

用于三维物体跟踪的结构匹配法

中国科学院沈阳自动化研究所

李 刚、彭克敏

本文针对三维物体的跟踪识别,采用结构匹配法。对输入的图象进行分割,建立描述形成线条画图。然后进行结构匹配。它是以线条画图中的,线段,结点为基本特征元,以及线段间的几何关系及结点的类型来跟踪三维物体。

设计出了分割、描述算法和结构算法。并在图象处理系统上做了实验。通过实验得出结论:这种匹配法在电视目标跟踪中可以克服目标的旋转、平移、放大、缩小、几何失真和部分遮挡。对光照条件没有特殊的要求。这种结构匹配法更适合于交通监视、电视目标跟踪和机器人视觉技术中。

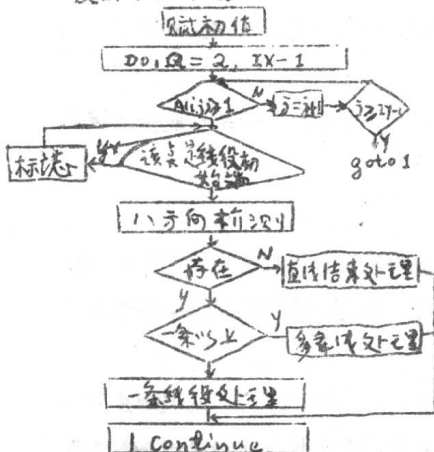
一、引 言

在电视目标跟踪中,一般都用相关匹配法,它有一些缺点。即对目标在帧间的大平移处理较困难。尤其当目标产生了旋转、放大、缩小、几何失真和部分遮挡对更加困难,甚至无法解决。这种结构匹配法对目标的平移、旋转、放大、缩小、部分遮挡和光照条件不敏感,可以克服上述相关匹配法存在的缺点。

二、分割与描述

分割是把一个图象分成几个基本的部分或几个基本物体的过程。这里采用了两种方法。第一种方法是交叉算子,它简单而且结果不必再细化或取阈值处理。另一种方法是检测图象中各点与它周围八相邻象素的灰度关系来确定是否是边界点。

描述是为了识别而抽取物体特征的过程。本文中的描述是用一组直线逼近物体的轮廓和边缘。这里的数据结构是线段的标号,两端点坐标、长度、方向和两端连线数。可以看到这是最基本的描述。本文介绍两种直线逼近算法。一种是针对二值图象设计的,另一种是对灰度图象设计的。下面分别叙述。

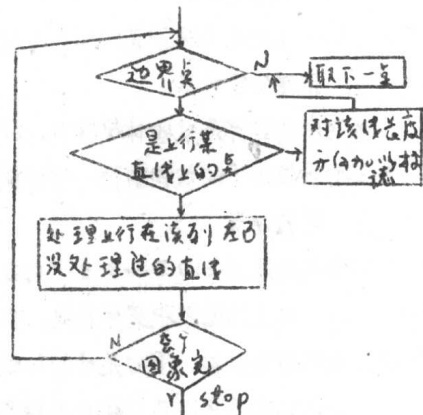


灰度图象中边缘轮廓检出算法框图

1. 灰度图象中边缘轮廓检出算法:

如框图所示,算法是边界跟踪。

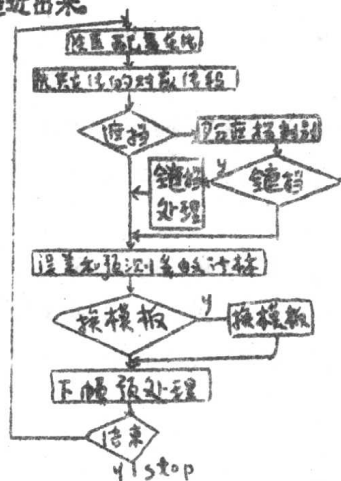
2. 二值图象中边缘轮廓检出算法



二值图象边缘轮廓检出算法框图

BWT/1004/0602

它的框图如上。算法要求是待逐行列地扫描检测完整个图象后，图象内所有边缘轮廓用直线逼近出来。



结构匹配框图

条线要保证没有被遮挡。它与匹配基本线是一一对应的。它的长度大于某值。两端至少有一端与另一条线相连。

2. 选其它线的对应线段

有了基本线。在目标描述和搜索区中选其它线的对应线段就简单了。这里为了尽快排除非对应的直线。是逐次匹配下面一些特征：直线两端连线数。与相连线的连接方式。长度。方向。相连线的角度。与匹配基本线间的距离及连线方向。

3. 部分遮挡直线的判别

对前面在搜索区中找不到对应线的那些线段进行部分遮挡判别。判别的依据是：即然一条线段被遮挡了一部分。那么它的长度变短了。至少不变长。线段的方向变化不能太大。没有被遮挡端的拓扑性质不变。

4. 全遮挡判别

如果一线段被全遮挡了。那么与它相连的线段就一定被部分遮挡了或也被全遮挡了。

5. 预测参数计算

预测参数计算是求物体平移 L 。放大(缩小) C 和旋转 α 三个参数。它们是匹配上的线段各自三个参数的平均值和前面一些预测值的线性组合。

四. 实验结果

所做实验是在 PDP-11/23 机上进行的。图象中边缘轮廓检出后在终端 VT-240 和 VT100 上用图象板显示出来。实验部分包括物体的分割。描述和跟踪匹配。实验结果中的照片是跟踪的物体。下面是对应的线条画。

第一类实验是用 CCD 摄像机摄取图象序列。被跟踪的物体是小汽车序列。它们对应的线条画只画出了小汽车和积木。其它的没有画上。第二类实验是用摄像机直接摄取纪念章和锁头。然后进行跟踪。第三类实验是人造线条画图的跟踪识别。下面分别叙述。

1. 汽车序列的跟踪识别

这里是在线条画图中某位置周围选些线段代表目标。从另一幅线条画图中去跟踪。第一次实验是在第一幅线条画图中选 12 条在第二幅上进行匹配。结果都匹配上了。第二次是在为第

三. 结构匹配

这里的匹配是基于线段本身的性质及线段间的几何关系。即基于物体线图的结构描述。拓扑性质。而不是灰度信息。每条线段匹配时用到下面一些参数。见表一。

长度	方向	两端连线数	相连线的方向
与匹配基本线的长度方向		相邻线的连接方式	

整个算法由五个部分组成。下面分别叙述。

1. 在搜索区中选匹配的基本线

这部分的作用是在目标描述中找一条基本线。这

部分的作用是在目标描述中找一条基本线。这

部分的作用是在目标描述中找一条基本线。这

部分的作用是在目标描述中找一条基本线。这

部分的作用是在目标描述中找一条基本线。这

部分的作用是在目标描述中找一条基本线。这

部分的作用是在目标描述中找一条基本线。这

部分的作用是在目标描述中找一条基本线。这

部分的作用是在目标描述中找一条基本线。这

部分的作用是在目标描述中找一条基本线。这

部分的作用是在目标描述中找一条基本线。这

部分的作用是在目标描述中找一条基本线。这

部分的作用是在目标描述中找一条基本线。这

部分的作用是在目标描述中找一条基本线。这

部分的作用是在目标描述中找一条基本线。这

部分的作用是在目标描述中找一条基本线。这

部分的作用是在目标描述中找一条基本线。这

部分的作用是在目标描述中找一条基本线。这

部分的作用是在目标描述中找一条基本线。这

部分的作用是在目标描述中找一条基本线。这

部分的作用是在目标描述中找一条基本线。这

部分的作用是在目标描述中找一条基本线。这

部分的作用是在目标描述中找一条基本线。这

部分的作用是在目标描述中找一条基本线。这

部分的作用是在目标描述中找一条基本线。这

部分的作用是在目标描述中找一条基本线。这

部分的作用是在目标描述中找一条基本线。这

部分的作用是在目标描述中找一条基本线。这

部分的作用是在目标描述中找一条基本线。这

部分的作用是在目标描述中找一条基本线。这

部分的作用是在目标描述中找一条基本线。这

部分的作用是在目标描述中找一条基本线。这

一幅中选12条在第四幅上进行跟踪。结果九条没有被遮挡的线段都匹配上了。两条判为全遮挡。一条判为部分遮挡。第三次实验是在第二幅中选十三条线在第三幅上进行跟踪匹配。结果匹配上六条。另七条判为遮挡。实验所用图片见下图。

2. 人造线条画图的跟踪识别:

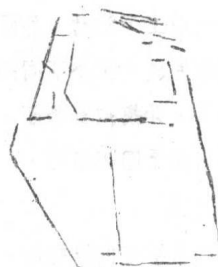
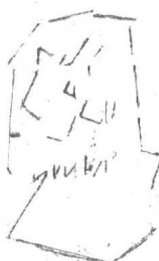
对模板进行旋转、放大、缩小、遮挡后做为目标。然后匹配。结果很好。

3. 纪念章和锁头的跟踪识别

首先摄取一张图片。然后对物体进行平移、旋转后再摄取。求出线条画图后进行跟踪匹配。结果几十条线段绝大多数都匹配上了。照片如下图。

五. 结 论

这种结构匹配在电视目标跟踪、交通监视和机器人视觉中非常有用。在跟踪识别过程中可以克服目标的旋转、放大、缩小、小的几何失真及目标的部分遮挡。与一般基于灰度值相关的算法相比是存贮少、抗噪声能力强和受光照影响小。但要达到实用仍有许多工作要做。



三维图象的动态显示

中国科技大学六系

图象处理实验室

陈学俊

本文利用动态深度效应编制了一个三维图象动态显示的计算机程序,对模拟石油探井扫描情形下获得的三维信息,在旋转中进行动态显示。

一、处理方法

1、坐标及模型的选取

文中采用的坐标系如下所述。

三维空间坐标系。基矢量为 X_w, Y_w, Z_w , 原点的坐标为 W 。这是主参考坐标系,也称为 World Coordinate System。

物体坐标系, X_o, Y_o, Z_o , 原点为 O 。它固定在被观察的物体上,与物体一起相对于 X_w, Y_w, Z_w 运动(见图1)。为了讨论的方便,本文中物坐标的原点取在物体的形心,并令 W 和 O 点重合,如图2所示。

屏坐标系, X_s, Y_s, Z_s , 原点为 S , 它是显示器的坐标系。这里不用右旋而用左旋笛卡尔坐标,是为了使 X_s, Y_s 与屏的轴一致, Z_s 表示了深度。利用该深度信息来区分隐线与明线。

目坐标系 X_v, Y_v, Z_v , 原点为 V 。采用左旋笛卡尔坐标。观察方向定为 Z_v , 它与 X_w 方向相反,且经过 O 点。并假定观察点 V 离物体的距离远大于物体本身的尺寸。

物体在三维空间 X_w, Y_w, Z_w 中旋转。(见图2)设 Z_w 与 Z_o 之间的夹角为 φ , 即物体绕水平轴 Y_w 的旋转角为 φ ; 而 Y_w 与 Y_o 之间的夹角为 θ , 即物体绕垂直轴 Z_w 的旋转角为 θ 。

在石油探井的三维体扫描中,超声探头在井孔内提升的同时不停地旋转,探头发射的波来沿螺旋形曲线扫描,接收器不断地接收反射波,它不仅能记录下井壁处的及射波,而且可以记下穿透井壁深入到岩层的一段厚度内,许多点的回波。这样就探测到一个截面为圆环的柱体内的结构。

现选取这样一段井孔作为立体模型,见图3,中间的圆柱形 $B-B$ 面代表井壁,内部充有泥浆,超声探头在里面一边旋转一边上下运动。外面的大圆柱面 $A-A$, 表明最大可测范围,从井壁 $B-B$ 到 $A-A$ 面之间可获得一系列的回波。五个不同形状的孔 D, E, F, G, H 表示在井壁上打的孔。离底三分之一附近不规则的面 $I-I$, 是模拟断裂面,它也可以是不同岩层的交界面,规则的矩形 $C-C$, 是定标用的,规定在 $\theta = 0^\circ$ 时,它位于图形右侧。

2、三维变换与透视

当被观察的物体在三维空间旋转时,物体上各点的空间坐标 X_w, Y_w, Z_w 将随之变化。为了把物体投影

到二维屏上显示出来，需要确定坐标的旋转变化。

矩阵变换是三维变换的一种有效方法。各种变换都可以用 4×4 的矩阵来表示，三维矢量附加第四个元素 1 之后，就可以与 4×4 矩阵进行运算。基本变换的矩阵公式如下：

$$[X', Y', Z', 1] = [x, y, z, 1] \begin{bmatrix} a & b & c & p \\ d & e & f & q \\ h & i & j & r \\ l & m & n & s \end{bmatrix}$$

复杂的变换可以用一系列基本变换组合而成，通过“级联”组合成一个变换序列，最后用一个 4×4 的变换矩阵来表示。

当物体绕 Z_w 轴转 θ 角，绕 Y_w 轴转 φ 角后， (x_w, y_w, z_w) 点将变换到 (x_w'', y_w'', z_w'') 点：

$$[x_w'', y_w'', z_w'', 1] = [x_w, y_w, z_w, 1] [T]$$

式中 $[T]$ 为：

$$[T] = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\varphi & 0 & -\sin\varphi & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin\varphi & 0 & \cos\varphi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

获得了旋转后的坐标，还需要把物体上各点，投影到显示屏上，以产生透视图。为了完成透视成象，首先通过取景变换把主坐标系中各点 (x_w, y_w, z_w) 转换成目坐标系中的点 (x_v, y_v, z_v) 。这只要经过平移、旋转及把 Z 坐标反转即可实现，而 Z 坐标反转的变换矩阵为：

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

然后根据各点在目坐标中的坐标 x_v, y_v, z_v ，可求得投影象的坐标 x_s, y_s ，从而确定了在屏上的位置。

3、隐线处理及彩色附加

三维物体上的点投影到二维屏上，只要对应的 x_s, y_s 值相同，则在屏上的位置就重合，不会自动消去被遮蔽的部分。这就要求首先区分哪些是隐蔽部分，然后加以处理。因为 z_s 可以体现深度，因此我们在投影变换中同时求出 z_s ，对 x_s, y_s 相同的点，比较其 z_s 值，以确定是否是隐蔽点。

通常,为了逼真地显示图象,需要把隐线、隐面消去,然而在一些线框架图形中有时希望保留主要隐线,以便了解物体的整体结构。为此本文不采用完全消、隐的办法,而是用虚线来表示隐线,这样既反映了它和明线的区别,又可表示出它在物体中的位置。

二、实验结果

根据上述原理和方法,本文编制了一个三维图象动态显示的计算机程序,执行该程序,在计算机的显示屏上,可以看到活动的模拟图形,随着 θ 和 φ 角的变化,图形绕着垂直和水平轴自动地旋转, θ 和 φ 的增量是连续可调的,这通过计算机键盘上的KNOB钮来实现。屏上同时显示出当前的 φ 和 θ 值,用以说明该图是何种角度下物体的投影图。对感兴趣的角速度,可暂停循环,令图形停止转动,以便仔细观察。

图4给出了 φ 固定为 10° , θ 在 $0-360^\circ$ 之间变化时,几个典型角度的图形。图5则给出了 θ 固定, φ 在变化时的图形。利用该程序也能方便地得到完全消除隐线隐面的投影图及各种剖视图。

三、讨论

三维物体在二维平面上显示的主要困难在于如何处理,容易被丢失的深度信息,利用动态技术,使图形转动,观察者可以从不同角度观察目标,了解各个侧面的形状,感知到各点的深度,从而获得三维物体较完整的印象。

实验表明,本文提出的方法,虽然忽视了物体的表面灰度及细节描述,但是突出了内部的相互关系及整体结构,故利于探视物体的主要特征,也减少计算量。对于那些希望快速产生线框图,从宏观上了解物体整体及内部结构的应用是十分有利的。

本文承蒙纽约工学院彭松村教授的热情支持与帮助深表谢意。

主要参考文献

1. W. M. Newman, R. F. Sprall, Principles of Interactive Computer Graphics.
2. J. D. Foley, A. Van Dam, Fundamentals of Interactive Computer Graphics.
3. 陈学俭等, 三维图象立体显示方案, 第四届全国模式识别与机器智能会议论文集。

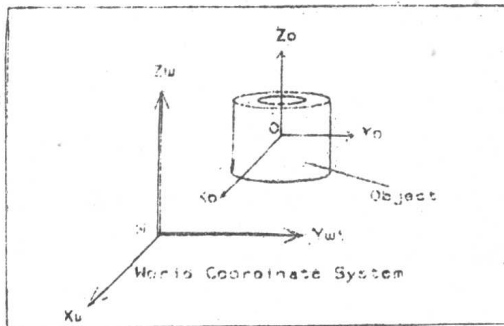


图1 主坐标及物坐标

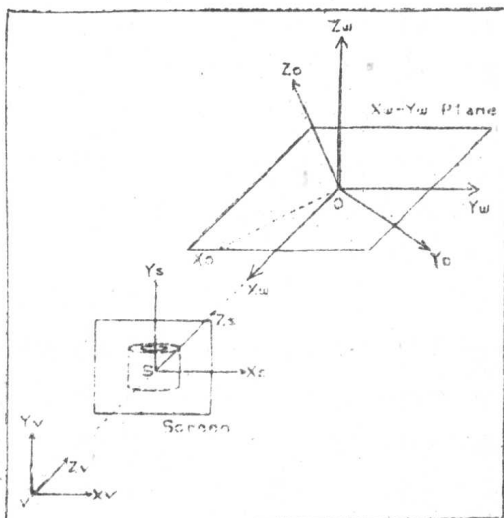


图2 四种坐标系及相互关系

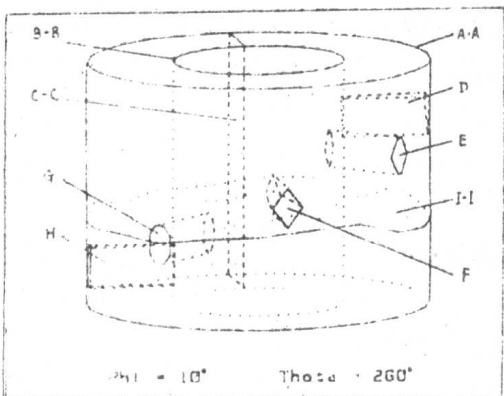


图3 立体模型

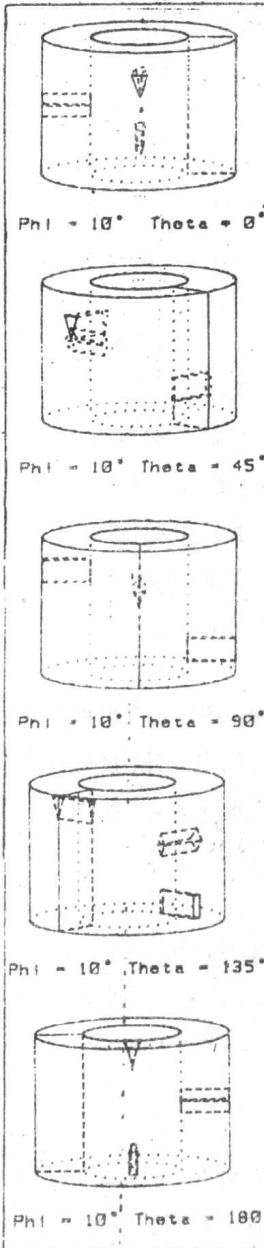


图4 固定 Φ
 Θ 在变化的例图

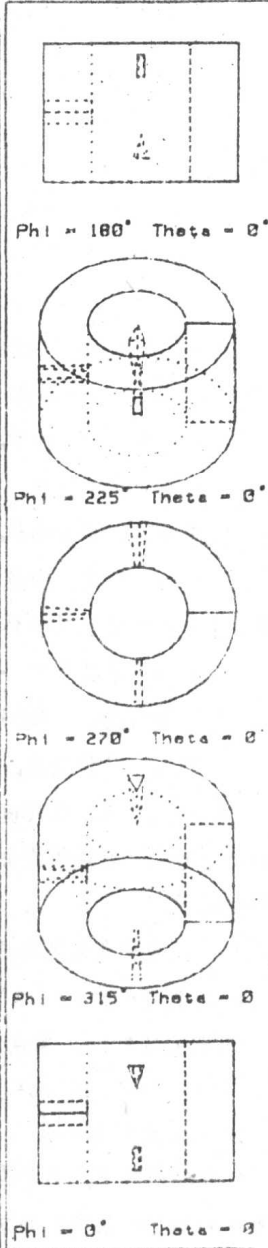


图5 固定 Θ
 Φ 在变化的例图

单幅图象上进行三维形状恢复的定量解释法

北京大学数学系

魏湘曙

摘 要

本文着重分析图象形成过程中的透视作用,以及物体在投影象上线和面之间的制约关系,在此基础上,简述了在单幅图象上给出三维物体的定量恢复的方法。

1、引言

由平面图象进行三维物体形态恢复是计算机视觉的主要课题,这方面工作主要有Haffman, Clowes和Waltz对线画图的标识,以及后来Mackworth, Kande, Draperin的定性分析等,但要完成精确的定量描述,尚有一些困难。一般是从多幅图象,提取深度信息,达到定量解释的目的,如基于视差的双眼视觉,多重摄影,结构光照方法等, Angihara [1] [2], 用代数方法尝试过在单幅图象上描述多面体,我们认为,由于图象形成过程中的透视作用,在图象上产生的各元素在量度(如角度、长度、灰度等)上的偏差,包含了有助于形状恢复的信息,文章简要地叙述了一种单幅图象上定量恢复三维物体形状的方法。

2、概念和关系式

由于透视关系,空间中一条远离我们而去的射线必会在视野中消失,因此它在图象上的象是一条直线,且有一个消失点,空间中平行的直线在图象上有相同的消失点。空间中的平面在图象上的象是一个区域,平面上任意直线的消失点在图象上组成一条消失线,平行的平面有相同的消失线,因此在图象上我们只要求得消失点和消失线,就可推导出空间中对应直线和平面的方向,下面给出它们之间的关系式:

以图象中点为坐标原点 O ,建立坐标系 $O-xy$,设摄影机镜头焦距为 f (常数),若求得直线 l_1 的消失点为 (X, Y) ,则 l_1 在空间中的方向为 $\sigma_1 = 1/\sqrt{X^2 + Y^2 + f^2} \cdot (X+Y+f)$,设平面 π 的消失线为 l_2 ,原点到 l_2 的垂足为 (x, y) ,则 π 的法矢 $\sigma_2 = 1/\sqrt{f^2 x^2 + f^2 y^2 + (x^2 + y^2)^2} \cdot (-fx, -fy, x^2 + y^2)$

3、实例与方法

在线画图中,每个区域必有两条以上的边线,每条边必在某个区域上,利用它们之间的制约关系,可递归地推导出它们的方向,用实例简述如下:

设图(1)是由水平方向拍摄的景物而获得的线画图(粗实线部分),图象中点为 O ,那么底面 P 的消失线是过 O 点的水平线 p ,设平面 A 与 P 垂直,(置初值),延长边线 AP (即区域 A 和 P 的交线)交 p 于一点,则 A 的消失线就是过该交点的垂直线 a ,递归地,可推导出其它面的消失线,如,对于平面 B ,延长 BP 交 p 于一点,因为 BP 在 P 面上,则该交点必是 BP 的消失点,又延长 AB 交 a ,得 AB 的消失点,连接这两点消失点得 B 的消失线 b ,同样可确定其它面的消失线如图(2)所示,其中表面 D, E 被遮挡,消失线为 d, e ,被遮挡的边线 DE 由连接 d, e 的交点和立方体上方顶点而得到,边线 PD, PE 同样可得,一般复杂的物体总可由该形状的立方体“挖”去或“切”去一部分而得到,

如图(3)所示,由上节给出的公式和消失线可求出各表面在三维空间中的方向,从而得到景物的定量恢复,图(3)中的表面H的三条边线 $\overline{HB}$, $\overline{HC}$, $\overline{HE}$ 分别与 b , c , e 交于无穷远点,由公式可知表面H的法矢垂直于图象面。

4、过程的完善性和有效性说明

由于线画图本身的歧义性,要使递归过程能进行到底,需有额外信息和知识作指导,我们看到,引入阴影线可很好地解决问题。

该过程确定平面的方向只需它上面的两条边线,而完整的区域皆有两条以上的边线,该过程对图象噪声不敏感。

透视作用下的边,面之间的联系和制约,给出了线画图强有力的限制,该过程可以剔除 Huffman, Clower 和 Mackworth 标识过的不可能图形, Huffman - Clower - Waltz 方法依据的限制都是该过程的必然结果。

6、结束语

限于篇幅,本文用实例说明了定量解释法的基本原理,在实施中,则是建立三维景物和图象之间关系的数学模型,并形成一套固定算法和知识库,显然,该模型中的基本方程都是线性的,也可以说,该过程提供了 sugihara 线性方程的一种递归解法。

致 谢

在程民德先生,石青云,王庆人老师主持和参入的讨论班上,作者受到他们的悉心指导和热情鼓励,对文章的形成起了十分重要的作用,谨此致谢!

参 考 文 献

[1] K. Sugihara "A necessary and sufficient condition for a picture to represent a polyhedral scene". IEEE Tran. PAMI Vol. 6. pp. 578 - 586. sept. 1984

[2] K. Sugihara "Mathematical Structures of line drawings of polyhedrons - toward - man - machine communication by means of line drawings" IEEE Tran. PAMI Vol. 4 pp. 458 - 469. sept. 1982

三维图象的平面显示算法

北京大学数学系

龚 炜

摘要: 本文提出了在八元树结构上构造三维图象正投影和正视图四元树的算法, 并证明了这些算法的时间耗费都是线性的。

引言: 图象的四元树和八元树结构目前已得到了广泛的应用, 在这方面所做的大量工作已证实这是一种高效率的存贮结构。[1], [2] 中曾给出了一系列八元树算法, 它们是四元树算法的推广。作为三维图象的重要的特有运算, [3] 中提出了八元树上切片四元树算法。本文给出正投影及正视图算法, 这对于通过二维处理来提取物体必要的信息是具有重要作用的。特别地, 这些算法可以容易地推广到高维中去。下文中, 我们用 G 表示树结构中的非叶结点, B 表黑结点, W 表背景结点。

一、基本定义和概念: 图象的正投影为当平行光垂直于图象空间表面时在此面平行的面上的投影。图象的正视图为沿与图象空间某表面垂直的方向的视觉平面图。

二、正投影算法: 在二值图情形, 算法在对八元树按某一依赖于投影方向的顺序搜索的同时产生并搜索投影图四元树, 对遇到的图象 B 结点, 将相应的四元树结点赋色 B , 若此点非四元树叶, 则脱链。在算法中, 我们采用了黑结点优先的搜索原则以便节省计算量。算法对八元树仅搜索一次, 因此它的时间耗费是线性的, 最坏情形下为 $O(8/7n^3)$ 。由 [3] 中的算法, 我们亦可用切片迭加来求投影, 但可以证明, 它弱于我们提出的算法。

三、正视图算法: 在多值图象集中考虑。为方便计, 我们在灰阶集中定义一个半序: 对一切不同于 W 和 G 的颜色 C , 均有 $W < C < G$ 。算法在依序搜索八元树的同时产生并搜索正视图四元树。对八元树中的 C 结点, 我们将它的颜色依半序赋给四元树中的相应子树, 即以半序小的颜色为透明色进行迭加。整个算法对八元树仅搜索一次。虽然在四元树上的迭加需耗费时间, 但可以证明, 它的时间耗费对八元树结点数仍是线性的, 最坏情形下为 $O(8/7n^3)$ 。

四、推广的展望: 八元树结构可拓广至更高维存贮模式, 本文提出的算法亦可推广到高维。高维图象的抽象性与不可见性需要我们采用投影或正视技术提供可视象来辅助分析, 高维图象的投影在计算机几何和图形设计中已具有越来越大的作用。在高于 4 维的情形, 图象的可视信息可通过多级投影来提供。

结束语: 本文提出了三维图象的两个平面显示算法, 它们的时间耗费都是线性的。正投影和正视图将使平面上行之有效的分析方法在三维图象上得到运用。我们还要指出, 由于算法的遍历性来源于三维物体的任意性, 要降低算法的阶是不大可能的。

参 考 文 献

- [1] Donald Meagher, Geometric Modeling Using Octree Encoding
CGIP vol. 19 82.7.
- [2] Mann-May Yau, Generating Quadtree of Cross Sections From
Octrees
CGIP vol. 27 No. 2 848
- [3] Chris L. Jackins and Steren I. Tanimoto, Oct-trees And
Their Use In Representing Three-Dimensional Objects
CGIP vol 14 NO. 3 8411.

三维物体八元树的归一化

长沙铁道学院 谷士文

一. 概述

三维物体的几何表达形式的研究越来越引起人们的重视(1)。计算机断层X射线摄影技术(CT)、机器人视觉等都涉及到三维物体的表达形式。八元树(octree)是一种三维物体的表达形式(2,3)。它具有许多优点。但是,它不是位置、方向和大小不变的。当物体在图象空间中的位置、方向或大小发生改变,对应的八元树将产生很大变化,这给图象匹配和识别带来了困难。因此,和二维图象的四元树一样(4),三维物体的八元树有一个归一化问题,即按照某一个准则建立物体的八元树,它只与物体的形状、结构有关,而与其在图象空间中的位置、方向以至大小无关,就称为“归一化的八元树”。

本文提出一种归一化八元树结构。三维物体的质量中心及其惯性主轴是物体的几何性质,它们只与物体的形状、密度分布有关,而与物体所处的空间位置、方向无关。我们选用物体的质量中心和惯性主轴作为建立八元树的空间坐标系的原点和坐标轴,所获得的树型结构是一个归一化的八元树。

二. 三维物体的八元树表达形式

对于 $2^N \times 2^N \times 2^N$ 的空间图象,设坐标系的原点位于图象中心,各坐标轴分别对应于空间的各维。首先将整个空间视为整体,称为起始方块。用均匀准则检查该方块,若物体密度分布均匀,并充满空间,即符合均匀准则,就不对它分割。否则按坐标系的八分挂限将方块分成八个等分,叫八元体(octant),仍用均匀准则检查八元体,满足该准则就停止对它的分割,否则继续上述的分割方法。这样一直分到基元为止。

可用树型结构描述这种分割。每一个八元体相当于树的一个节点,起始方块为树的根。满足均匀准则的方块,构成树的叶,物体和背景(黑、白节点)分别为树的终节点。不满足准则的方块是树的非终节点。不同层的节点代表不同体积的方块。这种结构叫做“八元树”,见图1、2。

图中为 $16 \times 16 \times 16$ 的空间图象,坐标系(X、Y、Z)的原点位于图象中心。空间中有一 $8 \times 6 \times 4$ 的长方体。它在图1(a)中位于空间的角落,在图2(a)中位于平面 $Z=0$ 的上方,它们对应的八元树有很大差异。

三. 三维物体的质量中心和惯性主轴

设直角坐标系中有密度为 $f(X, Y, Z)$ 的物体 Ω , 则物体的 $(p+q+r)$ 阶矩为:

$$M_{pqr} = \int_{\Omega} X^p Y^q Z^r f(X, Y, Z) \quad (1)$$

物体质量中心C的坐标为:

$$X_0 = \frac{M_{100}}{M_{000}}, Y_0 = \frac{M_{010}}{M_{000}}, Z = \frac{M_{001}}{M_{000}} \quad (2)$$

物体对X轴的惯性矩 I_{xx} 和对平面 $Z=0$ 的惯性积 P_{xy} 为:

$$I_{xx} = \int_{\Omega} (Y^2 + Z^2) f(X, Y, Z), P_{xy} = \int_{\Omega} XY f(X, Y, Z) \quad (3)$$

同理可表示出对其他轴的惯性矩及其他坐标平面的惯性积,且 $P_{yx} = P_{xy}$, 余类推。

三维物体无论是什么形状,对选定的参考点,能找出三个通过该点且相互垂直的轴,构成新坐标系,使物体对该坐标系各平面的全部惯性积为零。这些轴叫做物体对该参考点的惯性主轴,它们构成的坐标系称为主坐标系。

现设物体质量中心位于原坐标系原点,物体绕轴转动的角速度是 ω , 物体对质量中心C的惯性张量 I_C 为:

$$I_C = \begin{pmatrix} I_{xx} & I_{xy} & I_{xz} \\ I_{yx} & I_{yy} & I_{yz} \\ I_{zx} & I_{zy} & I_{zz} \end{pmatrix} \quad (4)$$

式中, $I_{xy} = -P_{xy}$, 余类推。物体对点C的相对角动量为: $h_C = I_C \omega$ (5)

对点C的惯性主轴是这样的方向：当 ω 在此方向上时， h_c 也在此方向上；即对于某一个 λ ，当 ω 在一个主方向上时，有： $h_c = \lambda \omega$ (6)

令 $P = \{P_x, P_y, P_z\}$ 为主轴方向上的单位矢量，则 $\omega = \omega P$ ，得：

$$\begin{bmatrix} I_{xx} & I_{xy} & I_{xz} \\ I_{yx} & I_{yy} & I_{yz} \\ I_{zx} & I_{zy} & I_{zz} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_x \\ P_y \\ P_z \end{bmatrix} = \lambda \begin{bmatrix} P_x \\ P_y \\ P_z \end{bmatrix} \quad (7)$$

特征矢量 P 对应着惯性主轴方向，欲求出特征值 λ ，令： $\begin{bmatrix} I_{xx}-\lambda & I_{xy} & I_{xz} \\ I_{yx} & I_{yy}-\lambda & I_{yz} \\ I_{zx} & I_{zy} & I_{zz}-\lambda \end{bmatrix} = 0$ (8)

可求出三个特征值，进而求出对应的特征矢量，分别表示三个惯性主轴方向，其构成的新坐标系 (X', Y', Z') 即为主轴坐标系。

四、八元树的归一化

物体的质量中心和惯性主轴是由物体的几何形状和密度分所决定，与其在空间的位置和方向无关。我们利用这种性质实现三维物体八元树的归一化。

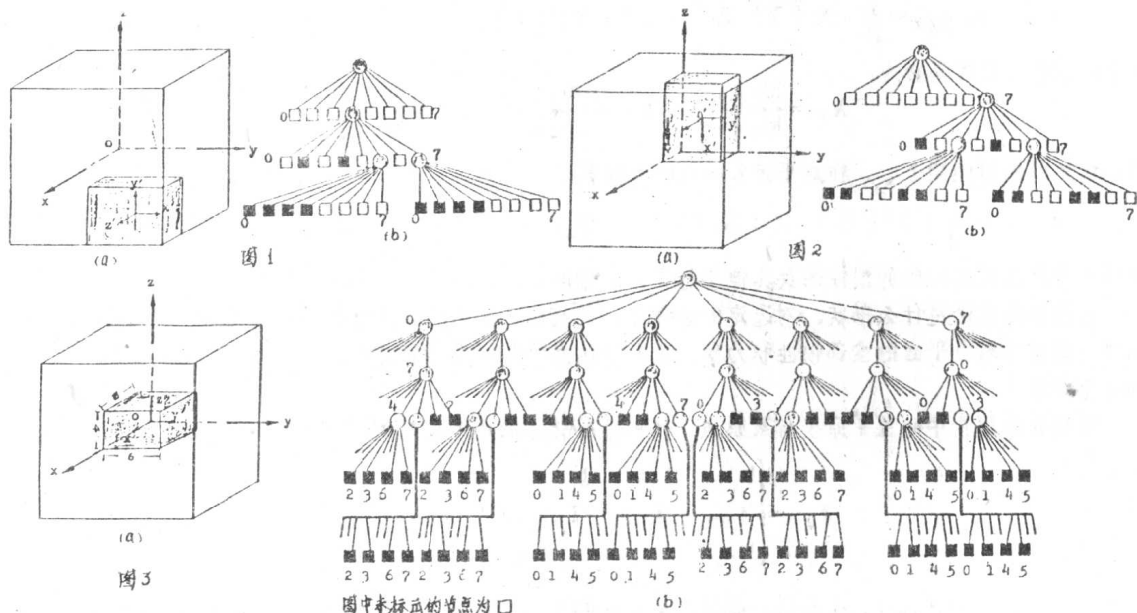
在原坐标系 (X, Y, Z) 中，首先求出物体的质量中心和惯性主轴，构成主轴坐标系 (X', Y', Z') 。通过坐标变换将图象由原坐标系变换到主轴坐标系中，以主轴坐标系为基础建立对应的八元树，这就是归一化的八元树。

在图1、2中，均匀灰度分布的同一物体位于空间中的不同位置。根据前面的方法找出其主轴坐标系 (X', Y', Z') ，以其为基础进行均匀准则检查和分割，得到图3中所示的树型结构，即为该物体的归一化八元树。

进而，可以建立不受物体大小变化影响的八元树。对应于主轴坐标系的一坐标轴。根据物体在轴上的截距，把不同大小的物体放大或缩小到标准尺寸，即可得到大小归一化的八元树。

参考文献

1. D.M.Ballard and C.H.Brown, Computer Vision, Prentice-Hall, 1982.
2. C.L.Jackins and S.I.Tanimoto, "Oct-trees and their use in representing 3-D objects," CGIP, 14, 1980.
3. D.Heagher, "Geometric modeling using octree encoding," CGIP, 19, 1982.
4. C.H.Chien and J.K.Agarwal, "A normalized quadtree representation," CVGIP, 26, 1984.



位片式计算机在实时电视跟踪系统中的应用

华中工学院图象识别与人工智能研究所

张建森 黄继昌 张桂林 李宗杰

提要: 本文介绍用位片式计算机构成实时电视跟踪系统的智能中枢的设计思想。提出了一种没有机器级指令, 并且在不设置专用中断处理部件的情况下, 实现微程序级中断处理的专用处理机设计方案。

一、引言

数字式实时电视跟踪系统^[1,2]的基本构成如图1所示。该系统能在可视范围内对目标进行实时智能跟踪。从电视摄像机获得的信息要经过视频预处理, 投影特征抽取, 跟踪决策, 跟踪控制等四个阶段的处理。当这种结构被应用于跟踪高性能目标(如飞机、导弹)时, 应该进行50场/秒的采样。如果想用一个计算机在20毫秒内, 完成对一场信息的四个阶段处理是不现实的。我们采用如图2所示的结构。这里的四个标准处理机是并行工作的。标准处理机应具备下面几个特点:

1. 运算速度快。2. 结构简单, 功耗较小。3. 能进行承上启下的信息传递和跟踪参数反馈。4. 具有一定的响应外部事件的能力。5. 指令系统灵活、功能强。

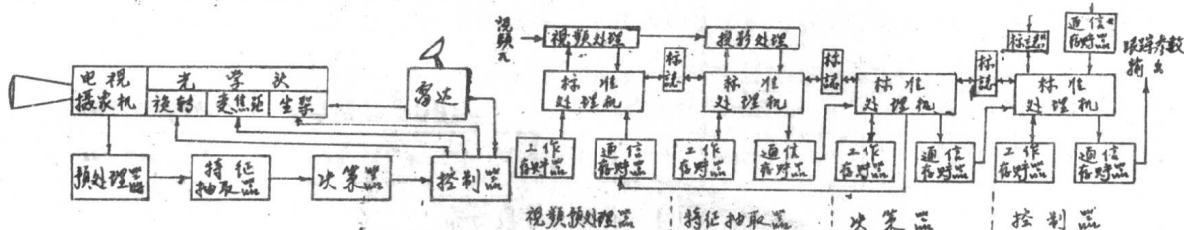


图1. 实时电视跟踪系统结构

4: 与跟踪驱动机构通信, 输入驱动机构当前参数。

图2. 系统硬件结构

目前, 一般具有固定指令系统的微处理机在速度、结构等方面往往难以符合要求。位片式计算机是由设计者利用高速、低功耗、双极型大规模集成电路构成的微程序控制式机器。其结构能做到恰到好处。指令周期短, 并行操作能力强, 是实现该系统的一种较好的选择。

二、标准处理机设计

标准处理机的主要器件选用美国的AMD系列^[5]。具体构思如下:

1. 机器的状态结构, 为了从结构上为提高速度创造条件, 并力求达到较好的性能价格比, 我们选用指令—数据为基础的微程序控制周期方式。^[3]这种结构的特点是当执行当前一条指令的ALU操作的同时, 取出下一条要执行的指令, 即取指令周期和执行周期相重叠的并行微程序设计, 提高了操作效率。

2. 标准处理机的结构 我们为系统设计的标准处理机的结构原理如图3所示。

CCU(计算机控制部件)由Am2910高速双极型程序控制器, 条件码寄存器Am2922以及微程序存储器(PROM), 流水线寄存器等组成。这种结构没有机器级指令, 也没有机器级中断处理部件。电路的连接作了简化。例如, Am2922的POL常接高电平, 即只测试条件码的原码。这样做是为了简化机器结构, 除低功耗。微程序存储器可选用Am2900系列的高速PROM。流水线寄存器应选用Am2918或类似的高速寄存器。这样, CCU的周期可达到小于100ns。

ALU(算术逻辑部件)由4个Am2903超级位片和Am2902先行进位产生器构成16

位完全先行进位全加器。D A口可让外部数据参加运算。D B口用作数据输出口。再加上A m 2904 状态寄存器和移位控制部件,便构成了一个完整的A L U。A m 2904 不仅能配合A m 2903 完成各种算术逻辑操作,还能够帮助我们在微程序级响应外部中断请求。

工作存储器、通信存储器都必须选用高速低功耗双极型存储器。运算要用到的常数、表格等可用P R O M存放。它是工作存储器的一部分。通信存储器和工作存储器的另一部分由静态读写R A M组成。数据和地址总线控制信号,存储器地址,读/写控制信号全部直接由微指令位给出。这为提高速度提供了可能性。地址和数据由设置在相应位置上的74LS244在微指令控制下确定流向。通信存储器存放本级处理机的运算结果,并可以让下一级处理机取出。74LS74是标志触发器。只要前后两级处理机在软件上互约定查询和设置标志的方式,便可实现信息传递。

时钟电路由A m 2925及晶体振荡器组成。该机有希望实现160ns的固定式微指令周期。

三、微程序设计

微程序设计的方式是由机器的结构体现的,它直接影响到机器的效率及并行处理的能力。本机采用流水式的机器状态结构,从而实现微周期相重叠的并行微程序设计。在微指令的编译法上,本机采用不译法与字段直接编译法相结合的方法,为实现短周期高速度奠定了基础。微指令的各个微位是水平展开的,可分为C C U控制部分,A L U控制部分,存储器及总线控制部分。各部分在软件逻辑上是密切配合的。在硬件操作上又是相对独立的,并行的。微指令的字段安排如图4所示。

CCU控制字段	A m 2903 控制字段	A m 2904 控制字段	存贮和总线控制字段
PL ₁ —PL ₁₆	PL ₁₇ —PL ₃₂	PL ₃₃ —PL ₄₈	PL ₄₉ —PL ₆₄

图4 微指令字段分布

四、通信方式

标准处理机的通信加工是流水式的。所以各处理机只对自己的通信存储器进行写操作,将处理结果存入,而用读操作从上一级通信存储器中取出待进一步加工的数据。两种操作是异步的。为了防止竞争,实现共享,前后两级通过一个标志触发器(74LS74)在软件中约定查询和设置标志的方式互相配合。

五、中断处理

标准处理机没有设置专门的中断处理部件。但是只要充分利用A m 2904 的功能便可实现对数量不多的中断进行微程序级的中断服务。外中断源的中断请求信号可以接在A m 2922的D₁端。当时钟由低到高跳变时便保存了这个信号在A m 2922的内部寄存器中。

微程序中断是查询式的中断是查询式的中断。与此有关的指令查询格式如下:

A m 2910		A m 2922
D ₀ —D ₇	I ₀ —I ₇	C B A
中断服务入口地址	C T S	1

C T S: 条件跳转P L子程序指令

当测试到A m 2922第1个数据输入端已存在中断请求信号时,程序转移到中断服务子程序的入口。而将原来要执行的下一条地址码进栈保存。若无中断请求存在,则继续执行原来的程序。应注意如是

该处理机不能进行中断嵌套。如果有一个以上的中断源就应该分别查询和服务,优先次序由软件规定,中断处理的步骤如图5所示。

六、结束语

位片式计算机的应用使我们避免了用组合逻辑方式时的烦难复杂性,又能获得相当高的处理速度。它给设计者提供的灵活性便于针对各种专门的用途而设计合适的机器。微程序控制方式使我们能够不对硬件作多少改动便能通过更改软件达到改进算法甚至根本改变应用功能的目的。在各种实时高速智能系统的实现中,位片式计算机是值得推荐的。在类似于本文涉及的系统中,每一个专用处理机很象一个完整的神经系统内某一思维功能部分中的一个专用能区。因此,有必要进一步研究位片式计算机在构成一个完整的智能计算机中的应用。

参 考 文 献

- [1] 李宗杰, 张建森, 张桂林, “实时电视跟踪系统” 华中工学院学报, 1985年第4期。
- [2] G.M. Flucks et al. AD-A055394, Interim Report (1978); Final Report (1976).
- [3] John Mick, James Brick, Bit-Slice Microprocessor Design, McGraw-Hill Book Company (1980).
- [4] 陈炳从 电子计算机微程序设计技术, 国防工业出版社 (1984).
- [5] Advanced Micro Devices Bipolar Microprocessor logic and Inter face Data Book, Advanced Micro Devices Inc. (1981).

