

专题技术译丛

图象处理和模式识别

中国人民解放军国防科学技术大学情报资料研究室

一九八〇年十二月

前 言

数字图象处理和模式识别近年来在国外进行了广泛的研究，它是在数字计算机迅速发展的基础上开展的，是向视觉自动化模拟目标前进的一个基础。它广泛的应用于遥感、军事侦察、制导、医学、生物学、人工视觉仿真、言语自动识别、视觉机器人等各个方面。这方面的工作在国内已引起广泛的注意，但属于开始起步的阶段。我们编译这本译丛介绍国外在这方面的研究成果，作为开展工作的一个参考。

王绍霖、朱益忠、王润生三同志参加了编译工作。由于刚刚开始这方面的工作，译丛中缺点和错误难免，希望大家给予指正。

编 者

1980.10.12.

目 录

1. 计算机与图象	1
2. 实时的图象增强技术	10
3. 用平滑的样条函数作图象处理	18
4. 增强/门限边缘检测器的估价和定量设计	23
5. 现实图象的边缘和目标检测	42
6. 实验曲线的语言学识别	59
7. 机器人的眼睛：喷气推进实验室 机器人计划中的视觉系统	102
8. 数字模式识别（选）	111
第一章 引言	111
第二章 统计模式识别	122
第三章 集羣分析	151

计 算 机 与 图 象

亚利桑那大学系统和工业工程系 B.R.Hunt

摘 要 本文将扼要地介绍数字图象处理技术的最新水平。数字图象处理的广泛应用要求计算机能有最大的计算能力,而其费用又要小于目前在图象处理研究中常用的大型计算机。处理算法的日益先进也需要更大的计算能力。文中将讨论满足这些要求的小型或专用计算机的潜力,并研究上述计算机结构的特点。

引 言

用数字计算机处理图象并不是件容易的事。首先需要将原始形式的图象采样和量化成计算机能接受的数字格式。必须首先把采样数据用一变换的步骤重现一个图像才能对处理的结果进行视觉的评价和/或检验。图象的采样和显示系统并不是价廉的;如果涉及的数据量大,测量精度又高,那么设备的费用将是非常高昂的。一个典型图象所固有的信息量相当庞大,这对于数字图象处理中所用的计算机的存储器,数据操作和计算装置来说都是一个沉重的负担。但是,尽管有这些缺点,计算机在图象处理中的应用还是增加了,这是计算机在数字图象处理中固有的灵活性的一个证明(与光学系统的处理速度和大容量的处理潜力相比较而言)

计算机和图象产生联系的历史不长,基本上开始于六十年代初期。但是,在过去的五年中我们已经看到了这样的飞速发展,可以说数字图象处理的研究在技术上业已达到成熟的境地,从而我们能够期待许多的应用可以付诸实现。当然,同理论研究相比,具体应用的实现往往在成本和解题时间方面要受到许多不同的条件约束。研究这些不同约束条件对于用数字计算机的图象处理的影响,这就是本文的目的。

目前数字图象处理的一些动向

从已发表的刊物和最近的论文中可以看出 [1][2][3],在数字图象处理中进展最好的领域要算是图象修复,增强以及图象频带压缩。已经看到图象修复和增强的许多应用,例如宇宙飞船图象的改善 [4]、 x 射线和其他射线的照片图象中对退化过程的校正 [5]、电子显微图象的去模糊 [6] 等等。实际的图象频带压缩的联机应用是很少的,主

要在于它同时要求一个实时的环境。不过,图象频带压缩的潜力还是很大的,这一点已经在诸如遥控引导飞行器[7]和地球资源卫星的系统[7]中显示出它的重要性,在这些系统中图象的数目是巨大的,因此频带压缩已成为一个急待解决的问题。

近来,数字图象处理所关心的一种技术是从投影中对图象的综合与重组[8],医学界称其为横断面 x 射线断层照相技术。这项技术从两个方面说明了计算机和图象之间的联系程度。第一,某些数字图象处理的技术,如图象修复等,首先来自光学术语而后才用数字方法加以实现的;而横断面 x 射线断层照相技术却一开始就用数字方法达到了实际的应用,如应用于EMI脑肿瘤扫描器中(而横断面 x 射线断层照相技术的光学方法则正在研究之中,以完成概念交换的对称性[9])。第二,若没有能把投影数据综合成一个图象的计算机的出现,那么在横断面 x 射线断层照相技术中根本不存在图象。在细菌学[10]结晶学[11]和无线电天文学[12]的某些领域中同样存在从投影中重组图象的问题。对该技术的兴趣仅在医学界,就具有能使当前的诊断放射学的大部分实际技术发生重大革新之潜力。

图象的修复,频带压缩和重组技术都以图象作为它们的产物,而最终得到的图象是改善了的,成为可见的或密集了的等等。而这些图象应满足根据人类的组织和需要所规定的专门用途和目的,并且上述的目的和要求都是用从图象中提取信息的方法达到的。因此,在这里存在着一个基本的共同性,这一共同性将图象的计算机处理引向信息的抽取和/或由图象进行判决。不过,在这领域中的工作者将遇到一个相当麻烦的问题,即针对人们的要求和兴趣所进行的信息抽取和由图象中进行判决往往为人们的主观标准所左右。而人类的信息处理活动是如此复杂,因此详细分析我们的认识的目前结构是不可能的。所以,用计算机抽取图象信息这件事本身就反映了这种缺乏明确的认识。而且人们常会听到这样的批评,认为这个领域中的许多努力是“太试探性”和“高级”了。因而,在彻底揭示人类是怎样从图象中抽取信息的奥秘之前,对此我们不能有任何的希望!与此相反,实践往往有其优越性。虽然对上述问题的理论了解得不多,但我们至少能够看到这一问题在实用方面的进展。事实上,图象信息抽取这个课题在实际应用方面的研究已经取得了一些显著的成就[13][14]。有朝一日,从事“人工智能”的工作者定会幸运地把解决这些问题的实际和理论结合起来。

在本文其他部份的讨论中,谈及的数字图象处理将不再包括从图象中抽取信息这一内容。这样做有两个理由。首先,如最初所述数字图象处理在概念上和计算上都不同于图象信息抽取。其次,用于抽取信息的计算过程无法很好地确定,因为信息抽取过程本身并不清楚。相反,数字图象处理在图象的修复、增强等方面使用的计算过程却能很好地确定并且人们也不难了解从事这些任务的计算机的性能。

应用环境的影响

从图象处理中使用的计算机的特性出发,在已发表的数字图象处理的研究和应用的成果中,发现在计算机和图象之间的联系有三个不同的特点:

(1) 计算机设备和图象设备之间虽然不是完全没有联系但只存在很松散的联系。典

型的情况是图象的采样和量化设备或数字数据的图象显示设备是脱机操作的。甚至它们和用于处理图象的计算机可以不放在同一建筑物内。

(2) 图象处理使用的计算机通常选用通用计算机。即，同一台计算机除了处理图象之外还可准备作为其他用途。

(3) 在上述的松散联系和通用计算机的条件下，那么大多数的图象处理是处于“批(处理)”或“输入——输出”工作状态，并且在处理步骤之间没有交互控制。

只要稍加考虑就能看出，上述的三个特性在大多数应用范围中是不理想的。为了说明这点，不妨观察在医学放射学中的应用：例如，诊断 x ——射线图象的修复和增强。临床工作的放射学家希望有一个可把图象的判断、计算和显示结合起来的系统。对临床放射学家来说，解题周期长的限制使他们很恼火，这个问题的关键在于图象的判断、计算和显示之操作同维修是在分开的建筑物中进行的，因此造成了技术人员拿着磁带穿梭般地来往于这些建筑物之间的局面。上述的情况在作者所知道的大多数图象处理实验室中也是有代表性的。同样，如果要使图象处理对于临床放射学有价值，在计算机处理所提供的可能范围内只有交互作用的计算环境才能真正有用，对一个熟练的医生提供这样的设备而不告诉他方法就可能得不到计算机图象处理所呈现的原始的优点。

在此，以人们热忱期待的EMI扫描器为例加以说明。和横断面 x ——射线断层照相技术本身的革命性同样重要的是EMI扫描器在实际应用中的影响的一部分是由于它是一个紧密结合的系统，其中图象感知(投影值的产生)、计算和显示设备都被安装在同一机柜内。因此，在大多数图象处理实验室中使用的横断面 x ——射线断层照相技术将为了市场上的竞争能力而继续奋斗。

这并不意味着在把显示和计算机结合在一起进行交互图象处理方面没有进行新的努力；例如，在宇航协会[2]和Lawrence Livermore实验室里[2]就有这类系统。然而，这些系统的成果在相当大的程度上依靠现在已能大量供应的最强有力的科学的计算机(CDC 7600)。由这些系统所证明的交互图象处理的潜力已引起见过这些系统操作的人们的注意。但是，这种潜力不是任何人都能利用的，因为不可能都有足够的资金去购买象CDC 7600那样的超级计算机。尽管看到了交互数字图象修复在医学放射学中普遍应用能带来巨大的好处，但是，那些应用对每一个实际的医院来说是不现实的，因为目前要使解题时间小到满足交互作用操作的要求在计算机上所花的费用是太大了。不过，现在市场上至少能买到一种价格适中的交互图象处理系统，其基本组成为一中等规模的计算机和精密的阴极射线管(CRT)数字刷新显示器[15]。这个系统对许多简单的操作是非常合适的，但是当需要进行复杂的或大规模的运算时，如大阵列的付里叶变换(比如 1024×1024)其速度之慢将使用户无法忍耐。

正如宇航协会和Lawrence Livermore实验室中的系统所表明的，交互数字图象处理具有许多优点，它们实际上可以用于每一个可能的应用之中。EMI扫描器显示出这方面的优越性，由于系统紧密结合在一起和组装得很好使它既能满足特殊的应用而系统的成本又适中。所以，在出现中等或低价格的系统能把交互处理能力纳入一个组装紧密的系统之前，不能希望在大多数的实际应用之中大量采用数字图象处理。由于交互图象处理需要一个计算能力的大的储备，做到这一点的关键是：以价格低廉的专用计算机代替

昂贵的通用计算机（例如 CDC 7600）。根据大多数图象处理计算的特定的性能和数字电子学的不断的进展，这个目的是可以达到的。

图象处理中的重要计算

研究了大多数图象处理操作所需的计算之后，发现只用很小的一组计算。最常用的计算以及经常使用这些计算的图象处理技术可概括如下：

(1) 积之和的运算，这些计算的形式为

$$g_{jk} = \sum_{mn} h_{mnjk} f_{mn} \quad (1)$$

式中 f_{mn} 是图象的采样点， h_{mn} 是权。根据权以及和的形式，积之和的运算可以在以下的图象处理工作中应用：卷积运算用于图象的修复和增强及从投影值中重组图象；用于增强的递归滤波运算； n 阶线性子测算子用于增量脉码调制的图象频带压缩；用于图象的最新线性代数处理中的一般的线性代数计算；用于目标识别的相关运算或用匹配滤波/最大似然得到的景物分类。

(2) 快速变换，这些计算的形式为

$$F_{jk} = \sum_{mn} f_{mn} W^{mj+nk} \quad (2)$$

式中 W 是变换核。最常用的快速变换是付里叶变换，但已经发现并应用到图象处理中的其他算法还有如：快速哈特马变换，快速余弦变换等，快速变换已应用到以下各种图象处理的运算中，例如：卷积（用付里叶核）用于图象的修复、增强及从投影值中重组图象；用于从投影值中重组图象的变换域的内插（用付里叶核）；用于图象统计和参数估计以及图象频带压缩中的变换域的分析。

(3) 点映射。这些计算的形式为

$$g_{mn} = \phi(f_{mn}) \quad (3)$$

式中 ϕ 是一般函数（通常是非线性的）。点映射用在以下的各种运算中例如：用于灰度映射或产生伪彩色的增强技术；在用照相胶片作为图象感受器时对强度非线性的校正和仿真。对用照相胶片或 CRT 作图象显示器时强度非线性的校正和仿真。

我们高兴地看到，能执行方程 (3) 中全部运算之显示系统已成为商品，它能以每秒 7.5×10^6 点的速率变换象素（单色图象）。这是一个组装紧密，紧密合并对交互工作而言是很理想的系统。它已经受到用户的热烈欢迎，这也再一次证明在此领域内存在着空白。同时还表明点映射的快速计算根本不困难。

快速计算方程式 (1) 中的积之和运算本身是不困难的，并且执行方程式 (1) 的功能之专用硬件也早已闻世。一个明显的规律是，使用的并行运算越多，计算就进行得越快。图象处理的独特之处是计算的二维性，这就使元件的需要量非常之大。例如，假设系数矩阵 b_{mn} 的规模是 $N \times M$ ，如果在全并行的基础上来执行方程式 (1) 的计算并在执行中应用如 Rabiner 和 Gold 所论述的通用的大规模集成 (LSI) 技术，那么就需要 MN 个

运算元件和 MN 个字的系数存储器。因为系数矩阵 h_{mn} 是 $M \times N$ 大小的,所以甚至对于小的数值(比如 $M=N=10$)也要求有很大数目的并行元件;结果产生了LSI芯片和电路相结合的新课题。一个明显的策略是用快速付里叶变换(FFT)来执行方程式(1)的计算,因为做FFT卷积时,所需的算术运算量是按对数增加的而不是按指数增加。这表明,参加FFT计算的元件之并行性可获得较大的效果。

除了计算方程式(1)所需要的算术运算和元件的并行性之外,还有一个图象数据点的存取问题,通常采样点矩阵 f_{mn} 是相当庞大,使得中央处理单元(CPU)的存储器无法容纳,而必须使用外存储器以存储图象采样点。因此,对图象数据的管理必须付出很大的努力,使得在需要时对图象进行必要的分块以适应CPU。总的数据存储率受到磁盘寻址的平均等待时间、转送速率、CPU存储器中的缓冲器的大小等限制。显然,如果数据存储率小于CPU的平均处理率,那就不必在元件的并行性上作过多的努力。应着重指出,即使用仅具有少量或中等量的CPU内部并行性的计算机如CDC 6600或CDC 7600,对于大多数的图象处理应用来说仍然存在一个数据存储的极限。

在方程式(2)的快速变换计算中同样存在着数据存储的问题。在方程式(2)中,对指数 n 进行的变换是对图象采样点矩阵的各行进行的,对指数 m 进行的变换是对矩阵的列进行的。然而,如果采样点矩阵太大了,使CPU存储器无法容纳,这时将这些矩阵存储在外部设备中的方法在计算中具有很大的影响。只有每一次存取都能读出或写入一大块数据时,大多数存储设备才能有效地工作。由于,通常是以特殊的形式对数据进行采样的,例如象电视中的行扫描,所采样的数据的自然结构被保存在存储器件中;为了外存的效率而进行的大块数据的读写,通常是采样数据中的几条扫描行。这对于方程式(2)计算中的行变换是有利的,每次数据存储得到一行或几行用来进行变换。可是,当需要列变换时,这种结构就完全是错误的。为了使所用的方法和行变换中采用的成组读——写方法一致,那么在进行列的存取时必须实行图象采样点的矩阵的转置。实行转置变换的运算量是巨大的,近来,为寻找在图象处理中用到的大矩阵转置的最佳方法已经进行重大的努力[18][19]。

如果CPU的存储器足够大,能保存图象采样点的整个矩阵,那么就不需要矩阵的转置运算。假若规模为 $P \times Q$ 的图象采样点矩阵是按行的顺序存储的(第一行,第二行等),那么在第一行中选择合适的元素,每“隔开” Q 个存储单元选一个元素,就可以得到一个列。这种“隔开”的操作可以用一个变址寄存器来形成存储器的地址,实际上是用一种寄存器把一个固定的增量(在此情况下是 Q 字数的整数倍)加到由主存储地址寄存器指出的存储地址上。在这样的存储器中,变换计算将是简捷而迅速的。例如,用外存储器实现矩阵转置所花的时间将是这种变换总时间的两或三倍。

当然,不是所有图象处理的计算都能用上述的(1)(2)(3)式来概括。用专用器件来执行这些能包含大部分线性处理应用的计算能大大地提高大多数应用的速度。令人惊奇的是,图象处理的许多非线性计算可以借助于专用设备的帮助,因为可以在每一步计算中用线性逼近的算法或把快速变换作为解的一部分的方法来解决非线性图象处理的课题。

专用计算机

专用图像处理计算机的简略示意图如图1所示。实际上，这是一种在一个大规模多

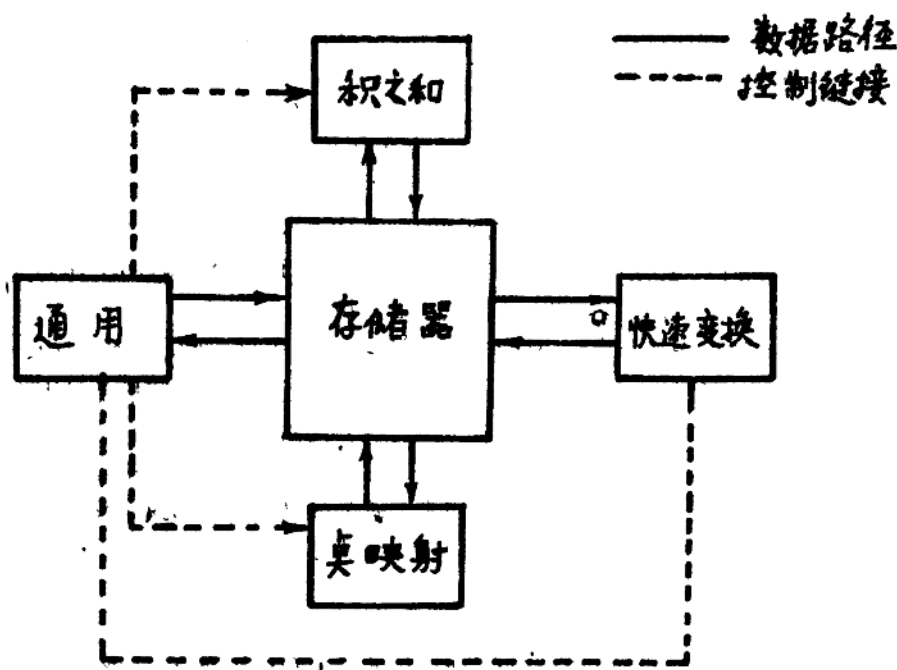


图1 专用图像处理的配置

入口存储器周围配置了四台计算机的系统。第一台是通用计算机，用于控制其他三台计算机或执行别的计算任务；一般可由一台适当功率的小型计算机担任。第二台是为计算积之和运算（上述方程(1)）而设计的。第三台是用于快速变换的（上述方程(2)）。第四台计算机是为计算点映射（方程(3)）而设置的，从一般意义上看，这根本不是一部计算机，因为执行这种运算本身表明它仅是一个只读存储器。注意，第二台和第三台计算机可以是相同的，正如方程(1)和(2)所示，变换运算只是积之和运算的一种特殊形式。已经制成了可以利用同一个装置迅速地计算方程(1)和方程(2)的阵列处理机。当然，它的最大有效性在于变换计算或积之和计算的专门化。应用两个独立的专用计算机也就允许并行地计算上述两类运算。

提出如图1所示的系统是容易的，但必须回答系统最佳化的问题，并且不能立即从图1中得到解决。例如，图1中的每台计算机应该具有自己的存储器，还是都依靠中央存储器？如果每个专用计算机都有自己的存储器，那么容量应该多大并如何构成？（例如，超高速缓冲存储器在这些计算机中是否有用？）诸如此类的问题，通常是由对相应的设计进行仿真来回答的。

由于该系统是围绕这大规模多入口存储器而组成的，因此必须考虑构成这种存储器

的现实性。此存储器假定足以包含一个(或多个) $P \times Q$ 规模的数字图象。每个存储字的位数和每个字的数据表示方法(整数或浮点)都取决于所处理的图象和处理的类型。例如,高信噪比的图象的简单的线性空间滤波可能用每数据值以 12-16 位的整数表示是合适的。象非线性技术一类的更复杂之计算目前正在研研中,它们可以用每个存储字是 32 位或更多位数的浮点计算来得到好处。如果我们建立一个 $P=Q=1024$ 的标准图象,那么我们就要有容量为 16×10^6 到 32×10^6 位的存储器,这一要求恰恰在普通存储技术的范围之内,因为 $60-120 \times 10^6$ 位的存储器几年前已大量应市。要实现图 1 的多入口结构并不困难,因为分离的出入口和存储器的交叉形式可高到 16 级[23]。所以用变址寄存器来免除快速变换计算中的转置运算也就没有问题了。

组立和把部件综合成图 1 那样的系统不是对现代的数字技术提出的一个独特的挑战。由图 1 表示出的挑战是:它既能达到指定的计算能力而成本又低廉。就这方面我们可以希望把计算机、显示器和图象感受器(可能的话)装配成一个中等价格又是紧密耦合的系统(记住 EMI 扫描器的经验)。

对包含数字技术的任何装备进行成本估计是靠不住的。人们能够说总的趋势是下降的,但究竟下降多少呢?不得而知。大概用二万伍千美元——伍万美元就能买到一台在系统中用作通用控制的很合适的小型计算机。能执行积之和运算以及变换计算的专用阵列处理机现在已成为商品,其价格在伍万——柒万伍千美元之间。用作点映射的只读存储器是所有部件中最便宜的;虽然为了控制和联接只读存储器需要增添几种微处理机,但总的价格仍在伍千——壹万美元之间,成本的其余部分是存储器的价格。目前一个容量为 32 位(10^6)的磁铁心或半导体存储器的价格约为三十万美元——一百万美元[23]。可是半导体存储器的价格在逐年下降并估计到 1980 年时, $32(10^6)$ 位的存储器的价值约为十万美元。假若果真如此,那么意味着可以估计图 1 的专用系统其价格范围将在二十五万——三十万美元之间。那时这样一个如此价格的系统的计算能力将是引人注目的。如果用当前能大量买到的阵列处理机使系统最佳化和集成化,则系统将具有现在应用 CDC 7600 计算机进行图象处理的那种计算能力,而最强有力的大型计算机要比图 1 所计划的价格高 30-40 倍。

如果存储器成本的下落不像预料那样快,那就应改变系统的整个结构。将用外部存储装置,比较可取的是用每道有一个磁头的磁盘来代替大规模的直接存取存储器。就 I/O 缓冲器而言,为了使磁盘存取时间减至最小,在存储器四周的每台计算机都需要有大容量的存储器。该系统的总价格在二十五万——三十万美元之间仍然是可能的,但是软件的成本可能比较高,因为面向磁盘的系统需要 I/O 管理(缓冲器、矩阵转置操作等等)。

结 束 语

许多的研究刊物已大量登载了计算机和图象相结合的丰硕成果。EMI 扫描器的成就证明了专用系统在成本适中和组装紧凑方面的优点。为了专门的应用,需要更多的象 EMI 扫描器那样的系统。所以计算机和图象相结合的研究进程之下一步,看来是集中到系统

的设计上,其目标为,以低廉的成本提供最大的处理能力。如果我们致力于这个目标,那是肯定能达到的。相反,假若我们放弃努力,则数字图象处理也可能在鲜花盛开之前就会凋谢!

参 考 文 献

- [1] Special Issue on Digital Picture Processing, IEEE Proc., Vol. 60, July 1972.
- [2] Special Issue on Digital picture processing, Computer, Vol.7, May 1974.
- [3] Hunt, B.R., "Digital Image Processing," IEEE Proc., Vol. 63, PP. 693-708, 1975.
- [4] Rindfleish, T.C., et al, "Digital Processing of the Mariner 6 and 7 Pictures," J.Geophys. Res., Vol.76, PP.394-417, 1971.
- [5] Hunt, B.R., Janney, D.H.and Zeigler, R.K., "An Introduction to Restoration and Enhancement of Radiographic Images," Los Alamos Sci. Lab., Rept. LA-4305, Los Alamos, N.M., 1970.
- [6] Davarian, F., "Fast Computational Techniques for Pseudoinverse and Wiener Image Restoration," USC, Rept. USCIPI 610, 1975.
- [7] Image Understanding Workshop Proceedings, Advanced Research Projects Agency, Washinyton, D.C., 1975.
- [8] Mersebau, R.and Oppenheim, A., "Digital Reconstruction of Multidimensional Signals from Their projection," IEEE Proc., Vol.62, PP 1319-1338, 1974.
- [9] Kay, D., "Optical and Digital Processing in Radionuclide Tomographic Image Reconstruction," Int'l. optical computing conf.Proc., Washinyton, D.C.1975.
- [10] DeRosier, D.J.and Kluy, A., "Reconstruction of Three-dimensional Structures from Election Micrographs," Nature, Vol.217, PP 130-134, 1968.
- [11] Vainshtein, B.K., "Findiny the Structure of Objects from Projections," Sov.Phys.Crystallography, Vol.15, PP 781-787.
- [12] Bracewell, R.N., "Strip Integration in Radio Astronomy," Austr. J. phys., Vol.9, PP 198-217, 1956.
- [13] Kruger, R.P., et al, "Automated Radiographic Diagnosis Via Feature Extraction and Classification of Cardiac Size and Shape Descriptors," IEEE Trans., Vol BME-19, PP.174-186, 1972.
- [14] Kruger, R.R.Thompson, W.B.and Turner, A.F., "Computer Diagnosis of Pneumoconiosis," IEEE Trans., Vol.SMC-4, PP.40-49, 1974.
- [15] Proprietary Product Brochure on the"Flash" System, ESL, Inc.,

Sunny Vale, Calif., 1974

[16] Andrews, H.C., "Numerical Analysis Techniques in Digital Image Restoration," Circuits and System Symposium Proc., Boston, 1975.

[17] Rabiner, L. and Gold, B. Theory and Application of Digital Signal Processing, Prentice-Hall, 1975.

[18] Hunt, B.R. and Trussell, H.T., "Recent Data on Image Enhancement Programs," IEEE Proc., PP.466, 1973.

[19] EKlundh, J., "A Fast Computer Method for Matrix. Transposing," IEEE Trans., Vol.C-21, PP.801-803, 1972.

[20] Hershel, R., "Unified Approach to Restoring Degraded Image in the Presence of Noise," Optical Sciences Center, Univ. of Arizona, Rept. TR-72, Tucson, 1971.

[21] Hunt, B.R., "Bayesian Methods of Nonlinear Digital Image Restoration," Submitted for Publication.

[22] Proprietary Product Literature on "ASAP" Array Processor, ESL, Inc., Sunnyvale, Calif., 1975.

[23] Hodges, D., "Review and Projection of Semiconductor Components for Digital storage," IEEE Proc., Vol.63, PP.1136-1152, 1975.

(译自 Image Processing, Vol.74, Feb.24-26, 1975.

Proceeding of the Society of

Photo-optical Instrumentation Engineers.)

朱益忠 译 王绍霖 审校

实时的图象增强技术

休斯飞机公司应用程序编制组组长 David J. Ketcham

摘要 大多数的图象增强技术对于实时应用来说是不合适的。本文介绍两种对比度增强技术, 它能以电视(TV)速度工作而使用的硬件则相当简单。

引言

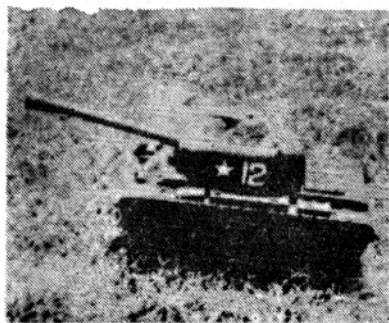
目前, 在飞机上使用的座舱显示系统为领航员和传感器操纵员提供了雷达、红外线或电视信息, 这些信息用作导航, 情报收集, 目标的检测、分辨、识别和指示。在许多情况下, 上述任务所要求的图象应当是靠最佳操作员工作所得来的高质量的图象。可惜, 由于显示或敏感系统感受和索取两者的局限性, 在遇到飞行目标时会使性能降低。感受的图象的实时增强技术表明有希望以系统复杂性的最小增加来改善操作性能。

本文介绍的两种对比度增强技术可用于实时 TV 型图象处理。第一种, 是在图象的局部区域内应用直方图均化技术。第二种, 是在图象的局部区域之内动态地调整视频增益和亮度。使用了上述技术以后, 最终得到的图象证明: 对比度和细部都得到了改善。功能性硬件的设计表明, 上述的各个增益技术可以用直接硬件结构来实现并以 TV 速率运行。

局部区域的直方图均匀化技术(LAHE)

LAHE是一种独特的图象对比度增强技术。过去, 直方图均匀化技术只用于处理图象的整个画面, 故称之为全画面直方图均匀化技术(FFHE)。这里介绍的新方法是把直方图均化技术用于图象画面的较小或局部区域中。LAHE技术的优点在于, 它避免了图象中那些代表着灰度直方图中重要的而又统计上占很小的那部分区域的对比度降低。

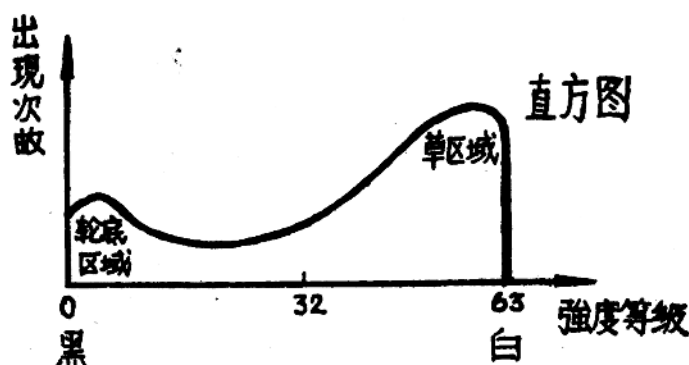
直方图是把整个图象的每一个强度产生的次数制成表而形成的。例如, 在图 1 a 中强度范围为 64 个量化等级。整个图象的直方图示于图 1 b 中。此分布表明, 图片总的来说是亮的但有一小



a. 原始图

图 1 直方图的形成

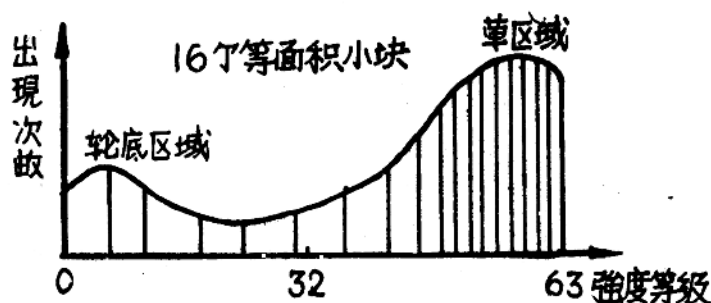
部分区域是中等亮度，甚至还有一些区域相当黑。这表示灰度信息的分布主要集中在亮/黑强度的刻度尺之两端。显然，如果信息量与每一个灰度等级出现的次数有关，那么所显示的图象中的强度等级不包含相同的信息量。假若图片强度分布如图1b所示，则对



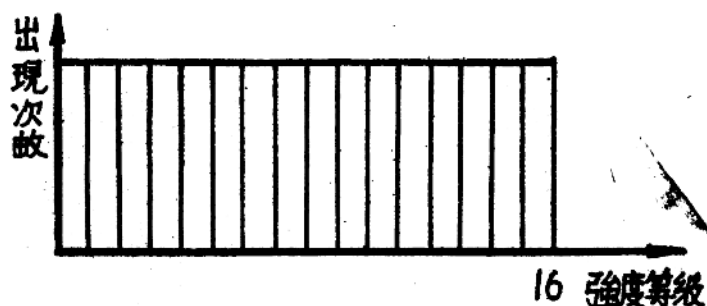
b. 直方图

图 1 直方图的形成

图象中那些出现较多的灰度信息区给以较多的显示灰度级别，而对出现数据少的灰度区给以较少的级别，这样会好一些。这种灰度级的不均匀分布可以计算直方图下总面积并把它分成 N 个，例如分成象图2a所表示的16个面积相同的小片这一方法。



a. 等面积小块



b. 均匀化图象直方图的直方图

图 2 产生均匀化图象直方图的方法

示。在操作时滑窗按两个方向移过图象，即在水平和垂直两个方向上移动。那么，这些重新分配中心的像素组成了已处理的图象。由图 4c 可见，在坦克图象中，履带滚轴区域的细部大为增强了。局部区域直方图均匀化的另一例如图 5 所示。

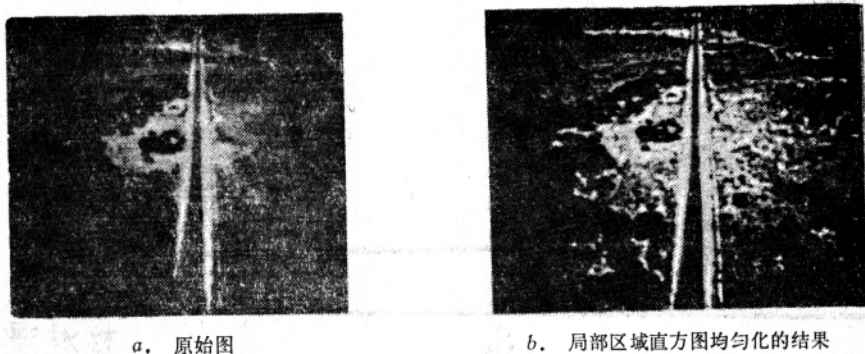


图 5 一道路图象的局部区域直方图均匀化

局部区域的亮度和增益控制技术 (LABGC)

这种增强技术是利用显示系统中两个突出的变量；亮度和增益。这些变量有助于图象的视频偏移和显示动态范围之间的匹配，用此方法使操纵员能得到最大数量的有用视觉信息。然而，在显示系统中上述变量在整个图象画面内是不变的。如果这对大部分情况而言是可以接受的，那么控制这些变量不会得到明显的增强。虽然提高视频增益可以增加全图的对比度，但图象明亮和黑暗区域的细部将使系统饱和，因为显示器件（通常是CRT）的动态范围是有限的。一种既能在图象小区域中提高对比度而又不会在其他区域里引起饱和的方法之要求是：必须连续调整整个图片中每一小区域的亮度和增益。

LABGC 技术的步骤为首先在整个图象上滑动一小窗（如同 LAHE 技术），然后调正其中心元素的增益和亮度。早期的 LABGC 技术是先调正窗口中心元素的亮度然后应用一个不变的增益系数。尽管这也可以提供某些增益，但产生的图象像被洗过那样缺少原来景物的绝对灰度的尺度复制。在某些情况下，当使用高均匀增益因子时，最终得到的图象就成为二进制图象，即不是黑就是白，而在它们之间有一小阴影。

曾经应用使亮度和增益随图象中的局部统计函数而变化的方法来改进 LABGC 增强技术。它使此增益成为滑窗中像素值的标准方差之函数。而亮度调正是滑窗中像素均值的函数。

在 9×9 的滑窗中，均值和标准方差可计算如下：

$$\text{均值} = M = \frac{\sum_{i=1}^9 \sum_{j=1}^9 I(i, j)}{81} \quad (1)$$

$$\text{标准方差} = S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^9 \sum_{j=1}^9 I^2(i, j)}{81} - M^2} \quad (2)$$

式中 $I(i, j)$ = 滑窗中的一个象素

联系视频增益和标准方差的最佳函数如图 6 所示。这样，在限止范围内的增益函数

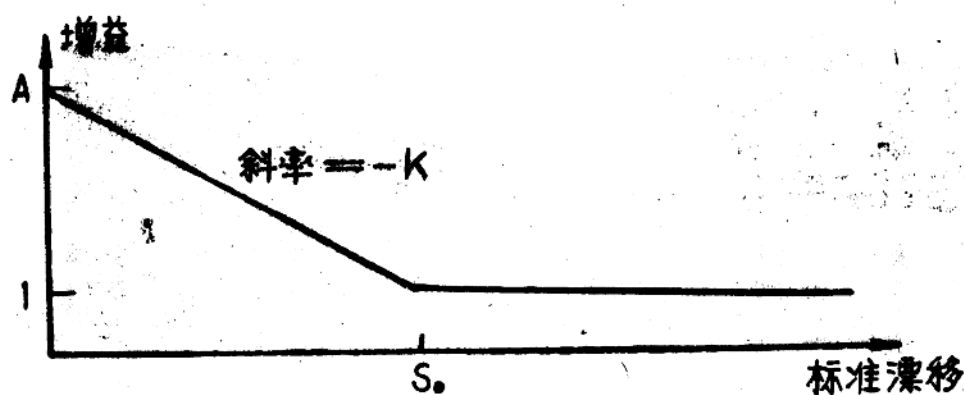


图 6 滑窗中标准漂移函数的增益

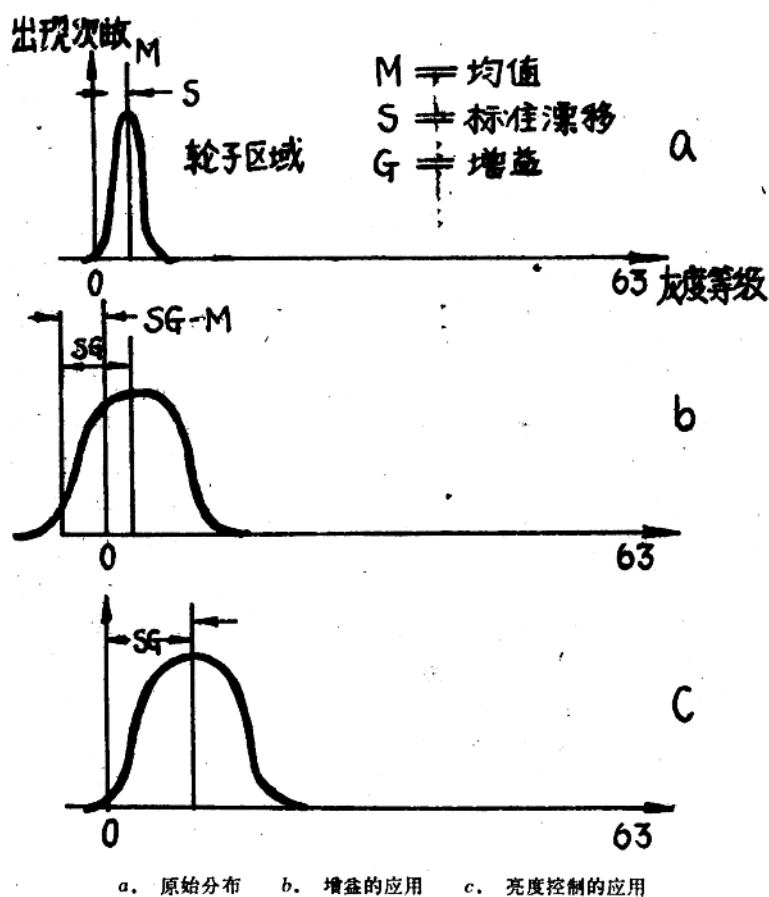


图 7 统计的增益和亮度控制