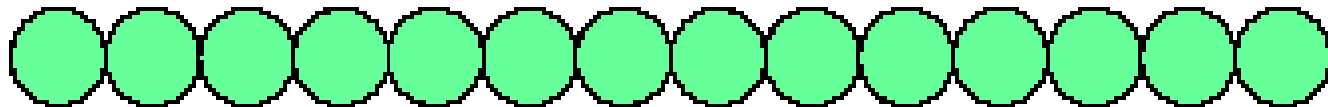
2



3



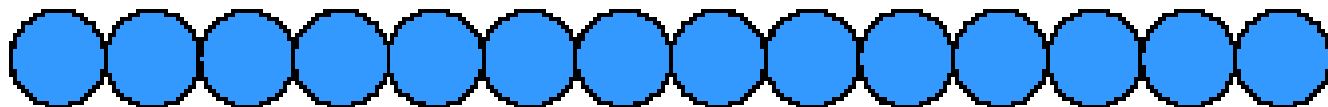
4



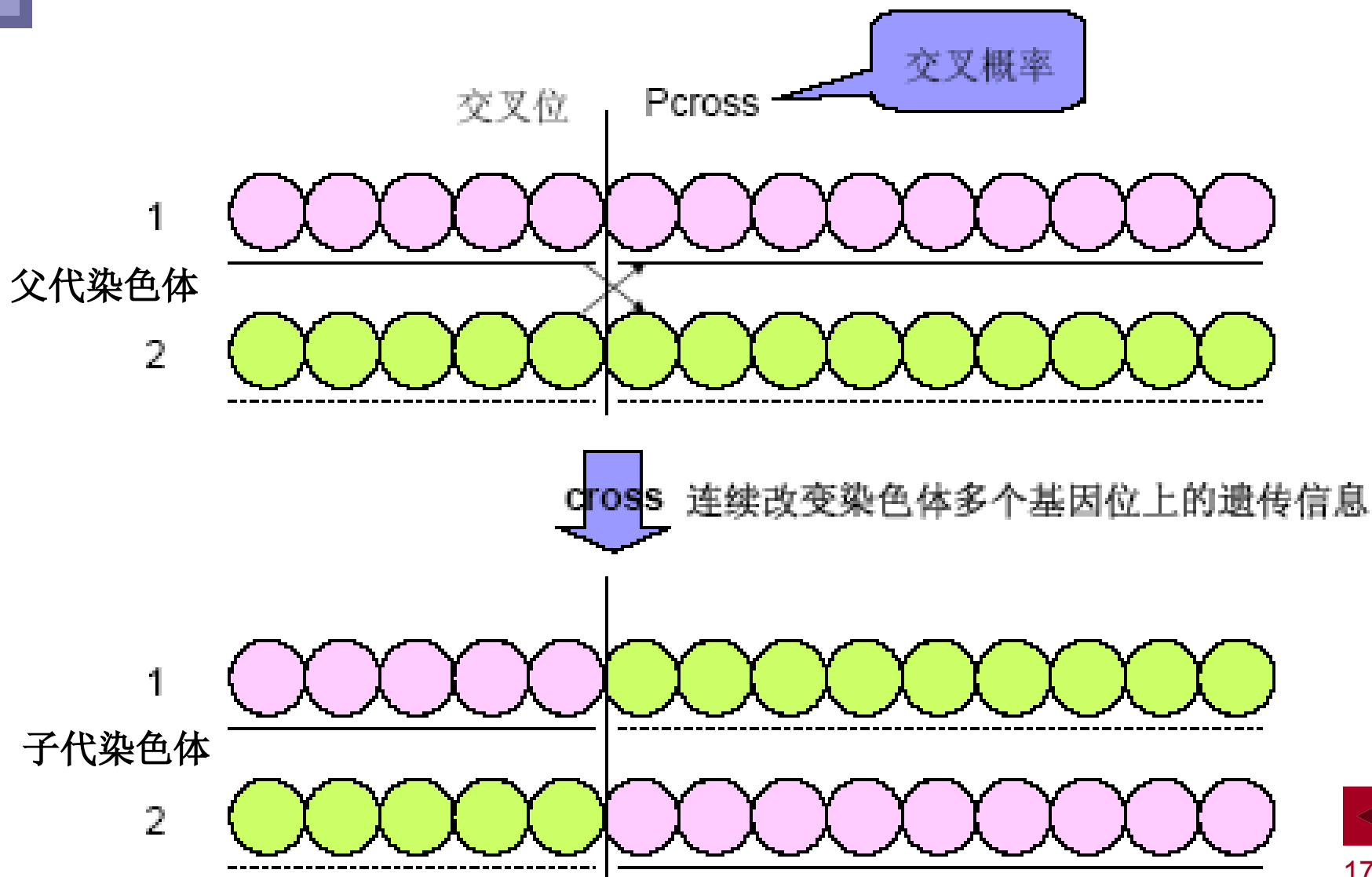
...

群体规模

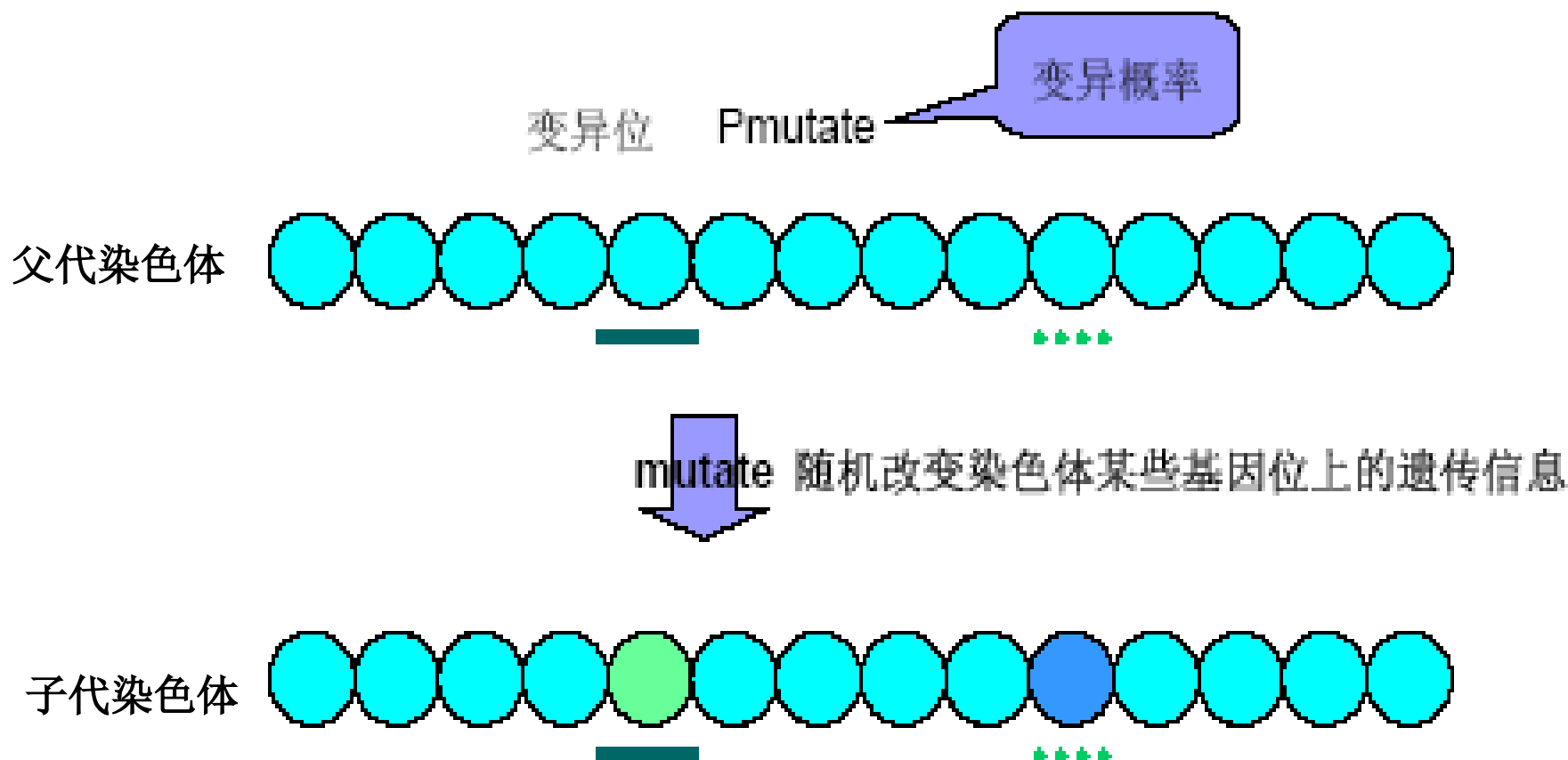
POP



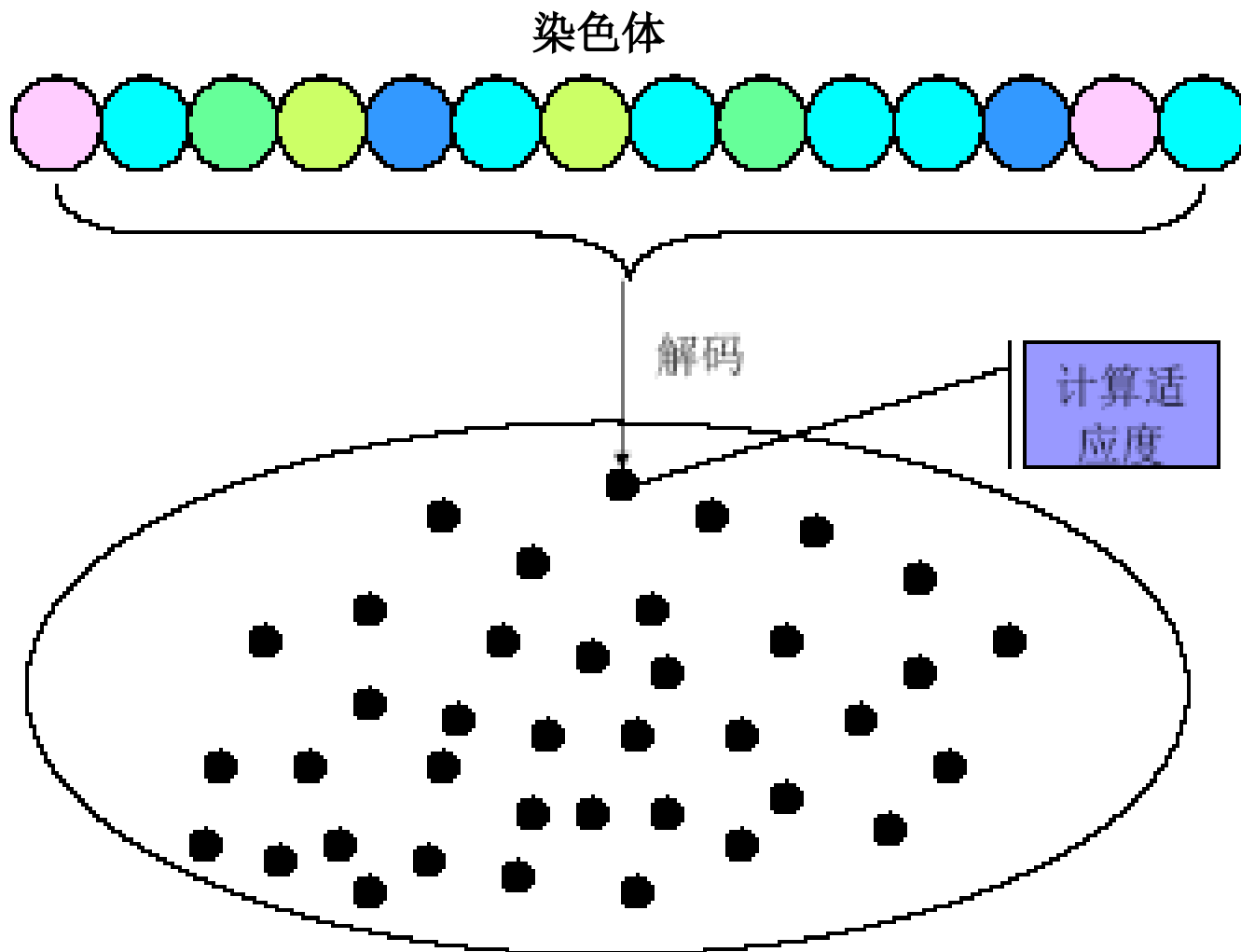
交叉操作— Crossover Operator



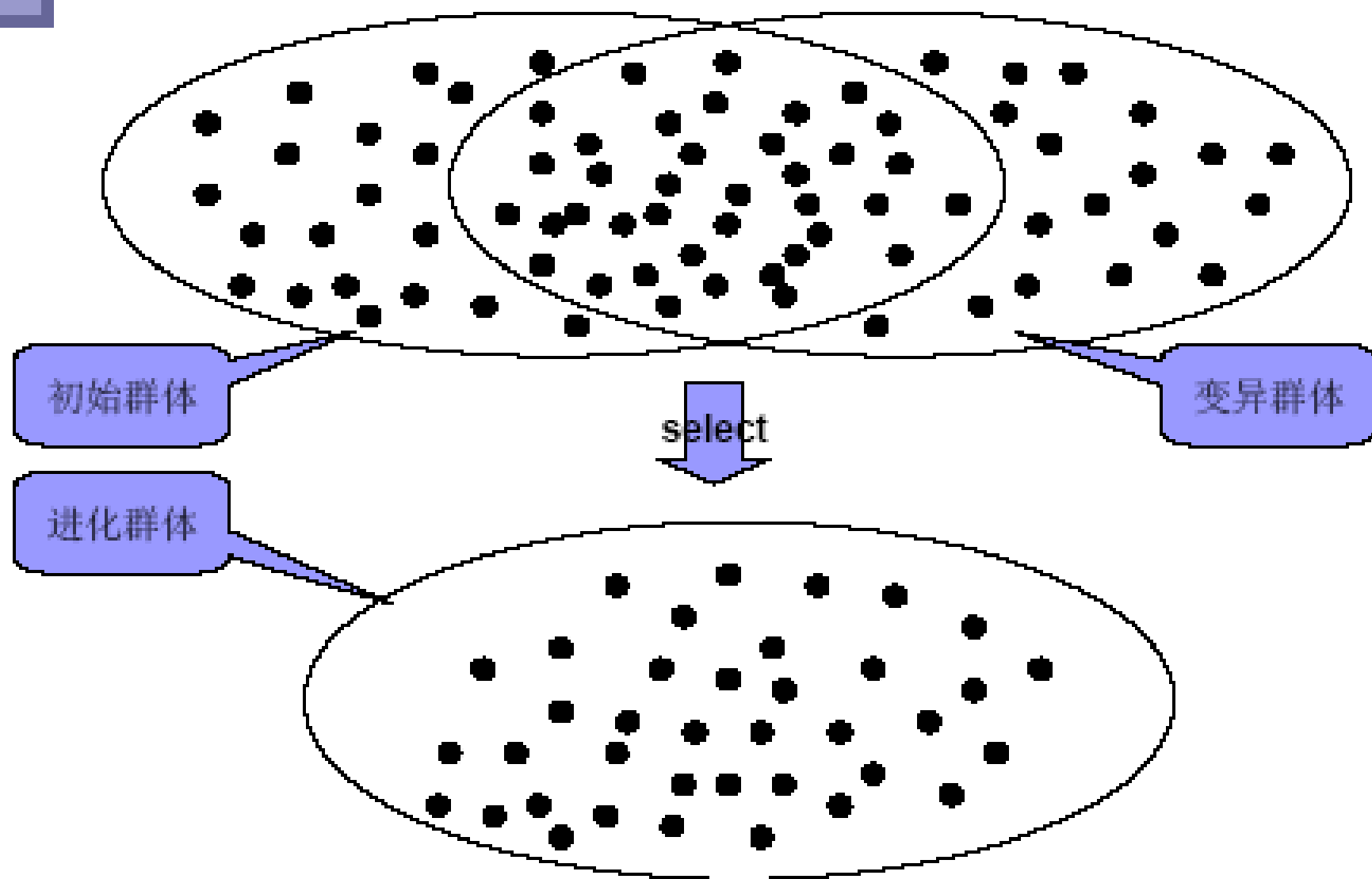
变异操作— Mutate Operator



适应度计算



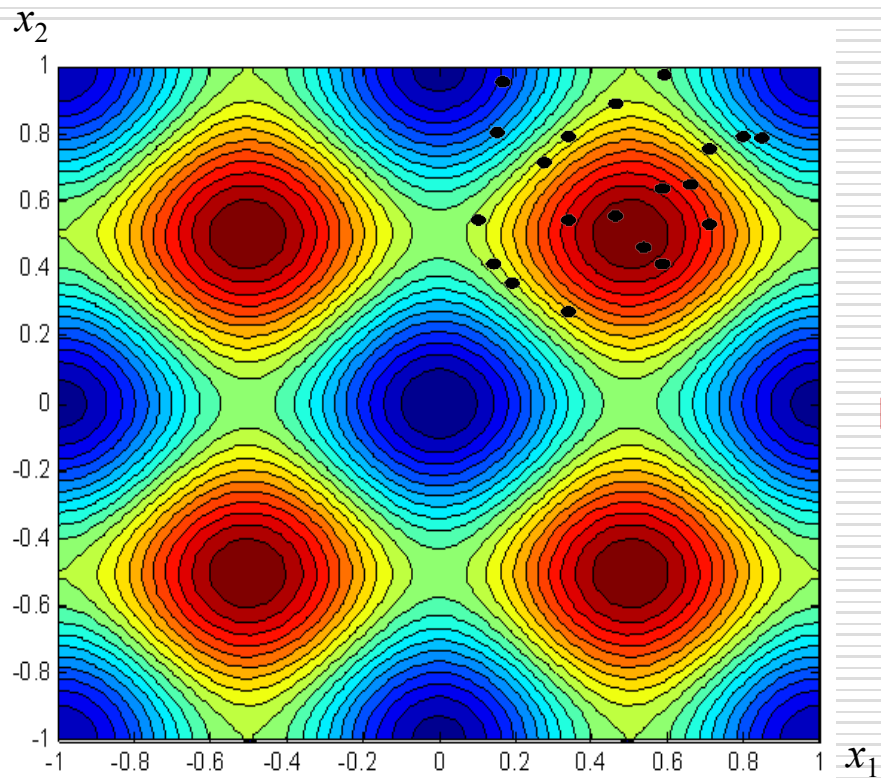
选择操作— Selection Operator



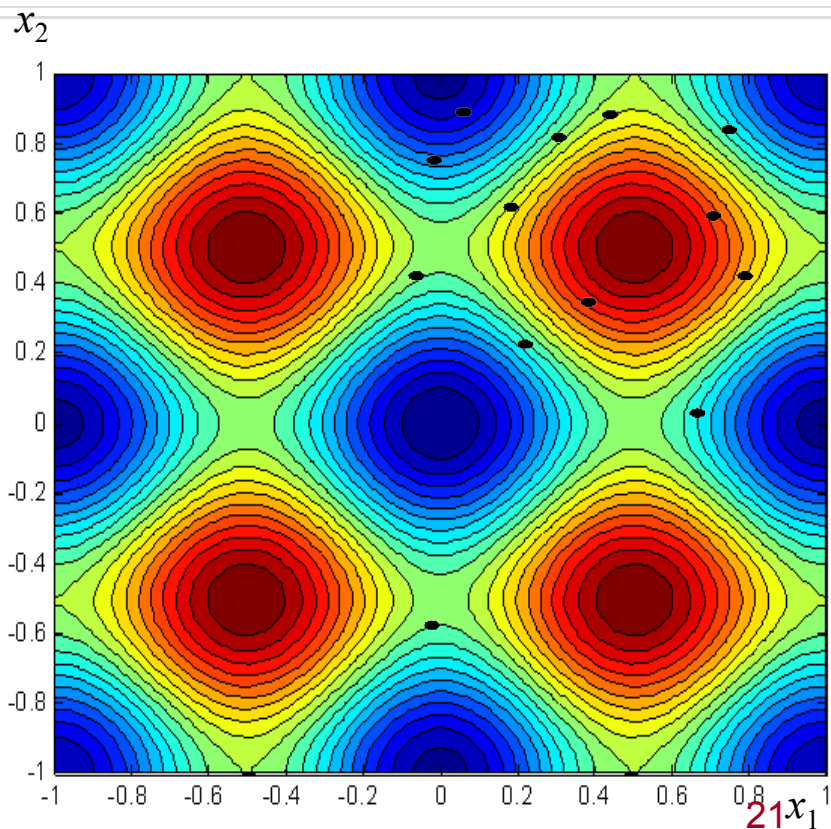
□ 例：用遗传算法求解下面一个Rastrigin函数的最小值。

$$f(x_1, x_2) = 20 + x_1^2 + x_2^2 - 10(\cos 2\pi x_1 + \cos 2\pi x_2)$$
$$-5 \leq x_i \leq 5 \quad i = 1, 2$$

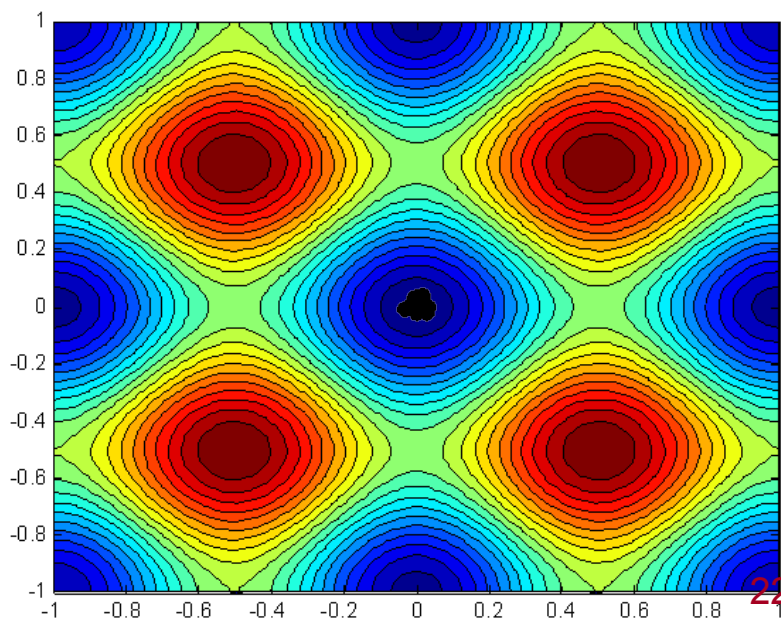
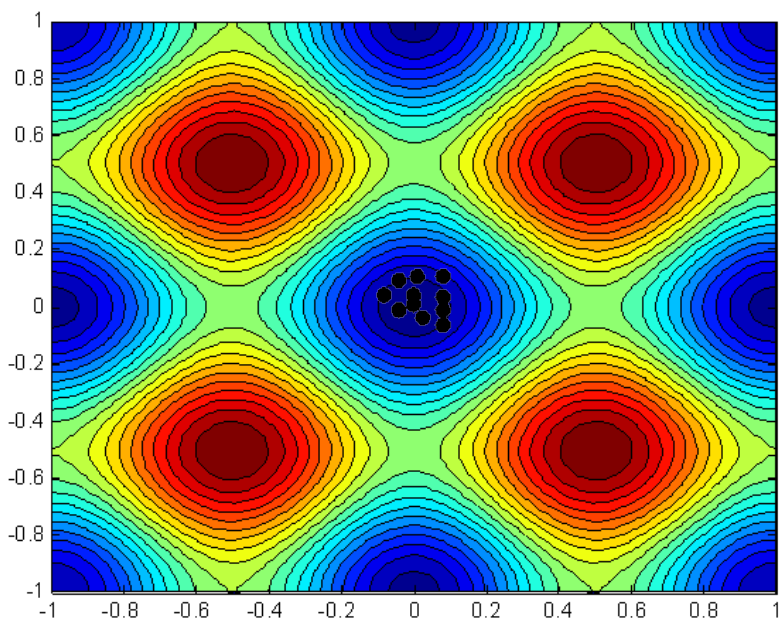
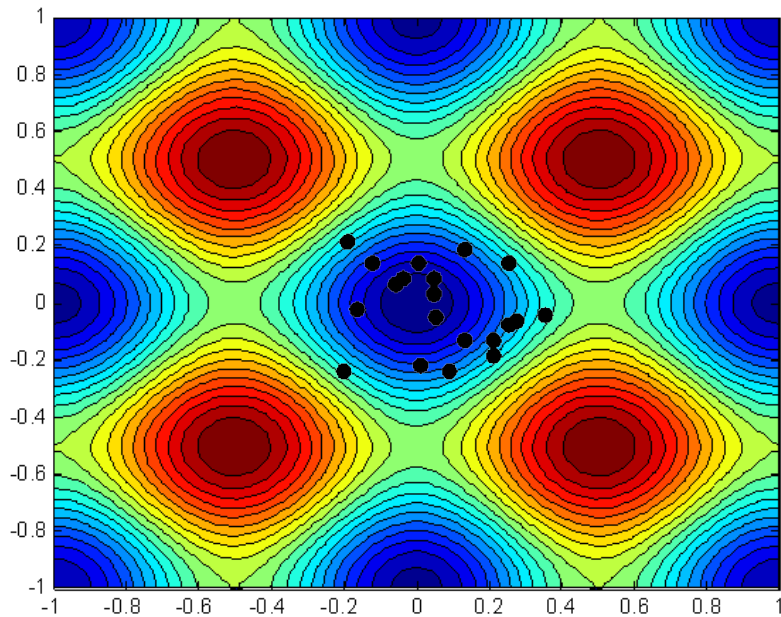
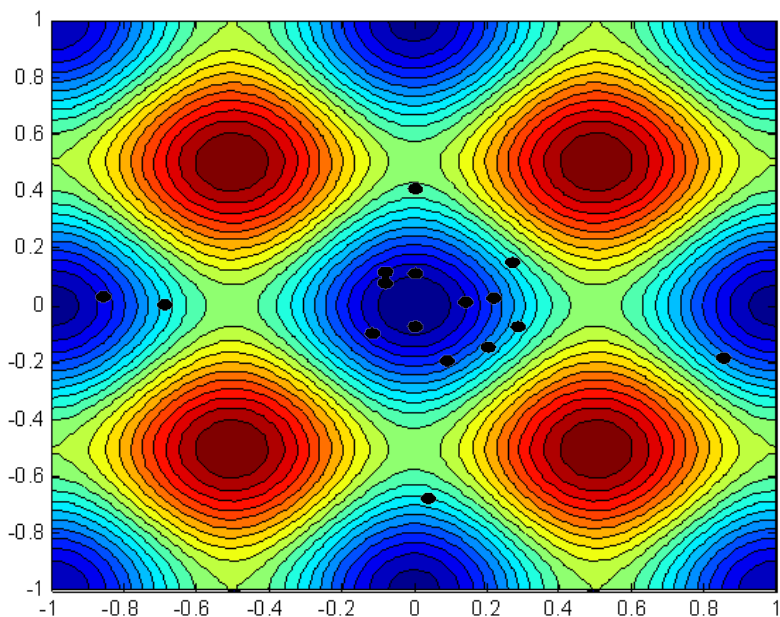
□ 初始种群



第二代种群

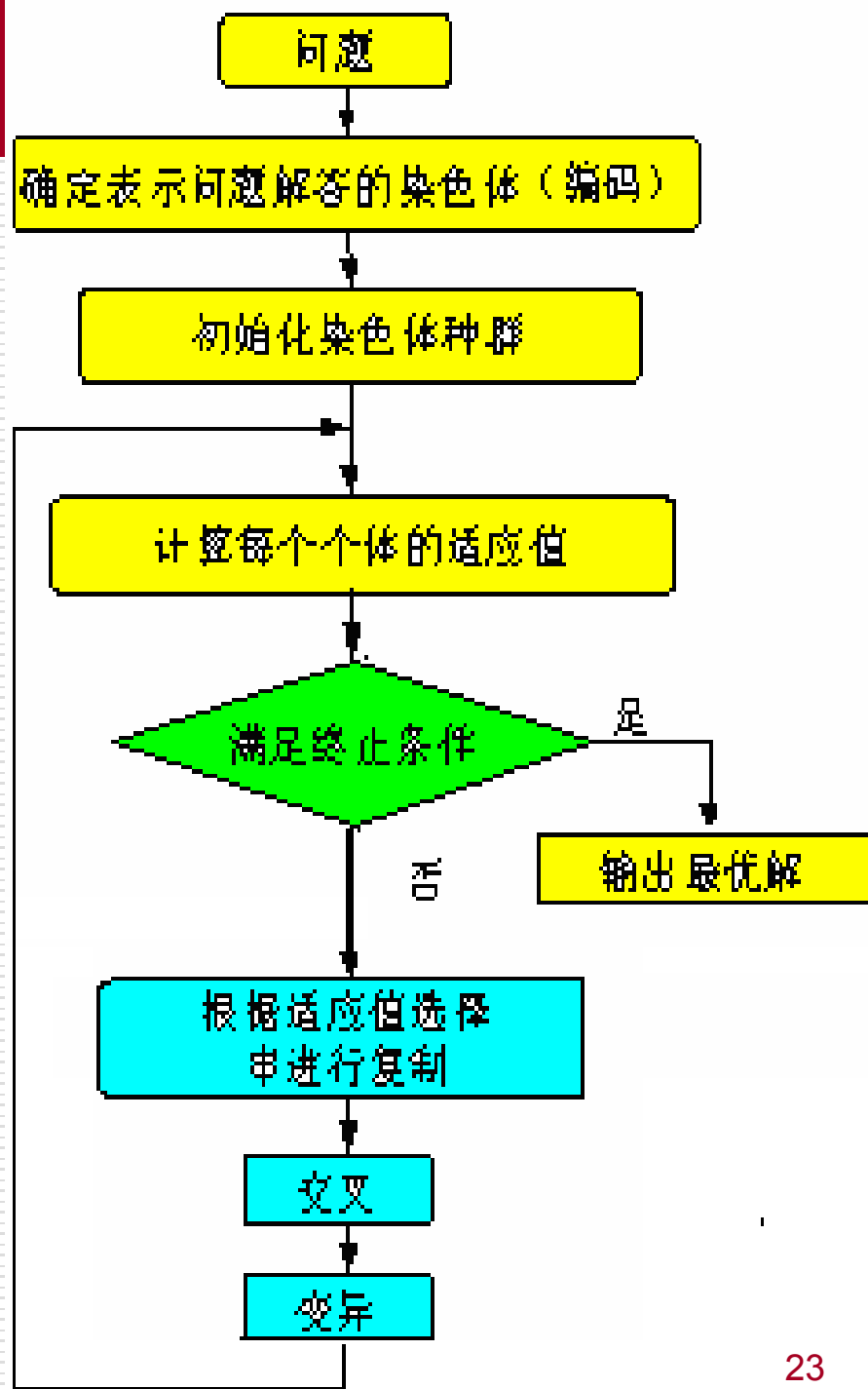
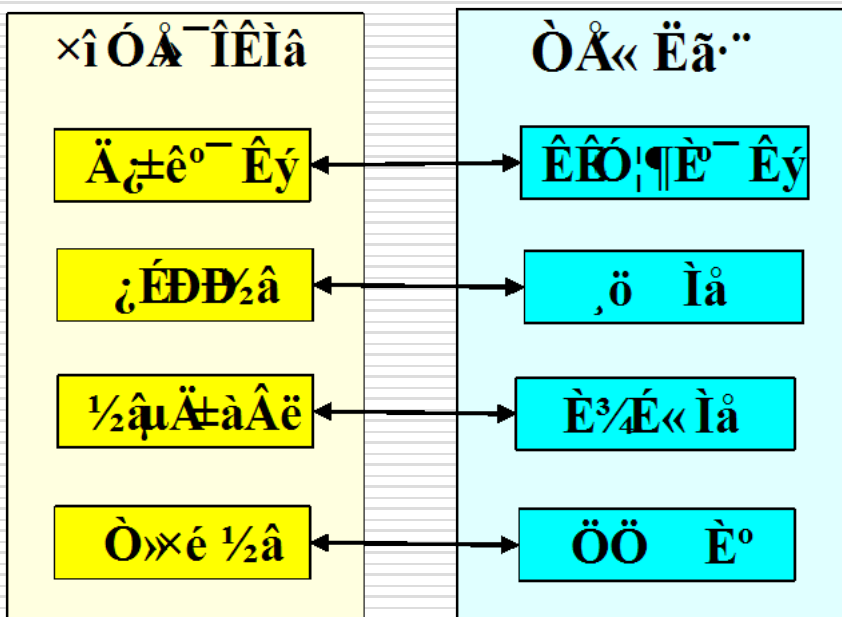


□ 在迭代60、80、95、100次时的种群



9.2.1 遗传算法的基本操作

2. 遗传算法的基本流程



9.2.1 遗传算法的基本操作

3. 遗传算法的基本操作

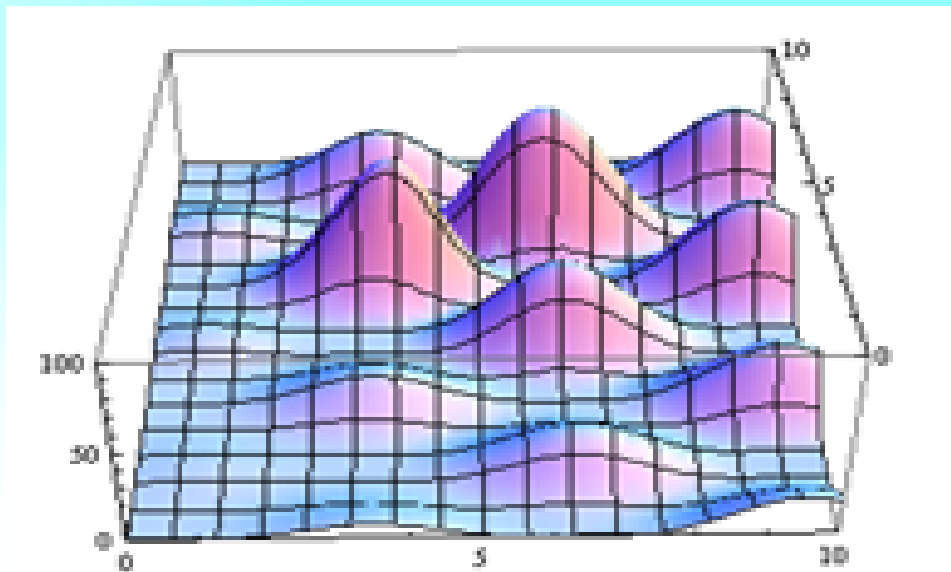
- 问题：求下列函数的最大值。

$$f(x, y) = \frac{6.452(x + 0.125y)(\cos(x) - \cos(2y))^2}{\sqrt{0.8 + (x - 4.2)^2 + 2(y - 7)^2}} + 3.226y$$

$$x \in [0, 10), y \in [0, 10)$$

(1) 实数编码

- 假设染色体长度 $n=8$ ，等位基因由 $\{0, 1, \dots, 9\}$ 组成。
- 例如染色体为 **70298267**，则 $x=7.029$ ， $y=8.267$



9.2.1 遗传算法的基本操作

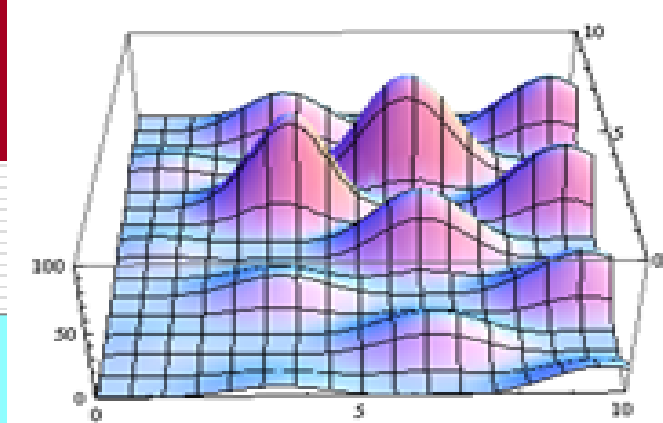
3. 遗传算法的基本操作

- 问题：求下列函数的最大值。

$$f(x, y) = \frac{6.452(x + 0.125y)(\cos(x) - \cos(2y))^2}{\sqrt{0.8 + (x - 4.2)^2 + 2(y - 7)^2}} + 3.226y$$

$$x \in [0, 10), y \in [0, 10)$$

- (2) 初始种群的产生（设种群大小 $N=10$ ，染色体长度 $n=8$ ）
- 用随机数发生器产生：产生0~9之间均匀分布的80个随机数。



初
始
种
群

35507844

60159798

64898050

06730709

62777010

50928956

48048252

28284207

44777682

08226907

9.2.1 遗传算法的基本操作

3. 遗传算法的基本操作

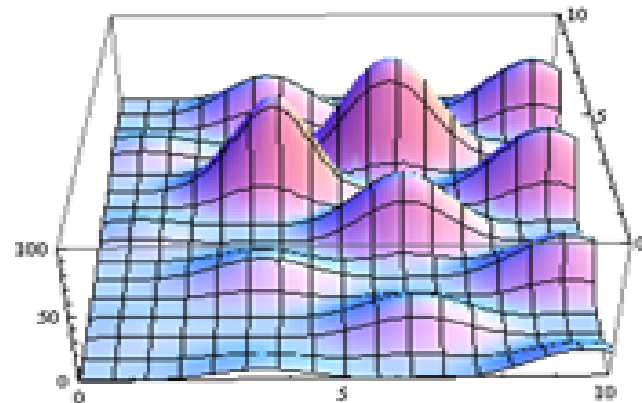
- 问题：求下列函数的最大值。

$$f(x, y) = \frac{6.452(x + 0.125y)(\cos(x) - \cos(2y))^2}{\sqrt{0.8 + (x - 4.2)^2 + 2(y - 7)^2}} + 3.226y$$

$$x \in [0, 10), y \in [0, 10)$$

- (3) 计算适应度（要求适应度函数：非负、求最大化）

这里适应度函数为 $f(x, y)$ 。



	染色体	适应度	排名	染色体	适应度	排名
初始种群	35507844	25.426	4	60159798	32.165	6
	64898050	86.963	10	06730709	02.490	1
	62777010	38.530	9	50928956	29.537	5
	48048252	37.982	8	28284207	14.465	2
	44777682	37.871	7	08226907	22.692	3

9.2.1 遗传算法的基本操作

3. 遗传算法的基本操作

- 问题：求下列函数的最大值。

$$f(x, y) = \frac{6.452(x + 0.125y)(\cos(x) - \cos(2y))^2}{\sqrt{0.8 + (x - 4.2)^2 + 2(y - 7)^2}} + 3.226y$$

$$x \in [0, 10), y \in [0, 10)$$

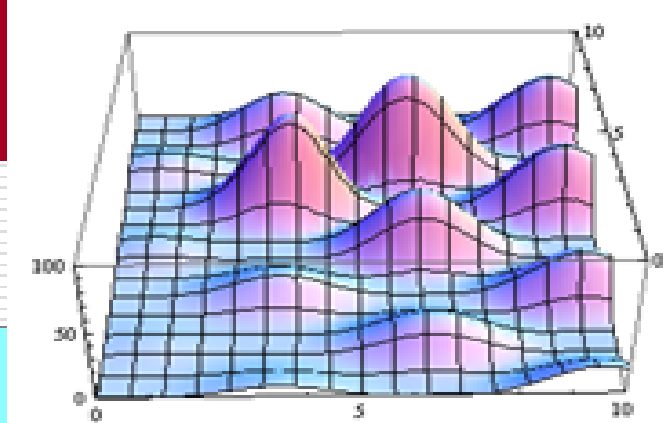
- (4) 选择（复制，reproduction）

- 选择操作：从当前群体中按照**一定概率**选择**优良的个体**，使它们有机会作为父代繁殖下一代。

- ① 个体选择概率分配(**适应度比例方法**或蒙特卡罗法)

- 个体 i 被选择的概率：

$$p_i = \frac{f_i}{\sum_{i=1}^N f_i}$$



9.2.1 遗传算法的基本操作

3. 遗传算法的基本操作

▪ (4) 选择（复制，reproduction）

• ① 个体选择概率分配(适应度比例方法或蒙特卡罗法)

- 个体 i 被选择的概率：
$$p_i = \frac{f_i}{\sum_{i=1}^N f_i}$$

	染色体	适应度	选择概率	染色体	适应度	选择概率
初始种群	35507844	25.426	0.077	60159798	32.165	0.098
	64898050	86.963	0.265	06730709	02.490	0.008
	62777010	38.530	0.117	50928956	29.537	0.090
	48048252	37.982	0.116	28284207	14.465	0.044
	44777682	37.871	0.115	08226907	22.692	0.069

9.2.1 遗传算法

3. 遗传算法的

② 选择个体

• 轮盘赌选择 (Roulette Wheel Selection)

➢ 计算每个染色体的累计概率

$$Q_1 = 0.077$$

$$Q_2 = Q_1 + 0.265 = 0.077 + 0.265 = 0.332$$

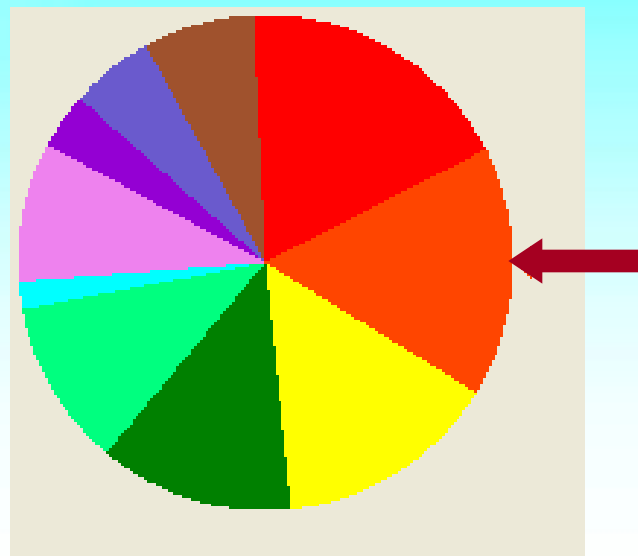
$$Q_3 = Q_2 + 0.117 = 0.332 + 0.117 = 0.449$$

...

$$Q_{10} = Q_9 + 0.069 = 1$$

初始种群

染色体	适应度	选择概率	染色体	适应度	选择概率
35507844	25.426	0.077	60159798	32.165	0.098
64898050	86.963	0.265	06730709	02.490	0.008
62777010	38.530	0.117	50928956	29.537	0.090
48048252	37.982	0.116	28284207	14.465	0.044
44777682	37.871	0.115	08226907	22.692	0.069



9.2.1 遗传算法的基本操作

3. 遗传算法的基本操作

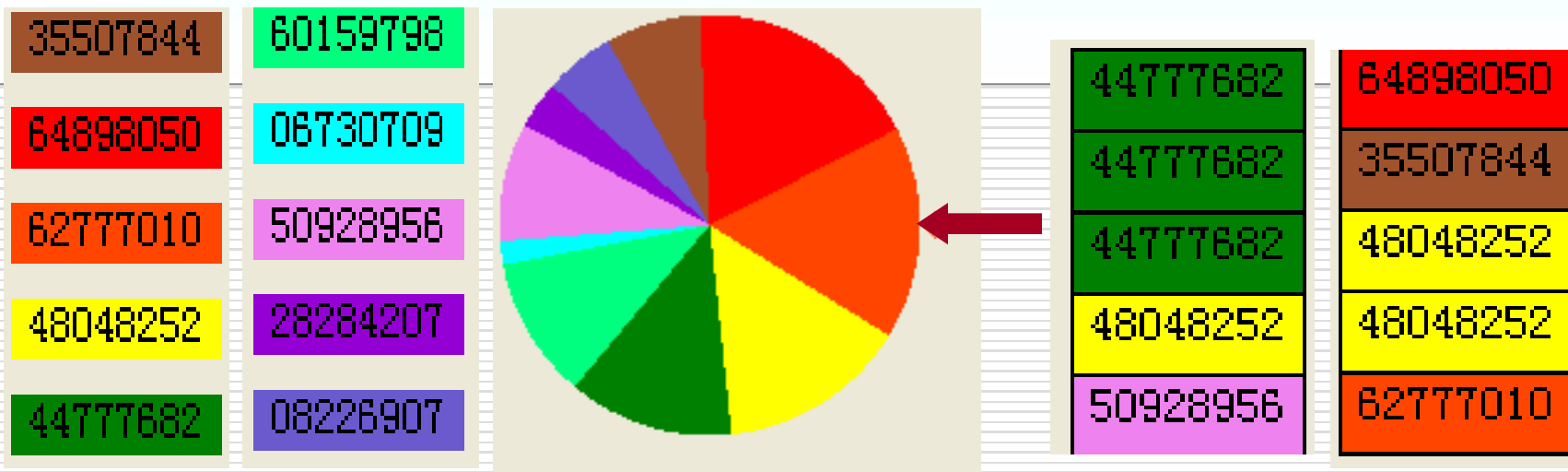
(4) 选择（复制，reproduction）

• 轮盘赌选择（Roulette Wheel Selection）

- 产生一个随机数 $r \in [0,1]$;
- 若 $Q_{k-1} < r \leq Q_k$ ，则选择复制 第 k 个染色体。

➢ 复制前：

复制后：



9.2.1 遗传算法的基本操作

3. 遗传算法的基本操作

问题：求下列函数的最大值。

$$f(x, y) = \frac{6.452(x + 0.125y)(\cos(x) - \cos(2y))^2}{\sqrt{0.8 + (x - 4.2)^2 + 2(y - 7)^2}} + 3.226y$$

$$x \in [0, 10), y \in [0, 10)$$

(5) 交叉 (基因重组 recombination)

先两两配对, 后按交叉概率进行交叉

单点交叉 (假设交叉概率 $P_c = 0.85$):

50928956
64898050



5 X 4898050
6 X 0928956

44777682	447776 X 82
44777682	447776 X 82
44777682	447776 X 52
48048252	480482 X 82
50928956	5 X 4898050
64898050	6 X 0928956
35507844	3550784 X 2
48048252	4804825 X 4
48048252	4 X 2777010
62777010	6 X 8048252

9.2.1 遗传算法的基本操作

3. 遗传算法的基本操作

- 问题：求下列函数的最大值。

$$f(x, y) = \frac{6.452(x + 0.125y)(\cos(x) - \cos(2y))^2}{\sqrt{0.8 + (x - 4.2)^2 + 2(y - 7)^2}} + 3.226y$$

$$x \in [0, 10), y \in [0, 10)$$

- (6) 变异(mutation)
 - 变异在遗传算法中的作用是第二位，但是必不可少的。
 - 设变异概率 $p_m = 0.05$ 。

44777682	44777682
44777682	44777682
44777652	44777652
48048282	4804824' 2
54898050	544' 98050
60928956	60928956
35507842	355073' 42
48048254	48040' 254
42777010	423' 77010
68048252	65' 048252

9.2.1 遗传算法的基本操作

3. 遗传算法的基本操作

问题：求下列函数的最大值。

$$f(x, y) = \frac{6.452(x + 0.125y)(\cos(x) - \cos(2y))^2}{\sqrt{0.8 + (x - 4.2)^2 + 2(y - 7)^2}} + 3.226y$$

$x \in [0,10), y \in [0,10)$

	第一代	第二代
适应度总和	328.121	394.524
平均适应度	32.812	39.4524
最大适应度	86.963	75.618

第一代			第二代		
染色体	适应度	排名	染色体	适应度	排名
35507844	25.426	4	44777682	37.871	6
64898050	86.963	10	44777682	37.871	7
62777010	38.530	9	44777652	37.250	5
48048252	37.982	8	48048242	38.427	8
44777682	37.871	7	54498050	75.618	10
60159798	32.165	6	60928956	30.933	3
06730709	02.490	1	35507342	27.465	2
50928956	29.537	5	48040254	02.808	1
28284207	14.465	2	42377010	34.780	4
08226907	22.692	3	65048252	71.501	9

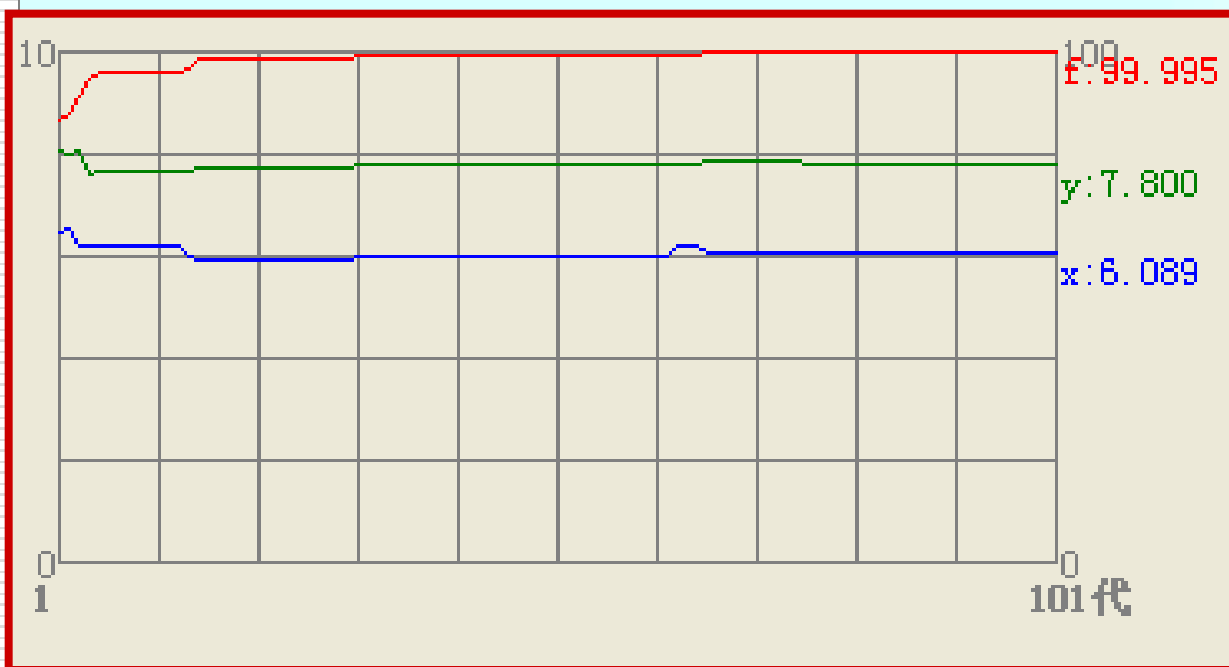
9.2.1 遗传算法的基本操作

3. 遗传算法的基本操作

- 问题：求下列函数的最大值。

$$f(x, y) = \frac{6.452(x + 0.125y)(\cos(x) - \cos(2y))^2}{\sqrt{0.8 + (x - 4.2)^2 + 2(y - 7)^2}} + 3.226y$$

$$x \in [0, 10), y \in [0, 10)$$



第100代

染色体	适应度	排名
20507877	27.558	3
63859817	32.543	4
60867807	99.984	10
64867867	94.176	5
60857807	99.983	9
60851807	24.497	1
90007817	25.313	2
60897817	99.944	8
63857802	96.925	7
63857877	96.283	6

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/028075130132007003>