文章编号:1006 – 544X(2004)03 – 0352 – 04

二维连续形变图像的识别

程小辉, 沈 旭, 李明强

(桂林工学院 电计系, 广西 桂林 541004)

摘 要: 为了解决计算机识别2帧图像是否属于连续形变问题, 提出了一种新的算法: 利用压线格分别提取2帧图像的边缘信息, 以2帧图像压线格重心坐标的位移量作为判断图像发生形变的依据. 具体如下: 首先计算出第2帧图像中发生突变的压线格的数量; 再用发生突变的压线格的数量与第1帧图像的方格数相比, 如果比值小于或等于程序中设定的阈值, 则此两帧图像属于连续形变, 否则, 属于非连续形变.

关键词: 模式识别; 连续形变; 压线格; 突变; 阈值

中图分类号: TP301.6 **文献标识码**: A①

计算机视觉是人工智能研究的一个热点问题. 人们十分关心这样一个重要问题: 如何使得计算机视觉能够识别各种形状连续变化的物体. 人眼能够从不同距离、不同角度轻而易举地识别大小和形态剧烈变化的目标物体. 人这一本能是由于提取了目标的几何结构不变量信息, 这种不变量信息完全不受距离的远近和视角的变化而改变. 显然, 当物体发生形变但仍能被正确识别时, 则该物体所蕴含的不变量一定没有发生本质变化[1].

研究表明,人在视觉初期首先感知到物体的拓扑性质(拓扑不变量).因此,赵磊等认为"如果将物体连续形变过程视作对于物体的连续变换,则通过研究该变换所包含的各种不变性对应的不变量(包括拓扑不变量),有可能获得解决图像识别和理解问题的一种有效方法".[2]

但是, 现实中往往存在着许许多多这样的事实: 虽然物体发生了拓扑变换, 但仍然可视为连续形变, 如图1a至图1b的变化. 显然, 可以将其变换看成是连续形变, 但是有一点: 两幅图片的拓扑性质发生了变化. 如果仅仅按照拓扑不变来作为连续形变与否的依据, 显然是与实际情况相违背的, 基于此, 笔者认为上述通过拓扑不变量作为识别物体连续形变的依据有时并不妥当. 所以, 笔者提出一种新的算法来解决此类问题.

1 算法思想

本文提出图像连续形变识别算法, 首先要满足以下2个条件: ①必须是二维图像的连续形变; ②连续形变的幅度在一定的作用范围内, 即阈值 $\varepsilon < A$(A 为某较小的实值). 在满足以上两个条件的前提下,对图像进行方格化处理,利用压线格或图像的边界信息,通过对两幅图像的压线格重心坐标的位移量进行比较,判断是否发生了突变. 用得到的发生突变的压线格的数量除以图像方格的总数量,得到压线格的突变度,用突变度与程序设定的



(a) (b)

图1 发生拓扑形变的图像

Fig. 1 Images of changed topology

① **收稿日期**: 2003 – 07 – 26

基金项目: 广西区教育厅资助项目(桂教科研[2002]316)

作者简介: 程小辉(1961 –), 男, 博士研究生, 副教授, 研究方向: 图像处理、计算机网络、嵌入式系统.

阈值进行比较，如果突变度大于阈值则为非连续形变；否则，为连续形变. 下面是几个相关的概念.

（1）同胚：设 X 与 Y 是两个随意的拓扑空间，并设 $f:X\to Y$. 如果 f 是连续的双一一函数，并且它的反函数 f^{-1} 也是连续的，那么，f 就称空间 X 到空间 Y 上的一个同胚. 此时空间 X 与空间 Y 叫做同胚的，也常称空间 X 与 Y 拓扑等价[3].

（2）物体拓扑相似：M_1 和 M_2 分别是 2 个所谓的物体，若二者同胚，则称 M_1 和 M_2 拓扑相似. 如图 2 中的两幅图像拓扑相似[3].

（3）压线格：把一幅图像用纵横交错的直线段划分成许许多多的小方格，图像的边界所经过的方格即为该图像的压线格（即有线条穿过的方格）. 如图 3a 所示被灰色填充的方格即为压线格，把其中一个放大后如图 3b 所示.

（4）压线格的获取：如果是图形，则压线格很容易确定，因为图形的边界很清楚，线条的灰度值与其周围的像素的灰度值有明显的差别，所以可以很容易地将其界定出来. 将图 3a 中灰色的压线格放大成图 3b，可知线条与压线格边界有 2 个交点，沿压线格的左上角按逆时针方向依次计算其各个像素点的灰度值即可得知，一定有 2 个点的灰度值与其他不同. 从而可以认定此方格即为该图像的一个压线格.

但是，上述方法只有在非常理想的条件下才可实现. 因为它需要区别度即各个像素点的灰度值有很明显的差别，因此它仅仅适用于图形，而不适用于图像.



图 2　拓扑相似

Fig. 2　Topology resemblance

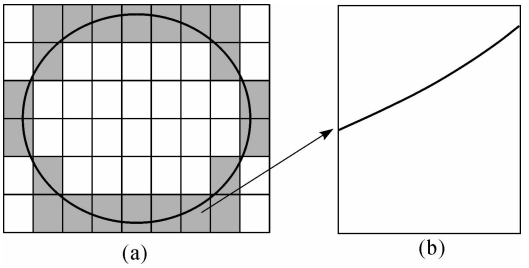


图 3　图形的压线格

Fig. 3　Graphics line-grid

对于大多数图像而言，它通常是由灰度值渐变的像素点组成，一般不会像图形那样由灰度值基本不变的线条构成. 因此，对于图像压线格的获取是相当复杂的.

本算法采用了以下方法加以处理. 首先将图 4a 方格化为图 4b，即用一定长度的间隔将图像纵横划分.

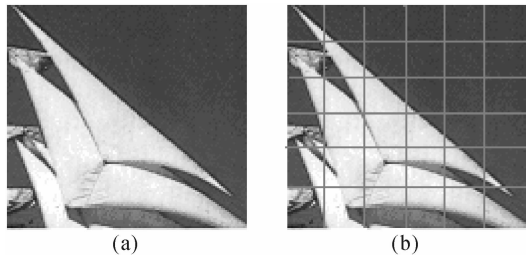


图 4　图像的压线格

Fig. 4　Image line-grid

定义一个二维数组用来存放图 4b 中各个像素点的灰度值，定义两个一维数组分别用来存放图像 4b 中所有压线格重心的纵横坐标. 通过方格左上角像素点的灰度值按顺时针方向分别与其他 3 个角所在的像素点的灰度值相比较（即由方格左上角像素点的灰度值分别与此方格右上角、右下角、左下角像素点的灰度值相比较），如果其差别超过了一定的限度（容差）则认为此方格为一压线格. 按从上到下、从左到右的顺序依次处理图像的每一个方格，最后得出符合要求的、用以标识图像边界的压线格，从而获取了这幅图像的边界信息. 同样的方法，可以获取另一幅图像的边界信息.

（5）突变与突变度：压线格重心坐标的位移量大于算法设定的界值（称此界值为识别精度），就称此压线格发生了突变；发生突变的压线格数与一帧图像所有的方格数相比得到的比值称为突变度.

（6）连续形变识别：定义一个变量 *unfit*，用来标识发生突变的压线格数量. 再定义一个变量 *yz*，用以表示 2 幅图像是否是连续形变的标准，即阈值. 通过对已获得的 2 幅图像的压线格重心坐标加以比较，得出发生突变的压线格的数量，用发生突变的压线格数量与整个图像所有的方格数

量做比值，即得到突变度，定义一个变量：urg_chg 表示它. 如果突变度比程序设定的阈值大，则表示突变方格的数量很大，即图像发生了明显的改变，从而认为此 2 幅图像不属于连续形变；否则，如果突变度小于或等于阈值，即图像的变化在期望的范围内，则认为属于连续形变.

2 算法步骤与流程图

算法步骤：

（1）置初始值：横向方格长度，纵向方格长度，识别精度，容差等.

（2）按逆时针方向获取各像素点的灰度值，并存入数组.

（3）获取压线格重心坐标，并存入数组.

（4）调用统计过程，计算突变方格数.

（5）计算突变度.

（6）判断突变度是否在阈值允许的范围之内，如果在阈值范围内，则属于连续形变；如果突变度大于阈值，则不属于连续形变. 程序询问是否继续，若继续，则转（2）；否则，转（7）.

（7）结束.

流程图：

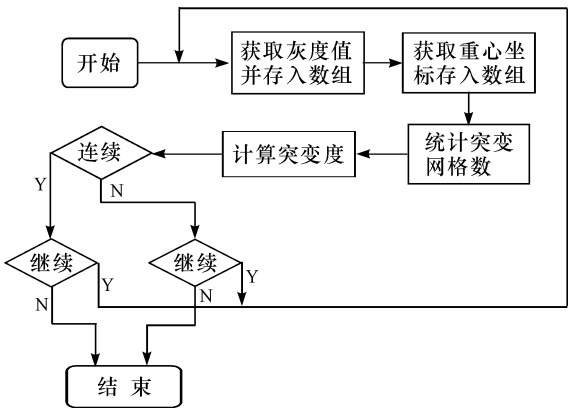


图 5 流程图

Fig. 5 Flow chart

3 复杂度分析

算法分析的一般做法是，从算法中选取一种对于所研究的问题（或算法类型）来说是基本操作的原操作，以该基本操作重复执行的次数作为算法的时间量度[4]. 本算法中，基本操作是获取图像各个像素点的灰度值. 定义一个二维数组存放被处理图像各个像素点的灰度值，假设横向上的像素数是 n 行，纵向上是 n 列，则像素灰度值的获取过程可以形式化表示如下：

```
for（i=1；i<=n；i++）
for（j=1；j<=n；j++）
{ a[i][j] = 相应像素点的灰度值；}//a为二维数组
```

综上可知，本算法的时间复杂度 $T(n) = O(n^2)$.

4 影响识别的因素

本算法中，影响连续形变识别的因素如下：

（1）容差：在其他条件不变的前提下，压线格的确定是根据相关方格像素点的灰度值之差是否大于容差来确定的. 很显然，如果容差变大则必然导致压线格数量的减少，进而使得发生突变的压线格数量下降. 但是图像总的方格数却保持不变，所以导致了突变度的下降. 反映在识别结果上可能将非连续形变判为连续形变.

（2）识别精度：在其他条件不变的前提下，突变度的获得是发生突变的压线格数除以方格总数的比值，而突变方格数量的获得是由压线格重心坐标的位移量与识别精度的设定值相比较得到的：如果位移量大于识别精度则突变压线格数增加 1；否则，保持不变. 如果把识别精度由大变小，则必然导致发生突变的压线格数量的数目增加，又因方格数量总数不变，因此，必然导致二者的比值增大，从而突变度变大. 反映在识别结果上可能将连续形变判为非连续形变.

（3）阈值：在其他条件不变的前提下，阈值与识别结果有直接的关系. 因为两幅图像是否属于连续形变，只有一个判断条件：突变度是否大于阈值，如果大于，则属于非连续形变；否则，属于连续形变.

（4）方格长度与宽度：在其他条件不变的前提下，如果方格长度、宽度由大变小，会导致识别结果精度的提高. 可以根据实际问题的需要，具体确定方格的长度与宽度：如果要求识别精度比较高，则将方格的长度与宽度设置为较小值；否则，设置为较大值.

为了达到不同识别结果精度的要求，可以调整上述诸因素，以满足不同情况下的各种需求.

5　结束语

图像的边缘在数字图像中是通过其灰度值的不连续性而反映出来的，要得到图像的边缘，仅需要那些灰度值变化比较明显的部分，而灰度变化平滑的区域可以忽略掉. 关键在于可以忽略的与不可忽略的界限的划定依赖于具体情况，没有固定的界限值可以依赖. 因此，如何确定界限值笔者将作进一步研究.

参考文献

[1] 朱仲涛，张　拔，张再兴. 曲线在拓扑形变下的准不变量[J]. 计算机学报，1999，22（9）：897－902.
[2] 赵　磊，冯志全，李金屏. 线性图形的拓扑性质检测算法研究[J]. 济南大学学报，2002，16（4）：340－342.
[3] 李孝传，陈玉清. 一般拓扑学导论[M]. 北京：人民教育出版社，1982.
[4] 严蔚敏，吴伟民. 数据结构[M]. 北京：清华大学出版社，1999.

Recognition of 2-dimensional continuous deformation image

CHENG Xiao-hui，SHEN Xu，LI Ming-qiang
（*Department of Electronics and Computer Science*，*Guilin Institute of Technology*，*Guilin* 541004，*China*）

Abstract：In order to find out whether two frames of images belong to continuous deformaton，a new algorithm is put forward to get edge-information of the image by using so-called line-grid. It is based on two images′continuous deformation on the distance variant of their line-grids′gravitational center. The concrete way is introduced as following：first，calculate the numbers of the line-grid in sharp changes；second，use the numbers obtained in former step to divide the numbers from the first image′s numbers of grids；finally，use the quotient obtained to compare with the threshold set in algorithm. If the quotient is smaller than or equal to the threshold，the two images are proved to be within continuous deformation；otherwise within discontinuous deformation.
Key words：pattern recognization；continuous deformation；line-grid；sharp change；threshold