



自动目标识别评估 方法及应用

Automatic Target Recognition
Evaluation Method and Its
Application

付强 何峻 著



科学出版社

013067072

TP391.4
288

自动目标识别评估 方法及应用

付强 何峻 著



TP391.4
288

科学出版社

北京



北航

C1674792

内 容 简 介

本书是一本关于自动目标识别评估理论、方法、技术及应用的专著,是作者近年来科研工作的总结.书中广泛收集了该领域国内外专家的成果,结合作者的研究成果,提出了一些独立的学术见解.全书共7章:第1章回顾ATR技术发展历程,概述国内外ATR评估方法,点明本书特色;第2章讨论概率型指标(以识别率为典型代表)的估计;第3章讲解如何以识别率为比较准则进行算法的选优和排序;第4章阐述多指标的ATR综合评估方法;第5章探讨ATR的技术有效性,使用DEA方法进行技术效率评估;第6章分析影响ATR的因素,基于MPI定量测算影响因素作用;第7章介绍ATR评估方法的具体实现平台并列举应用实例.

本书可供模式识别、人工智能等领域的科研与应用工作者阅读,亦可作为有关专业的高年级本科生、研究生和高校教师的参考书.

图书在版编目(CIP)数据

自动目标识别评估方法及应用/付强,何峻著. —北京:科学出版社,2013
ISBN 978-7-03-038345-7

I. ①自… II. ①付… ①何… III. ①自动识别—评估 IV. ①TP391.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第191598号

责任编辑:李欣/责任校对:李影
责任印制:赵德静/封面设计:陈敬

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京通州皇家印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013年8月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2013年8月第一次印刷 印张: 10 1/4 彩插: 3 1/2

字数: 207 000

定价: 58.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

作者简介



付强, 国防科学技术大学教授、博士生导师. 总装备部组织的《精确制导技术应用》丛书编委会副主任. 长期从事精确制导技术、自动目标识别(ATR)的科研教学工作. 获国家科技进步奖二等奖 2 项(排名第 2), 出版教材、译著 3 部(均为第一作者).



何峻, 博士, 国防科学技术大学讲师. 从事自动目标识别方面的教学科研工作. 参与多项国防预研项目、国家自然科学基金项目、武器装备重点基金项目, 获国防专利授权 1 项. 发表学术论文 20 余篇.

前 言

自动目标识别 (automatic target recognition, ATR) 作为信息时代智能化的核心技术之一, 能够根据目标暴露的征候进行分析和判断, 达到辨认和识别场景中感兴趣目标的身份、属性的目的. ATR 技术为目标探测、侦察监视和精确制导等领域研究提供了有力支持, 具有广泛的应用前景. 由于 ATR 技术的实质是要将目标识别这项重要的任务交由机器完成, 那么如何评估 ATR 所取得的实际作用就显得极为重要.

本书将自动目标识别评估 (ATR evaluation) 定义为以 ATR 作为评估对象的行为活动. ATR 评估能够为 ATR 技术的改进提供决策依据, 并贯穿其整个研制过程, 对促进 ATR 技术的快速发展具有重要意义.

本书围绕 ATR 技术发展中的现实问题, 系统深入地研究 ATR 评估领域中的理论、技术和方法, 广泛收集该领域国内外专家近年来的研究成果, 并融入作者自己的观点和思考进行总结归纳. 作者还结合在科研项目中取得的实际经验, 对其中一些技术和方法进行了改进创新, 取得一定的研究成果. 因而, 本书具有重要的理论意义和工程应用价值. 全书共 7 章, 主要内容为: 技术发展概述、识别概率估计、选优与排序、多指标综合评估、有效性度量、影响因素作用测算和 ATR 评估系统及其应用.

由于 ATR 技术的研究和应用正处于高速发展阶段, 书中每章末尾的文献和历史评价就显得十分必要. 简要地列出一些重要参考文献及评述, 目的是让读者能够有重点地选择参考文献进行阅读. 有些文献可能没有在正文中出现, 但对于理解书中的内容大有裨益, 请读者自行选择阅读.

本书可供自动目标识别方向的研究人员、工程技术人员、高校教师等作为专业参考书, 亦可作为有关专业的研究生研讨课程的教材.

本书成稿正值国防科学技术大学筹办 60 周年校庆, 学校对本书的出版给予了重点资助和大力支持, 在此特别表示诚挚的谢意! 郭桂蓉院士对本书研究工作给予了方向的引领和具体的指导, 提出了十分重要的意见和建议, 使作者获益良多. 郭桂蓉院士是 ATR 领域的开拓者, 在此向这位尊敬的学术界老前辈表示衷心的感谢! 同时还要感谢国防科学技术大学 ATR 国防科技重点实验室对本书的全力支持! 在本书的写作过程中, 作者参阅和引用许多国内外专家学者的文献及观点, 在此一并表示感谢.

由于水平所限,对某些问题的理解并不一定十分透彻,书中难免有疏漏和不妥之处,恳请广大读者批评指正。

前 言

付 强 何 峻

2013年5月于国防科学技术大学

本书是作者多年从事国防科技情报工作的经验总结,也是作者多年从事国防科技情报工作的经验总结。本书共分五章,第一章介绍国防科技情报工作的意义、地位和作用,第二章介绍国防科技情报工作的任务、内容和范围,第三章介绍国防科技情报工作的原则、方法和手段,第四章介绍国防科技情报工作的组织、管理和队伍建设,第五章介绍国防科技情报工作的现状、问题和对策。本书可作为国防科技情报工作的参考,也可作为国防科技情报工作的教材。

本书共分五章,第一章介绍国防科技情报工作的意义、地位和作用,第二章介绍国防科技情报工作的任务、内容和范围,第三章介绍国防科技情报工作的原则、方法和手段,第四章介绍国防科技情报工作的组织、管理和队伍建设,第五章介绍国防科技情报工作的现状、问题和对策。本书可作为国防科技情报工作的参考,也可作为国防科技情报工作的教材。

本书共分五章,第一章介绍国防科技情报工作的意义、地位和作用,第二章介绍国防科技情报工作的任务、内容和范围,第三章介绍国防科技情报工作的原则、方法和手段,第四章介绍国防科技情报工作的组织、管理和队伍建设,第五章介绍国防科技情报工作的现状、问题和对策。本书可作为国防科技情报工作的参考,也可作为国防科技情报工作的教材。

本书共分五章,第一章介绍国防科技情报工作的意义、地位和作用,第二章介绍国防科技情报工作的任务、内容和范围,第三章介绍国防科技情报工作的原则、方法和手段,第四章介绍国防科技情报工作的组织、管理和队伍建设,第五章介绍国防科技情报工作的现状、问题和对策。本书可作为国防科技情报工作的参考,也可作为国防科技情报工作的教材。

本书共分五章,第一章介绍国防科技情报工作的意义、地位和作用,第二章介绍国防科技情报工作的任务、内容和范围,第三章介绍国防科技情报工作的原则、方法和手段,第四章介绍国防科技情报工作的组织、管理和队伍建设,第五章介绍国防科技情报工作的现状、问题和对策。本书可作为国防科技情报工作的参考,也可作为国防科技情报工作的教材。

本书共分五章,第一章介绍国防科技情报工作的意义、地位和作用,第二章介绍国防科技情报工作的任务、内容和范围,第三章介绍国防科技情报工作的原则、方法和手段,第四章介绍国防科技情报工作的组织、管理和队伍建设,第五章介绍国防科技情报工作的现状、问题和对策。本书可作为国防科技情报工作的参考,也可作为国防科技情报工作的教材。

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 ATR 发展概况	2
1.1.1 基本概念及领域特色	2
1.1.2 技术发展与认识过程	2
1.2 各研制阶段的 ATR 评估	10
1.3 ATR 评估方法概述	11
1.3.1 ATR 评估指标	11
1.3.2 多指标 ATR 评估	13
1.3.3 ATR 适用性检验	15
1.4 ATR 评估的重要课题	16
1.5 本书特色	18
全书各章概要	19
文献和历史评述	19
参考文献	20
第 2 章 目标识别概率估计	25
2.1 引言	25
2.2 经典统计估计方法	26
2.2.1 点估计值法	26
2.2.2 区间估计法	27
2.3 贝叶斯分析估计法	28
2.3.1 区间类型	29
2.3.2 估计准则	29
2.3.3 精度要求	30
2.4 测试样本容量需求	30
2.4.1 计算准则	30
2.4.2 无先验信息情况的预测	31
2.4.3 考虑测试值下限的预测	32
2.4.4 Beta 及广义 Beta 先验的预测	35
本章小结	40

文献和历史评述	40
参考文献	41
第 3 章 识别率选优与排序	43
3.1 引言	43
3.2 现有识别率选优与排序方法	43
3.2.1 单次比较法	43
3.2.2 序贯比较法	46
3.3 评估事件后验概率推理方法	48
3.3.1 ATR 评估问题的需求	48
3.3.2 事件后验概率的计算	48
3.4 算法数目、样本容量及评估可信度	51
3.4.1 两个 ATR 算法的选优与排序	52
3.4.2 多个 ATR 算法的选优与排序	54
3.5 识别率比较的最大似然原理	62
3.5.1 识别率选优中的似然原理	62
3.5.2 识别率排序中的似然原理	64
本章小结	67
文献和历史评述	67
参考文献	69
第 4 章 多指标 ATR 评估决策	71
4.1 引言	71
4.2 决策分析理论基础	72
4.2.1 决策分析基本步骤	72
4.2.2 多属性决策要素	73
4.2.3 评估决策模型	74
4.3 区间数 ATR 多指标评估方法	75
4.3.1 ATR 评估中的区间数多属性决策	75
4.3.2 区间加权法	77
4.3.3 区间 TOPSIS 法	78
4.3.4 评估实例	80
4.4 混合型 ATR 多指标评估方法	84
4.4.1 ATR 评估中的混合型多属性决策	84
4.4.2 偏好矩阵法	85
4.4.3 次序关系法	90
4.4.4 评估实例	91

本章小结	96
文献和历史评述	97
参考文献	98
第 5 章 ATR 技术效率度量	101
5.1 引言	101
5.2 DEA 理论基础	102
5.2.1 公理假设	102
5.2.2 基本模型	103
5.2.3 生产函数	104
5.3 ATR 技术效率度量方法	104
5.3.1 ATR 技术效率原理	104
5.3.2 效率度量求解技巧	106
5.4 评估实例	110
本章小结	114
文献和历史评述	115
参考文献	117
第 6 章 影响因素作用测算	118
6.1 引言	118
6.2 Malmquist 指数	119
6.2.1 距离函数	119
6.2.2 MPI 定义	120
6.3 影响 ATR 效率的因素作用测算方法	121
6.3.1 因素作用后的数据特性	121
6.3.2 影响因素作用求解技巧	122
6.4 评估实例	129
本章小结	132
文献和历史评述	132
参考文献	134
第 7 章 ATR 评估系统及其应用	136
7.1 引言	136
7.2 ATR 评估工具平台	137
7.2.1 ATR 评估软件系统	137
7.2.2 ATR 测试与演示系统	140
7.3 评估系统应用实例	141
7.3.1 场景与参评 ATR 系统	141

第1章 绪 论

信息时代到来后,人类生活的各个领域都出现了无缝隙监控管理需求。探测系统覆盖范围的扩大,信息化程度的提高,使得人们已不再满足于对日益丰富的信息进行简单的监视、记录。深层次的信息利用(如对场景中感兴趣目标的辨认、身份属性识别等)的需求越来越迫切。目标识别就是根据目标暴露的征候进行分析和判断,达到辨认和识别目标身份、属性的目的。随着计算机处理能力的提高,人们希望这一判别过程不需要人的干预自动完成,因此产生了自动目标识别(ATR)的概念^[1]。

1958年,Barton通过AN/FPS-16雷达对苏联人造卫星Spuknit II的外形特征作出准确论断。世界各国对于雷达ATR的研究已有五十多年历史。在这一期间,基于雷达、红外以及激光等多种传感器,ATR技术在军事应用领域中取得了一系列重大进展。此外,ATR在医学CT诊断、生物特征识别、手写输入、语音鉴别等民用领域中也受到了广泛重视,并取得了长足的进步。由此产生的直接问题就是,如果将目标识别这项重要的任务交由机器来完成,我们应该如何评估ATR所取得的实际作用。

测试和评估在任何技术的发展和应用过程中都是重要的^[2],尤其是对于ATR这种开放、复杂、高度集成化的应用系统更是如此。ATR评估作为一项新兴课题,其方法研究在理论探索和实践应用上都存有较大的发展空间。对于评估方法的深入研究能够指导ATR技术的改进优化,有力地推进ATR技术发展。通过科学的测试评估,我们可以预测给定的算法或系统的性能,这正是ATR成为科学的领域所应具备的基本要素^[3]。

在ATR不断发展的过程中,有不少学者结合自身的研究背景给出了ATR的概念或定义。借鉴众多观点后,本书ATR的含义是“具备目标判别功能的实体”。后文中使用ATR一词时,更多指具有目标识别功能的算法或系统等实体。相应地,将ATR评估概括为“以ATR作为评估对象的行为活动”。

看到这里,读者或许对ATR评估究竟要研究什么仍然心存疑惑。作为本书的第1章,序论部分将着重阐述几个基础问题:目标识别技术发展概况、贯穿于研制过程的ATR评估、评估方法的发展现状、ATR评估的重要课题等。显然,上述问题之间存在着紧密的联系。

1.1 ATR 发展概况

1.1.1 基本概念及领域特色

《IEEE 图像处理汇刊》给出的定义是^[4]: 自动目标识别一般指通过计算机处理来自各种传感器的数据, 实现自主或辅助的目标检测和识别. 其中, 提供数据的传感器包括前视红外 (FLIR)、合成孔径雷达 (SAR)、逆合成孔径雷达 (ISAR)、激光雷达 (LADAR)、毫米波 (MMW) 雷达、多/超光谱传感器、微光电视 (LLTV)、视频摄像机等.

ATR 研究的一个突出特点是强调复杂情况下的应用. ATR 的研究领域包括^[3]利用各种传感器 (声、光、电、磁等), 从客观世界中获取目标/背景信号; 使用光/电子及计算机信息处理手段自动地分析场景; 检测、识别感兴趣的目标以及获取目标各种定性、定量的性质等. ATR 的理论、模型、方法和技术是实现自然场景中复杂系统自动化、智能化工作的基础. 例如, 机器人装置的技能将更灵活、有效, 从而扩大制造过程的自动化程度, 并促进在恶劣环境下自主式遥控机器人的使用; 新型现代医学成像诊断设备将能自动辅助医疗人员发现病症、诊断疾病, 对病灶进行自动化手术与治疗; 装备自动辨识生物特征系统的机要部门、银行和智能大厦将更加安全、方便; 遥感观测系统将更加快速、可靠地从二维、三维乃至多维的数据中发现矿藏、森林火灾和环境污染; “发射后不管”的武器系统从复杂背景中检测、识别弱小目标的能力, 以及从假目标中识别出真实目标的能力将大大增强, 武器的精确性、可靠性及效率将大大提升.

ATR 研究的另一个特点是多学科交叉与融合. ATR 是光电子、智能控制、地球与空间科学、人工智能、模式识别、计算机视觉、脑科学等多学科十分关注的交叉学科前沿^[3]. 在各种权威国际刊物和学术会议上, 每年都涌现大量与之相关的理论和应用研究论文.

1.1.2 技术发展与认识过程

1. 继承与初步发展^[1]

目标识别源于模式识别, 发展之初大量继承了模式识别的基本理论和思维方式. 这些理论和方法要点是: 基于不同类别模式的特征在多维特征空间中具有聚集性和可分性的假设, 使用统计和结构化技术对所属类别模式进行判断. 所谓的“模式”是指存在于时间和空间中可观测的事物, 在具体应用中往往表现为具有时间或空间分布的信息 (这种分布关系一般是比较确定的). 因此, 模式识别的主要工作集中在特征提取、选择以及分类器的构造这三个方面. 典型的应用包括印刷体汉字识别^[5]、视觉系统对空间结构的识别等.

20 世纪 80 年代中期以前, 目标识别可以看成是模式识别理论与方法的应用研究, 主要的工作沿袭了特征提取与选择、模板建库、分类器设计、匹配决策等模式识别的基本处理环节. 以武器系统目标识别为例, 其结构可归纳为如图 1.1^[6] 所示的经典模式识别处理流程.



图 1.1 典型 ATR 系统的处理结构

这一时期发表的绝大多数研究论文都循着模式识别的思路, 在特征提取与选择方面取得的成果较多, 主要集中在结合传感器的物理特性来寻找不变特征. 以雷达传感器为例, 研究的目标特征从飞机动力构件调制特征、目标谐振区极点特征、极化散射矩阵的不变量、微动特征, 到雷达成像的各种散射中心、结构特征, 不胜枚举^[7]. 特别是随着成像传感器的大量应用, 基于视觉不变性的特征分析方法颇具吸引力, 人们在面向目标提取的可视特征方面开展了大量的研究工作.

受当时处理器能力的限制, ATR 系统主要采取面向目标 (或局部区域) 的方法来提取特征^[6]. 例如, 提取目标的分割算法并不处理整个图像, 而只是处理目标可能位置附近的像素点, 由这些点找到闭合的边界; 之后再根据闭合边界描述的目标提取特征, 通过匹配完成分类识别. 到 1997 年, 基于图像的目标识别研究论文数量众多, 《IEEE 图像处理汇刊》的自动目标识别研究的专辑, 从图像处理和各个角度探讨了目标识别问题^[3]. 专辑的主要思想仍然沿用传统模式识别的思路, 聚焦在目标本身不变特征的寻找和利用上, 并以此作为特征模板进行匹配识别. 客观地说, 这一时期 ATR 系统的识别能力远未达到人们的预期效果.

然而 ATR 不能等同于传统模式识别. 模式识别最典型的例子是文字识别、机器人对障碍物的识别等, 所要识别的模式不会随时间或空间发生变化, 属于静态场景中的识别. ATR 主要考虑在动态变化场景中的识别问题^[8], 而训练 ATR 系统的数据集相对实际情况又非常有限, 导致所建立匹配模板的标准状态与目标的实际状态通常出现较大差异. 例如, 雷达观测条件不尽相同, 目标结构相应发生不同程度的变化, 最终导致用于匹配的特征模板 (或目标数据) 与实际情况不一致.

2. 实践检验与变革^[1]

到了 20 世纪 90 年代, 人们开始认识到基于模板匹配方法的局限性, 对此提出运用模型预测来应对实际情况中的目标特性变化^[9]. 以雷达目标识别为例, 该类方法的核心是目标对雷达照射电磁波散射的预估模型. 这类 ATR 系统在工作时会根据待识别目标所处状态, 实时计算出候选目标的雷达图像, 然后进行比对判别. 这一时期美国国防高级研究计划署 (DARPA) 组织实施了 MSTAR (moving and

stationary target acquisition and recognition) 计划, 集中开展了基于数据模板和模型预测的各种 ATR 技术在地面车辆识别中的适用性检验. 经过二十多类地面目标不同状态下大量实测数据的检验, 发现这种模型预测的匹配方法仅适用于目标受环境扰动较小的情况. 其中一项堑壕遮挡影响的实验很具有说服力: 当 M109 坦克周围堆起 1m 高的土堆作为堑壕时, 识别正确率从没有堑壕时的 95% 降低到 43%. 这说明尽管引入了模型预期机制, 面向目标的方法仍不能很好地解决战场环境下地面装甲车辆的识别问题.

如图 1.1 所示的处理结构很难引入外部信息, 造成目标识别过程中缺少相关知识的利用. 因此, 文献 [9] 建议采用知识推理辅助的方法进行目标识别. 这类方法中, 基于上下文知识 (context) 的目标识别技术首先得到了关注和深入研究^[10]. 上下文知识是一种目标或组成部分与相邻客体之间关系的描述, 例如, 目标各组成部分之间的关系、目标与环境之间的关系等. 上下文知识的引入, 意味着目标识别关注的视野不再局限于目标本身, 相邻客体对目标的约束信息也被纳入考虑并作出贡献. 美国军方资助的基于知识的目标识别计划, 主要体现在“上下文知识”技术在目标识别中的应用. 例如, 1983 年, 资助 Martin Marietta 和 Hughes Aircraft 两家公司, 目的是发展一种利用图像上下文信息的人工智能目标识别方法^[10].

Hughes Aircraft 公司的方法是一种基于视觉抽象的识别方法. 借助空间黑板的媒介, ATR 系统保持了场景的多级抽象信息用于继承关系的推理. 例如, 最低层可能包括原始的像素, 第二层是增强的像素, 第三层是对比驱动的线分割, 第四层是闭合的分割边界, 等等. 系统保持每个实体的层次化连接关系, 以便回溯查询之用. 一幅图像中各种内在的上下文关系信息 (如战场监视和数字地形数据) 可融入黑板系统, 形成一个表达场景的符号化表示. 模型目标 (如坦克、卡车、APC) 和它们潜在的上下文关系构成的知识库是知识处理的焦点. 每个模型目标用语义框架维持, 表达其在特定任务场景中将会遇到的期望目标类型. 这种基于知识的模型具有层次化的本质, 便于层次化分类器使用. 分类器试图匹配每一个未知的符号模型, 并与已知的基于知识的模型进行对比, 最终确定目标的类别属性和对应的分类置信度.

Martin Marietta 公司的方法与 Hughes Aircraft 公司的稍有不同. 不像黑板结构那样从底层到高层都整合人工智能, 它把不同层次的知识分开来独立处理. 在原有 ATR 系统的基础上, 增加全局区域分类、运动目标指示、先进的目标识别等处理算法. 当与数字地图、监视数据、天气条件、时间段等形式的辅助数据进行组合时, 这些信息构成一个符号化的场景表达反馈给上下文分析器. 这个上下文分析器是基于模型的规则推理系统, 能够根据场景上下文进行推理, 确定真实目标和区域的分类. 识别的置信度则由证据框架提供, 采用原有 ATR 的输出作为分类置信度的初值, 系统采用三种类型的上下文证据 (否定证据、支持证据和中立证据), 对分

类识别结构进行更新. 例如, 目标在湖里的事实是坦克存在的否定证据; 在陆地上是支持证据; 目标是一块大石头则是中立证据.

3. 蓬勃发展时期^[1]

20 世纪 90 年代中期以后, ATR 技术在许多应用领域都取得了重要突破. 在人体生物特征识别领域不乏成功的范例, 如指纹识别、DNA 鉴别. 这些成功实例的共同特点是可以通过纯技术手段来实现, 属于本领域特性认知基础上的“点”识别技术. 这些技术所利用的信息变化相对稳定, 且信息内涵单一 (如单纯的生物特征). 识别时不需要更多相关领域知识的利用, 是在很低的知识维度上进行的标准化处理. 可以预见, 只要特定领域通过基础研究找到了这样的具有标识性的信息特征, 该领域的识别就可望取得较好的应用. 因此, 人们寻找不同应用领域新特征量的研究热情始终非常高涨. 生物基因工程是目前最活跃的领域, 人类基因组的破译就是一个范例. 这也反映了当前目标识别的技术水平, 我们还不能很好地驾驭不够稳定的、内涵丰富、多种来源的信息.

多源异质信息的综合利用需要借助大量描述信息之间关系的知识. 相比较而言, 追溯同质信息随时间的变化规律更容易实现一些, 医学上用的动态心电图仪就是这样的例子. 动态心电图仪通过查找心跳在一天内的变化特征来辅助病情诊断. 该类仪器对于信息的利用已经把“点”知识沿时间轴扩充为“线”知识, 从而增加了判断可检验的维度. 因此, 寻找已有特征信息随时间变化的规律, 也是目标识别领域研究的一个前沿性课题.

对于军事目标来说, 其场景多样性决定了以现有的技术手段很难找到“放诸四海而皆准”的特征信息. 甚至, 特征信息随时间变化的活动规律也不是一成不变的. 引入与目标环境相关的知识作为主要的解决思路, 也是一种不得已的办法. 因为这样做可以控制和减少各种不确定因素的影响, 提高目标模式搜索匹配的效率. 另外, 军事领域的目标识别是对目标作出具有军事语义的解释, 这也必然需要感知数据以外的其他信息 (没有这些信息和作战规则方面的知识, 即使是军事领域的专业人员, 其目标识别结果的信任程度也会很低). 若要将一些与观测信息存在较大跨度的领域知识纳入处理系统, 还必须借助现有扩充知识体系的技术手段, 如本体论方法^[11]、可视化方法^[12]等.

值得一提的是“知识辅助的目标识别方法”^[1]: 人对外界事物的认知具有联想记忆的特点, 善于运用相关的背景知识辅助认知, 并非对事物本身外在表现的死记硬背. 它将待辨认的事物纳入到与之相关的背景知识体系之中, 通过异同点的比较建立与已有知识体系的联系. 因此, 人是从全局知识体系的角度来认知外物的, 通过建立联系也将外物融入到已有知识体系当中. 从这一认知规律来看, 知识辅助的目标识别技术更接近于人类认知的本来面目, 或许能够成为 ATR 技术未来的发展

方向. 然而建立全局知识体系还有赖于人工智能的重大突破, 远非现有技术手段所能掌控. 因此, 当前知识辅助的 ATR 技术研究, 更多地体现在利用全局知识体系中可量化或规则化的知识点. 例如, 如果所利用的知识点主要反映时间维度上的联系, 知识辅助的目标识别就是积累规律辨识的识别方法; 如果所利用的知识点主要反映特性维度上的差异, 就成为特征参数比对的方法.

下面用“车辆目标运动状态估计来推断车辆类型”的例子, 说明如何引入背景知识辅助对识别结果的判断. 这个例子的基本思路是: 根据对车辆位置的测量, 估计车辆的运动状态, 并与将来时刻车辆实际位置进行比较, 得到车辆类型的判断. 如图 1.2^[1] 所示, 除了直接测量目标不同时刻所在位置外, 还需要引入多种外部信息以及这些信息与所求解问题的关联性知识. 这些信息和知识包括土壤含水量, 道路的谱特征、结构特征, 道路的长度和边缘, 道路上的车辆情况等, 这些都是能够通过其他手段获取的物理量. 根据这些物理量, 可以推测道路的坡度和弯度、路基的稳固程度、道路的可通过能力以及道路上交通拥挤的程度等与状态估计问题密切相关的外部变量. 外部变量在一定程度上决定了各种车辆在特定道路上可达到的最大速度. 而车辆的类型及其可达到的最大速度, 车辆的当前速度和路径等都是求解目标状态的隐含变量. 利用这些隐含变量, 可以预测车辆下一时刻到达的位置, 并能通过对问题物理量的连续观测, 进行数据的印证, 从而实现车辆类型的推断^[13].

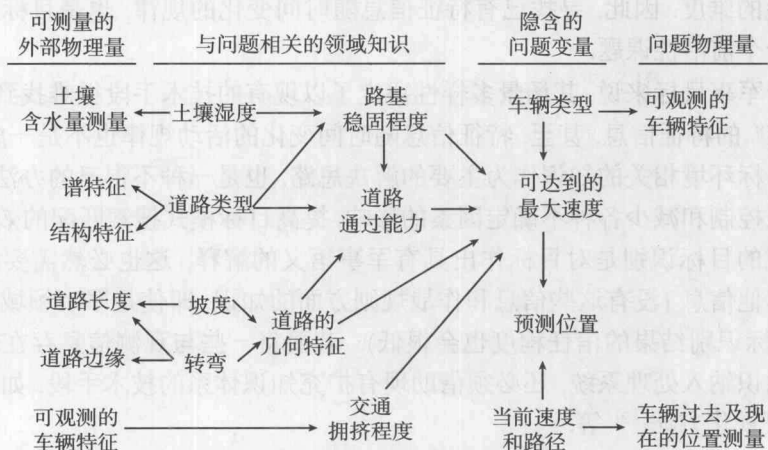


图 1.2 利用知识辅助对车辆目标的运动状态和类型的估计

上面这个例子是合成孔径雷达 (SAR) 车辆目标识别应用的典型实例. 由于成像空间分辨率等原因, 待识别车辆的类型很难给予准确判断. 借助地理信息系统及环境条件确定道路类型, 进而引入通行能力的知识, 为后续关于目标状态和类型的时空推理提供了有力的支撑. 因此, 基于地理信息的识别技术得到了广泛重视, 其

标志是美军的地理空间情报系统^[14]。该系统将传感器发现的战场目标叠合在地理信息之上,通过空间关系推理,将重要地标等信息融入到识别当中。

另外一些具有代表性的阶段性成果包括^[3]:美国国防高级研究计划署(DARPA)提出的“自动目标识别的计算智能”需求,旨在改进基于模型的目标识别算法的有效性,并促进其他创新方法的研究。鉴于低级哺乳动物对视觉景象的解释都比目前的ATR技术好得多,采用生物模型成为新算法设计的重要技术途径之一。美国海军水面作战中心把仿生神经网络用于红外/激光雷达识别目标,据称不受目标/背景亮度、对比度反转和相对传感器几何关系等因素的影响。美国ID图像公司、哥伦比亚大学、麦道公司联合研制的用于面向跟踪识别的凝视算法系统,也采用了仿生设计,以视频速率进行ATR和跟踪。

另一个受到越来越多关注的领域是视频自动监视。关注点集中在复杂环境中实时观察人和车辆,以达到对目标行为和相互关系的描述和理解。自动监视系统在商业、执法、军事上都有迫切的应用需求。与当前流行的记录式(事后审查记录图像数据)电视监控系统不同,自动监视系统能够及时警告安全人员预防犯罪事件发生、测量交通流量、检测高速公路上的交通事故、监视公共场所的人员拥挤等。其中主要的技术难题包括移动目标检测和跟踪、目标的分类、运动分析和活动理解等。该研究方向涉及计算机视觉、模式分析和人工智能的许多核心问题。复杂环境中并非所有运动都是感兴趣目标的运动,这就是所谓的运动杂波干扰问题。如何滤除运动杂波的干扰实现运动目标的识别,也是特别值得研究的课题^[3]。

可见,目标识别逐渐摆脱了传统模式识别思路的束缚,关注的视野从目标本身的局部信息逐步放大到目标所处的环境背景。这个时期目标识别研究的范围,已经扩展到与待识别目标发生作用的更广泛、更全局的信息使用上来。

4. 高峰后的再认识^[1,3]

ATR技术在战场侦察、监视、制导等方面的重要性不言而喻。以雷达目标识别为例:20世纪50年代末国外学者开始雷达目标识别领域的技术研究^[15],其后经历了冷战时期弹道导弹防御、80年代到90年代精确制导武器以及反恐作战三个阶段,促进了目标识别技术的快速发展。美国对于ATR技术的研究在1997年达到巅峰,无论是从发表的学术论文,还是美国政府支持研究所产生的报告数量,都是如此^[16]。然而,科索沃战争成为一个明显的转折点。北约(北大西洋公约组织)具有强大的空中优势,空中照相侦察提供了前所未有的高清晰、宽谱覆盖的战场信息,精确打击武器的命中精度无与伦比,但是南联盟(南斯拉夫联盟共和国)的地面坦克部队最终几乎完好无损。此后,美国政府支持该领域研究的强度迅速下降,以致于科索沃战争之后,美国军方对ATR技术的信任度大为降低。美国军方态度的巨大转变使人们意识到,解决战场目标识别问题还任重道远^[8]。我们有必要重新审视目