

刘立群 著

# 群体智能优化算法改进

及其在农业图像分割中的应用



兰州大学  
Lanzhou University

刘立群 著

# 群体智能优化算法改进

及其在农业图像分割中的应用



兰州大学出版社  
LANZHOU UNIVERSITY PRESS

## 图书在版编目(CIP)数据

群体智能优化算法改进及其在农业图像分割中的应用/  
刘立群著. — 兰州: 兰州大学出版社, 2019.1  
ISBN 978-7-311-05542-4

I. ①群… II. ①刘… III. ①计算机算法—应用—农  
业技术—研究 IV. ①S126

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第008704号

策划编辑 梁建萍  
责任编辑 郝可伟  
封面设计 陈文

---

书 名 群体智能优化算法改进及其在农业图像分割中的应用  
作 者 刘立群 著  
出版发行 兰州大学出版社 (地址:兰州市天水南路222号 730000)  
电 话 0931-8912613(总编办公室) 0931-8617156(营销中心)  
0931-8914298(读者服务部)  
网 址 <http://press.lzu.edu.cn>  
电子信箱 [press@lzu.edu.cn](mailto:press@lzu.edu.cn)  
印 刷 北京虎彩文化传播有限公司  
开 本 787 mm×1092 mm 1/16  
印 张 8.75  
字 数 186千  
版 次 2019年1月第1版  
印 次 2019年1月第1次印刷  
书 号 ISBN 978-7-311-05542-4  
定 价 36.00元

---

(图书若有破损、缺页、掉页可随时与本社联系)

# 前 言

图像分割是图像处理和计算机视觉领域的重要组成部分。不管是其理论方面还是应用方面都受到国内外研究人员的广泛关注。针对特定应用背景，图像分割的方法不同。到目前为止，还没有一种图像分割方法适用于所有场合。图像分割技术是图像识别的关键技术之一，在果蔬的自动识别过程中，准确分割对最终识别的准确率有很大的影响。

农业图像中常用的算法分为四类，分别是基于阈值的分割方法、基于区域的分割方法、基于梯度的分割方法和基于数学形态学的分割方法。每种方法都有各自适应的领域。本书应用理论研究分析与数值模拟实验相结合的方法，将优化方法、群体智能计算、数学和计算机科学等学科的相关知识融于农业图像的分割研究中。本书针对阈值分割方法，在前人工作的基础上，对群体智能算法进行优化改进，并应用到农业图像分割中，对阈值分割方法进行改进，提出了相关的分割方法和模型。

(1) 提出了群体智能优化算法的改进策略。在研究各算法的优缺点以及优化能力的基础上，分别提出了基于中心点双阈值模糊子群的混合蛙跳算法、基于模糊阈值补偿的混合蛙跳算法、基于全局共享因子的混合蛙跳算法、全局共享因子的和声搜索算法、快速全局收敛的果蝇优化算法和模拟创作自适应和声搜索算法。

(2) 提出了改进群体智能优化算法对农业图像分割的理论方法。分别提出了基于和声搜索算法的图像阈值寻优算法、基于改进混合蛙跳算法的图像阈值分割算法、混合蛙跳细菌觅食的和声搜索算法的图像分割算法以及基于改进和声搜索算法的玉米叶片病害图像分割算法。

(3) 提出了基于改进群体智能算法的农业图像分割模型。分别提出了基于 $R$ 分量群体智能算法的苹果图像分割模型和模拟创作自适应和声搜索的苹果图像多目标优化识别模型。

本书共有7章，由甘肃农业大学信息科学技术学院刘立群单独撰写完成。全书由刘立群统稿。

本书的完成得到了甘肃农业大学各位同事的大力支持。在撰写本书的过程中，多

位教授和专家学者提出了建设性的意见和建议，在此一并表示衷心的感谢。

本书的研究工作得到了国家自然科学基金（61741201）等项目的资助。

由于作者水平有限，书中难免存在不妥及疏漏之处，欢迎各位专家和广大读者批评指正。

作者

2018年09月12日

# 目 录

第1章 绪 论 .....	001
1.1 计算机视觉技术 .....	001
1.2 图像处理的内容 .....	002
1.3 图像工程 .....	003
1.4 国内外研究现状 .....	004
1.5 所做工作及研究意义 .....	006
第2章 群体智能优化算法概述 .....	009
2.1 群体智能优化算法简介 .....	009
2.2 混合蛙跳算法 .....	010
2.3 和声搜索算法 .....	011
2.4 果蝇优化算法 .....	012
2.5 人工蜂群算法 .....	013
第3章 群体智能优化算法的改进策略 .....	015
3.1 群体智能优化算法性能比较 .....	015
3.2 基于中心点双阈值模糊子群的混合蛙跳算法 .....	018
3.3 基于模糊阈值补偿的混合蛙跳算法 .....	035
3.4 基于全局共享因子的混合蛙跳算法 .....	041
3.5 全局共享因子的和声搜索算法 .....	049
3.6 快速全局收敛的果蝇优化算法 .....	054
3.7 模拟创作自适应和声搜索算法 .....	056
第4章 农业图像分割原理 .....	059
4.1 图像识别的原理 .....	059
4.2 农业图像分割原理 .....	061

第5章	改进群体智能优化算法在农业图像分割的应用 .....	064
5.1	基于和声搜索算法的图像阈值寻优算法 .....	064
5.2	基于改进混合蛙跳算法的图像阈值分割算法 .....	066
5.3	混合蛙跳细菌觅食的和声搜索算法的图像分割 .....	073
5.4	基于改进和声搜索算法的玉米叶片病害图像分割算法 .....	083
第6章	基于改进群体智能算法的农业图像分割模型 .....	090
6.1	基于 $R$ 分量群体智能算法的苹果图像分割模型 .....	090
6.2	模拟创作自适应和声搜索的苹果图像多目标优化识别模型 .....	105
第7章	结论与展望 .....	124
7.1	结论 .....	124
7.2	展望 .....	125
参考文献	.....	127

# 第1章 绪论

## 【章节提要】

- 计算机视觉技术
- 图像处理
- 国内外研究现状
- 所做工作

## 1.1 计算机视觉技术

中国是一个以农业为主的发展中国家，农业是国民经济的基础。我国在农业技术方面的进步与发展推动着城乡居民生活水平的提高。

计算机视觉又称为“机器视觉”或“图像理解”，是使用计算机及其他机器设备模拟生物视觉感知、识别和理解客观世界三维场景功能的一门学科。对于二维平面中的计算机视觉任务，其研究方法是要使计算机能借助各种视觉传感器（如 CCD、CMOS 摄像器件等）获取研究目标的图像，达到感知物体几何性质、姿态结构、运动情况、相互位置，并对场景进行识别、描述、解释，进而做出决断的目的（章毓晋，2000）。计算机视觉技术已在工业视觉、人机交互、视觉导航、虚拟现实、图像自动解释等许多领域有着广泛的应用，并取得了卓有成效的研究成果<sup>[1]</sup>。

图像识别诞生于 20 世纪 20 年代，目前在很多领域中得到了广泛的应用，推动了人工智能系统的发展，拓展了计算机的应用范围。图像识别技术以研究某些对象或过程（统称图像）的分类与描述为主要内容，主要指通过计算机，采用数字技术的方法，对一个系统前端获取的图像按照特定目的进行相应的处理。具体来讲，图像识别是对预处理后的图像进行分类的方法，它可在分割的基础上选择需要提取的特征，并对某些参数进行测量，再提取这些特征，最后根据测量结果做出分类，因此，这一技术中的关键就是对被处理对象的特征提取和模式识别。计算机图像识别技术在农业工程领域的应用研究相对于其他领域起步较晚<sup>[2-6]</sup>，但有着广泛的应用。图像识别技术无须接触测定对象便可以从获取的图像中得到大量的参数和信息，特别适合于动物、植物和农产品等生物体的检测和质量综合评定。农产品检测一直是图像识别在农业方面应用研究的热点和难点。农产品由于产品品质差异大，形状、大小、色泽等都是变化的，很难整齐划一，因此图像识别在农产品检测和分析时要能准确地分辨各特征差异<sup>[7]</sup>。

## 1.2 图像处理的内容

### 1.2.1 图像信息获取

数字图像处理的第一步是图像的采集和获取，把一幅图像转换成适合输入计算机的数字信号，这一过程包括摄取图像、A/D转换及数字化等步骤。主要设备包括：CCD摄像设备、飞点扫描器、扫描鼓、扫描仪等图像数字化设备。

### 1.2.2 图像信息的存储

图像信息的特点是数字量巨大，存储采用的介质有磁带、磁盘或光盘，为解决海量存储问题主要研究数据压缩、图像格式和图像数据库技术等。

### 1.2.3 图像信息处理

数字图像处理多采用计算机处理，主要内容为几何处理、算术处理、图像变换、图像编码、图像增强和复原、图像分割。

#### (1) 几何处理

几何处理主要包括坐标变换，图像的放大、缩小、旋转、移动，多个图像配准，图像的校正，图像周长、面积、体积的计算等。

#### (2) 算术处理

算术处理主要是对图像施以加、减、乘、除等运算。

#### (3) 图像变换

数字图像阵列通常很大，直接在空间域中进行处理，计算量非常大。采用各种图像变换的方法，如傅里叶变换、沃尔什变换、离散余弦变换等间接处理技术，将空间域的处理转换为变换域处理，这样不仅可减少计算量，而且可以获得更有效的处理。例如，通过傅里叶变换可以在频域中进行数字滤波处理，目前研究的小波变换在时域和频域中都具有良好的局部化特性，在图像处理中也有着广泛而有效的应用。

#### (4) 图像编码压缩

图像编码是利用图像信号的统计特性及人类视觉的生理学及心理学特性对图像信号进行编码，图像编码的目的是：

- ①减少数据存储量；
- ②降低码流以减少传输带宽；
- ③压缩信息量，以便于识别和理解。

图像编码压缩技术可以减少描述图像的数据量，以节省图像传输、处理的时间和减少所占用的存储器容量。压缩可以在不失真的前提下获得，也可以在允许的失真条件下进行。

#### (5) 图像增强和复原

图像增强和复原的目的是提高图像的质量，如去除噪声、提高图像的清晰度等。图像增强不考虑引起图像降质的原因，而是突出图像中所感兴趣的部分。例如，强化图像高频分量可以使图像中物体轮廓清晰、细节明显，强化低频分量可减少图像中噪

声的影响。图像复原要求对图像降质的原因有一定的了解，一般根据降质过程建立“降质模型”，再采用某种滤波方法，恢复或重建原来的图像。

#### (6) 图像分割

图像分割是数字图像处理中的关键技术之一。将图像中有意义的特征部分提取出来，有意义的特征包括图像中的边缘、区域等，是进一步进行图像识别、分析和理解的基础。虽然目前已研究出不少边缘提取、区域分割的方法，但是还没有一种普遍适用于各种图像的有效方法。对图像分割的研究还在不断深入之中，图像分割是目前图像处理中研究的热点之一。

#### 1.2.4 图像描述

图像描述是图像识别和理解的必要前提。作为最简单的二维图像可以采用其几何特性描述物体的特性，一般图像的描述方法采用二维形状描述，它有边界描述和区域描述两类方法。对于特殊的纹理图像可以采用二维纹理特征描述。随着图像处理技术研究的深入发展，已经开始进行三维物体描述的研究，提出了体积描述、表面描述、广义圆柱体描述等方法。

#### 1.2.5 图像识别

图像分类识别属于模式识别的范畴，其主要内容是图像经过某些预处理（如增强、复原、压缩）后，进行图像分割和特征提取，从而进行判决分类。图像分类常采用经典的模式识别方法，有统计模式分类和句法结构模式分类，近年来新发展起来的模糊模式识别和人工神经网络模式分类在图像识别中也越来越受到重视。

#### 1.2.6 图像理解

图像理解是由模式识别发展起来的方法。这种处理过程中，输入是图像，输出是一种描述。这种描述并不仅是单纯的用符号做出详细的描绘，而且要根据客观世界的知识利用计算机进行联想、思考及推论，从而理解图像所表现的内容。图像理解有时也称为景物理解。

### 1.3 图像工程

图像工程的内容非常丰富，根据抽象程度和研究方法等的不同，可分为图像处理、图像分析和图像理解三个层次，图像工程是既有联系又有区别的图像处理、图像分析及图像理解三者的有机结合，另外还包括它们的工程应用，三个层次的直接关系如图 1.1 所示<sup>[8]</sup>。

图像处理、图像分析和图像理解是处在三个抽象程度和数据量各有特点的不同层次上。图像处理是比较低层的操作，主要在图像的像素级上进行处理，处理的数据量非常庞大。图像分析则进入了中层，分割和特征提取是把原来以像素描述的图像转变成比较简洁的非图像形式的描述。图像理解主要是高层操作，基本上是对从描述抽象出来的符号进行运算、分析和综合，最终为图像处理的应用做出决策。

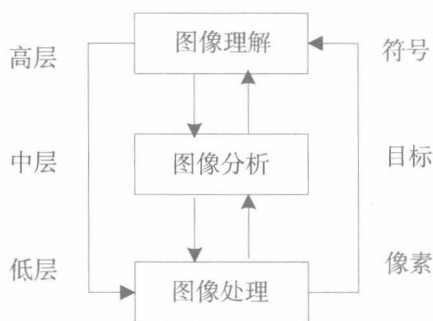


图 1.1 图像工程的三个层次

## 1.4 国内外研究现状

基于采摘视觉系统果实的识别方法可以划分为两大类：一是根据颜色或者灰度特征分割图像、寻找果实；二是在图像采集时使用滤波片或者其他设备获取较为简单的图像，再根据形状特征寻找果实<sup>[9-11]</sup>。目前，大量研究集中在第一类果实识别方法上。果实图像分割效果的好坏直接影响着采摘视觉系统识别的效率。农业图像分割包含两重含义：一是指研究目标与背景的分离；二是指将粘连在一起的若干个研究对象的图像分割开<sup>[1]</sup>。目前农业图像分割常用的算法分为四类，分别是基于阈值的分割方法、基于区域的分割方法、基于梯度的分割方法和基于数学形态学的分割方法<sup>[1]</sup>，每种方法都有各自适应的领域，尚没有统一、高效、满足高实时性的果实图像识别方法。因此，利用多目标优化理论对图像进行分析建模，对苹果图像识别领域具有重要意义。

(1) 近年来，在采摘视觉系统领域，相关学者从不同角度进行了研究，以提高视觉系统的识别效果。国外学者 Bulanon D M 等通过增强果实红色分量，得到果实目标区域，在一定程度上消除了阴影的影响<sup>[12]</sup>。Ji W 等利用区域生长与颜色特征结合的方法实现了苹果目标的分割，识别率达 89%<sup>[13]</sup>。Feng J 等提出了一种用于重叠果实的定位方法，利用计算的分离果实质心进行果实目标定位<sup>[14]</sup>。Li X B 等研究了自然场景下成熟果实的自适应 OTSU 阈值分割算法，分析果实的色调、饱和度和灰度等特性，实现从复杂背景中提取出完整果实<sup>[15]</sup>。Ghabousian A 等用图像模糊聚类分割算法进行果实损伤检测，成功提取出果实表面伤疤<sup>[16]</sup>。Raphael L 等设计了自然场景下统计图像中绿色苹果个数的估计算法<sup>[17]</sup>。Tabb A L 等采用全局高斯混合算法进行苹果识别，识别率在 85.6%~95.6% 之间<sup>[18]</sup>。

国内学者宋怀波等采用光照无关图理论实现了苹果表面阴影的去除，克服了光照过强的问题，并准确识别出阴影影响下的苹果目标<sup>[19]</sup>，在文献 [19] 中提出了一种基于模糊集理论的苹果表面阴影去除方法。贾伟宽等提出了一种基于 K-means 聚类分割和基于遗传算法、最小均方差算法优化的径向基神经网络相结合的苹果识别方法，提升了苹果果实的识别精度和速度<sup>[10]</sup>。李文勇等针对自然场景下生长期内树上未成熟果实的自动探测与大小计算问题，提出了一种基于改进分水岭和凸包理论的自然场景下

未成熟苹果识别与直径计算方法<sup>[20]</sup>。王丹丹等提出了一种基于轮廓对称轴法的苹果目标采摘点定位方法,较好地解决了苹果目标采摘点的定位问题<sup>[21]</sup>。在文献[22]中针对现有重叠苹果目标分割方法不能保留重叠部分轮廓信息的问题,提出了一种无枝叶遮挡的双果重叠苹果目标分割方法。徐越等为实现重叠苹果目标的精确分割,提出了一种Snake模型与角点检测结合的重叠苹果目标分割方法<sup>[23]</sup>。顾玉宛等为减少噪声对苹果采摘机器人的目标识别所带来的影响,对含噪苹果图像的分割方法进行了研究,提出了基于空间特征的谱聚类含噪苹果图像分割的优化算法<sup>[24]</sup>。张春龙等设计了以归一化的G分量和HSV颜色空间中H、S分量为特征参数的支持向量机(Support Vector Machine, SVM)分类器和以超绿算子(2G-R-B)为特征的阈值分类器组合而成的混合分类器,实现了绿色苹果在近色背景中的有效识别,并针对果实粘连情况,采用分水岭算法进行分割,实现近色背景中绿色苹果的识别与计数<sup>[25]</sup>。赵德安等为了解决采摘机器人在运动状态下对重叠果实的识别问题,采用快速归一化互相关匹配对重叠果实进行匹配识别<sup>[26]</sup>。姬伟等针对夜间苹果图像的特点提出了一种基于引导滤波的具有边缘保持特性的Retinex图像增强算法<sup>[27]</sup>。

(2) 在苹果识别方面的研究,国内学者司永胜等<sup>[28]</sup>采用R-G和色差比(R-G)/(G-B)相结合的方法,对顺光、逆光等不同情况下的红色苹果进行了识别,结果表明该方法可以在一定程度上消除光线、土壤等影响,但在逆光同时光线较暗情况下识别效果较差。张亚静等<sup>[29]</sup>通过选择颜色特征(R/B值)和纹理特征(对比度值和相关性值)作为输入节点构建神经网络,进行苹果图像分割,其正确率大于87.6%。王津京等<sup>[30]</sup>提取苹果彩色图像的颜色特征,并使用支持向量机(SVM)方法对苹果图像进行识别,结果表明该方法优于神经网络方法。

(3) 针对经典OTSU方法图像分割寻取最优阈值时存在的缺陷,学者们对其做了大量研究。路彬彬等<sup>[31]</sup>提出了一种基于混合蛙跳算法优化改进的OTSU遥感图像快速分割算法,能更有效地去除噪声的干扰,算法运算效率更高。李惠光等<sup>[32]</sup>提出了一种基于遗传算法(GA)优化的OTSU理论进行图像阈值选取的新方法,提高了分割质量。江禹生等<sup>[33]</sup>将遗传算法应用到二维OTSU灰度图像阈值寻优中,对灰度图像有较好的分割效果,实时性有明显的改进。

(4) 对于农作物图像识别,相关学者从不同角度进行了研究。Shatadal等<sup>[34]</sup>利用数学形态学方法分割连接的籽粒,但该方法仅适用于单点接触的籽粒,对连接处为接触线的情况分割效果不理想。Visen等<sup>[35]</sup>根据曲率识别接触点,具有最短距离的接触点对被认为是米粒的接触线,但该算法易对接触线产生误识别。杨蜀秦<sup>[1]</sup>采用迭代阈值法将玉米和大米籽粒从背景中提取,对籽粒内部的孔洞进行了区域填充,在此基础上对粘连籽粒的图像分割方法进行了研究,同时为解决分水岭算法对一个米粒经距离变换后常存在多个局部极小值而产生的过分割问题,提出了一种基于极小值合并的分水岭分割连接籽粒算法。宁纪锋等<sup>[36]</sup>利用玉米籽粒尖端的形态特征和胚部图像的亮度特征,分别提出了相应的识别算法。凌云等<sup>[37]</sup>提出了一种基于先验知识的流域分割算

法。杨蜀秦等<sup>[38]</sup>提出,对籽粒二值图像的欧氏距离变换进行局部极小值检测,并通过形态学膨胀算子合并局部极小值点,在每个籽粒内部只产生一个区域,以这些区域的边界作为初始曲线,在主动轮廓模型的指导下,曲线向籽粒的边界演化,最终将图像中的各个米粒进行分割。

可以看出,采摘视觉系统中苹果图像的识别、农作物图像识别由人工背景下的识别向自然背景下的识别发展,由单一颜色特征识别向颜色与纹理相结合的特征识别发展,由采用单一的阈值分割向结合人工智能的方向发展。提出了诸如数学形态学运算、改进分水岭变换、主动轮廓模式等方法,但普遍存在误识别率较高的情况。其中阈值分割方法与人工智能结合,可以极大地提高图像分割算法的分割效果。

## 1.5 所做工作及研究意义

### 1.5.1 群体智能算法改进的意义

群体智能算法是根据自然界群居物种觅食行为,模拟自然生态系统机制,用以求解复杂优化问题的一类搜索算法,如粒子群算法<sup>[39]</sup>、人工鱼群算法<sup>[40]</sup>、混合蛙跳算法<sup>[41]</sup>、和声搜索算法<sup>[42]</sup>等,这些优化算法的出现对于求解约束、非线性和多极值的全局优化和多目标优化问题提供了新的解决方法。

但是,各种算法在进化后期均有寻优精度不高和易陷入局部最优的缺点。因此,需要对群体智能算法做以下改进:

(1) 研究各种群体智能算法的行为机理等生物学基础,为算法原理研究和模型设计提供基础保障。

(2) 针对各种算法的行为机理,研究各算法寻优的改进方法,提高寻优精度并获取全局最优。

(3) 研究各种群体智能算法之间的融合技术。

各种群体智能算法有自身的特点和优势,融合不同智能算法的优势,提出改进的算法,以期提高算法的优化性能。

### 1.5.2 改进的群体智能算法在农业图像中应用的意义

#### (1) 在苹果图像分割中的应用

苹果图像的识别是计算机处理苹果分级最基本的环节之一<sup>[43]</sup>。苹果图像识别是指将苹果果实从枝叶、土壤、天空等背景中分离出来,即图像分割<sup>[11]</sup>。基于机器视觉识别果实可划分为两类方法:一是根据颜色或者灰度特征分割图像、寻找果实;二是在图像采集时使用滤波片或者其他设备获取较为简单的图像,再根据形状特征寻找果实<sup>[44]</sup>。目前,大量研究集中在第一类果实识别方法上。而图像分割本身是图像处理和计算机视觉中基本而关键的技术之一,也是图像理解与模式识别的前提<sup>[45]</sup>。

阈值分割法是一种极为重要且应用广泛的图像分割方法<sup>[46]</sup>。如何选取最优阈值,保证最好的分割效果,一直是阈值分割的难点。其中日本学者大津展之在1979年提出的通过最大类间方差准则来选取阈值的方法(OTSU算法)<sup>[47]</sup>一直被认为是阈值分割的

经典算法。OTSU算法是利用图像中的灰度直方图，以目标与背景之间的方差最大而动态地确定图像分割阈值<sup>[32]</sup>。这种方法虽然解决了阈值分割门限的选取问题，但存在缺乏自适应性、易造成噪声干扰和过分割现象、运算需要大量的时间等问题。这种经典OTSU算法尚需进一步改进。因此，采用经典的OTSU算法对苹果图像进行分割，其识别效果是远远不能满足用户需求的。

为了能更好地对苹果图像进行识别，需要寻求一种更简单、效率更高的方法求取图像的最优阈值。近年来，人工智能中的智能搜索算法在科学和工程领域的成功应用，对其在农副产品领域的应用及推广起了一种积极的带动作用。

和声搜索（Harmony Search, HS）算法是2001年韩国学者Geem Z W等人提出的一种新颖的智能优化算法<sup>[42]</sup>。与其他进化算法相比，HS算法概念简单，收敛速度快，容易实现，解的产生方式新颖，且只有少数参数需要调整，在有关问题上展示了较遗传算法、模拟退火算法和禁忌搜索更好的性能<sup>[48-50]</sup>。

因此，本书采用新颖的和声算法与经典阈值分割OTSU算法结合的方法，对苹果图像进行阈值寻优，以期达到更好的苹果图像分割效果，以提高苹果图像的识别效果。

## （2）在农作物籽粒图像分割中的应用

利用计算机视觉技术检测农作物籽粒外观特征并识别其品种，对提高农业生产自动化水平和农产品增加效益、加强我国农业在国际市场上的竞争优势具有重要意义。在利用计算机视觉技术进行农作物籽粒外观品质检测过程中，采集到的农作物籽粒图像常会出现籽粒聚堆或粘连的现象，如果不能把这种粘连的籽粒分离开，将严重影响籽粒分析的后续工作。连接籽粒图像的自动分割是计算机视觉技术检测农作物籽粒外观品质的一个重要内容。为避免出现籽粒互相连接的现象，常采取手工放置籽粒的做法。然而实际农作物籽粒在线检测系统中，籽粒是随机放在传送带上的，籽粒接触现象难以避免，降低了检测效率。因此，需要寻求一种更简单、效率更高的农作物籽粒自动分割算法。

群体智能算法是根据自然界群居物种觅食行为，模拟自然生态系统机制，用以求解复杂优化问题的一类搜索算法，如粒子群算法、人工鱼群算法、混合蛙跳算法、和声搜索算法等，这些优化算法的出现对于求解约束、非线性和多极值的全局优化和多目标优化问题提供了新的解决方法。

本书将群体智能算法融入农作物籽粒图像识别，选取甘肃小麦、玉米农作物籽粒静态图像，研究群体智能算法改进技术，构建基于群体智能算法的农作物籽粒图像识别模型及图像识别方法，为甘肃其他农副产品图像识别提供借鉴。

### 1.5.3 所做工作

（1）提出了群体智能优化算法的改进策略。通过研究各算法的优缺点以及优化能力，分别提出了基于中心点双阈值模糊子群的混合蛙跳算法、基于模糊阈值补偿的混合蛙跳算法、基于全局共享因子的混合蛙跳算法、全局共享因子的和声搜索算法、快速全局收敛的果蝇优化算法和模拟创作自适应和声搜索算法。

(2) 提出了改进群体智能优化算法对农业图像分割的理论方法。分别提出了基于和声搜索算法的图像阈值寻优算法、基于改进混合蛙跳算法的图像阈值分割算法、混合蛙跳细菌觅食的和声搜索算法的图像分割算法以及基于改进和声搜索算法的玉米叶片病害图像分割算法。

(3) 提出了基于改进群体智能算法的农业图像分割模型。分别提出了基于 $R$ 分量群体智能算法的苹果图像分割模型和模拟创作自适应和声搜索的苹果图像多目标优化识别模型。

## 第2章 群体智能优化算法概述

### 【章节提要】

- 混合蛙跳算法
- 和声搜索算法
- 果蝇优化算法
- 人工蜂群算法

### 2.1 群体智能优化算法简介

当前科学技术进入了多学科相互交叉、相互渗透、相互影响的时代。随着人类探索脚步的不断前进,复杂性、非线性、系统性的问题越来越多地呈现在人们眼前。面对系统的复杂性,传统方法已经逐渐陷入困境,寻找一种适合大规模并行且具有智能特征的优化算法已成为有关学科的一个主要研究目标。

优化问题是人们在工程技术、科学研究和经济管理等诸多领域中经常遇到的问题。最优化应用于工业、农业、国防、工程、交通、金融、化工、能源、通信等许多领域,如在资源利用、结构设计、调度管理、后勤供应等,产生了巨大的经济效益和社会效益。优化在结构力学、生命科学、材料科学、环境科学、控制论等其他科学研究领域也有广泛应用。国内外的应用实践表明,某事物在同样条件下,经过优化技术的处理,对系统效率的提高、能耗的降低、资源的合理利用及经济效益的提高等均有显著的效果,而且随着处理对象规模的增大,这种效果也更加显著。

目前,基于严格机理模型的开放式方程建模与优化已成为国际上公认的主流技术方向。许多工程公司和科研机构纷纷投入大量的人力、物力对系统的建模与优化进行深入细致的研究,企图取得突破性的进展。然而,基于严格机理模型所得到的优化命题往往具有方程数多、变量维数高、非线性强等特点,这使得相关变量的存储、计算及命题的求解都相当困难。比如,一个典型的流程工业系统全联立方程的维数通常在上万甚至有数十万之多,这其中包括了所有的单元模型方程、物性计算方程、流程连接方程,求解如此庞大的优化命题本身就已相当困难,更难以到工业现场实施在线应用。不仅工业界存在优化问题,在国民经济的其他各个领域中也存在着相当多的涉及因素多、规模大、难度高和影响广的优化命题,如运输中的最优调度、生产流程的最优排产、资源的最优分配、农作物的合理布局、工程的最优设计以及国土的最优开发等等,所有这些问题的解决也必须有一个强有力的优化工具来进行求解。

随着社会的发展,复杂性、非线性、系统性的问题陆续出现,面对此类问题,常规的优化算法在收敛速度、收敛性能等方面已经无法满足要求。寻求一种适合大规模并行且具有智能特征的优化算法已成为相关学科的一个主要研究目标。群体智能优化算法(Swarm Intelligence Optimization Algorithm, SIOA)<sup>[51]</sup>是目前普遍用于解决复杂优化问题的一类启发式算法<sup>[52]</sup>,是根据自然界群居物种觅食行为,模拟自然生态系统机制的智能搜索算法。应用实践表明,群体智能优化算法能够被用于解决大多数优化问题或者能够转化为求解优化问题,这得益于该类算法是建立在没有集中控制且不提供全局模型的前提下的。目前,群体智能优化算法已广泛应用于多目标优化、数据分类、数据聚类、模式识别、流程规划、信号处理、机器人控制、系统辨识等领域。群体智能优化算法在没有集中控制且不提供全局模型的前提下,为寻找复杂的分布式问题的解决方案提供了基础。

与大多数基于梯度算法和传统的演化算法不同,群体智能优化算法依靠的是概率搜索算法,具有以下优点:(1)无集中控制约束,不会因为个别个体的故障影响整个问题的求解,确保了系统的强壮性;(2)以非直接的信息交流方式确保了系统的扩展性,由于系统中个体的增加而增加的通信开销也较少;(3)并行分布式算法模型,可以利用多处理器或更适合网络工作环境;(4)对问题定义的连续性无特殊要求;(5)系统中每个个体的能力十分简单,算法实现简单。

群体智能优化算法潜在的并行性和分布式特点为处理大量的以数据库形式存在的数据提供了技术保障。无论从理论研究分析还是从应用角度分析,群体智能优化算法具有重要的学术意义和使用价值。

目前,具有代表性的群体智能优化算法主要有果蝇优化算法(Fruit Fly Optimization Algorithm, FOA)<sup>[53, 54]</sup>、混合蛙跳算法(Shuffled Frog Leaping Algorithm, SFLA)<sup>[41]</sup>、和声搜索算法(Harmony Search Algorithm, HSA)<sup>[42]</sup>和人工蜂群算法(Artificial Bee Colony Algorithm, ABCA)<sup>[55]</sup>等。

各种群体智能优化算法都有自身的特点和优势。利用不同算法的优势,取长补短,研究各种算法的混合模式和融合技术,完善和提高算法的优化性能将是今后群体智能优化算法的重要发展方向。

## 2.2 混合蛙跳算法

混合蛙跳算法(SFLA)<sup>[41]</sup>是模拟青蛙觅食过程中信息共享和交流特点提出的一种群体智能优化算法。SFLA同时采用全局信息交换以及局部搜索策略共同实现目标寻优。在局部搜索中,最差个体是通过与最优个体的差异进行更新的。SFLA通过全局搜索和局部搜索的思想如下<sup>[41]</sup>:

(1)随机生成 $P=N \times M$ 只青蛙组成的初始群体,第 $i$ 只青蛙个体(以下简称青蛙 $i$ )记为 $x_i=(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{is})$ ( $i=1, \dots, P$ ),其中 $s$ 表示个体维数, $M$ 表示子群数, $N$ 表示子群内青蛙个数。对每个青蛙个体计算适应度 $f(x_i)$ ,并按 $f(x_i)$ 降序排序,再将