

# 玉米冠层平行多目图像匹配方法

朱景福<sup>1</sup>, 李民赞<sup>2\*</sup>, 张彦娥<sup>2</sup>, 赵瑞娇<sup>2</sup>

(1. 黑龙江八一农垦大学信息技术学院, 大庆 163319;

2. 中国农业大学“现代精细农业系统集成研究”教育部重点实验室, 北京 100083)

**摘要:** 针对一种四通道矩形排列的多光谱相机, 开发了一种平行多目成像匹配模型。利用相机拍摄了田间玉米冠层图像, 相机的 4 个通道分别为 R (红)、G (绿)、B (蓝) 和 NIR (近红外), 拍摄距离为 0.5 m 左右。分析了玉米冠层图像的特点, 提出了一种图像匹配方法。该方法首先选择某一通道图像作为源图像, 其他通道图像作为目标图像, 源图像中叶片边缘作为源特征点, 由该点 18 个方向的导数作分量构成特征向量。其次在目标图像中搜索相应的目标特征点, 若在其中某一区域内的点与源特征点所在边缘方向夹角小于某阈值, 将特征向量与源特征向量的距离为最小的点视为匹配的目标特征点, 构成特征点对集合。对于该点对集合中每 5 对不共线特征点构造 1 个仿射变换, 对所有仿射变换取平均值, 构成从目标图像到源图像的仿射变换, 完成图像匹配。该方法适用于不规则目标物, 复杂背景, 且目标物在不同通道中变化较大的情况, 算法原理简单, 实现容易。

**关键词:** 图像匹配, 特征提取, 成像技术, 多目成像, 玉米冠层

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2010.11.033

中图分类号: TP391, S24

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2010)-11-0189-05

朱景福, 李民赞, 张彦娥, 等. 玉米冠层平行多目图像匹配方法[J]. 农业工程学报, 2010, 26(11): 189-193.

Zhu Jingfu, Li Minzan, Zhang Yane, et al. Matching method of parallel multi-ocular image for corn canopy[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(11): 189-193. (in Chinese with English abstract)

## 0 引言

为更好地掌握农作物的生长状态, 需要对农作物的长势进行分析, 从而明确在种植过程中的各种策略是否适当, 以便调整策略使作物在最佳条件下生长<sup>[1-2]</sup>。遥感方法被认为是一种获取作物长势的有效方法, 成为近年来研究的热点<sup>[1-2]</sup>。遥感方法可分为航天遥感、航空遥感和近地遥感, 近地遥感中经常距离作物冠层 1~2 m 左右进行测量, 光谱多采用可见光波段 (350~742 nm) 和近红外波段 (750~1 143 nm)。在农作物长势分析中, 通过分析反射光谱在不同光谱频带呈现特征, 可以反映出作物的生长状态。为了进一步将作物冠层或叶片的光谱分析深化到具体的点, 需要同时用多个波段的成像光谱仪进行拍摄, 从而获取多频带的光谱特征。现有的多光谱相机多数既能够提供光谱数据, 也能够提供三维信息。目前常用的一种多光谱相机, 例如 MS-3100 (Redlake Inc., San Diego, USA), 采用 3CCD 技术将输入光经过分光记录在 3 个不同波段的 CCD 面阵传感器上。其优点是图像不需要匹配, 缺点是分光后信噪比下降, 且相机价格昂贵, 不宜在生产实际应用。另外一种常用的多光谱相机

为多镜头式相机, 每个波段使用 1 个镜头, 各个波段分别成像。这种相机信噪比较高, 且价格适中, 便于推广应用。但是采用这种多镜头式多光谱相机检测作物长势时, 图像匹配就成为正确监测的关键, 需要对多目图像进行匹配才能够提供点对点的光谱数据分析, 因此研究作物冠层多目图像的匹配方法是非常必要的。

一般双目成像系统, 两台相机安装的位置和角度一般是不平行的, 会成一定角度, 文献[3]中对 CCD 成像模型和一般双目成像系统做了较为详细的介绍。对于此类双目成像系统, 图像的匹配方法有很多。一类方法是利用图像中的特征点, 然后选取合适的匹配方法, 如文献[3-4]。这类方法单纯使用了特征点方法, 必须利用一些前提条件才能完成匹配, 并且只能适用于一些规则物体。另一类方法是结合特征点与边缘特征或者区域特征, 比如文献[5-8]。这类方法虽然完成了一些匹配, 但仍然不能完全消除虚假匹配, 且算法运行速度比较慢。文献[9]在保持 3 目立体视觉系统中 2 个摄像机的光心位置不变的情况下, 利用光心和基线构建三角形, 将第 3 个摄像机的光心投影到前 2 个摄像机光心连线构成的基线上, 使各摄像机的光心共线, 然后使用双目视觉校正算法对 3 个摄像机进行校正。文献[10]对平行双目系统, 采用 SIFT 算法提取图像特征向量后, 在匹配时加入外极线的约束条件, 有效地去除误匹配, 用以计算目标的距离。文献[11-13]分别利用灰度相似度进行区域匹配、区域与特征点联合进行图像匹配、利用同心圆米字型匹配, 并利用表面面元插值重建三维轮廓, 实现基于平和双目视觉技术的三维重建。这些研究对平行多目成像进行了初步的

收稿日期: 2010-03-18 修订日期: 2010-08-11

基金项目: 国家科技支撑计划(2008BADA4B02); 863 计划(2007AA10Z207)

作者简介: 朱景福 (1970-), 男, 黑龙江省克山县人, 博士, 教授, 主要研究数字图像处理、计算机在农业上的应用。大庆 黑龙江八一农垦大学信息技术学院, 163319。Email: jingfuz@126.com

\*通信作者: 李民赞 (1963-), 男, 教授, 从事精细农业系统集成研究。北京 中国农业大学“现代精细农业系统集成研究”教育部重点实验室, 100083。Email: limz@cau.edu.cn

探讨。

上述方法适用于比较规则的物体,且在视景中相对位置变化不大,选取的特征点能够更多地集中于目标物上。本研究中所用多目相机,原本用于航拍来采集遥感图像,由于距离较远,目标物在不同图像中相对变化很小,用简单的匹配方法即可完成相应的图像匹配。但本研究用此相机于近地遥感,距离目标物于1 m之内,玉米图像采自于自然环境,背景复杂,有玉米冠层、土地和阴影存在,玉米冠层的形状不规则,又有自然光反射和相互遮挡的影响,另外玉米冠层相对于土地和阴影来说距离成像平面近,在不同的镜头中相对位置变化很大,而匹配的任务是要匹配冠层,而不是背景,前述的方法所完成的特征点选取和匹配不能满足本研究的要求。

## 1 条件和方法

### 1.1 试验条件

本研究采用美国 TetraCam 公司的 TetraCam MCA 相机,4个通道分别为 R(红)、G(绿)、B(蓝)和 NIR(近红外)通道,4个通道呈矩形排列,每个通道使用一个 1.3 M 像素 CMOS 传感器,分辨率为 1 280×1 024,每个通道使用标准直径 25 mm 的滤光片,焦距为 8.5 mm 定焦,采用 DCM 格式存储图像。

试验对象:玉米冠层,拍摄点距离冠层约 0.5 m。

### 1.2 多目图像匹配方法

本方法首先选择某一通道图像作为源图像,其他通道图像作为目标图像,源图像中叶片边缘作为源特征点,并在该点根据一定尺度模板计算从 0°到 180°之间每隔一定间隔的方向导数作分量构造特征向量。其次,对于源图像中每一可能特征点在目标图像的一定范围内搜索相应的匹配特征点,若该目标点与源特征点所在边缘方向夹角小于某阈值,并且在所有这样的点中,特征向量与源特征向量的欧氏距离最小的点作为匹配的目标特征点,构成一对特征点,所有特征点对构成特征点对集合。最后,对该点对集合中每 5 对不共线特征点构造 1 个仿射变换,对所有仿射变换取平均值,构成从目标图像到源图像的仿射变换,完成图像匹配。

## 2 平行多目玉米冠层图像匹配

### 2.1 平行多目玉米冠层图像匹配方法的构建

#### 2.1.1 多目图像匹配

多目图像匹配,要通过找到各图像中哪些点是空间中同一点映射的像,才能够找到合适的变换来完成匹配任务。通过对玉米冠层图像的分析,知其拍摄环境复杂,背景杂乱,前景在各图像中变化大,玉米叶片形状不规则,且有互相遮挡。针对这些特点,提出一种图像匹配方法,该匹配方法过程如图 1 所示。该方法首先选择某一通道图像作为源图像,文中实例以 NIR 图像作为源,其他通道图像作为目标。利用 CANNY 算子和小波模极大值原理提取叶片边缘,将叶片边缘作为特征点,并利用局部纹理描述模板计算 18 个方向的导数,构成方向导数特征向量。其次在目标图像中搜索相应的目标特征点,

由于是平行多目成像,相机 4 个通道的相对位置是固定的,特征点在不同图像中的大致变化范围可以通过观察事先得到,且边缘方向变化不大。若在目标图像中某一区域内的点与源特征点所在边缘方向夹角小于某阈值,并且在所有这样的点中,特征向量与源特征向量的欧氏距离最小的点作为匹配的目标特征点,从而形成一个特征点对,所有这些点对构成特征点对集合。对于该点对集合中每 5 对不共线特征点构造 1 个仿射变换,对所有仿射变换取平均值,构成从目标图像到源图像的仿射变换。对 R、G 和 B 通道图像进行相应的变换,并将之与 NIR 通道进行匹配,实现图像匹配。

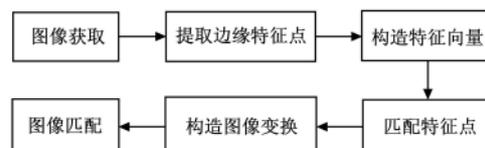
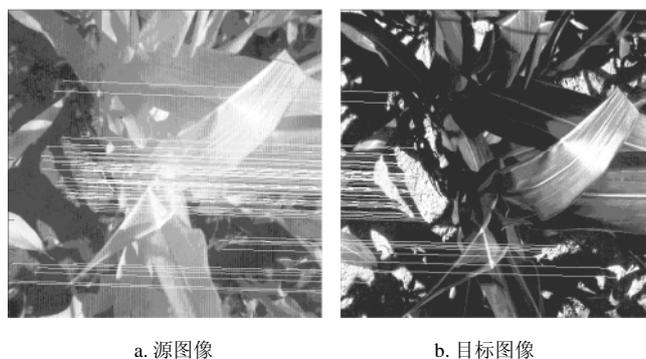


图 1 多目图像匹配方法

Fig.1 Multi-ocular image matching method

#### 2.1.2 玉米冠层图像特征点提取与匹配

在图像特征点选取及匹配中,有许多方法,比如 Harris 角点检测方法<sup>[14]</sup>就是一种比较有代表性的方法,该方法根据点的局部窗口中灰度变化情况判定是否为角点。SIFT (scale invariant feature transform) 方法<sup>[15]</sup>具有尺度不变性。但在本应用中,这两种方法所提取的特征点却满足不了需求。如图 2 是 SIFT 算法提取的特征点和匹配结果,特征点集中于背景中。



a. 源图像

b. 目标图像

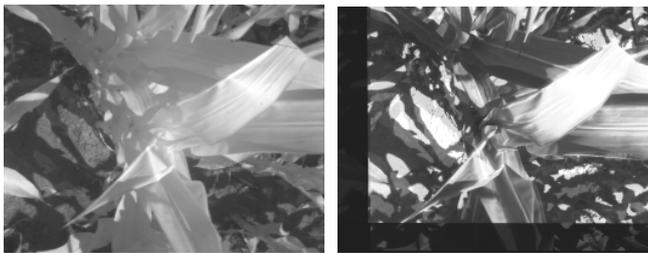
图 2 SIFT 算法特征点提取

Fig.2 Extracting feature points of SIFT

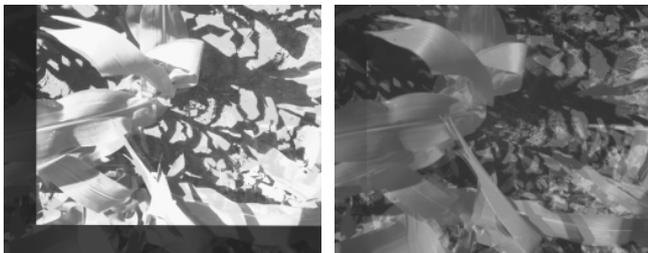
本文提出一种特征点匹配方法,玉米冠层的叶片是感兴趣的目标,因此叶片边缘点是起着决定性作用的点,将之作为特征点,然后进行匹配。该方法如下:

1) 特征点提取和特征向量构造。利用 CANNY 算子与小波模极大值原理进行边缘提取,得到边缘图像,边缘为单像素宽,将边缘点作为特征点集合,并对每个边缘点,用如图 3 所示的局部纹理描述模板(模板尺寸可自行调整)与原图像相应部分做卷积,其中的系数-1 和 1 使得卷积计算结果为垂直方向的变化率,得到一个方向导数值,使该模板按逆时针每旋转一定角度作为一个模板,则可以得到表达该点在图像局部范围内不同方向上的灰度变化率,以各变化率作为分量构造该点的特征向





c. 拔节期, B 通道与 NIR 匹配结果 d. 拔节期, R、G、B 三通道匹配结果



e. 穗期, G 通道与 NIR 匹配结果 f. 穗期, R 通道与 NIR 匹配结果



g. 穗期, B 通道与 NIR 匹配结果 h. 穗期, R、G、B 三通道匹配结果

图6 图像匹配结果

Fig.6 Results of image matching

### 3 结论

本文通过对多目玉米冠层图像进行分析,在复杂背景条件下,前景变化较大,且景物为不规则几何形状时,提出了一种以目标边缘作为特征点,并利用边缘方向及局部纹理特征约束进行匹配,实现了特征点的匹配,并最终完成图像匹配任务。该方法利用了边缘作为特征点,边缘可以完整的描述目标的轮廓,能够很好地表示目标物,容易提取,但是特征点数目多,特征点对匹配困难,该匹配原则很好地描述了特征点附近各方向上的灰度变化情况,在局部范围内具有很好地适应性,且虚假匹配少。本方法适用于复杂背景,目标物不规则且前景在不同视景中变化较大的情况,是一种行之有效的方法。算法原理简单,实现容易,但匹配算法中由于特征点数量大,因此还有优化的余地。

#### [参 考 文 献]

- [1] 杨邦杰,裴志远. 农作物长势的定义与遥感监测[J]. 农业工程学报, 1999, 15(3): 214-218.  
Yang Bangjie, Pei Zhiyuan. Definition of crop condition and crop monitoring using remote sensing[J]. Transactions of the CSAE, 1999, 15(3): 214-218. (in Chinese with English abstract)
- [2] 吴素霞,毛任钊,李红军,等. 中国农作物长势遥感监测

研究综述[J]. 中国农学通报, 2005, 21(3): 319-322.

Wu Suxia, Mao Renzhao, Li Hongjun, et al. Review of corn condition monitoring using remote sensing in China[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2005, 21(3): 319-322. (in Chinese with English abstract)

- [3] 郑榜贵,段建民,田炳香. 移动机器人视觉传感器的现场标定技术[J]. 现代电子技术, 2008, 31(22): 187-191.  
Zhen Banggui, Duan Jianmin, Tian Bingxiang. On-line calibration technique of vision sensor in moving vehicles[J]. Modern Electronics Technique, 2008, 31(22): 187-191. (in Chinese with English abstract)
- [4] 张文明,刘彬,李海滨. 基于双目视觉的三维重建中特征点提取及匹配算法的研究[J]. 光学技术, 2008, 34(2): 181-185.  
Zhang Wenming, Liu Bin, Li Haibin. Characteristic point extracts and the match algorithm based on the binocular vision in three dimensional reconstruction[J]. Optical Technique, 2008, 34(2): 181-185. (in Chinese with English abstract)
- [5] 原思聪,刘金颂,张庆阳,等. 双目立体视觉中的图像匹配方法研究[J]. 计算机工程与应用, 2008, 44(8): 75-77.  
Yuan Sicong, Liu Jinsong, Zhang Qingyang, et al. Research on image matching method in binocular stereo vision[J]. Computer Engineering and Applications, 2008, 44(8): 75-77. (in Chinese with English abstract)
- [6] 刘忠艳,周波,车向前. 一种高效的图像匹配算法[J]. 计算机技术与发展, 2009, 19(4): 45-47  
Liu Zhongyan, Zhou Bo, Che Xiangqian. An effective algorithm for image registration[J]. Computer Technology and Development, 2009, 19(4): 45-47. (in Chinese with English abstract)
- [7] 洪小伟,石守东,康丹. 一种基于小波模极大值的图像特征匹配算法[J]. 宁波大学学报: 理工版, 2009, 22(1): 66-69.  
Hong Xiaowei, Shi Shoudong, Kang Dan. Image feature matching based on wavelet transform modular maximum[J]. Journal of Ningbo University: NSEE, 2009, 22(1): 66-69. (in Chinese with English abstract)
- [8] 唐勇,陈涛,吕梦雅. 基于匹配效率和计算精度提升的双目三维树干重建算法改进[J]. 燕山大学学报, 2009, 33(1): 33-37.  
Tang Yong, Chen Tao, Lü Mengya. Improve algorithm on 3D reconstruction of branches based on improving matching efficiency and calculating accuracy[J]. Journal of Yanshan University, 2009, 33(1): 33-37. (in Chinese with English abstract)
- [9] 陈华华,杜歆,李宏东,等. 平行多基线立体视觉图像校正[J]. 浙江大学学报: 工学版, 2004, 38(7): 799-804.  
Chen Huahua, Du Xin, Li Hongdong, et al. Rectification of images for parallel multiple-baseline stereo vision[J]. Journal of Zhejiang University: Engineering Science, 2004, 38(7): 799-804. (in Chinese with English abstract)
- [10] 刘涛,于忠清,马千里. 基于平行双目视觉的目标距离计算[J]. 青岛大学学报: 自然科学版, 2009, 22(1): 59-62.  
Liu Tao, Yu Zhongqing, Ma Qianli. Target distance

- computing based on parallel binocular stereo vision[J]. *Journal of Qingdao University: Natural Science Edition*, 2009, 22(1): 59–62. (in Chinese with English abstract)
- [11] 李海军, 潘晓露, 李一民, 等. 平行双目视觉系统中深度图像的生成与分析[J]. *计算机与数字工程*, 2006, 34(2): 50–51.  
Li Haijun, Pan Xiaolu, Li Yimin, et al. Creating and analysis of depth-map in parallel two-eyes-visual system[J]. *Computer and Digital Engineering*, 2006, 34(2): 59–51. (in Chinese with English abstract)
- [12] 李海军, 王洪丰, 沙焕滨. 平行双目视觉系统的三维重建研究[J]. *自动化技术与应用*, 2007, 26(6): 56–58.  
Li Haijun, Wang Hongfeng, Sha Huanbin. 3D reconstruction based on parallel binocular stereo vision[J]. *Techniques of Automation and Application*, 2007, 26(6): 56–58. (in Chinese with English abstract)
- [13] 李海军. 基于平行双目视觉技术的人体康复系统的研究[J]. *计算机工程与应用*, 2008, 44(29): 211–213.  
Li Haijun. Applied research of human rehabilitation system based on binocular stereovision[J]. *Computer Engineering and Applications*, 2008, 44(29): 211–213. (in Chinese with English abstract)
- [14] Harris C, Stephens M. A combined corner and edge detector[C]. *Proceedings of the Fourth Alvey Vision Conference*. Manchester, UK: Plessey Company, 1998: 147–151.
- [15] Lowe D. Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints[J]. *Int'l J Computer Vision*, 2004, 2(60): 91–110.

## Matching method of parallel multi-ocular image for corn canopy

Zhu Jingfu<sup>1</sup>, Li Minzan<sup>2\*</sup>, Zhang Yane<sup>2</sup>, Zhao Ruijiao<sup>2</sup>

(1. College of Information Technology, Heilongjiang BaYi Agricultural University, Daqing 163319, China;

2. Key laboratory of Modern Precision Agriculture System Integration Research Ministry of Education, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** A image matching model of parallel multi-ocular is introduced. The camera is rectangle arranged four channel multi-spectral camera, the four channels is R, G, B and NIR respectively. The corn canopy images in field are captured by the camera, and the distance between the camera and the corn canopy is about 0.5 m. The features of the images are analysed, and a new matching method of images is proposed. One channel image act as source, others as destination, and the edge points of the corn leaf in source image are source feature points, feature vector of each point is composed by 18 directional derivatives. After that, the destination feature point is searched in destination image. In a local area of destination image, if the intersection angle of edges that point and source point located is smaller than one threshold, and the distance between feature vector of the point and source feature vector is minimum among all of them, then the point is matched destination feature point, and the feature points pair set is constructed. Each five non-co-linear feature point's pair in above set can construct one affine transform. Averaging all such affine transforms, the affine transform from destination image to source image is constructed, and the match of two images is finished. This method is suitable for irregular object, complicated background, and the object change a lot in different channel.

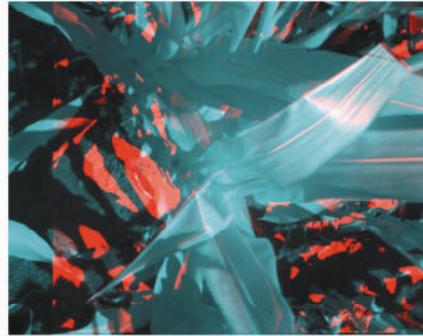
**Key words:** image matching, feature extraction, imaging techniques, multi-ocular imaging, corn canopy

## 朱景福, 等. 玉米冠层平行多目图像匹配方法(图6)

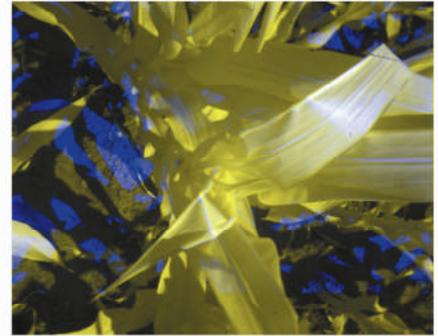
Zhu Jingfu, et al. Matching method of parallel multi-ocular image for corn canopy (Figure 6)



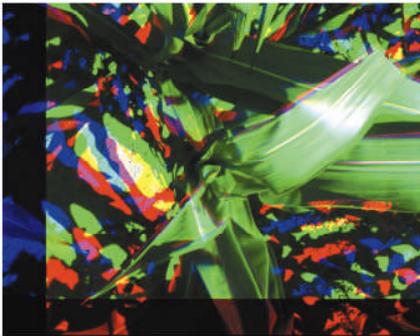
a. 拔节期, G通道与NIR匹配结果



b. 拔节期, R通道与NIR匹配结果



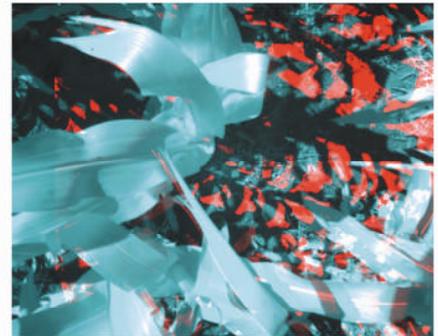
c. 拔节期, B通道与NIR匹配结果



d. 拔节期, R、G、B三通道匹配结果



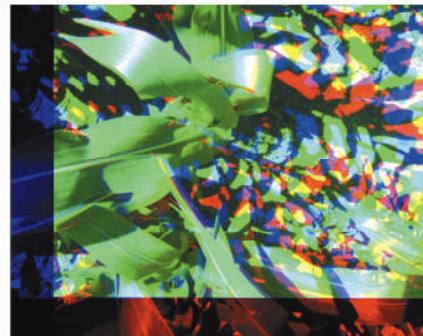
e. 穗期, G通道与NIR匹配结果



f. 穗期, R通道与NIR匹配结果



g. 穗期, B通道与NIR匹配结果



h. 穗期, R、G、B三通道匹配结果

图6 图像匹配结果

Fig.6 Results of image matching