

# 基于纹理特征的棒材自适应计数方法

刘娜娜

(江苏科技大学 计算机科学与工程学院, 江苏 镇江 212003)

**摘 要:**针对棒材生产车间环境的复杂性和现有棒材计数方法的不精确性,文中提出了一种准确、高效的棒材自适应计数方法。该方法采用局部二元模式描述棒材的截面纹理,有效地将棒材截面图像与复杂的背景进行分离,使用阈值渐增的二值化方法获取图像中的局部灰度极大值,将此最大值点作为棒材的中心点,最后对棒材的半径使用聚类方法对误判点进行过滤,进而统计计数。实验结果表明,该方法极大地提高了棒材计数的效率,并将识别准确率提高到了98%。

**关键词:**棒材自适应计数;局部二元模式;二值化;聚类方法

**中图分类号:**TP391

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2012)08-0181-04

## Steel Bar Adaptive Counting Based on Gray-level Co-occurrence Matrix and Template Matching

LIU Na-na

(Institute of Computer Science and Engineering, Jiangsu University of Science and Technology,  
Zhenjiang 212003, China)

**Abstract:** In order to resolve the problem of the complexity of the bar production plant environment and the inaccuracy of the existing counting methods, an accurate and efficient adaptive bars counting method is presented in this paper. This method uses the principle of local binary pattern to describe the texture of the bar cross-section, which effectively separates the background of the steel bars. And it uses binarization method with increasing threshold to get the local maximum value of the gray level image, as the center point of the bar. At last, on the radius uses clustering method to filter the misjudged points and then counts statistics. The experiments show that this method greatly improves the efficiency and the accurate to ninety eight percent.

**Key words:** steel bar adaptive counting; local binary pattern; binarization; clustering method

### 0 引言

近年来钢铁工业发展迅速,棒材是钢铁企业生产的一类主要产品。按照国际市场惯例,棒材必须准确按额定的支数打捆包装,按支数交易<sup>[1]</sup>。对于支数不准的不合格产品,厂家不仅要负责赔偿,承担经济损失,还将影响厂家的信誉。而目前国内钢厂出售棒材多采用人工计数的方式,效率低且容易出错,因此研究一种精确的自适应棒材计数方法将有利于行业的科学、快速发展。

目前已有一些利用计算机视觉进行棒材计数的尝试。冯铁成<sup>[2]</sup>采用基于梯度信息的 Hough 变换检测圆形棒材,在棒材数量少、边缘提取效果好的情况下,准确度较高。但由于 Hough 变换的特点,当图像中棒材数目较多时,此方法的计算量剧增,不能满足工业生

产中的实时性要求<sup>[2~4]</sup>。黄华贵<sup>[5]</sup>采用阈值分割的方法从背景中分离出钢管截面,通过连通域标记,识别截面特征实现自动计数。

文中针对大多数棒材截面均为圆形或类圆的特点,研究出一种基于图像处理的棒材自动计数方法。利用棒材截面的纹理特征,将棒材从复杂的背景中分离出来,再使用模板匹配、聚类分析方法,实现对成堆或成捆棒材的快速准确计数。

### 1 关键技术

#### 1.1 局部二元模式(LBP)

LBP(Local Binary Pattern)算子是一种灰度范围内的纹理度量,是从局部邻域纹理特征的一般定义得来的。其基本思路是:用中心像素的灰度值作阈值,与其邻域相比较,用得到的二进制编码来表示局部纹理特征<sup>[6]</sup>。原始的 LBP 算子是一个 3×3 的窗口,首先用中间像素点的像素值作为阈值,来和其周边的 8 个相邻点进行比较,当大于等于中心像素值时,该点赋值为

收稿日期:2011-12-14;修回日期:2012-03-20

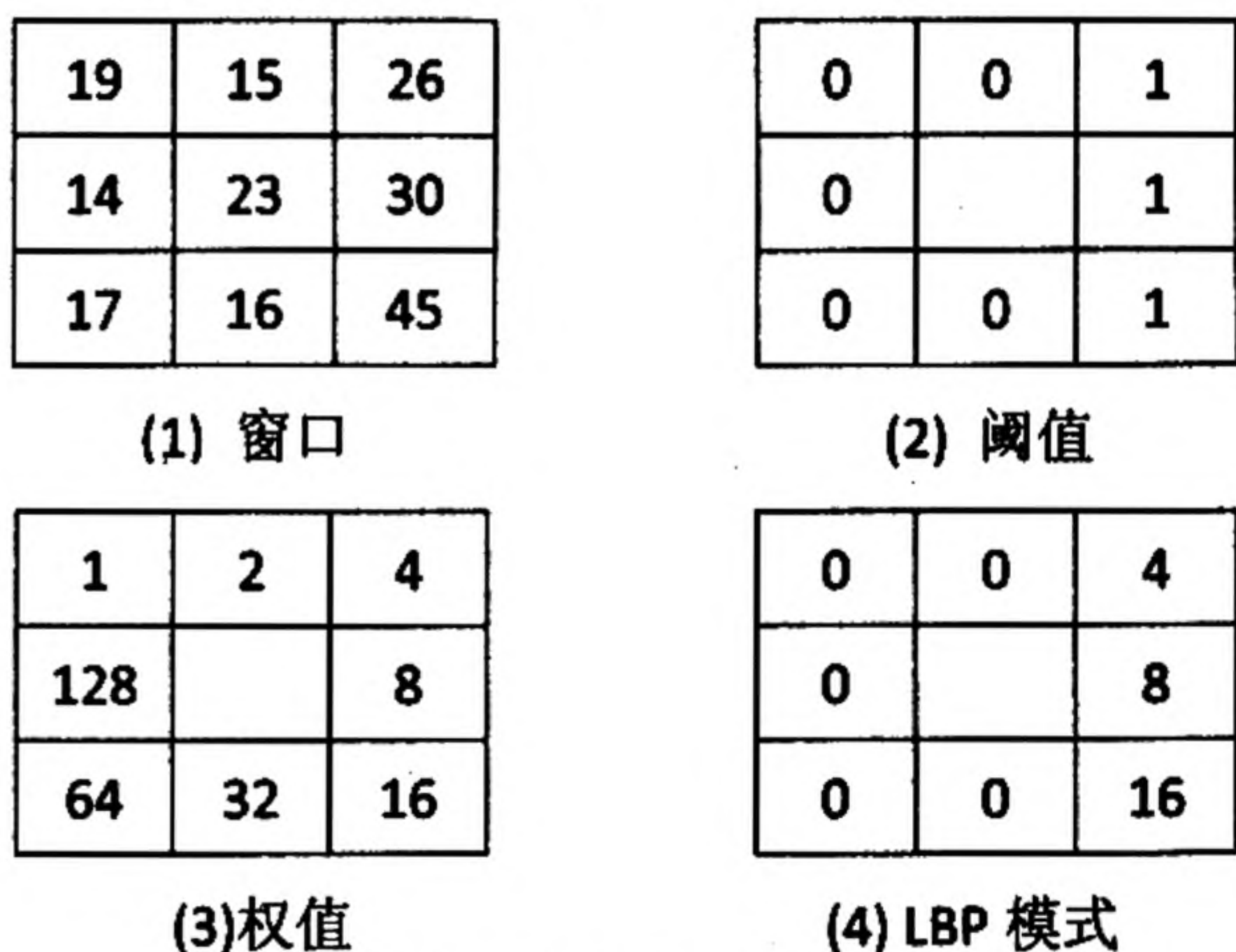
基金项目:国家自然科学基金(60573063, 60573064)

作者简介:刘娜娜(1986-),女,硕士,主要研究领域为图像处理、模式识别。



1,否则赋值为0。然后根据像素不同位置进行加权求和,得到该窗口的LBP值。

LBP算子示例见图1。



$$LBP=4+8+16=28$$

图1 LBP算子示例

原始的LBP算法窗口大小是固定的,且与图像内容无关,因此LBP算法在纹理特征的提取上容易出现误差,不能满足不同尺度和粗糙度纹理的要求。

为了描述多尺度下的纹理结构,2002年,Ojala等人对LBP的定义进行了扩展<sup>[7]</sup>。定义 $T$ 表示局部区域内像素的灰度值关系。

$$T = t(g_c, g_0, g_1, \dots, g_{p-1}) \quad (1)$$

$g_c$ 表示局部区域中心点的灰度值, $g_p (p=0,1,2, \dots, p)$ 表示中心点周围等距离分布的 $P$ 个点。将中心像素的灰度值作为阈值,对邻域内其它像素点做二值化处理,其纹理特征可表示为:

$$T \approx t(s(g_0 - g_c), s(g_1 - g_c), \dots, s(g_p - g_c)) \quad (2)$$

其中

$$s(x) = \begin{cases} 1 & x > 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases} \quad (3)$$

对每个像素点按照不同的位置用 $2^p$ 进行加权求和,得到一个和邻域内像素点相关的局部二元模式值。一般用 $LBP_p^R$ 表示半径为 $R$ 的圆形区域内有 $P$ 个像素点的算子,公式如下所示:

$$LBP(x, y) = \sum_{p=0}^{P-1} s(g_0 - g_c) 2^p \quad (4)$$

常用的局部二元模式如图2所示。

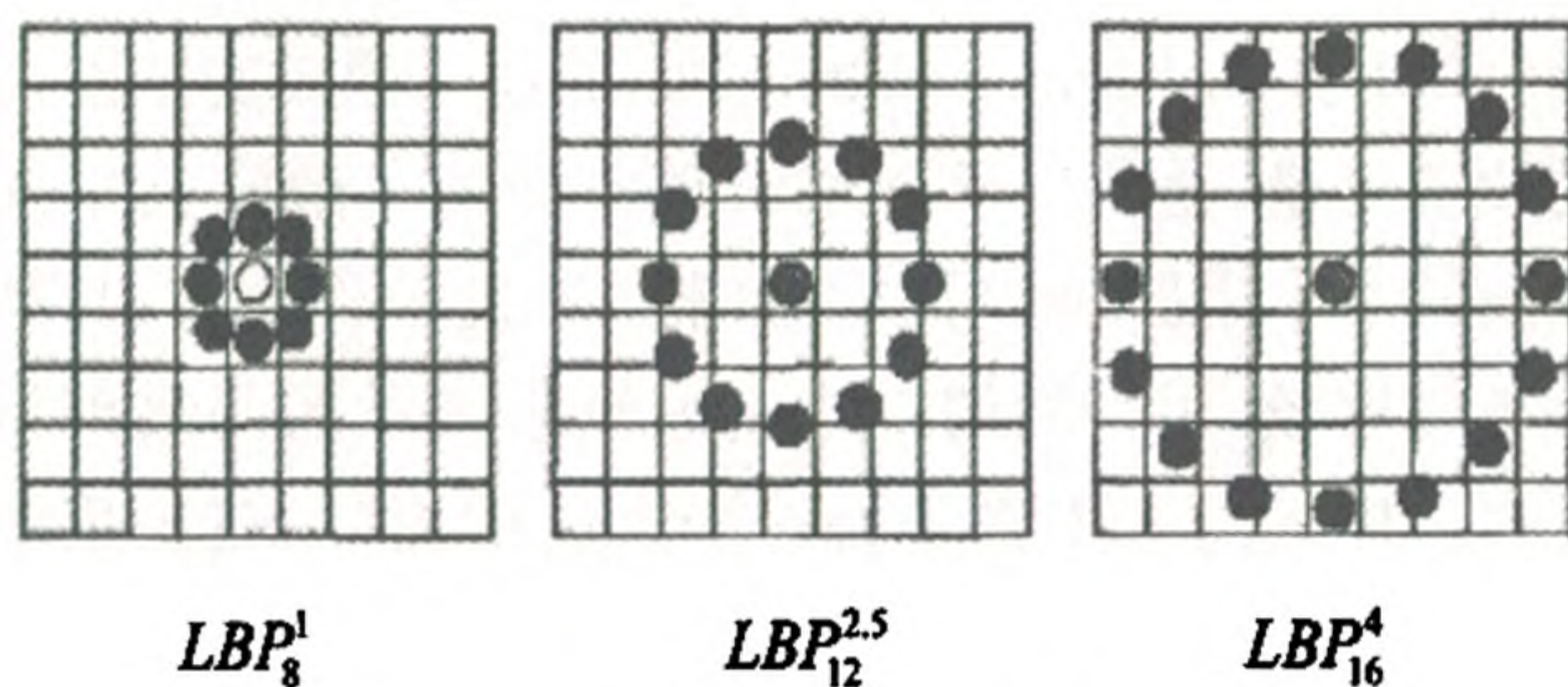


图2 常用的局部二元模式

可以看出, $LBP_p^R$ 算子的原理与LBP的普通定义是相似的,描述局部二元模式的二值编码都是通过将邻域像素点与中心像素灰度值的比较得到的。扩展后算子的优点有:将该 $3 \times 3$ 邻域扩展到任意邻域;用圆形邻域代替正方形邻域,更易于定义具有旋转不变性的纹理描述算子。缺点是当邻域内的像素点增加时,二进制模式呈指数式增加,这对于纹理的表达显然不利。

## 1.2 模板匹配

基于模板匹配的方法是一种应用广泛的目标检测方法,建立在二维数据相关性的基础上<sup>[8]</sup>。通过计算图像窗口与模板的相似程度来定位物体,具有较好的鲁棒性。

对模板图像 $T_{n \times m}$ ,对经过背景分离和区域分割的待检测棒材二值图像 $F_{N \times M}$ ,利用归一化相关系数的匹配方法,可得到结果图像 $R_{(N-n) \times (M-m)}$ 。

定义匹配程度的相关系数:

$$m(x, y) = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{m-1} [f(x+i, y+j) - \bar{f}(x, y)] * [t(i, j) - \bar{t}]}{\sqrt{\sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{m-1} [f(x+i, y+j) - \bar{f}(x, y)]^2 \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{m-1} [t(i, j) - \bar{t}]^2}} \quad (5)$$

其中

$$\bar{f}(x, y) = \frac{1}{nm} \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{m-1} f(x+i, y+j);$$

$$\bar{t} = \frac{1}{nm} \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{m-1} t(i, j)$$

式中 $\bar{f}$ 和 $\bar{t}$ 分别表示图像与模板的灰度平均值,可以防止亮度差异带来的干扰。

## 2 棒材自适应计数

### 2.1 背景分离

文中为了实现棒材图像中背景分离,减少图像中背景部分对棒材识别的影响和干扰,引入基于LBP和区域竞争的棒材纹理分割方法,过滤图像中的背景部分。

在文中,首先采用局部二元模式(LBP)描述和度量图像的纹理信息。针对文中棒材图像分割的特点,引入了一个新的区域竞争假设并重新设定了基于LBP直方图的能量函数。同时提出了两种阶段迭代的算法使能量收敛局部最小化。由于采用了快速LBP算子和非参数的直方图模型,可以简化参数估计,减少时间消耗。同时,LBP对纹理特征准确的描述和度量使我们的方法能够很好实现纹理的分割。实验表明,文中基于LBP和区域竞争的棒材纹理分割方法可以有效



去除图像中的背景部分,只保留棒材部分,对棒材识别有很大帮助。

区域竞争是一种混合的统计图像分割框架。应用这种方法对灰度图像进行分割获得了较好的结果。先简单介绍区域竞争的方法。

区域竞争的目的是将图像分割成一致的子区域<sup>[9]</sup>。假设一个区域 $R$ ,如果 $R$ 是一个一致的区域,那么它的灰度值可以由一系列特定的概率分布 $P(I, \alpha)$ 得到。其中, $\alpha$ 是分布的模型参数, $I$ 代表了灰度值。

能量函数的定义如下:

$$E(\Gamma, \{\alpha_i\}) =$$

$$\sum_{i=1}^M \left\{ \frac{\mu}{2} \int_{\partial R_i} ds - \sum_{(x,y) \in R_i} \log P(I_{(x,y)} | \alpha_i + \lambda) \right\} \quad (6)$$

其中, $\Gamma$ 是图像的边界, $P()$ 是区域 $R_i$ 的分布, $\alpha_i$ 是参数, $M$ 是区域的个数, $\mu$ 和 $\lambda$ 是两个常量。 $I_{(x,y)}$ 是像素 $(x,y)$ 的灰度值。

使用区域竞争的方法,首先通过随机选择的种子将要分割的图像初始化。这些种子分别代表不同的区域。然后使用双阶段的贪婪算法使全局能量 $E$ 收敛得到一个局部最小值。第一阶段以固定的区域数量最小化能量,第二阶段迭代执行直到全局能量 $E$ 收敛得到一个局部最小值<sup>[10]</sup>。而且,第一阶段也可以分为两个步骤,首先,固定边界 $\Gamma$ ,基于最大似然估计计算不同区域 $R_i$ 的参数 $\alpha_i$ ,然后固定 $\alpha_i$ ,则 $P(I_{(x,y)}, \alpha_i)$ 满足条件概率分布。如果有些图像区域没有包括在任何区域之中,则在这些区域中使用新的种子再次迭代执行算法的两个阶段。

基于以上的分析,基于LBP和区域竞争的分割方法如下:

1. 初始化分割过程,随机选取种子,种子没有覆盖的区域认为是一个新区域。
2. 固定边界,计算每个区域的LBP直方图。
3. 固定每个区域的LBP直方图,移动边界较小能量。
4. 如果边界移动收敛,则进入步骤5,否则继续执行步骤2。
5. 如果仍然有区域没有包含在任意种子区域,为这些区域选取新的种子,继续执行步骤2,否则进入步骤6。
6. 如果合并某两个邻接区域能够减小能量值,合并这两个邻接区域,并返回步骤2。如果不能,则停止。

文中基于LBP和区域竞争的纹理分割对棒材图像进行分割,假定图像中棒材图像位于图像中央部分并占据图像中较大区域。经过图像分割后,继续使用OSTU阈值分割方法,取得阈值分割后的最大连通域,

该连通域即为图像中的棒材区域。

对原始图像进行图像分割去除背景的效果如图3、图4所示:

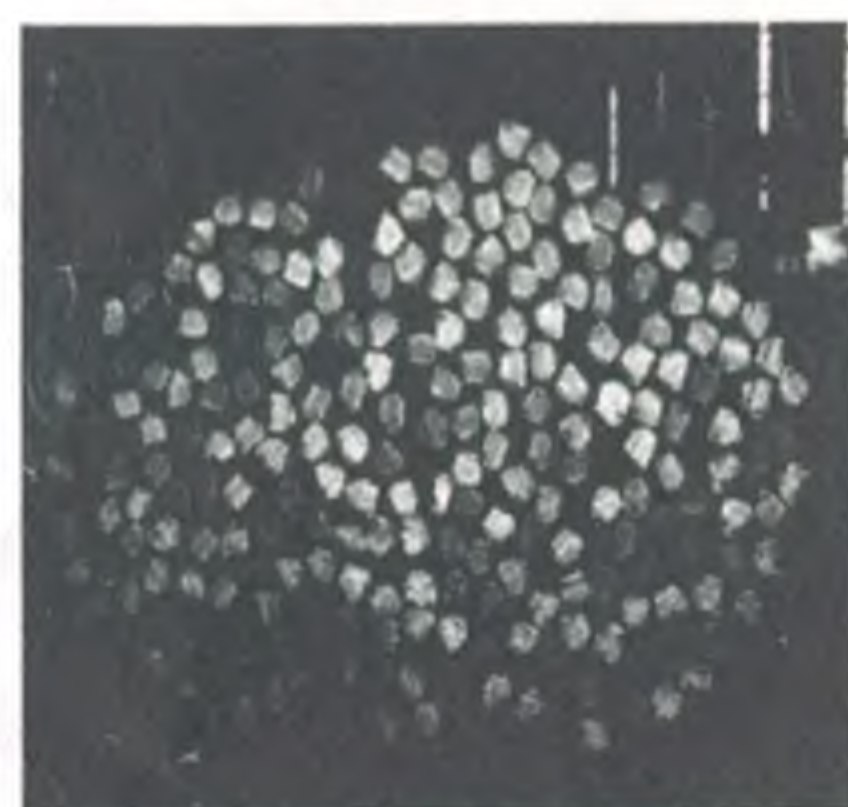


图3 原始图像



图4 背景分离

## 2.2 棒材截面半径检测

在初次运行时,需要首先对每种规格的棒材进行样本学习,提取所选棒材的相关特征信息。对圆形或类圆形的棒材,通过Hough变换的方法可以检测样本图像中棒材,提取样本图像中棒材直径对应的像素。Hough变换具有抗干扰能力强,对不完整的边缘具有鲁棒性的优点<sup>[11]</sup>,文中采用基于梯度的Hough变换,很好地解决了Hough变换中的无效累积问题,减少了时间消耗,更符合实时系统的需要。

圆的方程以极坐标的形式表示:

$$a = x - r \cos \theta; b = y - r \sin \theta \quad (7)$$

其中 $(x,y)$ 为当前像素点的坐标, $a$ 和 $b$ 为圆心坐标, $r$ 为半径, $\theta$ 为梯度方向角。梯度方向角的计算公式为:

$$\text{Grad}(f(x,y)) = \frac{\partial f}{\partial x} i + \frac{\partial f}{\partial y} j \quad (8)$$

$$|\text{grad}| = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2} \quad (9)$$

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{\partial f / \partial x}{\partial f / \partial y} \right) \quad (10)$$

在参数空间 $(a,b,r)$ 中构建累加数组,对每个不为零的像素点根据梯度方向角对半径 $r$ 循环求得坐标 $(a,b)$ 的值,对累加数组进行累加操作,找到累加数组中的峰值,其对应的坐标 $(a,b,r)$ 就是要找到的圆心坐标和半径。

## 2.3 棒材截面位置检测

利用样本学习过程中获取到的带检测规格的棒材半径,建立模板图像,采用归一化的模板匹配方法,得到结果图像。

通过匹配度的计算,原图像 $F$ 中与模板接近的部分在结果图像中有较大的输出值,结果图像中的局部灰度极大值点即为模板匹配得到的最接近棒材中心点即圆心的像素点。所以中心点的选取转化为局部极大值的检测。

对模板匹配得到的结果图像,文中提出一种阈值渐增的二值化方法来获取图像中的局部灰度极大值从



而提取棒材的中心点,通过适当的阈值渐增操作还可以过滤掉小而无关的干扰点。

中心点的选取策略如下:

- 1) 对模板匹配的结果图进行高斯滤波;
- 2) 选取初始阈值进行二值化;
- 3) 不断增加阈值,直至出现连通域消失,记录连通域消失前最后的像素点为棒材的中心点;
- 4) 重复步骤 3,直至阈值增加到图像的灰度最大值,图像中的连通域全部消失。

图 5 是整个实验的过程描述。a 是对模板匹配得到的结果图像进过高斯滤波得到的结果, b 是经过初始阈值二值化后的结果, c 显示了适当的阈值渐增操作后的结果,可以看出图像中的棒材已经被分割成独立的、互不相连的较小的图像。d 中可以看出,随着阈值的逐渐增大,一些独立的连通域消失了,连通域消失前最后的像素点是局部极大值点,也就是所求的棒材的中心点, e 是最终的棒材检测结果。

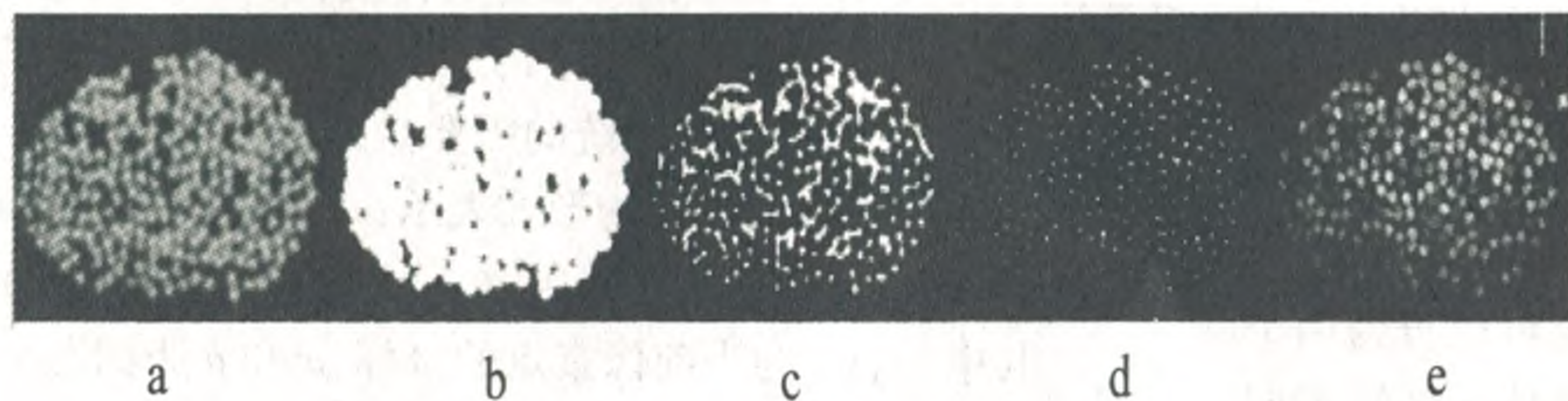


图 5 实验过程

#### 2.4 误判点过滤

由于钢材生产车间环境复杂,图像噪声等因素给处理结果带来一些不稳定性,上一步得到的局部极大值点并非全部都是中心点,有少数属于误判点<sup>[12]</sup>。文中采用聚类方法过滤误判点。

设获得的中心点坐标为集合  $A = \{a_i\}$ , 其中  $\forall i > j \exists \text{value}(a_i) > \text{value}(a_j)$ , 可通过滤除其中误判点, 得到集合  $B = \{b_i\}$ , 将方法用伪代码表示:

```

for each(a ∈ A)
{
    If( any b ∈ B ∃ dist(a, b) < 2r )
    {
        Continue;
    }
    将 a 放入 B
}

```

由于 A 中元素按照对应的局部最大值排列, 因此上述方法能够在过于接近的两个局部较大值中滤除较小值。此方法本质上是一种聚类方法。

### 3 实 验

实验选取了 25 幅图像作为测试样本对文中的方

法进行测试, 同时与文献[4]和文献[5]的方法进行了对比。测试环境的计算机配置为 Intel Core Duo P8700, 2G 内存, Nvidia Gefore GT 120M, 1G 显存。试验的结果如表 1 所示, 准确率是指测试图片中采用计数方法正确识别的棒材比率, 平均运行时间是指平均每幅测试图像的运行时间。

表 1 不同实验方法效果对比

	准确率	平均运行时间
文中方法	98%	2.23
文献 4 方法	88%	17.31
文献 5 方法	37%	2.01

由以上数据可知, 文中的方法在这个测试样本中有着高达 98% 的准确率, 对一些不规则、粘连的棒材图像仍具有良好的识别效果, 抗干扰能力强, 同时运行时间很短, 能够满足工业环境中的实时性和准确性要求, 具有很好的应用前景。而且在图像采集、计算机运行速度等环节继续改进的情况下, 能够使系统的运行情况更加稳定、可靠, 运行速度更快。

### 4 结束语

文中基于纹理特征和模板匹配实现棒材自动计数。利用灰度共生矩阵提取棒材截面特征进行背景分离, 经过模板匹配算法, 提出阈值渐增的提取棒材中心点完成自动计数。实验表明, 文中方法能够实现复杂环境下成捆棒材自动计数, 计数准确性高, 实时性好, 工业实用性强。

#### 参考文献:

- [1] 罗三定. 基于机器视觉的分钢关键技术研究及其应用[D]. 长沙: 中南大学, 2006.
- [2] Song Jiqiang. A Hough transform based line recognition method utilizing both parameter space and image space[J]. Pattern Recognition, 2005, 38(4): 539-553.
- [3] 刘桂雄, 申柏华, 冯云庆, 等. 基于改进的 Hough 变换图像分割方法[J]. 光学精密工程, 2002, 10(3): 257-260.
- [4] 冯铁成. 基于数字图像处理的钢材测数方法的研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2008.
- [5] 黄华贵, 王 巍, 杜凤山, 等. 基于数字图像处理的钢管自动识别计数系统开发[J]. 燕山大学学报, 2006, 30(1): 24-26.
- [6] 宁顺刚, 白万民, 喻 钧. 基于灰度共生矩阵的图像分割方法研究[J]. 电子科技, 2009, 11(3): 47-51.
- [7] 毛秉毅. 基于自适应 LBP 算法的纹理分析[J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(2): 89-91.

(下转第 188 页)



## 4) 变迁限制条件

①  $OUT_{4L}, OUT_{3L}, OUT_{2L}, OUT_{1L}, OUT_{4R}, OUT_{3R}, OUT_{2R}, OUT_{1R}: [u=d]$

②  $TB_4', TB_3', TB_2': [u=b]$

③  $TB_4, TB_3, TB_2, TB_1: [u=a]$

## 3.2 仿真结果

根据输入的航班数据和模型设计过程, 预计结果为:

(1) 进场航班有:  $1a@+0; 1b@+1200$

(2) 离场航班有:  $1d@+120$

(3) 停机位中已存在的航空器位置:  $R_1, R_4$

所有航班均按照时间顺序, 依次完成入库或推出, 与预期结果相符。

## 3.3 仿真分析

为了验证模型的结构和其运行状况的合理性, 文中使用 CPN Tools 中的状态空间分析工具 (States Space Tools) 进行分析。

由状态空间报告中的多集有界性数据可知, 无论是滑行道位置闲忙状态控制库所、航班安排库所、入库控制库所、通过位置点继续走行的判断库所等等, 这些库所都在系统中运行正常而有序, 又由于 TO 库所中出现了  $1d, L_4$  库所中出现了  $1a, L_1$  库所中出现了  $1b$ , 与预期吻合, 说明试验结果达到目的。

状态空间报告中模型的活性数据如图 3 所示。

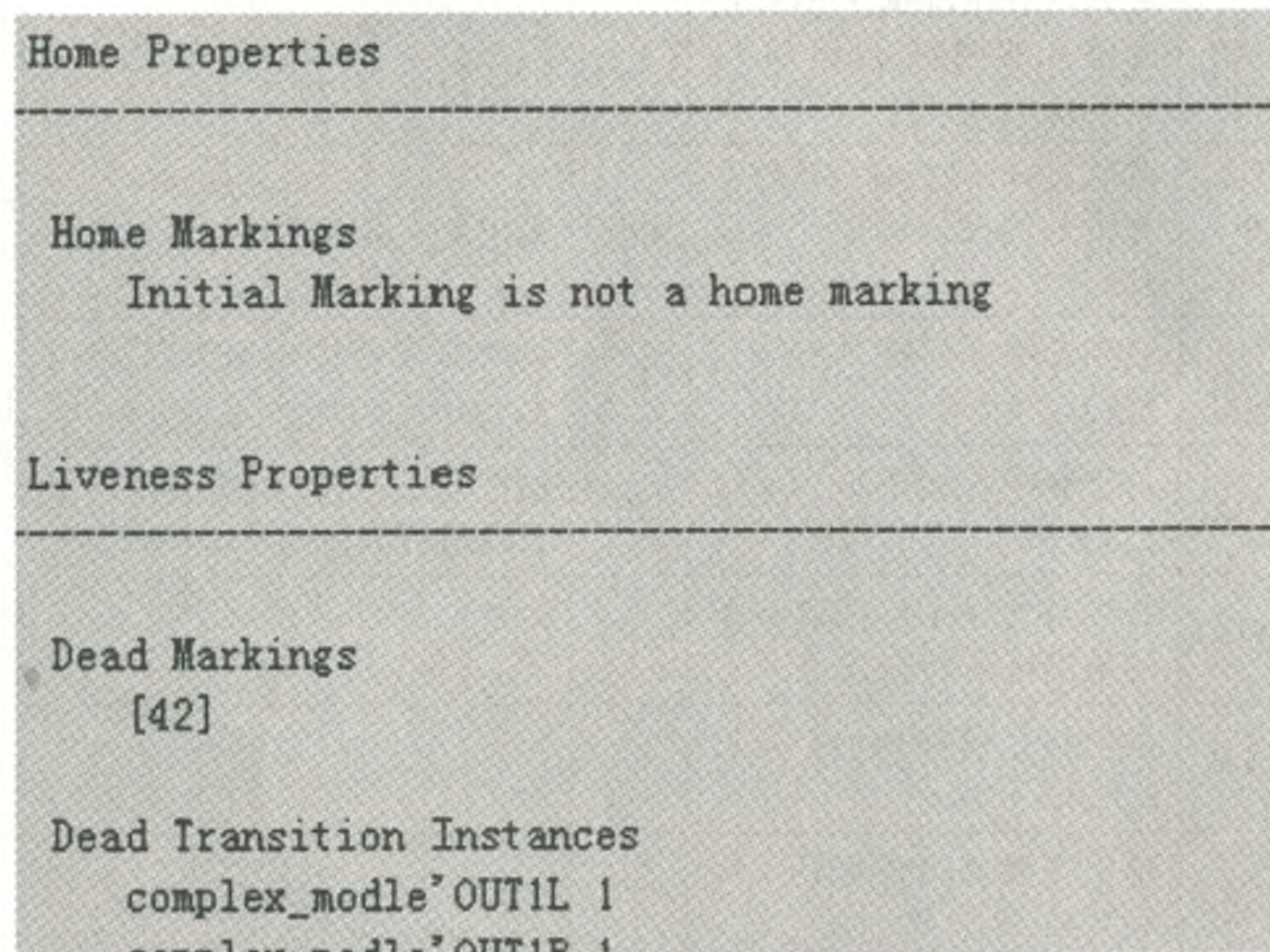


图 3 状态空间报告-模型活性数据

由图 3 中状态空间报告可知, 系统非循环。另由活性数据可知, 在此模型中存在一个死标识, 标识节点

代码为 42。死标识是不能被使能的标识, 也就是说不能被激发。因为模型中存在死标识, 因此模型中没有活变迁。因为系统的死变迁是初始赋值时产生的, 这说明在模型中有些停机位中没有停入、也没有推出航空器。模型的整个运行是通畅的。

## 4 结束语

文中在时间有色 Petri 网的基础上, 提出了一种共用同一中间机坪滑行道的航班相对推出型问题的 TCPN 模型。

通过此模型可以直观地表示出航空器在滑行道和机坪的运行情况, 并应用 TCPN 对其进行动态仿真, 从而在保障航班推出安全作业的情况下, 避免了航班推出时可能产生的冲突。这对减少航班运行的总延误时间、提高机场安全运行效率有着重要的意义。

## 参考文献:

- [1] 袁崇义. Petri 网原理[M]. 北京: 电子工业出版社, 1998.
- [2] 林 闯. 随机 Petri 网和系统性能评价[M]. 第 2 版. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [3] 蒋昌俊. Petri 网的行为理论及其应用[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003.
- [4] Murata T. Petri nets: properties, analysis and applications[J]. Proceedings of the IEEE, 1989, 77(4): 541-580.
- [5] 胡 柯, 郭壮辉. Petri 网方法及其在制造系统研究中的应用[J]. 系统仿真技术, 2006(4): 222-223.
- [6] 宗 群, 窦立谦, 程义菊. 基于时间-有色 Petri 网的电梯系统的建模与分析[J]. 中国工程科学, 2004, 6(12): 52-54.
- [7] 刘 峰. 基于着色 Petri 网的工作流建模与分析研究[D]. 无锡: 江南大学, 2008.
- [8] 朱卫峰. 复杂物流系统仿真及其应用方案研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2004.
- [9] 吴邵艳. 基于复杂系统理论的工程项目管理协同机制与方法研究[D]. 天津: 天津大学, 2006.
- [10] 王海东, 孙淑光, 华克强. 基于时间有色 Petri 网的航班进离港建模的研究[C]. 西安: 第十五届全国测试与故障诊断技术研讨会, 2006.
- [11] 王海东, 孙淑光, 华克强. 时间有色佩特里网在航班进离港中应用[J]. 计算机仿真, 2007(11): 51-53.
- [12] 陈 刚. 我国枢纽机场机坪运作管理研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2008.

(上接第 184 页)

- [8] 陈 浩, 王景中, 姚光明. 基于类圆割的棒材计数图像识别[J]. 工程图学学报, 2004(4): 98-103.
- [9] 王琳娟, 汪西莉. 基于区域竞争的水平集快速图像分割算法[J]. 计算机应用, 2008, 28(10): 2628-2632.
- [10] Zhang Renyan, Zhao Guoliang, Su Li. A new edge detection method in image processing[J]. Communications and Informa-

tion Technology, 2005, 33(10): 445-448.

- [11] 杨全银. 基于 Hough 变换的图像形状特征检测[D]. 济南: 山东大学, 2009.
- [12] 罗三定, 陈 前. 多方法融合类圆形堆积物分割[J]. 计算机工程, 2009, 35(4): 215-217.



基于两种交互模式的 STITP 系统的设计与实现

作者:  
作者单位:  
刊名:  
英文名:  
年, 卷(期):

刘允, 季一木, 宗平, 朱相全, 王静, 高斐  
刘允(南京邮电大学教务处,江苏南京210046), 季一木,朱相全,王静,高斐(南京邮电大学计算机、软件学院,江苏南京210046), 宗平(南京邮电大学海外教育学院,江苏南京210046)  
计算机技术与发展  
Computer Technology and Development  
2012(8)

参考文献(12条)

1. 罗三定 基于机器视觉的分钢关键技术研究及其应用[学位论文] 2006
2. Song Jiqiang A Hough transform based line recognition method utilizing both parameter space and image space 2005(04)
3. 刘桂雄;申柏华;冯云庆 基于改进的Hough变换图像分割方法[期刊论文]•光学精密工程 2002(03)
4. 冯铁成 基于数字图像处理的钢材测数方法的研究[学位论文] 2008
5. 黄华贵;王巍;杜凤山 基于数字图像处理的钢管自动识别计数系统开发[期刊论文]•燕山大学学报 2006(01)
6. 宁顺刚;白为民;喻钧 基于灰度共生矩阵的图像分割方法研究 2009(03)
7. 毛秉毅 基于自适应LBP算法的纹理分析[期刊论文]•计算机工程与应用 2007(02)
8. 陈浩;王景中;姚光明 基于类圆割的种材计数图像识别 2004(04)
9. 王琳娟;汪西碧 基于区域竞争的水平集快速图像分割算法[期刊论文]•计算机应用 2008(10)
10. Zhang Ronyan,Zhao Guoliang,Su Li A new edge detection method in image processing 2005(10)
11. 杨全银 基于Hough变换的图像形状特征检测[学位论文] 2009
12. 罗三定;陈前 多方法融合的类型形迹积物分割[期刊论文]•计算机工程 2009(04)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_wjtz201208047.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjtz201208047.aspx)