

一种基于投影算子的二值图像处理算法^①

姚志英¹, 曹海青²

¹(北京物资学院 物流学院, 北京 101149)

²(北京理工大学 自动化学院, 北京 100081)

摘要: 二值图像的处理是图像内容分析领域的一个关键环节, 处理效果严重影响图像分析的结果. 以历史文档为处理对象, 提出了基于投影的二值图像处理算法, 通过对投影数组的处理实现灰度图像二值化阈值的合理选取、文档外边框的自动检测和图像污点的自动检测. 实践证明该算法处理效果好, 时间复杂度和空间复杂度低, 是一种切实可行的好方法.

关键词: 投影算子; 二值图像; 边缘检测; 污点检测

Binary Image Processing Algorithm Based on Projection Operator

YAO Zhi-Ying¹, CAO Hai-Qing²

¹(School of Logistics, Beijing Wuzi University, Beijing 101149, China)

²(School of Automation, Beijing Institute of Technology, Beijing 100083, China)

Abstract: The binary image processing is an important tache in the field of image content analysis, which will significantly affect the results of the image processing. In the paper, a new binary image processing algorithm based on projection operator is purposed to deal with the old documents. The rational threshold of binary image is gained through the design and application of projection operator to the gray level image. The border and stain of document can also be automatically detected by the design and application of projection operator to the binary image. It is proved that the binary image process algorithm based on projection operator is a practical and high-efficient method which can decrease time complexity and space complexity greatly.

Key words: projection operator; binary image; border detection; stain detection

在图像内容分析、识别和聚类等预处理领域中, 图像的二值化是一个至关重要的环节, 图像二值化的效果和质量, 决定了图像内容处理的效率和精确度; 二值化图的污点去除、倾斜角度矫正和有效内容区域的判定等操作也严重影响图像内容的处理结果. 因此根据处理对象采用合理的二值化方法和二值图处理方法成为图像内容处理的关键技术. 图像二值化的关键是选取合适的阈值, 有关二值化阈值选取的方法主要有直方图方法与直方图变换法、最大类间方差法(Otsu法)、最小误差法与均匀化误差法、共生矩阵法、矩量保持法、最大熵方法、简单统计法与局部特性法、概率松弛法、模糊集方法等. 对于包含不同信息的图像,

阈值选取所用的方法往往不同, 即使同一幅图像用不同的阈值选取方法进行二值化其效果也大不相同. 因此在图像二值化时, 要针对不同处理对象选取合适的阈值进行二值化处理.

本文所处理的对象为历史文档资料的图像, 诸如单位办公文档、手写体资料、古迹图书等. 在充分分析了图像内容特征后设计了基于投影的二值化阈值选取算法; 对二值图像设计了基于像素投影的边缘检测算法自动检测图像边缘; 设计了基于像素投影的污点检测算法检测污点. 经实践证明基于投影的二值图像处理算法处理效果好, 空间复杂度和时间复杂度较低, 具有一定的实用性.

^① 收稿时间:2012-06-04;收到修改稿时间:2012-10-11

1 投影算子的设计与证明

投影算子已被广泛应用于工程计算、图像处理和内容分析等领域,理论上,投影算子(投影变换)是从向量空间映射到自身的一种线性变换,利用投影变换可将整个空间的信息映射到其子空间.用数学语言描述投影算子可表述为:当且仅当存在空间 V 的一个子空间 W ,使得投影 P 将所有的 V 中的元素映射到 W 中,而且在 W 上是恒等变换.即

如果 $W \subset V$

则 $\exists P, \forall u \in V, P(u) \in W$

而且 $\forall u \in W, P(u) = u$

1.1 图像处理的投影算子设计

根据上述投影算子理论,本文设计了水平投影算子 H 和垂直投影算子 V 来实现对图像内容的处理分析:算子 H 实现图像内容垂直信息的统计,即对图像内容按列进行像素颜色信息的求和;算子 V 实现图像内容水平信息的统计,即对图像内容按行进行像素颜色信息的求和.应用投影算子设计的具体算法包括图像的二值化、二值化图像的边缘检测和污点处理等.

1.2 算子 H 和算子 V 的证明

例如对于一幅二值化图,其大小尺寸为 $K \times G$,则可将图像内容看作 K 个 G 维列向量,或者是 G 个 K 维行向量,下面我们证明算子 H 和算子 V 是投影算子.

假设图像内容所构成的空间为 V ,空间 V 为 $K \times G$ 维空间,经算子 H 作用所产生的结果空间为 W ,从算子 H 内容可知, W 是 V 的子空间.设图像内容矩阵为 M ,则 $M \in V$,令 $HM=N$,则 $N \in W$, N 中只有一行数据中有非零元素,且非零元素为 M 中对应列像素信息内容的和,其余行的元素均为零,由算子 H 定义可知, $HN=N$,所以算子 H 为投影算子;根据算子 V 的定义,同理可证明算子 V 为投影算子.

2 基于投影算子的图像处理的实现

根据上文设计的投影算子对历史文档资料的图像进行处理和内容分析,涉及具体的处理任务设计了不同的算法,具体包括基于投影的局部灰度均值域值选取、基于像素投影的边缘检测、基于像素投影的污点检测.

2.1 基于投影的局部灰度均值域值选取

首先对所处理 4237X3378 的 24 色真彩色图像(见图 1)进行灰度化得到灰度图像(见图 2);在分析灰度图

像内容特征的基础上将图像划分成不同子区域,以图 2 为例,分析其内容发现第一部分的左下角破损,左边有边框且浓淡度较淡,第二部分相比第一部分而言浓淡度较浓,第三部分破损情况严重,第四部分右上角破损右边有边框,根据这种内容特征进行区域分隔的方法降低了局部信息对二值化阈值选取的影响;接着对所划分的子区域分别进行灰度垂直投影,根据灰度垂直投影自动分析出各子区域的灰度均值,将灰度均值作为该区域二值化的阈值对图像进行二值化处理(见图 3).经实践证明采用本文设计的算法可以很好的抑制图像内容浓淡不均匀、局部破损和边框等对图像处理的影响,通过比较图 3 和图 4 所采取的不同二值化方法,可充分证明这一点.



图 1 原始图像



图 2 灰度图像

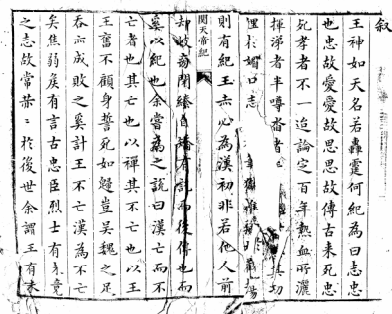


图 3 基于投影的局部阈值二值化图像



图 4 基于 otsu 算法的二值化图像

2.2 基于像素投影的边缘检测法

为了实现历史文档内容的自动分析, 必须检测出文档边缘的矩形框, 本文采用了基于像素投影的边缘检测法. 首先进行矩形框上下边缘的检测, 为了保证检测的效率, 对于上边缘的检测, 将图像内容的上四分之一进行像素垂直投影存储在垂直投影数组中, 由于图像边缘的像素是连续存在的, 图像边缘的投影值必然远大于其它非边缘区域的投影值, 因此垂直投影数组中, 像素投影值最大的元素对应的行即为图像的上边缘; 对于下边缘的检测, 将图像内容的下四分之一进行垂直投影, 检测方法和上边缘检测方法一样; 对于左边缘的检测, 将图像内容的左四分之一进行像素水平投影存储于水平投影数组中, 通过数组内容的分析发现在文档矩形边框左边缘处发生畸变, 即该处的投影值远大于其它非边缘列的投影值, 进而确定出文档的矩形外边框; 对于右边缘的检测, 将图像内容的右四分之一进行像素水平投影, 边框右边缘的检测方法和左边缘的检测方法一样. 根据上述思路通过对投影数组的处理检测文档的外边框, 相比处理整个图像内容检测边框节约了算法存储空间, 降低算法空间复杂度和时间复杂度, 提高了算法的效率且检测精度很高. 表 1 为基于像素投影的边框边缘检测结果和实际位置的对比.

表 1 基于像素投影的边框边缘检测方法的检测结果

边框	上边沿(行)	下边沿(行)	左边沿(列)	右边沿(列)
实际位置	465-480	3165-3180	385-400	3975-3990
检测结果	466-480	3167-3181	388-400	3973-3988

2.3 基于像素投影的污点检测

基于像素投影的污点检测就是通过对二值图的垂直投影数组(或水平投影数组)和图像内容进行分析判别出图像内容中的污点. 以分析垂直投影数组为例说明本

方法的原理, 首先将二值图像进行垂直投影, 所产生的投影数组为 Vertical; 分析该数组中的元素, 如果某元素值为非零, 则该元素在数组中的位置序号 i 所对应的行可能有污点, 以可能有污点的行序号 i 为元素组成污点所在行的记录数组 DirtyRow; 对可能出现污点行的图像内容进行细化分析, 若该行中某列图像内容不为零, 则对应列可能有污点, 如果两污点列信息相差为 1, 即将两污点连为线段, 每一条线段的起点(列)为污点矩形起点的横坐标, 线段的终点(列)为污点矩形终点的横坐标, 将当前的行序号作为污点矩形起点和终点的纵坐标, 譬如 Vertical[100]=27!=0, 则第 100 列图像内容的第 27 行可能有污点, 分析第 27 行的图像内容数组 Horizon, 若 Horizon[60]=5!=0, Horizon[61]=6!=0, Horizon[100]=20!=0, 则图像内容中的第 27 行中第 60 列、61 列和 100 列可能为污点, 因 60 列和 61 列信息相差 1, 故将这两个像素点用线段相连; 接着将当前行(譬如第 27 行)中线段的位置(列)和上一行(第 26 行)中污点分析得到的线段位置(列)进行比较, 当有重复时, 将污点矩形的起始点纵坐标更改为上一行的行序号; 这样通过对分析垂直投影和图像内容, 即可快速地检测出污点矩形的位置, 再结合程序中设定的污点面积大小, 即可精确地判别出污点位置. 当然也可以通过分析水平投影和图像内容的方法来进行污点检测, 其检测原理和上述相类似. 本图例中, 设定的最小污点为 12, 最大污点为 24, 利用该方法对图 3 进行污点检测, 检测结果如图 5 所示, 整个检测过程用时 892 毫秒, 与基于连通域的污点判断相比, 响应时间得到了大幅度的提高, 实践证明该检测方法检测精度高、效率高、实用性强.

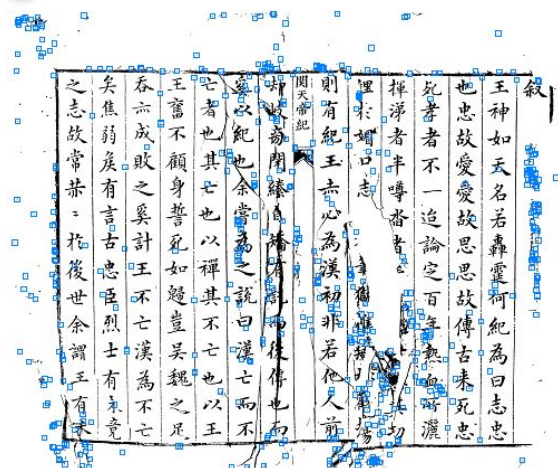


图 5 基于像素投影的污点检测结果

(下转第 161 页)

- 量分析及预测. 计算机工程与科学. 2007, 29(9): 56-57.
- 2 王娜, 张建辉, 马海龙, 汪斌强. 基于前缀分配路径长度的 BGP 源自治系统验证机制. 电子学报, 2009, 37(10): 2220-2227.
 - 3 Studer A, Perrig A. The Coremelt attack. Proceedings of the European Symposium on Research in Computer Security (ESORICS), Sept. 2009.
 - 4 胡湘江, 朱培栋, 龚正虎. SE-BGP: 一种 BGP 安全机制. 软件学报, 2008, 19(1): 167-176.
 - 5 李琦, 吴建平, 徐明伟, 徐恪, 张新文. 自治系统间的安全路由协议 GesBGP. 计算机学报, 2009, 32(3): 506-515.
 - 6 季莉. 边界网关协议 BGP 安全性的分析与加强. 计算机应用与软件, 2007, 24(3): 39-40.
 - 7 Schuchard M, Mohaisen A, Kune DF, Hopper N, Kim Y, Vasserman EY. Losing Control of the Internet: Using the Data Plane to Attack the Control Plane. 18th Annual Network & Distributed System Security Symposium. 6-9 February 2011. <http://wenku.baidu.com/view/ab95aa09844769eae009ed49.html>
 - 8 于印泉. 边界网关路由协议 BGP 在 Internet 中的应用. 数据通信, 2002, (1): 6-10.
 - 9 伍孝金, 宋坤, 张宏科. 基于 IPv6 的 BGP4+ 路由策略的研究与实现. 计算机工程与设计, 2007, 28(17): 4161-4164.
 - 10 Wang F, Mao ZM, Wang J, Gao L, Bush R. A measurement study on the impact of routing events on end-to-end Internet path performance. SIGCOMM Comput. Commun. Rev., 2006, 36(4): 375-386.
 - 11 Zhang Y, Mao ZM, Wang J. Low-rate TCP-targeted DoS attack disrupts Internet routing. Proc. of the Network and Distributed System Security Symposium (NDSS), 2007.
 - 12 Sriram K, Montgomery D, Borchert O, Kim O, Kuhn DR. Study of BGP peering session attacks and their impacts on routing performance. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2006, 24(10): 1901-1915.
 - 13 喻卫, 蔡开裕, 朱培栋. BGP 安全机制的研究. 计算机工程与应用, 2006, 42(5): 113-116.
 - 14 Sinclair G, Nunnery C, Kang BB. The Waledac protocol: The how and why. Proc. the IEEE International Conference on Malicious and Unwanted Software (MALWARE). 2009, 10: 69-77.

(上接第 97 页)

3 结语

本文设计了基于投影的二值图像处理算法并应用于二值化阈值的选取、文档边框的自动辨识和图像污点的自动提取等方面, 取得了良好的使用效果, 该算法的时间复杂度和空间复杂度较低, 是一种较为实用的二值图像快速处理算法, 可推广应用于历史图纸的矢量化、栅格图像的矢量化等领域.

参考文献

- 1 Zhao YQ, Yu DM, Wang YQ. A method of automatic threshold selection in calibration plate image binarization. Modern Manufacturing Engineering, 2011, 4: 99-102.
- 2 Li HL, Lan MH, Zhang SJ, Yang L. Random Clipping of Curves in Rectangular windows Based on the Projection Method. Journal of Yunnan University of Nationalities, 2011, 20: 132-135.
- 3 Liu ZL, Zhou H, Yu L, Min LS. Real-time Instrument Character Recognition System Based on Projective matrix Method. Instrument Technique and Sensor, 2008, 8: 98-101.
- 4 Ma RN, Chen TP. Recurrent Neural Network Model Based on Projective Operator and Application in Optimization Problem. Applied Mathematics and Mechanics, 2006, 27: 484-494.
- 5 Wu JP, Yang ZX, Han D, Bai ZF, Su YT. 2D Barcode Image Binarization Based on Wavelet and Otsu Method. Computer Engineering, 2010, 36: 190-192.
- 6 Otsu N. A threshold selection method from gray-level Histograms. IEEE Trans. on System, Man and Cybernetics, 1979, 6: 62-66.
- 7 Zhou YJ, Wang X, Su X, Yao ZL, Yao CZ. Research on Gray Projection Algorithm for Image Stabilization. Ordnance Industry Automation, 2009, 28: 88-93.
- 8 Zhou L. Application of projective operator in variance analysis models. Journal of China Textile University, 1991, 17: 199-208.
- 9 Li SW, Wang G. Otsu Binarization Application in License Plate Location. Journal of Shunde Polytechnic, 2011, 9: 2-5.