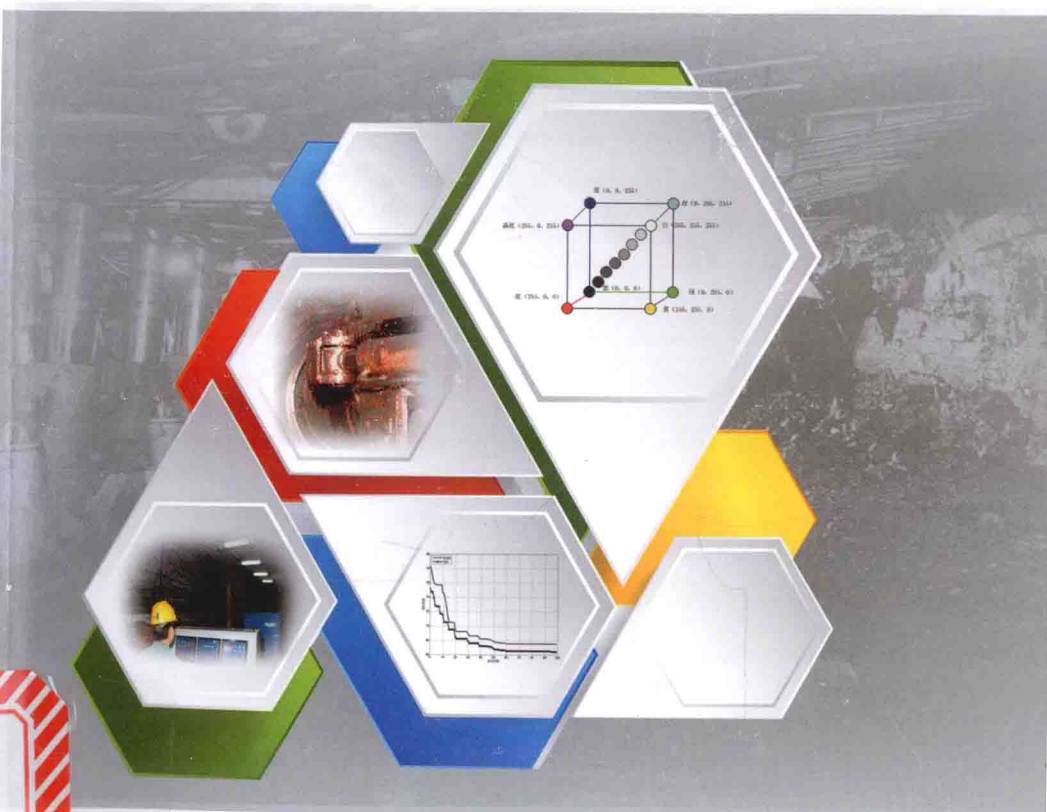


Monitoring Image Stitching and Recognition in Complicated Environment

复杂环境下 监控图像拼接与识别

姜代红 著



中国矿业大学出版社

徐州工程学院学术著作出版基金资助出版

复杂环境下监控图像 拼接与识别

姜代红 著

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书紧扣“复杂环境下监控图像拼接与识别”这一研究主题,紧跟国内外发展现状和最新成果,从理论和应用两方面探讨了图像去噪、图像增强、图像拼接和图像目标识别及行为分析四个领域的理论、方法及涉及的相关技术。研究成果丰富了智能视频监控领域研究,解决了构建智能视频监控系统的一些关键技术问题,对于构建复杂环境下智能监控系统具有重要的支撑作用。

本书可供通信工程技术人员、安全工程技术人员、相关科技工作者及大中专院校高年级本科生或研究生使用。

图书在版编目(CIP)数据

复杂环境下监控图像拼接与识别 / 姜代红著. —徐州:
中国矿业大学出版社, 2017. 2

ISBN 978 - 7 - 5646 - 3357 - 8

I. ①复… II. ①姜… III. ①煤矿—智能控制—图象
识别—研究 IV. ①TD76

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第298308号

- 书 名 复杂环境下监控图像拼接与识别
著 者 姜代红
责任编辑 李 敬 万士才
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)
营销热线 (0516)83885307 83884995
出版服务 (0516)83885767 83884920
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司
开 本 880×1230 1/32 印张 5.125 字数 133 千字
版次印次 2017 年 2 月第 1 版 2017 年 2 月第 1 次印刷
定 价 26.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

图像拼接与识别是智能视频监控领域的重要研究内容,它在工业、煤矿、军事等领域有着广泛的应用。目前,国内外学者围绕监控图像拼接与识别开展了大量研究,通过理论分析,针对不同的应用领域提出了不同的匹配算法,并通过实验验证取得较好的研究成果。然而,目前大部分的视频监控算法只能在光照条件良好、道路路况正常的情况下取得较好的效果,而在复杂条件,诸如潮湿环境、光照不均、遮挡干扰等情况下,视频监控图像质量严重下降,给视频监控中图像拼接、运动目标检测及其行为模式分析带来了严峻挑战。

本书紧扣“复杂环境下监控图像拼接与识别”这一主题,以煤矿井下复杂环境监控为例,从理论和应用两方面围绕基于矿井监控视频的图像去噪、图像增强、图像拼接、复杂场景情况下的运动目标跟踪识别及行为分析展开研究。本书共分为六章内容:第1章,对国内外相关研究进行综述,指出存在的问题。第2章,运用人眼视觉感知中的彩色细节及对比特性,采用 CIELab 均匀颜色空间,研究视觉特性的图像去噪新方法。第3章,开展免疫遗传算法理论研究,提出一种新的图像自适应增强方法。第4章,分析角点检测和尺度特征的图像拼接方法,建立监控图像全自动快速拼接的方法。第5章,

探索运动目标的定位、跟踪识别及行为分析。第6章对所做工作进行了总结,指出不足之处,并对下一步的工作进行了展望。

本书的主要内容来自作者在攻读博士学位期间和近年来的主要研究成果。在撰写过程中,参考了大量国内外专家学者的重要著作和文献资料,在此谨向全部参考文献的作者表示衷心的感谢!本书的出版还得到了国家自然科学基金项目“面向煤矿物联网的分布式监控信源高可靠压缩编码模型与方法”(项目批准号:51574232)、国家自然科学基金项目“物联网的煤矿瓦斯时空异常探测启发模型与可靠性编码方法研究”(项目批准号:61379100)、徐州市科技计划项目“基于视频智能感知的矿井动态目标识别系统研究”的资助,作者在此一并致谢。限于作者水平,书中难免存在疏漏和不足,敬请同仁批评指正。

作 者

2016年12月

目 录

1 绪论	1
1.1 研究背景与意义	1
1.2 国内外研究现状	8
1.3 本书的主要研究内容及创新点	22
1.4 小结	25
2 基于视觉特性的图像去噪新方法	27
2.1 引言	27
2.2 井下图像噪声分类	28
2.3 常用的图像去噪方法	29
2.4 基于视觉特性的图像去噪新方法	36
2.5 实验结果与分析	46
2.6 小结	49
3 基于免疫遗传的图像自适应增强方法	50
3.1 引言	50
3.2 传统图像增强方法	51
3.3 遗传算法基本理论	55
3.4 基于免疫遗传的图像自适应增强方法	58

3.5	实验结果与分析	69
3.6	小结	75
4	基于 Harris-SIFT 的图像自动快速拼接方法	76
4.1	引言	76
4.2	基于角点检测的图像拼接算法	77
4.3	SIFT 算法	82
4.4	井下监控图像序列全自动快速拼接算法	86
4.5	实验结果与分析	90
4.6	小结	97
5	基于 PCA-SIFT 的运动目标跟踪识别及行为分析	98
5.1	引言	98
5.2	井下运动目标识别分析研究框架	99
5.3	运动目标轮廓提取	101
5.4	基于 PCA-SIFT 的运动目标跟踪识别	108
5.5	基于快速模板匹配的运动目标行为分析	117
5.6	实验结果与分析	125
5.7	小结	131
6	结论与展望	133
6.1	结论	133
6.2	展望	136
	参考文献	138

1 绪 论

1.1 研究背景与意义

1.1.1 研究背景

能源是我国国民经济和社会发展的基础,煤炭在能源供应中居于首要地位,占据我国一次能源生产和消费结构的70%,根据国家能源部门预测,到2050年在我国一次能源生产和消费结构中,煤炭仍将占50%以上。因此,今后相当长一段时间内,煤炭仍将是我国的主体能源。为加快我国煤炭行业的发展方式转变和产业结构调整,《煤炭工业发展“十二五”规划》指出,“十二五”期间,煤炭工业应进一步推进关键技术攻关、促进新技术推广应用、加大重大成套装备研制、加强基础理论研究,提高煤炭科技自主创新能力和煤矿技术装备水平^[1]。

近年来,我国煤矿企业的安全生产状况十分严峻,重、特大恶性事故频发,给国家财产和矿工生命带来了巨大损失,产生了恶劣的社会影响,煤矿安全问题已成为影响煤炭工业生产以至于社会稳定的重大问题,受到党和国家的高度重视。为了扭转煤矿安全的被动局面,出台了许多近似苛刻的管理

规定,取得了一定的效果,但仍然无法从根本上杜绝事故的发生。当前我国经济发展进入新常态,稳增长、转方式、调结构是“十三五”期间经济发展的主要形态,经济由原来的高速增长转向中高速增长,从规模速度型粗放增长转向质量效益型持续增长,对煤炭工业发展无疑提出更高的要求,因此必须保证煤炭工业持续、稳定、健康地发展^[2,3]。我国煤矿主要是井工开采,生产环境条件复杂,与其他行业相比,煤矿安全生产问题尤为突出,容易发生事故,煤炭行业也被称为高危行业,安全生产是煤矿生产的头等大事,安全对煤矿生产起着保证、支撑和推动作用。随着信息技术的逐步普及,我国煤炭生产装备水平逐步实现了自动化,生产效率大大提高,从技术和管理的角度出发,对煤矿安全生产和信息化建设提出更高要求。根据煤矿企业生产的要求,实现一矿一面、高产高效,逐步实现少人化乃至无人化工作面,必须加强对煤矿作业区和工作面的视频监控,升级煤矿自动化监控系统,提高煤矿企业的自动化水平和安全生产管理能力,就具有十分重要的意义^[4]。

煤矿视频监控系统向煤矿调度指挥中心调度指挥人员和相关领导及职能部门提供实时图像信息,使他们能够直观、快捷地了解井下的主要生产环节、重要设备及关键场合的生产情况,掌握实时工况,对及时发现监控场景内的违章行为、促进煤矿生产的顺利进行产生了重要作用。然而,按照现在依靠人力监控的感知模式,无法实现对众多监视场景的同时持续监视,调度人员不能实时全面地掌握生产设备运转状况,无法实时发现生产过程中的异常行为和安全隐患。现有煤矿视频监控系统在应用中暴露出监控模式简单、单一、监控效率低

下、监控信息利用率低,不能及时发现异常信息等问题,从而严重影响了视频监控系统对矿山安全保障能力的发挥。所以在煤矿井下视频监控系统中引入智能视频监控技术,用机器取代人眼感知,实现煤矿监控系统的智能化,不仅可以大大降低煤矿调度人员的劳动强度,实时发现异常行为和安全隐患,而且能够提高系统监控效率,增强视频监控对安全生产的保障能力,实现监控模式变革。智能化的视频监控系统与煤矿安全监控等系统配合将大大改善煤矿主动安全管理水平,形成保障煤矿安全生产的新的屏障,在煤矿有广阔的推广应用前景^[5-10]。

针对井下复杂工作环境,利用智能信息处理技术,对煤矿井下视频监控图像进行智能视觉处理和行为识别是非常必要的,其不仅是煤炭开采创新和技术进步的要求,更是进一步提高煤矿安全管理水平的要求,具有很高的研究价值和现实意义。

1.1.2 视频监控面临的问题

1.1.2.1 问题的提出

尽管在安保、交通等领域已对视频智能感知技术与方法展开了研究,并取得了一定的研究成果,但是由于面向的监控领域不同,这些研究成果并不完全适用于煤矿领域。视频监控在煤矿的应用目的是为了保证煤矿安全生产和科学调度指挥,与其他领域的视频监控系统相比有以下特殊要求:一是煤矿生产是一个复杂的流程,需要对各个生产环节进行同时持续监视,比如运输胶带的开停状态、胶带上的煤量大小、主井提升的有效钩数,以便及时了解整个生产流程的状况,实现科学调度指挥;二是煤矿生产战线长、井下危险场所多,为充分

保证安全生产,需要视频监控系统能够识别井下人员的各种不安全行为和设备不安全的运行状态,例如,矿工不戴安全帽、爬胶带,运输胶带机机头堆煤、胶带跑偏、胶带打滑、自燃、机车超载等;三是针对煤矿井下特定区域,需要实现监控对象的行为分析,如变电所、炸药库、水泵房、特殊巷道等区域都是不允许一般人员进入,所以需要分析该区域出现的人员的行为以判断是否存在安全隐患;四是煤矿井下环境是一个事故多发的特殊环境,水、火、瓦斯、机电等事故时有发生,需要及时对各种监控异常作出迅速反应,实现与其他系统的联动。因此,煤矿视频监控系统的智能化显得尤为重要,而且势在必行。实现煤矿视频监控系统智能化必须解决目前煤矿视频监控存在的以下亟待解决的问题^[11-15]:

(1) 煤矿视频监控下的图像质量问题。

煤矿视频监控具有多种可造成图像降质的特殊因素:首先,井下是一个多尘的潮湿环境,造成监控视频存在“模糊感”;其次,监控视频存在强烈的光照不均现象。这两方面的缺点致使监控视频图像大都呈现信噪比低、目标不清晰、边缘模糊且时有断裂等现象,这些现象都给目标检测与图像理解带来了挑战。

(2) 煤矿生产场景的大范围监视问题。

煤矿由于井下空间受限,监控场面都比较小,为了及时做到对煤矿生产全过程监控往往需要设置多个摄像机,生产指挥人员为了全面观察井下生产情况,往往需要同时切换观看多个监控场面,操作十分不便。目前视频监控系统实现了大范围监视,但是没有实现监控画面的大范围一体化监视。

(3) 缺乏主动安全监管能力。

煤矿视频监控系统需要对生产过程的主要环节实施多场景实时全面监控,监控场景主要包括主井、副井、皮带运输、辅助运输、煤矿、掘进工作面等。一般而言,大中型煤矿的监控场景至少有 30 个,要求监控人员对如此多的场景同时实施持续有效的监控几乎是不可能的。现有煤矿视频监控系统对所监视画面,不能自主发现监控画面中的异常现象,没有主动安全监管能力,其监管功能完全通过人来实现,准确地说,其只是为监控人员提供了一个实时的监视画面,缺乏有效的自动分析能力,只是实现了对视频信息的记录存储,监控人员从海量视频数据中分析提取出有价值的信息越来越困难,没有充分发挥视频监控系统本身的主动监督作用。由于缺乏主动的安全监管能力,造成视频监控系统对安全生产的保障能力不能有效发挥,降低了煤矿生产指挥调度效率。因此,煤矿视频监控的智能化是解决现有视频监控系统多场景实时持续监控问题、缺乏主动安全监管能力和系统实时响应问题,实现主动安全监管的有效手段,其核心是实现煤矿视频的智能感知^[16-18]。

1.1.2.2 涉及的科学问题

针对以上问题,为实现煤矿监控视频的智能感知,必须通过图像处理、智能视觉分析、模式识别等技术,实现对监视区域所发生的各类事件进行自动检测、自动预警,实时检测出目标区域运动目标的位置、监控画面异常变化、人员跌倒、人员呼救、人员奔跑、异常停顿、人员拥挤、人员闯入等异常状况。为此,本书将重点研究在煤矿实现视频监控智能化需要解决的关键性问题,包括:

(1) 矿井复杂环境下的图像去噪。

煤矿视频监控图像去噪的复杂性在于受粉尘、潮湿影响大,导致监控图像中夹杂大量噪声,如何在这种情况下实现监控图像的噪声消除,并且尽量保持监控图像的细节特征,是本书的关键技术问题之一。

(2) 矿井复杂环境下的图像增强。

井下图像由于受到光照、煤尘、潮湿等环境因素,导致图像亮度不够或者对比度较低,图像质量不佳,而图像处理得好坏直接影响后续图像分割和轮廓提取的准确性。因此,如何改善图像的质量,使图像便于检测,对图像进行增强,是本书的关键技术问题之一。

(3) 矿井复杂环境下的图像拼接。

煤矿安全生产调度需要对工作面等主要生产场所进行全景监控,然而煤矿工作面宽,使用单个摄像头难以全面监控,且井下光照度不够,生产时粉尘大,图像噪声干扰较大,如何在这种情况下实现图像的自动快速拼接,提高拼接成功率,是本书的关键技术问题之一。

(4) 井下运动目标跟踪识别方法。

井下监控场景中包括多种运动目标,井下的运动目标行为与其运动轮廓有着密切关系,如何在这些复杂环境中进行图像分割和目标定位及识别,提高目标特征检测识别与跟踪的准确率、快速性,是本书的关键技术问题之一。

(5) 井下运动目标行为分析方法。

井下运动目标行为的识别是实现主动式智能视频监控需要解决的关键技术问题。煤矿井下运动目标行为方法具有多样性,相同的行为在不同的场景中属于不同的行为模式。因此,如何及时发现监控对象的异常状况,并作出迅速反应,是

本书的关键技术之一。

1.1.3 研究意义

本书着眼于煤矿图像拼接与识别若干关键技术的研究,将对煤矿安全生产保障技术的研究起到以下促进作用:

(1) 拓宽了煤矿安全生产保障技术研究领域。

通过本书的研究将智能视频监控技术与安全生产密切结合,使视频监控系统可以全天候、不间断地对生产场景异常状况进行实时监控,并作出主动反应,拓展了煤矿安全生产保障技术研究领域。

(2) 促进煤矿视频智能信息处理技术研究。

通过本书的工作将图像工程、认知科学、机器视觉^[19,20]等学科引入到面向煤矿安全生产的智能视频图像处理、目标识别与图像理解领域的研究中,拓展了视频图像处理与理解的研究领域,拓宽了煤矿视频监控的研究方向。

(3) 促进计算机智能化技术在煤矿安全领域中的应用。

近些年,基于计算机的智能化技术、自动控制技术,在我国迅猛发展。然而,智能化的安全防范技术在煤矿井下却未得到大规模推广。不少与煤矿安全生产相关的科技手段,由于各种制约因素,不能有效地保障井下人员的生命和财产安全。因此,本书通过深化煤矿监控智能视频分析研究,将进一步促进计算机智能化技术在煤矿安全领域中的应用。

(4) 为我国煤矿视频智能监控平台的研制提供技术积累。

本书拟解决煤矿视频监控系统智能化过程中遇到的监控场景图像背景建模、运动目标轮廓精确提取、固定场景运动目标识别与行为分析、基于视频的生产设备状态感知等问题,为

煤矿视频智能监控系统开发提供技术积累。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 智能图像处理技术及其在煤矿开采中的应用

1.2.1.1 智能图像处理技术主要研究内容

从 20 世纪 70 年代中期开始,由于计算机的处理速度加快,且数字信号具有失真小、易保存、易传输、抗干扰能力强等特点,数字图像处理的应用领域不断扩大,目前已在航空航天、生物医学、通信工程、工业自动化、机器人视觉和军事等诸多领域被广泛应用,成为当今不可缺少的一门技术^[21,22]。本书研究的图像处理技术主要包含以下几个方面^[23-25]:

(1) 视频图像去噪。在处理及传输过程中经常受到成像设备与外部环境噪声干扰等影响的数字图像称为含噪图像。图像信号在其形成、传输、变换以及终端处理中,经常会受到各种噪声的干扰而降质。因此,为了更好地对图像进行分析与处理,在图像预处理中必须降低图像中的噪声,图像去噪算法的研究是信息技术中最活跃的研究领域。

(2) 图像增强和恢复。图像增强与恢复都是为了提高图像的质量。图像增强是对视觉不满意的图像进行改善,突出图像中所感兴趣的部分。图像恢复需要考虑图像降质的原因,建立“降质模型”,重构图像。怎样改善图像显示效果,并减少噪声影响,展现图像细节是一个矛盾问题,而这也是近些年图像增强和恢复技术发展的主要方向。

(3) 图像配准与融合。图像配准是指提取参考图像和待拼接图像中的匹配信息,寻找图像间的变换模型,然后由待拼

接图像经变换模型向参考图像进行对齐。信息融合是利用多源信息进行决策和行动的理论和工具、技术。图像融合是信息融合一个非常重要的分支,就是把来自多个不同模式传感器、同一传感器在不同时刻获得的同一场景的多幅图像合成一幅。图像配准与融合应用于摄影测量与遥感、资源分析、三维重建、目标定位与识别等众多领域,一直是研究者关注的焦点。

(4) 图像分割和描述。图像分割和描述是目标跟踪识别和行为理解的基础,用适当的数学语言(如图论、句法、形态学等)来表示已分离区域或物体的结构与统计性质,或者表示区域间的关系。图像分割和描述是对图像进行视觉分析和模式识别的基本前提,同时也是数字图像处理领域的一个研究难点。

(5) 图像分类和识别。图像分类和识别就是把图像进行诸如增强、复原、压缩等预处理之后,进行特征提取、图像分割,并进而判决分类。这是一个模式识别的范畴,其内容主要涉及统计模式分类和句法结构模式分类等图像分类常采用方法,模糊模式识别和人工神经网络模式分类等近年来新发展起来的模式,也受到越来越多重视。寻求非接触、精度高、具有综合分析能力的识别方法来代替人工目测,解决图像的模式识别和测量问题,是一个主要研究方向。

1.2.1.2 智能图像处理技术在煤矿开采中的应用

在实际应用方面,国外智能数字图像处理技术在矿井中的应用已有较高水平。如美国通过对井下监控图像进行处理已开发出井下矿车监督系统,可辨别矿车的里程、路线和时间以及矿车的货物种类、重量等;德国煤矿开采采用了“煤矿图

像处理”技术,甚至可以在不利条件下也能正常对物体的“好”和“坏”进行区分,或对原煤和杂物进行区分,如传送带传送速度很快、低温、灰尘大、照明差等,这就能部分替代矿工执行一些诸如在恶劣地下环境分拣煤等危险工序。在国内,智能数字图像处理技术在煤矿开采中也逐渐受到重视。目前,我国的许多煤矿都安装有工业电视,通过图像对井下关键设备和主要工作场所进行监视;基于图像处理的目标定位系统也为一些现代化矿井采用,来跟踪定位井下人员数量和运动位置。

在理论研究方面,智能数字图像处理在煤矿开采中的研究主要集中在矿井监控图像处理、井下人员图像处理、机车图像分析和煤炭图像分析等方面。例如:澳大利亚昆士兰研究中心 O'Brien 等人利用自动成像技术对煤岩特性进行了分析^[26];Sadeghiamirshahidi 等人将图像处理方法应用到煤炭开采中,从图像中确定黄铁矿物质在不同煤堆中的量^[27];R. Wang 等人提出一种基于 DSP 和数字图像处理的煤矸石自动分选系统^[28];Z. Zhang 等人利用图像分割技术,确定了煤的表面颗粒形态边缘,从而自动估算出煤的粒度分布^[29];Y. Junjian 等人将图像增强、边缘检测、区域分割、灰度分析、模式识别等方法,用于基于 FPGA 和 DSP 的选煤检测技术的图像处理嵌入式系统中,从而识别出煤和矸石^[30];孙继平提出基于可见光图像和红外图像识别的煤岩界面识别方法:提取色彩、灰度、纹理、形状等图像特征,进行煤岩界面识别^[31];陈伟等人采用统计上限和下限阈值的方法分割出肤色区域像素和相似色度的背景像素^[32],提出基于 YCbCr 模型的巷道监控中矿工脸部图像识别,成功地分割巷道监控图像中的脸部区域;蔡利梅等人针对井下图像,提出基于模糊理论的增强算