

Grabcut

SA21010060 周俊亦

Abstract

静止图像中高效的交互式前景/背景分割问题在图像编辑中具有重要的实际意义。Grabcut 是一种著名的图像分割算法，该算法将图像理解成图，基于高斯混合模型与图的最大流最小割算法对图片进行前景/背景提取。本报告对“Grabcut”论文中提到的算法进行复现。

1 概述

Grabcut 是一种实现前景后景分离的算法。该算法将图像看成有向图，应用高斯混合模型与最大流最小割定理对图像进行处理。以下将对算法原理进行介绍。

2 高斯混合模型 GMM(Gaussian Mixed Model)

高斯混合模型 (Gaussian Mixed Model) 指多个高斯分布函数的线性组合，理论上 GMM 可以拟合出任意类型的分布，通常用于解决同一集合下的数据包含多个不同的分布的情况。

设有随机变量 \mathbf{X} ，则混合高斯模型可以用下式表示：

$$p(\mathbf{x}) = \sum_{k=1}^K \pi_k \mathcal{N}(\mathbf{x} | \boldsymbol{\mu}_k, \boldsymbol{\Sigma}_k)$$

其中 K 为分量总数， $\mathcal{N}(\mathbf{x} | \boldsymbol{\mu}_k, \boldsymbol{\Sigma}_k)$ ，为混合模型中的第 k 个分量， π_k 是混合系数，满足：

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^K \pi_k &= 1 \\ 0 &\leq \pi_k \leq 1 \end{aligned}$$

实际上，可以认为 π_k 是每个分量 $\mathcal{N}(\mathbf{x} | \boldsymbol{\mu}_k, \boldsymbol{\Sigma}_k)$ 的权重。

通过极大似然估计法，可以对 GMM 进行参数估计。Grabcut 对图像 RGB 三通道的高斯混合模型 GMM 进行参数估计。

3 最大流最小割定理

最大流最小割定理：一个网中所有流中的最大值等于所有割中的最小容量。即在任何网络中，最大流的值等于最小割的容量。

直觉解释：最小割是从源点到汇点的网络流的必经之路，最大流也是网络流，不可能大于路的容量，即最大流不可能大于最小割的容量；如果最大流小于最小割，说明最小割有容量空余，边的容量没有物尽其用，必然可以加大流量，因此，最大流不可能小于最小割。

4 Grab Cut

算法步骤如下：

1. 用户定义矩形区域，矩形外的区域被自动认为是背景，在矩形区域内部，可用背景中的数据来区分它里面的前景和背景区域
2. 用高斯混合模型 (GMM) 来对背景和前景建模，并用极大似然估计法估计模型参数

$$k_n := \arg \min_{k_n} D_n(\alpha_n, k_n, \theta, z_n)$$

$$\underline{\theta} := \arg \min_{\underline{\theta}} U(\underline{\alpha}, \mathbf{k}, \underline{\theta}, \mathbf{z})$$

3. 将图像中的每一个像素看做通过虚拟边与周围像素相连接，每条边都有一个属于前景或者背景的概率，这是基于它与周边像素颜色上的相似性
4. 前景看成源节点，背景看成终端节点，用最大流最小割算法进行前景后景分离

$$\min_{\{\alpha_n: n \in T_U\}} \min_{\mathbf{k}} \mathbf{E}(\underline{\alpha}, \mathbf{k}, \underline{\theta}, \mathbf{z}).$$

5 实验分析

实验使用 Qt5.12.2 与 OpenCV3.4.15 进行算法验证，使用 gcc 编译生成。

5.1 程序界面

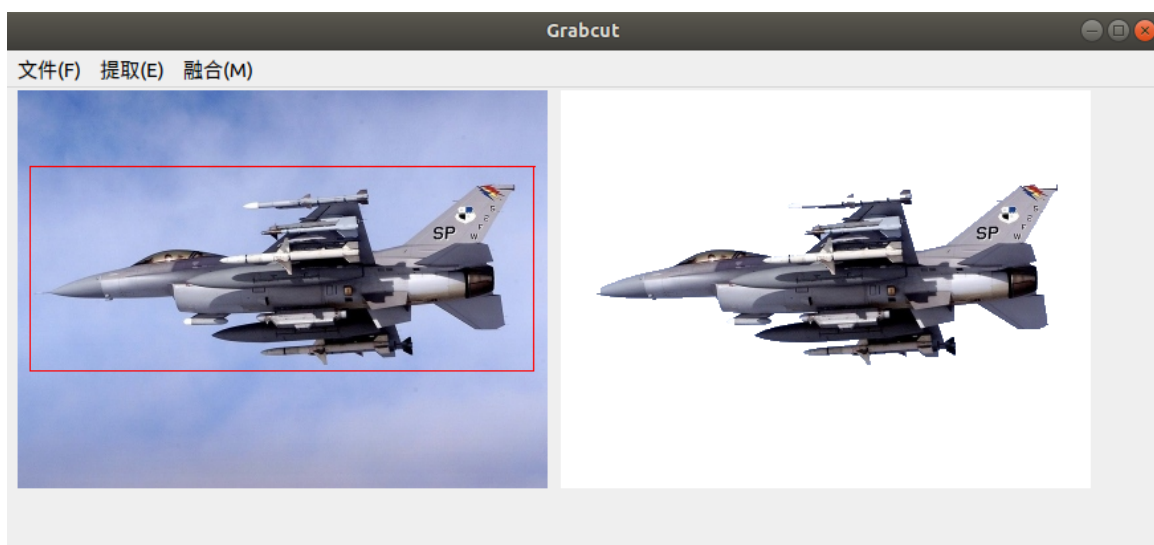


图 1: 程序界面

用户可以使用矩形框框选图像，且可交互指定前景背景区域，提取前景或者背景，并可以替换背景图片。

5.2 Examples

5.2.1 矩形框选



图 2: 矩形框选

图例展示了直接矩形框选效果，有些许瑕疵。

5.2.2 交互框选

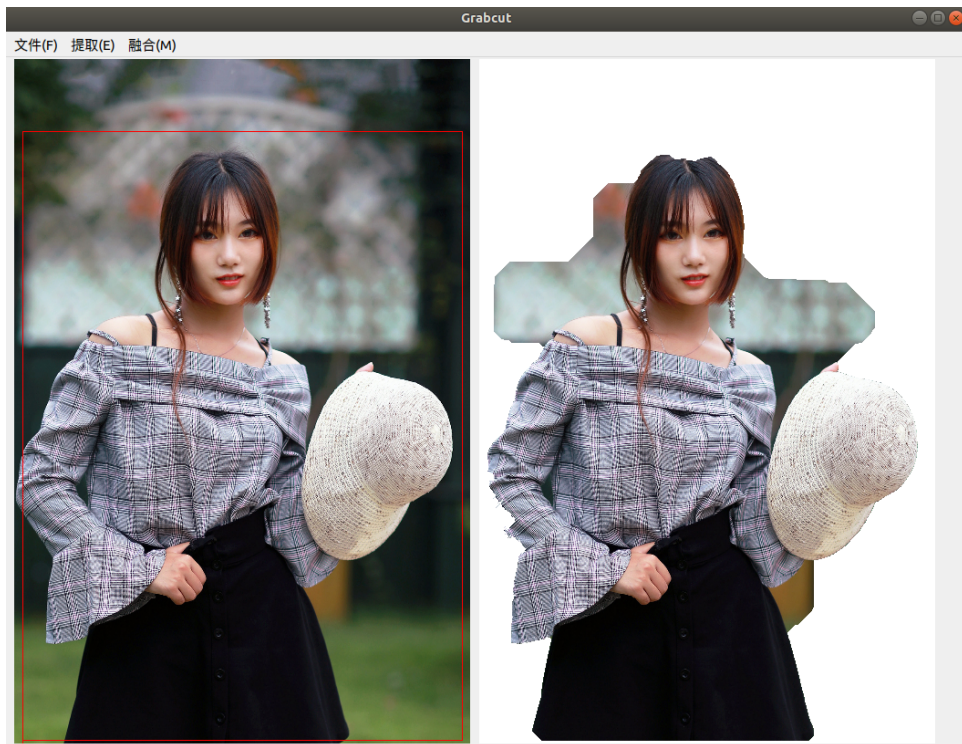


图 3: 矩形框选

上图展示了直接矩形框选效果，可以发现人物过滤并不完整，效果很差。

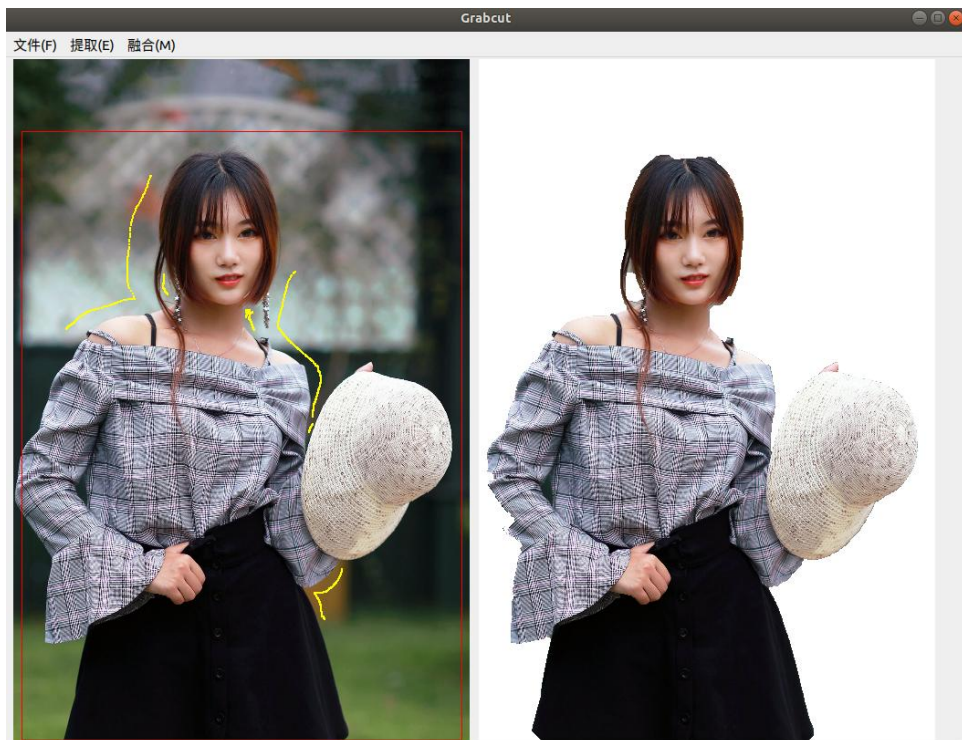


图 4: 设定背景框选

交互指定背景后如上图，整体效果显然好了不少，但人物左侧肘关节的衣袖不全，头顶头发部分不全，且右侧耳环信息被抹去。

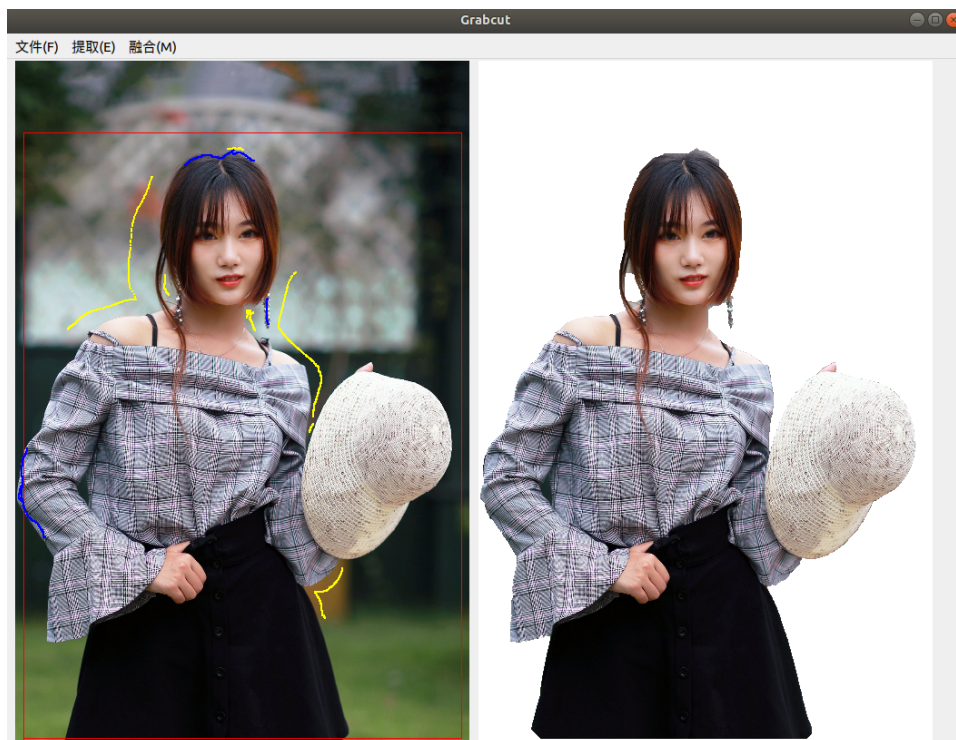


图 5: 设定背景框选

继续增加指定前景后如图 (蓝色线为指定前景)，补全了头发部分、衣袖部分、以及耳环部分，整体效果良好。

5.2.3 背景融合

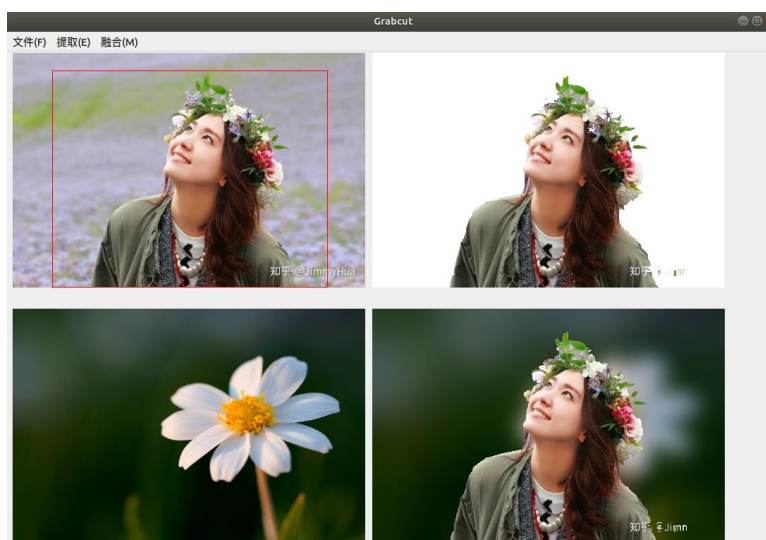


图 6: 背景融合

如图展示背景融合结果，将分离的前景与高斯模糊后的背景叠加，达到更改背景效果。

6 实验总结

以前没有了解过图论的知识，通过这次实验，对图的最大流最小割问题有了一定的了解。

在实验中发现，当背景颜色与前景相近时，算法无法较好的分割前景后景，这是算法原理所必然导致的结果，此时需要精确的人工交互前后景划分。

附睿客网代码链接：

链接：<https://rec.ustc.edu.cn/share/78a3e1a0-510f-11ec-be2b-d9ecaf068bd0>

参考文献

- [1]Carsten Rother, Vladimir Kolmogorov, and Andrew Blake. 2004. "GrabCut": interactive foreground extraction using iterated graph cuts. ACM Trans. Graph. 23, 3 (August 2004), 309–314. DOI:<https://doi.org/10.1145/1015706.1015720>