

基于机器视觉的跨座式轨道梁晃动量检测方法^①

Measurement Means of Grid's Swing Based on MV

刘波 叶俊勇 让晓勇 (重庆大学 光电技术及系统教育部重点实验室 重庆 400030)

摘要: 研究机器视觉和图像处理与工业计算机组成的系统在工程测量中的应用。对于所获取的轻轨轨道梁二维晃动图像,利用计算机图像处理与机器视觉技术,采用模板匹配的方法,制作特征模板。针对每根梁的一系列图像序列分别计算匹配模板的重心,比较每张匹配模板的重心值。得出在轻轨运行的垂直方向上的最大Ymax和最小值Ymix,|Ymax-Ymix|便是轨道梁的晃动幅度值。该方法能准确地给出每根梁的晃动幅度值。

关键词: 晃动图像 模板匹配 特征模板 重心值 晃动幅度值

随着计算机技术与机器视觉技术的发展,由于其速度快,精度高,而且可以在不直接接触被测物体的条件下实现信息获取,目前在各个行业大量应用。由于跨座式单轨轨道梁属于高架且路线较长,而且到目前为止,轨道梁的晃动检测基本上只能由人工撬动轨道梁,通过位移传感器或其他位移计量仪器,如百分表、千分尺等来检测其位移的幅度,劳动强度大,工作效率低,安全性差,缺乏准确性和规范化,无法保证检测精度。因此轨道梁晃动检测要求由人工检测向自动化检测技术发展,以使轨道梁晃动的监测、评估和病害分析更加快捷、合理和经济^[1]。

本文研究了一种基于机器视觉和图像处理的轨道梁晃动检测系统,利用车载 CCD 摄像机,结合工业摄像机的抗振性强,数据存储速度快,吞吐量大的特点,在合适的光照条件下,动态采集晃动图像,实时传入计算机或存储系统中,采用模板匹配的方法,准确计算出轨道梁晃动的幅值,给予有关部门提供修整的意见。

1 模板匹配的基本原理

该类算法利用了数字图像处理中的边缘特征提取技术、首先检测出参考图像和输入图像中的特征,如特征点、线、区域、结构等。这些特征的集合称为特征空间,是匹配的基础。然后用匹配算法在特征空间

中进行匹配,从而确定两图像的对应关系^[2]。

模板匹配是对图像边缘锐化及检测的方法,它也可以用于图像匹配。设模板图 T 设为 $M_x \times M_y$ 维叠放在匹配图 S ($N_x \times N_y$ 维)上平移,模板图覆盖下的那块基准图中的搜索子图为 $S^{i,j}$, i, j 为这块子图的左上角像点在匹配图 S 中的位置,即搜索子图的特征点,其中 $1 \leq i \leq N_x - M_x + 1$, $1 \leq j \leq N_y - M_y + 1$ 。匹配时通过求相关函数的计算来找到它以及被搜索图的坐标位置。若模板图 T 和搜索子图为 $S^{i,j}$ 完全一致,则 T 和 $S^{i,j}$ 之差为零。

一般来说通过相关函数来确定最佳匹配点。应用中可以用下列两种测度之一来衡量 T 和 $S^{i,j}$ 的相似程度:

$$E(i, j) = \sum_{m=1}^{M_x} \sum_{n=1}^{M_y} [S^{i,j}(m, n) - T(m, n)]^2$$

或

$$E(i, j) = \sum_{m=1}^{M_x} \sum_{n=1}^{M_y} |S^{i,j}(m, n) - T(m, n)|$$

或用相关函数做相似性测度

$$R(i, j) = \frac{\sum_m \sum_n S^{i,j}(m, n) \times T(m, n)}{\sum_m \sum_n [S^{i,j}(m, n)]^2}$$

或者归一化为:

^① 基金项目:国家科技支撑计划项目(2007BAG06B06);重庆大学自然科学基金项目
收稿时间:2008-09-11

$$R(i, j) = \frac{\sum_m \sum_n S^{i,j}(m, n) \times T(m, n)}{\sqrt{\sum_m \sum_n [S^{i,j}(m, m)]^2} \sqrt{\sum_m \sum_n [T(m, n)]^2}}$$

其中, $0 \leq R(i, j) \leq 1$, 当且仅当 $S^{i,j}(m, n) / T(m, n)$ 为常数时取极大值(等于 1), 当且仅当矢量 T 和 $S(i, j)$ 之间的线性相关, 即 $S(i, j) \propto T$ 时, $R(i, j) = 1$, 否则 $R(i, j) < 1$ 。轨道梁晃动量的检测正是采用这种方法, 找出每榀梁的特征模板的重心, 计算出晃动幅值。

2 轨道梁晃动检测方法

对于梁体晃动的检测, 很难从整个梁面上检测到。观察到每根梁两端都连着一个指形板(如图 1 所示), 两根梁的梁面之间通过指形板相连, 故只要检测两梁之间指形板的相对晃动, 即可检测到两根梁的晃动情况。同时也降低了检测的工作量^[3]。



图 1 被拍摄的指形板

轨道梁晃动检测方法的步骤如下:

(1) 通过高速图像采集系统获取能代表每榀轨道晃动的一系列图像。如图 2 所示其中的一帧图像。

(2) 在每一榀梁的图像序列中任意选取一幅图像, 建立直角坐标系, 在该图像上制作特征模板, 在选取的时候应尽量将模板的图像模块选得比较小, 如图 3 所示, 避免大量的数据计算, 花费时间; 但同时在选取的时候最好选择图像边缘特征, 给后续的模板匹配带来方便^[4]。

(3) 特征模板制作好之后, 对该模块进行边缘检测, 提取特征模板的边缘特征。如图 4 所示。

(4) 计算特征模板重心(X、Y)的坐标值, 将此坐标值 Y 作为 Y_{max} 和 Y_{mix} 即 $Y = Y_{max}$ 、 $Y = Y_{mix}$ 。

(5) 在其它的图像序列中, 合适选择比特征模板大一些的搜索区域^[5]。

(6) 对搜索区域进行相同的边缘检测, 在处理后区域里进行特征模板匹配。



图 2 采集到的其中一帧图像

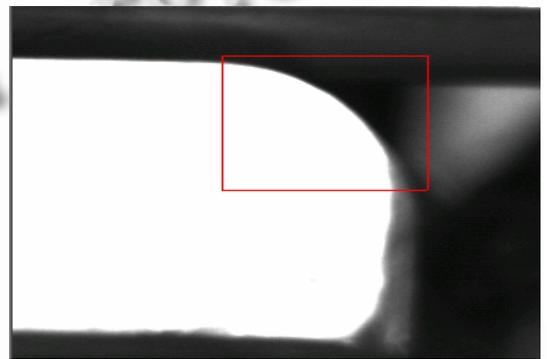


图 3 制作特征模板

(7) 搜索匹配成功之后, 计算出该图像模块的重心坐标值 Y_i , 分别比较 Y_i 和 Y_{max} 、 Y_i 和 Y_{mix} 的大小。当 $Y_i \geq Y_{max}$ 时, $Y_{max} = Y_i$, 当 $Y_i < Y_{max}$ 时, $Y_{max} = Y_{max}$; 当 $Y_i \leq Y_{mix}$ 时, $Y_{mix} = Y_i$, 当 $Y_i > Y_{mix}$ 时, $Y_{mix} = Y_{mix}$ 。一直循环比较每榀梁的图像序列, 最后得出最大值和最小值。

(8) 计算晃动幅值 $= |Y_{max} - Y_{mix}|$ 。

(9) 如果搜索匹配不成功, 则返回(2), 重新制作模板^[6]。

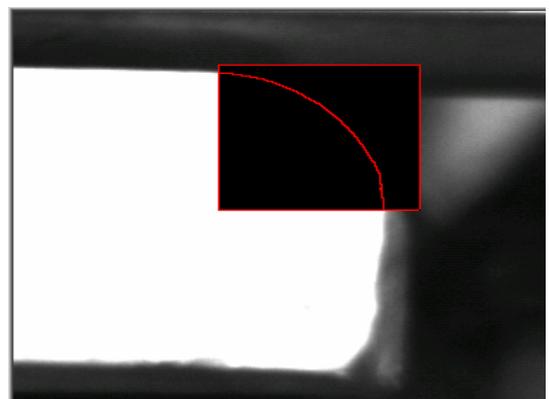


图 4 提取边缘特征

以上的方法步骤便是关于轨道晃动量的检测方法,此方法能够行之有效地检测出轨道梁的晃动幅值。

3 实验结果

通过该方法能够检测出每根梁的晃动幅值,将检测出的轨道梁的晃动幅值与我们实验得出的经验阈值 $T(=3\text{mm})$ 做比较,当 $T \geq |Y_{\max} - Y_{\text{mix}}|$ 时,可认为该根

表 1 部分已经处理的数据及结果

梁号	晃动幅值 (mm)	判定是否晃动	人工撬动结果	验证结果
Z212-15	3.71437	晃动异常	明显松动,需整治	属实
YB108-03	3.02749	晃动异常	明显松动,需整治	属实
Z212-17	3.02375	晃动异常	松动不明显,不需整治	不属实
Z206-36	2.82637	晃动正常	明显松动,需整治	不属实
Z212-14	2.66662	晃动正常	松动不明显,不需整治	属实
Z206-44	1.98275	晃动正常	松动不明显,不需整治	属实
Z211-49	0.84441	晃动正常	松动不明显,不需整治	属实
Z211-35	0.83986	晃动正常	明显松动,需整治	不属实
Z112-02	0.81880	晃动正常	松动不明显,不需整治	属实
Y113-07	0.79230	晃动正常	松动不明显,不需整治	属实

梁晃动情况异常,需要整治,给予有关部门提请整治方案;同时在整治前人工撬动验证得出的结果是否与本办法得出的结果一致。当 $T < |Y_{\max} - Y_{\text{mix}}|$ 时,可认为轨道梁晃动在正常范围,不需要整治。同时也进行人工撬动验证结果是否属实。部分实验结果如表 1。

4 结束语

本文设计的基于机器视觉和图像处理的轨道梁晃动检测系统,能够十分准确地检测出轨道梁的晃动幅值,与人工验证的结果符合率非常之高,另外,它的效率比原来的人工检测方法要高几十倍。人工检测一天晚上最多 10 根,采用该方法一晚能检测几百根梁。但是仍然存在漏检的情况,只是这种漏检现象的几率极低。

参考文献

- 1 周顺华.城市轨道交通结构工程.上海:同济大学出版社,2004:24-30.
- 2 夏良正.数字图像处理(修订版).南京:东南大学出版社,1999:160-164,207-211.
- 3 张庆贺.地铁与轻轨.北京:人民交通出版社,2002:162-167.
- 4 刘禾.数字图象处理及应用.北京:中国电力出版社,2005:135-137.
- 5 曹岩,王海宇.C++Builder 应用程序开发实例与技巧.上册,应用与提高篇.西安:西安交通大学出版社,2005:40-68,147-151.
- 6 席卫文,张春晓,李光明.C++Builder6 程序设计与实例.北京:冶金工业出版社,2003:91-113.