

粒子径迹识别与图象处理

陈 轶

径 迹 识 别

曾进行过这样的研究,认为人对外界事物的感知,约有百分之九十是通过视觉系统获得的。随着认识的深化,度量精度的提高,现在人们更多地借助于各种复杂精密的仪器,来继续这种观察。

高能物理是研究基本粒子的结构、运动、及变化规律的一门学科。微观粒子是无法由人的感官直接测定的,需要用各种高能探测器来分辨粒子的种类和特性,测量粒子的路径、能量、动量和速度等。探测器有多种多样,但大致可分为径迹探测器(如泡室、乳胶、流光室等)和计数器(如闪烁计数器、契伦柯夫计数器等)两大类。径迹探测器是记录高能粒子的立体运动路径,包括碰撞或衰变图象。要求径迹细、畸变小,记录方式主要是拍摄照片。而通常计数器是配合电子计算机,记录高能粒子产生的电脉冲。要求记录时间快、恢复时间短、分辨特性高。在这种计算机处理方式中,虽然记录的是数据量,但是为便于预选感兴趣的“事例”,大多要进行所谓“图形重建”工作,也就是依据记录的电信号,在计算机终端显示屏上重现粒子径迹的直观图形。因此,在高能物理实验中,虽然取得数据的方法不同,最后都可归结到粒子径迹图象的识别。

粒子径迹的照片,可以由眼睛直接进行观察、判断、配合几何测量获取数据。然而,随着实验手段的改善,摄取照片的数量极大增加,显然在处理精度和速度方面,都无法满足要求。这样,在1956年开始了第一张胶片图象的自动测量。而更为有意义的是,1960年引用计算机进行数据处理,促使建立了“数字图象识别”这一新的学科分支。

早期的粒子照片自动测量系统,是以光学机械扫描为主要读取方法。这种方式扫描精度高,像素数(组成图象的点数)可以达到 $10^4 \times 10^4$,但是摄取速度慢;近年来广泛采用电子学方法,它用电视摄像管等器件进行电子扫描,经数字化后送至电子计算机执行自动识别处理。这种方式扫描速度快,但它受限于计算机存贮器的读取周期,常采用每行仅读入一点,每帧输入一垂直行的方法。输入一幅画面约需数秒,像素点数一般选 512×512 或 1024×1024 。

图象识别技术具有涉及范围广泛、处理方式灵活、系统构成规模差异大、发展迅速等特点。在这里结合粒子径迹识别的问题,对有关的概念、采用的方法、系统的组成等,做一概括性的介绍。

图象识别过程

当有一幅图片摆在面前的时候,我们会首先用眼睛扫视全图,在本底(即背景)上力求看清图象,进而重点观察其中具有特点的部份,与大脑中原有概念进行比较,从而得出评价。如果用仪器设备模拟上述过程,便构成图象的自动识别,框图如图1示。

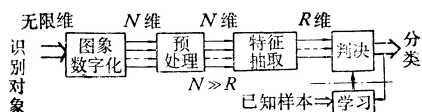


图1 图象自动识别过程

图象数字化 识别对象通过摄取设备,如飞点扫描器、摄像管等,以逐行扫描或随机扫描方式,被摄入处理系统,其几何坐标和灰度(黑白色度)均经数字化,使描述识别对象全部特征的维数,由连续的无限维变换为有限 N 维的数字化量。在摄取和数字化过程中,要求保持线性(不失真)、速度快、分辨率高、噪声低。对于计数器式探测器,因其记录的已经是数字量,不再需数字化,或仅需某些变换步骤。

预处理 主要包括轨迹平滑化和抑制噪声。平滑化是指消除径迹中的干扰,对其中断点进行拟合(赋值),使径迹保持连续。例如对断点可采用邻点平均灰度值来代替。目前抑制噪声的措施虽有多种,但均属局部抑制,尚未达到较理想的消除效果。

特征抽取 识别对象经过数字化和预处理后,有用的信息量在数据中所占的比例,依然是很少的,这主要是因为识别过程所需分类的标准是按照实验的物理目的来选定,往往只需较少的、带有重要分类特征的参数。显然,分类所用参数的数目愈少,分类愈简单。因此,特征抽取可以看成是由 N 维空间到维数较低的 R 维空间的映射,是图象识别过程中重要环节之一。

实现的方法可以采用“图象编码”。对于细节较简单的轨迹图形,多选用行程编码映射将有迹线的地方编为码点,这样可无失真地表征该图,而数据量能够减至6—10%。再如,可以采用“图象分割”法将图形中需要的部份分离出来,根据预先给定的存储样本(保存的标准)及表征逼近程度的相关系数,用逐点比较等办法检测特定事例。根据不同要求,还可采用“亮度门限”等其它多种分离技术。

映射处理可以在空间域,也可以在频率域进行,频

率域处理的效果显著,应用也较广泛,它是以傅立叶等各种变换为基础,进行加工后再做反变换来实现的.通过这种处理,数据量往往可以压缩到十分之一以下,而还原图象中所保留的信息,仍可达到近于百分之九十.这种变换在原理上虽早已提出,但鉴于图象数字化的数据量极大、变换运算复杂、处理时间长,所以直到1956年提出运算简单、计算量小的快速傅立叶变换(FFT)方法,才广泛开展应用研究.尤其是在1972年后,数字滤波器的制造达到接近理想的指标,这种变换处理才得以广泛采用,并获得良好效果.

统计判决及学习 一个观察对象经过特征抽取,可以用 R 个参数表征其特性.换句话说,就是可由 R 维空间中的一个矢量 $\mathbf{X} = [x_1, x_2, \dots, x_R]^{-1}$ 来表示.由于观察对象每次不同,所以若干观察对象便构成随机矢量 $\mathbf{X}$.处理这种具有随机性质的问题,一般都采用统计学方法,这就要了解它的统计分布参数,如均值、方差、特征值等;进而研究有关的性质,如相关、变换、估计以及映射等,确定在不同条件下的分类标准——判决准则及其实现方法.

图2表示一个简单二维的例子,讨论的是两类判决问题,两个概率分布相应于 W_1 类和 W_2 类.为了做示意性说明,设在确定轨迹线时,用观察点的灰度值 x_1 及该点与轨迹线(已定部份)外延点的偏差 x_2 两个参数来表征图片上点的性质.设 W_1 类和 W_2 类分别表示轨迹点和非轨迹点,如果通过学习步骤,即根据以往经验(已知样本)能建立随机矢量 $\mathbf{X}$ 的两类分布,则

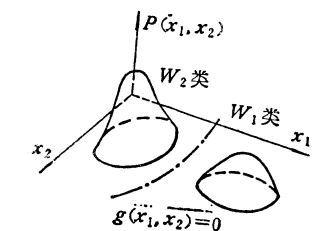


图2 W_1 和 W_2 两类的判决

可在此二分布之间,确定一个边界 $g(x_1, x_2) = 0$,它将此两维空间划分成两个区域.这样,当观察一未知点(对象) $\mathbf{X} = [x_1, x_2]^{-1}$ 时,可根据 $g(x_1, x_2)$ 的值进行分类.若 $g(x_1, x_2) < 0$,判断观察点是属于轨迹点,应归为 W_1 类,记做 $\mathbf{X} \in W_1$;若 $g(x_1, x_2) > 0$,判断观察点属于非轨迹点,应归为 W_2 类,记做 $\mathbf{X} \in W_2$.称 $g(x_1, x_2)$ 为鉴别函数,检查 $g(x_1, x_2)$ 符号的网络称为分类器.因此,要设计分类器,必需研究给定条件下的判决准则,根据分布特性及允许的误差概率,通过学习环节建立适用的鉴别函数.学习的基础可以是已知样本,也可以是已进行过的判决结果.上述只是极简单的介绍,实际情况要复杂得多.分类目的除了确定轨迹坐标外,更主要的是根据迹线参数,进行实验事例的观察和分类.

对判决规则的理论探讨,已有较多的报道,而它们的物理实现尚存在着相当多的困难.除了观察矢量的

分布难以确定、简化条件是否合理、分类器实现精度及复杂程度等问题外,计算繁琐、处理时间长、数据存贮量大等等,也均限制了实际应用.

可实现的最简单的分类器是线性分类器,它以线性鉴别函数为判决规则,但只对具有特定分布(如正态分布)的识别对象才有最佳效果.在实际情况中,往往并不具有或不完全具有这种分布,因此便造成性能上的一定损失.然而在许多时候,这种损失与其实现的简单比较起来还是合算的.所以仍广泛地被采用,诸如相关分类器、距离分类器、匹配滤波器等均属于此类.

识别系统的组成

图象识别技术随着计算机的应用而迅速发展起来,它的组成也可以类似地分为硬件和软件两大部分.

具有特点的硬设备 硬件除了包括计算机及其外部设备外,尚应有图象的输入设备,如飞点扫描器、视频摄象机、激光扫描器、半导体扫描器等.以及输出设备,如高分辨度的彩色-黑白显示器、激光显象装置、点式印刷机(静电或喷墨)等.

图象处理主要特点之一是数据量大,一般需选用具有大存贮容量、能进行高速运算的大型计算机系统.然而,由于图象处理中的许多环节,具有可以并行运算的特点,这样便促进计算机在结构方面的发展.例如较早期的完全并行处理机ILLIAC-III包括由 $32 \times 32 = 1024$ 个基本运算单元组成的图象运算器,就是专门为了分析泡室径迹照片而研制的.在1976年研制出采用大规模集成电路的 96×96 个基本单元组成的运算阵列,其平均运算周期可达16.3毫微秒.其它如局部并行处理、流水线处理、混合处理等结构类型,根据不同用途和要求,也都得到发展.采用此类专用图象处理机,与使用大型计算机相比较,其速度往往可以提高一百倍,而费用可以降低到十分之一以下.图3给出了各类型计算机的速度和费用情况曲线.并列式图形处理机结构示意图如图4.实际应用中往往采用先

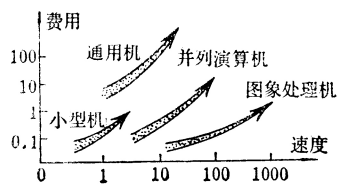


图3 机型与运算速度、费用比较示意图

经图象处理机作实时处理,然后送到大型主机完成系统分析和识别的处理方式.

功能丰富的软件

由于图象处理的内容广泛、目的多样且发展迅速,需要配用功能丰富、运用灵活的软件系统,包括各种语言、操作系统、大量应用程序等.据不同应用特点,软件形态,可以差异很大,允许有多种处理类型、运算方式和使用方法.若按软件功能分类,则包括:

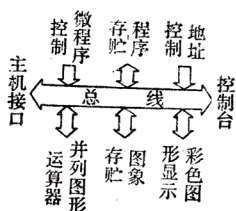


图 4 并行图形处理机结构

增强、相关运算及滤波等。

特征抽取及识别 包括各种统计参数的计算、线的拓扑性质提取、色彩参数分析、统计识别分类等。

图象构造分析 主要是纹理的数学分析，对图象中具有特征的部份进行分割，采用正交变换和梯度分析等方法。

图象数据管理 包括大量图象数据的检索、压缩以及数据格式的标准化等。

一种新的识别方法

以上概括地介绍了图象处理的方法、内容和系统组成。这种建立在统计决策理论上的识别方法发展较早，研究较多，为大部份实际处理所采用。除此而外，尚有一种语言(结构)方法，近年来也获得迅速发展。它利用统计判决法所忽略的图象自身结构信息，采用形式语言方法，将图形分成若干基元，构造一个文法以产生句子，每个句子可表征一个模式。因此，图象识别便成为一个句法分析——符合约定句子文法的判决问题。举个示意的例子，在图 5(a) 中字母 *a* 至 *h* 做为方向模元，分别表示八种方向。这样，如图 5(b) 的曲线可划分为若干基元，按其顺序组成码链，记做 *dddddceffggghhabcd*，于是轨迹曲线便可由一维语句描述，依

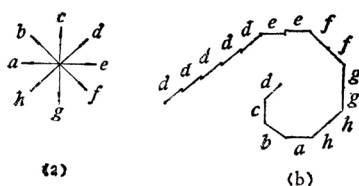


图 5 码链式曲线结构

据句子进行识别。此方法适于处理形式多变的识别问题。但由于噪声和干扰导致的链畸变等因素，限制了此类方法的应用，尚处于发展阶段中。当前一个重要研究方向，是统计方法和语言方法的结合使用，建立具有随机性质的语言模型。

广阔的前景

粒子径迹图象识别有以下几个特点：1. 处理的是用三坐标描述的立体轨迹问题；2. 可以准确地用若干相连弧段描述轨迹，而诸弧段可用圆周参数精密表示；3. 图形的几何形状比较简单；4. 图象灰度等级一般不多等等。而正是对粒子径迹的自动测量，促进了图象

图形输入和输出 输入/输出设备控制、数据存贮、图形编辑以及对话功能等。

图象预处理

典型功能有几何校正、灰度处理、图象

识别技术的发展，这门技术广泛涉及了数学、计算技术、电子学、自动化及光学机械等许多学科，并已被遥感、生物医学、卫星航测、天文、工业等方面重视和采用。多样和复杂的处理要求，往往都超出了粒子径迹识别的范畴，促使识别技术在近年来得到异常迅速的发展。然而，在粒子识别领域中，依然存在着相当数量的理论和技术问题有待解决。如在 CERN (欧洲核研究中心) 用大约七十人，花费了三年左右时间研制成的 Erasme 系统，至今工作时仍需数人用眼睛进行配合。所以，如何高精度、高速度、高效率地识别粒子径迹，仍然被国际上认为是各核研究中心的重要课题之一。