

8-14-2020

## Fast Image Blending Using Seeded Region Growing

Yili Zhao

*1. School of Information, Yunnan University, Kunming 650091, China;;2. School of Computer and Information, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China;*

Xu Dan

*1. School of Information, Yunnan University, Kunming 650091, China;;*

Wenhua Qian

*1. School of Information, Yunnan University, Kunming 650091, China;;*

Zhang Yan

*2. School of Computer and Information, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China;*

Follow this and additional works at: <https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal>



Part of the [Artificial Intelligence and Robotics Commons](#), [Computer Engineering Commons](#), [Numerical Analysis and Scientific Computing Commons](#), [Operations Research](#), [Systems Engineering and Industrial Engineering Commons](#), and the [Systems Science Commons](#)

---

This Paper is brought to you for free and open access by Journal of System Simulation. It has been accepted for inclusion in Journal of System Simulation by an authorized editor of Journal of System Simulation.

---

## Fast Image Blending Using Seeded Region Growing

### Abstract

**Abstract:** This paper presented a novel approach for combining and blending a set of aligned images into a composite mosaic with no visible seams. The compositing seam is found efficiently via seeded region growing using a photometric criterion. *A contribution of this paper is to use seeded region growing on image differences to find possible seams over areas of low photometric difference.* This can result in significant reduction of blending time. The using of seeded region growing over image pairs guaranteed the approximate optimal solution for each intersection region. The independence of such regions makes the algorithm suitable for parallel implementation. *The proposed method is evaluated with pixel based graph cut and watershed based graph cut with qualitative and quantitative comparison.*

### Keywords

image mosaic, watershed transform, graph cut, seeded region growing, image blending

### Recommended Citation

ZhaoYili, Xu Dan, Qian Wenhua, Zhang Yan. Fast Image Blending Using Seeded Region Growing[J]. Journal of System Simulation, 2016, 28(9): 1985-1989.

# 基于种子区域增长的快速图像融合

赵毅力<sup>1,2</sup>, 徐丹<sup>1</sup>, 钱文华<sup>1</sup>, 张雁<sup>2</sup>

(1. 云南大学信息学院, 昆明 650091; 2. 西南林业大学计算机与信息学院, 昆明 650224)

**摘要:** 提出一种对一组配准图像进行快速无缝融合的方法。该方法使用基于优先级队列的种子区域增长算法来快速计算重叠图像之间的最优拼接线。使用种子区域增长算法在图像重叠区域搜索可能的拼接线, 使得图像的融合时间显著减少。采用种子区域增长来求解图像重叠区域的拼接线能够保证图像之间的每个重叠区域都能计算得到近似最优解, 这些重叠区域的独立性使得该算法适合于并行实现。对提出的方法和基于图割以及基于分水岭变换的图像融合方法进行了比较和评估。

**关键词:** 图像拼接; 分水岭变换; 图割; 种子区域增长; 图像融合

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

文章编号: 1004-731X (2016) 09-1985-05

## Fast Image Blending Using Seeded Region Growing

Zhao Yili<sup>1,2</sup>, Xu Dan<sup>1</sup>, Qian Wenhua<sup>1</sup>, Zhang Yan<sup>2</sup>

(1. School of Information, Yunnan University, Kunming 650091, China;

2. School of Computer and Information, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

**Abstract:** This paper presented a novel approach for combining and blending a set of aligned images into a composite mosaic with no visible seams. The compositing seam is found efficiently via seeded region growing using a photometric criterion. A contribution of this paper is to use seeded region growing on image differences to find possible seams over areas of low photometric difference. This can result in significant reduction of blending time. The using of seeded region growing over image pairs guaranteed the approximate optimal solution for each intersection region. The independence of such regions makes the algorithm suitable for parallel implementation. The proposed method is evaluated with pixel based graph cut and watershed based graph cut with qualitative and quantitative comparison.

**Keywords:** image mosaic; watershed transform; graph cut; seeded region growing; image blending

## 引言

图像融合是生成高质量的融合图像的关键步骤, 主要用于消除图像重叠部分由于光亮度差异和配准误差导致的不一致性。在本文中, 我们提出一种基于种子区域增长的快速图像融合算法, 能够生成无缝的拼接图像和最大程度保持纹理的清晰度。

算法设计的主要目的是在嵌入式设备上创建高分辨率的融合图像, 在这些设备上进行图像融合需要使用较少的内存, 并尽可能提高图像的融合速度。

## 1 相关工作和背景

图像融合是许多图像合成应用中非常重要的一个步骤, 例如通过图像拼接生成高质量的全景图像<sup>[1]</sup>和街景地图<sup>[2]</sup>等都需要进行图像融合。文献中的图像融合方法可分为两大类。一类是基于平滑过渡的图像融合方法, 另外一类是基于最优缝合线的图像融合方法。



收稿日期: 2015-05-14 修回日期: 2015-07-24;  
基金项目: 国家自然科学基金(61163019, 61462093, 61462078), 云南省教育厅科学研究基金(2015Y285);  
作者简介: 赵毅力(1978-), 男, 昆明, 博士生, 副教授, 研究方向为计算摄影学; 徐丹(1968-), 女, 昆明, 博士, 教授, 博导, 研究方向为图像处理和计算机图形学。

<http://www.china-simulation.com>

• 1985 •

## 1.1 基于平滑过渡的图像融合方法

平滑过渡方法将图像间接缝的位置作为一个已知条件, 尝试通过信号滤波的方式消除图像拼接的接缝。一个典型的方法是由 Burt 和 Adelson 提出的多频带融合方法<sup>[3]</sup>。他们的方法将输入图像分解成一组带通分量, 在图像过渡区域使用加权平均进行图像融合, 权重系数大小与频率成反比。

Perez 等<sup>[4]</sup>提出了基于泊松方程的无缝图像编辑和选择区域克隆的图像融合方法。尽管这个方法主要是用于图像合成, 如果能够结合适当的最优缝合线策略, 它也可以被应用到图像融合中。这种方法能够抑制沿区域接合的拼接痕迹。该方法通过对基于狄利克雷边界条件的偏微分方程进行求解以恢复在图像边界区域的未知函数。

Levin 等<sup>[5]</sup>提出了一个基于不同代价函数在梯度域定义的图像融合评价方法。这个方法首先在梯度域中对图像进行拼接以减少由于光照变化和相机的光亮度变化响应不一致导致的图像亮度差异。其次对拼接图像在重叠区域的代价函数进行最小化求解。在这种情况下, 图像的融合通过对缝合区域进行羽化、金字塔融合或最优缝合线完成。该方法的缺点是由于图像的处理全部都只在梯度域中完成, 因此处理大数据集的时候需要大量的计算资源。

Agarwala<sup>[6]</sup>提出了一个层次化的方法来提高图像在梯度域的合成效率。这个方法在计算效率上的提高是通过观察发现彩色图像合成及其相关梯度之间的差异很大程度上是由于图像平滑导致的, 而这种图像平滑模式可以作为先验知识进行预测。通过使用二叉树对梯度域进行自适应划分能够对这种差异模式进行求解。这种方法计算效率增加的前提是图像融合可以通过图像平滑进行求解, 并且该平滑模式是可以预测的先验知识。因此, 随着图像数量的增加以及图像之间的重叠区域变小, 该方法的性能也随着降低。

Szeliski 等<sup>[7]</sup>提出了一种快速泊松融合方法。这个方法将每一幅输入图像和一幅独立的低分辨率位移图相关联, 并使用低维的样条表示单独的位

移图。通过位移图所产生的线性系统比原来的泊松方程或单一位移图的四叉树样条逼近规模要小得多。为了提高图像融合的效果, 该方法在最后阶段也使用了拉普拉斯金字塔融合方法。

## 1.2 基于最优缝合线的图像融合方法

和平滑过渡方法相比, 最优缝合线方法通过对图像重叠区域之间的亮度差异进行最小化来计算一条最优缝合线, 并根据最优缝合线来确定不同输入图像对最后合成图像的贡献。与平滑过渡方法不同的是最优缝合线方法会对场景在重叠区域中的内容进行考虑, 使得这一类方法能够处理诸如移动物体或视差的情况。但是如果由于曝光时间导致图像之间的光亮度差异很大, 根据最优缝合线融合的图像还是能够从相邻图像之间发现不一致性。

Uyttendaele 等<sup>[8]</sup>提出了一种通过使用阈值来对图像的重叠区域进行搜索的方法, 这个方法主要用在旋转相机的全景成像中。通过计算覆盖图的最小权重点覆盖, 这个方法为每个重叠区域分配一幅输入图像。然而, 文中并没有对重叠区域的形状或尺寸大小的控制进行描述, 也不清楚重叠区域的数量和最后融合图像质量之间的关系。

Shai 和 Ariel<sup>[9]</sup>提出了一种根据最优缝合线进行内容感知的图像缩放方法。最优缝合线是通过使用动态规划对能量函数进行最优化求解得到的。他们的方法通过反复地在同一个方向上添加或者删除最优缝合线来完成图像的缩放。采用动态规划方法寻找最优缝合线的缺点是只能应用于水平或垂直方向。

Kwatra 等<sup>[10]</sup>使用图割来进行纹理合成。这个方法将纹理重叠区域中的像素映射为网络图中的节点, 相邻像素的亮度差映射为边的权重系数, 然后使用最大流算法来求解图的最小割。

Agarwala 等<sup>[11]</sup>利用图割在多幅图像之间找到每幅图像对重叠区域的贡献, 图像中的每个像素都是被独立处理的。这个方法需要根据用户的交互, 通过颜色、亮度等特征来进行图割的求解。其中像素的标记是通过在同一时间对所有的图像使用迭代的 Alpha 扩展图割算法进行求解得到的。和单次

的图割方法相比, 随着像素标签的增加, 多标签的图割求解需要越来越多的迭代次数, 计算时间也会成倍增加。

相比之下, Gracias 等<sup>[12]</sup>提出了利用分水岭变换和图割求解最优缝合线的方法。这个方法对图像的重叠区域进行分水岭分割, 将重叠区域按照光亮度差异的最小值分割成不同的分水岭区域, 通过对这些区域使用图割算法以求解出每一个区域的标签。图像之间的最优缝合线是通过连接不同标签的分水岭区域的边界来形成的。由于通过分水岭变换得到的区域数量要远远小于图像在重叠区域的像素数量, 因此这个方法大大减少了后续图割算法需要的计算时间。

## 2 基于种子区域增长的图像融合

基于像素的图割方法和基于分水岭的图割方法都把图形融合做一个能量优化问题进行求解。它们之间的区别是基于像素的图割方法使用图像重叠区域中的每个像素作为网络图中的一个节点, 像素之间的相邻关系作为节点之间的连接线。而基于分水岭变换的图割方法将图像的重叠区域分为不相交的区域, 然后对相邻区域的边缘进行搜索。网络图中每一个节点最终的标签分配由最大流/最小割算法求解得到。相比之下, 本文方法把最优缝合线作为一个区域分割问题进行求解, 并使用种子区域增长算法搜索图像之间的接缝。

### 2.1 图像重叠区域的分割

如图 1 所示, 对于具有重叠部分的两幅图像, 首先计算其重叠区域的亮度差, 然后使用种子区域增长对图像进行分割。使用种子区域增长算法的难点在于如何选择区域增长的种子像素。如图 2 所示, 对于图像融合的最优缝合线搜索问题, 本文方法选择将区域 1 作为一号种子, 并选择区域 2 作为二号种子。和基于图割的方法类似, 这些都是用于区域增长的限制性种子像素, 它们表明在进行区域增长的时候, 像素被选择的区域限制。



图 1 用于融合的两幅原始图像

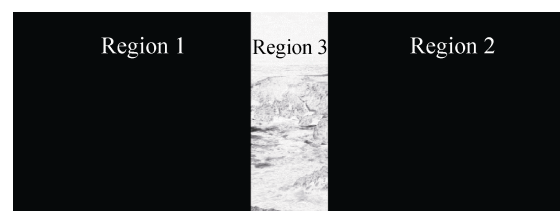


图 2 原始图像的亮度差异图像

### 2.2 基于种子区域增长的像素标记

一旦用于区域增长的种子像素已被设定好, 图像融合的最优缝合线可以通过以下步骤计算得到:

- (1) 首先, 对图像进行搜索, 找到所有邻域为背景像素(像素值为 0)的前景像素(像素值不为 0);
- (2) 然后, 把这些像素放入到一个优先级队列中, 其中元素的优先级是在亮度差异图像中这些像素的灰度值;
- (3) 从优先级队列中取出优先级最高的像素, 并检查其所有邻域。属于背景的邻域像素被设置为取出的优先级队列的像素的值, 并且被添加到优先级队列中。
- (4) 当优先级队列为空时, 图像中的所有像素都具有确定的非 0 值, 并且介于一号种子像素和二号种子像素之间的边界就是用于图像融合的最优缝合线。

根据种子区域增长方法生成的掩膜图像如图 3 所示, 根据掩膜图像生成的融合图像如图 4 所示。



图 3 使用种子区域增长生成的掩膜图像



图 4 使用掩膜图像生成的融合图像



图 6 使用图 5 生成的融合图像

### 2.3 多幅图像的融合

前面的方法可以扩展到多幅图像的接缝计算。假设已经知道每一幅输入图像的中心到最后融合图像之间的坐标变换,并且需要将图像重叠的部分划分为不相交的区域。这些区域可以从最近距离图和次近距离图来得到。具体来说,最近距离图是一个二维数组,其中的每个元素的值代表离其最近的图像的索引值。对应的,次近距离图也是一个二维数组,其中的每个元素代表离其次近的图像的索引值。假设  $A$  代表某一个重叠区域,图像  $I_1$  是距离这个区域最近的图像,图像  $I_2$  是距离这个区域次近的图像。这样每对图像  $I_1$  和图像  $I_2$  将创建一个相交区域。一旦这些不相交的区域被定义好,就可以对每一个相交区域独立地使用前述的方法进行两幅图像的融合。

## 3 实验分析和评价

第一组测试数据集是图 1 中的两幅图像,根据本文算法生成的掩膜图像如图 3 所示,融合的图像如图 4 所示。使用基于像素的图割方法生成的掩膜图像和融合图像如图 5 和图 6 所示。使用基于分水岭变换和图割的混合方法生成的掩膜图像和融合图像如图 7 和图 8 所示。



图 5 基于像素的图割方法生成的掩膜图像



图 7 使用分水岭变换和图割方法生成的掩膜图像



图 8 根据图 7 生成的融合图像

图 9 展示了根据这 3 种方法沿接缝计算得到的代价函数值。接缝的代价函数值被定义为沿接缝的图像差异的绝对值的总和。从图 9 可看出,基于像素的图割方法具有最低的代价函数值,接着是种子区域增长方法,最后是分水岭变换和图割的混合方法。

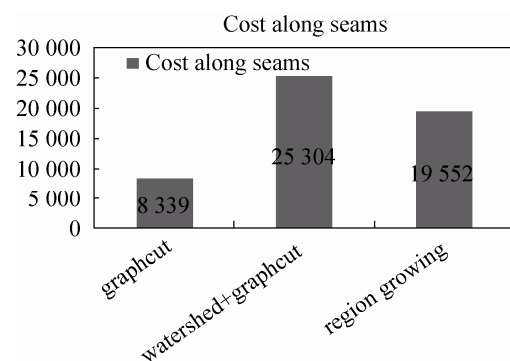


图 9 沿最优缝合线计算的代价函数值

图 10 展示了使用以上 3 种方法对不同分辨率的图像进行融合的时间比较。从图 10 可看出,种子区域增长方法融合速度最快,其次是分水岭变换和图割混合方法,而基于像素的图割方法是最慢的。

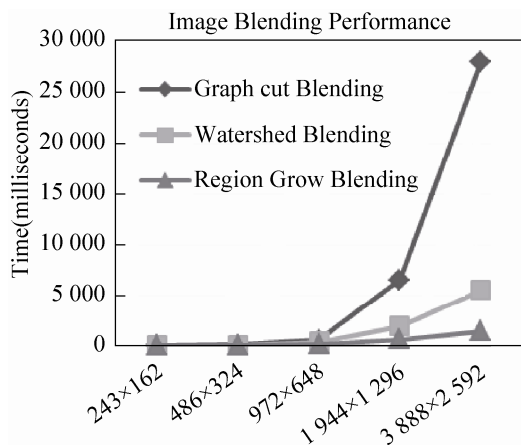


图 10 不同分辨率图像的融合性能

本文提出的种子区域增长方法也可以用于纹理合成。图 11 是一幅草莓的纹理图像，可以用这个方法将较小的纹理图像合成为分辨率更高的纹理图像。图 12 展示了使用种子区域增长方法进行纹理合成的结果。



图 11 用于纹理合成的草莓图像



图 12 使用种子区域增长合成的纹理图像

#### 4 结论

本文提出了一种对已经配准的图像进行最优缝合线计算和自动无缝的图像融合方法，这种方法使用种子区域增长来寻找图像在重叠区域之间的最优接缝线。

这种方法的核心想法是，与使用图割进行能量优化搜索图像接缝的方法相比，使用种子区域增长能够缩短寻找最佳接缝线的搜索时间。通过将本文方法和基于像素的图割方法以及基于分水岭的图

割方法进行定量比较，本文方法在内存消耗和计算时间方面都有比较明显的优势。这种优势使得这种方法非常适合低功耗嵌入式系统和智能设备。

#### 参考文献:

- [1] He Kaiming, Chang Huiwen, and Sun Jian. Rectangling panoramic images via warping [J]. *ACM Transactions on Graphics (S0730-0301)*, 2013, 32(4): 1-10.
- [2] Anguelov D, Dulong C, Filip D, et al. Google street view: Capturing the world at street level [J]. *Computer (S0010-4620)*, 2010, 43(6): 32-38.
- [3] Burt P, Adelson E. A multiresolution spline with application to image mosaics [J]. *ACM Transactions on Graphics (S0730-0301)*, 1983, 2(4): 217-236.
- [4] Perez P, Gangnet M, Blake A. Poisson image editing [J]. *ACM Transactions on Graphics (S0730-0301)*, 2003, 22(3): 313-318.
- [5] Levin A, Zomet A, Peleg S, et al. Seamless image stitching in the gradient domain [C]// *Proceedings of the 8th European Conference on Computer Vision*. Prague, Czech Republic: Springer, 2004: 377-389.
- [6] Agarwala A. Efficient gradient-domain compositing using quadtrees [J]. *ACM Transactions on Graphics (S0730-0301)*, 2007, 26(3): 1-5.
- [7] Szeliski R, Uyttendaele M, Steedly D. Fast poisson blending using multi-splines [C]// *Proceedings of the 2011 IEEE International Conference on Computational Photography*. Pittsburgh, USA: IEEE, 2011: 1-8.
- [8] Uyttendaele M, Eden A, Skeliski R. Eliminating ghosting and exposure artifacts in image mosaics [C]// *Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. Kauai, USA: IEEE, 2001: 509-516.
- [9] Shamir A, Avidan S. Seam carving for content-aware image resizing [J]. *ACM Transactions on Graphics (S0730-0301)*, 2007, 26(3): 10-19.
- [10] Kwatra V, Schodl A, Essa I, et al. Graphcut textures: image and video synthesis using graph cuts [J]. *ACM Transactions on Graphics (S0730-0301)*, 2003, 22(3): 277-286.
- [11] Agarwala A, Dontcheva M, Agrawala M, et al. Interactive digital photomontage [J]. *ACM Transactions on Graphics (S0730-0301)*, 2004, 23(3): 294-302.
- [12] Gracias N, Mahoor M, Negahdaripour S, et al. Fast image blending using watersheds and graph cuts [J]. *Image and Vision Computing (S0262-8856)*, 2009, 27(5): 597-607.