

树木图像拼接系统特征点匹配*

周 博 郑加强 周宏平

(南京林业大学机械电子工程学院, 南京 210037)

【摘要】 运用模板提取和搜索匹配特征点的方法进行了树木图像拼接研究,通过树木图像的颜色分割、灰度化、梯度化获取模板,以相似性测度寻找匹配特征点,结合模板半径与拼接成功率和拼接时间的关系,最终达到拼接成功率94.9%、一次拼接时间174 ms的综合水平,为农药精确对靶喷雾技术中扩大采集树木图像视野实时树木图像拼接提供了方法。

关键词: 树木 图像拼接 模板提取 特征点匹配 相似性测度

中图分类号: S126 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2010)10-0195-04

Tree Image Mosaicing System Based on Featured Area Matching

Zhou Bo Zheng Jiaqiang Zhou Hongping

(College of Mechanical and Electronic Engineering, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract

The tree image mosaicing was analyzed by template extraction and featured matching point searching. The template was obtained through tree image segmentation, image grey processing and image gradient processing. Then the matching featured point was searched and determined by similarity measure evaluation. With the relationship between template radius and the success rate of mosaicing, the relationship between template radius and the mosaicing of time, the success rate of 94.9% and 174 ms each time were achieved. A tree image real time mosaicing was provided for expanding the field-of-view in precision pesticide target-oriented-spraying technique.

Key words Tree, Image mosaicing, Template extraction, Featured area matching, Similarity measurement

引言

在农药精确对靶施用系统中,对树木进行图像采集及识别时,由于树木一般比较高大,如果摄像机要完全采集树木的整个图像,需要摄像机和目标树木之间有一定距离,但是考虑到农药喷洒效果、喷雾射程以及路宽,不可能让施药机械离得远到摄像机可以拍摄整个树木全貌的程度,因此就需要扩大树木图像识别过程中摄像机的视野,如利用多台摄像机同时采集树木不同区域的图像,再进行图像拼

接^[1-2]。图像拼接技术在众多领域均具有极大的应用前景^[3-12]。本文拟针对农药精确对靶喷雾中树木图像的特点,对树木图像拼接特征点匹配进行研究。

1 树木图像拼接特征区域选择

图1所示为采用两只摄像头拍摄的两幅图像,显然存在重叠区域。要将两幅树木局部图像拼接成一幅完整树木图像,要通过对点匹配,即在两幅图像的目标树木上寻找重叠的部分。整个过程包括

收稿日期: 2009-09-22 修回日期: 2010-03-30

* 国家“863”高技术研究发展计划资助项目(2008AA100904)、“十一五”国家科技支撑计划资助项目(2006BAD08A1203)和江苏省国际科技合作重点项目(BZ2007013)

作者简介: 周博,硕士生,主要从事树木图像处理研究, E-mail: ai_haibara@126.com

通讯作者: 郑加强,教授,博士生导师,主要从事植保机械、现代机械设计与方法和测控技术研究, E-mail: jqzheng@njfu.edu.cn

2 个步骤:①在其中一幅图像中选取一小块区域作为模板。②在另一幅图像中寻找与模板相匹配的区域。

模板要在两幅图像的重叠区域中选择,即上方图像的底部区域或下方图像的顶部区域。考虑整个系统的实际情况,一般喷雾目标的树木都比较高大,摄像机将会采取仰视的角度对树木进行拍摄和捕获图像。目标树木为沿道路两旁的行道树,有时候一幅图像的底部区域除了有绿色的目标树木外,还可能远处背景中的农田等其他非目标绿色物体存在。而图像的顶部区域则基本上是以天空为背景,出现干扰物的概率比底部区域小得多,而且天空的颜色也比较单一,和树木的颜色较容易区分。因此,本文选择在下方图像顶部区域中选取模板,在上方图像底部区域中寻找匹配。

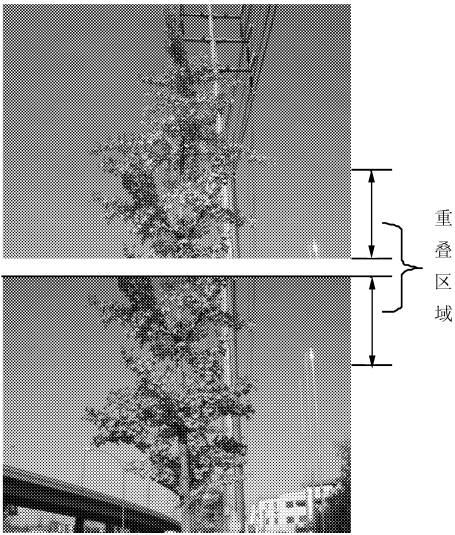


图 1 两幅具有重叠区域的图像
Fig. 1 Two images with overlapping areas

2 树木图像拼接匹配模板选取

选取模板有 4 个步骤:颜色分割、灰度化、梯度化、寻找和确定特征点。

2.1 颜色分割

对图像进行颜色分割主要是保证所选取的模板来自于目标树木,而不是来自于背景。当显示绿色草地或树木时,与 R 、 B 相比, G 值更大。当显示蓝天的时候,与 R 、 G 相比, B 值会更大。通过 R 、 G 、 B 到色相 H 的转换关系,便可以对树木图像上的目标用颜色进行分割。即逐点读入像素的 R 、 G 、 B 值,转换得到色相 H 值,判断是否在色相角度范围之内,是则保留,不是则填充黑色。

图 2a 为对实际树木进行处理的结果,可以发现一些偏灰色的部分(电线杆和房屋墙壁等)并没有被去除。这些部分 R 、 G 、 B 值比较接近,在颜色筛选时需要增加一个判断条件:将饱和度 S 值与设定阈

值进行比较,如果小于阈值则将点去除,得到图 2b 效果。可见树木后方的银灰色电线杆和远处白色房屋墙壁等已被去除。

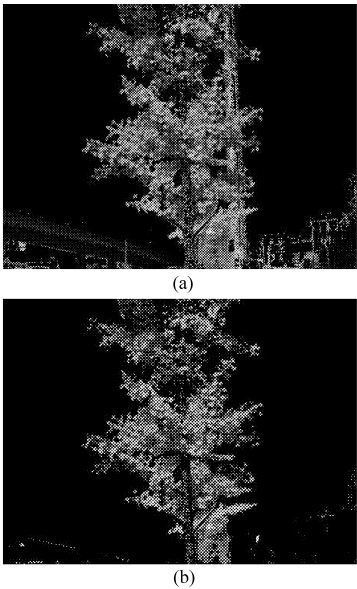


图 2 颜色分割后图像
Fig. 2 Images after color segmentation
(a) 未设定饱和度阈值图像 (b) 设定饱和度阈值图像

2.2 灰度化

颜色分割后,特征区域的待选范围也就确定了。原图像中被保留的区域都是目标树木的图像,这时树木的彩色信息也就不再重要。对每一像素点的 R 、 G 、 B 信息进行计算,得到一个对应的灰度信息,即得到了只含亮度信息、不含彩色信息的灰度图。采用 BMP 格式的文件来表示灰度图,用 256 色的调色板,其每一项的 R 、 G 、 B 值都是相同的,也就是说 R 、 G 、 B 值从全黑(0、0、0)一直到全白(255、255、255),中间是灰色。用 Y 代表图像的亮度信息,彩色图像可由公式 $Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B$ 变为灰度图像。

图 3 为变换后的灰度图,每像素点 24 位信息量也随之缩减为 8 位,因此后续步骤所要处理的数据量减少到原来的 1/3,缩短了处理时间。

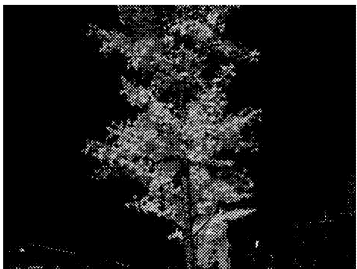


图 3 灰度图
Fig. 3 Grey image

2.3 梯度化

对于一张灰度图,当一区域的亮度过渡比较平

缓时,属于渐变状态,这样的区域特点不够明显,如果以此区域为模板,匹配时有可能出现很多区域与之相似,易造成匹配错误。因此取一般在亮度变化比较剧烈的图像区域才更有特点,比较容易与其他区域相区分。

图像的梯度就是描述图像中像素值变化的多少,是一个微分的过程,而在离散的图像处理中,都是用相邻像素值的差值来表示。梯度的求法有很多种,这里选用 Sobel 算子来求梯度。将待转换区域每一个像素点(除图像边缘的点外)右上角的点值和左下点值求差,取绝对值乘以 3 作为该点的值。图 4 为梯度化处理后的图像。

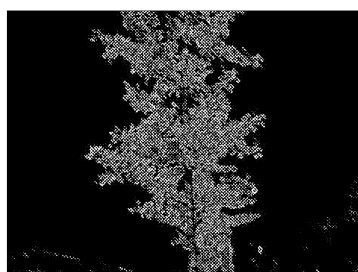


图 4 梯度化后图像

Fig. 4 Image after gradient

2.4 寻找和确定模板特征点

梯度化后的图像上像素值变成了表示该点处颜色变化剧烈程度的数值。像素值越大表示变化越剧烈,越有特征。像素值越小表示该处颜色变化越平缓。对待选区域进行逐点扫描,每次以一个点为中心, r 为半径,计算 $(2r+1)^2$ 区域内所有点像素值的和,和越大,表明该像素块颜色变化越剧烈。在扫描过程中以图像左上角为坐标原点记下像素和最大点的坐标 (x_1, y_1) ,即为模板特征点。以该点为中心, r 为半径,则 $(2r+1)^2$ 区域为特征区域。图 5 为特征区域和特征点示意图。

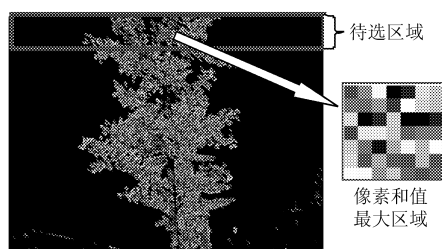


图 5 确定特征点和特征区域示意图

Fig. 5 Matching point and area determination

3 树木图像拼接对应点匹配

寻找匹配有 2 个步骤:模板提取和寻找匹配点。

3.1 模板提取

待选区域位于下方图像顶部重叠区域,因为一开始并不知道从顶部向下多少行是重叠区域,因此

在设定时可以定义一个变量,视具体情况调节。特征点坐标确定后,由特征区域的半径 r 便可得到特征区域的范围。之前定出特征区域位置时,处理的是求梯度后的图像,而对于对应点匹配需要以特征区域作为模板,模板上的颜色信息需要从原始图像上来获得。为了使后续的计算更加省时明了,可以专门开辟一块存储区域,将源图像中由特征点坐标及半径 r 确定的特征区域颜色信息存在一个数组中。要寻找匹配点时,只要和此数组中的信息进行比对即可。相比于查询整个源图像,可以节省系统资源。图 6 为模板提取示意图,从原始图像上获取的是彩色信息,可以将其转换为灰度信息。以灰度信息作为模板可以大大减少运算时间。

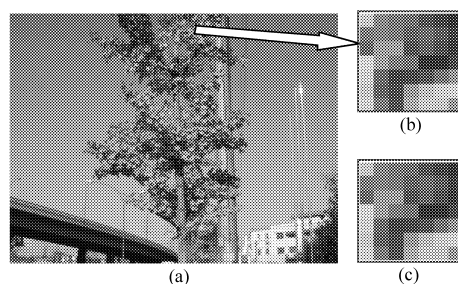


图 6 模板提取示意图

Fig. 6 Template extraction

(a) 原始图像 (b) 彩色信息 (c) 灰度信息

3.2 寻找匹配点

使用模板匹配法搜索匹配点在目标图像中的坐标,即通过相关函数的计算来找到与模板匹配的区域以及该区域在被搜索图像的坐标位置。

设所选取的模板 T 叠放在被搜索树木图像 S 上平移,图像 S 的直径 N ,模板直径为 M ,模板覆盖下的那块搜索图叫做子图 $S^{i,j}$, i 与 j 为其左上角点在 S 图中的坐标,取值范围为 $1 < i, j < N - M + 1$ 。

实际上,比较 T 和 $S^{i,j}$ 的结果不会以单纯的一致或是不一致来区分,而是以两者的差值给出一个相似程度。通过分析,用相关函数作 T 和 $S^{i,j}$ 的相似性测度

$$R(i, j) = \frac{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M S^{i,j}(m, n) \times T(m, n)}{\sqrt{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M [S^{i,j}(m, n)]^2} \sqrt{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M [T(m, n)]^2}}$$

式中, $0 < R(i, j) \leq 1$, 并且仅在比值 $\frac{S^{i,j}(m, n)}{T(m, n)}$ 为常数时,取极大值 1。令 $S_1(i, j)$ 表示子图, t 表示模板,则有内积形式

$$R_1(i, j) = \frac{t^T S_1(i, j)}{\sqrt{t^T t} \sqrt{S_1^T(i, j) S_1(i, j)}}$$

当矢量 t 和 S_1 之间的夹角为零时, $S_1(i,j) = kt$ (k 为标量常数), 则 $R_1(i,j) = 1$, 否则 $R_1(i,j) < 1$ 。

在实际处理过程中, 并不需要对上方树木图像全图进行搜索, 因为理想状态下, 匹配点的横坐标应该与模板在下方图像中的横坐标一样, 只需在一列纵向的区域搜索即可。但考虑到实际摄像机的位置偏差, 以及由于镜头造成的图像畸变等因素, 本文将纵向区域向左、右各放宽若干列, 如图 7 所示。通过搜索得出相似度最大的区域作为匹配区域, 该区域中心点即为匹配点, 其坐标为 (x_2, y_2) 。

图 8 为利用特征点匹配的树木图像拼接系统界面。

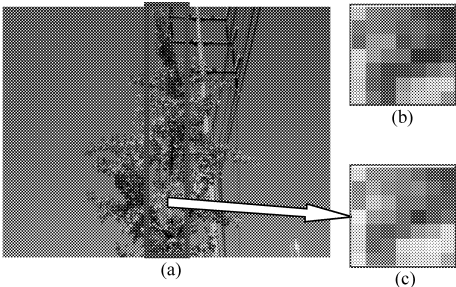


图 7 搜索匹配区域

Fig. 7 Matching area searching

(a) 上方图像和搜索区域 (b) 模板 (c) 匹配区域

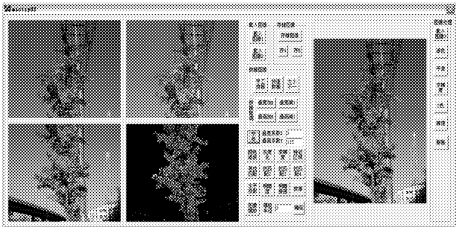


图 8 树木拼接系统界面及拼接结果

Fig. 8 Interface of tree mosaicing system

图像拼接的成功率和所用的时间与模板半径有直接关系。模板半径越大, 模板图像信息越大, 匹配成功率越高, 但同时耗费时间越长, 反之匹配成功率

越低, 耗费时间越短。图 9 是拼接成功率和每次拼接所需时间与模板半径关系曲线图。

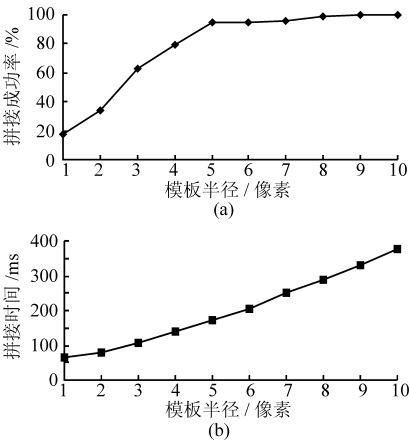


图 9 拼接参数关系曲线

Fig. 9 Curve of mosaicing parameters

(a) 拼接成功率与模板半径 (b) 拼接时间与模板半径

拼接时间与模板半径基本成正比。在模板半径大于 4 像素之后拼接成功率为 90% 以上。综合考虑拼接成功率和拼接时间两方面因素, 模板半径取 5 像素时较为合适, 拼接成功率可达到 94.9%, 一次拼接时间为 174 ms。

4 结论

(1) 根据高大林木图像采集时的树木图像特征, 确定上方图像为模板选取图像, 下方图像为目标特征点搜索匹配图像。

(2) 通过对树木图像分析, 以颜色分割、灰度化、梯度化等步骤, 确定了目标树木的模板待选区域。

(3) 通过寻找确定模板特征点和区域图像搜索方法, 可快速搜索相似度最大的匹配区域, 其中心点即为匹配点, 模板半径为 5 像素时, 拼接成功率可达到 94.9%, 一次拼接时间为 174 ms。

参 考 文 献

1 Zheng Jiaqiang, Zhou Hongping, Xu Youlin, et al. Toward-target precision pesticide application and its system design[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2005, 21(11): 67 ~ 72.

2 周博. 基于图像拼接的扩大树木图像采集视野研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2008.

Zhou Bo. Field-of-view expanding for tree images capturing based on image mosaic [D]. Nanjing: Nanjing Forestry University, 2008. (in Chinese)

3 金伟, 林斌, 李云川, 等. 利用视场光阑实现多镜头成像拼接[J]. 光电工程, 2006, 33(1): 38 ~ 41.

Jin Wei, Lin Bin, Li Yunchuan, et al. Achieve multi-lens image stitching by using eyesight diaphragm[J]. Opto-Electronic Engineering, 2006, 33(1): 38 ~ 41. (in Chinese)

4 王娟, 师军, 吴宪祥. 图像拼接技术综述[J]. 计算机应用研究, 2008, 25(7): 1 940 ~ 1 943.

Wang Juan, Shi Jun, Wu Xianxiang. Survey of image mosaics techniques[J]. Application Research of Computers, 2008, 25(7): 1 940 ~ 1 943. (in Chinese)

满足变结构控制要求的滑模面到达条件,即该双电动机激振非线性系统可实现锐共振情况下的变结构控制同步。

4 结束语

通过理论推导及数值仿真,研究了在非线性振动

系统锐共振情况下双激振电动机的控制同步问题。分析表明,本文设计的非线性系统多激振电动机变结构控制策略不仅能有效地实现双激振电动机的控制同步,而且能在一定程度上减小由双电动机初始条件差异等原因引起的同步性误差,改善非线性振动系统中多激振电动机的同步性能,具有良好的鲁棒性。

参 考 文 献

1

闻邦椿,李以农,张义民,等. 振动利用工程[M]. 北京:科学出版社,2005.

2

闻邦椿,赵春雨,范俭. 机械系统同步理论的应用与发展[J]. 振动工程学报,1997,10(3):264~272.
Wen Bangchun, Zhao Chunyu, Fan Jian. The application and development of synchronization theory in mechanical system[J]. Journal of Vibration Engineering,1997,10(3): 264~272. (in Chinese)

3

Zhang T X, Wen B C, Fan J. Study on synchronization of two eccentric rotors driver by hydraulic motors in one vibrating systems[J]. Shock and Vibration, 1997, 17(4): 305~310.

4

Blekhman I I, Fradkov A L, Tomchina O P, et al. Self-synchronization and controlled synchronization: general definition and example design[J]. Mathematics and Computers in Simulation, 2002,58(4~6): 367~384.

5

陈树辉. 强非线性振动系统的定量分析方法[M]. 北京:科学出版社,2007.

6

陈坚. 交流电动机数学模型及调速系统[M]. 北京:国防工业出版社,1989.

7

Munoz D, Sbarbaro D. An adaptive sliding-mode controller for discrete nonlinear systems [J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2000,47(3): 574~581.

8

Choi H S, Park Y H, Cho Y S, et al. Global sliding-mode control. Improved design for a brushless DC motor[J]. IEEE Control Systems Magazine, 2001,21(3): 27~35.

9

Perruquetti W, Barbot J P. Sliding mode control in engineering[M]. New York: Marcel Dekker Inc. , 1999.

(上接第 198 页)

5

张静,严壮志,邵世杰,等. 自动图像拼接中的一种特征提取和匹配方法[J]. 应用科学学报,2008,26(3): 288~294.
Zhang Jing, Yan Zhuangzhi, Shao Shijie, et al. Improved method of feature extraction and matching for image mosaic[J]. Journal of Applied Sciences,2008,26(3): 288~294. (in Chinese)

6

李冬梅,王延杰. 一种基于特征点匹配的图像拼接技术[J]. 微计算机信息,2008,24(15): 296~298.
Li Dongmei, Wang Yanjie. Research of the image mosaic method based on feature point match [J]. Microcomputer Information, 2008,24(15): 296~298. (in Chinese)

7

蔡丽欢,廖英豪,郭东辉. 图像拼接方法及其关键技术研究[J]. 计算机技术与发展,2008,18(3): 1~4.
Cai Lihuan, Liao Yinghao, Guo Donghui. Study on image stitching methods and its key technologies [J]. Computer Technology and Development, 2008,18(3): 1~4. (in Chinese)

8

户鹏辉,于德敏,许增朴,等. 一种基于面阵相机的在线图像拼接方法[J]. 计算机测量与控制,2008,16(8): 1 158~1 160.
Hu Penghui, Yu Demin, Xu Zengpu, et al. Image online mosaic method based on aerial camera[J]. Computer Measurement & Control, 2008,16(8):1 158~1 160. (in Chinese)

9

殷润民,李伯虎,柴旭东. 自适应柱状全景图拼接[J]. 中国图象图形学报,2008,13(6): 1 191~1 196.
Yin Runmin, Li Bohu, Chai Xudong. Adaptive cylindrical panoramas mosaic[J]. Journal of Image and Graphics, 2008, 13(6): 1 191~1 196. (in Chinese)

10

焦春林,高满屯,史仪凯. 基于立体视觉的 3D 地形拼接[J]. 计算机工程与应用,2008,44(23): 206~208.
Jiao Chunlin, Gao Mantun, Shi Yikai. 3D terrain registration based on stereo vision [J]. Computer Engineering and Applications, 2008,44(23): 206~208. (in Chinese)

11

Christopher Brown, Bo Hu. Interactive indoor scene reconstruction from image mosaics using cuboids structure [C] // Proceedings of the Workshop on Motion and Video Computing, Orlando, FL, 2002:208~213.

12

Thommen Korah,Christopher Rasmussen. Spatiotemporal inpainting for recovering texture maps of occluded building facades [J]. IEEE Transactions on Image Processing,2007,16(9):2 262~2 271.