

彩色图射中颜色不变性 和耀斑的分离*(II)

黄 玉 明

(航空航天部,北京控制工程研究所,北京 100080)

徐 光 佑

叶 培 建

(清华大学计算机系,北京 100084)

(中国空间技术研究院,北京 100081)

提 要

光源的位置和色品影响景物在摄像机中的成像,耀斑和阴影的出现使一般的分割算法得不到理想的分割结果。本文根据双色反射模型将图像分解成两个本征图像——本色图像(matte image)和耀斑图像(highlight image)。本色图像是去掉耀斑影响的图像,反映了景物本身的不变性,不受外部因素(光源的位置和色品)的影响。而耀斑图像是只含有耀斑的图像,恰反映了外部因素的影响,并提供景物形状的信息。

关键词: 耀斑图像,本征图像,本色图像。

一、本征图像的应用和抽取方法

1. 彩色图像分割遇到的问题

利用彩色图像作分割,一般可得到比用单色图像作分割更好的分割结果。但是彩色图像的分割常常受到耀斑的影响。由于耀斑区像素的颜色受光源的位置和色品影响很大,各分量灰度值变化剧烈。图1(a)、图1(b)和图1(c)(请见彩色插页 No. 10~12图)。说明物体图像上从非耀斑区到耀斑区,再从耀斑区到非耀斑区, r 、 g 、 b 灰度值的变化情况。横轴表示像素的位置,纵轴分别表示 r 、 g 、 b 灰度值。为减小噪声,对等光照线上的多个像素灰度值求平均值。

对摄像机获取的彩色图像直接使用分割算法,总是将会有耀斑的一个物体区域分成多个区域,这是因为耀斑造成的边界比不同物体之间的边界更加明显,即变化率更大。根据双色反射模型,抽取物体图像的本征图像,就可基本消除耀斑的影响。本征图像包括本色图像和耀斑图像。本色图像是去除耀斑后的图像,反映了景物本身的不变性,不受外部因素的影响。而耀斑图像是只含有耀斑的图像,恰反映了外部因素的影响。本色图像上耀斑区与非耀斑区的边界基本消除,而物体之间的边界仍然保持。所以对本色图像作分割可得到比对原图像作分割更理想的结果,同时耀斑图像又提供物体形状的信息。

2. 彩色图像像素的分类

按照双色反射模型和摄像机模型,物体图像的象素点可分为本色像素(matte pixel),耀

斑像素(highlight pixel)和截断像素(clipped pixel)。

体色像素是在视线方向上只包含体反射分量的像素。这些像素的色品由体反射的色品决定,其强度与像素点所对应的景物点的法线方向,视角,入射角有关。单色物体的全部体色像素在三维直方图中形成一条体色直线,始于原点,方向就是体色向量 c_b 。由于物体表面微小颗粒的漫射作用,体色像素可能包含一些面反射分量,但是可以忽略不计。

耀斑像素是在视线方向上既包含体反射分量又包含面反射分量的像素。在等体反射线上的耀斑像素的像素值只在其面反射分量上变化,这些象素的颜色点集在三维直方图中形成一条耀斑直线(highlight line),起点位于体色直线的 mbh 处——mbh 是这些耀斑像素的体反射分量。耀斑线的方向就是面反射向量 c_i 的方向。由于耀斑区域的像素在面反射分量上变化剧烈,而在体反射分量上变化缓慢,故全体耀斑像素在双色平面上形成楔子型(skewed wedge)。复杂的物体可能含有多个耀斑,则该物体的三维直方图看来象是梳子。梳子柄对应全部体色像素簇,而每个梳子齿对应各个耀斑像素簇。

截断像素是在一个或多个波段上超出摄像机动态范围的耀斑像素。在三维直方图上表现为耀斑像素簇在颜色立方体(color cubio)的边界上弯曲了一个角度。截断像素是摄像机动态范围有限造成的景物图像在某些位置的信息丢失,因此在本文的本征图像抽取算法的结果中出现若干黑白斑点,均对应了原图像的截断像素区。

3. 向量分解

向量分解就是将一个向量表示成一组向量基底的线性组合。这里的向量均是三维直方图中的三维颜色向量。设向量 A 、 B 不共线,则由向量 A 、 B 所决定的平面上的任一向量 C 均可表示成

$$C = KA + LB. \quad (1)$$

给出 A 、 B 、 C 以后容易求出 K 、 L 。 (“ \cdot ”表示向量点乘)

$$\left. \begin{aligned} K &= [(\mathbf{A} \cdot \mathbf{B})(\mathbf{B} \cdot \mathbf{C}) - (\mathbf{A} \cdot \mathbf{C})(\mathbf{B} \cdot \mathbf{B})] / [(\mathbf{A} \cdot \mathbf{B})(\mathbf{A} \cdot \mathbf{B}) - (\mathbf{A} \cdot \mathbf{A})(\mathbf{B} \cdot \mathbf{B})], \\ L &= [(\mathbf{A} \cdot \mathbf{B})(\mathbf{A} \cdot \mathbf{C}) - (\mathbf{A} \cdot \mathbf{A})(\mathbf{B} \cdot \mathbf{C})] / [(\mathbf{A} \cdot \mathbf{B})(\mathbf{A} \cdot \mathbf{B}) - (\mathbf{A} \cdot \mathbf{A})(\mathbf{B} \cdot \mathbf{B})], \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

根据双色反射模型,单色物体图像每个像素的颜色向量,都是物体色品向量 c_b 和光源色品向量 c_i 的线性组合。物体上全部像素点对应颜色点集在三维直方图中形成一个平面。本征图像的抽取过程,就是景物与光源在摄像中按照双色反射模型合成成像过程的逆过程。在求出本色向量 c_b 和耀斑向量 c_i 以后,即可按照(2)式在拟合平面上将每个像素的颜色向量在本色向量和耀斑向量两个方向上分解,从而得到原图像的两个本征图像——本色图像和耀斑图像。

二、实验结果和进一步工作

实验装置包括: PULNIX-TMO 56 彩色 CCD 摄像机, IMAG 彩色图像处理工作站, 即配有 Data Translation 公司的三块真彩色图像处理板 DT2858, DT2869, DT2871 和彩色图像监视器的 SUN 386i 工作站。实验室是密闭隔光的,用幻灯机产生白光光源,加上滤色片得到各种色光。利用中国计量科学院光学室提供的标准白板 (A 光源, 10° 视场下的色度坐标为 $x=0.4525$, $y=0.4074$) 测定白光及各种色光的色度坐标。

这里, 给出一个实验结果: 黄光下的深红色塑料杯(如图 2(a)、图 2(b)、图 2(c)请见彩色插页 No. 13~15 图)。图从图中可以看出, 本征图像抽取较成功地把物体的本色和光源色分解开, 去除或减轻了耀斑的影响。但是未能去除和减轻阴影的影响, 这可能是由于入射光较弱使摄像机性能受到影响的缘故。当入射光光强超出摄像机动态范围时, 算法将对应的截断像素作为噪音处理, 在本征图像上形成黑白斑点。设想以后用颜色平滑的方法去除斑点。目前的算法是对单色物体的人工分割图像抽取本征图像, 下一步的工作是对多个单色物体做图像自动分割(粗分割), 可通过三维直方图中的颜色点集聚类分析实现, 然后抽取本征图像。更进一步对非单色物体抽取本征图像。

参 考 文 献

- [1] G. J. Klinker *et al.*; *Internat. J. Computer Vision*, 1988, 2, No. 1, 7~12.
- [2] G. J. Klinker *et al.*; *Internat. J. Computer Vision*, 1990, 4, No. 1, 7~38.
- [3] G. J. Klinker *et al.*; «DAPAR-Image understanding Workshop» Los Angeles, CA, February, 1987, 614~618.

The separation of color invariance and highlight in color image (II)

HUANG YUMING

(*Beijing Institute of Control Engineering, Aerospace Ministry, Beijing 100080*)

XU GUANGYOU

(*Computer Science Department Qihua university, Beijing 100084*)

YE PEIJIAN

(*Chinese Academy of Space Technology, Beijing 100081*)

(Received 27 August 1990; revised 4 March 1991)

Abstract

Images of objects are influenced by the position and chromaticity of the illuminant. Ideal segmentation result can not be gained by usual segmentation algorithm due to the appearance of highlight and shadow. The Dichromatic Reflection Model is used in this paper to separate a color image into two intrinsic images—matte image and highlight image. The matte image is the original image with the highlights removed, reflecting the invariance of the object and being not affected by the environmental factors (such as the position and chromaticity of the illuminant). While the highlight image is an image of just highlights, reflecting the environmental factors only, and providing information for shape from glass.

(Fig. 1 and Fig. 2: see color inset No. 10~15)

Key words: highlight image, intrinsic image matte, image.