

自然启发算法多目标直方图均衡化用于灰度图像增强

朱晓彤

天津大学, 天津 300072, 中国

摘要: 大自然是灵感的源泉。许多算法都从大自然中汲取灵感, 而算法灵感发展的来源也多种多样, 质量也参差不齐。受自然启发的优化技术在图像处理领域发挥着至关重要的作用。它可以降低图像的噪声和模糊度, 从而改善图像增强、图像分割和图像模式识别。图像增强是使图像能够用于特定应用的过程。图像质量与对比度相关, 对比度提高会导致图像质量进一步下降。本文介绍了当前的均衡增强技术以及一些受自然启发的医学图像算法。此外, 本文提出了一种图像增强方法, 该方法结合了两种受自然启发的算法——粒子群优化 (PSO) 和蝙蝠优化算法 (BOA), 以实现更好的增强效果。本文使用了一种衡量图像增强效果的客观标准, 该标准考虑了离散熵 (DE)、结构相似性指数矩阵 (SSIM) 和执行时间 (ET)。结果表明, 与粒子群优化图像和现有的基于直方图的均衡化方法相比, 蝙蝠算法增强图像的效果更佳, 最终结果表明, 所提图像增强方法不仅能提高图像的对比度, 还能较好地保留图像的细节, 具有良好的视觉效果。

关键词: 医学图像、直方图均衡化、增强技术、自然启发算法

Nature Inspired Algorithms Multi-Objective Histogram Equalization for Grey Image Enhancement

XiaoTong Zhu

Tianjin University, Tianjin 300072, China

Abstract: Nature is a very rich source of inspiration. Many algorithms have inspired from nature and source of algorithms inspiration development are diverse with different quality. Nature-inspired optimization techniques play an essential role in the field of image processing. It reduces the noise and blurring of images with improves the image enhancement, image segmentation, image pattern recognition. The Image enhancement is a process to make image ready for further uses in certain applications. The image quality is individually related with its contrast by rising the contrast, further disfigurements can be produced. In this paper covers current equalization enhancement technique some nature inspired algorithm for medical images. In addition, proposed an image enhancement method built by using two natures inspired algorithms Particle Swarm Optimization (PSO) and Bat Optimization Algorithms (BOA) combined to produce better enhancement. Here an objective criterion for measuring image enhancement is used which considers the Discrete Entropy (DE), the Structural Similarity Index Matrix (SSIM) and Executing Time (ET). The results showed the Bat Algorithm has produced a batter enhanced images when comparing with Particle Swarm Optimization images and

the existing histogram-based equalization methods. The final results showed proposed image enhancement method can not only improve the contrast of the image, but also preserve the details of the image, which has a good visual effect.

Keywords: Medical images; Histogram equalization; Enhancement techniques; Nature inspired algorithms

您的论文将成为期刊的一部分，因此我们要求作者遵循以下指南。图像增强技术是一个多学科的研究课题，涉及高等数学、计算机科学和信号处理技术等学科领域。图像增强分为两类：一类用于图像的灰度级，即空域增强；另一类是基于频域的间接增强算法[1]。业界有很多增强方法，例如直方图均衡化、

同态滤波、小波变换和 Retinex。直方图均衡化是基于概率统计的增强。

直方图提供了灰度值分布，是对原始图像的整体描述，并扩展了对比度[2]。灰度变换分为负变换、对数变换、指数变换和分段线性变换。

其中，分段线性变换包括对比度拉伸、灰度切割和位图切割[3]。灰度变换中更重要的是直方图处理，分为直方图均衡化和直方图规范化。直方图均衡化方法的基本方法是计算图像的灰度直方图，并将直方图中的某些灰度区间拉伸至整个灰度范围内的均匀分布[4]。

该算法利用自然启发策略，能够比经典优化算法更快地逼近最优解。粒子群优化 (PSO) 是常用的优秀算法之一，已将其用于质量性能测试。本文提出了一种基于多模态粒子群优化 (PSO) 并结合混沌机制的上下文无关图像增强方法。目标函数为对比度增益和色调失真。

这扩大了像素灰度值的动态范围，因此， y 通常用于增加局部对比度并实现多幅图像的增强。该方法的性能分别通过绝对平均亮度误差 (AMBE)、均方误差 (MSE)、增强度量 (EME)、结构相似性指数矩阵 (SSIM) 和熵 (En) 进行评估。峰值信噪比 (PSNR) 常作为图像压缩、增强等领域中信号重建质量的度量方法。现代启发式算法主要有：人工鱼群算法 (AFSA)、蚁群算法 (ACA)、列表搜索算法 (ST)、协同进化粒子群优化算法 (PSO)、进化策略算法 (ES)、萤火虫和蝙蝠优化算法 (FOA 和 BOA) 等，应用于增强图像。

一、直方图均衡增强技术 (HE)

直方图均衡化 (HE) 是图像处理领域中非常通用的间接对比度增强方法。其直方图规范化的原理是：对原始图像和参考图像的直方图进行均衡化，将其变换为相同的归一化均匀直方图，然后以该均匀直方图为媒介对原始图像进行均衡化逆运算。该方法主要用于增强灰度值动态范围较小的图像的全局对比度，尤其适用于图像实际数据由接近的对比度值表示的情况。在输入图像上，对坐标 (y) 的邻域像素执行线性或非线性运算，得到增强图像。

由于该技术对图像进行全局处理，因此采用自适应技术来增强图像局部对比度是合理的。这种技术称为自适应直方图均衡化 (AHE)，它是 HE 的扩展。

二、自然启发算法

自然在人类的各种活动中扮演着重要的角色，也是人类灵感的源泉。

因此，基于自然的算法被称为自然启发算法 (NIA)。设计 NIA 的目的是基于自然的搜索和优化灵感，获得解决难题的最优解。在过去的二十年中，已经提出并实现了多种用于解决多模态和多维优化问题的算法，例如非确定性算法和确定性算法。

图像增强可以提高图像质量，用于视觉分析和/或机器理解。目前尚无一种独特的图像增强技术及其测量标准能够同时满足所有必要条件并定量地判断给定图像的质量。为了克服这个问题，研究人员将图像增强转化为优化问题，并使用 NIA 进行求解，这开创了图像增强领域的新纪元。之前很少有自然启发算法应用于增强，

例如模仿鸟类的群体行为，也应用于鱼群。萤火虫算法 (FA) 是一种受自然启发的计算方法，其灵感来源于萤火虫的闪烁行为。此外，布谷鸟搜索 (CS) 是一种通过模拟某些布谷鸟的寄生育卵行为，成功解决优化问题的算法。我们在论文中使用了两种受自然启发的算法 (PSA) 和蝙蝠优化算法 (BOA)。

三、方法论

本节数据处理流程遵循了两种基于自然启发的算法（即粒子群优化 (PSO) 和博阿 (BOA) 算法）中的建议算法 HEE。这些算法的详细信息将在各自的小节中提供。

这些方程已被接受用于此模板的规定规范。粒子群优化 (PSO) 算法是一种基于群体智能的全局公共智能，其灵感来自 Kennedy 和 Eberhart 的人工生命研究成果。PSO 的灵感源于一项观察：一些动物在满足其基本需求（例如寻找食物）的同时，其运动会影响群体中的其他个体，从而使群体更容易实现其目标。

PSO 的目标是找到群体中处于最佳位置的粒子，并允许其他粒子向该方向移动。粒子的目标是根据其过去的经验和群体中的最佳位置来改进其下一个位置。PSO 由一组随机创建的结果发起，并不断更新这些结果以搜索最优值。在每次迭代中，每个粒子都会根据两个“最佳”值进行更新。

第一个值是粒子迄今为止找到的最佳适应度值。此外，该值存储在内存中以供后续使用，并被称为“pbest”，即粒子的最佳值。另一个最佳值是种群中任何粒子获得的适应度值最高的解。该值是种群的全局最优值，称为最优值“gbest”。

蝙蝠优化算法 (BOA) 是一种直观的算法。BOA 基于蝙蝠在狩猎过程中经常利用的识别特征。所有蝙蝠都通过回声定位的大小来确定猎物的位置。每只蝙蝠以随机的速度、频率和位置飞行，通过改变波长和音频输出值来寻找猎物。蝙蝠可以根据不同情况调整波长和声音输出。根据回声定位系统的位置更新通过以下公式进行。

图像的灰度直方图是数字图像各级灰度值与其出现频率之间的关系。如果数字图像的灰度级范围是 $[0, L-1]$ ，则图像的灰度直方图可以定义为 $h(rk) = nk$, $r=0, 1, 2, \dots, L-1$ ，其中 rk 表示第 k 个灰度级， $h(rk)$ 和 nk 表示图像中灰度值为 rk 的像素数量。直方图只能描述图像每个灰度级中像素的数量，而不能代表图像中的每个图像。本节应用了带有测试医学图像验证集的混合算法。我们一直在寻找更好的方法，通过参数选择来提高算法的性能。然而，提出了一种优化的 HEE，使用四个参数 a , b , c 和 d 将彩色图像转换为灰度图像。这里，我们使用三个质量指标来评估增强技术的性能：离散熵 (DE)、执行时间 (ET) 和结构相似性指数矩阵 (SSIM)。

图像的熵是特征的统计形式。它表示图像灰度分布的总体特征。然而，它不能反转图像灰度分布的空间特征。在一维熵的基础上，引入能够反转灰度分布空间特征的特征量，用于图像的二维熵。

近年来，结构相似性指数矩阵在图像和视频处理相关应用中得到了广泛的应用。结构相似性的主要思想是自然图像具有高度的结构性。也就是说，自然图像中相邻像素之间存在鲁棒的相关性，这种相关性传递了场景中物体的结构信息。两幅图像之间的结构相似性可以作为失真图像的质量度量指标。

标准直方图均衡算法具有简单的基础和良好的实时性，能够针对不同大小的图像生成增强图像。我们在此提出了一种优化的直方图均衡技术流程，用于测量增强图像的性能。

四、实验结果

图像增强是指有目的地强调图像的整体或局部特征，例如改善图像的颜色、亮度和对比度。近年来，一些受自然启发的算法在许多低级计算机视觉任务中取得了重大突破，包括图像超分辨率、去模糊、去雾和图像增强。在当前的研究中，使用混合自然启发算法 (PSO 和 BA) 来增强图像的对比度是明智之举。然而，使用我们提出的算法可以获得更好的效果。

本节总结了研究成果和贡献。我们将医学图像作为数据集来应用这些技术。图像由数码相机拍摄并以 JPEG 格式存储，尺寸为 520*520 像素。数据集中共有两组测试医学图像。使用 MATLAB R2017a 软件对所有增强图像进行了比较。

图像增强处理的主要内容是聚焦图像中重要的部分，弱化并去除不需要的信息。这将增强合适的信息，从而生成更适用于机器人和人类分析的图像或图像修改。衡量特定方法图像质量结果的指标有很多；计算目标函数值，例如最小化总熵 (DE)、最大化总 SSIM 和最小化总时间 (ET)，以达到最佳权重。这些比较定量地证明了优化 HEE 技术作为一种卓越的图像增强技术的优势。

五、结论

优化步骤常用于解决图像处理和增强问题。

本文深入研究了基于混合算法的直方图均衡化增强技术，并结合了两种自然启发算法——粒子群优化算法 (PSO) 和博阿算法 (BOA)。本研究重点关注两组医学图像的增强。本文采用 DE、SSIM 和 ET 等客观图像增强标准对所提出的 HEE 算法进行了评估。定性实验表明，优化方法与其他近期和传统算法相比效果优异，在不同条件下均展现出并取得了更好的增强效果。本研究可进一步扩展到比较分析，并利用增强技术增强医学图像或其他类型图像的彩色图像。

参考文献

- [1] 吴禹. 几何粒子群优化. 人工进化与应用杂志, 2008.
- [2] 潘伟超. 基于BAT算法的对比度增强. 国际工程研究与普通科学杂志, 2018, 3(4).
- [3] 成于. 医学图像对比度增强技术. 化学与药物研究杂志, 7(7): 1-8,
- [4] 张翩翩. 医学图像增强技术分析. IJCTA, 2016, 9(40): 141-147.