

改进的灰度校正算法在路面裂缝图像预处理中应用^①

文 立

(湖南理工职业技术学院, 湘潭 411104)

摘 要: 针对传统的灰度校正算法在对亮度不均匀的路面裂缝图像处理时容易造成边缘模糊, 局部对比度得不到增强的问题, 本文在传统的快速灰度校正算法基础上, 提出了一种改变初始背景图像选取方式以及采取局部对比度增强图像和整体灰度校正图像相互融合的改进型灰度校正算法。实验结果表明, 与传统方法相比, 改进后的算法对路面裂缝类图像的预处理效果明显增强。

关键词: 灰度校正; 初始背景图像; 局部灰度增强; 融合

Improved Gray Correction Algorithm for Image Preprocessing Pavement Cracks

WEN Li

(Hunan Vocational Institute of Technology, Xiangtan 411104, China)

Abstract: In view of the traditional gray correction algorithm in the brightness uneven pavement crack image processing easily blurred edges, local contrast is not enhanced. This paper proposed a change the initial background image to select and adopt the local contrast enhancement of image and gray correction improved gray level image fusion algorithm based on fast gray traditional correction algorithms. The experimental results show that compared with the traditional method, the effect of pretreatment improved algorithm for pavement crack image is enhanced.

Key words: gray correction; the initial background image; local gray enhancement; fusion

公路路面裂缝自动检测技术一直是致力于推动公路路面自动检测技术向前发展的科研人员研究的一个热点、难点, 也是目前公路管理部门正在发展的提高公路路面养护效率、质量的一种手段。它的技术处理过程需要经历五个阶段: 原始图像采集、预处理、图像分割、图像分类、评估。从它的处理流程可以看出图像预处理好坏直接影响到后续的图像分割、分类、评估的处理质量。由于原始图像采集过程中成像系统自身结构的原因如广角镜畸变等以及采集过程树影、路面油污、光照不均匀等影响造成采集到的部分图像呈现中间亮、四周暗的效果^[1-3]。这给后续的图像处理和图像分析带来极大的困难, 从而影响到裂缝图像检测中目标的分类、识别的准确率和识别率。因此, 很有必要对采集过程的退化图像进行灰度校正, 以消除其影响。

一般对退化失真图像处理办法是采用光学方法和数字图像预处理的方法去进行校正, 已恢复其图像本来面目。由于光学方法处理失真图像的成本较高, 一般是采用数字图像预处理的方法。而传统的一些图像预处理算法^[4,5]一般是通过建立模型和引入参数的方法如直方图均衡化、均值滤波、Sobel 算子、拉普拉斯算子等, 但这些方法仍缺乏对图像整体理解, 使得处理后的图像仍存在边缘模糊、细节轮廓不清问题, 或存在处理图像的速度较慢等缺陷。于是以高建贞^[6]为典型代表的研究者提出一种不需要建立模型、不需引入外部参数的快速灰度校正算法。虽然此算法与上述提到的一些经典算法相比, 具有运算速度快、普适性强、处理效果有所改善特点, 但经过本文研究, 发现此算法在进行图像预处理仍存在的不足, 通过分析其原因,

① 基金项目: 湖南省教育厅科学研究项目(13C380)

收稿时间: 2014-06-10; 收到修改稿时间: 2014-07-07

提出了一种改性型的快速灰度校正算法。

1. 传统的快速灰度校正算法

1.1 传统的快速灰度校正算法基本思想是:

1) 根据不同图像使用不同方法, 将原图像 I_1 划分为 $M \times N$ 个大小相等, 互不重叠的子块图像, 然后将求取每个子块背景图像的平均灰度值 $\varphi(m, n)$, 这样就可以得到 I_1 的背景子集 Φ ,

$$\Phi = \begin{bmatrix} \varphi(I, 1) & i & \varphi(I, N) \\ j & o & j \\ \varphi(M, 1) & i & \varphi(M, N) \end{bmatrix} \quad (1)$$

其中 $\varphi(i, j)$ 代表子块图像的平均灰度值, i 取值 $1 \sim N$, j 取值 $1 \sim M$.

2) 根据双线性插值原理^[6], 将背景子集 Φ 进行插值计算得到与原图大小一致的背景图像 I'_0 .

3) 通过公式(2)或公式(3)对原图像进行校正, 得到校正后的图像 ΔI 或 I'_1 .

$$\Delta I = I_1 - I'_0 \quad (2)$$

其中 ΔI 代表目标图像(即消除背景的图像), I_1 代表有目标的图像, I'_0 代表没有目标的背景图像。

$$I'_1(x, y) = I_1(x, y) \times \frac{I'_{\max}}{I'_0(x, y)} \quad (3)$$

其中 $I'_1(x, y)$ 是校正后像素 (x, y) 的灰度值, $I_1(x, y)$ 是 I_1 中像素 (x, y) 的灰度值, $I'_0(x, y)$ 是 I'_0 中像素 (x, y) 的灰度值, $I'_{\max}$ 是 I'_0 中的灰度最大值。

通过大量实验分析, 该算法仍存在 2 点不足:

1) 对采集到的裂缝图像中一些具有明显边缘的目标(如沥青修补、道路标线标记白线)经过灰度校正后, 其边缘将变得模糊。

2) 原图像经过校正后, 虽然整体图像的灰度变得均匀, 但图像中某些局部图像仍未得到有效改善。

经分析, 造成上述两点不足的原因是: 算法中的背景图像直接来源于当前采集的前景图像, 如果当前采集的图像中裂缝目标所占面积较大时, 就难以对目标遮挡的背景图像进行估计; 对原始图像中低对比度区域只是进行灰度偏移处理, 实质上未进行局部增强处理。

2 改进后的灰度校正算法

2.1 灰度校正算法改进思想:

针对上述的不足, 背景图像取自来源于前 N 幅历

史图像作为初始背景, 且每次采集到新的图像后更新背景图像, 然后运用背景差法进行整体灰度校正; 将图像分成子块, 应用直方图均衡化, 使得局部图像得到增强。将局部增强图像与整体灰度校正图像进行融合操作, 从而得到增强的图像。

2.2 改进后的灰度校正算法步骤:

1) 在 t 时刻, 将收集到的前 N 幅历史图像平均值作为初始背景图像 Φ_0

$$\Phi_0 = \frac{1}{N} \sum_{i=t-N}^{t-1} I_i, N=40 \quad (4)$$

其中 t 代表 t 时刻图像序列数, N 代表前历史图像的数量, 这里取值为 40, I_i 代表第 i 幅原图像。

2) 每一次采集到新的裂缝图像后, 将用公式(5)更新背景图像 Φ_{t+1}

$$\Phi_{t+1} = \alpha \Phi_t + (1 - \alpha) I_{t+1}(x, y), \alpha = 0.98 \quad (5)$$

其中 Φ_{t+1} 表示 $t+1$ 时刻的背景图像, Φ_t 表示 t 时刻的前 N 幅历史背景图像, α 代表新的背景图像与前 N 幅历史图像的关联度, $I_{t+1}(x, y)$ 代表 $t+1$ 时刻的原图像 (x, y) 处灰度值。

3) 得到背景图像后用公式(6)对图像进行整体灰度校正

$$\Delta I = I_{t+1} - \Phi_{t+1} \quad (6)$$

其中 ΔI 代表目标图像, I_{t+1} 代表 $t+1$ 时刻的原图像, Φ_{t+1} 代表 $t+1$ 时刻的背景图像。

4) 将图像 ΔI 映射到 0~255 灰度级空间, 得到整体灰度校正图像 I'_{t+1}

$$I'_{t+1} = (\Delta I - \Delta I_{\min}) \frac{255}{(\Delta I_{\max} - \Delta I_{\min})} \quad (7)$$

其中 I'_{t+1} 代表整体灰度校正后的图像, ΔI 代表目标图像, $\Delta I_{\min}$ 代表目标图像中 ΔI 中灰度最小值, $\Delta I_{\max}$ 目标图像中 ΔI 中灰度最大值。

5) 将整体灰度校正图像 I'_{t+1} 分成大小为 $m \times n$ 的子块, 对每一个子块进行直方图均衡化操作, 从而得到局部增强的图像 B_{t+1}

6) 将局部增强的图像 B_{t+1} 和整体灰度校正图像 I'_{t+1} 按公式(8)进行融合, 得到最终增强图像。

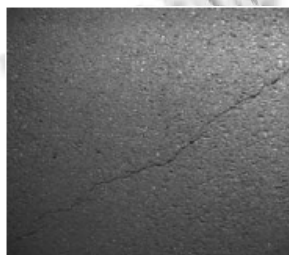
$$Z = w B_{t+1} + (1 - w) I'_{t+1} \quad (8)$$

其中, Z 代表增强后的图像, w 代表融合的权重, B_{t+1} 代表直方图均衡化的局部增强图像, I'_{t+1} 代表映

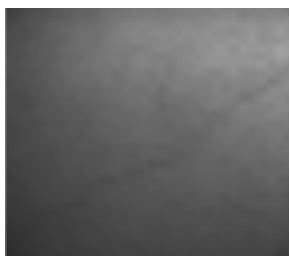
射后的整体灰度校正图像。

3 实验结果与分析

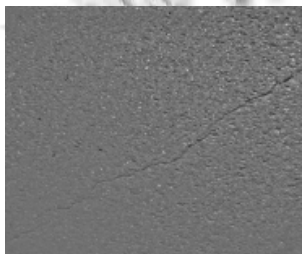
为验证本算法的有效性,采用 Matlab 软件平台将采集到的光照不均裂缝图像进行试验。图 1(a)为采集到的原始图像,由于环境因素影响,采集到的裂缝图像呈现光照不均匀现象。图 1(b)为按照文献[6]方法提取的背景图像;图 1(c)为文献[6]算法处理后的图像,从此图与原图像图 1(a)相比较可以看出,光照不均的现象明显改善,但同时造成局部目标图像变得模糊。图 2(b)为改进算法后提取的背景图像;图 2(c)为改进算法处理后的图像,它与文献[6]算法处理后的图像相比较,明显可以发现,效果更佳,光照不均匀、目标模糊不清的现象都得到很大改善,有利于后续进一步的图像分析、处理。



(a) 原图像



(b) 文献提取的背景图

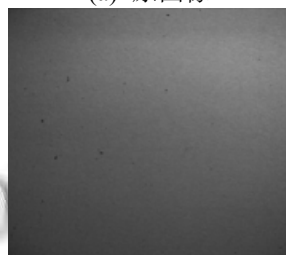


(c) 文献算法处理后的图像

图 1 传统算法实验



(a) 原图像



(b) 改进算法后提取的背景图



(c) 改进算法处理后的图像

图 2 改进算法实验

为更加明显地对比两种算法处理后图像的灰度变化,分别对原图像(图 1)、文献[6]算法处理后的图像(图 1(b))、改进算法处理后的图像(图 2(b))中从上、下、左、右四个方向区域提取灰度值,进行灰度分析。图 3 为进行灰度分析提取区域灰度值的分布图。

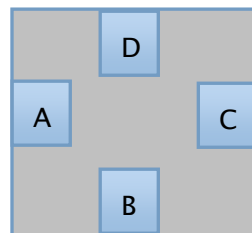


图 3 提取区域分布图

根据图 3 提取区域分布图,分别对图 1(a)、图 1(c)、图 2(c)三个图像的四个方向区域内的像素值求平均值、标准差,获得每个图像区域灰度分布情况。

表 1 两种算法的灰度平均值、标准差比较表

		A	B	C	D
原图像	平均值	80	74	108	127
	标准差	32.41	5.52	14.09	24.17
文献算法处理后的图像	平均值	113	108	117	114
	标准差	4.83	3.86	8.49	7.58
改进算法处理后的图像	平均值	113	114	114	115
	标准差	28.95	21.6	23.03	22.4

从上表可以分析出,原图像不均匀效果经过两种算法处理后基本消除,但改进后的算法效果更佳,其每个方向区域的灰度平均值更接近,且改进后算法处理出来的图像提取区域灰度值的标准差比文献算法的图像对应区域的标准差更大,说明灰度变化大,纹理效果更好,图像更清晰,为后续进一步的图像分析、处理奠定基础。

4 结论

由于公路路面裂缝自动检测系统中常常因为受到光照不均的原因影响到检索结果,许多科研人员对此展开研究.以高建贞为代表的研究者提出的快速灰度校正算法具有运算速度快、通用性好,校正效果明显

的特点.但由于初期背景的选取不当及缺乏局部图像增强的算法,处理后的图像仍不如人意,为此本文对该算法进行了两方面的改进.通过实验数据显示,改进后算法处理裂缝图像的效果明显.目前该算法针对裂缝类图像进行灰度校正,下一步将扩大光照不均的图像来源渠道,进一步验证该算法是否具有普适性的特点.

参考文献:

- 1 刘畅,李绘卓,范勇,唐遵烈.多路 CCD 成像不均匀性校正算法.光电工程,2009,36(3):120-124.
- 2 付峰,应义斌.球体图像灰度变换模型及其在柑桔图像校正中的应用.农业工程学报,2004,20(4).
- 3 王兴建,秦国锋,赵慧丽.基于多级去噪模型的路面裂缝检测方法.计算机应用,2010,30(6).
- 4 李晋惠.用图像处理的方法检测公路路面裂缝类病害.长安大学学报(自然科学版),2004,24(5):24-29
- 5 邓志鹏,许丽敏,杨杰等.基于直方图相关的图像灰度校正.红外与激光工程,2003,32(2).
- 6 高建贞,任明武,杨静宇.一种快速实用的灰度校正算法.中国图像学报,2002,7(6):548-552