

# 改进的 Knockout 自然景物提取算法

窦燕, 肖凤, 孔令富, 冯丙春

(燕山大学信息科学与工程学院, 秦皇岛 066004)

**摘要:** 针对 Knockout 算法中颜色估计模型只适用于光滑图像的问题, 提出一种新的颜色估计模型。采用区域生长法将未知区域划分为若干个子区域, 以距离每一个子区域最近的前景和背景轮廓线上的点为中心做矩形块, 分别计算 2 个矩形块内前景和背景像素点的颜色加权平均值, 将其作为该子区域的前景和背景颜色分量。实验结果表明, 改进后的颜色估计模型在图像边缘附近颜色相差较大的自然景物提取中有较好表现。

**关键词:** 蓝屏景物提取; 自然景物提取; 透明度( $\alpha$ 值); 前景; 背景

## Improved Knockout Natural Image Matting Algorithm

DOU Yan, XIAO Feng, KONG Ling-fu, FENG Bing-chun

(College of Information Science and Engineering, Yanshan University, Qinhuangdao 066004)

**【Abstract】** Aiming at the problem which is appeared in Knockout algorithm that the color estimate model is only applied to smooth image, a new color estimate model is proposed. The unknown region is divided into many subregions by region growth algorithm, rectangular block is made out based on the point which is nearest to the subregion in the foreground and background contour line. The weighted average values of foreground and background pixels color in rectangular block are computed respectively. The values are taken as the foreground and background color components. The improved color estimate model has better behavior in the natural image matting for the image which the edge color is very different.

**【Key words】** blue screen image matting; natural image matting; transparency( $\alpha$  value); foreground; background

### 1 概述

在数字图像的景物提取中, 前景像素点通过估计图像中每一个像素点的颜色和透明性将其从背景像素点中分离出来。每一个像素点透明性的值称为该像素点的  $\alpha$  值。基于透明度的景物提取可以对单个像素点包含的色彩进行前景和背景的分隔。

图像上任何一点的色彩都可看成是由前景颜色和背景颜色混合而成。引入一个前景部分颜色所占的比重, 称为该点的  $\alpha$  因子。文献[1]给出颜色组合方程:

$$C = \alpha F + (1 - \alpha) B \quad (1)$$

其中,  $C$ ,  $F$  和  $B$  分别表示图像上任意一点的合成色、前景色和背景色;  $\alpha$  为该点的透明度。景物提取问题是已知给定图像上任一点的颜色  $C$ , 求该点颜色所含的前景色  $F$ 。

数字图像的景物提取技术大致可分为蓝屏景物提取<sup>[2]</sup>和自然景物提取。景物提取问题在本质上是一个不定方程的求解问题, 因此, 它不可能有完全精确解, 但在某些特定情况下(如蓝屏景物提取), 通过施加一些限制条件可求得精确解。文献[3]提出一个基于 Bayesian 框架的自然景物提取方法, 与以往方法利用光栅扫描顺序来逐个处理每个像素不同, 该方法的处理顺序像剥洋葱似的由外向内逐圈处理, 但该方法不适用于前景和背景的颜色较接近的图像。文献[4]提出泊松景物提取方法。首先将彩色图像转化为灰度图像并得到 trimap; 再将 2 条轮廓线上建立一个泊松方程, 于是透明度图像可通过求解该方程得到重建, 适用于颜色变化比较平滑的图像。Grabcut 的景物提取技术<sup>[5]</sup>要求用户沿着前景物体的周围画一个矩形, 然后通过图像分割加羽化过程的方式提取出前景

物体。它适用于“硬”边缘的图像。文献[6]提出一种基于感知颜色空间的透明度估计方法, 可有效克服 RGB 颜色空间透明度估计所存在的问题, 从而更准确有效地估计透明度。文献[7-8]提出在区域分割以后, 对未知区域中任一点  $C$ , 利用和  $C$  邻近的前景轮廓线上点的颜色均值作为前景颜色分量, 可得到背景颜色分量; 接着修正背景色, 根据得到的前景色和背景色颜色分量以及  $C$  点的颜色值来推断该点的透明度值。Knockout 方法的透明度估计方法称为三通道加权法, 其做法是计算出 3 个颜色通道上的透明度分量, 然后取其加权平均值作为最终的透明度值。该方法的颜色估计方案决定了它只适用于光滑图像的自然景物提取。Knockout 方法的特点在于模型简单、处理速度快, 但其处理效果不佳。

本文提出一种新的颜色估计模型, 在一定程度上克服了 Knockout 方法因颜色估计模型过于简单而导致其只适用于光滑图像的缺点, 在自然景物提取效果上优于 Knockout 方法。

### 2 自然景物提取

#### 2.1 区域划分

区域划分的目的是将须进行透明度估计的部分从图像中分隔出来, 一般都要用户进行手工划分。通过手工在物体边缘画前景和背景 2 条轮廓线, 图像被分成 3 个部分: 前景区域, 背景区域和未知区域。2 条轮廓线之间的区域为未知区

**基金项目:** 国家“863”计划基金资助项目(2006AA04Z212)

**作者简介:** 窦燕(1968-), 女, 副教授、博士研究生, 主研方向: 机器视觉, 模式识别; 肖凤, 硕士研究生; 孔令富, 教授、博士生导师; 冯丙春, 硕士研究生

**收稿日期:** 2008-12-04 **E-mail:** douyan@ysu.edu.cn

域, 应尽可能将前景和背景的点排除在未知区域外。区域划分的准确与否对自然景物提取的精度有很大影响, 因此, 区域划分必须仔细。

用户手工确定了前景区域、背景区域和未知区域之后, 为减少未知区域中待处理未知点的数目, 本文对未知区域中的点进行如下处理: 同一个物体内部的点会形成具有某种特征的集合。就彩色图像而言, 物体内部总会有一些点的颜色相同或相近, 不同的物体之间的颜色一般会有较大的差异。沿轮廓线对未知区域进行四邻域搜索寻找与轮廓线上的点颜色值相近的点, 进行区域生长。未知区域中的点, 如果在  $r, g, b$  通道上的变化量都不超过某个阈值, 则归入相应的前景区域或背景区域。直到找不到颜色值相近点, 把找到的颜色相近的点分别归入前景和背景之中。这样沿内外轮廓线进行直到轮廓线上所有点都已处理过。对于未知区域内剩余的未知点, 作为未知区域的像素点, 再采用颜色估计和透明度估计方法进行处理, 从而减少须处理的未知点的数目。

## 2.2 颜色估计

Knockout 算法中使用的样本点仅仅是轮廓线上的点, 这种方法只适用于光滑图像的景物提取。本文所采用的方法由于不只是在边界区域取像素点的值, 而是考虑到图像的前景和背景区域内像素点颜色值对未知区域内像素点颜色值的影响, 比 Knockout 方法更具有普遍性, 因此, 可适用于图像边缘附近的颜色值相差比较大的自然景物提取。

对于给定的未知区域中的任意一点, 可估计该点的前景和背景颜色分量。本文详细介绍前景颜色分量的估计, 背景颜色分量的估计与之类似。类似于 2.1 节介绍的方法, 将未知区域中颜色值相近的像素点划分到一个子区域中, 这样可以把未知区域分成许多子区域, 这些子区域可作为逻辑像素点。具体方法如下: 对未知区域中任意一点进行四邻域搜索找出与未知区域点颜色值相近的点, 进行区域生长, 未知区域中的点如果在  $r, g, b$  通道上的变化量都不超过某个阈值, 则归入到这个子区域中, 直到找不到颜色值相近的点为止。然后对未知区域中其他像素点按同样的方法进行处理, 这样就将未知区域划分成许多子区域, 每个子区域内的像素点的颜色值相近。把这些子区域作为要进行颜色估计的逻辑像素点。以一个子区域  $M$  为例, 找出前景轮廓线上距离此子区域  $M$  的几何中心点  $P$  最近的点  $f_1(i, j)$ , 将该最短距离标记为  $l_f$ ; 以点  $f_1(i, j)$  为中心,  $l_f$  长为半径, 构建第  $i-l_f$  行到第  $i+l_f$  行, 第  $j-l_f$  列到第  $j+l_f$  列的矩形  $F$ ; 计算矩形块  $F$  内属于前景区域的各点的颜色加权平均值作为  $P$  点的前景颜色分量  $F$ 。离  $P$  点最近的前景区域已知点的权重设为 1, 随着距离的增大, 权重也随之减小。图像空间中的前景点  $f_i$  的权重函数表示为

$$w_{f_i} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\xi_{f_i}^2}{2l_f^2}} \quad (2)$$

其中,  $w_{f_i}$  表示前景区域中像素点  $f_i$  的权重;  $\xi_{f_i}$  表示图像空间中点  $P$  与前景区域中像素点  $f_i$  的距离。当  $\xi_{f_i}$  增大时, 点的权重将迅速减小。上述权重函数给距离近的点更多的影响。假设矩形块  $F$  中共有  $N$  个前景点,  $P$  点的前景颜色分量定义为

$$F = \frac{1}{W_f} \sum_{i \in N} \omega_{f_i} F_i \quad (3)$$

其中,  $F$  表示  $P$  点的前景颜色分量;  $F_i$  表示矩形块  $F$  内

第  $i$  个像素点的颜色值;  $w_{f_i}$  表示矩形块  $F$  内第  $i$  个像素点的权值,  $W_f = \sum_{i \in N} \omega_{f_i}$ 。

作为逻辑像素点的子区域  $M$  的前景颜色分量等于于此子区域的几何中心点  $P$  的前景颜色分量。可见, 将未知区域划分为许多子区域的好处在于不用对未知区域中的每个像素点逐一处理。

同理可得逻辑像素点子区域  $M$  的背景颜色分量  $B'$ 。

## 2.3 透明度估计

计算出  $F$  和  $B'$  之后, 须对背景色进行修正。在 RGB 颜色空间中选取任意 2 维 ( $r-g, r-b, g-b$ , 本文以选取  $r-g$  为例), 在  $r-g$  坐标系中, 找到背景颜色分量  $B'$  和前景颜色分量  $F$  的位置, 在  $B'$  和  $F$  之间连线, 并做以  $B'$  点为垂点垂直于线段  $B'F$  的一条直线  $l$ 。过  $P$  点的颜色  $C$  作平行于  $B'F$  的一条直线, 并和直线  $l$  相交, 交点  $B$  就是要找的  $P$  点的最终的背景颜色分量值, 也就是逻辑像素点子区域  $M$  的最终的背景颜色分量。根据得到的前景色和背景色分量以及  $P$  点的颜色值来推断该点的  $\alpha$  值, 如图 1 所示。

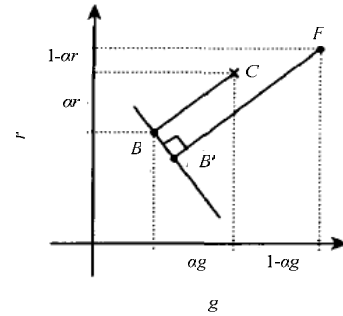


图 1 三通道加权估计法

Knockout 方法的  $\alpha$  估计方法称为三通道加权法, 其做法是计算出 3 个颜色通道上的  $\alpha$  分量, 然后取其加权平均值作为最终的  $\alpha$  值。

## 3 实验结果

本文算法是在 Knockout 算法的基础上对其颜色估计模型进行改进, 改进后的算法对前背景颜色相差较大的图像比原来算法有较好的提取效果, 如图 2 所示。



图 2 不同算法对不光滑图像的提取效果

图 2(a) 是用户输入的原始图像, 作为前景的狗的颜色和背景颜色有很大差异; 图 2(b) 是用 knockout 算法得到的结果, 在边缘毛发处有背景像素溢出, 由此可以看出 Knockout 方法不适用于前背景物体颜色相差较大的图像; 图 2(c) 是本文算法的结果, 在狗的头顶处的效果明显要比 Knockout 的算法的效果好很多, 本文算法在狗的头顶处几乎没有背景像素溢出。而本文算法在狗的其他部位的溢出相对于 Knockout 的方法也减少了很多。但由于用户手工划分区域的局限性, 本文算法在狗的边缘毛发比较稀疏的地方, 有一些前景像素的丢失。

改进后的算法不仅适用于前背景颜色相差较大的图像, 对图像颜色光滑的景物提取也有较好的效果, 如图 3 所示。



图3 本文算法提取光滑图像的效果

图3(a)是用户输入的原始图像,图像中作为前景的老虎的颜色和背景颜色相差不大;图3(b)是以灰度图的形式表示的 $\alpha$ 值图像;图3(c)是用本文算法得出的结果。由图3(c)可以看出,本文算法已经能较好地把光滑图像中老虎的轮廓提取出来,对于边界模糊的虎须部分也有较好的提取效果。

#### 4 结束语

本文对 Knockout 方法进行改进,创新点归纳如下:

(1)手工划分为3个部分后,对未知区域内像素点按其颜色变化量沿轮廓线进行区域生长,使手工划分的未知区域的一部分像素点划归到前景或背景区域中,减少了待估计的未知区域中像素点的数目。

(2)Knockout 算法的颜色模型在估计未知像素点的前背景颜色分量时,只用到了前背景轮廓线上的点,使 Knockout 算法只适用于图像的颜色比较光滑的情况。而本文算法以距离待处理像素点最近的前景和背景轮廓线上的点为中心的矩形块内前景和背景像素点的颜色加权平均值作为待处理像素点的前景和背景颜色分量,考虑到轮廓线以内的前背景像素点对未知像素点的影响。本文算法不仅适用于图像的颜色比较光滑的情形,而且也适用于图像的前背景颜色相差较大的情形。本文算法通过编程试验,取得了较好的景物提取效果。对于真实图形绘制技术、视频编辑处理以及多媒体制作等领域具有实用价值。

编辑 金胡考

(上接第191页)

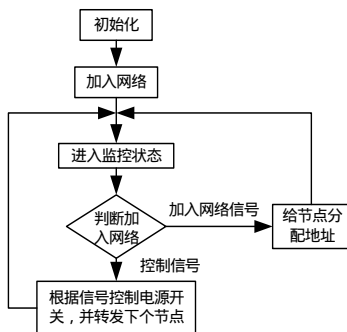


图6 路由器节点流程

#### 5 节电效能分析

经过对功率为1.2 kW的路灯负载进行功率损耗试验,得出在不同电压值下的1 h消耗功率如图7所示。

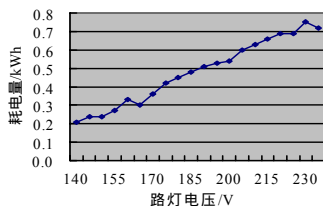


图7 路灯单位时间功率消耗

实验表明,当电压在200 V~235 V范围内变化时,人眼

下一步研究方向为:在手工划出前背景轮廓线后,沿轮廓线上的点进行区域增长时,对未知区域像素点在 $r-g-b3$ 通道上变化量的阈值的选择;如果未知区域的图像很复杂,划分每个子区域的阈值是不等的,应该按本子区域内的像素点颜色值自适应的选择阈值。

#### 参考文献

- [1] Porter T, Duff T. Compositing Digital Images[C]//Proc. of ACM SIGGRAPH'84. New York, USA: [s. n.], 1984.
- [2] Smith A R, Blinn J F. Blue Screen Matting[C]//Proc. of ACM SIGGRAPH'96. New Orleans, USA: [s. n.], 1996.
- [3] Chuang Y Y, Curless B, Salesin D, et al. A Bayesian Approach to Digital Matting[C]//Proc. of IEEE Computer Vision and Pattern Recognition. Hawaii, USA: IEEE Press: 2001.
- [4] Sun Jian, Jia Jiaya, Tang C K, et al. Poisson Matting[C]//Proc. of ACM SIGGRAPH'04. Los Angeles, USA: ACM Press, 2004.
- [5] Rother C, Kolmogorov V, Blake A. Interactive Foreground Extraction Using Iterated Graph Cuts[C]//Proc. of ACM SIGGRAPH'04. Los Angeles, USA: ACM Press, 2004.
- [6] 林生佑. 基于感知颜色空间的透明度估计方法[J]. 计算机工程, 2007, 33(20): 40-42.
- [7] Barman A, Dardourian A, Vlahos P. Method for Removing From An Image the Background Surrounding a Selected Object: USA, 6134346[P]. 2000-10-22.
- [8] Berman A, Vlahos P, Dadourian A. Comprehensive Method for Removing from an Image the Background Surrounding a Selected Object: USA, 6134345[P]. 2000-09-12.

对路灯照度的变化不太敏感。当路灯电压为215 V时,单位时间耗电量为0.7 kWh;当路灯电压为210 V时,耗电为0.6 kWh;在不影响交通道上人、车正常行进的情况下适当降低路灯的输入电压,可节省近25%的电能。若将电压调至175 V~185 V,此时路灯单位时间耗电0.4 kWh,因此,在行人与车辆较少的时段适当降低路灯的输入电压可节省近42%的电能,其综合节电率在30%以上。

#### 6 结束语

基于无线通信网络的智能路灯节能控制系统是一种高效、可靠的绿色环保装置。它通过无线收发装置完成主从智能控制器之间的信息传递,从而实现路灯组网的无线控制,并且利用电力电子功率变换单元改变电抗器二次线圈的电压或电流,改变电抗器一次电抗值,进而改变路灯的输入电压,使路灯本身不仅有效实现了节电,同时可改善功率因数,平衡输出功率。

#### 参考文献

- [1] 湘照协. 我国城市路灯照明节电现状[J]. 大众用电, 2002, (11): 6-7.
- [2] 袁佑新, 赵彦威. 基于模糊控制的交流电机软起动器研究[J]. 电气传动, 2006, 36(5): 13-15.
- [3] 王 殊, 胡富平, 屈晓旭. 无线传感器网络的理论及应用[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2007.

编辑 顾姣健