

基于区间二型模糊集的农田障碍物分割方法^{*}

刘琼¹ 史诺² 申妙芳³

(1. 杨凌职业技术学院信息工程分院 杨凌 712100; 2. 杨凌职业技术学院机电工程分院 杨凌 712100;
3. 广州涉外经济职业技术学院 广州 510540)

摘要:针对非结构化农田环境下障碍物图像在应用传统算法进行图像分割时,效果不明显,容易受到水渍、阴影等外界环境影响等问题,提出了一种基于区间二型模糊集的农田障碍物图像分割方法。该方法将采集到的原始农田彩色图像转换到 Lab 颜色空间,提取出 a 分量并将其转换为灰度图像,对所得灰度图像进行模糊化处理,将其转换为区间二型模糊集,选择最大熵值所对应的灰度值对图像进行分割。通过实验和分析,本文算法能够更好地分割出农田障碍物目标,是一种有效的农田障碍物图像分割方法。

关键词: 图像分割;区间二型模糊集;Lab;农田障碍物图像

中图分类号: TP391.9 TN957.52 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 520.6040

Farmland obstacle image segmentation based on interval Type II fuzzy set

Liu Qiong¹ Shi Nuo² Shen Miaofang³

(1. Department of Information Engineering, Yangling Vocational & Technical College, Yangling 712100, China;
2. Department of Mechanic and Electronic Engineering, Yangling Vocational & Technical College, Yangling 712100, China;
3. Guangzhou International Economics College, Guangzhou 510540, China)

Abstract: In order to solve the farmland obstacle image segmentation problems such as not obvious, easy to be influenced by water stains and shadows under the unstructured environment using traditional algorithms, a farmland obstacle image segmentation based on interval Type II fuzzy set was proposed. The original color farmland obstacle image was firstly converted to Lab color space, and then, 'a' component image was extracted and converted to grayscale image. The grayscale image was fuzzed and converted into interval Type II fuzzy set. The gray level corresponding to the maximum entropy was selected to segment images. The experimental results and analysis showed that the proposed method can better segment farmland obstacle, and it is an effective method for farmland obstacle image segmentation.

Keywords: image segmentation; interval Type II fuzzy set; Lab; farmland obstacle image

1 引言

农田障碍物图像分割是机器视觉识别的前提和关键技术,在农业机器人自主导航领域具有广泛的应用。为了使农业机器人实现有效的视觉导航,障碍物图像分割必须符合可用性、有效性等要求。

近年来,许多学者从不同角度对图像分割进行了深入地研究,并提出了不同的分割算法。例如,赵博^[1]等人针对农业图像中常用的超绿特征分割效果不佳的缺点,提出一种基于微粒群与 K-均值算法的图像分割方法;宋怀波^[2]等

人提出融合 OTSU 多阈值方法和最小错误率贝叶斯决策的农田道路分割方法;耿楠^[3]等人提出一种基于水平集和先验信息的 C-V 模型并对杂草、小麦、苹果进行分割;Liu^[4]等人提出了一种基于直觉模糊集熵的农田障碍物图像分割方法;胡敏^[5]等人将经过中值滤波平滑处理后的黄瓜病虫害图像采用 OTSU 阈值分割算法实现病害区域的分割;曹家梓^[6]等人提出一种改进的基于马尔科夫随机场模型的纹理图像分割方法;尹艳鹏^[7]等人为了提高复杂背景下人脸图像的正确分割,提出了一种基于多特征融合条件随机场(CRFs)的方法。这些研究对图像分割产生了很大的影响。

收稿日期:2015-12

^{*} 基金项目:杨凌职业技术学院 2015 院内科学研究基金项目、基于机器视觉的农田障碍物识别方法研究(A2015004)项目资助

借鉴区间二型模糊集的隶属度函数是一个传统的模糊集,在信息处理过程中比传统模糊集更具有不确定性,针对非结构化特征明显的农田环境,提出一种基于区间二型模糊集的农田障碍物图像分割方法,并进行仿真实验,通过对比分析以验证其性能,为实现农业机器人视觉导航提供依据。

2 区间二型模糊集理论

传统的模糊集要求精确定义论域中各点的隶属度,然而,至今没有一种有效的隶属度确定方法,这给实际应用带来很大的瓶颈。为此,高阶模糊集特别是二型模糊集应运而生。二型模糊集的隶属度是一个传统的模糊集。由于二型模糊集的运算复杂、运算量大等缺点,阻碍了它的发展。区间二型模糊集作为二型模糊集的特例,因其计算量大为简化,越来越受到学者的重视。

区间二型模糊集的定义如下:

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_U(x, u), \mu_L(x, u)) \mid x \in X\}$$

$$\text{and } \mu_L(x, u) < \mu(x, u) < \mu_U(x, u) \quad u \in [0, 1]$$

式中: $\mu_U(x, u)$ 和 $\mu_L(x, u)$ 分别称为 x 属于 $\tilde{A}$ 的上隶属度和下隶属度,其差值 $\mu_U(x, u) - \mu_L(x, u)$ 称为隶属度函数 $\mu(x, u)$ 的不确定性程度。

3 基于区间二型模糊集的图像分割算法

农田环境复杂多变,非结构化特征明显,容易受到光照、阴影、气候等环境因素的影响^[8],这些因素为农田障碍物图像的分割引入模糊因素。另外,图像在成像期间受空间分辨率等因素的影响,使农田障碍物图像的边界与背景之间像素灰度具有中间过渡的性质,即边界具有模糊性。借鉴区间二型模糊集的理论对具有模糊性的农田障碍物图像进行分割,其算法的基本步骤如下。

3.1 提取 Lab 颜色空间的 a 分量

将获取到的原始农田障碍物彩色图像应用 MATLAB 色彩转换命令 `makecform('srgb2lab')` 转换到 Lab 颜色空间,提取出 a 分量,并将其转换为大小为 $M \times N$ (M 行 N 列)的灰度图像 $F = [f(x, y)]_{M \times N}$,其中, $f(x, y)$ 表示像素点 (x, y) 的灰度值,取值范围为 $\{0, 1, 2, \dots, 255\}$ 。

3.2 确定隶属度函数,并进行模糊转换

选择 S 型隶属函数作为隶属度函数,表达式如下:

$$\mu(g; A, B, C) = \begin{cases} 0 & , g < A \\ 2 \left(\frac{g-A}{C-A} \right)^2 & , A \leq g \leq B \\ 1 - 2 \left(\frac{g-C}{C-A} \right)^2 & , B < g \leq C \\ 1 & , g > C \end{cases}$$

式中: B 为 A 和 C 的中点,即 $B = (A + C) / 2$ 。

3.3 构造图像的区间二型模糊集 $\tilde{A}$

参照文献^[9],采用基于主隶属度函数的生成法构造

区间二型模糊集的上下隶属度函数,选择如下表达式:

$$\mu_L = [\mu(g)]^\alpha, \mu_U = [\mu(g)]^{1/\alpha}。其中, \alpha 为模糊化因子,$$

且 $\alpha > 1$ 。则图像 F 对应的区间二型模糊集 $\tilde{A}$ 为:

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_U, \mu_L)\}。$$

3.4 计算区间二型模糊集的熵

在分析 Burillo^[10]等人给出的基于区间度量信息的区间模糊集的熵公式,以及 Zeng^[11]等人将普通模糊集熵公理推广到区间模糊集而给出的区间模糊集熵公式的缺陷的基础上,钱海军^[12]等人给出了区间二型模糊集熵新的计算公式,如下所示,本文选择该公式计算区间二型模糊集的熵。

$$E(\tilde{A}) = \frac{N - \sum_{g=1}^N |\mu_L + \mu_U - 1| * (1 - (\mu_U - \mu_L))}{N + \sum_{g=1}^N |\mu_L + \mu_U - 1| * (1 - (\mu_U - \mu_L))}$$

式中: N 为像素点的总数。

3.5 选择最大熵对应的灰度值 T 作为最佳灰度值 $Gopt$

由于本文的隶属度函数选择的是 S 函数,因此,应该选择区间二型模糊集熵最大的阈值选取准则,即,选择区间二型模糊集熵 $E(\tilde{A})$ 的最大值对应的灰度值 T 作为最佳灰度值 $Gopt$ 。

3.6 利用 $Gopt$ 分割图像

利用最佳灰度值 $Gopt$ 分割图像。任何满足 $f(x, y) \geq Gopt$ 的点 (x, y) 称为对象点,其他则为背景点。

4 实验结果与分析

本实验采用的计算机配置为: Intel Core(TM) i5-3317U CPU, 1.70 GHz, 4 GB 内存, 集成显卡, Windows 7 操作系统, 实验平台为 MATLAB7.11.0。实验中采用的原始农田障碍物彩色图像由数码相机 Coolpix L16 拍摄,通过 USB 接口传入电脑,图像格式为 JPG。实验中用到的参数模糊化因子 α 取值为 80。受篇幅限制,仅列举出有代表性的 3 幅图像: 田间工作的人, 田间滞留的一匹马和两匹马, 对应的原始图像如图 1, 图 2 和图 3 中的(a)列所示, 大小均为 640×480 像素。为了验证本文算法的优越性, 将本算法所得分割结果与 Burillo 方法^[8]和 Zeng 方法^[9]的分割结果进行对比, 对比如图 1, 图 2 和图 3 的(b), (c)和(d)列所示。

从图 1 的(b)和(c)列可以看出, Burillo 方法和 Zeng 方法的分割结果相同, 部分背景区域被误划分为目标; 从图 2 的(b)和(c)列可以看出, Zeng 方法比 Burillo 方法的分割结果中的噪声点显著减少; 从图 3 的(b)和(c)列可以看出, Zeng 方法比 Burillo 方法的分割结果中目标区域明显完整。对比图 1, 图 2 和图 3 的(d)列可以看出, 本算法的分割结果将目标人和马很好地从农田背景中分割出来, 而且目标区域更加完整、清晰, 噪声点更少, 是这 3 个算法中效果最好的。

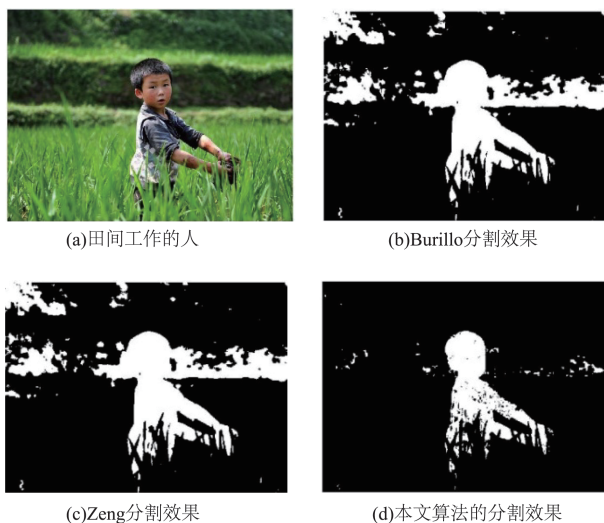


图1 田间工作的人图像的分割结果对比



图2 田间滞留的一匹马图像的分割结果对比

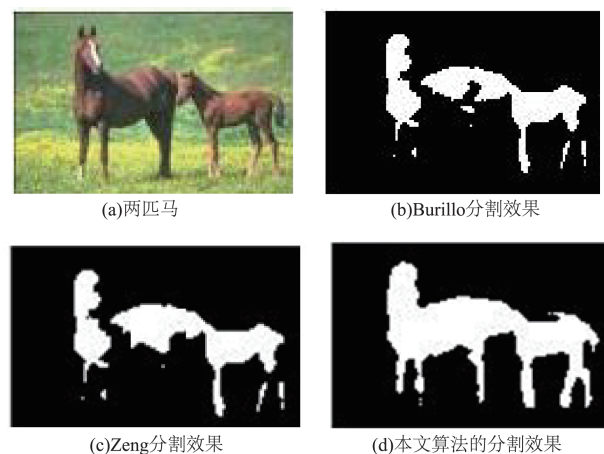


图3 田间滞留的两匹马图像的分割结果对比

为了从客观角度对本算法进行评价,选择区域一致性评价系数,其定义为:

$$U = 1 - (\sigma_1^2 + \sigma_2^2) / c$$

$$\text{式中: } \sigma_i^2 = \sum_{(x,y) \in R_i} [f(x,y) - u_i]^2, u_i = \sum_{(x,y) \in R_i} f(x,y) / A_i,$$

R_i 表示目标或背景区域, A_i 表示目标或背景区域内的像素点数, σ_i^2 表示目标或背景区域内像素点的方差, c 表示图像中所有像素点数。分割结果中目标或背景区域的一致性越大,分割质量越好。从表1所示的各算法的区域一致性比较结果可以看出,本算法的一致性评价系数是最大的,这说明本算法的分割质量在这3个算法中是最好的。

表1 各算法的区域一致性比较

分割算法	田间工作的人	一匹马	两匹马
Burillo 算法	0.986 0	0.997 5	0.979 6
Zeng 算法	0.986 0	0.998 2	0.989 5
本文算法	0.997 5	0.999 6	0.999 2

另外,从采集到的1500幅图像中选择有代表性的500幅进行分析得出:本文算法的运行时间约为32~38 ms, Zeng方法和Burillo方法的运行时间约为40~46 ms,本文算法时间更短,可满足实时性要求;本文算法除43幅曝光严重的图像检测失败外,其他457幅各种复杂农田环境下的障碍物图像均能有效分割,正确分割率为91.5%,而Zeng方法和Burillo方法的正确分割率分别为83.5%和85.4%。

综上所述,本算法更适合于农田障碍物的分割,取得的分割效果最为令人满意。

5 结 论

针对农田环境这种非结构化特征明显的农田障碍物图像在应用传统算法进行图像分割时,效果不明显,容易受到光照、水渍、阴影、气候等外界环境因素的影响等问题,提出了一种基于区间二型模糊集的农田障碍物图像分割方法。为了使目标突出显示,提取出Lab颜色空间的红绿分量a并将其转换为灰度图像。再对其进行模糊化处理,转换为区间二型模糊集,计算并选择最大熵值所对应的灰度值对图像进行分割。通过实验和分析,本算法能够更好地分割出障碍物目标,是一种有效的农田图像分割方法。本方法适用于背景为黄色或者绿色,而且障碍物目标单一的农田环境图像的分割。

参 考 文 献

- [1] 赵博,宋正河,毛文华,等.基于PSO与K-均值算法的农业超绿图像分割方法[J].农业机械学报,2009,40(8):166-169.
- [2] 宋怀波,何东健,辛湘俊.基于机器视觉的非结构化道路检测与障碍物识别方法[J].农业工程学报,2011,27(6):225-230.
- [3] 耿楠,于伟,宁纪锋.基于水平集和先验信息的农业图像分割方法[J].农业机械学报,2011(9):167-172.

- [4] LIU Q, YANG F Z, ZHANG M Y. Farmland obstacle image segmentation using intuitionistic fuzzy entropy[J]. ICIC Express Letters Part B: Applications, 2015, 6(10): 2737-2743.
- [5] 胡敏, 陈红波, 许良凤, 等. 基于颜色和纹理特征的黄瓜病害识别算法[J]. 电子测量与仪器学报, 2015, 29(7): 970-977.
- [6] 曹家梓, 宋爱国. 基于马尔科夫随机场的纹理图像分割方法研究[J]. 仪器仪表学报, 2015, 36(4): 776-786.
- [7] 尹艳鹏, 周颖, 曾丹, 等. 基于多特征融合条件随机场的人脸图像分割[J]. 电子测量技术, 2015, 28(6): 54-59.
- [8] 刘琼, 史诺. 基于 Lab 和 YUV 颜色空间的农田图像分割方法[J]. 国外电子测量技术, 2015, 34(4): 39-41, 57.
- [9] 陈薇, 孙增圻. 二型模糊系统研究与应用[J]. 模糊系统与数学, 2015, 19(1): 126-135.
- [10] BURILLO P, BUSTINCE H. Entropy on intuitionistic fuzzy sets and on interval-valued fuzzy sets[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1996, 78(3): 305-316.
- [11] ZENG W Y, LI H X. Relationship between similarity measure and entropy of interval valued fuzzy sets[J]. Fuzzy Sets and Systems, 2006, 157(11): 1447-1484.
- [12] 钱海军, 聂华北. 区间二型模糊熵及其在图像分割中的应用[J]. 计算机应用与软件, 2014(1): 236-238, 251.

作者简介

刘琼, 硕士, 讲师, 主要研究方向为图像处理、语义网、智能搜索、数据库等。

E-mail: liuqiong-021004@163.com

史诺, 硕士, 讲师, 主要研究方向为机电一体化技术等。

E-mail: shinuo7241@sina.com

(上接第 76 页)

- [10] 孟浩, 付继华, 王中宇. 基于 EZ-USB FX2 的 CMOS 图像采集系统设计与实现[J]. 仪器仪表学报, 2007(增刊 1): 332-335.
- [11] 王明富, 杨世洪, 吴钦章. 大面阵 CCD 图像实时显示系统的设计[J]. 光学精密工程, 2010, 18(9): 2053-2059.
- [12] 李豫东, 汪波, 郭旗, 等. CCD 与 CMOS 图像传感器辐射效应测试系统[J]. 光学精密工程, 2013, 21(11): 2778-2784.

作者简介

梁超, 1988 年出生, 工学硕士, 研究实习员, 主要研究方向为航空遥感成像系统设计等。

E-mail: liangchao_job@126.com