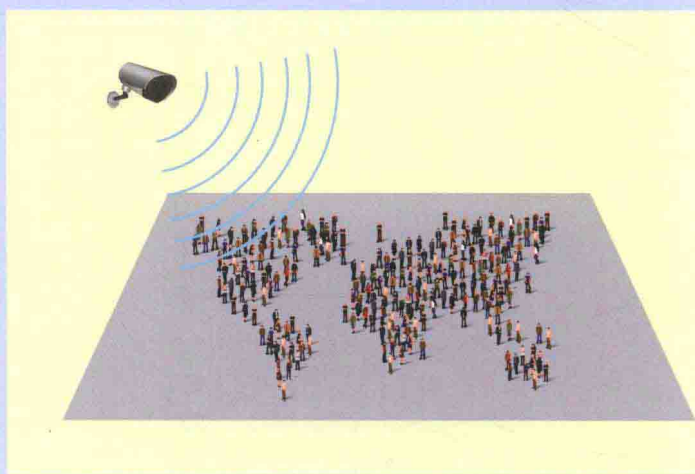


赵 英◎著

Video Based Crowd Mutation Analysis

人群行为突变视频分析



人群行为突变视频分析

赵 英 著



科学技术文献出版社
SCIENTIFIC AND TECHNICAL DOCUMENTATION PRESS

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

人群行为突变视频分析/赵英著. —北京: 科学技术文献出版社, 2016. 6
ISBN 978-7-5189-1395-4

I. ①人… II. ①赵… III. ①视频系统—系统分析 IV. ①TN94

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 110850 号

人群行为突变视频分析

策划编辑: 崔灵菲 责任编辑: 王瑞瑞 责任校对: 赵 媛 责任出版: 张志平

出 版 者 科学技术文献出版社

地 址 北京市复兴路 15 号 邮编 100038

编 务 部 (010) 58882938, 58882087 (传真)

发 行 部 (010) 58882868, 58882874 (传真)

邮 购 部 (010) 58882873

官 方 网 址 www.stdp.com.cn

发 行 者 科学技术文献出版社发行 全国各地新华书店经销

印 刷 者 北京九州迅驰传媒文化有限公司

版 次 2016 年 6 月第 1 版 2016 年 6 月第 1 次印刷

开 本 850 × 1168 1/32

字 数 231 千

印 张 9.75 彩插 16 面

书 号 ISBN 978-7-5189-1395-4

定 价 48.00 元



版权所有 违法必究

购买本社图书, 凡字迹不清、缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换

前 言

通过视频摄像机实现对人群行为的智能识别与分析,是加强治安防控、创新社会治理、提高城市管理水平、提升突发事件监测预警能力的有效途径,也是实现智慧城市“善政、兴业、惠民”目标的有力抓手。但实践中由于应用场景复杂多变、受人群行为视频分析技术发展的制约,导致其实施并未达到预期效果。特别是由于对人群行为突变的识别方法不够普适性、量化,导致了部分项目对拥挤踩踏等群体性突发事件的监测预警不够及时有效。因此,研究一种正确的、可以量化和普适性应用的人群运动行为突变识别的方法,是人群运动行为突变自动识别亟待解决的难题之一。

本书系统回顾了视频及人群监控系统的诞生及发展,对人群行为特征进行了研究,并研究了人群密度、人群速度和人群流量三者间的关系。总结了目前人群视频监控及人群行为突变识别需要解决的问题:提取有效的视觉特征并建立有效的行为表示方法等;更有效、更具泛化能力并具有普适性的模型算法。人群行为的突变实质是人群宏观状态的突变,熵作为反映人群宏观状态的态函数,是人群宏观状态的量度。通过熵变识别人群运动行为的突变,将有可能提供一种通过摄像机自动识别人群运动行为突变的新思路。

建立了具有普适性的人群运动行为宏观状态熵模型。针对人群运动行为突变现象,对人群宏观状态、人群微观状态、个体微观状态及其之间的关系进行了探索性的研究。借鉴香农熵、玻尔

兹曼熵和克劳修斯熵的概念,采用统计物理学方法,从人群中个体的运动速度出发,构建了人群的微观状态空间,并进一步构建了表达人群宏观状态的熵模型,从而建立了人群宏观状态与微观状态的关系。

提出了基于熵变的人群运动行为突变识别的方法。定义了“一阶熵变”,作为判断熵变快慢的标识量,即熵变速度;定义了“二阶熵变”,作为判断熵变加速度的标识量,即熵变加速度。定量描述人群的宏观状态及人群运动行为突变现象。为全面考察人群运动行为突变提供了一种新的分析方法。

验证了个体运动速度作为人群微观变量的合理性。基于社会力模型,模拟了人群有序、无序及其突变行为,考察了人群突变与微观变量的关系,发现人群宏观状态与速度分布存在一定的关联性,进而验证了采用个体速度对人群微观状态空间进行构建的合理性。考察了人群微观状态空间与人群宏观状态的关系:当人群宏观状态处于有序时,微观状态空间基本呈现集中的单峰值分布;当人群宏观状态处于无序时,微观状态空间基本呈现分散的多峰值分布。验证了人群微观状态空间构建方法的可行性与科学性。

建立了人群运动行为突变与熵变间的关系。通过模拟实验验证了人群宏观状态与熵值的关系,即人群越无序熵值越高;通过将人群香农熵取值结果,分别与人群克劳修斯熵、人群玻尔兹曼熵相比较,验证了人群香农熵模型作为反映人群宏观状态熵模型更为合理;并提出了“一阶熵变”与“二阶熵变”人群状态变化的分析方法,对人群有序—无序状态突变进行量化分析,提出了基于熵变的人群运动行为突变识别准则,并初步探讨了人群宏观状态突变的机制。通过采用不同的微观状态构建方法,考察模拟实验中人群的熵取值变化,对人群宏观状态熵取值影响因素进行了分析。

分析了人群运动行为突变识别方法的适用性。通过典型视频实验,采用熵变分析方法,识别出人群的“浪涌”现象、“走—停”突变、“不拥堵—拥堵”突变及因设置警戒引发的人群突变,验证了本书构建的熵模型能够适用于高密度人群复杂状态突变的识别。通过与序参量做对比研究,验证了人群宏观状态熵模型的适用范围更加广泛;探讨了微观状态空间的不同构建方法对熵值的影响,表明一般情况下微观状态空间的构建会影响人群宏观状态熵的绝对值大小,根据不同场景,设置不同的微观状态,人群宏观状态熵模型具有更强的适用性;通过分析网上公开的德国“爱的大游行”视频,验证了人群宏观状态熵模型在复杂场景的人群突变中的应用可行性。

熵产及熵变理论和人群受力分析作为前沿的理论,目前仍处于发展之中,将其更好地应用于人群行为突变的识别中,需要对人群运动行为系统有深入了解。其他新理论和新技术的引入,将会加深对人群运动行为突变过程的理解。未来的研究,需要建立熵变与人群突变报警的关系,需要深入研究人群的平衡态、非平衡态及其之间的转变,以提高对人群行为系统的理论认识水平。

目 录

第 1 章 成像技术的历史与现状	1
1.1 引言	1
1.2 暗箱的发明与摄影光学	2
1.2.1 墨经光学	2
1.2.2 摄影光学	4
1.2.3 小孔成像	5
1.2.4 西洋暗箱	8
1.3 感光材料的发明与摄影化学	10
1.3.1 图像固定和保存	10
1.3.2 硝酸银与银盐的感光	12
1.3.3 达盖尔的银版摄影法	14
1.3.4 “负—正系统”与“卡罗式摄影法”	16
1.3.5 黑白胶片	19
1.4 光学与彩色摄影关键技术	20
1.4.1 光线及色彩的关系	20
1.4.2 加色法与减色法	21
1.4.3 彩色感光材料及胶片	22
1.5 图像传感器	23
1.5.1 CMOS 图像传感器	23
1.5.2 电荷耦合器件 CCD	24
1.5.3 CMOS 与 CCD 的对比	27

1.5.4	CMOS 和 CCD 存在的问题	29
1.5.5	仿视网膜分布探测器	30
1.6	全息成像技术	31
1.6.1	全息术的原理	31
1.6.2	全息术的特点	34
1.6.3	全息技术发展阶段	35
1.6.4	全息照相与普通照相	36
1.7	照相机的发展阶段	37
1.7.1	第一阶段 (1839—1924 年)	37
1.7.2	第二阶段 (1925—1953 年)	40
1.7.3	第三阶段 (1954—1987 年)	42
1.7.4	第四阶段 (1988 年至今)	44
1.8	小结	45
	参考文献	46
第 2 章	视频监控的历史及现状	50
2.1	引言	50
2.2	视频的诞生	51
2.2.1	瞬间摄影与连续拍摄	51
2.2.2	最早的电影	53
2.2.3	电影视镜与连续播放	54
2.2.4	电影诞生	55
2.3	视频关键设备	57
2.3.1	飞点扫描器	57
2.3.2	模拟视频磁带录像机	58
2.3.3	数字视频录像机	59
2.3.4	网络视频录像机	60
2.4	模拟视频监控系统	61

2.4.1 系统组成	61
2.4.2 主要设备	62
2.4.3 技术特点	63
2.5 数字视频监控系统	64
2.5.1 系统组成	64
2.5.2 系统特点	65
2.6 智能网络视频监控	66
2.7 移动式视频监控	67
2.8 未来的研究发展方向	68
2.9 小结	69
参考文献	70
第3章 人群行为视频监控	73
3.1 引言	73
3.2 人群行为监控的历史	73
3.2.1 人群的定义	73
3.2.2 历史发展	75
3.3 视频监控在国外的研究	75
3.3.1 美国	75
3.3.2 其他国家	78
3.4 视频监控在国内的研究	79
3.5 视频监控在国外的应用	80
3.5.1 概述	80
3.5.2 美国	80
3.5.3 英国	85
3.6 视频监控在国内的应用	86
3.7 主要视频领域厂商及产品	88
3.7.1 国外厂商	88

3.7.2 国内厂商	90
3.8 人群视频监控的问题	92
3.9 小结	94
参考文献	94
第4章 人群行为特征研究	101
4.1 引言	101
4.2 人群行为特征	101
4.2.1 人群行为特征	101
4.2.2 人群密度特征	102
4.2.3 人群速度特征	103
4.2.4 人群流量特征	104
4.3 人群密度、人群速度与人群流量的关系	105
4.3.1 人群密度与人群速度的关系	105
4.3.2 人群流量与人群速度的关系	107
4.4 人群行为特征检测	108
4.4.1 人群密度检测	108
4.4.2 人群速度检测	112
4.5 人群异常行为检测	114
4.5.1 异常行为检测	114
4.5.2 异常行为识别	116
4.5.3 异常行为特征	117
4.5.4 人群密度与事故	117
4.6 小结	118
参考文献	119
第5章 人群行为研究现状与问题	126
5.1 问题的提出	126

5.2 人群宏观系统的研究现状与问题	129
5.2.1 人群系统作为孤立系统的研究现状	131
5.2.2 人群系统作为开放系统的研究现状	135
5.3 总结	137
参考文献	140
第6章 人群行为的量度模型	151
6.1 引言	151
6.2 人群宏观状态统计物理模型的构建	152
6.2.1 模型的建立	152
6.2.2 微观变量的选取	153
6.2.3 对速度方向的约定	155
6.3 个体微观状态空间的构建	157
6.3.1 问题	157
6.3.2 构建方法	157
6.3.3 微观状态概率及分析	160
6.4 人群微观状态空间的构建	160
6.4.1 人群的微观状态空间的确定	160
6.4.2 人群的微观状态空间的分布	162
6.5 人群宏观状态的熵模型构建	163
6.5.1 熵模型的比较分析	163
6.5.2 人群香农熵的构建	168
6.5.3 人群玻尔兹曼熵的构建	170
6.5.4 人群克劳修斯熵的构建	170
6.5.5 3种人群熵的分析及总结	171
6.6 熵的性质及分析	173
6.6.1 微观状态与香农熵的关系	173
6.6.2 香农熵的性质总结	176

6.7 熵模型及熵变分析	177
6.7.1 一阶香农熵变与熵变速度	177
6.7.2 二阶香农熵变与熵变加速度	178
6.7.3 人群4种熵变类型	178
6.7.4 熵模型适用性分析	179
6.7.5 熵模型复杂度分析	179
6.8 小结	181
参考文献	182
第7章 人群突变与微观状态	184
7.1 引言	184
7.2 模拟人群宏观状态的物理模型的构建	184
7.2.1 社会力模型分析	185
7.2.2 开放人群受力模型	186
7.2.3 人群运动行为突变分析	190
7.3 人群运动行为无序状态的数值模拟	192
7.3.1 实验原理及设计	192
7.3.2 模拟过程及呈现	194
7.4 人群运动行为有序状态的数值模拟	199
7.4.1 实验原理及设计	199
7.4.2 模拟过程及呈现	199
7.5 人群运动行为从无序到有序突变的数值模拟	201
7.5.1 实验原理及设计	201
7.5.2 模拟过程及呈现	202
7.6 人群运动行为从有序到无序突变的数值模拟	204
7.6.1 实验原理及设计	204
7.6.2 模拟过程及呈现	205
7.7 人群宏观状态与微观变量的关系考察	207

7.7.1 速度方向分布	207
7.7.2 速度大小分布	210
7.8 人群微观状态空间构建的实验验证	211
7.8.1 人群无序状态的微观状态空间	211
7.8.2 人群有序状态的微观状态空间	214
7.8.3 人群突变前后的微观状态空间	215
7.9 实验结果与讨论	217
7.9.1 开放人群受力模型可行性分析	217
7.9.2 人群宏观状态与微观变量的关系分析	219
7.10 小结	219
参考文献	220
第8章 人群突变与熵变关系构建	224
8.1 引言	224
8.2 序参量模型的改进	225
8.3 模拟实验的熵值与序参量取值结果分析	227
8.3.1 人群无序状态的熵与序参量取值结果	227
8.3.2 人群有序状态的熵与序参量取值结果	228
8.4 人群双向有序状态的实验分析	229
8.4.1 实验原理及设计	229
8.4.2 模拟过程及呈现	230
8.4.3 熵值及序参量结果	230
8.5 人群运动行为从无序到有序突变分析	231
8.5.1 香农熵与玻尔兹曼熵结果分析	231
8.5.2 一阶熵变与二阶熵变结果分析	232
8.6 人群运动行为从有序到无序突变分析	234
8.6.1 香农熵与玻尔兹曼熵结果分析	234
8.6.2 一阶熵变与二阶熵变结果分析	234

8.7 实验总结与分析	236
8.7.1 人群熵值与人群平衡态	236
8.7.2 香农熵值的影响因素	237
8.7.3 人群熵变及受力分析	238
8.7.4 人群宏观状态突变的物理机制分析	239
8.8 小结	240
参考文献	241
第9章 人群运动行为突变识别	243
9.1 引言	243
9.2 视频跟踪分析方法	244
9.3 双向有序行走的视频分析	246
9.3.1 视频选取与分析	246
9.3.2 速度分布分析	247
9.3.3 微观状态空间	248
9.3.4 熵值结果讨论	250
9.3.5 熵的适用性分析	252
9.4 从无序到有序状态突变的视频分析	255
9.4.1 视频选取与分析	255
9.4.2 速度分布分析	255
9.4.3 微观状态空间	257
9.4.4 熵值结果讨论	261
9.4.5 熵变结果分析	261
9.5 高密度人群“浪涌”现象视频分析	263
9.5.1 视频现象分析	263
9.5.2 熵值结果讨论	265
9.5.3 熵变结果分析	266
9.6 “爱的大游行”视频分析	270

9.6.1 视频中的突变现象	270
9.6.2 “走—停—走”突变分析	271
9.6.3 “警戒设置”引起的人群突变	275
9.6.4 “不拥堵—拥堵”突变分析	278
9.7 小结	281
参考文献	281
第10章 人群行为识别的发展趋势	286
10.1 主要内容	286
10.2 主要成果	288
10.3 主要贡献及创新点	290
10.4 未来研究展望	290
10.5 结语	292
附录 主要符号对照说明	294
致谢	295

第1章 成像技术的历史与现状

1.1 引言

现实世界物体成像的诞生和发展，为视频的出现奠定了基础，是视频监控系统发展的始祖。成像的历史与发展，离不开光学、化学和电子学这三大科学。

光学过程基本确定了成像的尺寸（章毓晋，2011），化学过程基本确定了成像的亮度或颜色（章毓晋，2011），电子学使计算机理解分析图像成为可能（章毓晋，2012）。围绕着成像技术的发展，本章对成像相关的三大科学的原理进行阐释和总结。

几千年前人类对光学现象的观察和探索，启动了人类对图像的认知过程。小孔成像的发现，是其中比较突出的贡献。随后，西洋暗箱的诞生，成了现代照相机暗箱的鼻祖。

将光学成像的图像保存下来，离不开人类对于感光材料的摸索。从硝酸银与银盐的感光实验开始，摄影化学在各阶段的摄影法中发挥了重要作用。

电子学的发展，使图像电子化保存和展现成为可能。图像传感器的诞生，开启了数字照相机的时代，图像开始迈入了信息化的高速发展时代。随后，更为先进的传感器和探测器相继诞生。

全息成像技术的出现，使人类可以从任一碎片信息再现完整的被摄物体形状，开辟了物体成像的新纪元。

本章最后对照相机的发展阶段做了总结和分类。

1.2 暗箱的发明与摄影光学

1.2.1 墨经光学

早在先秦墨家学派兴起（公元前5世纪中叶），古人就开始对一些光学基本现象进行了研究。墨子（约公元前478年至前392年）——墨家学派的创始人，战国时期的政治家、科学家——和他的门徒，研究总结出八条经验，记录在《墨经》中，通称“墨经光学八条”（叶兴浩，2002）。“光学八条”直接涉及光学应用中的一些问题，论述了有关光影的生成、光的反射、平面镜、凸镜、凹镜聚光结影的原理（钱临照，1951）。后人研究，“墨经光学”中存在第九条，对光的折射进行了研究（李志超，2002）。

《墨经》说明了影的成因（孙诒让，2014），认为由于光没有照射到而形成影子。《经说》：“景，光至，景亡；若在，尽古息。”在光照射到的地方，不会产生影子；如果有影子存在，那是光被物体遮挡的原因（张纯一，2015）。如果光源、物体和承影面相对静止，那么影子的位置也相对固定。“景，二光，夹，一光。一光者景也。”当两个光源同时照射一个物体时，就产生了两个“半影”夹持着一个“本影”；一个光源照射时只有一个影子。不仅如此，还讨论了直立木杆在光源照射之下，投在地面的影子的长度大小的变化规律。“景，木施，景短大。木正，景长小。大小于木，则景大于木。非独小也，远近。”当光不变而木杆倾斜时，所形成的影子短而大；木杆正时，所形成的影子长而小。当光体比木杆小时，影子大于木杆。光体的远近也会导致影子大小的变化。

《墨经》中研究了光的反射（谭戒甫，1981）。《经说》：