



RCCSE中国核心学术期刊  
中国科技核心期刊  
重庆市一级期刊

ISSN 1674-8425  
CODEN CGXZAI

# 重庆理工大学学报

第30卷  
Vol.30

CHONGQING LIGONGDAXUE XUEBAO

中国 重庆 CHONGQING CHINA

自然科学

本期重点文章推荐:

SUV与轿车正面碰撞相容性研究

重庆理工大学 胡远志 教授

基于传递路径分析的激励对汽车平顺性的影响

安徽工程大学 潘道远 博士



2016 3

重庆理工大学学报

自然科学

中国 重庆



JOURNAL OF CHONGQING UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

本刊被下列数据库列为来源期刊:

装帧设计: 唐 云

美国《化学文摘》(CA)  
英国《INSPEC数据库》  
《乌利希国际期刊指南》(UIPD)  
《中国物理文摘》《中国物理学文献数据库》  
中国学术期刊综合评价数据库(CAJCED)  
中国期刊网  
中国学术期刊(光盘版)  
中国期刊全文数据库(CJFD)  
中文科技期刊数据库  
数字化期刊全文数据库  
中国科技论文在线数据库

重庆理工大学学报

(自然科学)

每月15日出版

主管单位: 重庆市教育委员会

主办单位: 重庆理工大学

主编: 石晓辉

编辑出版: 重庆理工大学期刊社

(重庆市巴南区 邮编: 400054)

印刷: 重庆紫石东南印务有限公司

发行: 重庆理工大学期刊社

发行范围: 国内外公开发行

Journal of Chongqing University of Technology  
(Natural Science)

Published on the 15th of every month

Competent Authorities: Chongqing Education Commission

Sponsor: Chongqing University of Technology

Editor-in-chief: Shi Xiaohui

Editor: Periodicals Office of Chongqing University of Technology

Printer: Chongqing Purplestone Southeast Printing Co., LTD.

Distributor: Periodicals Office of Chongqing University of Technology

Issue Areas: Domestic and International Public Offerings

国际标准连续出版物号: ISSN 1674-8425  
国内统一连续出版物号: CN 50-1205/T  
广告经营许可证号: 渝工商广字 940520

E-mail: cqlgxbzk@126.com 电话: (023) 68667984  
网址: <http://zrkx.qks.cqut.edu.cn>

定价: 10.00 元

## 《重庆理工大学学报(自然科学)》第十一届编辑委员会

主 任:李志雄

副主任:石晓辉 何建国

委 员:(按姓氏笔画排序)

马天飞(吉林大学)	卫志农(河海大学)	于秀敏(吉林大学)
王 兰(山西大学)	王 越(重庆理工大学)	王良模(南京理工大学)
王勇勤(重庆大学)	王海林(华南农业大学)	邓 明(重庆理工大学)
邓国红(重庆理工大学)	田光宇(清华大学)	石晓辉(重庆理工大学)
孙富春(清华大学)	付永领(北京航空航天大学)	权 龙(太原理工大学)
刘 杰(重庆理工大学)	刘小康(重庆理工大学)	刘知青(北京邮电大学)
米 林(重庆理工大学)	全学军(重庆理工大学)	许洪斌(重庆理工大学)
李 山(重庆理工大学)	李玉成(安徽大学)	李志雄(重庆理工大学)
李映辉(西南交通大学)	何 仁(江苏大学)	何建国(重庆理工大学)
杜一平(华东理工大学)	杜长华(重庆理工大学)	沈 轶(华中科技大学)
张显库(大连海事大学)	张喜燕(西南交通大学)	张新益(重庆理工大学)
陈渝光(重庆理工大学)	肖南峰(华南理工大学)	肖葱葱(重庆理工大学)
杨 武(重庆理工大学)	扬国为(青岛大学)	郑一敏(重庆理工大学)
林治华(重庆理工大学)	柳葆生(西南交通大学)	查向东(安徽大学)
赵明福(重庆理工大学)	郭正康(中国汽车工程研究院)	郭晓东(重庆理工大学)
徐中明(重庆大学)	殷国栋(东南大学)	黄伟九(重庆理工大学)
黄河燕(北京理工大学)	彭东林(重庆理工大学)	彭 熙(重庆理工大学)
葛运建(中国科学院)	程新跃(重庆理工大学)	舒红宇(重庆大学)
廖林清(重庆理工大学)	廖晓昕(华中科技大学)	潘亦苏(西南交通大学)
蹇开林(重庆大学)		

国际委员:Brian Hobbs,University of Glamorgan, UK

Daizhong Su,Nottingham Trent University, UK

Hengan Ou,The University of Nottingham, UK

Zhongmin Shen,Indian University-Purdue University Indianapolis,USA

Yue Cheng,University of Karlsruhe, German

German Rainer K. Zawadzki,Rajamangala University of Technology Lanna,Thailand

Panich Intra,Rajamangala University of Technology Lanna,Thailand

Dieter Nazareth,Computer Science at Landshut University of Applied Sciences,German

Xiaozhi GAO, Aalto University, Finland

Xue Li, University of Queensland,Australia

Jong-Hwan Kim, Korea Advanced Institute of Science and Technology, Korea

Takayuki Takahashi, Fukushima University, Japan

Yinong Chen, Arizona State University, USA

主 编:石晓辉

副 主 编:彭 熙

## 车辆工程

栏目主持人:石晓辉 教授 胡远志 教授

栏目协办:重庆汽车工程学会

重庆市(四川省)兵工学会车辆工程专委会

SUV 与轿车正面碰撞相容性研究

胡远志,黄 杰,刘 西,等(1)

某微型客车钢制车轮振动疲劳寿命预测与轻量化设计

王维平,王 霄,张云清(9)

基于传递路径分析的激励对汽车平顺性的影响

潘道远,王 刚,唐 冶(16)

车内 ANC 系统次级通道辨识及仿真研究

陆森林,蹇 超(22)

推力钢带式 and 链式无级变速器 NVH 性能研究

潘国扬,林 健(28)

## 机械·材料

基于高斯混合模型与改进网格搜索法的轴承故障诊断

陈远帆,李舜酩(34)

盘式涡流永磁耦合器磁场分析

方 军,陶红艳,余成波(40)

一种可粘结 PPC/PE 的复合胶粘剂的制备

江 肿,陈立功,张建威(47)

## 能源·环境

基于 ACARR 模型的布伦特原油价格波动研究

郭名媛,蒲赢健(51)

微波处理焦化尾水中难降解有机物的 GC/MS 分析

罗飞翔,蔡昌凤,孙 敬,等(57)

油酸甲酯对正十六烷清净性的影响

马雪亮,王 九,陈波水,等(64)

## 药学与医学

青年人胃癌中 Cathepsin B 的表达及意义

何琳莉,文 彬,蹇顺海(69)

mTOR 抑制剂的三维定量构效关系研究

毛黎静,文晓荣,舒 茂(74)

## 信息·计算机

- 基于混合蛙跳算法的水文模型参数估计方法 火久元,刘立群,赵红星(80)
- 最优组合赋权法在信息安全风险评估中的应用 刘加伶,付明明,冯欣,等(87)
- 一种彩色图像分割的障碍物识别方法 侯之旭,张建勳(94)

## 电子·自动化

- 一种混合滤波器组 ADC 对时序误差的敏感度研究 胡雅洁(99)
- 基于永磁同步电机的 EMA 三闭环伺服控制系统 赵晨,周洁敏,李小明(104)
- 基于 PSO 优化参数的最小二乘支持向量机短期负荷预测 吴文江,陈其工,高文根(112)
- 利用光电效应原理估算孤立带电金属球上的电荷数量 刘雪芹,李登仟(116)
- 车载危险品在途运输的智能跟踪监控系统实现 邓新莉(121)

## 数学·统计学

- 基于 FAHP 的公私合作伙伴关系(PPP)模式适用性研究 丰景春,钟云,薛松(126)
- 水利科技成果评价指标体系构建及应用 袁杰,袁汝华(134)
- 重庆市城镇化综合评价指标体系应用研究 胡爱平,邱世芳,伍度志(140)
- Banach 空间中广义  $f$ -投影算子连续性的应用 张冬杨,苏亚坤(149)

## CONTENTS

Research on Compatibility of Frontal Crash Between SUV to Sedan .....	HU Yuan-zhi, HUANG Jie, LIU Xi, et al(1)
Evaluation of Vibration Fatigue Life of Steel Wheel on Mini-Bus and Structural Redesign Based on Weight Reduction .....	WANG Wei-ping, WANG Xiao, ZHANG Yun-qing(9)
Influence of Excitation on Vehicle Ride Comfort Based on Transfer Path Analysis .....	PAN Dao-yuan, WANG Gang, TANG Ye(16)
Simulation Research on Secondary Path Identification of ANC System in Vehicle .....	LU Sen-lin, MO Chao(22)
Investigation into NVH Performance of Push Belt CVT and Chain CVT .....	PAN Guo-yang, LIN Jian(28)
Bearing Fault Diagnosis Based on Gauss Mixture Model and the Improved Grid Search Method .....	CHEN Yuan-Fan, LI Shun-ming(34)
Magnetic Field Analysis for Disc and Eddy Current Type of Permanent Magnet Couplers .....	FANG Jun, TAO Hong-yan, YU Cheng-bo(40)
Preparation of Composite Adhesive Bonding of PPC/PE .....	JIANG Chong, CHEN Li-gong, ZHANG Jian-wei(47)
Volatility Analysis of Brent Crude Oil Price Based on ACARR Model .....	GUO Ming-yuan, PU Ying-jian(51)
Microwave Treatment of Refractory Organic Compounds in Coking Tail Water by GC/MS Analysis .....	LUO Fei-xiang, CAI Chang-feng, SUN Jing, et al(57)
Research on Detergency Affect of Methyl Oleate to N-Hexadecane .....	MA Xue-liang, WANG Jiu, CHEN Bo-shui, et al(64)
Expression of Cathepsin B and Its Significance in Gastric Cancer Tissue of Young Patient .....	HE Lin-li, WEN Bin, JIAN Shun-hai(69)
3D-QSAR Studies on Thiazole Derivatives as mTOR Protein Inhibitors .....	MAO Li-jing, WEN Xiao-rong, SHU Mao(74)
Research of Parameters Estimation Method for Hydrological Model Based on Shuffled Frog Leaping Algorithm .....	HUO Jiu-yuan, LIU Li-qun, ZHAO Hong-xing(80)
Application of Optimal Combined Weights Method in Information Security Risk Assessment .....	LIU Jia-ling, FU Ming-ming, FENG Xin, et al(87)
A Method of Color Image Segmentation Used in Obstacle Recognition .....	HOU Zhi-xu, ZHANG Jian-xun(94)
Sensitivity of a Hybrid Filters Banks ADC to Jitter .....	HU Ya-jie(99)
Three-Closed-Loop Servo Control System of EMA Based on Permanent Magnet Synchronous Motor .....	ZHAO Chen, ZHOU Jie-min, LI Xiao-ming(104)
Parameter Selection for LSSVM Based on PSO to Short-Term Power Load Forecasting .....	WU Wen-jiang, CHEN Qi-gong, GAO Wen-gen(112)
Estimation of Number of Charges on Isolated Charged Metal Spheres Using Photoelectric Effect Theory .....	LI Xue-qin, LI Deng-qian(116)
Implementation of Intelligent Dynamic Tracking Monitoring System for Transportation-in Hazardous Goods of Vehicle .....	DENG Xin-li(121)
Study on Suitability of Public-Private Partnership Model Based on FAHP .....	FENG Jing-chun, ZHONG Yun, XUE Song(126)
Design and Application Research on Evaluation Index System of Water conservancy Sci-Tech Achievements .....	YUAN Jie, YUAN Ru-hua(134)
Research on Application of Comprehensive Evaluation Index System of Urbanization in Chongqing .....	HU Ai-ping, QIU Shi-fang, WU Du-zhi(140)
Application of Generalized $f$ -Projection Operation's Continuity in Banach Spaces .....	ZHANG Dong-yang, SU Ya-kun(149)



doi: 10.3969/j.issn.1674-8425(z).2016.03.016

## 一种彩色图像分割的障碍物识别方法

侯之旭, 张建勋

(重庆理工大学 计算机科学与工程学院, 重庆 400054)

**摘 要:** 移动机器人障碍物检测是机器人避障和移动路径规划的基础, 为了提高视觉机器人障碍物检测能力, 尤其是障碍物识别能力, 针对传统的灰度图像分割作为障碍物目标识别方法在某些环境下效果不佳的问题, 提出一种基于彩色图像分割的障碍物检测方法。首先充分利用HSI颜色模型中各个颜色分量的特征, 再结合Otsu自适应阈值方法进行对应空间的图像阈值分割。考虑到机器人工作环境下外界光照条件变化较大的特点, 提出了对亮度空间I进行非线性指数变换处理的做法, 以解决图像分割和障碍物识别易受光照变化影响的问题。实验结果证明了该方法的可行性和有效性, 可为障碍物检测提供清晰准确的障碍物识别结果。

**关 键 词:** 灰度图像分割; HSI颜色空间; Otsu算法; 指数变换; 开运算

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1674-8425(2016)03-0094-05

## A Method of Color Image Segmentation Used in Obstacle Recognition

HOU Zhi-xu, ZHANG Jian-xun

(College of Computer Science and Engineering, Chongqing University of Technology,  
Chongqing 400054, China)

**Abstract:** Mobile robot obstacle detection is the basis of robot obstacle avoidance and mobile path planning. In order to improve the detection ability of the obstacle detection in the visual robot, especially the obstacle recognition ability, aiming at the problem of the traditional gray image segmentation as an obstacle to the target recognition method in some environment, a method for the detection of obstacle detection based on color image segmentation was proposed. Firstly, the characteristics of each color component in the HSI color model were fully utilized, and the image threshold segmentation based on the Otsu adaptive threshold method was applied. In addition, considering the change of the environment of the robot working environment, the changes of the illumination conditions are relatively

收稿日期: 2015-09-10

基金项目: 企业信息化与物联网测控技术四川省高校重点实验室项目(2015WZJ02)

作者简介: 侯之旭(1988—), 男, 硕士研究生, 主要从事计算机图形图像学研究; 张建勋(1971—), 男, 博士, 教授, 主要从事图像处理与分析、实时计算机图形学等方面研究。

引用格式: 侯之旭, 张建勋. 一种彩色图像分割的障碍物识别方法[J]. 重庆理工大学学报(自然科学), 2016(3): 94-98.

Citation format: HOU Zhi-xu, ZHANG Jian-xun. A Method of Color Image Segmentation Used in Obstacle Recognition[J]. Journal of Chongqing University of Technology (Natural Science), 2016(3): 94-98.

large, we proposed a method to deal with the nonlinear exponential transformation of the luminance space  $I$  in order to improve the image segmentation and obstacle recognition, and the problem is easily affected by illumination changes. Experimental results demonstrate the feasibility and effectiveness of the proposed method and it can provide clear and accurate obstacle recognition result for obstacle detection.

**Key words:** gray image segmentation; HSI color space; Otsu method; exponential transformation; open operation

当前,障碍物检测技术已成为智能车辆自主导航领域研究的重点,在国内外障碍物检测相关研究中出现了许多算法。从单一化的传感器应用到多传感器融合,以及基于机器视觉的方法<sup>[1]</sup>。与其他方法相比,基于视觉的方法具有成本低、信息丰富、探测范围广等诸多优势,成为当前热门的研究方向。基于机器视觉的方法的一般步骤为图像数据采集、图像分割、目标识别、场景理解、执行顶层行为控制策略<sup>[2]</sup>。基于视觉的障碍物检测分为基于立体视觉的方法和基于单目视觉的方法。文献[3]在列举分析了机器视觉的各种障碍物检测方法的基础上认为当前基于单目视觉的障碍物检测方法较为合适。本文所涉及的基于彩色图像分割的障碍物检测方法也属于单目视觉的障碍物检测方法。

通常在基于视觉障碍物检测方法的第2步和第3步,即图像分割和目标识别阶段,大多数研究的做法都是把摄像机采集的彩色图像转换为灰度图像,再利用图像分割技术进行图像的二值化、障碍物目标的提取<sup>[4]</sup>。由于人眼对亮度具有适应性,在任一幅图像上只能识别几十种灰度级,但可以识别多种颜色,所以当仅靠灰度信息不容易从背景中提取目标时可以借助色彩信息<sup>[5]</sup>。本文采用一种基于HSI颜色空间的图像分割方法<sup>[6]</sup>,通过充分利用彩色图像颜色空间各颜色分量的特点,使用不同的分割方法,然后再将分割后的各个颜色分量的二值图像合成最终的分割结果,以获得较好的效果。

机器人在工作环境下由于光照条件复杂会影响图像的分割结果和障碍物目标的准确识别,文献[7-8]指出基于视觉的障碍物目标检测方法存

在着易受地面纹理和环境光照变化影响的问题。结合本文所采用的方法,由于彩色图像在HSI颜色空间中,亮度分量 $I$ (intensity)受光照条件影响最明显,所以本文在针对颜色分量 $I$ 进行阈值分割时,引入了图像增强领域中的非线性灰度增强思路,采用指数变换自适应调整亮度空间对比度的做法<sup>[9]</sup>。

## 1 彩色图像分割

### 1.1 HSI 颜色空间

非线性变换空间HSI由色度(hue)、饱和度(saturation)、亮度(intensity)组成<sup>[10]</sup>,是一种接近人眼的色彩感知空间。其中: $I$ 表示亮度,主要受光源强弱影响; $H$ 表示色度,即人的感官对不同颜色的感受; $S$ 表示颜色的纯度。在饱和度 $S=0$ , $I$ 值从0变大时图像将从黑到白呈灰度变化; $I$ 和 $H$ 一定,饱和度 $S$ 由小变大时,图像由灰度图像逐渐变为彩色图像。因此,当饱和度低时,不管色调 $H$ 的值如何,图像都表现为像灰度图像,而当 $S$ 接近1时,才会真正体现出 $H$ 所代表的颜色。

由于HSI颜色空间能将亮度与颜色分开处理,避免受外界光照变化的影响,所以HSI颜色空间比RGB更适合图像分割和目标识别<sup>[11]</sup>。

### 1.2 HSI 空间图像分割

将普通图像分割方法应用于不同颜色空间的每个颜色分量上,分割结果通过一定的方式组合,即可获得图像分割结果<sup>[12]</sup>。

文献[13]针对HSI颜色空间的特点,提出对3个分量进行分割的方法。具体思路是:①利用 $S$ 区分高饱和度区域和低饱和度区域;②利用 $H$ 分



量对高饱和度区进行分割;③利用 $I$ 分量对低饱和度和度区进行分割。假设HSI的3个颜色分量的分割阈值分别为 $H_m$ 、 $S_m$ 、 $I_m$ 。具体流程如图1所示。

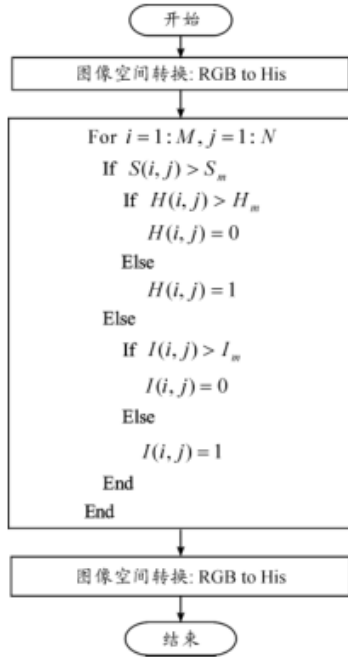


图1 HSI空间图像序列分割算法流程

### 1.3 阈值选取方法

本文采用最大类间方差法作为分割阈值选取方法。该方法的优点是计算简单、稳定、实用性强,能够提高图像分割效果。利用图像灰度统计直方图,通过某个指定的灰度级将图像分成目标和背景2个部分,并分别计算两部分的类内方差以及两部分之间的方差比值,其分割原理如下:

把一幅数字图像 $f(x, y)$ 中的像素按灰度级用阈值 $T$ 分为 $C_0$ 和 $C_1$ 类,定义类间方差为 $\sigma^2(T)$ :

$$\sigma^2(T) = P_0(u - u_0)^2 + P_1(u - u_1)^2 \quad (1)$$

其中: $P_0$ 和 $P_1$ 分别是两类灰度值像素点的总概率; $u_0$ 和 $u_1$ 分别为均值。所求阈值为 $\sigma^2(T)$ 取得最大值时的灰度级,即

$$T^* = \{T^* \mid \sigma^2(T^*) \geq \sigma^2(T), \forall T \in [f_{\min}, f_{\max}]\} \quad (2)$$

相比传统的固定全局阈值分割,Otsu的自适应

阈值选取方法能较好地适应图像背景和目標灰度值区别不大的情况。且Otsu法也是基于灰度值统计直方图的方法,只需执行一遍从图像的最小灰度值到最大灰度值的像素点分类临界值的循环计算即可。由于采用每个灰度级作为临界值对像素点进行分类得到类间方差,取类间方差最大时的临界灰度值为分割阈值,因而并没有引入过大的计算量。分割结果对比如图2所示。

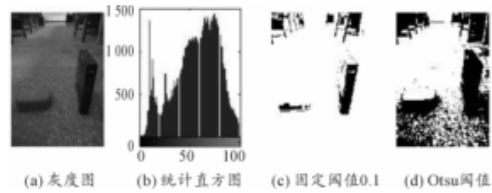


图2 固定阈值分割与Otsu的对比

## 2 调整图像亮度

机器人在行进中必须适应不同的光照变化,尤其是较暗的条件<sup>[14]</sup>。由于分量 $I$ 主要反映亮度信息,所以在本文方法中,在对 $I$ 分量进行分割前,先根据 $I$ 均值进行亮度调整。

### 2.1 非线性灰度变换

文献[15]的非线性灰度变换主要有2种扩展方法,对数方法和指数方法。

### 2.2 亮度调整

指数变换常用于图像的对比度增强,常用的指数变换公式为

$$s = cr^\gamma \quad (3)$$

其中, $c$ 和 $\gamma$ 为正常数。当 $c=1$ 时,通过对 $\gamma$ 的各种值进行分析可知:当 $\gamma$ 值小于1时,能使 $r$ 在值较小时的某个范围变动时起放大作用,因此对于较暗的图像,适合使用 $\gamma$ 小于1的指数变换,从而使较暗的区域得到拉伸,增强细节和整体亮度。在本文方法中, $H$ 、 $S$ 、 $I$ 分量已经归一化, $I$ 分量的均值代表了图像的整体亮度,根据亮度分量 $I$ 的均值选取 $\gamma$ 值:均值越小,图像越暗,适合选取较小的 $\gamma$ 值使图像较暗的区域得到拉伸。基于 $I$ 均值

的图像亮度的增强公式为

$$I = I^{\mu(I)} \quad (4)$$

其中,  $\mu(I)$  为图像亮度的均值。

应用指数变换对亮度空间进行亮度调整,用来减轻环境光照条件变化对目标提取的影响。鉴于本文介绍的基于 HSI 颜色空间的彩色图像分割思路,需要在程序流程中加入对 I 空间进行亮度调整的步骤,即在图 1 的 HSI 空间图像序列分割算法流程表示的第 1 步和第 2 步之间加入 2 步操作,分别是计算亮度空间 I 的均值和利用均值对 I 空间进行指数变换以调整亮度,变换后的流程如图 3 所示。

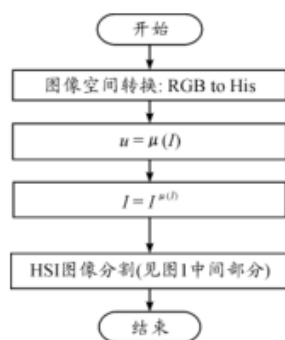


图3 优化后的 HSI 图像分割流程

图4为采用图3流程和图1流程进行图像分割得到的结果。图4(a)为 RGB 原图;(b)为没有对亮度空间 I 进行亮度调整时采用图2流程进行 HSI 空间图像分割的结果;(c)为在步骤中加入对空间 I 进行亮度调整的 HSI 空间图像分割结果。通过对比图4(b)与(c)两幅图像能够明显看出采用指数变换对亮度空间 I 进行亮度调整对于图像分割和目标识别的作用。

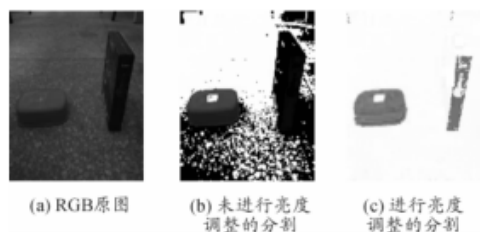


图4 亮度调整的图像分割结果

### 3 实验结果及分析

根据本文所提方法进行仿真实验,获得了较优的效果。实验移动机器人平台为搭载1个摄像头的无线 wifi 智能小车,是一款基于单目视觉系统的智能机器人系统,通过 wifi 信号与计算机控制系统相连接。计算机平台为 2.4 GHz CPU,2 G 内存,软件平台基于开源图像处理库 OpenCV。机器人运动控制程序运行平台为 Visual Studio2010。

本文采用基于 HSI 色彩空间的序列分割方法进行图像分割。根据图1的分割流程,先对 H、S、I 空间分别利用 Otsu 法进行阈值选取,阈值见表1。

表1 HSI 各颜色空间分割阈值

颜色空间	分割阈值
H 空间	0.396 1
S 空间	0.302 0
I 空间	0.223 5

序列分割是指对图像逐个像素点进行二值处理。先对每个像素点在饱和度 S 空间的值与饱和度阈值  $S_m$  进行比较,当饱和度值大于  $S_m$  时,优先使用色调空间进行分割;当小于  $S_m$  时,使用亮度空间进行分割。

鉴于智能小车采集行进前方的障碍物时所处区域光照条件不佳,因而需要对图像亮度空间 I 的颜色值进行指数变换,以改善由于障碍物所在区域局部光照不足对分割结果产生的影响。本实验采用均值对亮度空间 I 进行指数变换,均值如表2。

表2 亮度空间 I 的均值

颜色空间	均值
I 空间	0.231 5

首先通过实验对比传统的基于灰度图像分割与彩色图像 HSI 空间分割的结果。图5为对比实验情况,即障碍物目标分割结果。图5中的第1

幅图像为机器人运动过程中某个时刻拍摄的 1 张照片,将 RGB 原图转换为 HSI 颜色空间,首先对亮度空间进行指数变换,然后利用基于 HSI 的颜色模型的序列分割方法得到分割结果,如图 5(d)所示。图 5(b)和(c)幅图像分别是 RGB 原图的灰度图像和利用 Otsu 法对灰度图像进行阈值分割的分割结果。通过对比图 5(c)和(d)的图像可以观察到:本文采用的基于 HSI 色彩空间序列分割的方法较传统的基于灰度图像分割的方法的性能有了明显改善。

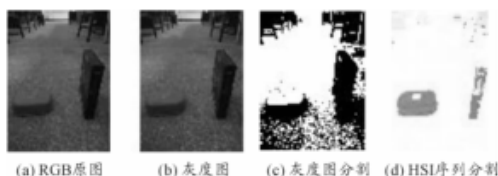


图 5 对比实验图像分割结果

实验中,小车运行前方的障碍物是人工设置的障碍物,一个是倒扣的蓝色容器,一个是黑色的包装盒。通过对比图 5(c)和(d)的图像,尤其是对照倒扣的蓝色容器,发现两种分割结果对该障碍物目标的识别存在较明显的差异。基于 HSI 颜色空间的图像分割技术获得了较好的障碍物目标识别效果,说明了本文方法的有效性。

实验结果表明:基于彩色图像的阈值分割方法可以有效识别障碍物目标。尤其是通过利用 HSI 颜色空间,首先针对每个颜色空间的图像进行阈值分割,然后将结果合成为 RGB 模式,取得图像分割效果。另外,由于机器人运行环境存在环境光照条件不确定的情况,借助亮度空间 I 的均值,对 I 空间进行指数变换,从而使该方法对外界光照的变化有了较好的适应,图像分割结果显示能得到清晰准确的障碍物目标。

#### 4 结束语

视觉机器人运动过程中的障碍物检测是从未知环境中寻找运动路径或避碰的重要一环。本文

使用一种基于彩色图像分割的障碍物目标识别方法,采用对光照条件变化敏感程度低的 HSI 颜色图像空间进行图像分割,利用各个颜色空间有区别地进行阈值分割,然后将得到的各个颜色空间上的分割结果合成在 RGB 颜色空间中的分割结果。由于亮度空间 I 是对环境光照最敏感的颜色分量,故本文利用 I 空间的均值对 I 空间进行指数变换,从而能对光线较暗时的图像进行拉伸,使得图像细节不会因光线暗而被埋没,最终影响障碍物目标的识别。针对移动机器人行进前方障碍物的目标检测实验表明,本文方法准确性好,有一定的鲁棒性,且编程易实现。本文障碍物识别方法也是后续障碍物目标定位,甚至移动机器人控制运动策略完成避障或导航的基础。

#### 参考文献:

- [1] 王天涛,赵永国,常发亮.基于视觉传感器的障碍物检测[J].计算机工程与应用,2015,4(4):180-183.
- [2] NELSON R C,ALOIMONOS J. Obstacle avoidance using flow field divergence[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence,1989,11(10):1102-1106.
- [3] 杜欣,周国,朱云芳,等.基于单目视觉的障碍物检测[J].浙江大学学报(工学版),2008,42(6):913-917.
- [4] 林开颜,吴军辉,徐立鸿.彩色图像分割方法综述[J].计算机图像图形学报,2005,10(1):1-10.
- [5] DESOUZA GN,KAK AC. Vision from mobile robot navigation:a Survey[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence,2002,24(2):237.
- [6] ULIRISH I,NOURBAKHSH I. Appearance-based obstacle detection with monocular color vision[C]//Proceedings of the AAAI National Conference on Artificial Intelligence, Austin Texas, USA:[s. n.],2000:866-871.
- [7] BATAVIA P H,SINGH S. Obstacle detection using adaptive color segmentation and color stereo homography[C]//Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation. Seoul, Korea:[s. n.],2001:705-710.

(下转第 111 页)

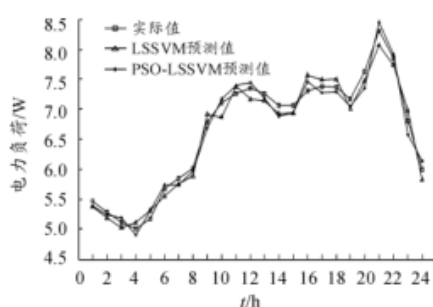


图2 预测效果

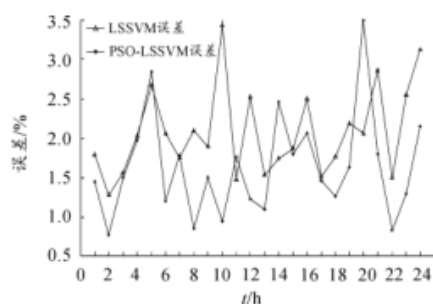


图3 预测误差

## 5 结束语

针对短期负荷预测的问题,本文采用粒子群智能算法对 LSSVM 进行参数寻优,有效克服了以往 LSSVM 选取参数的盲目性。相比当前普遍使

用的试验验证法确定 LSSVM 参数的方法,利用粒子群优化算法选取参数在理论上更有明确的指导方向。市区的实际电网数据表明:本文方法结构较为合理,运算速度快,拥有良好的预测精度。

## 参考文献:

- [1] 康重,夏清,刘梅. 电力系统负荷预测[M]. 北京:中国电力出版社,2007.
- [2] 牛东晓,刘达,陈广娟,等. 基于遗传优化的支持向量机小时负荷滚动预测[J]. 电工技术学报,2007,22(6):148-153.
- [3] 张红梅,卫志农,龚灯才,等. 基于粒子群支持向量机的短期电力负荷预测[J]. 继电器,2006,34(3):28-31.
- [4] 杨延西,刘丁. 基于小波变换和最小二乘支持向量机的短期电力负荷预测[J]. 电网技术,2005,29(13):60-64.
- [5] 叶林,刘鹏. 基于经验模态分解和支持向量机的短期风电功率组合预测模型[J]. 中国电机工程学报,2011,31(31):102-108.
- [6] 尹新,周野,何怡刚,等. 自适应粒子群优化灰色模型的负荷预测[J]. 电力系统及自动化学报,2010,22(4):41-44.

(责任编辑 杨黎丽)