

基于灰度的环形块匹配算法^{*}

郑 喜, 吕永桂^{*}

(杭州电子科技大学 机械工程学院, 浙江 杭州 310018)

摘要: 为了实现从补块数据库中找出与去除缺陷的板材相匹配的补块, 提出了基于灰度的环形块匹配算法。从去除缺陷的板材中选取一窄圆环, 并将其等分为几个小块, 按顺时针对各小块进行编号, 计算出各环形小块的平均灰度值, 用各小块的平均灰度值代替单个元素进行匹配, 降低了噪声的影响, 增强了算法的抗干扰能力, 提高了算法的实时性。实验结果表明, 运用这一算法能快速而有效地找到最佳匹配补块及匹配位置, 验证了该算法的可行性, 为缺陷修补的机械加工提供了依据。

关键词: 图像匹配; 灰度匹配; 特征匹配; 旋转不变性

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1001-4551(2010)10-0102-04

Gray-based ring block image matching algorithm

ZHENG Xi, LV Yong-gui

(School of Mechanical Engineering, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Aiming at finding out the patching which matching the plate with the remove-defect ones from the database, the ring block matching algorithm based on gray-scale was proposed. A narrow circular ring was selected from the plates which has removed defects. And it was divided into several small rings. The rings were numbered by clockwise. The average gray value of each pieces were calculated for matching instead of individual elements. That reduces the effect of noise, enhances anti-jamming capability of the algorithm and improves real-time algorithm. The experimental results indicate that use of this algorithm can quickly and efficiently find the best matching and match position. The feasibility of this algorithm is verified and a basis for machining detects repair is provided.

Key words: image matching; gray matching; feature matching; rotation invariability

0 引 言

木材缺陷(节子、腐朽、虫眼等)会直接影响木材产品的强度、外观和档次^[1]。检测并剔除板材表面的缺陷,是木制品加工过程中的重要环节^[2]。在当前木制品行业中,对板材表面缺陷的处理大多是将原木板材从缺陷处予以分割,将缺陷及其周围组织舍弃,这不仅造成了板材的部分浪费,也因为板材的尺寸小型化而使其价值大为降低。以红虹木业公司主营的美国黑胡桃原木板材为例,将原木锯成板材后,仅有约 15% 的板材为优等板材,无表面缺陷,约 30% 的次等板材带有一个表面缺陷(主要是节子),其余的板材均有多处的表面缺陷而不堪大用。若将次等板材的表面缺陷加以去除,同时在缺陷处以相似纹理的同材质补块加

以修补,若修补后的原木板材达到相应国家标准所规定的强度要求,则次等板材完全可以达到或逼近优等板材的性能要求,从而使得板材的利用率、商品价值大大提高。而选取一种快速而有效的匹配算法,实现快速地从补块数据库中找到与去除缺陷的板材相匹配的补块是板材修补过程中所要解决的一个重要问题。

图像匹配是指把不同的传感器或同一传感器在不同时间、不同成像条件下对同一景物获取的两幅或多幅图像进行比较,找到该组图像中的共有景物,或是根据已知模式到另一幅图中寻找相应的模式。常用的图像匹配方法可以分为两种:基于灰度相关的匹配^[3]、基于特征的匹配^[4-5]。基于灰度的匹配算法依赖图像的一些灰度统计信息,适合于在图像的灰度分布上有线性关系的图像;基于特征的匹配方法是依赖图像中

收稿日期:2010-03-15

基金项目:浙江省教育厅资助项目(Y200805449)

作者简介:郑 喜(1984-),男,浙江台州人,硕士研究生,主要从事板材缺陷修补技术方面的研究。E-mail: 2008zhengxi@163.com

通信联系人:吕永桂,男,博士。E-mail: lyonggui@sina.com

的某些特征如边缘、区域和纹理等等,适合用于有明显特征的图像。

考虑到板材缺陷修补是要从补块数据库中寻找与去除缺陷的板材纹理相近色彩相似的最佳补块,而板材的纹理特征比较难提取,且目前尚无一套完整、系统的木材纹理特征物理量。因此,本研究选用图像的灰度信息进行匹配。利用圆周旋转不变性的特点,从去除缺陷的板材中选取环形待匹配区域,并将环形区域等分成几个小块,用集合取代单个元素进行匹配计算,达到了降低噪声的影响和缩短匹配计算时间的效果。

1 基于灰度的传统匹配算法

基于灰度相关的匹配算法是一种对待匹配图像的像元以一定大小窗口的灰度阵列按某种或几种相似性度量顺次进行搜索匹配的方法^[6]。这类算法的性能主要取决于相似性度量、搜索策略及匹配窗口大小的选择。传统基于灰度的匹配算法主要有以下两种:

设参考图像 X_{ij} 的大小为 $m \times n$, 输入图像 Y_{ij} 的大小为 $M \times N$, 其中 $M > m, N > n$ 。 $Y(a, b)_{ij}$ 表示输入图像以 (a, b) 为中心, 与参考图像大小相等, 对应 (i, j) 位置的像素灰度。

(1) 归一化互相关灰度匹配算法^[7]。

归一化互相关算法是一种经典的统计法, 通常写为 NC (Normalized Correlation) 算法^[8]。这种算法通过计算模板和带匹配图像的互相关值确定匹配的程度。互相关的定义如下:

$$NC(a, b) = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ij} Y(a, b)_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n X_{ij}^2} \sqrt{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n Y^2(a, b)_{ij}}} \quad (1)$$

通过比较参考图像和输入图像在各个位置的相关系数, 相关值最大的点就是最佳匹配位置。

(2) 序贯相似检测算法 (SSDA)。

SSDA 算法是一种快速图像匹配算法, 它使用下式作为相似性度量:

$$D(a, b) = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n |Y(a, b)_{ij} - X_{ij}| \quad (2)$$

SSDA 以随机不重复的顺序选取像元对 (i, j) , 在进行上述求和时不需要计算所有的像素, 只要其和超过某一设定的阈值, 就说明当前位置为非匹配位置, 停止本次计算, 否则进行下一位置的测试, 直到找到匹配点为止。

2 新的基于灰度的匹配算法

从上述两种算法可以看出, 传统基于灰度的匹配

算法能够获得较高的定位精度, 但是计算量大, 很难满足实时性的要求。因此, 国内外一些学者又提出了一些新的基于灰度的匹配算法, 以提高算法的实时性。

Stefano^[9] 等人提出了一种基于零均值正则化互相关函数的有界部分匹配方法, 通过应用柯西一施瓦兹不等式得到相关函数新的下界, 从而减少了匹配过程中繁琐的计算量。罗钟铨^[10] 等人提出了将小波变换与投影特征相结合的匹配算法, 并且在小波变换的每一层设置阈值来减少误匹配, 从而缩短了匹配时间。李强^[11] 等人提出一种新的基于灰度的图像匹配方法, 这种方法将图像分割为一定大小的方块 (称为 R-块), 计算每个 R-块图像的总灰度值, 并根据它与相邻 R-块灰度值的排序关系进行编码, 然后通过各个 R-块编码值的比较, 实现图像与模板的匹配。

3 基于灰度的环形块匹配算法

由于次等板材中的缺陷以节子为主, 而节子的大致形状可看作是椭圆形, 板材的缺陷修补形状比较适合选用圆形。针对这一实际情况, 本研究选取去除缺陷的板材与补块交接处的窄环形区域作为待匹配区域, 并引进文献^[11] 中分块的思想, 将环形区域等分成若干个小块, 对各环形小块沿顺时针或逆时针进行编号, 计算出各小块的平均灰度值, 将值按编号排列。通过补块中各环形小块的平均灰度值与板材中各环形小块的平均灰度值的对比来确定是否匹配。使用的相似度量定义如下式所示:

$$S_{hi} = \sum_{j=1}^{n-i+1} |k_{j+i-1} - t_j| + \sum_{j=n-i+2}^n |k_{i+j-(n+1)} - t_j| \quad (4)$$

S_{hi} 值最小的补块就是所要寻找的最佳匹配补块。 S_{hi} 中的下标 h, i 分别表示补块在数据库中的编号和补块中环形小块的编号。即 S_{hi} 表示当补块数据库中的第 k 号补块的第 i 个环形小块与从去除缺陷的板材中提取的环形区域的第一个环形小块对应匹配时取得最小值, 也即为最佳匹配位置。 k_n 表示补块中选取的第 n 号环形小块的平均灰度值; t_j 表示缺陷板材中选取的第 j 个待匹配环形小块的平均灰度值。本算法的具体匹配准步骤如下:

(1) 对已加工好的补块进行图像采集, 通过对图像进行灰度化、滤波、锐化、边界提取等一系列图像处理操作, 提取出用于匹配的环形区域, 对环形区域进行等分并将各环形小块按逆时针进行编号 (具体编号如图 1 所示)。环形区域的外边界就是补块的边界。

(2) 计算出补块中各环形小块的平均灰度值, 将值按顺序存入补块数据库。

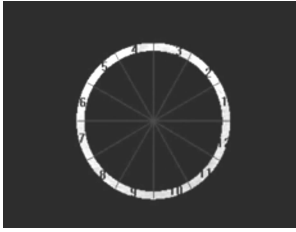


图 1 补块中选取的环形区域

(3) 对去除缺陷的板材进行图像采集,并对采集的图像进行步骤(1)中所述的一系列图像处理,提取出待匹配的环形区域,计算各个环形小块的平均灰度值,并赋值给变量 $k_i (i = 1, 2, 3 \dots n)$,下标表示环形小块的编号。环形区域的内径为去出缺陷后的边界,各小块的编号与图 1 中相同。去除缺陷后的板材灰度图像如图 2 所示。

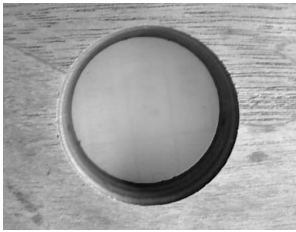


图 2 去除缺陷后的板材图像

(4) 读取数据库中储存的补块数据,用数组 $t_j (j = 1, 2, 3 \dots n)$ 保存各环形小块的平均灰度值。

(5) 根据式(4)找出当前补块与去除缺陷板材的最佳匹配位置。将得到的 S_{hi} 与 Min 比较,若 $S_{hi} < \text{Min}$,则将 S_{hi} 赋值给 Min , h 赋值给 m , i 赋值给 z 。初始 Min 值为 S_{11} 的值。

(6) 遍历所有补块,最后得到的 m 值就是所要找的补块的编号, z 则是配对位置信息。

4 实验结果

本研究通过实验证明了基于灰度的环形块匹配算法的可行性和有效性。在实验过程中,将环形区域等分为 12、24 两种,环形小块的厚度为 $0.1R_{\text{补块}}$ 。以 12 等分为例:从如图 2 所示的缺陷板材中提取的环形区域各小块的平均灰度值分别为: $t_1 = 162, t_2 = 163, t_3 = 179, t_4 = 178, t_5 = 160, t_6 = 166, t_7 = 162, t_8 = 160, t_9 = 156, t_{10} = 166, t_{11} = 179, t_{12} = 166$ 。根据式(4)快速地从拥有 200 个补块的数据库中找到最佳匹配补块,补块编号为 100,各区灰度如补块数据库表格的部分截图如图 3 所示。且配对关系是补块中 7 号环形小块与板材中 1 号环形小块对应匹配。修补后的实图如图 4 (a) 所示。

编号	一区灰度	二区灰度	三区灰度	四区灰度	五区灰度	六区灰度	七区灰度	八区灰度	九区灰度	十区灰度	十一区灰度	十二区灰度
91	146	133	129	131	121	126	126	165	145	139	140	147
92	147	156	167	161	160	157	157	160	167	154	148	143
93	154	165	157	155	165	161	161	150	146	152	156	144
94	154	152	155	145	147	154	154	155	151	167	157	154
95	155	147	145	157	161	172	172	155	154	154	152	165
96	147	160	155	154	163	158	158	150	155	163	160	152
97	128	150	153	154	154	147	147	143	154	150	134	113
98	159	155	153	162	170	161	161	148	141	148	150	149
99	133	147	151	156	154	157	157	145	142	134	101	78
100	159	158	168	172	176	174	174	163	172	167	163	160
101	142	155	113	43	138	109	109	152	84	135	205	204

图 3 部分补块数据

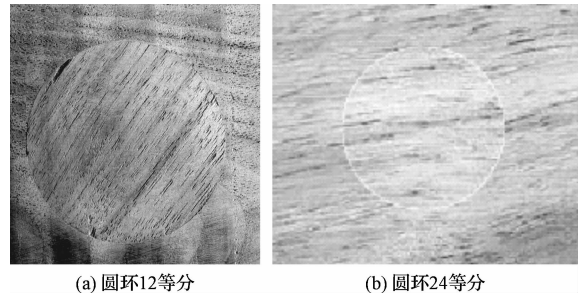


图 4 缺陷板材修补后图像

从图 4(a) 可以看出,将匹配圆环等分为 12 等份时,由于等份数量比较少,修补后的板材在纹理方面的匹配效果比较差。从图 4(b) 可以看出将圆环等分了 24 份时,最后修补的结果,在色彩和纹理方面的匹配效果都强于 12 等份时的效果。可见,随着等分数量的增加,匹配效果也随着改善。当环形区域等分后的大小接近单个像素元素时,就能达到纹理和色彩上的匹配。

5 结束语

本研究根据板材节子的形状特征,利用圆周旋转不变性,并采用分块匹配的思想,从补块数据库中快速寻找出与去除缺陷板材相匹配的补块。为板材修补的机械加工奠定了基础。本算法具有较高的灵活性,可以根据不同的匹配精度选取分块的数量。这一匹配算法不仅适用于板材的缺陷修补,同时也可应用于其他材料的修补。由于实验材料有限,只对圆环进行了 12、24 等分,无法达到纹理上的完全匹配,有必要进行进一步的研究,以达到色彩和纹理上的完全匹配。

参考文献 (References) :

[1] 尹思慈. 木材品质和缺陷[M]. 北京:中国林业出版社, 1990.

[2] 杨春梅,胡万义,白帆,等. 木材缺陷检测理论及方法的发展[J]. 林业机械与木工设备,2004,32(3):8-10.

[3] THEVENAZ P, UNSER M. Optimization of mutual informa-

tion for multiresolution image registration [J]. **IEEE Transactions on Image Processing**, 2000, 9(12): 2083 - 2099.

[4] XIA Ming-hui, LIU Be-de. Image registration by "Super Curves" [J]. **IEEE Transactions on Image Processing**, 2004, 13(5): 720 - 732.

[5] ZHANG Zhi-jia, HUANG Sha-bai, SHI Ze-lin. New image correlation ! matching algorithm based on edge extraction [J]. **Infrared and Laser Engineering**, 2003, 32(6): 635 - 638.

[6] 田金文, 杨 磊. 基于局部分形特征的快速图像匹配方法 [J]. **华中理工大学学报**, 1996, 24(2): 12 - 14.

[7] BERNEA D I, SILVERMAN H F. A class of algorithms for

fast digital image registration [J]. **IEEE Trans on Computer**, 1972(C-21): 179 - 186.

[8] 李春燕, 俞集辉, 刘 林. OLE 自动化技术在文档信息管理中的应用 [J]. **计算机应用**, 2001, 21(7): 81 - 82.

[9] STEFANO L D, MATTOCCIA S. ZNCC-based template matching using bounded partial correlation [J]. **Pattern Recognition Letters**, 2005, 26: 2129 - 2134.

[10] 罗钟铨, 刘成明. 灰度图像匹配的快速算法 [J]. **计算机辅助设计与图形学学报**, 2005, 17(5): 966 - 970.

[11] 李 强, 张 钱. 一种基于图像灰度的快速匹配算法 [J]. **软件学报**, 2006, 17(2): 216 - 222.

[编辑: 李 辉]

(上接第 76 页)

表 2 工作台分齿精度测试点 (单位: mm)

目标位置	磨削 1	磨削 2	磨削 3
15.708	15.707	15.708	15.707
31.416	31.416	31.417	31.415
47.124	47.122	47.124	47.123
62.832	62.833	62.831	62.831
78.540	78.539	78.542	78.541
94.248	94.247	94.246	94.248
109.956	109.956	109.956	109.954
125.664	125.663	125.663	125.664
141.372	141.370	141.371	141.371
157.080	157.081	157.078	157.080
172.788	172.788	172.787	172.788
188.496	188.498	188.496	188.495
204.204	204.203	204.203	204.205
219.912	219.913	219.914	219.912

由于齿条每个齿磨削 3 次, 故每个定位点单向重复测量 3 次, 可计算出各点的算术平均偏差 x 。如图 4 所示, 实线为 14 个齿的算术平均偏差 x , 上面虚线为 $x + 3\sigma$ 线, 下面虚线为 $x - 3\sigma$ 线。由此可得: 单向定位精度 Au ($x + 3\sigma$ 线与 $x - 3\sigma$ 线极限值的最大差额) 为 12.583 μm , 重复定位精度 R (目标位置对应发散度的最大值) 为 9.166 μm , 符合精度要求。

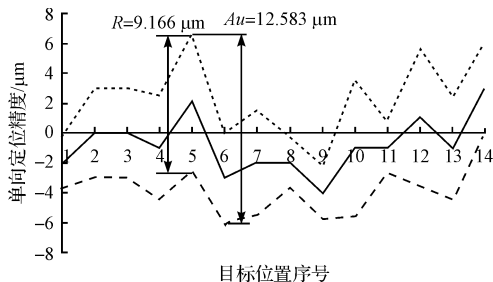


图 4 工作台分齿精度测试结果

5 结束语

本研究介绍了基于 PLC 的数控齿条磨齿机的控

制系统, 它采用 PLC 作为核心控制器, 辅以光栅尺和触摸屏实现齿条的高精度加工。PLC 使用提高了设备的自动化水平和稳定性程度, 光栅尺保证了机床加工的高精度和高可靠性, 触摸屏减少了 PLC 控制器所需的 I/O 点数, 增强了机床的可操作性。数控齿条磨齿机试运行表明控制系统运行平稳, 加工精度符合要求。

参考文献 (References):

[1] 遇立基. 磨齿工艺与磨齿机的技术发展概况 [J]. **现代制造工程**, 2008(2): 1 - 4.

[2] CHEN C F, TSAY C B. Computerized tooth profile generation and analysis of characteristics of elliptical gears with circular-arc teeth [J]. **Journal of Materials Processing Technology**, 2004, 148(2): 226 - 234.

[3] YANG S C. Meshing analysis of a gear with a ring-involute gear [J]. **Journal of Mechanical Engineering Science**, 2003, 217(12): 1287 - 1299.

[4] BAIR B W. Computer aided design of elliptical gears with circular arc teeth [J]. **Mechanism & Machine Theory**, 2004, 39(2): 153 - 168.

[5] XIAO Ben-xian, XIAO Mao, CHANG Ming. The main control mode and fuzzy control strategy of CNC system for gear hobbing and grinding machine [J]. **Machine & Electronics**, 1995(4): 9 - 11.

[6] 熊轶娜, 蒋红卫, 丁 薇, 等. PLC 在 C650 卧式车床控制系统中的应用 [J]. **机电工程**, 2009, 26(4): 107 - 109.

[7] 黄 敏, 花有青. 基于 PLC 的立体车库控制系统 [J]. **机电工程**, 2009, 26(10): 105 - 108.

[8] 陈启俊, 黄卫星. 光栅尺和 PLC 在高速精密液压机上的应用 [J]. **机电工程技术**, 2006, 35(7): 53 - 54.

[9] 欧姆龙 (中国) 有限公司. OMRON CP1H 中文操作手册 [M]. 欧姆龙 (中国) 有限公司, 2005.

[10] 霍 罡, 樊晓兵. 欧姆龙 CP1H PLC 应用基础与编程实践 [M]. 1 版. 北京: 机械工业出版社, 2008.

[编辑: 张 翔]