第 4 卷 第 5 期
2011 年 10 月

中国光学
Chinese Optics

Vol. 4 No. 5
Oct. 2011

文章编号 1674-2915(2011)05-0431-10

图像处理智能化的发展趋势

宋建中
(中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所,吉林 长春 130033)

摘要:介绍了图像处理的发展趋势,对图像处理智能化的理论研究、智能高效的算法和并行处理的硬件系统等几个有关智能图像处理的问题进行了综述与评论。指出无论从军事自动目标识别(ATR)的需求考虑,还是从光学成像仪器的发展,网络视频通信,以及各种高技术的发展来看,图像处理的智能化都具有极其重要的意义,是今后图像处理领域的发展趋势。最后建议近期的工作应围绕在复杂背景下的目标自动捕获(ATA)方面开展研究。

关 键 词:图像处理智能化;目标识别;并行处理;智能算法
中图分类号:TP391.4 **文献标识码**:A

Development trend of image processing intelligence

SONG Jian-zhong

(*Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun* 130033, *China*)

Abstract: Developing trend of image processing intelligence is introduced in this paper, then the theory research, effective algorithms of intelligent image processing and several relative issues for parallel disposal hardware systems are summarized and reviewed. It points out that image processing intelligence is very significant for the Automatic Target Recognition(ATR) in military affairs, optical imaging instruments, internet video communication, or various high-tech evolutions, and it will be the development trend for image processing fields in the future. Finally, it suggests that the research in recent should be focused on the Automatic Target Acquiring(ATA) in complex backgrounds.

Key words: image processing intelligence; target recognition; parallel processing; intelligent algorithm

收稿日期:2011-07-12;**修订日期**:2011-08-22

1 引 言

图像处理已经成为一门引人注目，前景广阔的新型学科，并正在向更高、更深层次发展。国内外大量文献报道证明了人们已经开始研究如何用计算机解释图像，实现用计算机视觉系统理解外部世界。许多国家都正在大力探索和研究图像理解和机器视觉，并取得了不少重要成果。

本文参考了国内外报道的技术文献和作者长期从事图像处理研究的经验与体会，对图像处理的发展趋势进行了分析，认为智能化是其发展的必然趋势；并以目标自动捕获为例，具体分析了图像处理智能化研究应该包括的理论、算法和硬件系统。

2 图像处理的发展趋势

随着高技术武器系统的发展，自动目标捕获技术的需求日益迫切，尤其是光学成像仪器、机器人视觉、多媒体视频检索等项技术的发展使图像处理智能化已经成为诸多领域的关键技术。与此同时，计算机科学和电子技术的飞速发展，也从硬件和软件上为图像处理的智能化奠定了坚实的基础。所以，智能化已成为图像处理的发展趋势。

上个世纪60年代末期，为了实现靶场电影经纬仪的自动跟踪，中科院长春光机所开始了电视跟踪技术的研究，用电视摄像机摄取远距离的目标，对摄取的视频图像进行实时测量，并将测量结果反馈给伺服系统，使经纬仪实现自动跟踪目标。几十年过去了，科学技术和市场需求都发生了突飞猛进的变化。电视跟踪技术已经普及，图像处理技术也有了很大进步。但是，迄今为止，自动目标捕获问题仍然没有得到很好的解决，在目标的捕获阶段，识别和瞄准目标还是依赖人的参与。不断出现的图像制导武器系统的打击速度和精度一再提高，用户迫切要求对小、暗、多、快目标实现自动捕获并对复杂背景下的目标实现平稳跟踪。近10年来，面对现代战争，美国空军也遇到了许多棘手的问题，如对城市、平民区空中打击时，如何进行空-地目标精确打击；远程末制导和光电对抗武器系统如何能及早发现小目标、伪装和隐蔽目标等。因此，作为核心技术之一的图像处理技术，亟待增强自动识别那些对比度很低的目标、假目标或民用目标的能力，从而提高自动捕获和对复杂背景下的目标平稳跟踪的能力，以满足目前图像制导武器系统的快速响应和精确打击的要求。

在实际应用中，自动识别目标是个极其困难的问题，这是因为在现有技术条件下，很难在不同时间，不同观察角度，不同距离，对同一个目标获得相同的图像。目前所采用的图像处理系统和处理方法远远不能适应这些条件变化，而且敌方对目标的伪装和探测系统的干扰，又使自动识别目标问题变得更加困难。到目前为止，自动目标识别只能通过人们的观察来完成。为了训练操作手识别一种未知的目标，需要对其进行大量的训练。即使如此，操作人员的判断也避免不了人为的误差，甚至会因为睡眠不足而影响判断的精度。另外，他们还必须定期重复训练，否则技能会很快变差。因此，给图像处理系统加上人工智能，让计算机系统代替人，自动实现快速、准确地识别目标，即实现图像处理的智能化是当前亟须解决的问题。

光学成像仪器的发展也非常需要智能图像处理技术的支撑。目前，国内外各种光学成像仪器不断推陈出新。伴随着大、中、小型光学仪器的发展，越来越多地采用带有某些人工智能的图像处理技术。例如：具有图像增强功能的红外摄像机、具有图像压缩和视频自动调焦功能的数码相机、具有失真校正功能的大视场摄像机、针对人造目标识别的偏振摄像机、采用结构光照明的双目(单目)立体摄像机、采用图像拼接技术实现的大视场高分辨率的成像系统、采用现场标定内外参数的虚拟现实成像系统、采用波前检测技术的自适应光学系统，以及计算成像系统、量子成像等新的光学成像系统。具有各种智能的图像处理系统将其视频信息(目标的亮度、位置、姿态等)反馈给光学仪器的控制系统或显示系统，使光学仪器实现自适应智能控制，从而提高仪器成像质量使其具有学习和自适应能力。图像处理智能化为提高产品的附加值、扩大市场份额起到了相当大的推动作用。

目前，国内也在不断出现智能图像处理的相

关研究报道,但成果寥寥无几。由此说明,人们已经认识到图像处理智能化在国民经济和军事各领域的重要性,但图像处理智能化的发展还需要艰苦的努力。

随着计算速度、内存容量、传输带宽的提高和成本的降低,以及高新技术产业的发展和人民生活水平的提高,机器人视觉技术在国内有了很大的发展,从传统的遥感、机器人视觉导航,已经发展到医学图像的处理和理解、视频监测、虚拟现实等许多领域,应用对象从航天、军工领域进入了日常生活和娱乐,甚至将走进普通家庭。

智能图像处理的一个主要内容是用计算机来模仿和执行人脑的某些智力功能,实现具有人工智能的图像处理系统。机器人视觉也可以叫做计算机视觉,它是用各种成像系统代替人的视觉器官作为视觉输入的敏感"器官",由计算机来代替大脑完成视觉信息处理和解释,使计算机能像人那样观察和理解世界,从而具有自主适应环境的能力,能够协助以至代替人的工作。机器人视觉技术侧重于研究以应用为背景的专用视觉系统,所以,图像理解是研究机器视觉的重要基础理论之一。图像理解需要复杂的图像处理做基础,还需要了解关于景物成像的物理规律以及与景物内容有关的知识。所以,机器人视觉系统本身就是一个典型的智能图像处理系统。

基于内容的视频和图像信息检索是从大量的静止或活动视频图像库中检索包含目标物体的图像(或视频片段)。海量视频图像数据的自动检索需要具有图像理解功能的图像专家系统或图像信息(知识)处理系统,在高度信息化的今天,这已成为图像库中图像信息组织和管理不可缺少的技术。基于内容的视频和图像信息检索需要对视频和图像信息进行处理和分析,通过图像知识的描述,图像知识获取,用语义网络表示,图像知识库建立,图像数据库管理,从而实现按图像内容从图像知识库中检索图像文件。其中底层视觉特征和高层语义特征的提取与表达方法是基于内容的图像检索技术在发展中遇到的难题。解决基于内容的视频和图像信息检索问题的关键也是图像处理的智能化。

总之,无论是从军事战略对自动目标识别的需求,还是从光学成像仪器、网络视频通信,以及各种高技术的发展来看,图像处理的智能化都具有极其重要的意义,是今后图像处理领域的发展趋势。

3　图像处理的智能化研究

3.1　智能图像处理的理论研究

智能图像处理的理论大体上可以分为以下 3 个方面: 可靠解决问题的方法论、相关交叉学科的理论和新的成像理论。

3.1.1　解决图像处理智能化问题的方法论

研究解决图像处理智能化问题的方法论用于研究用什么样的方式、方法解决图像处理智能化问题更切实可行。

以解决"复杂环境中物体的识别"问题为例,目前采用什么理论来指导研究最可行在国际学术界还有争论。它关系到研究图像识别技术的起点、发展方向及理论高度。

有一种理论是将"复杂环境中物体的识别"问题纳入人工智能图像理解(Image Understanding)的范畴[1],它包括: 图像知识描述、知识语言、图像知识获取、图像知识库建立和问题求解。该理论采用概率或模糊处理的方法并用逻辑语言描述图像,试图把定性的、不精确的问题在工程上获得确定解。目前在实际应用中解决该问题困难很大。

清华大学章毓晋教授在《图像工程》一书中[2]将图像处理分为"图像处理"、"图像分析"、"图像理解"3 个等级。对"复杂环境中物体的识别"这个问题的处理方法与上述观点相似。

美国麻省理工学院研究人员将"复杂环境中物体的识别"问题分成 4 个阶段。第 1 阶段: 低级处理(边缘提取、3-D 处理、运动分析)、图像描述(符号方法)、特征分类; 第 2 阶段: 标号; 第 3 阶段: 匹配、识别,选择; 第 4 阶段: 硬件实现。在这 4 个阶段中,第 1 阶段的工作是其它工作的基础,也是最难的。例如,导引头经常会给出质量很差的图像(对比度低、噪声大)。为了处理这类图像,就需要研究图像增强、边缘提取、运动分析、三维处理、物体的形状和特征的描述,然后用于图像分割、分类、识别以及确定物体在空间的运动和姿态。

利用 3-D 数据来识别和确定物体位置,是利

用图像颜色、纹理等特征将图像中特定的物体选择出来，不仅要研究提取底层特征的具体实现方法，还要研究如何利用这些特征使选择的目标是唯一的。

国外在这方面的做法为我们提供了借鉴。美军正在研究用一个低成本的传感网络、新型光电和红外技术以及先进的操作概念来解决传统的图像处理所遇到的困难。在非常复杂的环境里，如森林和城郊地区，中高空飞机上的单独传感器往往不能对视角连续变化的目标进行正确的探测、跟踪和识别。针对这种情况，他们采用如图1所示的分层传感系统，即在中高空平台上用高光谱传感器提供能够覆盖大面积和可见近红外(VNIR)、短波红外(SWIR)、长波红外(LWIR)光谱区图像，用小型无人机上的逼近传感器提供高分辨力的图像，采用归一化的景物特征和子空间匹配滤波等方法，大幅度提高对困难目标的探测和判别能力。

研究用什么样的方式、方法更实际可行，比抓住一种算法进行计算机编程更重要。针对多目标跟踪与识别的问题，美国空军研究实验室提出一种用多分辨率传感器，解决同时跟踪和识别的问题[8]。不同于传统的仅靠目标位置信息来跟踪一群目标，这种方法是通过不同分辨率的多传感器的数据融合来识别目标，减轻干扰并提高跟踪的稳定性。

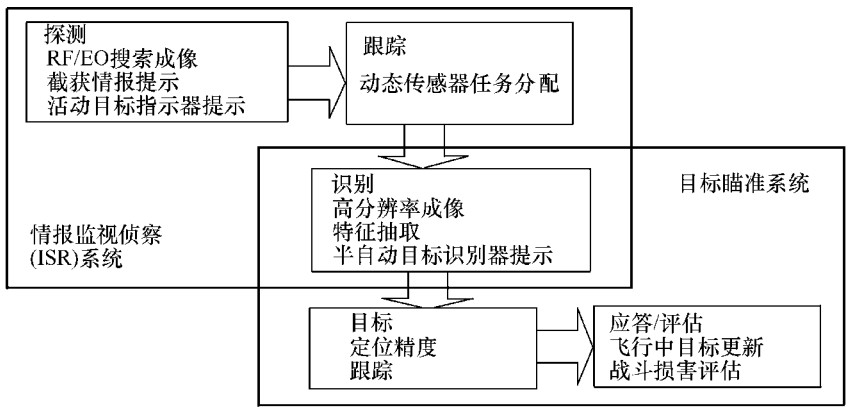


图1 分层传感系统概念框图

Fig. 1 Block diagram of a sensed system with separated layers

3.1.2 研究相关交叉学科的理论

图像处理相关的交叉学科与解决的物理问题有关。仍以解决“复杂环境中物体的识别”问题为例，现在国内外提出了许多方法，下面是美国空军实验室的一份研究报告中提到的为解决目标识别而计划的几个研究方向，它们涉及到光学、数学、物理等领域的理论。

(1) 高光谱目标探测

用成像光谱仪可在很宽的光谱区域收集每个像元位置的精细光谱。利用高光谱成像进行大范围的目标探测，利用目标的VNIR反射光谱作为识别它们的基本特征。实验表明：整流罩经过伪装，其VNIR区的反射光谱与自然植被的反射光谱很像。但是在SWIR区或夜间在LWIR区，经过伪装的整流罩的反射光谱与自然植被的反射光谱还是有差别的如图2所示。

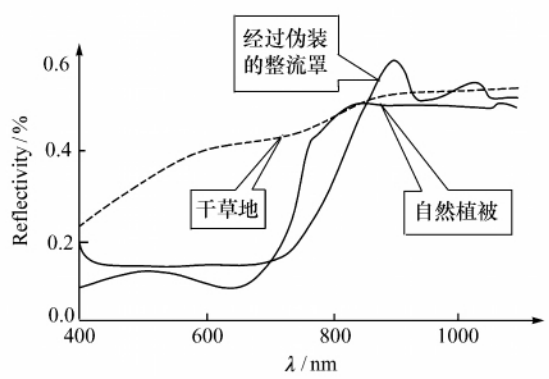


图2 利用高光谱成像进行大范围的目标探测

Fig. 2 Target detection in large area by using a hyperspectral imager

美军正在研究高光谱传感器向短波红外和长波红外延伸的能力。最近完成的光谱仪使用了长波红外 HgCdTe 焦平面阵列,自身辐射最小,并且制冷灵活。目标探测是基于大气层归一化的景物反射特性数据库和光谱滤波器,或是基于协方差归一化的景物特征。目前正在考虑用更完美的子空间匹配滤波方法进一步提高目标探测性能。

(2) 偏振光谱目标识别

采用多光谱或偏振光谱传感器可以改进视觉上难以判断的伪装和隐蔽目标的识别能力。偏振技术在可见和红外光谱区增强人造目标的对比度已经表现出很好的应用前景。

在高分辨率光学系统中加入微极化滤波器是一种有效的偏振成像系统,它除了增强人造目标的对比度,还可以通过形状抽取来支持目标识别。因为,对一个有点模糊的目标,其线性偏振的程度取决于光源—目标—传感器的几何关系。在偏振图像中的形状信息可以用数字图像处理方法提取出来。

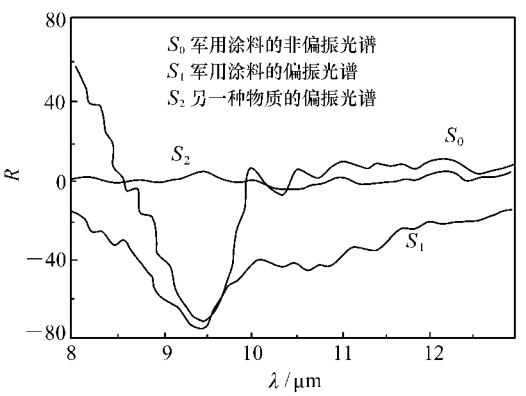


图 3　典型军用涂料的长波红外偏振光谱测量结果

Fig. 3　Typical polarized spectra of measuring a military coating material

光谱偏振成像技术对减少高光谱目标探测系统的虚警率是一种很有潜力的方法。图 3 是典型军用涂料的长波红外偏振光谱测量结果。S_0 和 S_1 分别是典型军用涂料的非偏振光谱和偏振光谱,S_2 为另一种物质的偏振光谱。显然,在 8 ~ 13 μm S_2 与 S_1 的差别更大。也就是说,偏振的高光谱目标探测系统的虚警率比非偏振的要低。

(3) 多光谱目标捕获

在前面提到的分层传感系统中,情报监视侦察(ISR)传感器把目标的类型和位置传送给打击平台的火控系统后,火控系统首先要重新捕获指定的目标。目标的重新捕获要采用宽带热成像系统,但对伪装和隐蔽目标的识别是采用光谱分析法。

美国空军实验室正在探索用多光谱成像系统来实现对伪装和隐蔽目标的捕获。光谱传感器不仅提供目标的类型和位置,还提供目标的光谱信息(均值向量)和局部背景统计(均值向量和协方差矩阵)。然后用修正的 Fisher 判决函数产生一个子空间的投影,最大化分离目标和背景。通过最大化类间矩阵和最小化类内矩阵求解本征值问题,得到图 4 所示的类别可分离性曲线。然后用简单的阈值切割来得到最大分类可能性的波段。

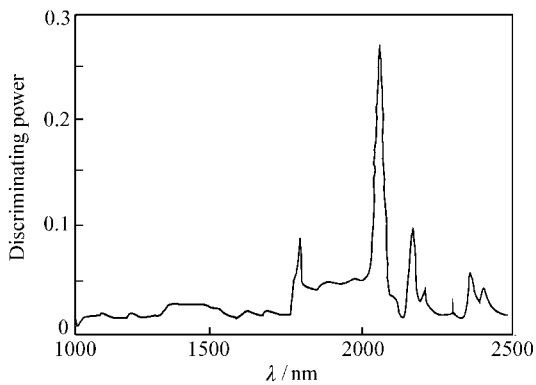


图 4　SWIR 光谱区判别能力曲线

Fig. 4　Curve of discriminating power in SWIR spectrum

美国空军实验室的研究表明,选择最佳波段不仅依赖目标和局部背景的特性,而且依赖环境参数,如照明、温度和大气路径。因此,对于一个有效的多光谱目标捕获系统,它的光谱波段控制单元在考虑不同情况下的环境参数后,能自适应地选择最大分类可能性的波段。

实现光谱自适应性的方法是将用微机电系统(MEMS)可调 Fabry-Perot 标准具(相当于可变滤光片)放在常规凝视红外摄像机的焦平面阵列的前面,当摄像机稳定在指定目标区域的上空时,系统快速扫描,通过最佳的多光谱波段。

(4) 激光雷达目标识别

在有些情况下,由于被动传感器受其能力所限,即使采用频域和偏振成像的方法也难以识别某些目标景区,这时,采用激光雷达可以很好地完

成任务。因为工作波长越短,空间分辨能力越高,并且通过振动传感、距离门2-D和3-D成像可以获得增强的信息。

美国空军实验室最近已经开发出激光脉冲3-D成像的焦平面阵列传感器。这些被称为快闪3-D激光雷达专门用于自动识别室外伪装和遮挡的目标。由于受到激光功率的限制,还需要一个标记目标位置的被动系统来协助。

综上所述,图像处理涉及的技术有:光谱偏振成像、多光谱目标捕获和激光脉冲3-D成像;利用目标的类型、位置、光谱信息、局部背景统计,分离目标与背景;在偏振图像中提取目标的形状信息;利用激光脉冲3-D成像技术识别伪装和被遮挡目标;利用大气层归一化的景物反射特性,识别地面目标;子空间匹配滤等等。以上技术涉及到物理光学、大气光学、统计物理等学科,如果不研究这些学科的理论,仅凭电子学或计算机科学的知识是不够的。

3.1.3 新的成像理论

图像处理的智能化与图像传感器有着密切的关系。因为图像传感器是视频图像信息的源,就像人的眼睛一样,大脑再发达,眼睛失明,也谈不上视觉。客观世界千差万别,图像处理面对的问题多种多样,比如目标识别需要3-D的信息,需要从噪声中识别目标,甚至需要传统的成像系统不能提供的信息。现在和将来所遇到的挑战,必然会使现有的各种成像系统都不能完全满足要求,所以需要研究新的成像理论和成像系统。实际上,现在已经出现了一些新的成像理论需要关注和进一步研究,量子成像就是其中之一。

量子力学认为"微观客体的关联具有非局域性,它可以延伸到很远的距离"。这就是著名的量子纠缠现象。量子成像技术就是利用量子纠缠现象发展起来的一种新的成像技术。

量子成像的光源是两束量子纠缠的激光束,用其中一束激光照射目标,并摄取目标图像;同时用高分辨率的图像传感器接收另一束光,然后用计算机比较从物体和光源得到的不同图像数据,进而合成被照目标的高分辨率图像。

有资料报道"量子成像技术在红外波段获得高分辨率图像效果很好",将在航空遥感、军事侦察、远红外成像等领域发挥重要作用[9]。

量子成像是弱光测量领域的一个新兴研究课题。不同于经典成像,量子成像是利用光场的量子力学性质和其内在的并行特点,在量子水平上发展起来的新的光学成像和量子信息并行处理技术,它将为生命科学等众多领域的研究带来曙光。相对于传统光学成像技术中通过记录辐射场的光强分布从而获取目标图像信息的方法,量子成像是通过利用和控制(或模拟)辐射场的量子涨落来得到物体的图像。

目前,国内已经有人开始研究量子成像的理论和技术。量子成像和经典成像的主要区别见表1。

表1 量子成像和经典成像的区别

Tab.1 Key distinction between quantum imaging and classical imaging

经典成像	量子成像
经典成像技术建立在电磁波的确定性理论模型(几何光学、波动光学)和经典信息论基础上。	量子成型技术建立在光场的量子统计的不确定性理论模型上。
通过记录辐射场的平均光强(或位相)分布获得目标的图像信息。	通过光场场强度、相位的分布和空间涨落来得到物体的图像。
光场的量子涨落给出成像的经典噪声极限。仅在弱光探测中需要考虑光场的量子特性,并用统计方法进行描述和解决。	光场的空间涨落是获取图像及控制图像质量的独立信息。
成像探测灵敏度无法超越探测系统的量子噪声极限。	成像探测灵敏度可以超越探测系统的量子噪声极限。
成像系统分辨率无法超越其衍射极限。扫描成像速率无法超越经典信息论的乃奎斯特采样极限。	成像系统分辨率可以超越其衍射极限。扫描成像速率可以超越经典信息论的乃奎斯特采样极限。

“鬼成像”技术是量子成像技术的一个分支，是光电子与物理电子学学科近年来的一个研究热点[10,11]。“鬼成像”技术作为一门新型技术，有着传统成像不可取代的优势，它可让信息(图像)高度自由化。传统光学成像必须经过光学元件的反射、折射，或微光放大，成像在光线(或其反向延长线)到达的光路上，而“鬼成像”则摆脱了这些束缚，使信息传递渠道更加丰富，也会使信息的保密性得到进一步提高。

美国陆军研究实验所的量子实验室已经得到了较为逼真的“鬼像”。他们认为“若干年后，会出现这样的情景: 一名军人使用一台量子鬼像成像机，透过战场上的硝烟辨清敌友。”量子鬼像成像技术几乎可以使用任何光源—荧光灯泡、激光甚至太阳，能避免云、雾和烟等使常规成像技术无能为力的气象条件的干扰，从而获得更为清晰的图像。

“鬼成像”技术在军事领域还有其他应用。“鬼成像”传感器或许可以使直升机或无人机获得能评估投下的炸弹所造成的破坏程度的图像。在医学领域和搜救行动中，也能利用这种成像技术。即可以采用非相干 X 射线源来实现以往只能利用相干 X 射线才能完成的、具有纳米分辨率的衍射成像。

中国科学院上海光机所对基于统计光学的无透镜“鬼成像”做了数值模拟与实验验证。从经典统计光学入手，建立了热光场的数值模型，模拟符合热光特性的光场变化、光场传播、以及物体透射函数对热光场的调制，进而从光强度起伏的关联函数中，分别重现振幅型物体和纯相位型物体的傅里叶变换图像。与真实实验结果的对比表明，基于统计光学原理的该数值模型所预测的实验结果与真实的实验结果完全一致，因此，基于统计光学的无透镜“鬼成像”亦可以实现。

3.2　智能、高效的算法

算法是软件设计的灵魂，它代表着用系统的方法描述解决问题的策略机制。算法结合特定的数据结构，经过某种语言编程后，成为按照一定的运算顺序所构成的完整的解题步骤。不同的算法完成同样的任务，可能花费不同的时间和空间。从事计算机科学的研究人员已经创造了许多经典的算法，如递归算法、穷举搜索算法、贪婪算法等。

智能算法也被称为仿生算法。它是受自然界规律的启发，根据其原理来模仿求解问题的算法。如人工神经网络算法、遗传算法、模拟退火算法、蚁群算法、免疫算法，粒子群算法等。它们的共同特点是模拟了某些自然过程，模拟了某种人类的智力过程，神经网络更是直接模拟了人脑。它们都不同程度地具有自动学习、自适应调整，自动优化，给出最优结果的功能。

这些算法有机结合在一起，取长补短，性能将更加优良。如模拟退火算法和遗传算法的结合可以有效地克服传统遗传算法的早熟现象，同时根据聚类问题的具体情况设计遗传编码方式、适应度函数，可使该算法更有效、更快速地收敛到全局最优解。模拟退火和遗传算法为神经网络提供了更优良的学习算法; 反之，将有监督学习的 BP 算法与遗传算法相结合可以达到优势互补、提高算法稳定性和全局搜索能力的目的。另外，采用遗传算法改进粒子群算法可以增强全局的搜索能力。

智能算法还包括自适应滤波器、合成匹配滤波器的设计。在解决自动目标识别问题中，自适应滤波器可以根据图像的特征自动调整滤波器的参数。比如近几年提出的基于偏微分方程理论进行图像去噪和增强的方法就是利用图像的微小局部特征信息来构造自适应数值保真项，将其引入到非线性扩散模型中，即可在有效地去除噪声的同时很好地保持目标尖角、边缘等重要的几何结构。合成匹配滤波器是在目标的形状、姿态发生变化时，有效识别目标的一种方法，过去由于它的计算量太大，实用性受到限制，但随着信息技术的发展，合成匹配滤波器的瓶颈问题一定会得到解决。

智能算法有别于常见的精确计算程序，它更强调学习、记忆和联想的功能。熟练的掌握几种智能算法，能够很方便地解决在图像处理中遇到的实际问题。

算法研究还要包括算法评估的工作。首先要设计一个可对各种实际情况建立先验模型的仿真测试系统，该系统应包括 3 个相对独立又密切联系的功能模块，分别负责模拟环境和目标、装载算

法、以及实时统计和事后评估。

研究复杂背景下的目标探测(解决瞬态捕获、定位)、目标识别(考虑伪装和隐藏)应以沙盘构成的仿真场景和真实图像传感器来模拟环境和进行目标仿真实验,因为采用屏幕投影和通用图像传感器的办法丢失太多的有用信息,同时引入许多虚假信息。

评估一个算法,要考虑以下4个方面:算法对各种有刁难性的输入数据应能得出符合要求的结果,表明算法的正确性;算法要易于阅读、调试和修改,满足算法的可读性要求;当数据输入非法时,算法能作出反映,满足算法的可靠性要求;评估算法的效率及对存储空间的需求。

3.3 并行处理的硬件系统

研究智能图像处理自然要研究图像传感器的智能化,包括自动调光、自动调焦、光谱自适应调整、接口自适应、图像的预处理功能等。但是更关键的是具有并行处理能力的硬件系统。现在许多智能算法并不实用,就是因为在目前的计算机硬件系统上运行时间太长。

智能图像处理系统是要模拟人的大脑,实现高速信息处理。根据目前生物医学的研究成果,人的大脑由大量的神经元广泛互连而成,每个神经元大约有$10^3 \sim 10^4$个树突及相应的突触,一个人的大脑总计约形成$10^{14} \sim 10^{15}$个突触。用神经网络的术语来说,人脑具有$10^{14} \sim 10^{15}$个互相连接的存储潜力。虽然每个神经元的运算功能十分简单,且信号传输速率也较低(大约100次/s),但由于各神经元之间的并行互连功能,最终使得一个普通人的大脑在约1 s内就能完成现行计算机至少需要数10亿次处理步骤才能完成的任务。

最新消息报道:英国曼彻斯特大学科学家将ARM芯片联结起来,作为巨型电脑的系统架构,取名“SpiNNaker”。该报道说“项目以芯片制作为中心,花了5年时间。随着项目规模的扩大,它会在未来18个月成型,届时会用到100万颗处理器。现在系统已经小规模运行,可以模拟60万个神经元工作”。芯片由曼彻斯特设计,在中国台湾生产,每一个芯片包括18个ARM处理器。

根据国内外对人工智能研究的共识,智能图像处理的硬件系统应为专门研发的多处理器并行处理系统。所以,研究具有高速并行处理能力的硬件系统是必要的。目前国内绝大多数嵌入式图像处理硬件系统的构成方案是基于TMs320系列的高速信号处理器,而根据国外资料的介绍,TMs320系列并不适合并行处理,它适于用来加快运算速度,面向并行处理的微处理器Transputer更适合构成并行处理系统。

Transputer采用了精简指令技术,它通过4对可双向通讯的串行通讯Link链来实现高速通讯,高效地进行处理器之间的互联,组成多机系统。它抛弃了共享存储器和公用总线方式,因而脱离了多处理器的总线结构,解决了总线瓶颈问题。多个处理器由Link链点对点相连,可构成任意规模的拓扑网络。网络类似于积木块结构,硬件的扩展和改动非常灵活。在Transputer推出的同时,INMOS公司还开发出了OCCAM语言用以支持用Transputer构成的并行多机系统。Transputer现已大量应用于各种实时处理系统,例如Microway公司的IMS 110和Intel 960片子用作并行处理就很好,价格也很便宜。

4 结束语

本文综述了图像处理智能化的理论研究、智能高效算法和并行处理的硬件系统,可以看出无论从军事需求,还是从光学成像仪器、网络视频通信,以及各种高技术的发展来看,智能化都是图像处理的必然发展趋势。参考国外的行情,从理论、算法和硬件3个方面开展研究,会把图像处理的智能化推上一个新高度。

实现图像处理的智能化是一个奋斗目标,近期的研究应围绕复杂背景下的自动目标捕获来进行,这主要包括:

(1)智能传感器,特别是利用AI技术简化了的各种摄像设备。

(2)图像处理的智能算法研究:人工神经网络、遗传计算、免疫算法、以及其它自适应算法,通过与常规信息处理方法相结合,实现自动目标捕获。

(3)用Transputer构成的并行多机系统。

(4)以目标识别作为切入点,建立一个先进

的仿真试验室。以沙盘构成的仿真场景和真实图像传感器进行仿真实验,研究复杂背景下的目标探测(解决瞬态捕获、定位)、目标识别(考虑伪装和隐藏)方法,进行目标捕获、识别与跟踪算法的性能评估。

参考文献:

[1] SONKA M,HLAVAC V,BOYLE R. *Image Processing, Analysis, and Machine Vision* [M]. 2nd ed. London: Thomson Learning,2002.

[2] 章毓晋. 图像工程(上、中、下) [M]. 2 版. 北京: 清华大学出版社,2008.
ZHANG Y J. *Image Engineering*(Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ) [M]. 2nd ed. Beijing: Tsinghua University Press,2008. (in Chinese)

[3] 马颂德,张正友. 计算机视觉—计算理论与算法基础 [M]. 北京: 科学出版社,2003.
MA S D,ZHANG ZH Y. *Computer Vision-Theory of Computation and Basis of Computer Algorithm* [M]. Beijing: Science Press,2003. (in Chinese)

[4] 胡守仁. 神经网络导论 [M]. 长沙: 国防科技大学出版社,1993: 113-117.
HU SH R. *Neuronic Network Introduction* [M]. Changsha: National University of Defence Technology Press,1993: 113-117. (in Chinese)

[5] 杨宜禾,周维真. 成像跟踪技术导论 [M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1992.
YANG Y H,ZHOU W ZH. *Imaging Tracking Technique Introduction* [M]. Xi´an: Xidian University Press, 1992. (in Chinese)

[6] CYNTHIA L C,JEFFRE J C. Intelligent targeting for a remotely operated, rapid aiming weapon platform,PB SAND2002-3733 [R]. *NM*(*US*): *Sandia National Laboratories*,2003.

[7] HERMAN J L. *Target Identification Algorithm for the AN/AAS-44V Forward Looking Infrared* [M]. Washington: Storming Meclia,2000.

[8] BLASCH E,KAHLER B. Multiresolution EO/IR target tarcking and identification [C]. Information Fusion,2005 8th International Conference on,25-28 July.

[9] 张加源,金伟其. 极弱光成像—量子成像技术 [J]. 激光与红外,2007,37(6): 503-505.
ZHANG J Y,JIN W Q. Extremely low light imaging-quantum imaging technology [J]. *Laser & Infrared*,2007,37(6): 503-505. (in Chinese)

[10] BAI Y F,HAN SH SH. Ghost imaging with thermal light by third-order correlation [J]. *Phys. Rev*,*A*,2007,76: 043828.

[11] LIU H L,CHENG J,HAN SH SH. Ghost imaging in Fourier space [J]. *J. Appl. Phys.*,2007,102(10): 102-103-4.

[12] CHEN H H. Stereo matching using dynamic programming based on occlusion detection [C] //Proceedings of the 2007 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation,Harbin,China. 2007: 2445-2449.

[13] 姚新,陈国良,徐惠敏,等. 进化算法研究进展 [J]. 计算机学报,1995,18(9): 694-706.
YAO X,CHEN G L,XU H M. The progress of evolution algorithms [J]. *Chinese J, Computer*,1995,18(9): 694-706. (in Chinese)

[14] 张晓缋,戴冠中,徐乃平. 一种新的优化搜索算法—遗传算法 [J]. 控制理论与应用,1995,12(3): 265-273.
ZHANG X H,DAI G ZH,XU N P. Genetic algorithms-a new optimization and search algorithms [J]. *Control Theory & Appl.*,1995,12(3): 265-273. (in Chinese)

[15] HONG L,WAN Y F,JAIN A. Fingerprint image enhancement: algorithm and performance evaluation [J]. *IEEE T. Pattern Anal.*,1998,20(8): 777-789.

[16] JOAQUIM S,XAVIER A,JOAN B. A comparative review of camera calibrating methods with accuracy evaluation [J]. *Pattern Recognition*,2002,35(7): 1617-1635.

[17] FAUGERAS O D,LUONG Q T,MAYBANK S J. Camera self-calibration: theory and experiments [J]. *Lecture Notes in Computer Science*,1992,588(1): 321-334.

[18] 胡玉锁,陈宗海. 一种新的基于线性 EIV 模型的鲁棒估计算法 [J]. 计算机研究与发展,2006,43(3): 483-488.
HU Y S,CHEN ZH H. A novel robust estimation algorithm based on linear EIV model [J]. *J. Computer Res. and Devel-*

opment,2006,43(3):483-488. (in Chinese)

[9] 云庆夏. 进化算法[M]. 北京: 冶金工业出版社,2000.

YUN Q X. *Genetic Algorithms* [M]. Beijing: Metallurgical Industry Press,2000.

作者简介:宋建中(1942—),男,辽宁新民人,研究员,博士生导师,主要从事电视跟踪与图像处理等方面的研究。

E-mail: songjz@ciomp.ac.cn

《中国光学》征稿启事

《中国光学》为双月刊,A4 开本; 刊号: ISSN 2095-1531/CN 22-1400/O4; 国内外公开发行,邮发代号: 国内 12-140,国外 BM6782。

★ 中国科技核心期刊
★ 中国光学学会光电技术专业委员会会刊
★ 中国学术期刊(光盘版)源期刊

报道内容:基础光学、发光理论与发光技术、光谱学与光谱技术、激光与激光技术、集成光学与器件、纤维光学与器件、光通信、薄膜光学与技术、光电子技术与器件、信息光学、新型光学材料、光学工艺、现代光学仪器与光学测试、光学在其他领域的应用等。

发稿类型: 学术价值显著、实验数据完整的原创性论文; 研究前景广阔,具有实用、推广价值的技术报告; 有创新意识,能够反映当前先进水平的阶段性研究简报; 对当前学科领域的研究热点和前沿问题的专题报告; 以及综合评述国内外光学技术研究现状、发展动态和未来发展趋势的综述性论文。

欢迎投稿、荐稿。

主管单位: 中国科学院
主办单位: 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所
编辑出版 《中国光学》编辑部
投稿网址: http://chineseoptics.net.cn
邮件地址: chineseoptics@ciomp.ac.cn; zggxcn@126.com
联系电话: 0431-86176852; 0431-84627061 传 真: 0431-84627061
编辑部地址: 长春市东南湖大路3888号(130033)