

基于伽玛校正和直方图均衡化的彩色图像增强技术

作者 周彦言 学号 1935031508

摘 要: 图像增强作为数字图像处理的一种技术, 在一些计算机视觉的应用中被用作预处理步骤。在本文中, 作者提出了一种用于彩色图像的图像增强技术, 其可以作为许多计算机视觉应用的预处理步骤, 也可以作为物体检测中的一种数据增强技术。有时候图像的亮度部分不能被相机捕获或显示器正确显示, 作者则提出了伽马校正的方法来改善这个缺点。根据图像的质量, 选取不同的伽马值, 然后将图像转换成YUV或Lab色彩空间。之后, 对比度有限的自适应直方图均衡方法被应用于YUV的Y分量或Lab的L分量以提高图像的对比度。再通过比较其他图形算法所得出的图像的峰值信噪比 (PSNR), 得出定量结果。结果表明, 与现有方法相比, 所提出的算法提高了PSNR值。在直观的定性比较中, 也可以看出现有的技术有所改进。

关键词: 伽马校正; 直方图均衡化; 图像增强; 峰值信噪比;

Color Image Enhancement based on Gamma Encoding and Histogram Equalization

ZHOU Yanyan

Abstract: Image Enhancement is used as a preprocessing step in many computer vision applications. It provides enhanced input for other computerized image processing methods. Many preprocessing techniques can be applied to images depending on the application domain. In this paper we are proposing an image enhancement technique for color images that can be used as preprocessing step in many computer vision applications. It can also be used as a data augmentation technique in object detection. Luminance component of images is sometimes not captured by cameras and displayed by monitors properly. To remove this drawback of devices we have used gamma encoding. Four different values of gamma are evaluated depending on the quality of images. Image is then converted into YUV Color space (Y component represents the luminance. U and V components represent color) or Lab Color space. After that Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization is applied to the Y component to improve the contrast of the image. The results are compared with the state-of-the-art methods on the basis of Peak Signal to noise Ratio (PSNR). Quantitative results show that proposed algorithm results in improved value of PSNR as compared to existing methods. Qualitative comparison is also done and results show improvement over the existing techniques.

Key words: Gamma Encoding; Histogram Equalization; Image Enhancement; Peak Signal to Noise Ratio;

0 引言

数字图像处理 (Digital Image Processing) 又称为计算机图像处理, 它是指将图像信号转换成数字信号并利用计算机对其进行处理的过程。而图像增强技术 (Image Enhancement) 是数字图像处理技术中的重要一环。图像增强是指根据一定的要求, 突出图像中感兴趣的信息, 而减弱或去除不需要的信息, 从而使有用信息得到加强的信息处理方法。许多计算机视觉的应用需要图像增强以获得更好的效果。随着互联网对数字图像的

使用不断增加, 对更高质量图像的需求也在增加。目标检测 (Object Detection) 的任务是找出图像中所有感兴趣的目标 (物体), 确定它们的类别和位置, 是计算机视觉领域的核心问题之一。由于各类物体有不同的外观、形状和姿态, 加上成像时光照、遮挡等因素的干扰, 目标检测一直是计算机视觉领域最具有挑战性的问题。它可以应用到图像处理很多领域, 例如物体追踪、人数检测、车辆检测、行人检测、图像检索、视频监控、图像匹配、医学图像分析、人机交互 (Human-Computer Interaction)、机器人行业 (如

服务机器人)、安检行业(如识别、跟踪)等。道路、车辆、建筑、游泳池、公园等公共基础设施的检测对于政府管理以及紧急情况下救援队的行动而言十分重要。检测图像中对象的视觉特征可以为背景和对象本身的识别增加重要的信息。通过改变物体的软硬度,人类可以与这些物体进行互动[2]。对于人类和计算机视觉系统来说,能够识别我们在日常生活中遇到的不同种类的材料,如塑料、钢铁、玻璃、木材或混凝土,也非常重要[3]。人工检测混凝土、道路和其他材料的破损是一项繁琐的工作。这些任务都可以通过图像处理 and 物体或模式检测技术来实现自动化识别[4]。机器学习和图像处理已经成为信息工业的重要组成部分。这些技术在材料科学领域越来越重要[5]。但是,现有的目标检测和模式识别技术仍有许多需要改进的地方。在低对比度和低分辨率下,图像难以检测到较小的物体或图案。由于环境等条件,如多云天气或缺乏照明,捕获到的图像通常不易观察(特别是在夜间)。这些相对黑暗的图像通常是在动态范围内压缩而成的,同样的,我们可以在这个动态范围内运用图像增强技术把它解析成完整的图像。因此,一些预处理步骤,如各类图像增强技术,可以应用于图像,以提高对图像的可理解性和清晰性。

1 常用的图像增强技术

图像增强技术能够提高图像中物体或轮廓的可探测性,可分为三种类型:点增强、空域增强和频域增强。空域增强方法可以直接应用于图像的像素值。点增强和频域增强方法首先将图像转换为一个特定的值,然后对其进行复杂的计算。空域增强可用于去除噪音、锐化对比度、突出形状和检测边缘。对比度增强技术分为线性和非线性技术。直方图均衡化技术是非线性类别下是最好的。本文将重点介绍各类直方图均衡技术和伽马校正技术。

1.1 直方图均衡化

直方图均衡化是计算机视觉应用中一种非常常用的非线性技术。但许多直方图均衡化技术会导致图像中物体边缘的清晰度下降,以及对图像中的噪声的过度增强。当其通过输入图像的全局直方图来调整对比度时,局部的对比度则会被忽略。这被称为全局直方图均衡化(Global Histogram Equalization, 简称 GHE)。这些直方图均衡化技术虽极大地提高了对比度,但也使图像更加地不自然。另一个缺点是在低对比度的情况下,图像中尺寸较小的物体会消失。

1.2 对比度受限的自适应直方图均衡化

(Contrast Limiting Adaptive Histogram Equalization, 简称 CLAHE)

CLAHE 技术是对自适应直方图均衡化(Adaptive Histogram Equalization, 简称 AHE)技术的一种改进。AHE 广泛运用于普通图像增强领域和医疗领域,它解决了全局直方图均衡化的主要问题,将图像被分成 $n \times n$ 个子图像,然后对这些子图像进行直方图均衡。这种方法也有两个缺点:首先是图像中存在的噪声会被放大,其次是它处理的速度很慢。CLAHE 则解决了自适应直方图均衡化所产生的问题。它在被称为“切片”的图像的小区域工作。为了消除叠印,使用双线性插值对其产生的切片进行整合。在彩色图像中,它只适用于亮度通道,与对 RGB 图像的所有通道进行直方图均衡化进行对比,其效果更好。

1.3 对比度拉伸(Contrast Stretching)

对比度拉伸是一种线性图像增强技术。它也被称为归一化或动态范围扩展。它试图将图像值转换为人们更熟悉的范围——改变了图像中像素值的范围以提高对比度。它被称为线性图像增强方法,因为只有线性缩放功能可以应用于图像的像素值。与直方图均衡化相比,它的增强效果不那么明显。

1.4 伽马校正

可视化是低对比度图像的一个大挑战,其问

题可能是由于图像中的噪声造成的。观察者无法区分图像中两个相关性较高的物体, 这是因为失去了视觉效果。照相机和传感器不能像我们的眼睛一样捕捉图像。伽马校正能够在我们眼睛的灵敏度和传感器的灵敏度之间进行编码, 将图像中的亮度水平转化为我们眼睛所能感知的。伽马校正的图像是通过以下公式得到的:

$$\gamma = \left(\frac{\text{输入}}{255}\right)^{\frac{1}{\gamma}} * 255 \quad (1)$$

取决于图像的对比度和强度, 不同的伽玛值对图像增强的效果也是不同的。

2 本文采取的方法

许多现实世界的应用都需要高质量的图像。空间域的方法一直被证明对图像的增强有更好的效果, 而且简单。本文采取的图像处理方法的具体实现过程如图 1 所示。第一步是调整图像的大小, 第二步是应用伽马校正, 第三步是使用 CLAHE 算法。

第一步是调整图像的大小。每当我们想训练深度学习模型或计算机视觉模型时, 其需要相同大小的图像作为输入。收集到的图像不可能总是相同的大小, 因此在第一步中, 图像需要被调整到相同的大小。具体的大小取决于模型的要求。

第二步是对图像应用伽马校正。本次方法所采用的伽马值为 2.22 或 1/2.22。

第三步是实现 CLAHE 算法。其处理彩色图像的流程有点复杂。它需要将图像分成三个通道。然后对所有三个通道分别进行操作。我们可以将图像转换为 YUV 色彩空间。Y 通道代表亮度 (Luminance)。U 和 V 通道代表颜色。为了增加亮度, CLAHE 被应用于 Y 通道。据观察, 只对亮度通道应用 CLAHE 比对 YUV 模型的所有三个通道应用 CLAHE 有更好的效果。也可以将图像转换为 Lab 色彩空间, 然后对 L 通道使用 CLAHE 算法。在应用 CLAHE 之后, 输出图像再次被转换为 RGB 色彩空间。当我们应用 CLAHE 时, 有两个参数非常重要。首先是应用

直方图均衡化的网格大小——将图像分为 8*8 大小的块。第二个参数是裁剪限制 (Clip Limit), 其作为一个阈值来控制对比度极限, 有助于限制对比度的过度放大。经实验证明, 将裁剪限制值定为 5 最为合适。

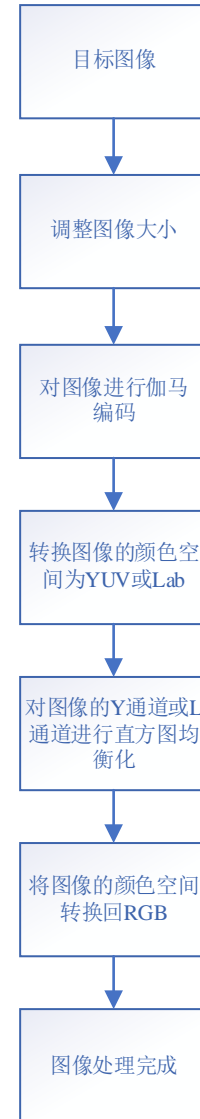


图 1 图像处理流程图

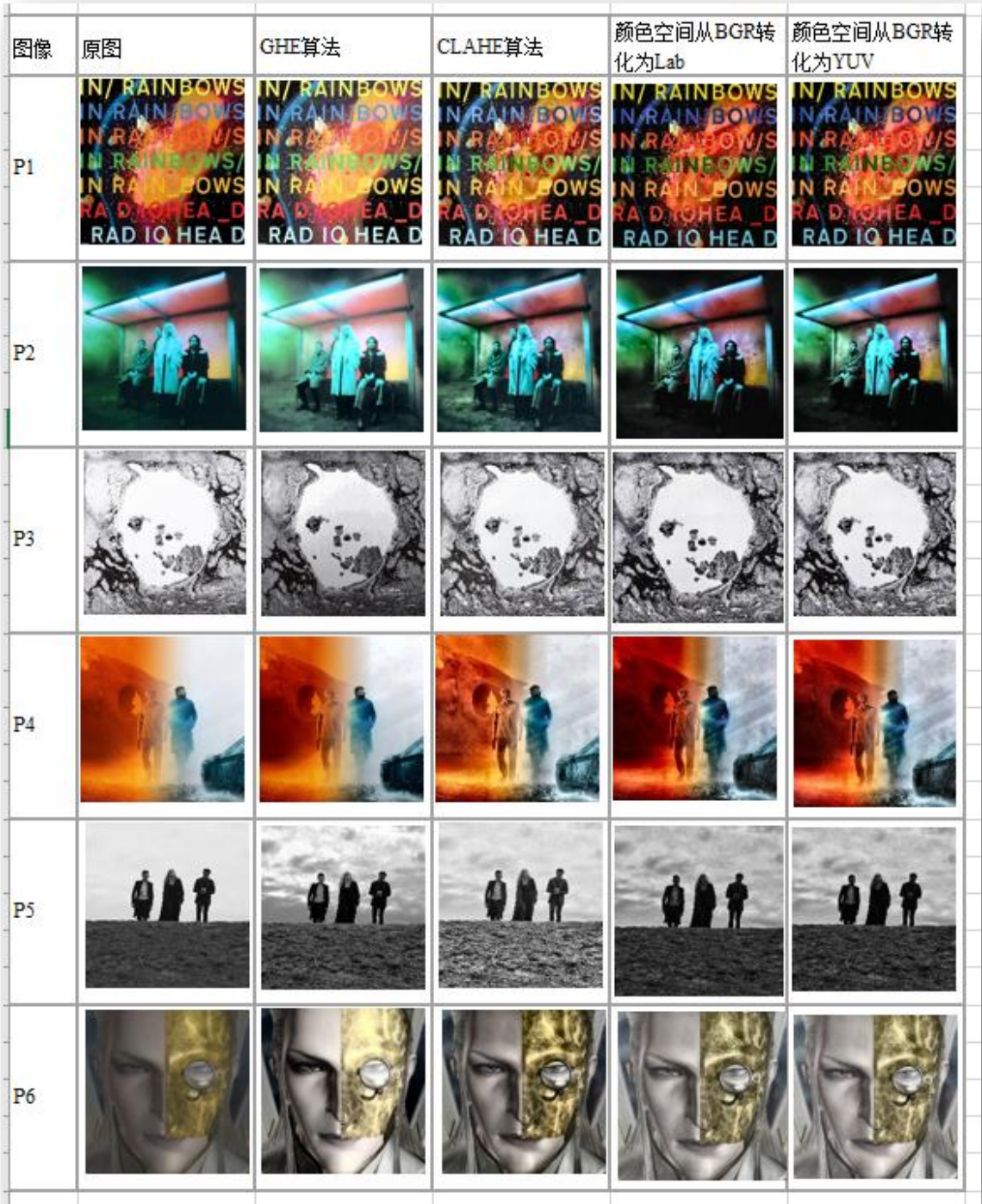


图 2 结果图

图像	BGR2 Lab	BGR2 YUV	GHE	CLAHE
p1	20.18	22.24	17.68	20.9
p2	20.57	21.75	15.70	20.81
p3	15.75	16.37	13.63	18.35
p4	15.27	17.27	24.08	20.29
p5	17.35	18.39	17.71	17.32
p6	14.78	13.82	13.23	17.89

表 1 PSNR 检测结果

3 结果分析

对本文采用的算法的性能评估已经通过两种方式完成。定量评价是在比较峰值信噪比（PSNR）的基础上进行的。主观（定性）评价是通过观察图像的视觉质量来完成的。结果表明，

使用本文提出的算法, 图像的质量得到了改善。峰值信噪比是一个常见的用于图像增强的质量指标。在应用图像增强技术后, PSNR 的值能得到提高。它被计算为信号的最大值和降低图像质量的噪声的功率之间的比率。PSNR 可以分别按公式 (2) 和 (3) 来进行计算:

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_i^N (x_i - y_i)^2 \quad (2)$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{L^2}{MSE} \quad (3)$$

这里 x 是原始图像, y 是增强后的图像。 N 代表图像数, MSE 代表均方误差, L 代表原始图像中的最大信号值。表 1 显示了比较 PSNR 的结果。定量分析表明, 大部分所得图像的 PSNR 比 GHE 算法和 CLAHE 算法的 PSNR 都有提高, 其中因为所用颜色空间模型的不同, PSNR 值也会有变化。少部分对比度和亮度较低的图像在改进后 PSNR 值仍然较低。图 2 描述了主观的性能评估。可以很容易地观察到, GHE 要么过度提亮图像, 要么使其变得特别暗 (除了 P4 图像)。CLAHE 给出了较为中和的结果, 而本文采用的算法则给了图像一个较为自然的外观。

4 结 论

本次实验采用了对彩色图像的空域增强技术。对彩色图像的处理不像对灰度图像那么简单。我们将图像从 BGR 色彩空间转换为 YUV 色彩空间和 Lab 色彩空间。首先对图像进行伽马编码, 以改善人眼对颜色和其他亮度信息的感知。然后, CLAHE 只应用于 Y 通道或 L 通道。结论是, 只对亮度通道应用 CLAHE 比对 YUV 模型或 Lab 模型的所有三个通道应用 CLAHE 的结果更好。结果显示比现有的技术有所改进, 但在对比度较低和亮度较低的图像上改进效果一般。在实验过程中也有发现像素较低的图像改进效果较差。进一步的工作可以用来设计新的算法来计算

单个图像的最佳伽马值。本文提出的算法可以作为图像处理的预处理步骤, 检测用于制造道路的材料, 如混凝土、沥青、沥青和土壤等, 便于在自动驾驶中调整车辆的速度以及其他的应用。

参考文献:

- [1] P. Kaur, B. Singh Khehra, A. P. S. Pharwaha, Color Image Enhancement based on Gamma Encoding and Histogram Equalization, *Materials Today: Proceedings*, vol. 46, no. 9, 2021, pp. 4025-4030.
- [2] G. Schwartz, K. Nishino, Recognizing material properties from images, in: *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 42, no. 8, 2020, pp. 1981-1995.
- [3] L. Sharan, C. Liu, R. Rosenholtz, et al. Recognizing materials using perceptually inspired features, *Int. J. Comput. Vis.*, 103 (2013), pp. 348-371.
- [4] A. Mohan, S. Pooble, Crack detection using image processing: a critical review and analysis, *Alex. Eng. J.*, 57 (2) (2018), pp. 787-798.
- [5] K. Rajan, *Materials informatics*, *Mater. Today*, 8 (10) (2005), pp. 38-45.