# 基于纹理的图像修复

第二组 杨小倩 龚成 2017年11月25日

## 目录

1.	纹理合成技术	3
2.	Criminisi 算法的具体步骤	5
3.	小区域破损图像修复	7
4.	大区域抠除部分图像修复	9
۷	4.1 修复区域标记	9
4	4.2 修补抠除区域图像	9
4	4.3 图像整合	10
5.	实现结果分析与展望	12

## 纹理合成技术

图像纹理通常有如下特征:重复性、方向性、规则性和周期性。但是图像中纹理的缝补并不是固定的,有时候是均匀分布的,有时候是不规则分布的。纹理合成在很多方面有应用,比如对均匀纹理的图片的保存、传输时,我们在传输之前可以选择图片最清晰最有代表性的一个纹理区域取来新进行传输,然后对传输过来的部分图片用纹理合成的方法进行处理,再合成原来图像的大小。





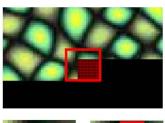






图 1. 纹理合成图像展示

#### 纹理图像合成步骤:

- (1)输入原始图片和目标图片,指定合成区域的大小和重叠区域的大小。
- ② 从原始图像中任意选择一个小块,放到目标图片的左上角,根据重叠区域和原始图像对比相似度找出相似度最大的作为下一个合成小块
- ③ 为保证几个拼接块过渡自然,在选中的块重叠部分选一个路径,在该路径两侧像素的距离和最小作为最优路径
- ④ 按照搜索的路径输入,从左到右,从上到下扫描目标图像,实现纹理合成

利用纹理合成,可以实现图像风格转移、图像修复等多种图像处理,如下图 所示,即为利用图像纹理传输和合成实现的图像风格迁移。

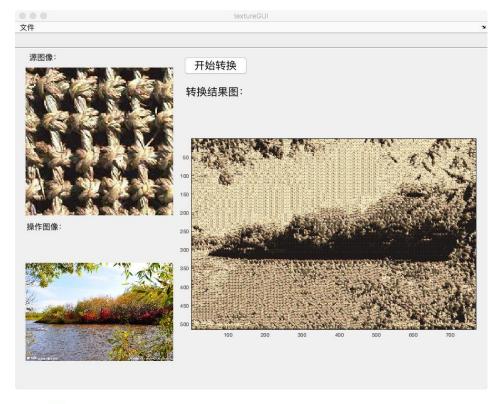




图 2 纹理传输合成实现图像风格转移

### Criminisi 算法的具体步骤

Criminisi 算法在实现的过程中,主要有三个具体步骤,分别是优先级计算、寻找最优匹配像素块、更新置信度。

(1) 优先级计算: 优先权决定填充的次序, 在破损区域中先找到要修复的边界部分, 因为优先权是在该边界上的点找的。九三破损图像交界上各个点的优先级, 排序后选取优先级最大的像素点。下面给出交界上像素 P 的优先级 P (p) 的计算公式:

$$P(p) = C(p).D(p) \tag{1}$$

其中,C(p)为置信度项,D(p)为数据项,而C(p)、D(p)可以用下式来计算:

$$C(p) = \frac{|\sum_{q \in \Psi_p} C(q)|}{\beta}$$
 (2)

$$D(p) = \frac{|\nabla_p^{\perp} n_p|}{\beta} \tag{3}$$

$$\nabla_p^{\perp} = (-I_y, I_x) \tag{4}$$

上式中, $|\Psi p|$ 是 $\Psi p$ 的面积, $\beta$ 是归一化因子(对灰度图来说, $\beta$ =255),C(q)则是度量点 q 附件可信像素点信息的数目的函数,D(p)是由时修复边缘 $\delta \Omega$ 处等照度线与修复边缘法向量的内积来计算的, $\nabla_p^1 = (-I_y, I_x)$ 表示的是 p 点的等光照线的方向。 $n_p$ 是破损部分与未破损部分的边界上 p 点处的法向量, $I_x, I_y$  分别代表的是 x 和 y 方向上的梯度值:

$$n_p = (I_x, I_y) \tag{5}$$

(2) 寻找最优匹配像素块:一旦破损区域和已知区域的边界上各个点的优先权的值得到,我们就可以得到其中的最大值,然后,再通过算法在未破损的区域中搜索一个大小相等的像素块,使该像素块与我们之前得到的那个优先权最高的像素块最相似,也就是确定为最佳匹配像素块,它是通过下式中的 $\Psi_a$ 来确定的。

$$\Psi_q = \arg\min_{\Psi_q \in \emptyset} d(\Psi_p, \Psi_q) \tag{6}$$

$$\Psi_{q} = \sqrt{\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{m} (p_{ij} - q_{ij})^{2}}$$
 (7)

其中, m、n 代表了像素块矩阵的大小的衡量, p 代表了破损区域和已知区

域的边界上的某一个像素点,q代表了已知区域中的某个要被匹配的候选 匹配像素点。

(3) 更新置信度:根据上面的算法,很快能在未知破损区域中找到最佳的相似块,然后我们就可以用得到的这个像素块替代到边界上需要修复的像素块,进而完成一个对小像素块的修复。在修复好上面的小像素块之后,图像的整体的边界九个原来不一样了,所以对求优先权中的关键因素置信度进行更新。更新的方式如下:

$$\mathsf{C}(\mathsf{p}) = \mathsf{C}(p_1) \,, \forall_q \in p \cap \varOmega \tag{8}$$

更新完置信度之后,再用相同的方法修复破损区域的其他点,以此类推,直到图像修复趋于稳定,也就是破损区域修复完成。使用该算法可以是图片的纹理信息和结构信息都很好的保持下来。

## 小区域破损图像修复

Criminisi 算法同时考虑了图像的结构和纹理信息,对破损区域较小的部分有很好的修复效果。如下图 3 所示,对于这种小区域的破损图像,修复图像如右图所示,从我们的主观判断,图片的修复效果还是很理想的,图像看起来很完整,破损部分修复之后与周围图像具有很好的连贯性,边缘部分线条也很平滑,没有明显的分割线条。





图 3. Criminisi 算法修复小区域破损图像

图像修复的具体操作过程为:

(1)使用 PS 标记需要修复的区域,即标记为下图 4 (a) 所示的红色区域的部分,其中绿色的点即为破损区域和未破损区域交界上的点,在利用 Criminisi 算法进行图像修复处理时,算法在交界处计算像素点的优先权,优先权最高的点最先被修复。



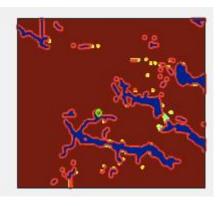


图 4. (a) 人工标记红色修复区域 (b) 计算机处理需要修复的图像

(2) 当得到优先权最高的点的值之后,通过算法在未破损的区域中搜索一个大小相等的像素块,图 5 (a) 中绿色部分便是寻找最相似块的区域的部分,通过算法找到之前得到的那个优先权最高的像素块最相似的区域,确定为最佳匹配

的像素块。

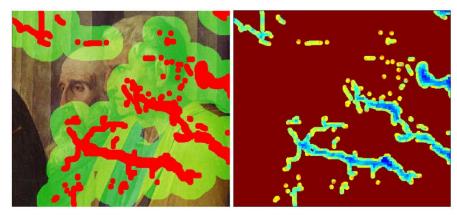


图 5. (a) 寻找相似的像素块

(b) 算法修复图像过程

(3)当找到最相似的像素块之后,我们就可以用得到的这个像素块替代到 边界上需要修复的像素块,进而完成一个对小像素块的修复。依次重复该动作, 直到图像破损区域修复完整,算法结束,得到修复完整的图像。

以上的例子展示了 Criminisi 算法对于小区域的图像破损的修复能力,算法 在运行时间上可以非常快速的完成修复过程,并且可以保证修复质量。对于小区 域破损图像的修复,关键部分在于手工标记出需要修复的破损图像区域,后续的 图像修复过程由算法自动完成,从时间效率上和修复效果上来看,Criminisi 算 法很好的修复了小区域的破损图像。

## 大区域抠除部分图像修复

上述部分已经展示了 Criminisi 算法对小区域的图像破损的修复能力,然而生活中很多需要修复的区域是针对大面积的图像的修复。这也这正是选用 Criminisi 算法的原因,因为对于仅仅基于结构的图像修复技术来说,对于大区域的图像修复,会出现模糊,边缘修复边界明显等缺点,于是 Criminisi 算法同时考虑了图像的结构和纹理信息,当对大区域的图像进行修复时,修复效果得到大幅度的提升。

#### 1. 修复区域标记

针对大区域的图像修复时,考虑到算法寻找最佳匹配像素块的时间效率问题,我们常常需要从大图中截取与需要修复区域最相似的图像区域作为寻找最佳匹配像素块的区域范围。并在截取的小范围区域中标记需要修复的区域。如下图 6 所示,即为从大图中选择小范围的所搜区域,选择小范围的搜索区域之后,标记需要修复的部分,算法便可以自动进行图像修复。

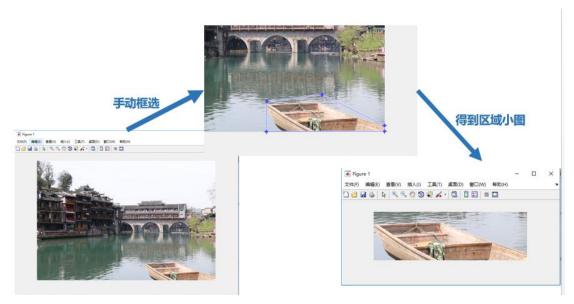


图 6 修复区域标记过程

#### 2. 修补抠除区域图像

上一步骤中,为了加快搜索速度,提高算法的执行效率,避免不必要的搜索时间,从一幅大图中截取了小范围的搜索区域,接下来,我们便手动款选需要删除后修复的区域,如下图 7 所示,在选择需要修复的区域之后,算法开始自动执行修复,重复小区域修复过程,将图像修复完成。

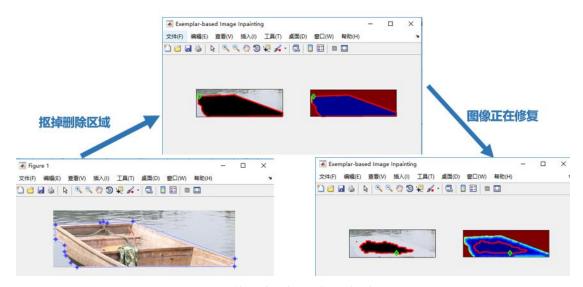
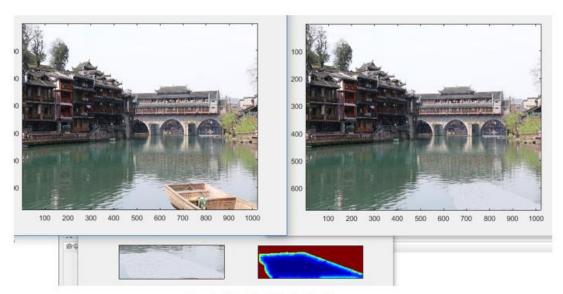


图 7 修补抠除区域图像过程

#### 3. 图像整合

当修复算法执行完毕之后,程序执行图像整合部分,在原始图像中截取搜索 区域的范围内填充上修复完成的小范围的图像像素值,使原始图像完整。如下图 8 所示,当修复算法执行完毕时,程序自动将截取的图像区域填充上修复后的小 范围图像像素,于是原始图像中需要删除后修复的区域便成功被修复完成。



图像删除船头后修复完成

图 8 图像整合过程

相比于小区域的图像修复过程,大区域的修复过程所耗费的时间比较长,这是由于需要修复的范围比较大,并且原始图像的像素比较大,使得算法执行过程中,在搜索最佳匹配像素块时,花费较多的时间,执行过程比较缓慢。另外,对比与小区域的修复图像效果,可以看到大区域的修复效果并不是十分的理想,可

以依稀看到被抠除区域的轮廓,以及修复区域与周围图像的边界过渡不是很自然,并没有达到很好的修复效果。这是由于我们在手动抠选需要修复的区域时,轮廓过于平直,并没有和严格按照图像的轮廓信息来选择,于是造成修复之后边界不自然,修复效果不佳的情况。

## 实现结果分析与展望

上述例子展示由于标注需要修复区域不合适导致的修复效果不佳的情况,然而当我们能够很好的处理边界信息时,Criminisi算法便展示出很好的修复效果,可以使得修复完成后的图像边界与周围边界自然过渡,与原始图像完美融合,如下图 9、图 10、图 11 所示,这是三个 Criminisi 算法处理的理想的修复效果图。



图 9 Criminisi 算法修复有字体的大山



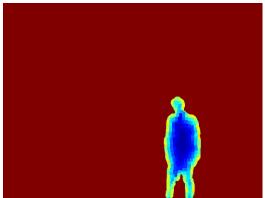






图 10 Criminisi 算法修复草地上的人

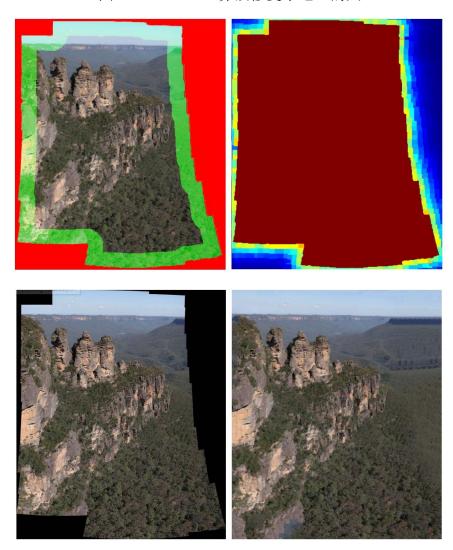


图 11 修复图像边缘遮挡部分

从展示图片中可以看到,当我们合理选择需要修复的图像轮廓边界时, Criminisi 算法可以达到很好的大区域图像修复效果。这相比于利用偏微分方程 的结构修复方法,结合了结构和纹理特征的 Criminisi 算法显示出很大的优势与 很好的修复效果。

从我们的项目实现效果来看,对于边缘标注比较合适的图像,修复效果比较理想,然后对于边界轮廓选择不合适,线条比较平直的修复效果图像,修复后的图像融合效果并不是十分的理想,如图 12 所示。



图 12 修复失败图像

所以,项目的第一个不足之处便是处理的效果对边界的依赖过强,修复的效果和边界的选择有很大的关系,也就是说,当我们人工处理的边界比较平滑,和修复区域轮廓很符合时,修复的图像效果周围图像融合的比较很好,不会出现太大的边界轮廓区域,然后当我们的标注边界和修复区域不是很符合时,处理出来的效果并不是十分的理想。所以,后期的改进方向便是寻找有效的修复区域标注方法,是否可以选择程序代替人工框选区域,避免边界不符合的问题,这在项目的后期完善和改进中有很重要的作用和价值。

对于大区域的图像修复在时间上的耗费问题,我们在项目中采用的是截取大 图中的一小部分区域作为搜索最佳像素块的区域,可以有效减少处理时间,然而 处理的图片效果并不是十分的理想,于是,提高时间效率,改善算法的时间复杂 度,也是项目后续需要继续完善和改进的地方。

现阶段项目处理图像只是一个单循环,没有实现迭代修复的过程,于是导致一次修复的图像效果并不是十分的理想。仅仅只是单循环所处理的效果在理论上

肯定是达不到循环处理的效果的,如果实现循环处理,那么在但循环的基础上,算法会再次根据以及修复的区域继续从边界选择最佳匹配像素块,多次循环Criminisi算法来提高图像处理的效果,使图像修复效果明显改善和提高,于是,项目的另外一个改进方向就是针对修复迭代处理,提高图像的修复效果。

在生活中肯定有很多人遇到我类似的情况,完美的一张图片由于遮挡物的出现而使得图像不是那么完美,又由于现有的市场上的一些图像处理软件并没有很好的类似的处理功能,所以,如果我们可以进一步完善项目中所存在的不足,该项目实现的功能是可能成为一个有市场的项目的。

然而正是由于上述提出的项目中存在的不足,才导致现有的图像处理软件没有很好的相关功能。这些问题都是长期存在的一些难以克服的问题,所以想要在这些方面取得突破,还是有很长的路需要走的。但是随着相关方面研究的深入,我们相信,我们想要随意抠除前景物修复背景的想法是可以实现的。

#### 参考文献:

- [1]Bertalmio M, Sapiro G, Caselles V, et al. Image inpainting[C]. Proceedings of International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques[C]. New Orleans Louisiana USA, 2000, 1: 417-424.
- [2]Chan T, Shen J. Mathematical models for local non-texture inpaintings. SIAM Journal on Applied Mathematics, 2001, 62(3): 1019-1043.
- [3] Chan T, Shen J. Non-texture inpainting by curvature-driven diffusions (CDD). Journal of Visual Communication and Image Representation, 2001, 12 (4): 436-449.
- [4] Mumford D. Elastica and computer vision[A]. Algebraic Geometry and its Applications[C]. New York: Springer-Verlag, USA. 1994: 491—506.
- [5] 孙洪. 现代数字图像处理[M]. 北京: 电子工业出版社, 2006. 7.
- [6] 杨新. 图像偏微分方程的原理与应用[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2003.
- [7]白文杰. 基于纹理合成的图像修复算法研究. 西安电子科技大学, 2014
- [8] 谭实. 大区域破损图像修复技术研究. 沈阳工业大学,2017