

计算机加工活动目标信息的尝试*

陆惠民 王秀春 刘国强 史美德

刘宗汉 雷志才 王今著

(中国科学院生物物理研究所, 北京)

用计算机模拟人以及动物的视觉系统检测活动目标的功能, 可能为生物医学研究中的活体自动观察及其运动参数的定量测量提供新的技术手段, 因此在国际上日益受到重视^[1-3]。例如掌握胰岛细胞中携带胰岛素的颗粒(直径约0.2微米)的运动情况对于研究这种激素的产生机理是很重要的。这些颗粒将胰岛素从其合成处核蛋白体源源不断运送到细胞膜上去, 这类颗粒数目巨大, 用肉眼通过显微镜跟踪并测量它们的运动速度几乎不可能, 而用这种模拟技术就可以完成这个任务。

为了用计算机加工活动的目标, 通常将它们的运动过程分解为一系列静止的图象, 就象拍电影似的。所以计算机加工活动目标信息一般来说就是加工一个序列的图象信息, 而计算机“理解”动画片就是这种情况的模拟。近年来国外已能用计算机, “理解”由三幅画组成的青蛙摘果的动画片^[4]。我们设计了五张一组供计算机加工的动画片, 允许同时有五个物体出现。为适应这些物体形状, 我们发展了一种轮廓跟踪方法。

为了使计算机能“理解”动画片的内容, 必须使机器依次记住已经加工过的画面的内容, 以便与正在加工的画面进行比较, 为此我们编制了相应的 FORTRAN 程序。在 CROMEMCO 微型计算机(64KB 内存, 171KB × 2 磁盘外存)上加工了预先贮存在磁盘上的上述设计的动画片, 作为用计算机加工实际活动目标信息的模拟。

一、问题提出与解决方法

我们认为, 计算机成功地加工动画片信息至少应达到以下要求:

1. “看清”每幅画: 画中有几个物体; 它们是什么, 各在什么位置; 如“不认识”, 则应指出是陌生物体;

2. 比较前后两幅画的变化: 哪些物体是运动的, 其速度(包括方向)如何; 哪些物体是静止的; 有什么新物体出现; 哪些在前幅中有而在后一幅未出现;

3. 输出运动的和新出现的物体轮廓, 并根据画面的变化“推测”故事情节。

加工程序的全过程见图 1。

使计算机“看清”画中物体的方法: 计算机输入一幅画的数据后, 首先找出各个数据连通区, 以区分开画中的各个物体。每幅画中的连通区数目即是物体的数目。我们采取找连通区与提取连通区轮廓及其方向链码一次完成的算法, 对于简单的二维图形, 其算法详见文献[5]。

画中每一个物体都可用 N 维空间中的一个矢量 X 来表示:

$$X = [x(1), x(2), \dots, x(n)]^T$$

式中 $x(i), i=1, n$ 代表特征空间中该物体的特征量。为了便于机器判断, 应该尽量减少矢量的维数, 即用尽可能少的特征达到区分开各个物

* 本文曾以《机器理解动画片资料的尝试》为题, 在 1981 年 9 月全国人工智能第二次学术讨论会上宣读, 现在文字上作了一些修改。

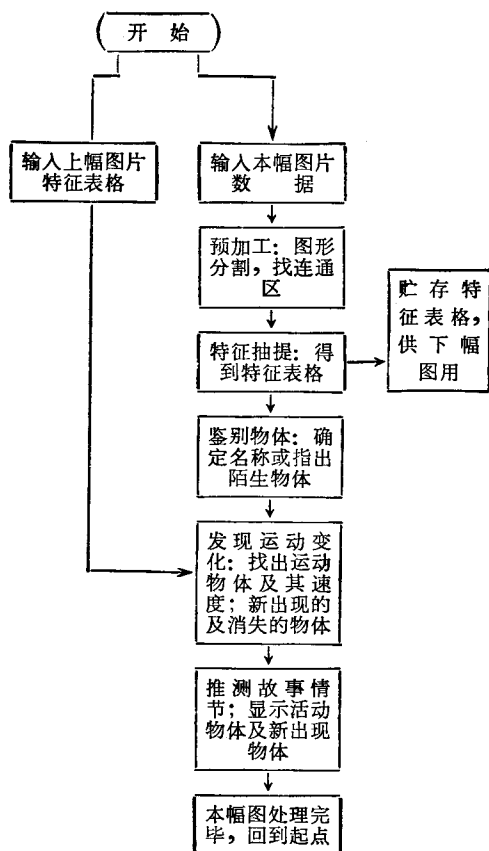


图 1 程序的总框图

体。一般来说, 所选择的特征应该对分类判决最有效; 计算简便, 而且具有某些视觉不变性。

要使计算机“辨认”画中的物体, 就要先让它“学习”, 并“记忆”住这些物体。为此首先输入各个动画中的物体图象, 由计算机抽取得各个物体的特征矢量, 这些特征矢量就成为相应物体的“模板”, 以后当输入的未知物体其特征矢量符合某一“模板”(或在一定误差范围内), 它就能确认为与“模板”相应的一定物体, 否则认为是陌生物体。

为描述动画中诸物体的形状我们选择了四种特征: (1) 边数 NS; (2) 凹数 NC; (3) 轮廓长度 LC; (4) 分岔特征点数 NF。

以本文动画中的树(图 2)为例, 其特征矢量为: $X = [20, 12, 36, 4]^T$, 式中第一个数 20 是物体轮廓的边数; 12 是它的凹数; 36 是轮廓总长, 4 是分岔特征点数。实际的特征矢量中还包括树在画面中的位置信息, 以其中心点座

标 $\bar{x}$ 和 $\bar{y}$ 表示, 这样 X 成了六维矢量。

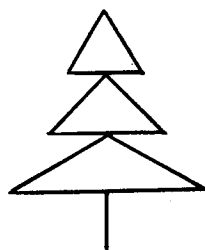


图 2 树及它的特征矢量
 $X = [20, 12, 36, 4]^T$

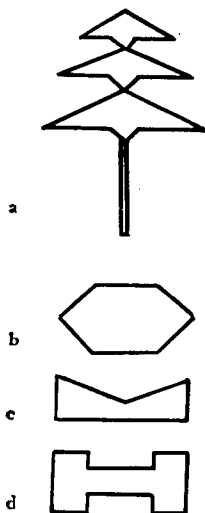


图 3

a NS = 20 b NC = 0
c NC = 1 d NC = 4

图 2 中树干原是单线分岔线, 若要把树变成多边形, 必须对它作如下的改造: 边数是多边形的轮廓特征, 为了抽提这个特征, 先要跟踪物体的轮廓。因为一般的轮廓跟踪算法不能适应有分岔线的情况, 我们改进的轮廓跟踪算法相当于在分岔线旁再并列一条同样的岔线, 使跟踪通道贯通, 这样树形变为图 3a 所示的多边形, 由跟踪路线可知边数 NS 为 20。

我们定义的凹数 NC 是度量物体凹凸性的量, 它等于多边形中大于 180° 的内角个数。对于凸边形 $NC = 0$ 见图 3b 所示; 图 3c 与 3d 示凹边形及其凹数。凹数可由物体轮廓的方向链码得到。

轮廓长度 LC 是图形轮廓线上象素的个数。

分岔特征点数 NF 是跟踪的图形有分岔线时得到的特征。适应有分岔线的图形的跟踪法其改进主要有两点：一）自动变换优先跟踪方向：对于没有分岔线的二维图形，轮廓跟踪时顺着一个方向在 3×3 的窗口中只遇到一个轮廓点符合跟踪条件；当图形有分岔线时，则可能同时遇到两个或更多的轮廓点符合跟踪条件。如果跟踪的优先方向固定，则可能丢失分岔轮廓线信息，见图 4。为此需根据情况自动变换跟踪优先方向，如图 4 示当跟踪到分岔点 A 后，自动调整为从方向 3（跟踪引入方向的反方向）起作为优先跟踪方向，则可达到先跟踪 AB 方向（即图 4 中方向 6），然后返回，再跟踪 AC 方向。二）给分岔线跟踪终点以出路：一般轮廓跟踪

算法遇到分岔线终点时，因找不到新的轮廓点，使跟踪中止。我们改进了跟踪逻辑，使之能进能退，直至找到新轮廓点。逻辑框图见图 5。

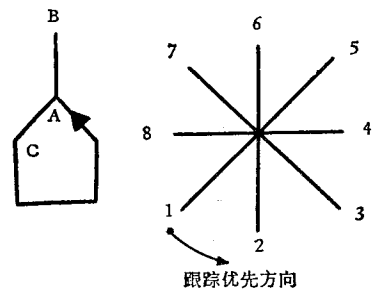


图 4

示若按固定的跟踪优先方向（从 1 起）将丢失 AB 信息

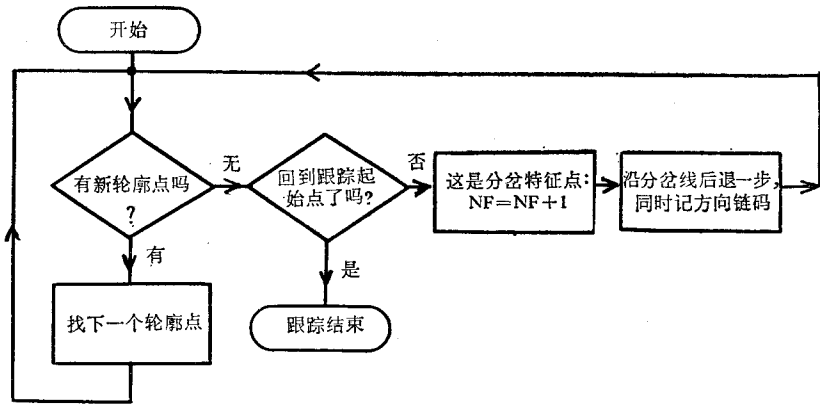


图 5 轮廓跟踪框图

图 5 也说明了分岔特征点的含义，它们是这样的一些特征点，当跟踪到或由分岔线退回到该点时，没有新的轮廓点可以跟踪，而需沿原跟踪过的分岔线后退的点（回到跟踪起始点除外）。轮廓跟踪结束的标志是回到起始点。

计算机确定前后两幅画变化的方法：为确定物体有无运动，需对每个物体在图中的位置选定一个参考点，我们用物体的中心在图中的座标 $\bar{X}$ 、 $\bar{Y}$ 作参考点：

$$\bar{X} = \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) / n$$

$$\bar{Y} = \left(\sum_{i=1}^n y_i \right) / n$$

上式中 n 是轮廓点总数； x_i 、 y_i 分别表示每一轮

廓点的 x 、 y 坐标。此外，还需要上幅画的情况以便比较。每一幅画可由一个特征表格表示，特征表格由画中各物体的特征矢量组成。微计算机的磁盘可以随机存取文件，FORTRAN 文本现在又提供了通过程序访问磁盘文件的能力，这样就可处理正在加工的画面时，读入上幅画的特征表格文件作比较之用，由此就可以发现运动的、新出现的以及消失的物体。

实现以上任务的逻辑是：逐一取出正在加工的画中各个物体的特征矢量，将它与上幅画所有物体的特征矢量逐一核对（暂时忽略中心点座标），如果与上幅画中某一特征矢量相符，表明它是原有的物体，否则就是新出现的物体。确认是原有物体后，再核对它在前后两幅

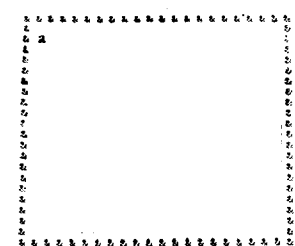
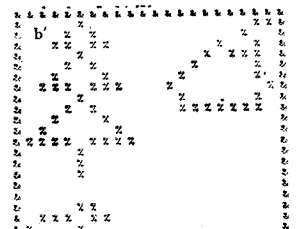
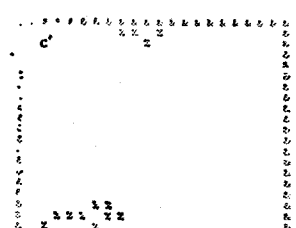
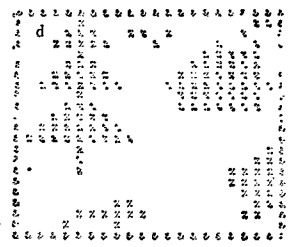
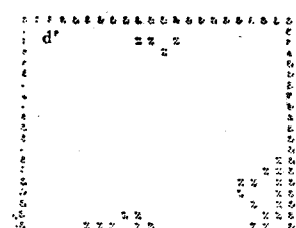
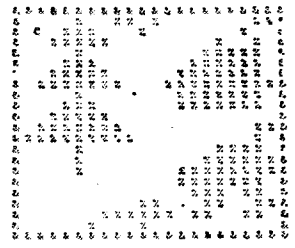
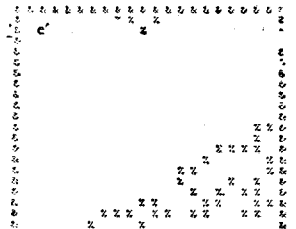
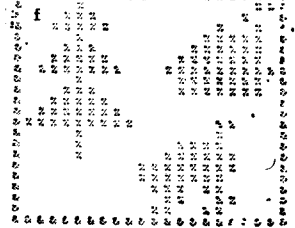
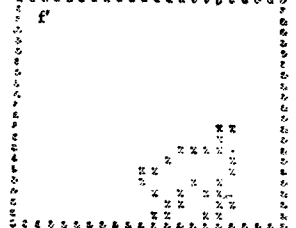
计算机输入画面	计 算 机 输 出	
	文 字 (原 输 出 为 英 文)	新出现的与运动物体轮廓
	图中无物体。	
	图中有：1) 树 2) 老鼠 3) 房屋。 它们都是新出现的。	
	图中有：1) 树 2) 老鼠 3) 鸟 4) 房屋。 老鼠在运动：向右和向上各运动 1 格。 鸟是新出现的。	
	图中有：1) 树 2) 老鼠 3) 鸟 4) 房屋 5) 陌生物。 老鼠在运动：向右运动 2 格, 向下运动 1 格； 鸟在运动：向右运动 1 格, 向下运动 1 格。 陌生物是新出现的。	
	图中有：1) 树 2) 老鼠 3) 鸟 4) 房屋 5) 猫。 老鼠在运动：向右运动 2 格； 鸟在运动：向左运动 1 格, 向上运动 1 格。 猫是新出现的。	
	图中有：1) 树 2) 猫 3) 房屋。 猫在运动：向左运动 2 格。 老鼠不见了, 被猫吃掉了。 鸟不见了。	

图 6 计算机加工活动目标示例

画中的中心点坐标,如有变化,说明此物体运动了,继而找出运动的速度和方向。如果出现上幅画中某一物体的特征矢量与正在加工的这幅画的特征矢量全不相符的情况,则说明该物体从正在加工的这幅画中消失了。然后根据该物体的特征矢量可知这个物体是什么。

计算机输出运动的与新出现的物体轮廓并推测故事情节:为了摒弃静止的背景物体,将运动物体及新出现的物体显示出来,我们在找连通区和轮廓跟踪过程中已将每一物体的序号和跟踪的起始位置贮存在一个矩阵中。根据上述的核对程序知道了运动物体及新出现物体的序号,就可在该矩阵中找到这些物体的方向链码起始点位置,然后根据物体的方向链码就可在起始点作出该物体的轮廓图。这是轮廓跟踪的反过程。

我们目前利用模板匹配方法推测动画片故事情节,即先把故事情节编好,作为模板,当动画的变化符合某一模板,机器就判断是与该模板相应的故事情节。例如,规定若出现猫捉住老鼠(或猫与鼠的距离足够近)以及在下幅图中老鼠不出现的情况,则推测老鼠被猫吃掉了。

二、计算机加工活动目标信息示例

组成动画片的五幅画是:1)老鼠在房屋和树木前出现;2)老鼠跳跃前进,天空中飞来了鸟;3)图的右前方出现一陌生物的身影;4)陌生物身影全部露出,原来是一只猫;5)老鼠被猫吃掉,鸟也飞走了。这五幅画以数据块的形式贮存在磁盘上,可以由计算机调入内存进行加工。输入的图形与计算机的处理结果见图6。

在输入一组动画资料之前,需先输入一幅空白画,以清除计算机的记忆,即在磁盘上建立空白特征表格文件,作为一组动画的起点。如将一幅画重复输入机器,则机器可显示不存在运动的与新出现的物体。抽出其中任意两幅画依次让计算机处理,都可以将活动的与新出现的物体挑选出来,并计算出运动物体的速度与方向和摒弃静止背景。

三、讨 论

以上只是计算机加工活动目标信息的模拟,要加工真实的运动目标信息,还有待于图象输入系统的进一步完善。从我们最近实验来看,实际图象的预加工与特征抽提都是比较困难的课题,还需研究改进。这种研究我们在细胞图象的预加工中已做了一些探讨^[6]。

研究计算机加工活动目标信息的技术不仅有实用价值,而且对阐明动物视觉系统识别运动目标的机理也是有意义的。

本所张添志、程裕安同志协助维修计算机,王克义、卢玉海同志协助照相,特此致谢。

参 考 文 献

- [1] Takagi, M. and Sakaue, K.: *The 4th IJCPB Proc.*, 735, 1978.
- [2] Eihō, S. et al.: *ibid.*, 740, 1978.
- [3] Hōhne, K. H. et al.: *ibid.*, 743, 1978.
- [4] Tsuji, S. et al.: *Proc. of the 5th International Joint Conference on Artificial Intelligence*, Vol. 2, 609, 1977.
- [5] 陆惠民:《生物化学与生物物理进展》, 3, 59, 1979.
- [6] 王今著:《生物化学与生物物理进展》, 3, 3, 1980.

[本文于1982年7月7日收到]