

# 基于空间尺度寻优的公共信息标志的主动搜索

胡丹丹<sup>1</sup>, 岳 玥<sup>2</sup>

(1. 中国民航大学 机器人研究所, 天津 300300;

2. 东北电力大学 自动化学院, 吉林 吉林 132012)

**摘 要:**为了使“福娃机器人”能够在机场候机楼中自主导航,以公共信息标志为导航路标,研究公共信息标志的搜索与检测问题,提出了一种基于视觉时空多尺度信息的标志搜索与检测方法。利用公共信息标志形状的先验信息,在空间大尺度下对公共信息标志快速搜索。当公共信息标志在图像上呈现模糊、标志部分信息缺失、标志粘连等现象时,根据时空相关性自动进行空间尺度变化、寻找最优空间尺度完成公共信息标志的二次搜索与检测。实验结果证明了该方法的快速性和有效性。

**关键词:**最优空间尺度;主动搜索;公共信息标志;福娃机器人

**中图分类号:**TP391.41

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2009)12-0101-04

## Active Search and Detection of Public Information Sign Based on Prior Space Scale Information

HU Dan-dan<sup>1</sup>, YUE Yue<sup>2</sup>

(1. Robot Institute, Civil Aviation University of China, Tianjin 300300, China;

2. Department of Automation, Northeast Dianli University, Jilin 132012, China)

**Abstract:** To solve the autonomous navigation problem of “Fuwa robot” in airport terminal, taking public information signs as navigation signs, the methods of searching and detecting public information signs are studied and a new method based on multi-scales and spatio-temporal information is put forward. Using the prior information of public information signs, public information signs are searched fast in a big space scale. When the phenomena of blur, lack and conglutination in image occur, imaging position and space scales are changed automatically on the basis of spatio-temporal relativity and the best space scale is found to search and detect the public information signs successfully. Experiments show that the method is rapid and efficient.

**Key words:** prior space scale; active search; public information sign; Fuwa robot

## 0 引 言

文中以“福娃机器人”为实验平台,进行机场候机楼公共标志搜索与检测。室内标志检测通常提取颜色和形状特征,并结合各类神经网络对各假设标志区域进行分割与分类。由于标志存在方位不同、破损与褪色、被其他物体遮挡和光照变化等因素,会产生检测困难、误检测等问题<sup>[1-3]</sup>。

由于候机楼环境及航空公共标志空间位置的特殊性,候机楼航空公共标志搜索与检测存在以下难点:

(1)图像中公共标志形状发生畸变;

(2)公共标志位置分散,易漏检;

(3)只检测到标志部分区域;

(4)远距离获取公共标志图像时,分辨率低;

(5)在图像上呈现粘连现象,采用形态学特征<sup>[4]</sup>或直方图统计<sup>[5]</sup>的方法分割效果不佳。

针对上述问题,提出基于时空多尺度寻优的机场候机楼公共标志的主动搜索与检测方法。机器人在空间大尺度下对公共标志快速搜索,然后自动寻找最优的空间尺度,完成公共标志的检测。

## 1 基于形态学方法的导航标志图像预处理

### 1.1 导航标志的定义

根据中华人民共和国民用航空行业标准 MH 0005-1997<sup>[6]</sup>,民用航空公共信息标志用图形符号,以便向旅客提供醒目明了的引导服务。标准规定:图形

收稿日期:2009-05-20;修回日期:2009-08-09

基金项目:中国民航总局科技开发项目(MHRD0702);中国民航项目(06kym15)

作者简介:胡丹丹(1979-),女,硕士,讲师,研究方向为机器人环境感知认知、多传感器数据融合技术。

符号的颜色与背景应形成强烈的对比关系,同时在与周围环境色彩对比中保持醒目。大多机场候机楼采用蓝色背景。

### 1.2 导航标志颜色模型的选取

采集同一导航标志在标准、背光、强光照射等多种条件下的图像,对其进行 HSV 空间变换,确定  $H$ 、 $S$ 、 $V$  各分量的阈值范围:

$$\begin{cases} H_{\text{low}} < H < H_{\text{high}} \\ S_{\text{low}} < S < S_{\text{high}} \\ V_{\text{low}} < V < V_{\text{high}} \end{cases} \quad (1)$$

图 1(a) 为分辨率  $320 \times 240$  的场景图,提取其  $H$ 、 $S$ 、 $V$  分量,将满足阈值范围的点用白色像素代替,其它点用黑色像素代替,得到颜色提取后的二值图像,如图 1(b) 所示。

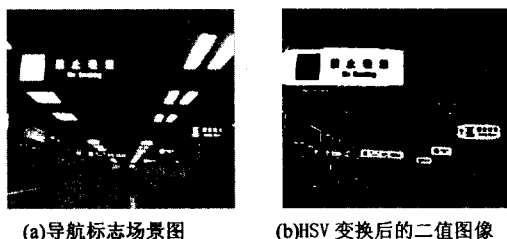


图 1 导航标志的二值图像

### 1.3 导航标志二值图像的腐蚀处理

经过 HSV 变换的导航标志二值图像中,冗余的干扰信息使标志区域的边缘形状发生变形,且存在较多噪声点。采用常用的滤波算法:均值滤波、中值滤波、维纳滤波<sup>[7]</sup>等,平滑导航标志二值图像,在滤除部分噪声的同时出现图像边缘模糊的现象。采用基于腐蚀运算的边缘提取算法提取标志区域,其边缘细节损失少,且连续性好。

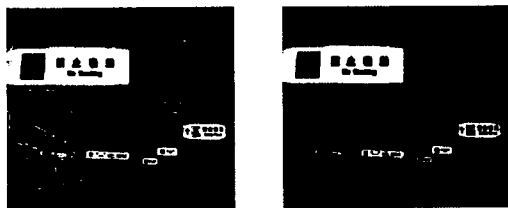
原图像  $F$  经过中值滤波后,图像噪声被去除,而且图像边缘保护得比较好,设中值滤波后的图像为  $A$ ,  $B$  是“结构元素”,则  $A$  被  $B$  腐蚀:

$$M = A \ominus B = \{x: B + x \subseteq A\} \quad (2)$$

利用原图像  $F$  减去腐蚀后的图像,则可获得图像的边缘:

$$H = A - M = A \odot B \quad (3)$$

采用正方形形态算子对图 2(a) 进行腐蚀处理,获得边缘完整、干扰信息少的图像,如图 2(b) 所示。



(a) 导航标志二值化图像 (b) 正方形形态算子腐蚀处理结果图

图 2 导航标志二值图像的腐蚀处理

## 2 基于空间多尺度寻优的导航标志搜索与检测

根据导航标志的位置属性及机器人本体的高度,限定机器人的搜索范围。文中的实验平台“福娃机器人”头部安装摄像机,通过限定头部位姿变化范围来改变摄像机的检测范围。

机器人头部位姿标定  $p = (p, t, z)$ ,  $p$ 、 $t$  分别为机器人头部水平旋转角度和垂直仰角,  $z$  为摄像机焦距。限制机器人头部仰角搜索范围:

$$-\beta < t < \beta \quad (4)$$

通过调节摄像机焦距  $z$  变化空间尺度,将  $z$  的范围分为  $2L + 1$  个尺度,即  $[-L, -L + 1, \dots, -1, 0, 1, \dots, L - 1, L]$ , 首先设定机器人在最大尺度  $-L$  下搜索导航标志,可以获取较多信息,初步确定更多的标志候选区域 (ROI, regions of interest), 提高检测速度。

### 2.1 空间大尺度下导航标志的搜索

对经过形态学处理之后的二值图像的连通区域进行标号,分别标上  $1, 2, \dots$  (即代表对象 1, 对象 2, ...)。而后分析不同区域的形状、矩形度等参数,过滤掉不感兴趣的区域。

采用种子搜索标号法对连通区域进行标号。

Step1: 初始化邻接表  $K$ , 该表中每一个子链表  $U$  用来存储同一连通区域的点坐标。在内存中分配与二值图像大小相等的堆栈  $S$  和辅助区域  $N$ 。

Step2: 从左到右、从上到下扫描图像,遇到黑点  $P$  则执行以下操作:

① 将点  $P$  作为种子压入堆栈中;

② 从栈顶出一个点,将该点涂成白色,并将该点加入邻接表  $K$  中相应的子链表  $L_i$  中。然后查看它的八个相邻点,若某一点为黑且其在辅助区域  $N$  中对应位置的点为黑,表示该点还未搜索。则将该点压入堆栈,同时在辅助区域  $N$  中将该点置为白,防止该点重复入栈;

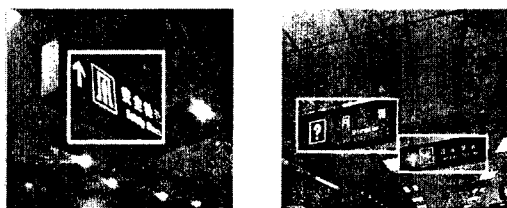
③ 重复执行上述入栈出栈的工作,直到堆栈为空,表示该连通区域已搜索完毕。

Step3: 遍历邻接表  $K$ , 其每一个子链表  $L_i$  代表一个连通区域,遍历  $L_i$  可求出区域的面积、重心以及外接的矩形角点,进一步处理可分析区域的周长、扁度、矩形度、外接矩形的长短比等,由此可判定该区域的大致形状。

对候选区域的连通区域标定后,得出其外接矩形,分割出 ROI 区域,然后,利用导航标志形状的先验信息对 ROI 区域作进一步判定。

计算 ROI 区域的外接矩形的四个顶点坐标  $(\min X, \min Y)$ ,  $(\max X, \min Y)$ ,  $(\min X, \max Y)$  和

(maxX, maxY), 其中  $X$  是区域中各像素的横坐标,  $Y$  是区域中各像素的纵坐标, 在外接矩形的水平和垂直方向作若干扫描, 基于这些扫描线的特征和相互关系来对形状进行定义和识别。该方法简单, 执行速度快, 可以很好判别导航标志的形状特征, 且允许标志有一定程度的旋转和变形, 如图 3 所示。



(a) 强光条件下检测图 (b) 光线反射不均检测图

图 3 不良条件下导航标志检测图

在实时定位标志区域时, 用粗白线描绘出 ROI 区域边缘。

## 2.2 基于空间多尺度寻优的导航标志的主动搜索

在某些情况下, 导航标志在图像上会呈现模糊、标志部分信息缺失、两个标志粘连的现象, 在空间大尺度下不能准确地检测标志, 因此, 设计导航标志的二次检测方法, 将图像处理与机器人头部位姿控制结合起来, 使机器人能够根据导航标志图像的时空相关性自动进行空间尺度变化, 实现对 ROI 区域的进一步搜索和检测。

具体步骤描述如下:

Step1: 记录当前机器人头部位姿  $p = (p, t, z)$ ; 候选区域序列用区域中心  $X_i(x_0, y_0)$ , 宽度  $W_i$ 、高度  $H_i$  标记并进行存储:

$$S_i = W_i * H_i \quad (5)$$

根据  $S_i$  值从大到小确定机器人检测导航标志次序;

Step2: 利用区域宽度与高度比例阈值  $\delta$ , 判断候选区域是否出现粘连, 进行二次分割; 若出现粘连, 设置两个虚拟区域中心  $T_i(x, y), H_i(x', y')$ :

$$\begin{cases} x = x_0 - 1.5W_i \\ x' = x_0 + 1.5W_i \\ y = y' = y_0 \end{cases} \quad (6)$$

Step3: 以图像中心坐标  $O(x, y)$  建立校正窗口, 即以  $O$  为中心、 $m * m$  ( $m$  为像素个数) 大小的窗口区域,  $m$  根据机器人头部运动速度及图像大小而定; 建立运动方向矢量  $OX$ , 根据  $|OX|$  对机器人进行运动控制;

Step4: 转动过程中, 前一帧图像内候选区域中心坐标  $X_i(x_0, y_0)$ , 在当前帧图像以  $X_i$  点为扫描起点, 步长  $\lambda$  沿机器人头部运动方向反方向做扫描,  $\lambda$  为中

心坐标在连续两帧图像上移动的最长距离; 对候选区域在时间连续性做出判决<sup>[8,9]</sup>; 若出现候选区域, 证明前一帧图像的真实性, 否则, 放弃该区域的检测;

Step5: 当  $X_i$  进入校正窗口内, 机器人头部停止转动, 以速度  $v$  减小空间尺度, 对候选区域进行连续检测, 寻求最优检测空间尺度, 把该空间尺度下的候选区域作为最终检测结果, 即一个导航标志区域。

(1) 每次以速度  $v$  调整, 调整次数最大为  $n$ ; 每次调整后对候选区域进行检测:  $R = \frac{S_{ROI}}{S_{image}}$ ,  $S_{ROI}, S_{image}$  分别为 ROI 区域面积及整个图像面积; 若  $R \geq R_0$  停止空间尺度调整,  $R_0$  为面积比例阈值。

(2) 空间尺度调整过程中, 对候选区域进行 SIFT 特征提取, 当特征点数到达  $W$  以上, 停止空间尺度调整; 采集机场候机楼导航标志图片, 在不同空间尺度下提取 SIFT 特征, 随着空间尺度减小, 特征点数非线性增加, 并且导航标志中图形及文字信息部分特征点显著增加, 有效信息不断增多, 当特征点数到达  $W$  个时, 与图像库中导航标志进行匹配, 基本不出现误匹配, 证明此数量特征点能够很好描述导航标志的特征信息。

(3) 若同前一空间尺度下提取的特征点数相比, 在当前空间尺度下特征点数下降, 停止空间尺度调整, 把前一空间尺度下候选区域图像作为检测结果。

## 3 实验结果与分析

(1) 信息残缺的导航标志的搜索与检测。

采用基于空间多尺度寻优的导航标志的主动搜索策略, 实现对信息残缺标志的动态搜索与检测, 如图 4 所示。



图 4 信息残缺标志的复原

(2) 粘连导航标志的分割检测。

两个虚拟中心初始位置为  $(59, 161)$ 、 $(177, 161)$ , 对两个虚拟区域进行空间多尺度变化, 图 5 为两个导航标志的分离过程, 可以看出, 当空间尺度较大时, 两个导航标志区域被联合检测出, 随着空间尺度调整, 两

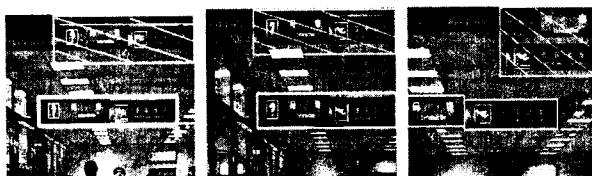


图 5 粘连导航标志的分离(注: 右上角为检测结果)

个粘连区域被分离。

### (3) 非规则标志的检测。

首都机场 3 号航站楼在信息标志设置上发生了新变化:

- ① 标志颜色由浅蓝改变为黑蓝;
- ② 增加了绿色标志、地面标志;
- ③ 同一背景下出现多个标志。

针对标志变化,对样本图像库进行补充及相应的参数调整,检测结果如图 6 所示。



图 6 T3 航站楼导航标志检测

## 4 结束语

研究了基于时空多尺度寻优的机场候机楼公共标志搜索与检测算法。机器人首先在空间大尺度下对标志快速搜索,然后根据时空相关性自动进行空间尺度变化,寻找最优空间尺度完成导航标志的搜索与检测。以“福娃机器人”为平台进行检测,结果验证了该方法对公共信息标志检测的快速和有效性。

### 参考文献:

- [1] Loy G, Barnes N. Fast Shape-based Road Sign Detection for

a Driver Assistance System[C]//Proceedings of IEEE/RSJ Int. Conf. Intelligent Robots and Systems (IROS). Sendai, Japan:[s. n.], 2004: 70-75.

- [2] Moutarde F, Bargeton A, Herbin A. Robust on-vehicle real-time visual detection of American and European speed limit signs with a modular Traffic Signs Recognition system[C]//Proceedings of the 2007 IEEE Intelligent Vehicles Symposium. Istanbul, Turkey:[s. n.], 2007:1122-1125.
- [3] Dougherty M, Aenugula D, Baddam S. Invariant Road Sign Recognition with Fuzzy ARTMAP and Zernike Moments[C]//Proceedings of the 2007 IEEE Intelligent Vehicles Symposium. Istanbul, Turkey:[s. n.], 2007:31-36.
- [4] 袁天云,姜志国,孟如松.目标分割图中粘连对象的自动切割和分离[J].中国体视学与图像分析,2003,8(1):41-43.
- [5] Broggi A, Cerri P, Medici P. Real Time Road Signs Recognition[C]//Proceedings of the 2007 IEEE Intelligent Vehicles Symposium. Istanbul, Turkey:[s. n.], 2007:981-986.
- [6] 中国民用航空总局. MH0005-1997. 民用航空公共信息标志用图形符号[S]. 1997. <http://www.biaozhi.net.html>.
- [7] 郭永刚,葛庆平,冯平,等.一种基于控制点自动提取的图像畸变校正算法[J].计算机工程与应用,2007,43(2):214-216.
- [8] 黄晶,赵臣,周明明.基于快速彩色空间变换的足球机器人目标搜索[J].哈尔滨工业大学学报,2003,35(9):1037-1038.
- [9] 赵清杰,连广宇.机器人视觉伺服综述[J].控制与决策,2001,16(6):850-852.

(上接第 100 页)

## 4 结束语

从以上的分析可以得出,应用 ISM 进行信息系统互操作性影响因素分析的关键在于,初始影响因素的提取和它们之间相互关系的确定,因为这两个方面决定了最终的分析结果。

文中基于 ISM 系统分析模型,提出了一种工程化确定影响信息系统互操作性主要因素的模型分析方法,能够快速准确定位影响信息系统互操作性的主要因素,从而为信息系统开发过程中提高互操作性提供了指导。虽然这种分析方法在一定程度上增加了信息系统的开发成本、延长了开发周期,但对于提高信息系统的互操作性来说,这种代价是值得付出的。

### 参考文献:

- [1] 张宾,龚俊华,贺昌政.基于客观系统分析的解结构模型[J].系统工程与电子技术,2005,27(3):453-455.

- [2] World Wide Web Consortium (W3C). SOAP Specification Version 1.2[EB/OL]. 2007-04-27. <http://www.w3.org/TR/soap12/>
- [3] World Wide Web Consortium (W3C). WSDL Specification Version 1.1[EB/OL]. 2001-03-15. <http://www.w3.org/TR/2001/NOTE-wsdl-20010315>.
- [4] OASIS. UDDI Specification Version 2[EB/OL]. 2002-07-19. <http://www.oasis-open.org/committees/uddi-spec/doc/tcpspecs.htm#uddiv2>.
- [5] ebXML Message Service Specification Version 2.0[EB/OL]. 2002-04-01. [http://www.oasis-open.org/committees/download.php/272/ebMS\\_v2\\_0.pdf](http://www.oasis-open.org/committees/download.php/272/ebMS_v2_0.pdf).
- [6] Janes F A. Interpretive structural modelling: a methodology for structuring complex issues[J]. Trans Inst, 1988, 10(3): 145-154.
- [7] 杨秀文,严尚安,曾顺鹏,等.关于可达矩阵的求法探讨[J].数学的实践与认识,2003(11):128-130.
- [8] 汪应洛.系统工程理论、方法与应用[M].第2版.北京:高等教育出版社,2000.