

## 基于镜头检测的成熟期水稻图像处理算法研究

王 轲<sup>1,2</sup>, 邵陆寿<sup>2\*</sup>

(1. 安徽农业大学经济技术学院, 合肥 230036; 2. 安徽农业大学工学院, 合肥 230036)

**摘 要:** 快速处理视频信息, 实时获取水稻生长密度, 是实现水稻联合收割机喂入量实时控制的关键。采用模板算法, 引入基于镜头检测的视频挖掘技术, 提取视频信息中的关键帧作为水稻密度突变检测依据。结果表明, 镜头检测技术的平均每帧检测时间是 0.05 s, 比传统静态图像算法提取作物的密度特征速度快 16 倍; 模板算法可有效消除田间作物品种、生长态势、光照等自然因素的影响, 算法具有通用性。

**关键词:** 水稻密度; 镜头检测; 喂入量; 联合收割机

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2011)06-0982-05

### An algorithm study of image processing for mature rice based on shot detection

WANG Ke<sup>1,2</sup>, SHAO Lu-shou<sup>2</sup>

(1. School of Economics and Technology, Anhui Agricultural University, Hefei 230036;

2. School of Engineering, Anhui Agricultural University, Hefei 230036)

**Abstract:** In order to realize real-time controlling of feed quantity, fast access is the key to get large quantities of image video information and rice growth density in real time. This paper adopted template algorithm and video mining technology based on shot detection. We extracted the key frames from video information as the basis of rice in density detection. The results indicated that real-time detection of rice crop growth density by using shot detection was realizable and the average detection time is 0.05s. The running time of the template algorithm was 16 times faster than that of the traditional algorithms of image. The template algorithm reduce or eliminate effect of natural factors such as the crop strains, growth situation and illumination, so the algorithm could be universality.

**Key words:** density of rice; shot detection; feeding volume; combine harvester

一个恒定范围内的喂入量是保持联合收割机脱粒性能的关键, 而联合收割机喂入量的实时调控取决于水稻的密度和行进速度。当前的水稻联合收割机, 一般谷粒损失率均在 2%~4% 之间, 甚至个别大型水稻联合收割机谷粒损失率高达 10% 以上。分析水稻联合收割机产生谷粒损失的主要原因, 主要是水稻成熟期密度是变化的, 水稻联合收割机不能够实时的适应这种变化。现有的联合收割机在作业过程中, 一般由操作人员根据作物的生长情况和田间情况凭经验改变割幅或改变行进速度等方式来调整喂入量, 这样调整是经验式的, 具有滞后性, 会造成较高的谷粒损失率和破碎率<sup>[1-2]</sup>。且水稻的品种多样, 同一品种, 不同田块生长态势各异, 同时农田

环境复杂, 水稻等作物受光照影响较大<sup>[3]</sup>。因此, 提出一种与作物、品种、光照强度、环境因素无关的算法, 实时获取作物的密度, 从而达到对喂入量实时性控制, 具有重要的意义和价值。近年来, 国内外专家在联合收割机随机喂入量的测量控制方面做了很多研究, 美国农机专家为了研究联合收割机喂入量测试, 曾对 6 种喂入量测试传感器进行了田间试验, 取得了一定的成果, 但均因测试思路和方法问题, 对喂入量的测试未能进入实用阶段<sup>[4-5]</sup>。在国内也有研究人员提出检测谷物通过倾斜输送机时对底板的压力测量喂入量<sup>[6]</sup>, 但是由于多种因素的制约, 也仍然处于实验阶段。

因为联合收割机是一个非线性时变而且有大延

收稿日期: 2011-06-07

基金项目: 国家科技支撑计划项目 (2009BADA6B02) 资助。

作者简介: 王 轲, 男, 硕士。E-mail: ahauwangke@163.com

\* 通讯作者: 邵陆寿, 男, 教授。E-mail: Shaolush@126.com

时的系统, 所以传统的喂入量的检测方法已经不能实现实时的检测和调控喂入量的目的。本文采用模板算法, 提出了基于镜头检测的提取关键帧的方法, 很好的解决了算法的通用性问题, 关键帧可以有效的表达图像序列的内容, 大大降低了图像数据的运算量, 最大幅度的减少了获取作物密度的时间, 再根据提取出来的图像特征实时调控喂入量, 达到实时性的要求。

视频是非结构化的数据, 将视频流从上到下分为 4 层<sup>[7]</sup>, 即视频序列、场景、镜头、帧, 最小的组成单元是帧, 是一幅静态的画面; 镜头是一组时空图像帧, 是一个物理实体, 可由边界界定。场景就是由一段视频的语义组成的单元, 由一些语义相关的镜头组成。所谓的关键帧, 就是用来描述一个镜头的静态图像帧, 一般能够表达一个镜头所包含的信息。根据镜头包含信息量的大小, 可以按需要提取一至多个关键帧图像。关键帧的使用大大减少了视频处理的数据量, 节约了时间和成本, 所以关键帧的提取价值非常大<sup>[8]</sup>, 这也是作者采用基于镜头检测的关键帧提取法的初衷。镜头分割又称为镜头边界检测, 在视频处理的研究中具有重要的意义, 是视频检索的基础。镜头之间的转换方式主要有突变和切变<sup>[9]</sup>, 国内外学者针对二种形式的特点提出了各自的镜头检测算法。

## 1 算法理论和思路基础

### 1.1 算法描述

作者考虑到农业情况的特殊性, 尤其农田中视频图像帧的变化较为迅速, 同时考虑到应用视频挖掘技术的快速性, 本文采用的方法属于镜头突变检测较为快速的算法: 基于像素差值法和直方图法。

**1.1.1 基于像素差值的镜头检测** 像素比较法也被称为直接灰度差法, 该方法是直接计算两帧灰度差, 也就是计算相邻帧之间所对应的像素点的差的绝对值。当帧差大于预设的某个值  $T$  时, 可以认为镜头发生了变化。

计算公式如下:

$$D(F_i, F_j) = \sum_{x,y} |F_i(x, y) - F_j(x, y)| \quad (1)$$

式中:  $F_i(x, y)$ 、 $F_j(x, y)$ —分别表示第  $i$ 、 $j$  帧  $(x, y)$  位置的灰度值;  $D(F_i, F_j)$ —帧差值。若帧差值  $D(F_i, F_j)$  超过设定的阈值  $T$  时, 则认为有镜头发生了变换。该算法易实现很适合应用于农业领域, 实用性和可行性都比较强。

**1.1.2 基于直方图的镜头检测算法** 直方图法是镜

头检测最直接简便的算法之一, 最常用的是灰度直方图法。

灰度直方图法<sup>[10]</sup>, 就是通过灰度直方图的差值, 然后取绝对值, 由此作为帧间差, 从而作为镜头检测的参考, 第  $n, n+1$  帧的帧间差:

$$Z(n, n+1) = \sum_{i=0}^{N-1} |H_n(i) - H_{n+1}(i)| \quad (2)$$

式中:  $N$ —视频图像帧的灰度级数;  $H_n(i)$ 、 $H_{n+1}(i)$ —分别是第  $n$ 、 $n+1$  图像帧的直方图中灰度值是  $i$  的像素总数。

### 1.2 思路基础

**1.2.1 研究思路** 在自动检测、智能监控等领域, 经常需要对所获取的大量的图像序列进行分析和处理, 期待定位异常的目标图像, 即图像序列中的目标关键帧。本文针对具有复杂环境因素目标图像序列, 提出一种基于帧间差值的提取目标关键帧的快速算法。根据本课题所研究的环境, 将联合收割机收割的作物看成是一个视频, 通过数码相机每秒采集一至多帧静态图像, 从而获得一系列的图像, 这里是模仿收割机行走的顺序采集图像, 首先根据采集的顺序表示获得的图像序列:  $f_1, f_2, f_3, \dots, f_n$ ; 其次假定预设的喂入量为  $F_1$ , 因为联合收割机的自适应性, 设收割机允许的喂入量范围为  $F_1 \pm \Delta m$ , 在此范围内, 不需要调控喂入量, 同时也不会影响收割机的性能和脱粒的质量。

**1.2.2 喂入量密度特征的提取** 已经研究了喂入量与作物像素值之间的关系<sup>[11]</sup>, 通过 2R+G 颜色特征值将水稻谷叶和土壤背景很好的分离, 根据计算获得的图像中谷、叶的像素值来表示喂入密度特征, 并建立了水稻联合收割机喂入密度与水稻冠层 2R+G 颜色特征值的函数关系模型<sup>[12]</sup>, 可根据此关系调节喂入量, 为实现喂入量的自动实时调节提供依据。

因为成熟期水稻检测关心的是水稻的谷叶部分, 需要提取每一幅图像中植株谷、叶的像素值作为调节喂入量的参考, 同时兼顾实时性。实验检测对象特征数据的获得采用如下步骤:

(1) 从试验图像序列中随机抽取的模板可以利用精确的图像分割法获得模板的最优阈值, 以其均值作为分割实验对象的阈值。

(2) 二值分割时候仍然采用 2R+G 直方图阈值法, 利用获取的阈值, 去除了土壤背景部分, 得出水稻植株中谷、叶的像素值。通过模板确定了对作业对象分割的阈值为 0.4704, 并随机选择三幅图

片: 2号、15号、27号, 通过2R+G的迭代分割法和二值分割法的对比验证了方法的可行性, 分割信息如表1所示。

表1 方法对比

Table 1 Comparison of methods

图像编号 Image No.	2R+G 最优阈值迭代法 2R+G optimum threshold value		二值分割法 Method of binary segmentation	
	阈值 Threshold	谷、叶像素数/m <sup>2</sup> Pixel of rice and leaf	阈值 Threshold	谷、叶像素数/m <sup>2</sup> Pixel of rice and leaf
2	0.471 1	137 000	0.470 4	137 600
15	0.484 2	123 990	0.470 4	129 465
27	0.478 1	138 012	0.470 4	141 410

## 2 试验数据的采集和图像预处理

### 2.1 试验材料及数据的采集

试验地点选在安徽省水稻生产较合适的肥西县丰乐镇。水稻品种: 早稻: 新两优6号, 两优036。晚稻: 武香粳9号, 皖粳97, II优明86, 皖稻48。硬件: 数码相机, 确定采集面积的方形框架, 以及获得质量参数相应设备。软件: MATLAB7.0 图像处理软件, EXCEL 数据处理软件等。

在水稻成熟期, 为了保证采集的效果, 一般选择有充足阳光且光线不是很强的时刻。在不同的实验田采集自然状态下的水稻冠层图像, 通过数码相机每秒平均采集一帧静态图像, 图像为640×480、24位的真彩图, 构成图像序列 $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ , 因为检测和实验对比要求, 需要每次采集的水稻面积相等。最后脱粒称重, 获得每幅图像稻谷, 稻草等相关的质量参数, 部分的原始采集数据见表2。

表2 样品品种及部分原始数据

Table 2 The samples and part of the original data

生育期 Growth stage	品种 Variety	采样面积/cm <sup>2</sup> sampling area	样品高度/cm Sample height	半喂入质量/kg Head-feed quality	每m <sup>2</sup> 半喂入质量/kg·m <sup>-2</sup> Head-feed quality per square meter
早稻 Early rice	两优036 Liayou 036	3 630	110	0.816 67	2.241 78
	新两优6号 NEW liayou 6	3 900	120	0.923 33	2.367 51
晚稻 Late rice	皖粳97 Wanjin 97	4 800	80	0.933 33	1.944 44
	武香粳9号 Wuxiangjin 9	4 800	80	0.683 33	1.423 60
	皖稻48 Wandao 48	3 900	78	0.850 00	2.179 49
	II优明86 II Youming 86	3 780	90	0.866 67	2.292 78

### 2.2 图像预处理

上面采集的数据经过初步预处理以后, 还不能完全直接开始实验应用, 虽然实验采集过程中考虑到光照的影响, 但对数字图像, 光照的影响是非常大的<sup>[11]</sup>, 第一步首先需要尽可能消除光照的影响。其次, 提取其中能够代表图像的特征, 图像处理的第二步是通过2R+G方法进行阈值分割<sup>[12-13]</sup>提取水稻密度特征。

## 3 基于镜头检测的水稻密度检测的仿真试验步骤

本试验寻求与作物、品种、光照强度、环境因素无关的检测方法, 所以本试验的图像序列是由试验中获取的不同品种的图像序列 $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$

混合构成一个新的试验序列, 即从试验图像序列中, 通过计算机随机抽取, 获取28幅没有倒伏情况的图像。试验采集的面积为0.48 m<sup>2</sup>、0.378 m<sup>2</sup>, 为了在同等面积下对比, 数据处理中归一化为每m<sup>2</sup>半喂入质量。

### 3.1 模板的确定

由于在同一时间, 同一田块中随机选取若干块小面积水稻作物, 先行按上述试验步骤获得每一幅图像的水稻密度特征, 然后用这几幅图像的水稻密度平均值作为阈值 $T$ , 作为调整联合收割机各工作参数的依据, 这个过程称之为模板, 关键帧判别就以阈值 $T$ 为基准。

一般联合收割机开始工作前, 需要人工割边角, 实际工作时可随机选择几幅水稻边角图像为模板图

像,原始数据采集方法与实验完全相同,以其均值、帧差均值等为模板,首先根据模板值调节联合收割机夹持链松紧度、滚筒速度等参数。为解决联合收割机等标定问题,可在同一天,由专人进行图像采集标定。采用模板的目的是消除作物品种及气候等环境因素对采集图像的影响,从而使算法与作物品种及环境因素无关,使算法具备通用性。

模板的确定是在实时监测前的工作,不需要过多考虑时间问题,所以采用传统研究中的 2R+G 的方法对随机采集的模板图像进行精确的二值分割,获取水稻密度特征。仿真实验中即从获得的水稻图像序列中随机选择四幅,随机选择标号为: 1, 7, 13, 25 的图像帧作为标定模板均值。获得相应的水稻密度像素数分别为: 123 848、129 394、118 331 和 143 221 m<sup>-2</sup>。

对于所标定的模板,要求出其像素值均值作为与试验对象对比的基准;同时要求出模板内 4 幅图像的帧差均值、极值等相关参数作为确定镜头检测阈值。

### 3.2 关键帧的提取

随机选择了 28 幅图像构造的图像序列  $f_1, f_2, f_3, \dots, f_n$ , 采用镜头检测算法,提取关键帧,作为联合收割机喂入量突变的依据。这里的关键帧图像即代表了试验田中生长较密或者较疏的水稻,联合收割机作业时候,遇到这样的水稻,就能很好的予以智能调控,最终达到减少联合收割机落粒、夹带损失的目的。

## 4 仿真结果与结论

### 4.1 仿真结果分析

仿真时,模板是从 28 幅图像图像中随机选择 4 幅,从 2R+G 最优阈值迭代法确定的平均像素值 128 699 m<sup>-2</sup>。仿真结果如图 1 所示,4 幅图像的平均帧差  $T=17\ 222$ ,即  $\Delta m=17\ 222$ ,如果超过该范围,也就超过了联合收割机的喂入量范围,需要进行调控。所选择的图像序列中 5, 9, 12, 21, 27 为关键帧。由图 1 看出,关键帧 5, 9, 12, 27 即图像序列中较为密的区域,而第 21 幅图片属于较为稀疏的部分。

图 2 是随机提取关键帧图像 12、21 和非关键帧图像 4、15,从图中可以看出, B 比 A 稀, D 比 C 密,此方法具有很好的效果。

定位目标关键帧的目的就是在水稻较为密的区域或水稻较为稀疏的区域需要实时的调节喂入量。当检测出第一个关键图像帧即第 5 幅图像时,得出

其与模板的帧差像素值 25 204,均值喂入量是 1.771 kg·m<sup>-2</sup>,则喂入量密度差值 0.382 kg·m<sup>-2</sup>。其余视频图像帧密度差值处理类似,表 3 为关键帧图像喂入量的密度差值。

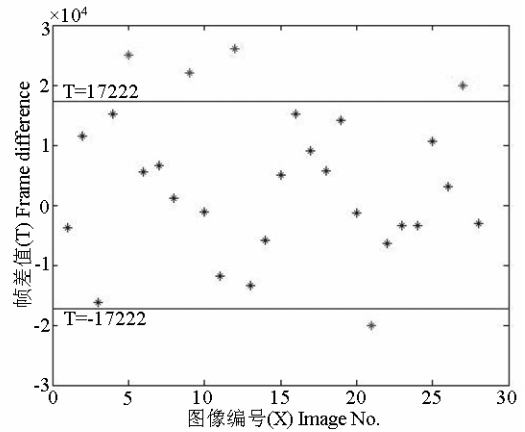


图 1 基于直方图帧差值仿真结果图

Figure 1 The simulation results of frame difference based on the histogram

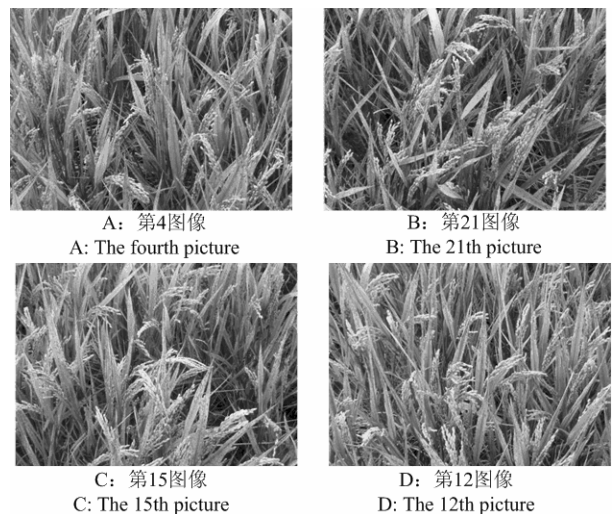


图 2 图像对比

Figure 2 Image comparison

由公式  $F_{\text{喂入量}}=D*V*B$  ( $D$ : 水稻密度;  $V$ : 联合收割机行进速度;  $B$ : 联合收割机割幅宽度), 调节喂入量的关键是调控联合收割机的运行速度, 如果喂入量密度增加了, 可以减小行走速度保证喂入量在一个恒定的范围。

(1) 模板喂入量密度的均值(128 699 m<sup>-2</sup>)作为联合收割机喂入量初始调整依据,  $\Delta m=17\ 222$ ,在范围内时,说明镜头未变化;等检测到第 1 幅关键帧即第 5 幅图片时候,其帧差值大于模板确定的阈值 17 222,密度明显增大,出现了镜头的变化。

(2) 当发现密度减小, 帧差值的绝对值都小于参数的自适应范围, 不需要调控。模板的阈值  $\Delta m$ , 喂入量密度在联合收割机定初始

表 3 关键帧图像喂入量密度差值

Table 3 The difference of feeding amount density of the key frame images

图像编号 Image No.	帧差值/m <sup>2</sup> Frame difference	喂入量密度/kg·m <sup>-2</sup> Feeding amount density	喂入量密度差值/kg·m <sup>-2</sup> Difference of feeding amount density
5	25 024	2.153	0.382
9	22 054	2.153	0.382
12	26 077	2.535	0.764
21	-20 140	1.389	-0.382
27	19 966	2.118	0.347

(3) 其次, 到第 21 幅图像帧也属于关键帧图像, 其帧差值的绝对值大于模板阈值, 喂入量密度差值  $-0.382 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ , 水稻密度较疏, 需要提高收割机的速度。

从表 3 中看出,  $-0.382\sim-0.347 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  范围内是非关键帧范围, 不需要调控喂入量, 以模板参数调整的机具速度前进即可。

#### 4.2 仿真结论

(1) 由于采用了模板, 可有效的消除田间作物的品种、生长态势、光照等自然因素的影响, 算法具有通用性;

(2) 基于直方图的帧差法运行时间最短, 同时具有较好的实时性能。28 幅图片平均检测时间是 0.05 s。根据久保田 PR0488 联合收割机的参数, 其最大行走速度是  $1.22 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 可以看出, 其 0.05 s 行走距离是 0.061 m, 在取样范围内, 达到了实时性的要求;

(3) 提取密度变化较大的目标关键帧, 以控制联合收割机的行进速度, 达到稳定联合收割机喂入密度, 此算法是可行的。

#### 参考文献:

- [1] 张认成, 桑正中, 张际先. 联合收割机研究现状及展望[J]. 江苏理工大学学报, 1998, 3(2): 11-16.
- [2] 介战, 刘红俊, 侯风云. 中国精准农业联合收割机研究

状与前景展望[J]. 农业工程学报, 2005, 21(2): 179-182.

- [3] 王轲, 谢文华, 邵陆寿, 等. 3WD-12(24)型农业喷雾机械设计实验[J]. 安徽农业大学学报, 2010, 37(2): 374-377.
- [4] 孙志强. 刘成良基于 GPS 的联合收割机智能测产仪器研制[J]. 机电工程, 2003, 20(2): 5-8.
- [5] 刘伟文, 赵辉, 邵爱霞. 一种低功耗的位移传感器测量系统[J]. 传感器技术, 2005, 24(7): 60-62.
- [6] 介战, 周学建. 喂入量传感器测试模型研究[J]. 农业机械学报, 2001, 32(5): 53-55.
- [7] 李国辉. 信息的组织与检索[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [8] 于俊清, 彭丹霖. 基于关键帧的视频摘要研究[J]. 计算机工程与设计, 2005, 26(10): 2598-2601.
- [9] 金红, 周源华. 基于内容检索的视频处理技术[J]. 中国图像图形学报, 2000, 5(A)(4): 276-283.
- [10] Tonomura Y, Abe S. Content oriented visual interface using video icons for visual database systems[J]. Journal of Visual Languages and Computing 1990: 1(2):183-98.
- [11] 刘海娟, 邵陆寿, 朱建辉, 等. 基于图像处理的水稻成熟期密度检测[J]. 昆明理工大学学报: 理工版, 2009, 34(2): 84-88.
- [12] 潘静, 邵陆寿, 王轲. 水稻联合收割机喂入密度检测方法[J]. 农业工程学报, 2010, 26(8): 113-116.
- [13] 戴之祥, 邵陆寿, 丁克坚. 基于可见光图像的水稻植株含水率检测技术[J]. 农业机械学报, 2007, 38(3): 200-202.