

刑侦图像视频处理技术

范九伦 刘 颖 等 著



科学出版社

刑侦图像视频处理技术

范九伦 刘颖 等著

西安邮电大学学术专著出版基金资助

科学出版社

北京

内 容 简 介

刑侦图像视频处理技术在公安刑事案件侦破工作中发挥着重要作用,是实现科技强警、提升公安机关破案能力的重要手段。本书为西安邮电大学图像与信息处理团队依托“陕西省法庭科学电子信息实验研究中心”以及“电子信息现场勘验应用技术”公安部重点实验室平台,在刑侦图像视频处理领域研究成果的阶段性总结。围绕刑侦图像视频处理技术中的关键问题,本书内容涉及五个部分:刑侦图像视频清晰化(第2、3章)、高动态范围图像处理(第4章)、刑侦图像标注与检索及图像安全(第5、6章)、监控视频编码分析与检索(第7~9章)、典型应用实例(第10~15章)。

本书可为公安干警提供学习参考,也可供相关领域研发人员、学生阅读借鉴。

图书在版编目(CIP)数据

刑侦图像视频处理技术/范九伦等著. —北京:科学出版社, 2019.11

ISBN 978-7-03-062374-4

I. ①刑… II. ①范… III. ①刑事侦查—数字图像处理 IV. ①D918.2
②TP391.413

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 208708 号

责任编辑:宋无汗 / 责任校对:郭瑞芝

责任印制:徐晓晨 / 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>

北京中石油彩色印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2019 年 11 月第 一 版 开本:720×1000 B5

2019 年 11 月第一次印刷 印张:25 1/2

字数:514 000

定价:158.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《刑侦图像视频处理技术》编委名单

主 编 范九伦 刘 颖

编 委 (按姓氏拼音排序)

艾 达 白本督 毕 萍 公衍超 来 毅

李大湘 李 娜 刘卫华 卢 津 王殿伟

王富平 王 倩 朱婷鸽

前 言

自2004年公安部、科技部启动科技强警示范城市建设,公安部科技局在全国范围内开展“3111”工程后,视频监控系统在公共场合的使用已非常普遍,图像视频处理在公安刑侦破案、社会管控、服务民生等各个方面发挥着越来越重要的作用。视频图像侦查技术已成为当今信息社会环境下的一种新型监控及侦查方法。该方法已经逐步成为公安部门继刑事技术、行动技术、网侦技术之后的第四大技术手段。全国各地都在加快步伐建设基于统一标准、完成各类视频监控系统互联互通、实现公共视频图像资源的整合、提升公安机关破案能力的视频监控系统 and 平台。

虽然图像视频处理技术在学术研究领域已经取得了很多成果,但在公安行业应用方面却还处于初步阶段。通过技术与应用的深度结合,使图像视频处理技术在公安刑侦事后破案、事中处理及事前预警中发挥更广更大的作用,需要更多学者与技术人员的努力。

西安邮电大学图像与信息处理团队依托西安邮电大学与陕西省公安厅联合建设的“陕西省法庭科学电子信息实验研究中心”以及“电子信息现场勘验应用技术”公安部重点实验室平台,结合我国公安行业实际应用需求,从事刑侦图像视频处理领域的研究开发工作。团队经过数年的努力,对刑侦图像视频的特点及公安行业实际应用需求的难点有了一定的认识,积累了刑侦图像视频处理领域的经验。

作为研究工作的一个阶段性总结,也为了方便一线公安人员对相关内容的学习,撰写了本书。本书区别于其他图像视频处理技术书籍的最大特点是,既介绍了相关领域的基础概念,又体现了实际刑侦图像视频处理的特色,并且结合公安行业实际需求,分析讨论了相关技术处理的难点。本书的编写目的主要有两个:①总结刑侦视频图像处理技术,为公安干警提供学习参考书,让学习者更容易抓住公安行业实际技术需求点,教学与科研及实践相结合,学习更能有的放矢。②提供和展示了刑侦图像数据库,可供研发人员阅读借鉴。

本书由范九伦和刘颖进行规划和统稿。第1章由范九伦和刘颖撰写,王殿伟负责第2章的撰写,毕萍负责第3章的撰写,刘卫华和白本督负责第4章的撰写,朱婷鸽负责第5章的撰写,刘颖负责第6章的撰写,公衍超负责第7章的撰写,李娜负责第8章的撰写,来毅负责第9章的撰写,艾达负责第10章的撰写,刘颖和王富平负责第11章的撰写,王倩负责第12章的撰写,白本督负责第13章的撰写,卢津负责第14章的撰写,李大湘负责第15章的撰写。

感谢陕西省公安厅刑侦局及“电子信息现场勘验应用技术”公安部重点实验室杨永登、樊安、高梓铭、韦同胜等同志对书中实验数据的获取及测试所提供的帮助。此外，感谢研究生胡丹、彭亚楠、程美、刘红燕、朱丽等在本书整理工作中的贡献。本书的出版得到了国家自然科学基金项目(编号 61671733、61801381、61802305)、公安部科技强警基础项目(编号 2018GABJC39、2016GABJC51、2015GABJC50、2014GABJC022、2014GABJC023、2014GABJC023)、公安部技术研究中心重点项目(编号 2014JSYJA018)、陕西省科技厅国际科技合作计划项目(编号 2018KW-003、2017KW-013、2017KW-016)、2018 陕西省自然科学基金研究计划-科技创新创业“双导师制”项目(编号 2018JM6118)的资助。

鉴于我们对公安行业实际需求的认识及刑侦图像视频处理技术的研究还需要进一步提高，本书在技术与应用结合方面还不够深入，书中难免存在不足之处，敬请读者提出宝贵意见。

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 概述	1
1.1.1 刑侦图像处理技术的重要性	1
1.1.2 实际问题举例	2
1.2 本书的内容及结构	5
参考文献	6
第 2 章 视频图像清晰化处理技术	7
2.1 视频图像去雾清晰化处理技术概况	7
2.1.1 基于非物理模型的图像增强方法	7
2.1.2 基于物理模型的图像复原方法	9
2.1.3 基于学习的图像去雾方法	11
2.2 大气散射理论及雾天图像特性分析	12
2.2.1 大气散射现象	12
2.2.2 大气散射模型	13
2.2.3 入射光衰减模型	14
2.2.4 大气光成像模型	15
2.2.5 波长相关性分析	17
2.2.6 雾天图像的退化模型	17
2.3 基于非物理模型的雾天视频图像增强处理技术	18
2.4 基于物理模型的雾天图像复原	18
2.4.1 暗通道先验理论	18
2.4.2 模型参数估计	21
2.4.3 透过率的估计及优化	23
2.4.4 大气光值 A 的估计	26
2.4.5 雾天图像复原	26
2.4.6 算法性能分析与图像质量评价	28
2.5 光照不均匀图像校正处理技术	31

2.5.1 光照分量的提取	32
2.5.2 亮度校正函数的构建	36
2.5.3 光照不均匀校正实现过程	38
参考文献	42
第3章 图像超分辨率重建技术	45
3.1 图像超分辨率基本概念	45
3.1.1 图像分辨率	45
3.1.2 图像超分辨率重建	46
3.1.3 超分辨率重建的分类	47
3.1.4 图像观测模型	48
3.2 单幅图像超分辨率重建	51
3.2.1 基于插值的图像超分辨率重建	51
3.2.2 基于稀疏表示的图像超分辨率重建	55
3.2.3 基于深度卷积神经网络的图像超分辨率重建	58
3.3 图像质量评价方法	63
3.3.1 主观评价	63
3.3.2 客观评价	64
3.4 超分辨率重建技术在刑侦图像中的应用	67
3.4.1 数据库	67
3.4.2 仿真实验	71
参考文献	76
第4章 高动态范围成像技术	79
4.1 高动态范围成像概述	79
4.1.1 动态范围	79
4.1.2 高动态范围成像关键技术	80
4.1.3 高动态范围场景捕获	82
4.1.4 高动态范围图像的合成	83
4.1.5 色调映射	85
4.1.6 动态场景高动态范围成像	86
4.1.7 高动态范围成像的发展趋势	88
4.1.8 高动态范围图像在刑侦中的应用	95
4.2 高动态范围图像编码	97
4.2.1 高动态范围图像格式	97

4.2.2 高动态范围图像编码标准比较	101
4.3 多幅不同曝光图像合成 HDR 图像	101
4.3.1 空间域合成 HDR 图像	102
4.3.2 频域合成 HDR 图像	106
4.4 高动态范围图像色调映射算法	110
4.4.1 色调映射	110
4.4.2 线性色调映射算法	113
4.4.3 对数色调映射算法	113
4.4.4 伽马纠正色调映射算法	114
4.4.5 S 型曲线方程色调映射算法	115
4.4.6 基于色貌模型的色调映射算法	116
4.4.7 iCAM06 色调映射算法	117
4.4.8 色调均化直方图算法	118
4.4.9 基于亮度自适应分段的色调映射算法	119
参考文献	126
第 5 章 图像水印技术	132
5.1 数字图像水印的基本概念	132
5.1.1 数字图像水印的概念、产生及其特点	132
5.1.2 数字图像水印的分类以及应用	133
5.1.3 数字图像水印的性能分析	136
5.2 数字图像单水印原理	140
5.2.1 数字图像单水印的基本框架	140
5.2.2 基于变换域的数字图像单水印算法	141
5.3 数字图像双水印原理	149
5.3.1 数字图像双水印技术分类	149
5.3.2 基于曲波变换的图像双水印	151
参考文献	167
第 6 章 图像检索技术	168
6.1 数字图像特征	168
6.1.1 数字图像特征提取	168
6.1.2 经典图像特征提取算法介绍	170
6.2 图像相似度度量	174
6.3 图像语义学习	176

参考文献	178
第7章 监控视频高效编码技术	182
7.1 视频基本知识	182
7.1.1 人类视觉系统	182
7.1.2 视频数字化	185
7.1.3 数字视频中的冗余	186
7.1.4 监控视频的内容特性	189
7.2 监控视频编码概述	190
7.3 适用于监控视频的编码标准	191
7.3.1 监控视频编码标准发展历程	192
7.3.2 第三代视频编码国际标准 H.265/HEVC	193
7.3.3 第二代视频编码国家标准 AVS-S2	195
7.4 H.265/HEVC 测试模型 HM 使用说明及性能仿真	196
7.4.1 HM 使用说明	196
7.4.2 HM 性能仿真测试	197
参考文献	202
第8章 视频目标检测与跟踪技术	204
8.1 运动目标检测	204
8.1.1 目标检测数据集和评价标准	204
8.1.2 帧间差分法	205
8.1.3 背景消减法	207
8.1.4 光流法	212
8.2 运动目标跟踪	214
8.2.1 目标跟踪数据集和评价标准	215
8.2.2 基于 Kalman 预测与全局特征匹配的目标跟踪	216
8.2.3 基于 Mean Shift 的目标跟踪	221
8.2.4 基于 CamShift 的目标跟踪	223
8.2.5 基于 MIL 的目标跟踪	225
8.2.6 基于 DF 的跟踪算法	230
8.2.7 基于 CF 的目标跟踪	233
8.3 运动目标跟踪技术在监控视频中的应用	239
8.3.1 图像位平面	239
8.3.2 基于位平面的跟踪算法	242

参考文献	250
第9章 视频检索技术	252
9.1 视频检索概述	252
9.2 镜头边界检测	257
9.2.1 镜头边界检测介绍	257
9.2.2 镜头边界检测存在的问题	258
9.2.3 突变镜头检测	260
9.2.4 渐变镜头检测	262
9.3 关键帧提取	265
9.3.1 关键帧提取技术	265
9.3.2 传统关键帧提取技术	269
9.3.3 基于深度学习的關鍵帧提取技术	273
参考文献	274
第10章 现勘三维现场重建	276
10.1 案件现场重建概述	276
10.2 基于二维图像的三维现场重建	278
10.2.1 全景图生成过程	278
10.2.2 图像采集	279
10.2.3 图像预处理	280
10.2.4 图像配准	280
10.2.5 图像融合	282
10.2.6 实景全景图	283
10.3 基于深度图像的三维现场重建	284
10.3.1 主要技术简介	284
10.3.2 基于 Kinect 的三维重建	285
10.3.3 基于三维激光扫描的现场三维重建	289
10.3.4 应用案例	292
参考文献	294
第11章 现勘图像检索技术	297
11.1 现勘图像检索	297
11.2 基于融合特征及检索结果优化的现勘图像检索算法	298
11.2.1 融合特征	299
11.2.2 基于检索结果优化的现勘图像检索算法	302

11.2.3 实验结果·····	303
11.3 轮胎花纹检索·····	308
11.3.1 轮胎花纹图像数据库·····	309
11.3.2 算法测试比较·····	311
参考文献·····	312
第 12 章 刑侦案件智能串并 ·····	317
12.1 概述·····	317
12.2 刑侦案件智能串并的要素·····	319
12.2.1 刑侦案件数据库中的图像信息·····	319
12.2.2 刑侦案件智能串并的策略·····	320
12.3 智能串并在真实破案中存在的实际问题·····	321
12.4 刑侦案件的信息提取·····	322
12.4.1 案件信息提取的关键技术·····	322
12.4.2 案件视频信息分析·····	323
12.4.3 安检图像特征提取·····	331
12.4.4 刑侦案件图像的目标检测·····	339
12.5 刑侦案件的智能串并·····	340
12.5.1 局部目标的相似度度量·····	340
12.5.2 用于案件串并的多模态信息关联·····	340
参考文献·····	342
第 13 章 刑侦模拟画像 ·····	343
13.1 刑侦模拟画像·····	343
13.1.1 模拟画像概况·····	343
13.1.2 计算机辅助画像技术·····	346
13.2 基于监控信息的模拟画像·····	347
13.2.1 监控信息预处理·····	347
13.2.2 二维计算机辅助画像·····	348
13.2.3 三维计算机辅助画像·····	349
参考文献·····	350
第 14 章 现勘立体足迹三维形貌提取 ·····	352
14.1 现勘足迹概述·····	352
14.1.1 基本概念·····	352
14.1.2 现勘足迹类型与特点·····	352

14.1.3 现勘足迹的具体作用	353
14.2 现勘足迹提取方法	355
14.3 基于面结构光的立体足迹三维形貌提取	356
14.3.1 结构光视觉测量基础知识	356
14.3.2 足迹三维形貌提取原理	358
14.4 便携式现勘立体足迹三维形貌提取系统	368
14.4.1 系统构成	368
14.4.2 系统功能特点	369
参考文献	370
第 15 章 鞋印图像识别系统	372
15.1 鞋印图像识别技术概况	372
15.2 鞋印识别关键技术	373
15.2.1 鞋印图像预处理技术	373
15.2.2 鞋印图像特征提取技术	378
15.2.3 相似度量方法	380
15.3 基于局部信息鞋印图像识别算法	382
15.3.1 鞋印图像局部特征提取	383
15.3.2 稀疏编码与反向索引	383
15.3.3 相似比对与算法步骤	385
15.4 刑侦鞋印图像识别系统	386
15.4.1 鞋印图像与信息入库子系统	388
15.4.2 鞋印图像库管理与维护子系统	389
15.4.3 鞋印图像比对识别子系统	389
15.4.4 仿真实验结果	390
参考文献	394

第1章 绪 论

1.1 概 述

1.1.1 刑侦图像处理技术的重要性

随着科技的发展和人们生活水平的提高,视频监控在生活中应用的范围越来越广,图像视频处理技术在科技强警、打造平安城市方面发挥着越来越重要的作用。例如,仅陕西省目前就有监控摄像头70余万台,用于交通运输、卫生医疗、教育系统、医疗系统、金融系统等各领域。目前,陕西省公安机关共安装视频监控摄像机4.9万台,各类图像接入32149路。

中共中央、国务院、国家发展和改革委员会、公安部先后出台了多项政策规划,体现了刑侦图像视频信息处理技术的重要性。全国各省都在加快步伐建设基于统一标准,完成各类视频监控系统互联互通、实现公共视频图像资源的整合、提升公安机关破案能力的监控视频综合处理平台。刑侦图像视频处理技术目前越来越受到学者及公安行业技术人员的重视。

然而,由于刑侦图像视频数据内容有区别于普通图像视频数据的特殊性,公安行业实际应用需求的行业特性,设备条件等方面的综合原因,目前我国公安行业图像视频处理技术的应用还处于初级阶段,需要大力深入挖掘、开拓相关技术的作用。

图像视频处理领域的研究成果应用于公安领域遇到困难,简单总结有以下几点。

第一,由于部分设备性能不足、客观条件影响等因素,实际的监控视频数据会出现视频图像模糊不清、分辨率低、过曝光、关键信息捕捉不到等问题。而由于形成刑侦视频图像质量差的因素往往比较复杂,无法通过实验模拟,因此就给视频图像处理技术的应用带来困难,降低了处理技术的水平和质量。

第二,相较于图像视频处理技术的发展,相关技术在公安行业的应用时间很短,如何挖掘刑侦图像视频数据的特色及应用需求的特色,需要学术科研与行业应用的长期紧密结合,非一朝一夕之事。

第三,随着视频监控在公安工作中的作用越来越大,许多警用视频监控系统也应运而生,但是目前大多数智能视频系统在设计时应用需求不明确,与公安工作相结合不够紧密,导致许多功能在公安工作的实际应用中发挥不了作用,公安

工作中许多需要的功能在系统中又无法实现，在浪费了大量的人力、物力和财力的同时，所达到的效果也不明显^[1]。此外，这些系统造价昂贵，不便于普及；界面偏于复杂，不利于干警在需要的场合操作使用。

因此，了解公安行业实际需求，构建实际刑侦图像视频数据库，通过深入分析测试了解其数据特性，提炼特定的研究内容，有目的、有效地进行研究开发工作，真正解决实际问题，提高公安干警工作效率，节省人力财力，是从事刑侦图像视频处理领域研究的途径、目的和意义所在。

1.1.2 实际问题举例

针对目前公安行业实际需求，刑侦图像视频处理技术领域的研究多集中在图像视频清晰化、视频智能分析、图像视频检索比对、视频图像编码压缩等方面。本节举几个实际例子说明相关技术在实际应用中的困境。

1. 图像视频清晰化

图 1.1 为一次实际交通肇事案监控视频截图，需要从中获取肇事车辆的信息，比如车牌号码中任意一位。但是，由于车辆高速逃离，造成图中圆圈所示的严重过曝光情况，车牌信息无法正确恢复。



图 1.1 交通肇事案监控视频截图 1

图 1.2 为另一起交通肇事案视频截图，圈中所示为嫌疑目标。图 1.3 为放大及补光处理后的效果，有用信息有限。

2. 图像视频检索

现场勘验（现勘）图像内容特殊，包含的图像种类有一些是学术界常用图像数据库所没有的，如血迹、指纹、鞋印、生物物证等。此外，有些类别的内容却



图 1.2 交通肇事案监控视频截图 2



图 1.3 图 1.2 处理效果

又太过杂乱,如外景,包括道路、房屋、车辆甚至夜市等不同内容的图片。刑侦现勘图像的有效分类,需要针对公安行业分类定义及数据特性设计适用的方案。图 1.4 是西安邮电大学图像与信息处理团队所建的实验数据库中的刑侦现勘图像例图。

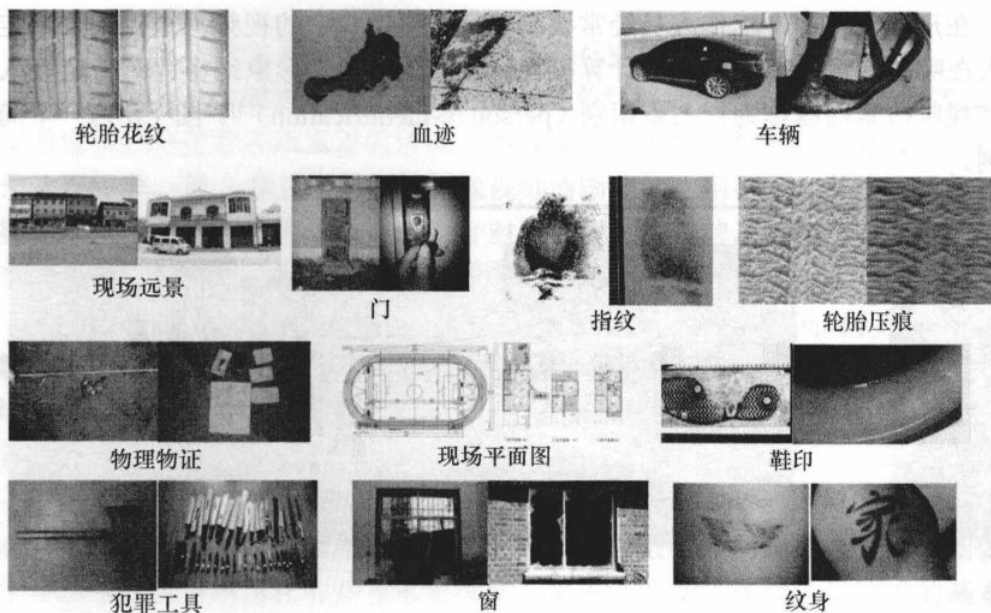


图 1.4 刑侦现勘图像例图

而监控视频检索,必须针对公安人员感兴趣的目标进行,主要包括嫌疑人、嫌疑车辆、特殊可疑事件等。现有的监控视频检索系统技术提高的空间很大。目前存在的主要技术难题包括被口罩或者眼镜遮挡的人脸识别、侧脸的识别,嫌疑人步态分析,人群异常行为检测,热点事件预警等。虽然相关研究成果已经有应用,但在准确率及实时性方面离预期的效果还有差距。

图 1.5 是利用某软件视频摘要处理后标出的人物目标。左图为星光级高清摄像机下的暗光模拟视频画面，通过软件摘要后，得出此段视频共有 4 个对象，最黑部分的关键人物摘要丢失。右图为将原视频经过迅通 VAIS 进行增强处理，再进行摘要后，同一段视频得出的 11 个对象，大大增加了识别准确率。此外，迅通 VAIS 还准确摘要到右边暗处走出来的人物^[2]。

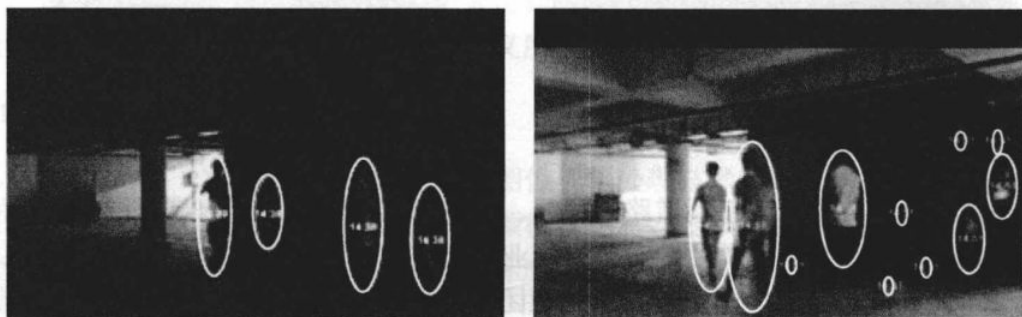


图 1.5 某车库入口场景

在刑侦工作中，工作人员经常要浏览多个摄像头中的视频，查找某个特定的行人在哪些摄像头前出现过。计算机视觉领域的学者们形象地将针对特定行人的监控视频检索问题称为行人重识别 (person re-identification)^[3]。图 1.6 为一个简单示例。



图 1.6 行人重识别

图 1.6^[4]是被不同的摄像头检测到的同一行人的图片。在不同的摄像头下，行人的姿态、光照、随身物品也不同。

行人重识别是利用计算机视觉技术判断图像或者视频序列中是否存在特定行人的技术，旨在弥补固定摄像头的视觉局限，并可与行人检测和行人跟踪技术相结合，应用于智能视频监控、智能安保等领域。这方面的研究已成为目前学术界一个热点，但现有技术成果离实际应用还有一段差距，其中一个主要问题是缺乏大量实际刑侦图像视频数据样本而导致算法面对实际数据性能表现得不够理想。