

文章编号: 1002-0446(2003)03-0201-04

# 自动化立体仓库中的一种货物识别新方法\*

尹建芹 田国会 宁春林

(山东大学控制科学与工程学院 济南 250061)

**摘要:** 本文提出了一种基于彩色物体信息熵和边缘直方图的识别方法,并将其应用到自动化立体仓库的货物拣选系统和入、出库系统,以实现货物的自动识别. 实验证明,利用该方法可以取得较高的识别准确率,实时性强.

**关键词:** 熵; 自动化立体仓库; 边缘直方图; 模式识别

**中图分类号:** TP24 **文献标识码:** B

## A NEW RECOGNITION METHOD FOR MATERIALS IN AUTOMATED WAREHOUSE

YIN Jian-qin TIAN Guo-hui NING Chun-lin

(School of Control Sci. & Eng., Shandong Univ., Jinan, Shandong Province 250061)

**Abstract:** A new recognition method based on the chromatic object entropy and its edge histogram is presented, which is used to realize the object recognition in the automated warehouse systems, so as to realize the recognition of the materials automatically. The experimental result proves that higher accuracy and rapidity can be acquired in this method.

**Keywords:** entropy, automated warehouse, edge histogram, pattern recognition

### 1 引言(Introduction)

自动化立体仓库及现代配送系统是先进制造领域、计算机集成制造系统和现代物流技术的重要组成部分,对制造业的发展起着举足轻重的作用. 立体仓库可以提高物资的储运效率,减少占用空间,因此得到了广泛的应用. 目前的立体仓库仍然停留在自动化阶段,这种自动化仓库主要存在的一个问题是拣选作业时,还需人工进行货物的识别和入、出库作业,大大降低了仓库的运行效率,并且容易出现错误,这也是制约当前立体仓库发展的一个“瓶颈”问题;同时,入库时采用条形码来识别物体,虽然条形码技术已经日趋成熟,但是这种条码并不是货物的固有属性,与人类认识事物的方法大相径庭. 因此,如何利用货物本身的特征高效率地实现货物的自动识别,是物流技术领域里一个亟待解决的问题. 由于该问题的环境复杂并且难以控制,因此实现比较困难. 现阶段关于该问题的研究比较少见,与其相似的

研究可见超市出口收款台的自动收款识别系统的研究.

本文将机器人视觉技术和图像检索技术引入自动化立体仓库的货物识别系统中,通过引入信息论中的熵概念,利用不同灰度的熵,结合物体的边缘直方图,以实现货物的自动识别. 一般说来,不同物体所对应的信息量一般不同,即熵不同;既使其熵相同,不同物体在不同的灰度范围内的熵也不一定相同,基于此,可以考虑用熵作为物体的特征来进行识别. 由于颜色是物体的一个非常重要的视觉特征,并且它具有旋转不变性和尺度不变性的优点,因此,采用彩色物体的熵信息作为识别的一个依据. 但熵信息虽利用了图像的颜色信息,却忽略了其形状特征,考虑到这一点,我们同时引入物体的形状特征——边缘直方图,作为识别算法的另一个特征.

本文利用彩色物体的信息熵结合物体的边缘直方图作为物体的特征进行货物识别,实验结果表明,

\* 本文受国家自然科学基金资助项目(60104009)和山东省自然科学基金(Q99G09)资助.

该方法可以较好的解决货物的自动识别问题。

## 2 彩色物体信息熵和边缘直方图 (Entropy of the chromatic objects and edge histogram)

### 2.1 彩色物体的信息熵

Shanon 定义一个有  $n$  个状态的系统熵为

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i \quad (1)$$

$p_i$  是事件  $i$  发生的概率, 且有  $\sum_{i=1}^n p_i = 1, 0 \leq p_i \leq 1$

1. 熵  $H$  是系统信息量的度量, 信息量可表示为

$$I = \ln \frac{1}{p_i} = - \ln p_i \quad (2)$$

显然有  $I(p_i=1)=0$ ;

$p_i \rightarrow 0$  时,  $I(p_i) \rightarrow \infty$ ;

$p_i=0$  时,  $I(p_i)$  无定义或规定取为 0, 信息论中  $p_i=0$  表示事件  $i$  不可能发生, 因此其信息量可以取为 0, 而在图像中,  $p_i=0$  表示灰度为  $i$  得像素个数为 0. 为了与此情况相符, 文献[6]定义如下形式的指数熵, 如式(3), 使得从一个事件获得的信息量, 当事件发生的概率在  $[0, 1]$  之间取值时, 位于两个有限值之间.

$$H = \sum_{i=1}^n p_i e^{1-p_i} \quad (3)$$

其中,  $p_i = \frac{n_i}{N^2}, i=1, 2, \dots, M, M$  是图像的灰度等级,  $n_i$  是灰度级为  $i$  的像素总数;  $p_i$  为其相应的概率;  $N^2$  为图像中总像素数. 可见式(3)满足:

(1)  $H$  为正且对称:

$$H(p_1, p_2, \dots, p_n) = H(p_2, p_1, \dots, p_n)$$

$$= H(p_n, p_{n-1}, \dots, p_1) \geq 0;$$

(2)  $H_{n+1}(p_1, p_2, \dots, p_n, 0) = H(p_2, p_1, \dots, p_n)$ ;

(3) 对于任意的概率分布, 有  $p_i = \frac{n_i}{N^2} \geq 0, (i=1,$

$$\dots, n) \sum_{i=1}^n p_i = \frac{\sum_{i=1}^n n_i}{N^2} = \frac{N^2}{N^2} = 1, \text{ 并且可以证得: } H_n(p_1,$$

$$p_2, \dots, p_n) \leq H_n\left(\frac{1}{n}, \frac{1}{n}, \dots, \frac{1}{n}\right), \text{ 过程如下:}$$

引入拉格朗日算子  $A$ , 构造函数  $F(P) = \sum_{i=1}^n$

$$(p_i e^{1-p_i}) - A \left( \sum_{i=1}^n p_i - 1 \right), \text{ 对 } F \text{ 求极大值, 得: 当 } p_1 =$$

$$p_2 = \dots = p_n = \frac{1}{n} \text{ 时, } F \text{ 取极大值, 即 } H \text{ 取极大;}$$

(4) 对所有事件, 该函数是连续函数.

因此, 我们可将式(3)定义为物体的熵函数.

在我们的系统中, 由于成像条件复杂, 干扰较多, 采用真彩色信息进行识别. 在彩色图像中, 最为关键的一个问题是颜色模型的选择, 目前关于颜色模型的研究有很多结论和算法, 也没有统一的结论和判断其优劣性的标准, 我们就取最为简单直观的 RGB 空间, RGB 空间中, 每个颜色分量可以看作三个灰度分量:  $r, g, b$ , 因此, 我们定义彩色物体的熵如下

$$H = \alpha \times H_r + \beta \times H_g + \gamma \times H_b \quad (4)$$

$H_r, H_g, H_b$  分别对应图像中的  $r, g, b$  灰度分量的熵, 可按(3)式计算;  $\alpha, \beta, \gamma$  是经验值, 根据每种颜色的刺激量比例系数来选择, 在此取  $\alpha=0.3, \beta=0.59, \gamma=0.11$ .

### 2.2 分段熵

为了度量物体在不同的灰度范围内的熵, 给出分段熵的定义.

将物体的灰度分为  $i$  级:  $0-n_1, n_1-n_2, \dots, n_{i-1}-n_i$ , 在不同区段内分别计算相应的各个颜色分量的熵, 分别记为  $H_{r1}, H_{g1}, H_{b1}, H_{r2}, H_{g2}, H_{b2}, \dots, H_{ri}, H_{gi}, H_{bi}$  按式(3)即得到分段熵:  $H_1, H_2, \dots, H_i$ . 在我们的系统中, 根据人眼的视觉对亮度的适应性, 将其分为 12 个灰度级<sup>[7]</sup>:  $0-40, 40-70, 70-90, 90-100, 100-110, 110-120, 120-130, 130-140, 140-160, 160-190, 190-215, 215-225$ , 分刻度基本成等差分结构. 实验证明, 这种分段可以满足我们系统的要求.

### 2.3 相似度测量

为了度量不同物体的相似程度, 给出了相似度测量. 设库存图像为  $Q$ , 要识别的图像为  $P$ , 基于前面求出的分段熵, 给出相似度<sup>[8]</sup>测量定义如下

$$\text{sim} = \sum_{j=1}^i |H_{Q_j} - H_{P_j}| \quad (5)$$

$\text{sim}$  越小, 相似度越大, 被识别物体与库存物体越相似; 反之,  $\text{sim}$  越大,  $\text{sim}$  相似度越小, 被识别物体与库存物体相差越大.

### 2.4 边缘直方图

边缘直方图是基于物体形状的一种特征, 它利用物体的边缘信息, 同时克服了边缘信息对位置、尺度敏感的缺点. 要获取图像的边缘直方图, 首先要获取图像的边缘图像, 然后对边缘图像的边缘方向角进行统计, 得到物体的边缘直方图. 这种方法对于图像的边缘信息要求较高, 因此在我们的系统中, 利用具有较好效果的 Canny 算子进行边缘检测 ( $\sigma=1$ , 高

斯滤波的  $masksize = 9$ )。为了保证边缘直方图的尺度不变性,对边缘直方图进行归一化;为减少计算量,对边缘角进行量化(每 5 度量化为一个区间);为了减小其对旋转的变化敏感程度,采用直方图平滑算法<sup>[9]</sup>

$$I_s[i] = \frac{\sum_{j=i-k}^{i+k} I[j]}{2k + 1} \quad (6)$$

经过上述处理之后,物体的边缘直方图信息具有尺度不变性、旋转不变性的优点,因此我们将其作为进行货物识别的另一个特征.相对于边缘直方图特征的差异度量采用欧氏距离.

### 3 识别系统结构框架及实现(Frame and realization of the system)

识别系统的结构采用如下框架,如图 1.



图 1 识别系统结构框架

Fig. 1 The frame of the pattern system

系统实现分训练和识别两个阶段.训练时,对物体进行一系列的预处理后(包括滤波,增强,提取物体区域),计算物体区域的分段熵及边缘直方图,然后存入与该物体相关的模式库;当进行识别时,进行

预处理后,计算物体区域的分段熵值,根据该特征与模式库中特征的匹配度,计算其相似度  $sim1$ ,同时计算边缘直方图的相似度  $sim2$ ,取最后的相似度测量为:  $sim = \omega_1 * sim1 + \omega_2 * sim2$ ,  $\omega_1, \omega_2$  是加权常数,可以由用户根据自己的需要选择.在噪声较大的情况下,整个系统的信息熵对物体的测度会有较大的偏差,这时可以选择  $\omega_1 < \omega_2$ ,否则可以选择  $\omega$ .如果  $sim > threshold$ ,则认为图像与模式库中的图像匹配,检查输出结果,如果有多幅图像拣出,取相似度最大的作为识别结果;如果有一幅图像拣出,认为该图像即是结果图像;如果没有图像拣出,认为输入图像在库中不存在.

### 4 实验结果(Experimental results)

机器采用奔腾 733,128M 内存配置,图像采集卡采用北京大恒公司的 DH-VRT-CG200,机械手采用一六自由度日本安川 SK6 机械手,软件采用 Windows 98 操作系统,利用  $vc++6.0$  和 Microsoft Access 2000 进行系统实现.所用参数取  $threshold = 1.2, \omega_1 = 0.7, \omega_2 = 0.3$ ,图中给出部分训练集,如图 2,图 3.由于机械手只能从物体的斜上方抓取物体,并且在自然光条件下进行拍摄,图像质量较差,采用传统的识别方法很难奏效.利用本文提出的算法,采用 40 种不同的物体进行训练.实验时,采用 90 幅图像作为测验图像,80 幅为库内物体,其中包括 50 幅旋转后的物体,30 幅未旋转的物体,10 幅库外物体,利用本文的算法进行试验,试验结果示于表 1,  $T+$  表示库中物体识别结果正确,  $T-$  表示库中物体识别结果错误,  $T-$  表示库中物体拒识,  $P+$  表示不在库中物体误识,  $P-$  表示不在库中物体拒识,如表 1.

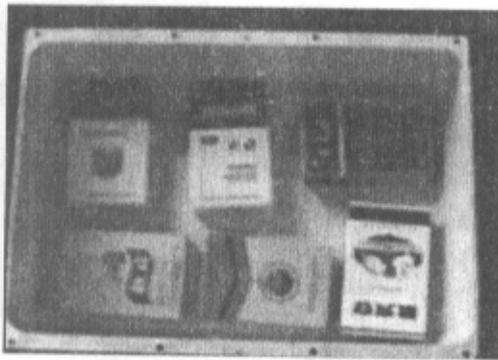


图 2 训练集 1

Fig. 2 The one training set  
万方数据



图 3 训练集 2

Fig. 3 The other training set

表 1 本文算法的识别结果

Table 1 The recognition results acquired by the algorithm in this paper

识别结果	$T+$	$T-$	$T--$	$P+$	$P-$
对应物体数	71/80	4/80	5/80	2/10	8/10

识别结果表明,该方法对物体的旋转,光线的变化不敏感,比较适合我们的应用环境.该方法也存在缺点:对于物体区域确定要求严格;物体的颜色与背景越接近,识别效果越差.这将是我们的下一步重点要解决的问题.

### 参考文献 (References)

- [1] 蒋平,陈辉堂.基于视觉的机械手轨线跟踪系统[J]. 机器人, 1994,16(1):45-49
- [2] 刘延林,王瑜辉等.智能加工中心的视觉系统[J]. 华中理工大学学报, 1994,22(7):5-9
- [3] Tal Arbel, Frank P Ferrie. Interactive visual dialog[J]. Image and Vision Computing, 2002,(20):639-466
- [4] Tal Arbel, Frank P Ferrie. Entropy-based gaze planning[J]. Im-

age and Vision Computing, 2001,(19):779-786

- [5] Tal Arbel, Frank P Ferrie. On the sequential accumulation of evidence[J]. International Journal of Computer Vision, 43(3):205-230
- [6] 张二虎,刘世昌等.一种基于熵的图像分割方法[J]. 微电子学与计算机, 1998,4:43-45
- [7] 章毓晋. 图像工程 [M]. 北京:清华大学出版社, 2000.10
- [8] 边肇祺,张学工等. 模式识别 [M]. 北京:清华大学出版社, 2000.7
- [9] Jain A K, Vailaya A. Shape-based retrieval: A case study with trademark image databases[J]. Pattern Recognition, 1998,31(9):1369-1390
- [10] DH-VRT-CG100 图像采集卡使用说明[Z]. 北京大恒图像视觉有限公司,1998

### 作者简介:

尹建芹 (1978-),女,硕士研究生,研究领域:图像处理,模式识别.

田国会 (1969-),男,副教授,博士后,研究领域:离散事件动态系统/混杂动态系统,生产过程优化调度,机器人控制和振动主动控制等.

宁春林 (1977-),男,硕士研究生,研究领域:优化调度.

(上接第 200 页)

应用上述柔索拉力矢量确定的原则,可以计算在受外加力矩  $m = [0 \ 0 \ 10]^T$  的条件下,运动平台分别绕固定坐标系  $x, y, z$  轴从  $-15^\circ$  运动到  $+15^\circ$  时的柔索拉力.

## 5 结论 (Conclusion)

柔索驱动作为新出现的驱动形式具有极大的优越性,但因其可实现的运动形式少而使其的应用受到很大限制.通过本文分析可以看出,采用了约束机构后,机器人可以实现一般柔索机器人无法实现的运动形式.这就使更广泛地利用柔索驱动并联机器人成为可能.

### 参考文献 (References)

- [1] James Albus, Roger Bostelman, Nicholas Dagalakis. The NIST ROBOCRANE[J]. Journal of Robotic System, 1993,10(5):709-724
- [2] Sadao Kawamura, Hitoshi Kino and Choe Won. High-speed manipulation by using parallel wire-driven robots[J]. Robotica, 2000,18(1):13-21

[3] Kiyoshi M, Satoshi T, *et al.* On design of a redundant wire-driven parallel robot WARP manipulator[A]. IEEE Int Conf on Robotics and Automation[C]. Detroit Michigan; May 1999. 895-900

[4] Verhoeven R, Hiller M, et Tadoroko S. Workspace, stiffness, singularities and classification of tendon driven stewart platforms[A]. In ARK[C], Strobl, 29 Juin-4 Juillet, 1998. 105-114

[5] Noritaka Y, *et al.* Inverse dynamics analysis and trajectory generation of incompletely restrained wire-suspended mechanisms [A]. Proc of the 2001 IEEE Int Conf on Robotics and automation[C], 2001. 3489-3494

[6] 张波,赵明扬.一种新型柔索驱动并联机器人的运动学分析[J]. 机器人, 2002,24(7):654-657

[7] Nguyen V D. Constructing force-closure grasp in 3D[A]. Proc of the 1987 IEEE Int Conf on Robotics and automation[C], 1987. 240-245

### 作者简介:

张波 (1973-),男,博士研究生.研究领域:机器人技术,并联机构研究.