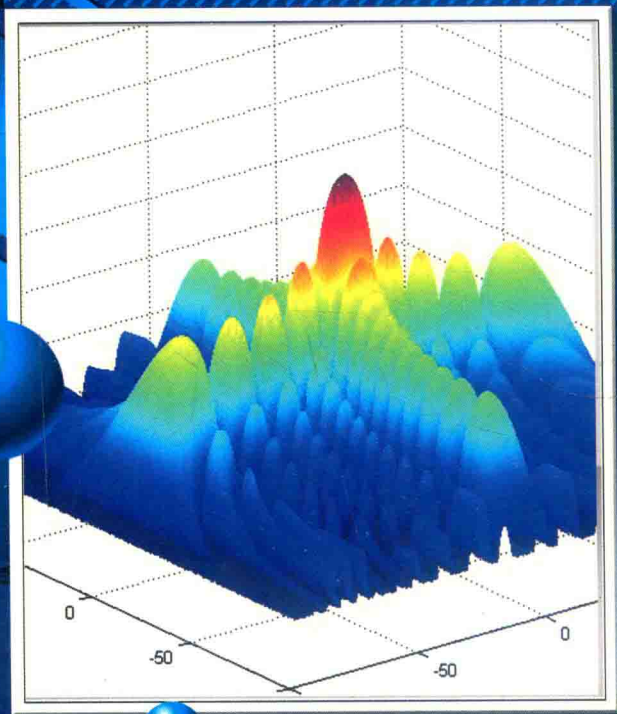




IT工程师宝典

# 基于MATLAB的遗传算法及其在稀布阵列天线中的应用

包子阳 余继周 著



中国工信出版集团



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY  
<http://www.phei.com.cn>

# 基于 MATLAB 的遗传算法 及其在稀布阵列天线中的应用

包子阳 余继周 著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

## 内 容 简 介

遗传算法由于其在解决非线性、大空间、全局寻优、组合优化等复杂问题方面所具有的独特优势，得到了国内外学者的广泛关注，并在电子、通信、计算机、自动化、信号处理和模式识别等众多领域得到了成功的应用。本书首先介绍遗传算法的概念、理论、主要应用方向、算法流程和关键参数说明，并给出具体的 MATLAB 仿真实例；然后介绍直线阵列、平面阵列、圆形阵列、圆柱阵列的综合方向图理论知识，并通过根据具体问题适应性改进的遗传算法对它们进行稀疏布阵，达到减少天线阵元，降低成本，同时防止出现栅瓣，得到低旁瓣方向图的目的。本书内容由浅入深，循序渐进，便于读者对遗传算法的深入理解和掌握。

本书可供相关领域的科研人员学习参考，也可作为高等院校高年级本科生和研究生的学习用书。其中，遗传算法相关内容适用于电子、通信、计算机、自动化、信号处理和模式识别等专业，阵列天线相关内容适用于雷达、通信电子系统、智能天线等领域。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。  
版权所有，侵权必究。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

基于 MATLAB 的遗传算法及其在稀布阵列天线中的应用/包子阳，余继周著. —北京：电子工业出版社，2017.7

(IT 工程师宝典)

ISBN 978-7-121-32054-5

I. ①基… II. ①包… ②余… III. ①Matlab 软件②Matlab 软件—应用—稀布阵—阵列天线 IV. ①TP317②TN957.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 146483 号

责任编辑：张来盛 (zhangls@phei.com.cn)

印 刷：三河市良远印务有限公司

装 订：三河市良远印务有限公司

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本：787×980 1/16 印张：13.75 字数：302.4 千字

版 次：2017 年 7 月第 1 版

印 次：2017 年 7 月第 1 次印刷

印 数：2 000 册 定价：48.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系电话：(010) 88254888 / 88258888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式：(010) 88254459；qianwy@phei.com.cn。

# 前 言

遗传算法由于其在解决大空间、非线性、组合优化和全局寻优等复杂问题方面所具有的独特优势，得到了国内外学者的广泛关注，并在电子、通信、计算机、自动化、信号处理和模式识别等众多领域得到了成功的应用。目前关于遗传算法的专著不多，大致可分为两类：一类是介绍遗传算法的理论知识 and 应用，没有实现程序；另一类是智能优化算法书籍中的某一章节，或是基于 Sheffield、GAOT 工具箱的实现。

在雷达和通信电子系统中，为了使天线具有高增益、窄波束、低旁瓣等特性，广泛采用阵列天线。为了保证天线波束在可视区内不出现栅瓣，均匀天线阵列相邻阵元间距不能大于半倍波长。因此，当要求天线阵列具有高增益、高分辨率时，阵列孔径长度必须很大，均匀间隔布阵就需要相当多的天线阵元，这会使得天馈系统的造价十分昂贵。采用非均匀间隔的稀布阵列天线能够大量节省成本，因而成为了一个研究热点。广义上的稀布阵（列）是指阵元不等间隔排列的天线阵列，又分为阵元间隔为某一数值整数倍的稀疏阵列和阵元间隔为任意数值的稀布阵列。目前介绍阵列天线稀疏、稀布方法的论文很多，但专业书籍还未曾出现。

本书首先介绍遗传算法的来源、原理、算法流程和关键参数说明，并给出具体的 MATLAB 仿真实例；然后介绍阵列天线综合方向图的理论知识，再通过根据具体问题适应性改进的遗传算法对它们进行稀疏布阵、稀布布阵，达到减少天线阵元，降低成本，同时防止出现栅瓣，得到低旁瓣方向图的目的。书中所有程序都是基于 MATLAB 基本语句实现的，便于读者的理解和针对具体问题的改进。本书具体内容如下：

第 1 章为概述，综合介绍了遗传算法的来源、原理和特点，阵列天线和稀布阵天线的基础理论知识；

第 2、3 章介绍遗传算法的概念、理论、主要应用方向、算法流程和关键参数说明，并给出 MATLAB 仿真实例；

第 4~7 章介绍直线阵列、平面阵列、圆形阵列、圆柱阵列综合方向图的理论知识，以及这些天线阵列的优化模型、稀布算法流程和 MATLAB 实例仿真。

本书由包子阳、余继周合著。在本书编写过程中得到了北京无线电测量研究所科技委、总体部、档信中心的支持和帮助，电子工业出版社相关编辑为本书的出版付出了辛勤劳动，特此表示感谢。

由于著者水平有限，书中难免有不足之处，诚挚希望各位专家和读者批评指正。

著 者

2017 年 5 月

# 目 录

<b>第 1 章 概述</b> .....	(1)
1.1 遗传算法 .....	(1)
1.2 阵列天线 .....	(2)
1.2.1 阵列天线 .....	(2)
1.2.2 稀布阵天线 .....	(2)
1.3 主要内容安排 .....	(3)
参考文献 .....	(3)
<b>第 2 章 遗传算法基础理论</b> .....	(5)
2.1 遗传算法简介 .....	(5)
2.2 遗传算法的生物学基础 .....	(6)
2.3 遗传算法理论基础 .....	(7)
2.3.1 模式定理 .....	(7)
2.3.2 积木块假设 .....	(8)
2.4 遗传算法的特点 .....	(8)
2.5 主要应用领域 .....	(9)
参考文献 .....	(11)
<b>第 3 章 遗传算法原理与实现</b> .....	(13)
3.1 遗传算法的基本概念 .....	(13)
3.2 遗传算法的基本算子 .....	(15)
3.3 标准遗传算法 .....	(16)
3.4 遗传算法的改进方向 .....	(17)
3.5 遗传算法流程 .....	(17)
3.6 关键参数说明 .....	(19)
3.7 MATLAB 实例仿真 .....	(20)
参考文献 .....	(33)

<b>第 4 章 遗传算法在稀布线阵中的应用</b> .....	(35)
4.1 引言 .....	(35)
4.1.1 方向图乘积原理 .....	(36)
4.1.2 任意阵列的方向图函数 .....	(36)
4.2 均匀直线阵列 .....	(38)
4.2.1 直线阵方向图函数 .....	(38)
4.2.2 MATLAB 实例仿真 .....	(39)
4.3 稀疏直线阵列 .....	(41)
4.3.1 优化模型 .....	(41)
4.3.2 稀疏运算流程 .....	(41)
4.3.3 MATLAB 实例仿真 .....	(44)
4.4 带约束的稀疏直线阵列 .....	(50)
4.4.1 优化模型 .....	(50)
4.4.2 带约束的稀疏运算流程 .....	(50)
4.4.3 MATLAB 实例仿真 .....	(53)
4.5 稀布直线阵列 .....	(59)
4.5.1 优化模型 .....	(59)
4.5.2 稀布算法流程 .....	(61)
4.5.3 MATLAB 实例仿真 .....	(63)
参考文献 .....	(69)
<b>第 5 章 遗传算法在稀布平面阵中的应用</b> .....	(71)
5.1 引言 .....	(71)
5.2 均匀平面阵列 .....	(72)
5.2.1 平面阵方向图函数 .....	(72)
5.2.2 MATLAB 实例仿真 .....	(76)
5.3 稀疏平面阵列 .....	(79)
5.3.1 优化模型 .....	(79)
5.3.2 稀疏算法流程 .....	(80)
5.3.3 MATLAB 实例仿真 .....	(82)
5.4 带约束的稀疏平面阵列 .....	(91)
5.4.1 优化模型 .....	(91)
5.4.2 带约束的稀疏运算流程 .....	(93)
5.4.3 MATLAB 实例仿真 .....	(95)

5.5	稀布平面阵列	(105)
5.5.1	优化模型	(105)
5.5.2	稀布算法流程	(107)
5.5.3	MATLAB 实例仿真	(111)
	参考文献	(129)
<b>第 6 章</b>	<b>遗传算法在稀布圆阵中的应用</b>	<b>(131)</b>
6.1	引言	(131)
6.2	均匀圆形阵列	(132)
6.2.1	圆阵方向图函数	(132)
6.2.2	MATLAB 实例仿真	(133)
6.3	稀疏圆形阵列	(136)
6.3.1	优化模型	(136)
6.3.2	稀疏算法流程	(137)
6.3.3	MATLAB 实例仿真	(139)
6.4	稀布圆形阵列	(146)
6.4.1	优化模型	(146)
6.4.2	稀布算法流程	(148)
6.4.3	MATLAB 实例仿真	(151)
	参考文献	(157)
<b>第 7 章</b>	<b>遗传算法在稀布圆柱阵中的应用</b>	<b>(159)</b>
7.1	引言	(159)
7.2	均匀圆柱阵列	(160)
7.2.1	圆柱阵方向图函数	(160)
7.2.2	MATLAB 实例仿真	(161)
7.3	稀疏圆柱阵列	(165)
7.3.1	优化模型	(165)
7.3.2	稀疏算法流程	(165)
7.3.3	MATLAB 实例仿真	(168)
7.4	稀布圆柱阵列	(177)
7.4.1	优化模型	(177)
7.4.2	稀布算法流程	(179)
7.4.3	MATLAB 实例仿真	(182)



参考文献	(192)
<b>附录 A MATLAB 常用命令及函数</b>	<b>(193)</b>
A.1 常用指令	(193)
A.2 运算符与特殊字符	(195)
A.3 程序设计	(196)
A.4 基本矩阵和矩阵操作	(198)
A.5 基本数学函数	(200)
A.6 特殊函数	(201)
A.7 矩阵函数与数值代数	(202)
A.8 数据分析和傅立叶变换	(204)
A.9 插值与多项式	(205)
A.10 稀疏矩阵	(206)
A.11 二维图形	(207)
A.12 三维图形	(208)
A.13 特殊图形	(209)
A.14 图形句柄	(209)
A.15 字符串函数	(210)
A.16 文件输入/输出	(211)
A.17 日期和时间函	(211)
A.18 数据类型和结构	(212)

# 第 1 章

## 概 述

---

### 1.1 遗传算法

自然界的生物体在遗传、选择和变异等一系列作用下，优胜劣汰，不断地由低级向高级进化和发展，人们将这种“适者生存”的进化规律的实质加以模式化而构成一种优化算法，即进化计算。进化计算是一系列的搜索技术，包括遗传算法、进化规划、进化策略等。它们在函数优化、信号处理、模式识别、机器学习、作业调度、智能控制等众多领域都有着广泛的应用。其中，遗传算法是进化计算中具有普遍影响的模拟进化优化算法。

遗传算法是模仿自然界生物进化机制而发展起来的随机全局搜索和优化方法。它最早由美国的 J. H. Holland 教授提出<sup>[1]</sup>，起源于 20 世纪 60 年代对自然和人工自适应系统的研究；70 年代，K. A. De Jong 基于遗传算法的思想在计算机上进行了大量的纯数值函数优化计算试验<sup>[2]</sup>；80 年代，遗传算法由 D. J. Goldberg 在一系列研究工作的基础上归纳总结而成<sup>[3]</sup>。

20 世纪 90 年代以后，遗传算法作为一种高效、实用、鲁棒性强的优化技术，发展极为迅速，在机器学习、模式识别、神经网络、控制系统优化及社会科学等不同领域得到广泛应用，引起了许多学者的关注。进入 21 世纪，以不确定性、非线性、时间不可逆为内涵的复杂性科学成为一个研究热点。遗传算法因能有效地求解 NP (Non-deterministic Polynomial) 问题以及非线性、多峰函数优化和多目标优化问题，得到了众多学科学者的高度重视，同时这也极大地推动了遗传算

法理论研究和实际应用的不断深入与发展。目前,在世界范围内已掀起关于遗传算法的研究与应用热潮<sup>[4-6]</sup>。

遗传算法借鉴了达尔文的进化论和孟德尔的遗传学说,本质上是一种并行、高效、全局搜索的方法,它能在搜索过程中自动获取和积累有关搜索空间的知识,并自适应地控制搜索过程以求得最优解。遗传算法操作:使用“适者生存”的原则,在潜在的解决方案种群中逐次产生一个近似最优的方案。在每一代中,根据个体在问题域中的适应度值和从自然遗传学中借鉴来的再造方法进行个体选择,产生一个新的近似解。这个过程导致种群中个体的进化,得到的新个体比原个体更能适应环境。

同传统的优化算法相比,遗传算法具有对参数的编码进行操作、不需要推导和附加信息、寻优规则非确定性、自组织、自适应和自学习性等特点。当染色体结合时,双亲的遗传基因的结合使得子女保持父母的特征;当染色体结合后,随机的变异会造成子代同父代的不同。

## 1.2 阵列天线

### 1.2.1 阵列天线

天线的基本功能是能量转换和完成电磁波的定向辐射或接收;任何无线电设备都需要用到天线,天线的性能直接影响到无线电设备的使用。理论上,由单个天线阵元构成的天线就可以完成发射和接收电磁波的任务。但在实际应用中,往往要求天线具有较强的方向性和很高的增益,有时还要求天线波束可以扫描,并具有一定的形状等,这时就需要利用多个天线阵元按一定方式排列成阵列天线。

阵列天线是根据电磁波在空间相互干涉的原理,把具有相同结构、相同尺寸的某种基本天线按一定规律排列在一起组成的<sup>[7]</sup>。如果按直线排列,就构成直线阵列(简称线阵);如果排列在一个平面内,就构成平面阵列(简称平面阵)。若天线阵元排列与载体表面形状一致,称为共形阵,共形阵中的所有天线阵元往往不在一个平面上,所以也可以称为非平面阵。如果各个天线阵元排列成一个圆环,就称之为圆形阵列(简称圆阵);多个圆环平行布置在一个圆柱体上,便可构成圆柱阵列(简称圆柱阵)。圆阵和圆柱阵是最简单的两种共形阵。

### 1.2.2 稀布阵天线

在雷达和通信电子系统中,广泛应用阵列天线,以使天线波束具有高增益、窄波束、低旁瓣、易电扫等特性。因此,阵列天线的优化设计成为现代电子系统

设计中的一个非常重要的环节。天线阵列的优化布阵是在研究天线阵列性能与阵列几何结构关系的基础上,对阵列结构进行优化设计,以获得优良的性能指标。

均匀间隔的阵列由于数学处理方便和阵列结构装配简便而得到了广泛的应用。但为了保证在可视区内不出现栅瓣,均匀天线阵列的相邻阵元间距不能大于半倍波长。当要求天线阵列具有高增益、高分辨率时,阵列孔径长度必须很大,均匀间隔布阵就需要相当多的天线阵元,这会使得天馈系统的造价十分昂贵。

非均匀间隔的稀布天线阵列能够大量节省成本。采用天线阵元在一定孔径上稀布的方法来实现阵列设计,可以通过较少的天线阵元数得到较高的增益,达到较高的分辨率,从而简化结构,降低造价,因此成为了一个研究热点<sup>[8]</sup>。广义上的稀布阵是指阵元不等间隔排列的天线阵列,又分为稀疏阵列和稀布阵列。稀疏阵列是从均匀间隔满阵中稀疏掉部分阵元,这样就形成了阵元间距约束为某个基本量(通常为半倍波长)的整数倍的非均匀阵列;而稀布阵列的阵元间隔是任意的,但由于阵元物理尺寸及互耦效应等的影响,一般要求阵元间隔不小于半倍波长。

## 1.3 主要内容安排

本书主要包括两部分内容:

(1) 介绍遗传算法的基础理论、原理和实现,包括遗传算法的生物学基础、理论基础、基本算子、实现流程和关键参数说明等,并给出具体的 MATLAB 数值仿真实例和旅行商(TSP)仿真实例,以便于读者对遗传算法有初步的理解。

(2) 介绍阵列天线综合方向图的理论知识和优化模型,包括直线阵列、平面阵列、圆形阵列和圆柱阵列,并通过根据具体问题适应性改进的遗传算法对它们进行稀疏布阵、稀布布阵,达到减少天线阵元,降低成本,同时防止出现栅瓣,得到低旁瓣方向图的目的。

## 参考文献

- [1] Holland J H. Adaptation in natural and artificial systems[M]. Ann Arbor: University of Michigan press, 1975.
- [2] De jong K A. An Analysis of the Behavior of a Class of Genetic Adaptive System[D]. Ph.D Dissertation, University of Michigan, 1975.
- [3] Goldberg D E. Genetic Algorithms in search, optimization, and machine

- learning[M], Addison-Wesley Publishing Company, INC, 1989.
- [4] Nicol N, Schraudolph, Richard K, Belew. Dynamic Parameter Encoding for Genetic Algorithms[J], Machine Learning, 1992, 9(1): 9-21.
- [5] Davis L D. Handbook of Genetic Algorithm[M]. Van Nostrand Reinhold, 1991.
- [6] Holland J H. Building Blocks, Cohort Genetic Algorithms, and Hyperplane-Defined Functions, Evolutionary Computation[J], Massachusetts Institute of Technology, 2000:373-391.
- [7] 黄飞. 阵列天线快速自适应波束形成技术研究[D]. 南京: 南京理工大学博士学位论文, 2010: 1-15.
- [8] 陈客松. 稀布天线阵列的优化布阵技术研究[D]. 成都: 电子科技大学博士学位论文, 2006:1-10.

# 第 2 章

## 遗传算法基础理论

---

### 2.1 遗传算法简介

遗传算法是模拟生物在自然环境中的遗传和进化的过程而形成的自适应全局优化搜索算法。它借用了生物遗传学的观点，通过自然选择、遗传和变异等作用机制，实现各个个体适应性的提高。

遗传算法本质是一种并行、高效、全局搜索的方法，它能在搜索过程中自动获取和积累有关搜索空间的知识，并自适应地控制搜索过程以求得最优解。遗传算法操作使用“适者生存”的原则，在潜在的解决方案种群中逐次产生一个近似最优的方案。在遗传算法的每一代中，根据个体在问题域中的适应度值和从自然遗传学中借鉴来的再造方法进行个体选择，产生一个新的近似解。这个过程导致种群中个体的进化，得到的新个体比原个体更能适应环境，就像自然界中的改造一样。

如前所述，遗传算法具有对参数的编码进行操作、不需要推导和附加信息、寻优规则非确定性、自组织、自适应和自学习性等特点。当染色体结合时，双亲的遗传基因的结合使得子女保持父母的特征；当染色体结合后，随机的变异会造成子代同父代的不同。

## 2.2 遗传算法的生物学基础

自然选择学说认为适者生存，生物要存活下去，就必须进行生存斗争。生存斗争包括种内斗争、种间斗争以及生物跟环境之间的斗争三个方面。在生存斗争中，具有有利变异的个体容易存活下来，并且有更多的机会将有利变异传给后代；具有不利变异的个体就容易被淘汰，产生后代的机会也将少得多。因此，凡是在生存斗争中获胜的个体都是对环境适应性比较强的个体。达尔文把这种在生存斗争中适者生存、不适者淘汰的过程叫作自然选择。

达尔文的自然选择学说表明，遗传和变异是决定生物进化的内在因素。遗传是指父代与子代之间，在性状上存在的相似现象；变异是指父代与子代之间以及子代的个体之间，在性状上存在的差异现象。在生物体内，遗传和变异的关系十分密切。一个生物体的遗传性状往往会发生变异，而变异的性状有的可以遗传。遗传能使生物的性状不断地传送给后代，因此保持了物种的特性；变异能够使生物的性状发生改变，从而适应新的环境而不断地向前发展。

生物的各项生命活动都有它的物质基础，生物的遗传与变异也是这样。根据现代细胞学和遗传学的研究得知：遗传物质的主要载体是染色体；基因是有遗传效应的片段，它储存着遗传信息，可以准确地复制，也能够发生突变。生物体自身通过对基因的复制和交叉，使其性状的遗传得到选择和控制。同时，通过基因重组、基因变异和染色体在结构和数目上的变异产生丰富多彩的变异现象。生物的遗传特性，使生物界的物种能够保持相对的稳定；生物的变异特性，使生物个体产生新的性状，以至形成了新的物种，推动了生物的进化和发展。

由于生物在繁殖中可能发生基因交叉和变异，引起了生物性状的连续微弱改变，为外界环境的定向选择提供了物质条件和基础，使生物的进化成为可能。人们正是通过对环境的选择、基因的交叉和变异这一生物演化的迭代过程的模仿，才提出了能够用于求解最优化问题的强鲁棒性和自适应性的遗传算法<sup>[1]</sup>。生物遗传和进化的规律有：

(1) 生物的所有遗传信息都包含在其染色体中，染色体决定了生物的性状。染色体是由基因及其有规律的排列所构成的。

(2) 生物的繁殖过程是由其基因的复制过程来完成的。同源染色体的交叉或变异会产生新的物种，使生物呈现新的性状。

(3) 对环境适应能力强的基因或染色体，比适应能力差的基因或染色体有更多的机会遗传到下一代。

## 2.3 遗传算法理论基础

### 2.3.1 模式定理

模式定义：模式是描述种群中在位串的某些确定位置上具有相似性的位串子集的相似性模板。

不失一般性，考虑二值字符集 $\{0, 1\}$ ，由此可以产生通常的 $0, 1$ 字符串。增加一个符号“\*”，称作“通配符”，即“\*”既可以被当作“0”，也可以被当作“1”。这样，二值字符集 $\{0, 1\}$ 就扩展为三值字符集 $\{0, 1, *\}$ ，由此可以产生诸如 $0110, 0*11**, **01*0$ 等字符串。

基于三值字符集 $\{0, 1, *\}$ 所产生的能描述具有某些结构相似性的 $0, 1$ 字符串集的字符串称作模式。这里需要强调的是，“\*”只是一个描述符，而并非遗传算法中实际的运算符号，它仅仅是为了描述上的方便引入的符号而已。

模式的概念可以简明地描述具有相似结构特点的个体编码字符串。在引入了模式概念之后，遗传算法的本质是对模式所进行的一系列运算，即通过选择操作数将当前群体中的优良模式遗传到下一代群体中，通过交叉操作数进行模式的重组，通过变异操作数进行模式的突变。通过这些遗传运算，一些较差的模式逐步被淘汰，而一些较好的模式逐步被遗传和进化，最终就可以得到问题的最优解。

多个串中隐含着多个不同的模式。确切地说，长度为 $L$ 的串，隐含着 $2^L$ 个不同的模式，而不同的模式所匹配的串的个数是不同的。为了反映这种确定性的差异，引入模式阶概念。

模式阶定义：模式 $H$ 中确定位置的个数称作该模式的模式阶，记作 $O(H)$ 。

比如模式 $011*1*$ 的阶数为4，而模式 $0*****$ 的阶数为1。显然，一个模式的阶数越高，其样本数就越少，因而确定性就越高。但是，模式阶并不能反映模式的所有性质。即使具有同阶的模式，在遗传操作下，也会有不同的性质。为此，再引入定义距概念。

定义距定义：在模式 $H$ 中第一个确定位置和最后一个确定位置之间的距离称作该模式的定义距，记作 $D(H)$ 。

模式定理：在遗传算法选择、交叉和变异算子的作用下，具有低阶、短定义距，并且其平均适应度高于群体平均适应度的模式，在子代中将按指数级数增长<sup>[2]</sup>。

模式定理又称为遗传算法的基本定理。模式定理阐述了遗传算法的理论基础，说明了模式的增加规律，同时也给遗传算法的应用提供了指导。根据模式定理，随着遗传算法一代一代地进行，那些定义距短、位数少、适应度高的模式将



越来越多，因而可期望最后得到的位串的性能越来越得到改善，并最终趋向全局的最优点。

模式的思路提供了一种简单而有效的方法，使能够在有限字母表的基础上讨论有限长位串的严谨定义的相似性；而模式定理从理论上保证了遗传算法是一个可以用来寻求最优可行解的优化过程。

### 2.3.2 积木块假设

模式定理说明：具有某种结构特征的模式在遗传进化过程中的样本数目，将按照指数级增长。这种模式在遗传算法中非常重要，定义为积木块。

积木块定义：具有低阶、短定义距以及高平均适应度的模式，称作积木块。

之所以称之为积木块，是由于遗传算法的求解过程并不是在搜索空间中逐一地测试各个基因的枚举组合，而是通过一些较好的模式，像搭积木一样，将它们拼接在一起，从而逐渐构造出适应度越来越高的个体编码串。

模式定理说明了积木块的样本数呈指数级增长，也就说明了用遗传算法寻求最优样本的可能性，但它并未指明遗传算法一定能够寻求到最优样本。而积木块假设却说明了遗传算法的这种能力。

积木块假设：个体的积木块通过选择、交叉、变异等遗传算子的作用，能够相互结合在一起，形成高阶、长距、高平均适应度的个体编码串<sup>[3-4]</sup>。

积木块假设说明了用遗传算法求解各类问题的基本思想，即通过基因块之间的相互拼接能够产生出问题的更好的解，最终生成全局最优解。

从遗传算法的模式定理得到，具有高适应度、低阶、短定义矩的模式的数量会在种群的进化中呈指数形式增长，从而保证了该算法获得最优解的一个必要条件；而另一方面，积木块假设则指出，遗传算法有能力使优秀的模式向着更优的方向进化，即遗传算法有能力搜索到全局最优解。

## 2.4 遗传算法的特点

遗传算法是模拟生物在自然环境中的遗传和进化的过程而形成的一种并行、高效、全局搜索的方法，它主要有以下特点：

(1) 遗传算法以决策变量的编码作为运算对象。这种对决策变量的编码处理方式，使得在优化计算过程中可以借鉴生物学中染色体和基因等概念，模仿自然界中生物的遗传和进化等机理，方便地应用遗传操作算子。特别是对一些只有代码概念而无数值概念或很难有数值概念的优化问题，编码处理方式更显示出了其独特的优越性。