

Image

Fusion and Recognition

图像信息 融合与识别

■ 刘卫光 主编

■ 李 跃 张修社 范文新 副主编



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY



Image

Learning and Applications

图像信息 融合与识别

王 勇 主编

北京邮电大学出版社 (北京)

ISBN 7-5634-1551-3

7 5634 1551 3 >>>

TN911.73/36

2008

图像信息融合与识别

主 编 刘卫光
副主编 李 跃 张修社 范文新

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书内容主要包括多源图像配准、融合和图像识别的基本理论,以及图像配准、融合、识别赖以发展的理论基础,如统计推断与估计、智能计算、模式识别理论基础等;还包括频域相关配准、塔式变换融合、小波变换图像融合方面的理论;讨论分析了客观和主观的融合图像质量评价标准;涉及红外图像与可见光图像融合,遥感图像融合,医学多模图像配准等新技术。

本书知识体系完整,内容资料详实,理论深入浅出,实验材料取舍恰当,适合作为从事多源图像融合和图像模式识别相关研究方向的电子工程专业技术人员的参考资料,也可以作为高等院校、科研院所计算机与电子信息类研究生的专业教材与参考书籍。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

图像信息融合与识别 / 刘卫光主编. —北京: 电子工业出版社, 2008.7
ISBN 978-7-121-07028-0

I. 图… II. 刘 III. ①数字图像处理 ②数字图像—图像识别 IV. TN911.73

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第097716号

策划编辑: 赵丽松

责任编辑: 柴 燕 (chaiy@phei.com.cn)

印 刷: 北京东光印刷厂

装 订: 三河市万和装订厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 16.25 字数: 416千字

印 次: 2008年7月第1次印刷

印 数: 4000册 定价: 39.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前言

信息融合技术已被广泛地应用于国防军事领域，并被证明是现代信息化协同作战系统中的关键技术，对这项技术的研究已成为国内外广泛关注的焦点。信息融合技术由于能够使获取的信息更加可靠与完整，已经成为现代化战争中的军事实力倍增器。

多传感器图像配准和融合技术是在信息融合技术的理论上发展起来的图像处理新技术。图像融合技术能够综合多传感器图像信息，提供更多更有效的关于场景的描述，所以在卫星遥感、医学、航空、雷达等领域的图像处理、分析和工程中得到了广泛应用。多源图像融合是对同一场景中的多源图像信息的提取和综合，但是系统中不同的多个传感器所处的空间位置或分辨率等参数不同时，造成了同一场景中目标图像的位移、尺度、旋转或投影的不同，其主要原因有地理位置不同、多源图像录取和传递时间上的不一致、分辨率的不同等。因此，像素级图像位置配准是图像融合的前提和基础。由于多源图像信息具有互补性和冗余性，因此融合图像包含了比任何单一传感器输入通道的图像更丰富、更全面、更具细节的信息，并且可以有效地提高信噪比，具有更高的可靠性，使融合结果有更高的可信度，有利于提高对图像信息的分析和识别能力。开展图像配准和融合的理论及实现方法的研究，具有重要的意义。

视觉图像是人类获取信息的主要途径。现代信息化作战中，需要对各种传感器信息进行正确、有效、实时的识别与处理，其中图像识别又是获取信息重要手段。视觉传感器采集的图像信息经过数字图像处理技术进行某些数学运算，以达到图像目标识别的任务。目前，模式识别理论和技术已成功地应用于国防科研、工业、农业、医疗等许多领域，如指纹识别、卫星遥感图片的机器判读、视觉机器人、武器制导寻的系统、车辆驾驶系统及车牌车型识别系统等。

本书基于国防预研项目，以图像信息配准、融合与识别及其实现技术作为主要研究内容，是目前国内尚未涉及或尚未深入开展的前沿研究内容，不仅进行了系统深入的理论研究，还设计并研制了实验系统，对涉及的理论和算法进行了验证。

对图像信息配准、融合与识别技术的原理和方法进行深入的理论分析、算法设计和实验验证。在理论方面，建立了图像融合概率估计回归分析变换模型，推广了最大互信息插值配准技术，通过插值和频域相位相关技术的有效结合，成功地提高了图像配准和边缘识别精度。

图像信息配准、融合与识别技术的理论研究较多，而实际的应用系统却极少。本书所进行的研究，在国内属首创，为自主研究开发做好了理论和技术准备。取得的主要研究成果如下。

(1) 深入分析了传统的最大互相关法、相位相关法、三次样条插值法等图像配准技术，

对比它们的优缺点,提出了基于插值和相位相关的综合图像亚像素级配准方法。实验结果表明,优于传统的方法,配准精度达到亚像素级。

(2) 提出了改进的基于最大互信息 PV (Partial Volume) 插值的图像配准方法,并对最大互信息配准的主要算法和实现技术进行了仔细地研究,针对 PV 插值产生的影响,选择适当的基函数,扩展了 PV 插值法,有效地减少了局部极值。在理论上证明了扩展 PV 插值法的正确性,然后对算法的复杂度进行了分析;实验结果表明提出的改进算法显著地减小了插值干扰,提高了配准精度。

(3) 针对图像的屋脊状边缘,提出了灰度分布的统计模型,并对边缘中轴进行估值,得到了亚像素级的定位精度。在统计模型理论的基础上讨论了系统分辨率不变的情况下,基于灰度信息提高精度的可能性。具体算法设计中采用概率分布的方法进行分析,确定置信区间,使定位精度提高,克服了传统细化算法基于分辨率的局限性。

(4) 提出了小波分解概率估计的图像融合新方法。这种方法基于概率统计的估计模型,并结合小波分解的方法;同时提出小波分解最大似然估计方法、最小二乘估计方法,并进行理论分析和算法推导,实验数据证明了算法的正确性。

(5) 采用了小波包及其分解树,详细地分析了图像小波分解的层数和小波基的选择,然后给出了基于小波包的图像融合方法,实验结果验证了此算法的有效性。并且通过实验对比,分析了小波图像融合方法与小波包图像融合方法的适应性和特点。

(6) 讨论了评价融合图像质量的方法,分析了客观和主观的评价标准。为了能对融合图像进行定量的分析,利用信息熵、互信息、均方根误差、峰值信噪比、平均梯度等参数来对融合图像的信息量和清晰度进行分析。

(7) 研制了实时嵌入式图像配准融合系统实验样机,实验样机采取通用模块化设计方案,数据采集、传送和数据处理模块相互独立,有利于硬件的升级换代和软件的替换更新;实验样机采用了 VME64X 标准总线、VxWorks 实时操作系统,其中分布式并行模块是目前新型 DSP 作为配准和融合的核心处理机。并以此系统和实验样机作为图像配准和融合技术的实验平台,验证了以上提出的多种图像配准和融合方法。

综上所述,图像信息融合与图像目标识别有着广泛的研究与应用前景,尤其在国防军事科学技术领域更具有特殊的研究价值。本书是在作者参加国防预研项目研究成果的基础上扩展编著的,理论研究具有创新性,工程应用具有实际性。介绍了当前图像信息融合与图像目标识别研究领域居国际领先地位的科学理论,提出的理论方法思想新颖,在国内具有先进性,并且在工程技术实现理论方面有所突破。给出了图像信息融合实验样机的实例,内容具体、实用,对国防科技和武器装备发展具有推动作用,是工程性较强的应用科学专著。

本书得到中国电子科技集团公司第二十研究所陈耀明研究员的鼎力协助,并由西安电子科技大学周利华教授主审,作者在此表示衷心的感谢。由于作者专业水平和实践经验有限,书中缺点与错误在所难免,欢迎读者予以指正。

作者
2008.5 于西安

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 数据及图像融合技术	1
1.1.1 信息融合技术的发展	2
1.1.2 图像融合技术的发展	2
1.1.3 信息融合理论	3
1.2 模式识别基本概念	7
1.2.1 模式识别	7
1.2.2 模式识别的基本方法	9
1.2.3 特征矢量和特征空间	10
1.2.4 图像识别	11
1.3 图像信息融合与识别技术在军事中的应用	12
1.4 本书内容安排	15
第 2 章 多传感器图像配准融合原理	17
2.1 引言	17
2.2 多种图像传感器以及图像模型	17
2.2.1 图像传感器	17
2.2.2 传感器图像模型	19
2.3 多种图像融合模型、原理和层次	19
2.3.1 图像融合模型	19
2.3.2 图像融合原理	21
2.3.3 图像融合目的	22
2.3.4 图像融合层次	22
2.3.5 图像融合方法	24
2.4 多传感器图像配准模型和原理	25
2.4.1 数字图像预处理	25
2.4.2 配准技术基本概念	26
2.4.3 多源图像配准原理	26
2.4.4 图像配准过程	29
2.4.5 图像配准方法	32
小结	33

第3章 基于频域相位相关的多源图像的高精度配准	35
3.1 引言	35
3.2 像素级配准算法	36
3.2.1 空域互相关配准.....	36
3.2.2 傅里叶变换配准.....	37
3.3 亚像素级配准算法研究	39
3.3.1 插值法	40
3.3.2 微分法	40
3.4 插值和相位相关多源图像亚像素级配准	41
3.4.1 插值和相位相关亚像素级配准方法的原理分析	41
3.4.2 插值方法原理.....	43
3.4.3 相位相关亚像素级的配准.....	43
3.4.4 亚像素级配准精度理论分析.....	45
3.4.5 算法分析	46
3.5 实验和讨论	47
小结	57
第4章 亚像素级边缘定位方法	58
4.1 引言	58
4.2 边缘检测.....	60
4.2.1 边缘分类检测.....	60
4.2.2 亚像素级边缘检测.....	60
4.3 概率估计亚像素级边缘中心定位算法	61
4.3.1 细化方法	61
4.3.2 概率估计亚像素级边缘中心算法原理	62
4.4 算法及精度分析	63
4.4.1 无偏估计算法.....	63
4.4.2 中值算法及其精度.....	64
4.4.3 算法实现	65
4.5 实验结果.....	66
小结	67
第5章 最大互信息图像配准方法研究	68
5.1 引言	68
5.2 相似性测度.....	69
5.2.1 相似性测度	69
5.2.2 基本概念	69
5.3 互信息多模医学图像配准	72

5.3.1	互信息配准原理	72
5.3.2	互信息配准算法	72
5.3.3	多参数最优化分析	76
5.4	互信息图像配准实验结果分析	77
5.4.1	实验验证	77
5.4.2	实验结果讨论	82
小结	83
第 6 章	基于小波概率估计的图像融合方法研究	84
6.1	引言	84
6.2	图像的小波变换	85
6.2.1	小波变换概述	85
6.2.2	图像的小波变换及其 Mallat 算法	85
6.2.3	基于小波变换的图像融合	87
6.3	多源图像融合的概率估计模型	89
6.3.1	概率统计模型	89
6.3.2	贝叶斯融合	90
6.3.3	比较融合规则	91
6.3.4	模型中参数估计	92
6.4	基于小波包的多光谱图像融合	95
6.4.1	小波包变换	95
6.4.2	小波包定义	96
6.4.3	小波包空间	97
6.4.4	小波包分解和重构	98
6.4.5	小波包图像融合规则	98
6.5	小波概率估计和小波包图像融合实验	100
6.5.1	小波概率估计和小波包图像融合实验	100
6.5.2	融合图像质量的评价	103
小结	105
第 7 章	模式识别与分类器	106
7.1	模式识别概述	106
7.1.1	模式识别	106
7.1.2	模式识别系统	107
7.1.3	模式识别的基本过程	108
7.1.4	模式识别的主要方法	109
7.1.5	模式识别的关键问题	113
7.2	分类器设计	116

7.2.1	分类器设计准则	116
7.2.2	分类器设计基本方法	118
7.2.3	判别函数	119
7.2.4	分类器的选择	121
7.2.5	训练与学习	122
7.3	基于概率统计的贝叶斯 (Bayes) 分类器	123
7.3.1	贝叶斯分类器	123
7.3.2	贝叶斯决策原理	124
7.3.3	基于最小错误率的贝叶斯决策	125
7.3.4	基于最小风险的贝叶斯决策	128
7.4	几何分类器	129
7.4.1	几何分类器的基本概念	129
7.4.2	线性判别函数	130
7.4.3	增量校正算法	132
7.4.4	Fisher 分类器方法	136
7.4.5	线性分类器实现分类的局限性	138
7.4.6	非线性判别函数	140
7.4.7	势函数分类法	142
	小结	144
第 8 章	图像预处理技术	145
8.1	概述	145
8.2	图像预处理	146
8.2.1	空间域图像增强技术	146
8.2.2	图像平滑	154
8.2.3	图像锐化	156
8.2.4	频率域增强技术	160
8.3	图像的几何畸变校正	167
	小结	171
第 9 章	图像分析与图像识别	173
9.1	图像边缘检测	173
9.1.1	一阶微分算子	173
9.1.2	二阶微分算子	175
9.1.3	算子比较	177
9.1.4	多尺度边缘检测	178
9.2	图像分割	179
9.2.1	基于阈值选取的图像分割	180

9.2.2 基于区域的图像分割方法	186
9.2.3 基于边缘检测的图像分割	186
9.3 图像特征分析与提取	187
9.3.1 颜色特征分析	187
9.3.2 形状特征分析	188
9.3.3 纹理特征分析	192
9.4 图像分类与识别	196
9.4.1 图像分类识别的原理	196
9.4.2 模板匹配识别技术	196
9.4.3 统计分类识别	198
9.4.4 模糊分类识别法	202
小结	205
第 10 章 基于 VMEBUS 的多源图像实时配准融合系统	206
10.1 引言	206
10.2 系统构成和原理	207
10.2.1 系统技术参数要求和分析	207
10.2.2 系统工作过程	207
10.2.3 系统组成	208
10.2.4 VME 总线和实时多任务操作系统 VxWORKS	208
10.2.5 视频采集模块	224
10.2.6 系统管理/显示模块	225
10.2.7 图像数据处理模块	227
10.3 硬件特殊结构设计	229
10.3.1 双通道视频信号同步	229
10.3.2 帧缓存和数据传送	229
10.4 配准和融合算法	230
10.5 实验结果	230
小结	233
参考文献	234
致谢	248

第1章 绪论

1.1 数据及图像融合技术

现代化战争已经发展为电子化、信息化模式，并在海、陆、空、天、电磁五维结构中进行。为了获得最佳作战效果；在现代协同作战系统中，依靠单一传感器提供的信息已无法满足作战需求，必须运用多传感器提供的观测数据，进行实时目标跟踪和处理，来获取敌方目标属性、行为意图、态势评估、威胁分析和辅助决策等作战信息。因此，近年来，多传感器信息融合技术迅速发展起来，并已成为多种技术相结合的新学科。

多传感器信息融合亦称多源信息融合，是指对来自多个传感器的数据进行多级别、多方面、多层次的处理和综合，从而获取更可靠、更丰富、更精确、更有意义的信息。多种文献^[1.1-1.4]对信息融合的定义大致可概括为：对按时序获得的多传感器观测数据在一定准则下加以自动分析、优化综合，以完成所需的准确状态估计和决策任务而进行的处理过程。

多传感器所提供的信息和单一传感器所提供的数据相比，具有可靠性、冗余性、互补性。利用冗余性信息可以改善信噪比，并可获得更可靠的结果；利用互补性信息可获得更全面、更丰富、包含更多细节的信息。多传感器信息融合能够充分利用多源信息，最大限度地获得对目标场景的各种特征信息描述。融合形式按照信息来源，分为雷达信息融合，如运动目标的航迹辨识；图像信息融合，如对战场图像中作战平台、目标类型、位置、数量的识别。其原理基于数字信号处理，但又有较大差别，多源信号的观测设备和物理环境使多传感器信息形式更复杂、处理难度更大。

图像融合是多传感器信息融合的一个重要分支。众所周知，图像是通过各种传感器对客观世界观测而获得的，作用于人眼产生视知觉的实体。科学研究表明，图像提供的信息约占人类从外界获得的信息的75%^[1.5]。所谓图像融合是指多个传感器图像的信息综合，其目的就是通过对多源图像信息的提取和合成，从而获得对同一场景目标的更为准确、更为全面、更为可靠的图像描述。人们可以得到包含了在各种环境条件下、各种模式下、各种观测角度对同一事物的综合特征描述的合成图像。融合后的图像更符合人机视觉特征，有利于进一步分析、理解目标场景，以及对目标的检测、跟踪、识别。图像融合包括两种方式：同源传感器不同观测时间或不同观测角度获取的图像融合，不同传感器相同观测条件下获得的图像融合。如何将 these 传感器图像融合成一幅图像，使合成图像包含各原始图像的所有有用信息，是图像融合技术所要研究的内容。图像融合在解决探测、跟踪和目标识别等问题上，具有许多性能优点：提高了系统的生存能力；增加了信息的可信度；扩展了探测时空范围；提高了空间分辨率；改善了系统的可靠性、容错性、稳定性；增加了观测维数；降低了对单一图像传感器的性能要求。

图像融合技术在军事领域、民用领域发挥着不容忽视的作用。尤其在军事领域，以多传感器图像融合技术为核心的战场感知技术已成为现代战争中最具影响力的军事新科技。

1.1.1 信息融合技术的发展

信息融合技术起源于 20 世纪 70 年代美国国防部资助的声呐信号融合处理系统。从此，信息融合技术迅速发展起来，并成为多技术相结合的一门新学科。目前，已经研制出多传感器信息融合处理系统近百种，并相继出版了多部信息融合方面的专著^[1.6-1.13]。表 1-1 列出了自 20 世纪 70 年代以来，信息融合技术研究在国际军事领域取得的重要进展和成果。

表 1-1 信息融合技术研究在军事领域取得的重要进展和成果

时间	研究进展和应用成果	研究组织
20 世纪 70 年代	声呐信号融合系统，战场管理和目标检测系统	美国国防部资助
20 世纪 80 年代	军用分析系统，多平台多传感器跟踪信息相关处理系统，全源分析系统，海军战争状态分析系统，辅助空中作战命令分析系统，空中目标和截击武器选择专家系统	1986 年美国国防部成立的信息融合研究组 (DFS)
20 世纪 90 年代	海军协同作战信息系统，战术陆军和空军指挥员自动情报保障系统，陆军信息融合实验台，NATO 信息融合演示器，波音公司传感器信息融合分析实验台 莱茵河英军机动指挥控制系统，舰载多传感器信息融合系统，飞机敌我识别系统，炮兵智能信息融合示范系统	1997 年成立的国际信息融合学会 英国国防部

1988 年美国国防部将信息融合技术列为重点研发的二十项关键技术之一，1992 年到 1999 年之间，美国每年都投入约 1 亿美元用于多传感器融合技术的研究。巨大的投入，不仅使信息融合出现新理论，还研制出大量的军用融合系统，最典型的是美国海军协同作战信息系统 (CEC)。1996 年美军正式装备了该系统，随后在科索沃战争、阿富汗战争和伊拉克战争中，发挥出巨大的作用，它使美军“从传感器到射击手”的时间缩短到约 10 分钟，成为现代战争中的军事力量倍增器。

在学术方面，自 1997 年美国成立国际信息融合学会后，主要西方国家都有学者和技术人员开展了相关的理论的研究工作，最新理论研究和大量应用开发成果出现在学术刊物和会议上。其中知名的有美国三军信息融合年会，SPIE 传感器融合专辑，IEEE 图像处理会议，IEEE Trans.on AES，IEEE Trans.on IP，IEEE Trans.on AC，IEEE Trans.on SMC，IEEE Trans.on IT 等^[1.14-1.16]。

国内对这一领域的研究起步于 90 年代。1991 年海湾战争后，信息融合技术引起了我国军方的高度重视，相继有一部分高校和研究所开展了这方面的研究工作，也出现了一些研究成果，但多数是理论性的探索和预研^[1.17-1.21]。

1.1.2 图像融合技术的发展

图像融合早期被应用于多光谱卫星遥感图像的分析 and 处理中。20 世纪 80 年代初期，Daily、Laner 和 Todd 进行了雷达图像、Landsat-RBV、Landsat-MSS 图像的融合实验。到

80年代后期,图像融合技术开始引起人们的关注,并逐步应用于遥感光谱图像的合成,进行地质、矿产、气候、环境的探测和研究。90年代后,随着多颗遥感卫星 JERS-1、ERS-1、Radarsat 等的出现,图像融合技术成为遥感图像处理的研究热点,并且研究领域扩展到可见光图像处理、红外图像处理、医学图像处理等领域。近年来,图像融合技术已经成为计算机视觉、自动控制、机器人、目标识别跟踪、军事应用等领域的关键技术之一。在遥感、国土探测与规划、地理信息系统、反恐安全检测、军事国防方面的目标探测识别和精确定位,以及在农业产量评估、医学图像分析、环境保护和灾情检测与预报等领域的应用有着重要的意义。

20世纪80年代,美国三军总部对多光谱信息融合技术和战略系统一直给予高度重视,美国国防部从海湾战争中体会到该技术的巨大应用潜力,此后逐年增加投资力度,在 C3I 系统中又增加了计算机处理系统,建立了以信息融合为核心的 C4I 系统。1985年, Cliche 等人将 SPOT 卫星图像中的全色光通道同多光谱模式结合在一起,以增强图像的敏锐效果^[1.22]; 1994年,美国开发出战场便携式实时多光谱成像融合和景物分辨系统^[1.23]; 同年, Li 等人提出将小波变换方法用于图像融合^[1.24]; 1998年1月7日《防务系统月刊》电子版报道,美国国防部已和 BTG 公司签订了两项合同,其中一项就是美国空军的图像融合系统设计合同,此系统能给高级军事指挥机构提供比较稳定的战场图像。同时, Stevens 等建立了一种基于多传感器模型的目标识别和可视化系统^[1.25],系统内部包含各传感器的仿真模型,并对传感器图像进行信息融合; 1999年, Aguilar 等人基于人类彩色视觉原理,开发出夜视系统装置,能将微光 CCD 相机和非制冷式热红外相机拍摄到的图像进行融合^[1.26],其融合视频的帧速达到 30 帧/s; 2001年, Scheunders 等人又提出了一种基于多尺度小波图像融合方法^[1.27]。GE 公司于 2001年6月推出的 PET/CT 融合系统,可以完成能量衰减校正、PET 与 CT 的图像融合,使医学检查时间成倍地降低。在网络安全领域,多尺度图像融合技术可将数字水印添加到载体图像中,以确保信息安全。在国内,近年来也开展了图像配准和融合技术的研究^[1.28-1.35]。

1.1.3 信息融合理论

1.1.3.1 信息融合理论

迄今为止,信息融合的理论和应用已经相当广泛,但是由于其研究领域的广泛性、多传感器数据形式的多样性、融合处理的复杂性,尚未形成系统的理论体系结构。

综合、相关是信息融合的基本思想。首先将来自各传感器的原始信号转换为数字信息,经过分析处理,然后按照规则生成所需要的结果。应用较多的信息融合方法有以下几种。

1. 基于数理统计、模式识别的融合方法^[1.36-1.38]

- ① 统计模式识别法。利用不同类型传感器提供的不相关信息来提高决策的正确性。
- ② Bayesian 估计法。首先对各种传感器信息做相容性分析,删除可信度低的错误信息,然后对保留下来的信息进行 Bayesian 估计,以求得最优的融合信息。
- ③ Dempster-Shafer 验证推理法。这种方法实质上是对 Bayesian 估计法的改进。在

Bayesian 估计法中, 对所有的特征都赋予相同的先验概率, 而在 Dempster-Shafer 方法中, 不赋予先验概率。

2. 基于信息论的融合方法^[1.39-1.40]

① 聚类分析法。按某种聚类准则将数据分组, 并由分析员将每个数据组结合为相应的目标类。

② 神经网络法。通过人工神经网络的非线性变换, 产生从数据到识别分类的映射类型, 从而把多传感器的数据变换为一个实体的联合说明。

3. 基于认识模型的融合方法^[1-41]

模糊逻辑法。用模糊系统反映信息融合过程的不确定性, 并通过模糊推理来完成信息融合。

尽管新方法不断出现, 但是多传感器信息融合方法无论在理论上, 还是在工程实现上均有不少问题有待解决。

1.1.3.2 图像融合理论

图像信息融合与雷达点迹信息融合相比, 处理方法上更具有特殊性。这种特殊性表现在:

- ① 数据量大, 一幅 1024×768 、24 位彩色图的数据量就有 2.2M 字节。
- ② 图像像素和图像相邻帧之间的相关性较大。
- ③ 图像配准精度要求应达到像素级或小于一个像素。
- ④ 多源图像由于采集设备的情况、图像的分辨率不同, 所以必须进行预处理和配准, 然后才能进行融合。
- ⑤ 图像中包含大量的信息, 如何提取和综合有用的信息, 其研究的深度和广度空间很大。

图像融合是信息融合和图像处理交叉的新学科, 属于多传感器信息融合的范畴, 它不同于图像增强。图像融合是将不同传感器得到的多个图像根据某种算法进行处理, 以得到能够满足需求的新图像; 图像增强只是图像融合技术的一个应用方向, 将不同传感器得到的多源图像数据进行提取综合, 增强的图像包含了更丰富的信息。

对多源图像进行融合的目的有几何校正、图像锐化、边缘提取、色彩校正、特征提取、内容检索、互补数据、精确定位等。图像融合作为有效的信息融合技术, 已经广泛应用于机器人视觉、医疗诊断、军事、遥感等领域。图像融合一般分为三级, 即像素级、特征级和决策级, 像素级融合是特征级和决策级的基础^[1.42]。

目前常用的基于像素级的图像融合技术^{[1.43][1.44]}主要有: 加权平均法, Laplacian 金字塔、比率低通金字塔、梯度金字塔等塔式的融合方法, 高通滤波器 (HPF) 模型, 小波变换模型, 代数模型, Brovey 变换 (BT) 模型, 卡尔曼滤波算法, 假彩色法, 主成分分析 (PCA) 模型, 色度-强度-饱和度 (HIS) 模型和多通道彩色分量模型等。

上述的图像融合技术研究均是针对特定的传感器, 因此不够充分和完善。特别是在具

体应用方面,许多研究还处于实验室状态,进行的是一些简单的融合,还没有充分发挥和利用多传感器所提供信息的优势,多数新方法、新理论还无法在实际的信息融合系统上进行验证。因此,对这一领域进行深入的理论研究和应用开发,是十分必要和迫切的。

1.1.3.3 图像配准过程

图像配准^[1.45]可定义为:对从不同传感器、不同时间、不同角度所获得的多幅图像进行最佳匹配的处理过程。图像配准是医学图像分析、三维重构、目标识别、机器人视觉、遥感图像处理的基本组成部分,也是信息融合首先要解决的问题。例如,考虑一个多传感器跟踪的防空侦察系统,为了获得完整、准确和实时的空中状态,首先将各传感系统纳入统一的时空坐标系,然后对多传感器获取和传递的图像信息进行时间、位置、像素点的配准。

图像配准是图像融合的关键所在,预处理是图像配准前的处理工作,如传感器系统误差消除、定位的随机误差消除等。其中,一幅图像是参考图像,其他图像作为输入图像与参考图像进行相关匹配。在图像融合的各项预处理过程中,图像的配准精度对融合图像的质量影响最为显著,是图像融合处理过程中最关键的一个步骤。

对于各种配准技术,L.G.Brown^[1.45]进行了总结,将配准问题大致分为4类。表1-2中列出了这4类配准问题及其相应的解决方法。

表 1-2 配准问题的分类及其解决方法

多传感器的配准问题	
1	<p>问题:对从不同传感器获得的同一场景的多幅图像的配准。</p> <p>解决方法:要结合传感器图像的性能,先对图像强度等进行预处理。由于各传感器成像机理的不同,不同传感器图像在同一位置的图像灰度有很大差别,通常要先进行预处理,否则有可能造成误配准。在可能的情况下,可考虑人工加入一些控制点作为参考点,以方便配准。这在医疗上的X光透视、CT、MRI(核磁共振成像)等图像配准中经常采用。</p> <p>例:遥感领域中,对不同类型的传感器,如雷达、红外、可见光、多谱等拍摄的图像进行配准和融合。这些传感器通常在功能上是互补的,如用SAR可以发现隐藏在树林中的坦克,结合可见光图像,可以看到机械化部队的位置和密度。这类配准问题要结合目标在每个波段的辐射和散射特性进行。</p>
模板配准问题	
2	<p>问题:从图像中提取、寻找、匹配一些特定目标。</p> <p>解决方法:基于模型的方法,要预先知道所寻找的物体特征、属性等。通常采用人机交互来确定搜索的大致范围和起始点。</p> <p>例:遥感领域中,寻找河流、铁路、机场或一些军事目标的具体位置。</p>
不同视角的配准	
3	<p>问题:从不同视角拍摄的图像的配准。</p> <p>解决方法:由于视角不同产生的扭曲,如地形起伏在不同视角造成的差异,经常用到仿射、投影等变换。</p> <p>例:遥感领域中,为防止如云层的遮挡等,从不同的资源卫星或其他监测卫星拍摄的同一地面场景的配准和融合。为了获得地面的三维立体(地形高度)信息,需要对不同视角的图像进行配准。</p>

续表

4	不同时间的配准
	<p>问题：在不同时间或不同条件下对同一场景拍摄的图像的配准。</p> <p>解决方法：考虑消除干扰因素造成的影响，如病人两次 CT 成像中站姿的变化、视角不同造成的错位、传感器不同时间或不同条件下成像环境的差异等。常在频域进行处理，减小配准算法对这些情况的敏感性。</p> <p>例：遥感领域中，地面资源如树林等的生长检测。预警卫星或同步卫星上，不同时间拍摄的地面图像配准，从而可以用于检测一些运动目标的移动情况。</p>

配准技术可以认为由以下 4 个功能块组成。

- ① 特征空间。定义特征集，用于实现匹配。特征集是从参考图像和输入图像中提取出来的。
- ② 搜索空间。在输入特征与参考特征之间建立对应关系的变换集合。
- ③ 搜索策略。用于选择可以计算的变换模型以使匹配处理过程逐步达到精度要求。在搜索空间大、精度要求高的时候，最佳匹配方案的搜索往往非常耗时，因此采取相应的搜索策略是必要的，如松弛法、分层匹配等。
- ④ 相似性测量。用来评估两幅图像间特征数据的匹配程度，如相关系数。

图 1-1 所示的是图像配准的过程。

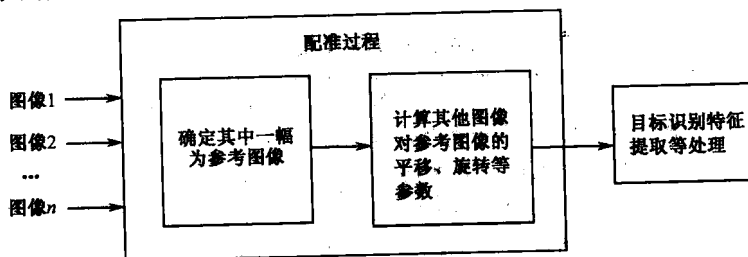


图 1-1 图像配准的过程

衡量图像配准算法性能的 3 个指标：配准的精度、处理速度和配准的可靠性。例如，遥感图像的获取过程中，常会受到传感器的非线性误差、遥感平台的姿态、角度、透视误差、大气干扰、不同时间景物的变化等因素的影响，根据图像存在误差的性质及信噪比的大小，围绕这 3 种性能指标出现了各种图像配准方法。目前，图像配准算法大致分成两大类^{[1.45][1.46]}：基于灰度的配准算法和基于特征的图像配准算法。

基于灰度的配准算法建立在整个图像的总特征上。这类算法以两幅图像中含有的相应目标区和搜索区中的像素灰度为基础，利用某种相关度量值，如协方差或相关系数等，由最佳匹配方法判断两图像中的对应点。图像配准可以用二维窗口或一维窗口的像素灰度值为处理对象，各种算法之间的差异在于相关度量的标准选择不同。基于图像灰度的配准算法有相关系数法、最小二乘法 and 傅里叶变换法等。

基于特征的图像配准算法以从图像中提取出来的某些特征为配准基元，而不是直接用图像像素灰度。一幅图像经过特征提取之后，由有限的特征模式构成表示，每个特征模式具有位置信息与特征描述量。用于匹配的特征通常为点、线、区域，或某些特殊的结构。该算法一般都包括特征提取和特征匹配两步。在特征匹配前，先把感兴趣的图像特征用特