

# 机器人视觉中的障碍物优化识别方法研究

李丽丽

(齐齐哈尔大学计算机与控制工程学院, 黑龙江 齐齐哈尔 161006)

**摘要:** 针对机器人视觉中障碍物识别的准确率和速度问题, 机器人对障碍物的识别主要依据障碍物以背景在颜色、纹理、形状上的差异特征完成识别的, 但是, 当前的单目识别过于依赖差异特征为主, 一旦障碍物与背景的差异特征较小, 会造成障碍物特征的淡化。传统算法需要进行多次校对识别, 降低了识别的准确率和效率。提出采用 Hough 变换的机器人视觉中障碍物的识别方法。通过机器人头部的超声波传感器获得机器人与障碍物的距离, 利用三角形成像原理建立障碍物的识别模型, 采用 Hough 变换的方法确定障碍物在机器人视觉采集的图像中的直线边缘, 利用约束条件获得障碍物的最大高度和最大宽度, 完成了障碍物的准确识别。仿真结果表明, 改进算法能够提高机器人视觉识别的准确率和速度。

**关键词:** 机器人; 视觉; 障碍物识别

**中图分类号:** TP24      **文献标识码:** B

## Research on Optimization Recognition Method for the Obstacle in Robot Vision

LI Li-li

(College of Computer and Control Engineering, Qiqihar university, Qiqihar Heilongjiang 161006, China)

**ABSTRACT:** In view of the accuracy and speed of obstacle recognition in robot vision, the realization of obstacle recognition of robot is based on the difference characteristics of the background in color, texture and shape. However, current single target recognition is too much dependent on the difference characteristics, once the difference characteristics of the obstacle and the background are small, it will cause the dilution of the characteristics of the obstacle. Traditional algorithms need to be checked and identified for many times to reduce the accuracy and efficiency of the identification. An identification method for the obstacles in robot vision based on Hough transform is proposed. The distance between robot and obstacle is obtained by ultrasonic sensor in robot head. The recognition model of obstacle is established by using the triangle imaging principle. Hough transform method is used to determine the linear edge of obstacles in the image of robot vision acquisition. The maximum height and the maximum width of the obstacle are obtained by using the constraint condition to compete the accurate recognition of obstacle. The simulation results show that the proposed algorithm can improve the accuracy and speed of the robot visual identification.

**KEYWORDS:** Robot; Vision; Obstacle recognition

### 1 引言

随着机器人技术的快速发展, 机器人的应用范围也越来越广泛<sup>[1]</sup>。对于机器人来说, 利用视觉传感器进行障碍物的识别是其核心技术, 机器人只有准确对障碍物进行识别, 才能躲避障碍物, 并顺利通过各种复杂的地形<sup>[2]</sup>。但是, 有两种情况会造成复杂的地形不能通过, 一种是具有复杂几何特性的物体或者地形, 另外一种是因密度、粘度的不同而不能

通过的地形<sup>[3]</sup>。在此, 将机器人可通过的地形环境定义为不包含非几何特性的物体或者地形<sup>[4]</sup>。机器人视觉中的障碍物识别与地形环境中的障碍物分布与形状密切相关, 如何实时准确的对地形环境中的障碍物进行准确识别<sup>[5]</sup>, 是机器人能否顺利通过复杂地形的关键, 也是机器人领域中的一个热点研究课题, 受到了越来越多人们的重视<sup>[6]</sup>。

当前阶段, 主要的机器人视觉中的障碍物识别方法包括基于支持向量机的障碍物识别方法<sup>[7]</sup>、基于神经网络的障碍物识别方法和基于 PCA 算法的障碍物识别方法<sup>[8]</sup>。其中, 最常用的是基于神经网络的机器人视觉中的障碍物识别方

收稿日期: 2015-09-24    修回日期: 2015-10-08

法<sup>[9]</sup>。由于机器人视觉中的障碍物识别方法在机器人领域具有无可替代的作用,因此,该课题拥有广阔的发展前景,并成为很多学者研究的重点课题<sup>[10]</sup>。

机器人的视觉传感器相对于普通的传感器更接近于人类的视觉感知方式。但是,机器人的视觉传感器容易受到光照条件的影响,一旦光照条件过强或过弱,将会造成机器人视觉对障碍物识别的准确率降低。

针对上述传统算法存在的缺陷,提出一种基于 Hough 变换的机器人视觉中障碍物的识别方法。利用机器人头部的超声波传感器获得机器人与障碍物的距离,利用三角形成像原理建立障碍物的识别模型,利用 Hough 变换的方法确定障碍物在机器人视觉采集的图像中的直线边缘,利用约束条件获得障碍物的最大高度和最大宽度,完成了障碍物的准确识别。仿真结果表明了改进算法在机器人视觉识别方面的优势。

## 2 机器人视觉中的障碍物识别原理

机器人在进行障碍物识别的过程中,需要将障碍物的轮廓平均划分为  $N$  等份,即在障碍物轮廓中包含  $N$  个点,将每一个点作为一个坐标值,则障碍物的坐标为  $(x_i, y_i) i = 1, 2, \dots, N$ ,  $N$  为障碍物轮廓的等分点的数目,则障碍物的中心坐标为  $(x_c, y_c)$ , 其中  $x_c = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, y_c = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i$ 。

设置障碍物轮廓上的任意一点到中心的距离为  $r_i$ , 其中  $r_i = \sqrt{(x_i - x_c)^2 + (y_i - y_c)^2}$ , 则所有均分点到重心的距离构成的特征向量为  $R = (r_1, r_2, r_3, \dots, r_N)$ , 利用下述公式能够对上述特征向量进行傅里叶变换

$$a_n = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N r_i \exp(-j2\pi ni/N) \quad (1)$$

其中  $j = 1, 2, \dots, N$ 。

利用下述公式能够对傅里叶系数进行归一化处理

$$f = \left| \left| \frac{a_2}{a_1} \right|, \left| \frac{a_3}{a_1} \right|, \left| \frac{a_4}{a_1} \right|, \dots, \left| \frac{a_N}{a_1} \right| \right| \quad (2)$$

利用式(2)能够得到傅里叶描述子。

利用上述方法能够得到障碍物的特征向量,然后利用隐马尔科夫模型进行障碍物的识别。具体方法如下所述:

1) 初始化。设置障碍物识别的模型为  $\lambda = (\pi, A, B)$ , 其中  $\pi$  为障碍物的初始状态的概率矩阵,  $A$  为障碍物的状态变化矩阵,  $B$  为障碍物的状态输出矩阵。设置障碍物的初始状态概率矩阵为  $\pi = (1, 0, \dots, 0)$ ,  $A$  的初始值为

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & a_{22} & a_{23} & \dots & 0 \\ 0 & 0 & a_{33} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & a_{NN} \end{pmatrix} \quad (3)$$

其中,矩阵中的每一行的和都是 1,并且有:  $a_{11} = a_{12}, a_{22} = a_{23}, \dots, a_{N-1, N-1} = a_{NN}$ 。

设置每种障碍物的码本大小为  $M$ , 则离散隐马尔科夫模型中每种障碍物都有  $M$  种输出概率,因此  $B$  为  $N$  行  $M$  列的状态输出矩阵。

设置  $B$  的初始值为

$$b_j(k) = \frac{1}{\text{码本大小}} \quad (4)$$

此处  $b_j(k)$  为矩阵  $B$  中第  $j$  行第  $k$  列的元素。

2) 确定相关参数。在获得障碍物的识别模型后,利用已知的障碍物特征向量对模型的参数进行训练。在训练的过程中,采用相同的训练次数对每一种障碍物的特征向量训练 10 次。

3) 障碍物的识别。将待识别的障碍物的特征向量  $O(O = v_1 v_2 \dots v_T, T$  为视觉采集的时间长度) 输入到已经训练好的隐马尔科夫模型  $\lambda_i$  中,通过前向算法获得障碍物特征向量  $O$  在识别模型  $\lambda_i$  下的输出概率  $p(O/\lambda_i)$ , 模型输出的最大概率对应的障碍物特征向量,即为待识别障碍物从属的类别。

根据上面阐述的方法,机器人能够对视觉中的障碍物进行准确识别,为机器人顺利通过复杂地形环境提供了准确的依据。

## 3 基于 Hough 变换的障碍物识别方法

利用传统算法进行机器人视觉中障碍物识别的过程中,没有充分考虑光照条件造成的影响,一旦光照条件发生变化,将会降低对障碍物识别的准确率。为此,提出一种基于 Hough 变换的机器人视觉中的障碍物识别方法。

### 3.1 建立障碍物识别模型

由于将机器人可通过的地形环境定义为不包含非几何特性的物体或者地形,因此,可以将机器人视觉中可识别的障碍物划分为三类:①具有固定几何特性的障碍物,如正方形、长方形、圆形的障碍物;②具有斜面的障碍物,如上下坡;③无固定几何特性的障碍物。

机器人在利用视觉识别障碍物的过程中,当视觉传感器的视线投射在障碍物上时,其成像过程符合三角形成像原理,设置  $L_z$  为机器人视觉传感器距离障碍物的距离,由机器人头部的超声波传感器测得  $H$  为障碍物的高度,  $\beta$  为机器人视觉角度,  $X_1$  为图像的宽度,  $Y_1$  为图像的长度,  $w$  为图像中障碍物的宽度,  $h$  为图像中障碍物的长度。由三角形成像原理能够得到下述公式

$$\frac{H}{h} = \frac{2H_c}{Y_1} \quad (5)$$

$$H_c \approx L_z \tan \frac{\beta}{2} \quad (6)$$

由式(5)、(6)能够得到下述公式

$$H = L_z \frac{2L_z \tan \frac{\beta}{2}}{Y_1} \times h \quad (7)$$

其中  $\alpha$  为机器人的水平视觉角度。

由上述公式可知,机器人在利用视觉进行障碍物识别的

过程中,障碍物的具体形状与  $L_z, \alpha, \beta, X_l, Y_l, w, h$  这几个参数有关,而前4个参数是由视觉传感器本身的性能决定的,因此,如何快速识别障碍物的宽度  $w$  和高度  $h$  是障碍物准确识别的关键。

### 3.2 对障碍物的直线进行准确检测

在进行障碍物识别的过程中,为了快速检测障碍物的宽度和高度,需要从时频域和空间域出发进行检测,具体的步骤有三个,分别为:①小波变换,主要用于检测障碍物的轮廓信息,消除干扰噪声;②采用微分算子对小波变换后的障碍物图像二值化处理;③采用 Hough 变换的方法对障碍物进行识别。其中, Hough 变换的方法对障碍物进行识别是核心部分,具体的步骤如下所述:

1) 任意选取一个非零点  $A(x_a, y_a)$  作为基点确定障碍物识别的子区域  $R(r \times r)$ ;

2) 在这个子区域内依次搜索其它非零点  $B_i(x_i, y_i)$ , 利用下述公式计算每个非零点  $B_i(x_i, y_i)$  和  $A(x_a, y_a)$  隶属直线的参数  $(\rho_i, \theta_i)$

$$\begin{cases} \theta_i = \tan^{-1} \frac{y_a - y_i}{x_a - x_i} \\ \rho_i = x_i \cos \theta_i + y_i \sin \theta_i \end{cases} \quad (8)$$

其中  $\rho_i$  为障碍物图像坐标原点  $o$  与直线  $l$  的距离,  $\theta_i$  为坐标原点  $o$  到直线  $l$  的垂直线与水平方向的夹角。

3) 对障碍物图像的局部区域的阈值进行对比: 设置  $\rho$  的变化区间为  $\Delta\rho$ ,  $\theta$  的变化区间为  $\Delta\theta$ , 若所有参数的变化区间  $(\rho_i + \Delta\rho_i, \theta_i + \Delta\theta_i)$  中的参数对的数目是  $n_i$ , 搜索出现最大值  $n_{\max}$  的变化区间, 设置阈值为  $L_t$ , 判断  $L_t$  与  $n_{\max}$  之间的关系, 若  $n_{\max} > L_t$ , 则以参数  $(\rho_i, \theta_i)$  作为通过点  $A(x_a, y_a)$  的参数; 若  $n_{\max} \leq L_t$ , 则将点  $A(x_a, y_a)$  清零。

4) 扩大搜索范围, 并将  $A(x_a, y_a)$  清零, 直至障碍物图像中没有非零点为止。

5) 对障碍物区域中所有的阈值进行比较, 若比  $L_t$  大, 则检测到直线, 反之, 则检测不到直线。

通过上述方法能够检测到障碍物轮廓的多条直线。已知机器人视线的角度, 机器人视觉在垂直平面上检测的障碍物的面积  $R$  与距离  $L_z$  有关, 它们之间的关系如下所述

$$R = f(L_z) \quad (9)$$

机器人视觉检测到的障碍物面积  $R$  与其在图像中的面积如下所述

$$S = m(R) \quad (10)$$

根据式(9)和式(10)可知, 机器人视觉检测到的距离值  $L_z$  与障碍物在图像中的区域的关系如下所述

$$S = g(L_z) \quad (11)$$

由于改进算法识别的障碍物为具有规则几何特性的障碍物, 因此, 在检测区域内  $\theta$  的取值范围为  $\theta \in [88^\circ, 92^\circ] \cup [0^\circ, 2^\circ] \cup [178^\circ, 180^\circ]$ , 设置在  $\theta \in [88^\circ, 92^\circ]$  范围内直线的最大值为  $\rho_v$ , 在  $[0^\circ, 2^\circ] \cup [178^\circ, 180^\circ]$  范围内的最大值为  $\rho_h$ , 则图像中障碍物的高度和宽度的计算公式如下所述

$$\begin{cases} h = |\rho_{h1} - \rho_{h2}| \\ w = |\rho_{v1} - \rho_{v2}| \end{cases} \quad (12)$$

根据上面阐述的方法, 利用机器人头部的超声波传感器获得机器人与障碍物的距离, 利用三角形成像原理建立障碍物的识别模型, 利用 Hough 变换的方法确定障碍物在机器人视觉采集的图像中的直线边缘, 利用约束条件获得障碍物的最大高度和最大宽度, 完成了障碍物的准确识别, 为机器人顺利通过复杂地形提供了准确的依据。

## 4 实验结果及分析

### 4.1 实验环境设置

为了验证改进算法在机器人视觉中障碍物识别方面的有效性, 需要进行一次实验, 利用传统算法进行对比实验。利用仿真软件 matlab 7.1 构建实验环境。机器人配置的传感器的参数如表 1 所示:

表 1 机器人传感器参数

视觉传感器		超声波传感器	
焦距	8mm	数目	8 对
感光元件	2/3CCD	单个有效角度	22.5°
水平视觉角度	45°	检测范围	0.2 ~ 10m
垂直视觉角度	48°	精度	0.02m

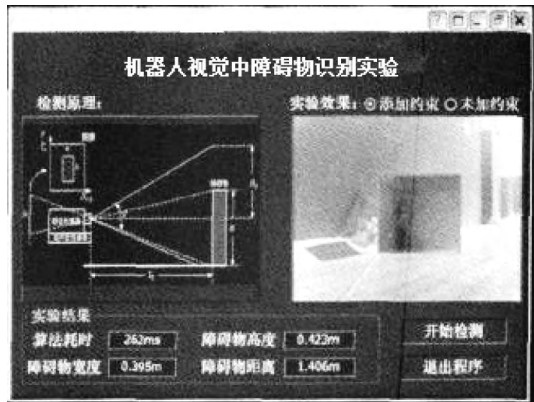


图 1 改进算法的显示界面

为了获得更好的显示效果, 编写了如下图 1 中的界面。

### 4.2 不同算法实验结果对比与分析

利用不同算法进行机器人视觉中的障碍物识别实验, 实验结果能够用下表 2 和表 3 进行描述:

表 2 相同障碍物不同距离的识别结果

距离	1000mm		2000mm		3000mm	
障碍物特征	h	w	h	w	h	w
实际值	132	78	132	78	132	78
传统算法	125	72	114	69	103	57
改进算法	132	77	129	76	126	73

表3 相同距离不同障碍物的识别结果

距离	2000mm		2000mm		2000mm	
障碍物特征	h	w	h	w	h	w
实际值	80	70	100	80	150	120
传统算法	76	65	86	72	132	103
改进算法	79	68	97	79	146	117

根据上表中的实验结果能够得知,对于相同障碍物不同距离的识别结果,随着距离的不断增大,两种算法的误差都有增大的趋势,但是改进算法的误差明显低于传统算法;对于相同距离不同障碍物的识别结果,改进算法能够更准确的识别障碍物的边缘特征,识别的精确度相对传统算法有着显著的增加。这是因为在改进算法中,视觉传感器能够捕捉障碍物的轮廓信息,而超声波传感器能够测量机器人与障碍物之间的距离,视觉传感器由于采用了高精度的光感/远红外双重功能的传感器,因此改进算法能够从硬件上就具备了较强的抗干扰性能,降低了光照条件对机器人视觉识别的影响程度。

在上述实验的过程中,机器人的行进速度保持在在0.5m/s左右,利用不同算法进行机器人视觉中障碍物的识别,根据识别结果躲避障碍物,不同算法的耗时实验结果能够用下图2进行描述:

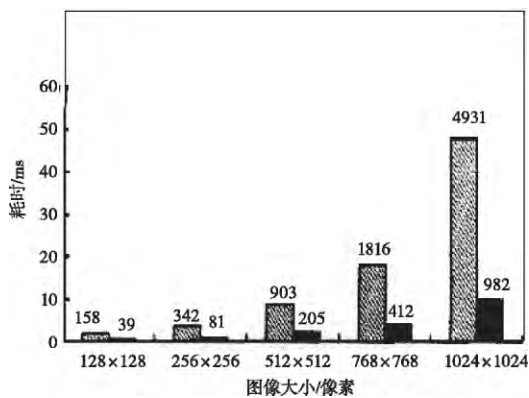


图2 不同算法的耗时实验结果

根据上图2中的实验结果能够得知,改进算法的耗时明显低于传统算法的识别速度,并且达到了机器人视觉识别障碍物实时性的要求。这充分表明改进算法能够完全满足机器人对识别障碍物的效率和准确率的要求,为机器人顺利通

过复杂地形提供了准确的决策依据。

## 5 结束语

针对传统算法存在的缺陷,提出一种基于Hough变换的机器人视觉中障碍物的识别方法。利用机器人头部的超声波传感器获得机器人与障碍物的距离,利用三角形成像原理建立障碍物的识别模型,利用Hough变换的方法确定障碍物在机器人视觉采集的图像中的直线边缘,利用约束条件获得障碍物的最大高度和最大宽度,完成了障碍物的准确识别。仿真结果表明,改进算法能够提高机器人视觉的准确率和速度,取得了令人满意的效果。

## 参考文献:

- [1] 王文明. 基于全景图合成的机器人视觉中的人脸识别方法[J]. 信息安全, 2013: 21-26.
- [2] 曲响卿. 机器人自动控制中视觉障碍寻优方法研究[J]. 科技通报, 2013, 29: 146-148.
- [3] 朱一峰. 象棋机器人视觉识别算法研究[J]. 江汉大学学报(社会科学版), 2013, 41(3): 51-56.
- [4] 高丽. 机器人视觉系统分析与识别研究[J]. 消费电子, 2013: 82-82.
- [5] 董本志, 任惠娟, 任洪娥. 机器人视觉中障碍物刚柔性的判别方法[J]. 计算机工程与应用, 2013, 49: 155-159.
- [6] 王忠亮, 吴功平, 何缘. 基于单目机器视觉的高压输电线路障碍物定位研究[J]. 机械设计与制造, 2015: 85-87.
- [7] 余锋, 程兴国, 肖南峰. 双机器人视觉协调装配零件系统研究[J]. 机械设计与制造, 2013: 193-196.
- [8] 刘洲洲. 基于室内环境识别的机器人视觉导航[J]. 电子产品世界, 2014: 30-32.
- [9] 汤一平, 姜荣剑, 林璐璐. 基于主动式全景视觉的机器人障碍物检测[J]. 计算机科学, 2015, 42(3): 284-288.
- [10] 何焱, 张翼飞. 基于双目视觉的机器人避障算法仿真研究[J]. 计算机仿真, 2013, 30: 282-285.

## 【作者简介】



李丽丽(1980-),女(汉族),黑龙江齐齐哈尔,硕士,副教授。研究方向:机器人,人工智能。