

文章编号: 1007-5321(2012)06-0121-04

基于图像的水泥路面裂缝识别方法及应用

荣 婧^{1,2}, 潘玉利²

(1. 东南大学 交通学院, 南京 210096; 2. 公路养护技术国家工程研究中心, 北京 100029)

摘要: 针对水泥路面图像裂缝识别过程中造成主要干扰的接缝问题, 提出利用水平投影的方法去除接缝的算法, 从而获得路面裂缝识别结果。首先用小波变换提取图像高频信息, 获得包含裂缝、接缝及噪声的二值化图; 再根据投影峰值特征, 判断图像中是否包含接缝、确定接缝位置, 将找到的接缝去除, 得到裂缝识别结果。实验结果表明, 新算法可以有效地去除水泥路面图像中的接缝, 实现水泥路面裂缝的自动识别。

关键词: 道路工程; 水泥路面裂缝; 图像识别; 裂缝识别

中图分类号: TP391.41

文献标志码: A

Image Based Crack Detection Algorithm with Application to Cement Concrete Pavement

RONG Jing^{1,2}, PAN Yu-li²

(1. School of Transportation, Southeast University, Nanjing 210096, China;

2. National Engineering Research Center of Road Maintenance Technologies, Beijing 100029, China)

Abstract: Based on analysis of joints that interferes with crack detection on cement pavement, a new algorithm is proposed to remove joints and obtain crack identification results by horizontal projection. Firstly, high frequency information of image is obtained by wavelet transform that carries out a binary image containing cracks, joints and noise. Secondly, the joints should be identified and located according to peak features of horizontal projection. Finally, the cracks can be detected accurately after removal of joints. Test illustrates that joints of cement pavement can be removed effectively with this algorithm. Simulation shows that the algorithm can remove the joints effectively, and therefore, the automatic inspecting of cement pavement cracks can be implemented.

Key words: road engineering; cement pavement crack; image analysis; crack detection

路面裂缝数据是路况检测中的一项重要指标, 快速路面损坏调查可通过对采集的路面图像进行裂缝分析, 得到路面破损率^[1-2]。国内外学者在路面图像裂缝识别方面已有许多研究, 早期的图像增强方法有中值滤波^[3]、模糊方法^[4-5]等, 裂缝识别方法有人工神经网络^[5]、小波分析^[6]等。

当路面特别是水泥路面存在污染、噪声时, 由于存在刻槽、接缝的干扰, 给路面裂缝识别带来很大困难, 无法用传统方法实现裂缝自动识别。笔者针对水泥路面的接缝特征, 采用小波分析方法进行裂缝提取, 用投影方法去除水泥接缝, 最后用连通域特征去除噪声提取裂缝, 得到水泥路面裂缝

收稿日期: 2011-09-01

基金项目: 国家高技术研究发展计划项目(2006AA11Z101)

作者简介: 荣 婧(1980—), 女, 博士生, E-mail: rongjing@roadmaint.com; 潘玉利(1961—), 男, 研究员, 博士生导师。

结果. 对比实验结果证明, 新算法可以有效识别水泥路面裂缝.

1 裂缝边缘检测

水泥路面的裂缝类型包含横向、纵向和不规则斜向裂缝^{[2]3}种. 图1所示为包含典型裂缝类型水泥路面原图(为清楚直观地表示图像细节, 示例图像均为原始路面图像的局部放大图像).

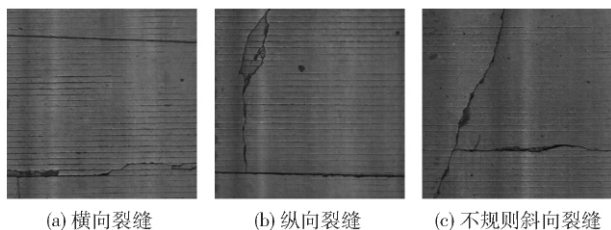


图1 水泥路面原图

路面图像中裂缝信号相对较弱, 刻槽和路面背景污染造成的干扰较多. 在裂缝识别时, 要求增强裂缝信号的同时削弱背景污染造成的误识别, 选用二维离散小波变换(DWT, discrete wavelet transform)算法进行水泥路面图像裂缝提取.

小波变换最早是在1984年由从事地震数据处理的科学家提出^[7], 后来在许多领域得到了广泛的应用和发展. 由于其具有多分辨率分析的特性, 在图像分析领域也是一项非常有效的工具. DWT是将二维图像在水平方向和垂直方向分别做一维离散小波变换的结果. 将图像分解后生成4个分量图像, 分别为近似分量、水平细节分量、垂直细节分量、对角细节分量.

路面图像的裂缝边缘和噪声集中在高频部分, 通过小波变换分解出不同分辨率的子图, 然后对高频裂缝子图像进行增强, 达到对水泥路面图像裂缝信号增强的目的, 同时又会削弱部分刻槽的干扰.

用DWT进行图像边缘检测、裂缝提取, 得到二值图, 如图2所示.

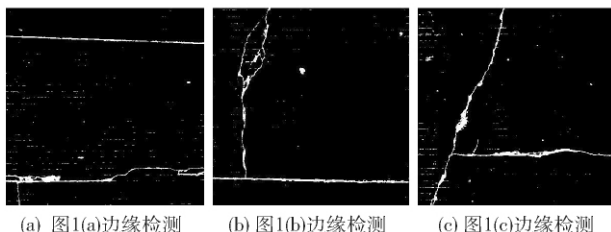


图2 边缘检测结果

2 接缝去除

边缘提取结果中仍包含部分噪声, 但是对裂缝识别而言, 接缝的影响最为突出.

2.1 接缝特征分析

快速路况采集系统拍摄到的路面图像中, 接缝表现为近似水平方向, 横向贯穿整幅图像的线段. 又由于接缝上下分属2个不同的水泥板块, 故裂缝与接缝的相交只是单侧相交, 而不会出现裂缝被接缝贯穿. 所以, 图像中接缝区域所处的行, 只存在接缝而不可能有裂缝. 找到接缝所在行, 就可以确定接缝位置. 基于此特征, 考虑用水平投影方法进行接缝搜寻, 然后整行去除.

2.2 接缝去除算法

首先计算裂缝边缘检测结果水平方向投影, 计算方法为

$$H = \sum_{j=1}^n E(i, j), i = 1, 2, \dots, m \quad (1)$$

其中: $E(i, j)$ 代表边缘检测结果图中第 i 行、第 j 列的值; m 为图像行数; n 为图像列数; H 为一维数据序列, 是对图像每一行边缘点的统计. 当某行的值较大时, 该行为图像中横向裂缝或者接缝比较集中的行; 值较小时, 为其他裂缝及噪声区域. 边缘检测结果的水平方向投影见图3.

接缝位置在水平投影图中是一个局部峰值, 且在峰值附近一定范围内存在几个与该峰值点数值接近的点. 纵向裂缝无水平投影特征, 横向裂缝则表现出一个孤立的峰值点, 该点的值与附近点相差较大.

记找到的第1个峰值点为 P_1 , 该点处的投影值为 J_{P_1} , 用寻找水平投影曲线极值点的方法, 找到 H 在 P_1 附近最接近的2个极大值点, 2个极值之间的范围即是可能的接缝范围. 记2个极值点分别为 J_{s_1} 和 J_{e_1} , 如果在2个极值点之间, 除峰值点外, 所有点的均值大于 $(J_{P_1} - 40)$, 则该区域为接缝的起始行 J_s 和结束行 J_e . 若不满足均值条件, 则可判定该区域不是接缝区域, 该峰值不是接缝峰值. 遍历投影图的每个局部峰值点, 进行接缝搜索. 搜索结束后, 将接缝区域 J_s 和 J_e 两行之间的边缘点清除, 得到去除接缝的结果. 图4所示为边缘检测图2去除接缝后的结果.

3 噪声去除

接缝去除后, 在裂缝提取结果图上仍然存在许

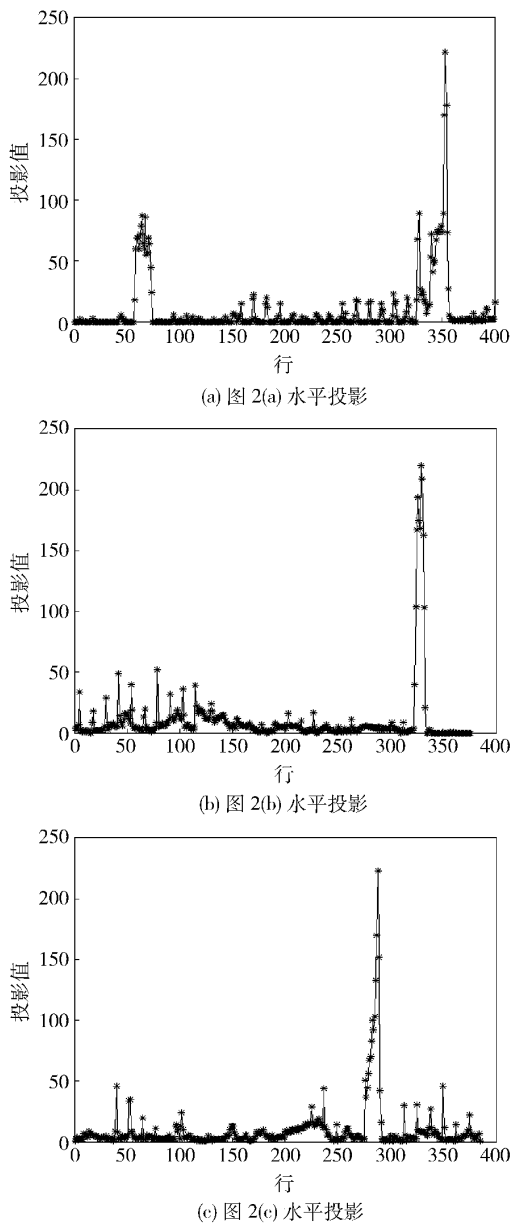


图 3 水平投影图

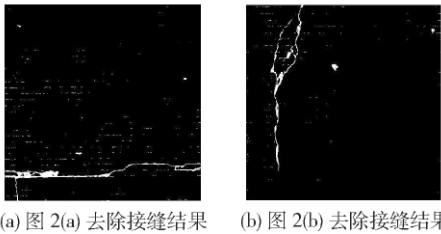


图 4 去除接缝结果

多小噪声和污染,可采用连通域特征^[8]判断的方法将其去除.噪声点都是独立的连通域,每个连通域都有其度量属性,包括面积、长轴、短轴等.

通过判断连通域的特征将噪声点去除,根据经

验,设定面积最小阈值为 10,长短轴比值最大阈值为 0.9,去除路面污点,得到最终裂缝的识别结果,如图 5 所示.

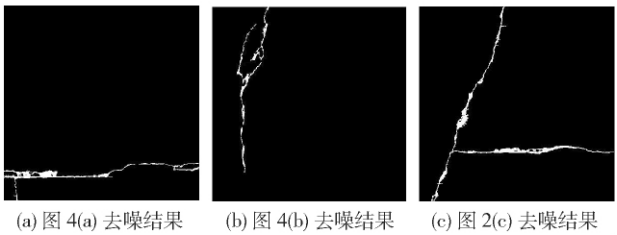


图 5 裂缝结果

4 算法对比

选取 200 幅原始路面检测图像进行识别,原始路面检测图像大小为 1 448 × 1 024,有裂缝的图像和无裂缝的图像各 100 幅,用软件 Matlab 7.0 进行算法实现.

将本文算法与最大类间方差 Otsu 法和 Sobel 法进行识别对比,将识别结果图像中的人工标注裂缝像素作为正确识别的标准,将自动识别的裂缝与标准裂缝像素进行对比,计算每幅图像的识别正确率、误判率,然后统计样本平均识别正确率、误判率和样本总体的识别率.单幅图像正确率 = 识别裂缝像素点数 / 识别结果像素点数;单幅图像误判率 = 错误识别像素点数 / 识别结果像素点数;识别率 = 正确识别图像数量 / 样本图像数量,当一幅图像的正确率达到 90% 时,认为识别正确.

算法识别准确率和平均耗时对比见表 1.

表 1 算法准确率和耗时对比				
算法	正确率 / %	误判率 / %	识别率 / %	耗时 / s
本文算法	86.30	14.7	91.5	14.845
Sobel	9.80	90.2	0	3.203
Otsu	0.40	99.6	0	0.391

按照新方法,大部分图像可以准确识别裂缝,并去除接缝.仅有 17 张图片由于污染严重,噪声没有全部去除,造成了误识别,算法的整体识别准确率达到了 91.5%,而用 Otsu 法和 Sobel 法进行裂缝检测时,每张识别图像都存在大量误识别,无一识别准确.

图 6 所示为选取有污染的水泥路面图像进行算法实验的对比图.图 6 (a) ~ (c) 为带污染的水泥路面原图,图 6 (d) ~ (f) 为用 Otsu 法进行裂缝识别的结果图,图 6 (g) ~ (i) 为 Sobel 法的裂缝识别结果图,图 6 (j) ~ (l) 为用本文算法得到的裂缝识别结

果图.

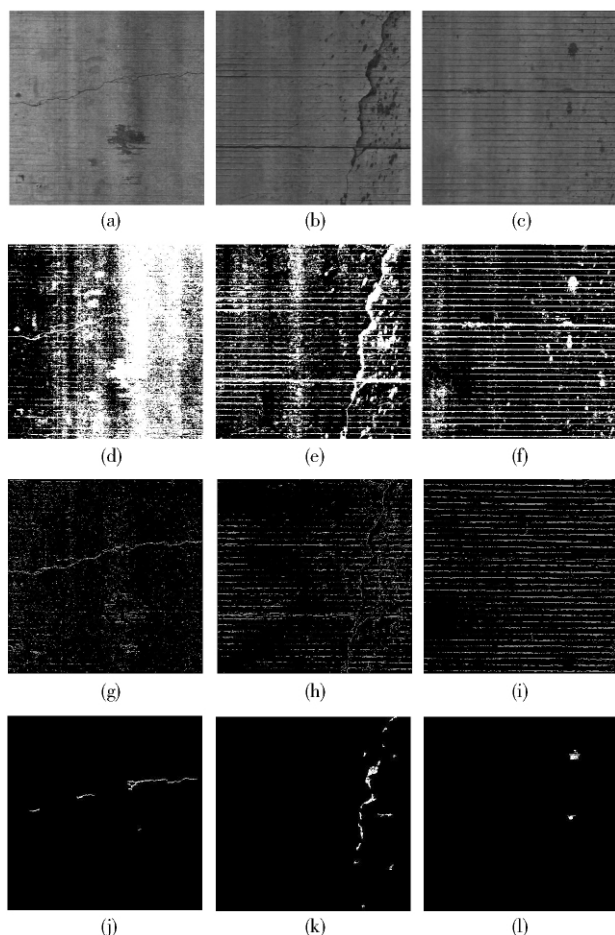


图6 算法对比

通过图6可以看出,用Otsu法和Sobel法识别裂缝得到的误识别较多,即使在没有裂缝的情况下(见图6(c)),水泥路面本身的刻槽纹理也大范围地被提取出来.用本文算法去除了大部分的误识别,相比传统的裂缝检测方法,识别精度有了大幅提高.但新算法也存在一定缺陷,对于较细的裂缝提取不完整,如图6(j)所示.污染较多的图像如图6(k)、图6(l)所示,污染未完全去除.下一步的研究内容为完善噪声去除方法.

Otsu法和Sobel法耗时虽短,但识别准确率低,无法使用.快速检测设备上所用的识别系统采用并行方法,每幅图像的识别速度为14.845 s,可以满足检测车以60 km/h的速度进行实时检测和识别.

5 结束语

针对复杂水泥路面检测中无法用自动识别方法

有效检测裂缝的难题,对造成水泥路面识别噪声的主要因素进行研究,提出了一套裂缝检测算法.用小波分析进行图像增强、裂缝提取,识别出裂缝和接缝边缘;而后用水平投影的方法,有效地去除了路面接缝;最后用连通域方法消除噪声,得到裂缝结果.

通过对水泥路面的批量识别,实践证明本文算法可以准确地识别水泥路面裂缝,避免噪声和接缝的干扰.解决了长期以来水泥路面裂缝自动检测精度低的难题,大幅提高了检测效率、检测精度,加快了检测速度,降低了检测成本,为道路检测和道路养护部门及时、准确地提供了路面损坏分析数据.

参考文献:

- [1] 潘玉利. 路面管理系统原理[M]. 北京: 人民交通出版社, 1998: 30-34.
- [2] 中华人民共和国交通部. JTG H20—2007, 公路技术状况评定标准[S]. 北京: 人民交通出版社, 2007: 22-24.
- [3] Siriphan Jitprasithsiri. Development of a new digital pavement image processing algorithm for unified crack index computation [D]. Salt Lake City: University of Utah, 1997: 78-85.
- [4] Cheng H D, Miyojim M. Automatic pavement distress detection system [J]. Information Sciences, 1998(108): 219-240.
- [5] Cheng H D, Chen J R, Glazier C, et al. Novel approach to pavement cracking detection based on fuzzy set theory [J]. Journal of Computing in Civil Engineering, 1999, 13(4): 270-280.
- [6] Zhou Jian, Huang Peisen, Chiang Fupen. Wavelet-based pavement distress detection and evaluation [J]. Optical Engineering, 2006, 45(2): 1-10.
- [7] Mallat S. A theory for multiresolution signal decomposition: the wavelet representation [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1989, 11(7): 674-693.
- [8] 刘凡凡, 徐国爱, 肖靖, 等. 基于连通域相关及 Hough 变换的公路路面裂缝提取 [J]. 北京邮电大学学报, 2009, 32(2): 24-28.

Liu Fanfan, Xu Guoai, Xiao Jing, et al. Cracking automatic extraction of pavement based on connected domain correlating and Hough transform [J]. Journal of Beijing University of Posts and Telecommunications, 2009, 32(2): 24-28.