

Auto Stitching of Crapped Paper Based on Strips

Dan Hang, Daqing Liao, Tingting Jiang, Ya Wang

Air Force Logistics College, Xuzhou
Email: hazel-hang@sohu.com

Received: Oct. 8th, 2013; revised: Oct. 23rd, 2013; accepted: Oct. 27th, 2013

Copyright © 2013 Dan Hang et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Abstract: By using the method of similarity matching, strip scraps of paper in messy order are jointed. According to the information on the left and the right column of each strip of paper images, we can calculate vector cosine. When vector value is closer to 1, the matching degree of the left and right columns on other images is higher. Then according to the maximum correlation principle, each strip of paper is spliced together, and the original text information of the image is restored. Through the MALAB programming algorithm, the effectiveness of the algorithm is verified through preliminary examples.

Keywords: Stitching of Scrapped Paper; Correlation Analysis; Vector Angle Cosine

基于条状碎纸片自动拼接

杭丹, 廖大庆, 蒋婷婷, 王娅

空军勤务学院, 徐州
Email: hazel-hang@sohu.com

收稿日期: 2013年10月8日; 修回日期: 2013年10月23日; 录用日期: 2013年10月27日

摘要: 采用相似度匹配的方法, 对凌乱次序的条状碎纸片进行拼接。根据每张条状碎纸图像的左、右边列处的信息, 计算它与其他条状碎纸图像的左、右边列的相关性即向量余弦值, 向量值越接近 1, 与其他图像左、右列越匹配, 然后根据最大相关性的原则, 将各个条状碎纸拼接在一起, 得到的图像就是要恢复的原始文本信息。通过 MALAB 编程实现算法, 并通过初步实例验证了算法的有效性。

关键词: 碎纸片拼接; 相关性; 向量余弦值

1. 引言

碎纸拼接, 是通过扫描和图像提取技术获取一组碎纸片的形状、颜色等信息, 然后利用计算机通过特征匹配技术来识别相邻接的图像碎片, 进而重现整个物体的原貌。碎片拼接技术的研究很有实用价值。如, 考古研究中对破碎珍贵文物的修复, 司法物证复原、历史文献修复以及军事情报获取等领域。

碎纸拼接的方法根据特征可以分为基于色彩、纹理、材质、轮廓等图像碎片拼接; 根据形状特征又可

分为规则图像碎片和不规则图像碎片的拼接; 根据空间特征还可分为二维图像碎片拼接和三维图像碎片拼接。

碎片拼接的主要工作流程可概括为以下三个步骤:

1) 对图像碎片进行预处理, 即对物体碎片数字化, 得到碎片的数字图像。

2) 图像碎片匹配, 通过匹配算法找到相互匹配的图像碎片。

3) 图像碎片的拼接合并,将相互匹配碎片拼接在一起得到最终的复原图。

其中,最重要的就是第二步图像碎片匹配。图像碎片匹配是图像碎片拼接的核心问题。

近些年国内很多学者对这一问题进行了大量研究,提出了许多新的算法^[1-7],使得这一领域研究有了长足的进步。本文采用相似度匹配的方法,对凌乱次序的条状碎纸片进行拼接,根据每张条状碎纸图像的左、右边列处的信息,计算它与其他条状碎纸图像的左、右边列的相关性即向量余弦值,向量值越接近 1,与其他图像左、右列越匹配,根据最大相关性的原则,将各个条状碎纸拼接在一起,得到的图像就是要恢复的原始文本信息。最后通过 MALAB 编程实现算法,并利用附件 1,附件 2 提供碎片验证了算法的有效性,实现碎片拼接为初始图像。

2. 基本假设

1) 在纸张切割处有油墨覆盖的部位没有受损断裂,附着在纸上的油墨没有被扯开,在断裂处也没有出现丢失油墨的情况。

2) 在图像预处理阶段对图像进行过几何畸变校正和噪声点的抑制处理,让条状碎片不存在明显的几何畸变以及毛刺边缘等问题,确保结果的可信度。

3. 变量说明

Bian_R——每张纸带图中右列信息

Bian_L——每张纸带图中左列信息

m——碎片个数

i——第 i 个碎片; j——除 i 之外所有碎片

B——结构元素

4. 模型的建立和求解

4.1. 图像拼接算法

图像拼接的质量,主要依赖图像的配准程度,因此图像的配准是拼接算法的核心和关键。根据图像匹配方法的不同,一般可以将图像拼接算法分为以下两个类型:

1) 基于区域相关的拼接算法

这是最为传统和最普遍的算法。基于区域的配准方法是从待拼接图像的灰度值出发,对待配准图像中

一块区域与参考图像中的相同尺寸的区域使用最小二乘法或者其它数学方法计算其灰度值的差异,对此差异比较后来判断待拼接图像重叠区域的相似程度,由此得到待拼接图像重叠区域的范围和位置,从而实现图像拼接。也可以通过 FFT 变换将图像由时域变换到频域,然后再进行配准。对位移量比较大的图像,可以先校正图像的旋转,然后建立两幅图像之间的映射关系。当以两块区域像素点灰度值的差别作为判别标准时,最简单的一种方法是直接把各点灰度的差值累计起来。这种办法效果不是很好,常常由于亮度、对比度的变化及其它原因导致拼接失败。另一种方法是计算两块区域的对应像素点灰度值的相关系数,相关系数越大,则两块图像的匹配程度越高。该方法的拼接效果要好一些,成功率有所提高。

2) 基于特征相关的拼接算法

基于特征的配准方法不是直接利用图像的像素值,而是通过像素导出图像的特征,然后以图像特征为标准,对图像重叠部分的对应特征区域进行搜索匹配,该类拼接算法有比较高的健壮性和鲁棒性。基于特征的配准方法有两个过程:特征抽取和特征配准。首先从两幅图像中提取灰度变化明显的点、线、区域等特征形成特征集。然后在两幅图像对应的特征集中利用特征匹配算法尽可能地将存在对应关系的特征对选择出来。一系列的图像分割技术都被用到特征的抽取和边界检测上。如 canny 算子、拉普拉斯高斯算子、区域生长。抽取出来的空间特征有闭合的边界、开边界、交叉线以及其他特征。特征匹配的算法有:交叉相关、距离变换、动态编程、结构匹配、链码相关等算法。

4.2. 算法

本文采用相似度匹配的方法,考虑碎片的边缘匹配情况,根据每张条状碎纸图像的左、右边列处的信息,计算它与其他条状碎纸图像的左、右边列的相关性,根据最大相关性的原则,将各个条状碎纸拼接在一起,得到的图像就是要恢复的原始文本信息。对于碎纸片左右的相关性,我们用向量余弦值衡量向量值越接近 1,与其他图像左、右列越匹配。

4.2.1. 向量余弦值

多维空间中有方向的线段。如果两个向量的方向

一致，即夹角接近零，那么这两个向量就相近。而要确定两个向量方向是否一致，这就要用到余弦定理计算向量的夹角了。

余弦定理对我们每个人都不陌生，它描述了三角形中任何一个夹角和三个边的关系，换句话说，给定三角形的三条边，我们可以用余弦定理求出三角形各个角的角度。假定三角形的三条边为 a 、 b 和 c ，对应的三个角为 A 、 B 和 C ，那么角 A 的余弦

$$\cos A = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc}$$

如果我们将三角形的两边 b 和 c 看成是两个向量，那么上述公式等价于

$$\cos A = \frac{\langle b, c \rangle}{|b||c|}$$

其中分母表示两个向量 b 和 c 的长度，分子表示两个向量的内积。

举个具体的例子，假如提取碎纸片左边 $Bian_L$ 和右边 $Bian_R$ 对应向量分别是 $x_1, x_2, \dots, x_{64000}$ 和 $y_1, y_2, \dots, y_{64000}$ ，那么它们夹角的余弦等于，

$$\cos \theta = \frac{x_1 y_1 + x_2 y_2 + \dots + x_{64000} y_{64000}}{\sqrt{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_{64000}^2} \cdot \sqrt{y_1^2 + y_2^2 + \dots + y_{64000}^2}}$$

当两条边向量夹角的余弦等于一时，这两条边文字情况信息完全重复；当夹角的余弦接近于一时，两条边文字信息相似，从而可以归成一类；夹角的余弦越小，两条边文字信息越不相关，如图 1 和 2。

4.2.2. 算法

下面给出本文算法的步骤：

1. 首先通过 MATLAB 软件确定图像位置，再用 MATLAB 软件里的 `imread` 函数读取图像数据(即颜色值)。

2. 用 MATLAB 软件里的 `im2double` 函数把图像的数据类型转换成双精度浮点类型。

3. 提取图像左边缘数据。
4. 提取图像右边缘数据。
5. 计算不同图像左右边相似度向量余弦值。
6. 计算余弦值接近 1 的程度。
7. 找相邻图像边最相似。
8. 对图片进行排序。
9. 拼接图像、匹配碎片。

4.3. 碎片复原实例(MATLAB 编程实现)

算法流程图(图 3)^[8]：

为了初步验证算法的有效性，下面给出两个实例：

例 1：附件 1 给出的碎片有 18 个，如：(仅列举几个个碎片，具体见附件 1)。(图 4)

通过 MATLAB 程序复原碎片得到的 18 个条形碎片的排列顺序(MATLAB 编程实现)：表 1。

下图 5 即为附件 1 原文件的复原图图 1 这是一份中文文件。

例 2：附件 2 给出的碎片有 18 个，如图 6：(仅列举几个碎片，具体见附件 2)

通过 MATLAB 程序复原碎片得到的 18 个条形碎片的排列顺序(MATLAB 编程实现)：见表 2。

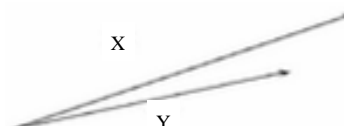


Figure 1. Vector similarity
图 1. 两向量相似

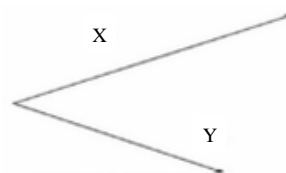


Figure 2. Vector independent
图 2. 两向量无关

Table 1. Fragment sequence of recovery
表 1. 复原碎片排列顺序

008	014	012	015	003	010	002	016	001	004	005	009	013	018	011	007	017	000	006
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Table 2. Fragment sequence of recovery
表 2. 复原碎片排列顺序

003	006	002	007	015	018	011	000	005	001	009	013	010	008	012	014	017	016	004
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

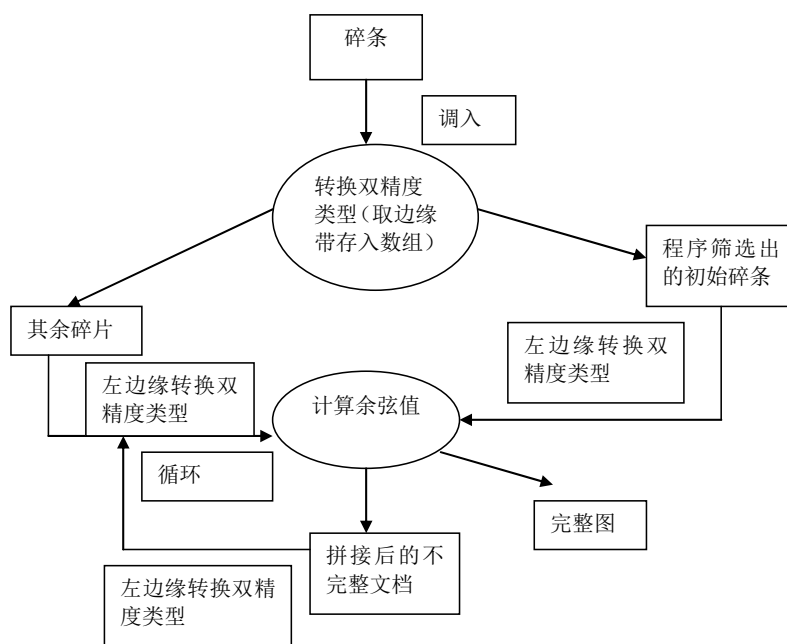


Figure 3. Flow chart
图 3. 流程图

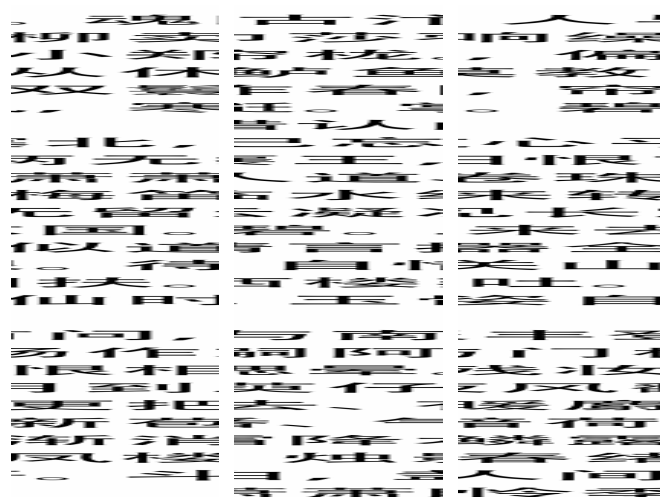


Figure 4. Fragment legend
图 4. 碎片图示

图 7 即为附件 2 原文件的复原图图 2 这是一份英文文件。

5. 模型评价

传统上，拼接复原工作需由人工完成，准确率较高，但效率很低。特别是当碎片数量巨大，人工拼接很难在短时间内完成任务。由于碎纸片的拼接复原技术的重要性，目前世界上对它已经有了研究，能够查阅到的文档碎片拼接技术主要使用曲线的特征来进

行碎片拼接，计算量非常巨大。

本文首先介绍了一些关于碎纸拼接的方法，然后在详细研究了 MATLAB 软件的应用的基础上，设计了碎纸片自动拼接复原的算法，最后通过题目中的实例对本文提出的算法和方法进行验证，通过拼接出来的图像可以证明本文的算法和方法是切实可行的。但是可以看到，文章主要解决的是对规则长条形状的碎纸片能够进行很好的拼接，而对于不规则的碎片、形状差异大的碎片等等情况，还不能够进行顺利的拼

城上层楼叠嶂。城下清淮古汴。举手揖吴云，人与春天俱远。魂断。魂断。后夜松江月满。簌簌衣巾莎枣花。村里村北响辘车。牛衣古柳卖黄瓜。海棠珠缀一重重。清晓近帘栊。胭脂谁与匀淡，偏向脸边浓。小郑非常强记，二南依旧能诗。更有鲈鱼堪切脍，儿辈莫教知。自古相从休务日，何妨低唱微吟。天垂云重作春阴。坐中人半醉，帘外雪将深。双鬓绿坠。娇眼横波眉黛翠。妙舞蹁跹。掌上身轻意态妍。碧雾轻笼两凤，寒烟淡拂双鸦。为谁流睇不归家。错认门前过马。

我劝髯张归去好，从来自己忘情。尘心消尽道心平。江南与塞北，何处不堪行。闲离阻。谁念萦损襄王，何曾梦云雨。旧恨前欢，心事两无据。要知欲见无由，痴心犹自，倩人道、一声传语。风卷珠帘自上钩。萧萧乱叶报新秋。独携纤手上高楼。临水纵横回晚鞚。归来转觉情怀动。梅笛烟中闻几弄。秋阴重。西山雪淡云凝冻。凭高眺远，见长空万里，云无留迹。桂魄飞来光射处，冷浸一天秋碧。玉宇琼楼，乘鸾来去，人在清凉国。江山如画，望中烟树历历。省可清言挥玉尘，真须保器全真。风流何似道家纯。不应同蜀客，惟爱卓文君。自惜风流云雨散。关山有限情无限。待君重见寻芳伴。为说相思，目断西楼燕。莫恨黄花未吐。且教红粉相扶。酒阑不必看茱萸。俯仰人间今古。玉骨那愁瘴雾，冰姿自有仙风。海仙时遣探芳丛。倒挂绿毛么凤。

俎豆庚桑真过矣，凭君说与南荣。愿闻吴越报丰登。君王如有问，结袜赖王生。师唱谁家曲，宗风嗣阿谁。借君拍板与门槌。我也逢场作戏，莫相疑。晕腮嫌枕印。印枕嫌腮晕。闲照晚妆残。残妆晚照闲。可恨相逢能几日，不知重会是何年。茱萸仔细更重看。午夜风翻幔，三更月到床。簟纹如水玉肌凉。何物与依归去、有残妆。金炉犹暖麝煤残。惜香更把宝钗翻。重闻处，余熏在，这一番、气味胜从前。菊暗荷枯一夜霜。新苞绿叶照林光。竹篱茅舍出青黄。霜降水痕收。浅碧鳞鳞露远洲。酒力渐消风力软，飐飐。破帽多情却恋头。烛影摇风，一枕伤春绪。归不去。凤楼何处。芳草迷归路。汤发云腴酽白，盏浮花乳轻圆。人间谁敢更争妍。斗取红窗粉面，炙手无人傍屋头。萧萧晚雨脱梧楸。谁怜季子敝貂裘。

Figure 5. Restored view
图 5. 复原图

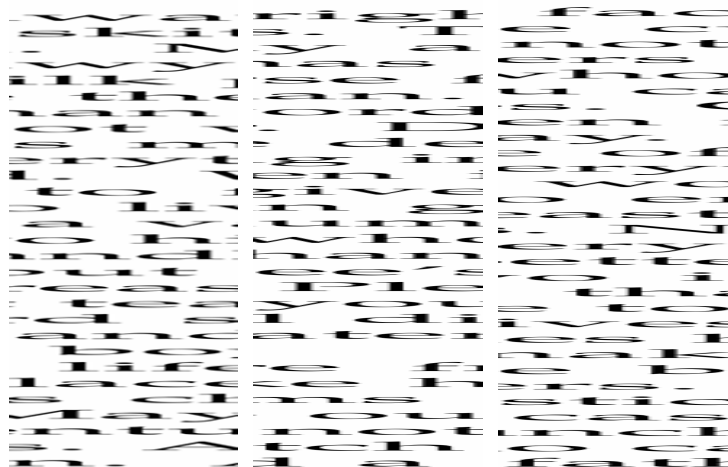


Figure 6. Fragment legend
图 6. 碎片图示

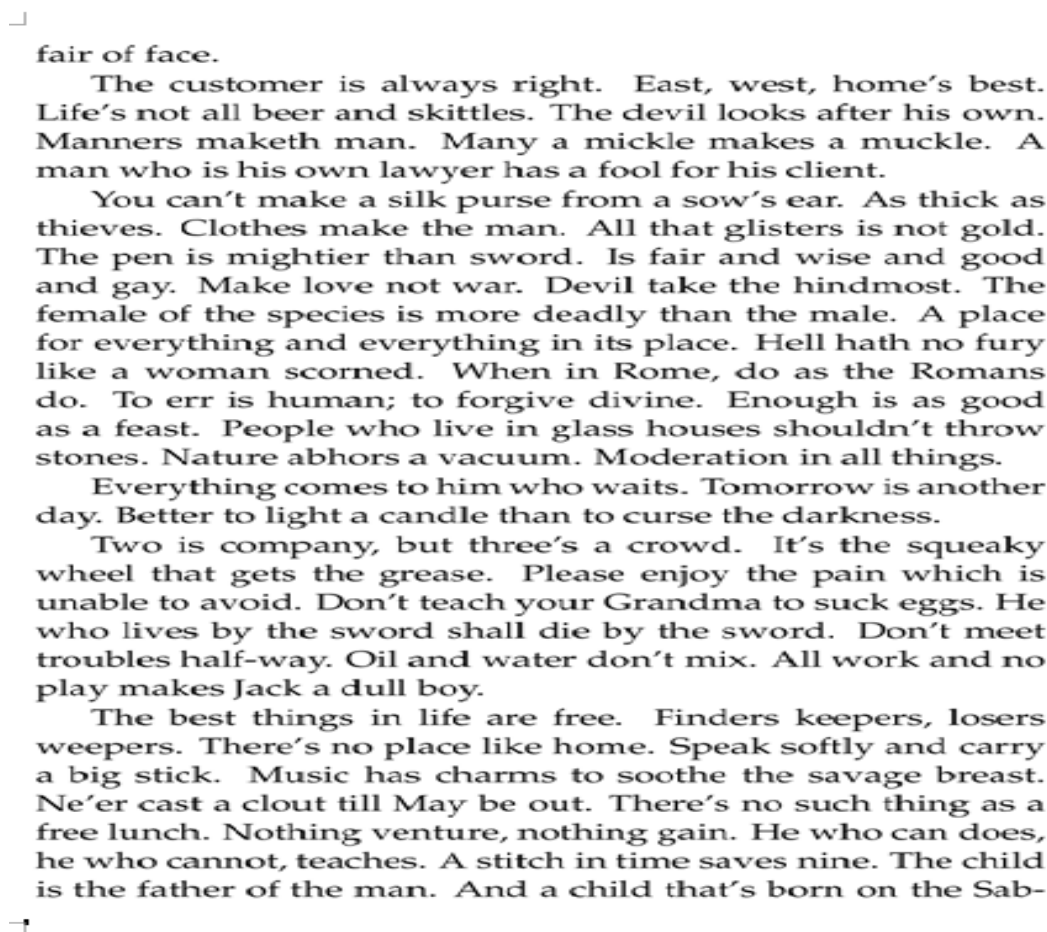


Figure 7. Restored view
图 7. 复原图

接，因此有待深入研究。

参考文献 (References)

- | | |
|---|--|
| <p>[1] 陶波, 于志伟, 郑筱祥 (1997) 图样的自动拼接. <i>中国生物医学工程学报</i>, 4, 29-35.</p> <p>[2] 韩煜 (2008) 基于颜色和纹理特征的计算机自动拼图研究. 硕士论文, 首都师范大学, 北京.</p> <p>[3] 钟家强, 王润生 (2001) 基于边缘的图像配准改进算法. <i>计算机工程与学科</i>, 6, 25-29.</p> | <p>[4] 罗智中 (2011) 基于线段扫描的碎纸片边界检测算法研究. <i>仪器仪表学报</i>, 24, 7-9.</p> <p>[5] 刘金根, 吴志鹏 (2002) 一种基于特征区域分割的图像拼接算法. <i>西安电子科技大学学报</i>, 6, 768-771.</p> <p>[6] 贾海燕, 朱良家, 周宗潭, 胡德文 (2006) 一种碎纸自动拼接中的形状匹配方法. <i>计算机仿真</i>, 23, 180-183.</p> <p>[7] 吕科 (2003) 空间物体碎片的自动复原算法研究. <i>计算机应用</i>, 4, 29-33.</p> <p>[8] 苏金明, 张莲花, 刘波 (2005) <i>MATLAB 高级编程</i>. 电子工业出版社, 北京.</p> |
|---|--|