

文章编号:1671-8860(2005)02-0150-04

文献标志码:A

# 基于修正后直方图不变矩的符号图像变化检测

周军其<sup>1</sup> 薛存金<sup>1</sup> 孙家炳<sup>1</sup>

(1 武汉大学遥感信息工程学院,武汉市珞喻路129号,430079)

**摘要:**提出了基于修正后的直方图不变矩对符号图像进行变化检测的算法。该算法的主要思想是首先计算图像直方图不变矩,然后用两幅符号图像之间的相关系数来修正,利用修正后的不变矩来检测符号图像变化。该方法解决了Hu不变矩在检测符号图像变化时难以克服的灰度变化问题。结果表明,该算法对符号图像的对比度和灰度有较强的抵抗能力,能够提高符号图像变化的检测率和控制误测率。

**关键词:**Hu不变矩;修正的直方图不变矩;符号图像变化检测

中图法分类号:TP751.1

根据参考图像来检测目标图像是否发生了变化,目前有许多算法<sup>[1~8]</sup>,如基于Hu不变矩和基于直方图不变矩等,这些算法一般都是基于光谱特征或基于空间特征来进行变化检测的。对于本文研究的符号图像,是指数字化了的表格,共有1 600个符号。对表格中的符号按要求进行填划,然后对填划结果作出判断。传统的处理方法是用目视判断和手工勾划,对于处理大量的表格图像而言,不仅要耗费大量的人力,且时间效率较低,判断的准确率得不到保证。直接利用直方图不变矩来检测符号图像的变化也难以获得满意的效果。为此,本文利用基于修正后直方图不变矩对符号图像进行变化检测,得到了较好的变化检测效果。

## 1 基于修正后直方图不变矩的符号图像变化检测

直方图不变矩具有Hu不变矩的特性,对图像的灰度变化有较强的抵抗能力。但在具体实验中发现,对符号图像难以完全检测出其变化。为此,以图像间的灰度相关系数作为直方图不变矩的修正值,用修正后的特征参数去检测符号图像。

### 1.1 Hu不变矩

Hu不变矩用来描述区域的灰度分布特征,也是对目标特征变化进行检测的常用方法。经过区域分割后得到不同目标图像区域,选择适当的滑动窗口来计算不变矩。

设图像函数  $f(x, y) \in D(R_2)$ ,  $D$  为区域,则目标的  $p+q$  阶原点矩定义为:

$$m_{pq} = \iint_D x^p y^q f(x, y) dx dy \quad (1)$$

式中,  $p, q = 0, 1, 2, \dots$

目标的  $p+q$  阶中心矩定义为:

$$\mu_{pq} = \iint_D (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x, y) dx dy \quad (2)$$

式中,  $(\bar{x}, \bar{y}) = \left( \frac{m_{10}}{m_{00}}, \frac{m_{01}}{m_{00}} \right)$  为区域灰度质心。

归一化的中心矩为:

$$\mu_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{\mu_r^r} \quad (3)$$

式中,  $r = \frac{p+q}{2}$ ,  $p+q = 2, 3, 4, \dots$

对于大小为  $m \times n$  的离散二维数字图像  $f(x, y)$ , 矩公式为:

$$m_{pq} = \sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n x^p y^q f(x, y) \quad (4)$$

中心矩的公式为:

$$u_{pq} = \sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x, y) \quad (5)$$

式中,  $x = m_{10}/m_{00}$ ,  $y = m_{01}/m_{00}$ 。归一化的中心矩同式(3)。

图像的7个Hu不变矩可以由图像的二阶及三阶矩计算得到<sup>[5]</sup>。

### 1.2 直方图不变矩

假设有一维信号  $f(x)$ , 则其一维  $k$  阶矩定

义为:

$$m_k = \int x^k f(x) dx, k = 0, 1, 2, \dots \quad (6)$$

$k$  阶中心矩定义为:

$$\mu_k = \int (x - \bar{x})^k f(x) dx, k = 0, 1, 2, \dots \quad (7)$$

式中,  $\bar{x} = m_1 / m_0$ 。

对于离散的二维图像, 其直方图一维  $k$  阶矩定义为:

$$m_k = \sum_{x=0}^{255} x^k f(x), k = 0, 1, 2, \dots \quad (8)$$

$k$  阶中心矩定义为:

$$\mu_k = \sum_{x=0}^{255} (x - \bar{x})^k f(x), k = 0, 1, 2, \dots \quad (9)$$

式中,  $\bar{x} = m_1 / m_0$ 。

由式(7)和式(9)可知,  $\mu_k$  满足平移不变性, 将其归一化后可以满足比例不变性。归一化后的中心矩定义为:

$$\eta_k = \mu_k / \mu_0^k, r = k + 1 \quad (10)$$

根据归一化中心不变矩, 提出如下 4 个不变矩, 它们具有平移、旋转、比例和灰度不变性<sup>[4,5]</sup>:

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= \eta_4 / \eta_2^2, & \lambda_2 &= \eta_5 / \eta_2 \eta_3 \\ \lambda_3 &= \eta_6 / \eta_2 \eta_4, & \lambda_4 &= \eta_7 / \eta_3 \eta_4 \end{aligned} \quad (11)$$

### 1.3 基于修正的直方图不变矩算法

对于大小为  $m \times n$  的离散二维数字图像  $f_1(x, y)$  和  $f_2(x, y)$ , 其灰度相关系数可定义为:

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{\delta_{f_1, f_2}}{\delta_{f_1} \delta_{f_2}} = \\ &= \frac{\sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n (f_1 - \bar{f}_1)(f_2 - \bar{f}_2)}{\left[ \sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n (f_1 - \bar{f}_1)^2 \sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n (f_2 - \bar{f}_2) \right]^{1/2}} \end{aligned} \quad (12)$$

式中,  $\rho$  为标准图像与待检测图像的相关系数;  $f_1$  为标准图像的像素灰度值;  $\bar{f}_1$  为标准图像的像素灰度均值;  $f_2$  为待检测图像的像素灰度值;  $\bar{f}_2$  为待检测图像的像素灰度均值。

修正的直方图不变矩定义为:

$$\gamma_1 = \lambda_1 / \rho, \gamma_2 = \lambda_2 / \rho, \gamma_3 = \lambda_3 / \rho, \gamma_4 = \lambda_4 / \rho \quad (13)$$

## 2 算法实现和实例

该算法的具体实现过程如图 1 所示。其中图像的初始化匹配是保证图像的扫描起始点为图像的起始点, 滑动窗口的设定是保证感兴趣的目标

在统计时的一致性, 标准库中的矩特征量是对没有发生任何变化的图像预先统计得到的矩特征量, 阈值的设定是考虑到图像的初始化过程存在差异和计算过程中存在误差。

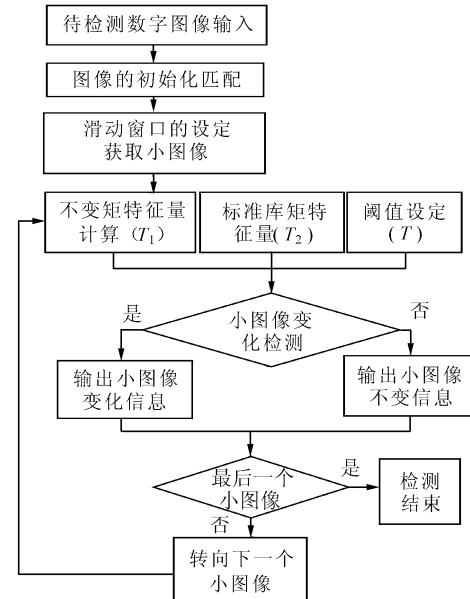


图 1 图像变化检测流程

Fig. 1 Procedure of Image Change Detection

本文取一张填划过的表格和参考表格进行判别, 每张表格有 1 600 个符号, 每张表格已经数字化为数字表格。为说明方便, 取参考图像和变化图像中的部分来说明变化检测的过程, 图像大小为 230 像素  $\times$  240 像素, 图 2 为参考图像, 图 3 为目標图像。为此, 设定大小为 23 像素  $\times$  24 像素的滑动窗口, 目的是把两幅图像以行列为标准划分成 10 像素  $\times$  10 像素的小矩形, 每一小矩形作为一小图像, 然后对对应的每一小图像的 Hu 不变矩、直方图不变矩和修正后的直方图不变矩进行统计计算。本文所用的算法均在 VC<sup>++</sup> 6.0 上实现, 修正后的直方图不变矩统计表见表 1 (Hu 不变矩和直方图不变矩统计表略)。表 1 只列出了变化图像矩特征与相应标准库中的矩特征之差。

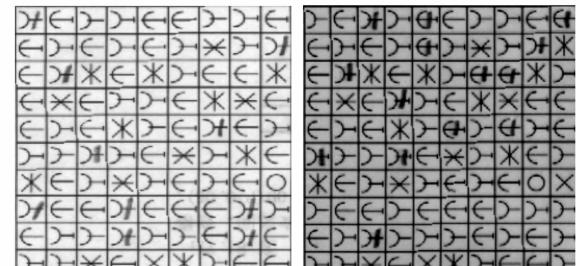


图 2 参考图像

Fig. 2 Reference Image

图 3 目標图像

Fig. 3 Aim Image

表1 修正后的直方图不变矩统计表

Tab. 1 Revised Histogram Invariant Moments

编号	参考图像		矩特征值差		编号	目标图像		矩特征值差	
	特征1	特征2	特征3	特征4		特征1	特征2	特征3	特征4
1	4.745	5.945	7.209	8.917	3	8.781	10.661	13.362	14.508
19	4.590	5.854	7.228	9.261	5	5.321	6.850	9.230	10.887
22	12.480	15.170	18.370	19.905	10	2.560	2.735	4.596	3.197
47	5.124	6.796	8.316	11.172	15	3.866	4.221	6.022	4.810
53	5.052	4.462	6.141	1.719	19	4.409	5.165	6.874	7.100
71	3.390	4.333	5.226	6.382	22	12.813	16.139	19.681	3.819
74	5.189	5.398	7.095	4.379	27	6.552	9.154	11.418	15.222
78	4.576	4.471	6.073	3.890	28	5.302	7.807	9.587	13.994
84	3.169	3.320	4.902	4.287	34	8.414	10.276	13.428	15.314
88	3.986	5.827	7.593	11.878	46	6.598	6.754	8.583	6.013
100	8.830	10.162	11.921	10.960	48	3.593	4.230	5.528	5.558
					51	9.341	11.121	13.346	—
					54	6.599	7.401	9.285	8.515
					83	5.898	7.144	9.909	11.818

为了叙述方便,把第一行第一列作为第一个小图像,第一行第二列作为第二个小图像,以此类推,并编号为图像  $1i$  和图像  $2i$  ( $i = 0, 1, 2, \dots, 99$ ),如把第五行和第五列的图像称为小图像 155 或小图像 255。从两幅图像上目测可知,小图像 11、119、122、147、153、171、174、178、184、188、1100 和小图像 23、25、210、215、219、222、227、228、234、246、248、251、254、283 发生了变化。为了说明对图像检测的程度,定义检测率( $\eta$ )为:

$$\eta = p/m \times 100\% \quad (14)$$

误测率( $\gamma$ )为:

$$\gamma = q/m \times 100\% \quad (15)$$

式中,  $p$  为发生了变化且检测出来的图像个数;  $q$  为没有发生变化而检测出变化的图像个数,即检测错的个数;  $m$  为实际发生变化的图像个数。

根据上述方法对具体的表格(包含 1 600 个符号)进行了变化检测,取得了满意的效果。通过实际应用可以得出以下几个结论。

1) 从其统计值本身分析,  $Hu$  不变矩的第一特征值和第二特征值的变化与图像发生变化和未发生变化两者之间没有固定的规律,其他的几个特征值均太小,不宜作为图像变化检测的指标。直方图不变矩的四个特征值,在图像发生变化时均有一定的差异,而修正后的直方图不变矩使这种差异更加显著。

2) 从其检测率和误测率上分析,利用  $Hu$  不变矩,不论如何选择阈值  $T$ ,其误测率都较高,检测率已失去实用意义,达不到满意的效果。利用直方图不变矩,当阈值  $T$  设定为 2.00 时,其检测率为 87.30% 左右,误测率为 2.45% 左右。利用

修正后的直方图不变矩,当阈值设定为 3.00 时,其检测率为 96.85%,误测率为 0.98% 左右。

3) 从实际应用分析,  $Hu$  不变矩难以消除灰度的差异,检测结果已失去了实用意义。直方图不变矩很好地克服了这一点,其检测结果统计有很大的提高,但仍有一定的误差。而修正后的直方图不变矩对灰度的变化有更强的抵抗力,其检测结果可满足实际的需要。

### 3 结语

本文在对  $Hu$  不变矩和直方图不变矩算法进行统计和分析的基础上,探讨了  $Hu$  不变矩和直方图不变矩之间的差异,提出了基于修正后的直方图不变矩算法,把它作为特征参数对图像变化进行检测。对变化的表格图像检测结果表明,利用修正后的直方图不变矩对变化的图像进行检测,从检测率和误测率上都优于  $Hu$  不变矩和直方图不变矩,对实际图像的变化检测有实际意义。修正后的直方图不变矩的阈值设定是判别的关键和难点,它会直接影响检测结果,阈值过大造成错判,阈值过小会造成漏判。如何设计自适应的阈值设定算法来确定最优阈值,从而达到最佳的判读效果还有待进一步研究。此外,对第一个小图像起始位置的定位也非常关键,它直接关系到整个表格图像的判读。实验表明,本方法检测的速度和准确率大大提高,对于大批量表格的检测是有效的,可以代替人工判断表格,极大地提高了工作效率。本方法对目标变化检测也具有一定的参考作用。

## 参 考 文 献

- 1 黄文骞. 基于矩特征的点状符号识别. 测绘科学, 1997 (2): 25~26
- 2 冯桂, 卢健, 林宗坚. 图像直方图不变特征在影像匹配定位中的应用. 计算机辅助设计与图形学学报, 2000, 12(2): 146~148
- 3 严柏军, 郑链, 王克勇. 基于不变矩特征匹配的快速目标检测算法. 红外技术, 2001, 11(6): 8~9
- 4 丘江, 杨静, 刘波. 基于矩和小波变换的目标图像识别. 光子学报, 2001, 7(7): 836~837
- 5 章毓晋. 图像处理和分析. 北京: 清华大学出版社, 1999
- 6 吴晏, 丁明跃, 彭嘉雄. 基于直方图的一维不变矩研究. 华中理工大学学报, 1996, 2(2): 66~67
- 7 陈晓钟, 孙华燕. 基于能量特征的图像目标检测. 红外与激光工程, 2001, 2(1): 30~31
- 8 Merrill K R, Liu J J. A Comparison of Four Algorithms for Change Detection in an Urban Environment. *Remote Sensing of Environment*, 1998, 2(2): 95~100
- 9 Chim Y C, Kassim A A, Ibrahim Y. Charater Recognition Using Statistical Moments. *Image and Vision Computing*, 1999 (17): 299~307
- 10 Cha S H, Srihari S N. On Measuring the Distance Between Histograms. *Pattern Recognition*, 2002 (35): 135~137
- 11 Wong W H, Siu W C, Lam K M. Generations of Moments Invariant and Their Uses for Character Recognition. *Pattern Recognition Letters*, 1995 (16): 115~123

第一作者简介: 周军其, 副教授, 博士生。现主要从事遥感图像处理和应用研究。

E-mail: junqi\_zhou@163.com

## Detection of Changed Symbol Images Based on Revised Histogram Invariant Moments

ZHOU Junqi<sup>1</sup> XUE Cunjin<sup>1</sup> SUN Jiabing<sup>1</sup>

(1 School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** As the Hu's invariant moments cannot deal with the changed gray during detecting changed image, a revised histogram invariant moment's algorithm is put forward based on the histogram invariant moments. The invariant moments of image histogram filtered is calculated and revised with the related coefficient of the two images. Two symbol images, a reference image and an aim image, are tested to detect the change. The experiment shows that the method can resist the effect of the brightness and the contrast change of images.

**Key words:** Hu's invariant moments; revised histogram invariant moments; detection of the changed symbol image

**About the first author:** ZHOU Junqi, associate professor, Ph.D candidate, engaged in the research on remote sensing image processing and application.  
E-mail: junqi\_zhou@163.com

(责任编辑: 晓晨)

### 欢迎订阅 2005 年《测绘信息与工程》

《测绘信息与工程》为测绘专业应用技术期刊, 其宗旨是: 贯彻从生产中来、到生产中去的办刊原则, 面向测绘行业发展的实际, 发表对测绘行业具有直接指导作用的技术、管理和教育文章, 沟通测绘研究和应用的联系, 普及测绘新技术, 提高测绘行业的技术含量及从业人员技术水平。本刊开辟的栏目均面向读者需要, 并已形成特色和优势, 具有较好的社会适应性。本刊为湖北省优秀期刊, 收录本刊论文的数据库主要有 CAS、PKU 等。本刊读者对象为测绘及相关专业的技术人员、管理人员、教育人员以及大学生、研究生等。

本刊为双月刊, 国内外公开发行, 邮发代号: 38-316。A4 开本, 56 面, 定价 4 元/册, 逢双月 5 日出版。漏订的读者可以与编辑部联系补订。