

学校编码: 10384  
学号: 23020141153171

分类号 \_\_\_\_\_ 密级  
UDC

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

视频监控下的猪只分娩行为识别  
及仔猪跟踪技术研究

Research on The Behavior Identification of Pig  
Delivery And Piglet Tracking in Video Surveillance

蔡 星

指导教师: 雷蕴奇 教授

专业名称: 计算机技术

论文提交日期: 2017 年 4 月

论文答辩日期: 2017 年 5 月

学位授予日期: 2017 年 月

答辩委员会主席:

评 阅 人:

2017 年 5 月

# 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下，独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果，均在文中以适当方式明确标明，并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范（试行）》。

另外，该学位论文为（计算机视觉）课题（组）的研究成果，获得（计算机视觉-雷蕴奇）课题（组）经费或实验室的资助，在（计算机视觉-306）实验室完成。（请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称，未有此项声明内容的，可以不作特别声明。）

声明人（签名）：

年 月 日

# 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年

厦门大学博硕士学位论文摘要库

## 摘要

利用智能视频监控手段替代人工观察,准确实时地检测母猪分娩,同时对出生仔猪的运动状态进行判别是很有价值的研究课题,此课题正是相关企业新产品委托研发中的主要关键技术之一。本文给出了实际视频监控场景下的猪只分娩行为识别方法,并对出生的仔猪进行了跟踪。本文主要的研究工作有:

1. 前景检测。首先研究对比了计算机视觉中常见的三种前景检测算法: GMM、Vibe 和帧间差分法。在将它们分别应用到实际的猪只行为视频上后,经分析和对比实验结果,对前景检测方法做出改进。在改进后的基础上,运用图像处理中的形态学操作,获得更好的前景检测结果。
2. 猪只分娩行为识别。本文给出了一种基于图像分割和霍夫变换的母猪位置获取和自适应设置感兴趣区域的算法,成功地实现了母猪位置的获取和感兴趣区域的设立;然后,根据母猪分娩时的行为特征,提出了一种基于感兴趣区域轮廓面积和宽高比阈值的分娩识别算法。在企业合作方提供的真实场景视频数据集上,对于母猪位置的获取和第一只仔猪的出生识别,我们算法的判定准确率均达到 95%以上。
3. 仔猪目标跟踪。首先对仔猪目标进行提取。针对栅栏遮挡造成前景轮廓断开的情况,本文提出了一种多框融合的算法,可以较好地获取仔猪目标的完整轮廓。然后,我们对传统压缩感知算法做出改进,提出了基于感兴趣区域前景更新的压缩感知仔猪跟踪算法。实验表明,本文提出的跟踪算法即使对于部分遮挡环境下的仔猪目标依然可以较好地跟踪。

在上述算法的基础上,我们构建了一个猪只分娩行为识别与跟踪系统的原型,并在企业提供的真实场景数据集上进行了测试。测试结果表明,系统对于母猪位置的获取和第一只仔猪的出生识别准确率达到 95%以上,且对于部分遮挡环境下的仔猪目标也能较好地跟踪。

**关键词:** 母猪分娩; 仔猪跟踪; 前景检测; 智能监控;

厦门大学博硕士学位论文摘要库

## Abstract

Detecting real time sow delivery and judging the movement state of birth piglets accurately by using intelligent monitoring instead of human observation are valuable and significant task in this field. And this topic is one of the main key technologies in a new product research and development of enterprise cooperation project. In this thesis, we propose the methods for recognizing the behaviors of pig delivery and tracking the piglets. The main research are summarized as below:

1. Foreground detection. We study three commonly used foreground detection algorithms in computer vision: GMM (Gaussian Mixture Model), Vibe algorithm and inter-frame difference algorithm. After applying them to the real pig behavior videos, analyzing and comparing the real results, we propose an improved foreground detection algorithm in this thesis. And on this basis of improvement, the use of morphological operations in image processing helps to access better foreground results.

2. Pig birth behavior recognition. We propose an algorithm for obtaining the location of sow and setting the region of interest adaptively based on image segmentation and the Hough transform, which successfully achieves the obtainment of sow location and the founding of the region of interest. Then, according to the behaviors of sows, we present a birth recognition algorithm based on the area of the region of interest and aspect ratio. On the real scene dataset provided by the enterprise partners, experiments display that the proposed methods are good for the location of the pig and the first piglet birth identification, and the accuracy is more than 95% .

3. Piglet tracking. We first studies the piglet target extraction. Besides, we propose a fusion algorithm to obtain the complete outline of piglet. Then, we improve the traditional compression sensing algorithm, and propose a compression-aware piglet tracking algorithm based on the regional update of the region of interest. Experiments show that it can still be robust to track the piglet with our tracking algorithm even for some occlusion environments.

Based on the above algorithms, we construct a prototype of pig delivery behavior recognition and tracking system, and test it on the real scene data set provided by the enterprise. The results show that our system is suitable for the sow position and first piglet birth recognition, and the accuracy rate is more than 95%. Besides, for partially obscured scenes, it can still be robust to track the piglet.

**Keywords:** Sow delivery; Piglet tracking; Foreground detection; Intelligent monitoring;

厦门大学博硕士学位论文摘要库



# 目录

摘要 .....	I
Abstract.....	III
目录 .....	V
Contents .....	VII
第一章 绪论:智能监控与猪只检测系统.....	1
1.1 论文研究背景与研究意义 .....	1
1.2 国内外研究发展现状 .....	2
1.2.1 基于智能视频监控的目标检测及跟踪研究现状.....	2
1.2.2 基于智能视频监控的猪只行为识别研究现状.....	4
1.3 论文主要内容及论文章节安排 .....	5
第二章 运动目标检测与跟踪 .....	7
2.1 常用的前景检测算法 .....	7
2.1.1 混合高斯模型 (GMM) 算法.....	8
2.1.2 帧间差分法.....	10
2.1.3 Vibe 算法概述 .....	13
2.1.4 三种算法的实验效果对比.....	15
2.2 图像处理知识及形态学操作 .....	17
2.2.1 图像预处理.....	17
2.2.1.1 图像灰度化.....	18
2.2.1.2 图像滤波.....	18
2.2.2 形态学操作.....	20
2.3 运动目标跟踪算法 .....	22
2.3.1 基于自适应模板匹配的多目标跟踪算法.....	23
2.3.2 基于运动信息的多目标跟踪算法.....	24
2.4 本章小结 .....	25
第三章 猪只分娩行为识别技术 .....	27
3.1 猪只分娩行为研究 .....	27

3.1.1 猪只目标检测.....	27
3.1.2 母猪位置获取.....	31
3.1.3 母猪分娩预测及识别.....	37
3.2 本章小结 .....	42
第四章 仔猪目标跟踪算法 .....	43
4.1 仔猪目标提取 .....	44
4.2 压缩感知跟踪算法 .....	48
4.2.1 压缩感知基本原理.....	48
4.2.2 信号稀疏变换.....	49
4.2.3 观察矩阵的构建.....	50
4.2.4 信号恢复算法的设计.....	51
4.3 基于仔猪目标特征的压缩感知跟踪算法 .....	52
4.3.1 多特征压缩感知跟踪模型.....	52
4.3.2 压缩感知跟踪算法流程.....	54
4.3.3 压缩感知跟踪算法描述.....	55
4.3.4 实验与分析.....	56
4.4 本章小结 .....	58
第五章 总结与展望 .....	59
5.1 本文工作总结 .....	59
5.2 下一步的工作展望 .....	60
参考文献 .....	61
硕士在读期间科研成果 .....	64
参与项目.....	64
软件著作权.....	64
致谢 .....	65

# Contents

<b>Abstract in Chinese.....</b>	<b>I</b>
<b>Abstract in English.....</b>	<b>III</b>
<b>Contents in Chinese.....</b>	<b>V</b>
<b>Contents in English.....</b>	<b>VII</b>
<b>Chapter 1 Introduction: intelligent monitoring and pig detection system ...</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Research background and significance.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Research status at home and abroad .....</b>	<b>2</b>
1.2.1 Research on target detection and tracking .....	2
1.2.2 Research status of pig behavior recognition .....	4
<b>1.3 Content and arrangement of the thesis.....</b>	<b>5</b>
<b>Chapter 2 The detection of moving target and tracking.....</b>	<b>7</b>
<b>2.1 Common foreground detection algorithm .....</b>	<b>7</b>
2.1.1 The Gaussian Mixture Model (GMM) algorithm .....	8
2.1.2 Frame difference .....	10
2.1.3 The Vibe algorithm .....	13
2.1.4 The comparison of experimental effects of three algorithms .....	15
<b>2.2 Image processing and morphological operations.....</b>	<b>17</b>
2.2.1 Image preprocessing .....	17
2.2.1.1 Image grayscale .....	18
2.2.1.2 Image filtering.....	18
2.2.2 Morphological operation.....	20
<b>2.3 Moving target tracking algorithm .....</b>	<b>22</b>
2.3.1 Multi-target tracking based on template matching .....	23
2.3.2 Multi-target tracking based on information of motion .....	24
<b>2.4 Summary.....</b>	<b>25</b>

<b>Chapter 3 Behavior identification technology of pig delivery .....</b>	<b>27</b>
<b>3.1 Study on the behavior of pig delivery.....</b>	<b>27</b>
3.1.1 Pig target detection .....	27
3.1.2 Big pig position gets .....	31
3.1.3 Sow delivery prediction and recognition .....	37
<b>3.2 Summary.....</b>	<b>42</b>
<b>Chapter 4 The tracking algorithm of pigs .....</b>	<b>43</b>
<b>4.1 Piglet target extraction .....</b>	<b>44</b>
<b>4.2 Compressed Sensing Tracking Algorithm .....</b>	<b>48</b>
4.2.1 The basic principle of compression perception .....	48
4.2.2 Signal sparse transformation.....	49
4.2.3 Observation matrix construction.....	50
4.2.4 Design of signal recovery algorithm.....	51
<b>4.3 Compression sensing tracing algorithm based on pig feature .....</b>	<b>52</b>
4.3.1 Multi-feature compression sensing model .....	52
4.3.2 Compression sensing tracing algorithm flow .....	54
4.3.3 Compressed sensing tracing algorithm description .....	55
4.3.4 Experiment and analysis .....	56
<b>4.4 Summary.....</b>	<b>58</b>
<b>Chapter 5 Conclusion and future work .....</b>	<b>59</b>
<b>5.1 Summary of the research work in this thesis .....</b>	<b>59</b>
<b>5.2 Further work .....</b>	<b>60</b>
<b>References.....</b>	<b>61</b>
<b>Research achievements in master time .....</b>	<b>64</b>
Projects.....	64
Software copyright.....	64
<b>Acknowledges .....</b>	<b>65</b>

## 第一章 绪论:智能监控与猪只检测系统

### 1.1 论文研究背景与研究意义

集中式的、有规模的、自动化的养殖技术已经成为养殖产业的发展趋势。早期的母猪分娩监测基本依靠工作人员的不间断的观察，效率不高，人力资源负担沉重，而且经常发生因人工疏忽而导致仔猪的死伤。另外，人与猪经常近距离的接触，可能导致人畜之间因传播而患上病症，这对于人和猪来说都是不安全的。母猪分娩是养猪养殖中的必然经历的一个重要环节，如何确切、实时、有效地智能监控这一环节对完成自动化养殖母猪具有重要价值。

随着电子设备和移动多媒体技术的发展，出现了传统的视频监控方式。传统的视频监控方式是指首先使用摄像机等监控设备对场景的实时画面进行采集，然后将采集到的数据传送给专门的监控部门并将画面显示在监视器上，最后监控人员根据传送过来的监控画面进行分析和决策。传统的视频监控方法使用监控设备替代人眼，免去了必须派遣人员到现场进行监控的麻烦，节省了人力资源，并且通过监视器，一个人可同时监控多个场景，但是这种监控方式仅仅具有采集、存储和显示监控场景的功能，视频中行为事件的分析判断仍然需要由人工来完成。但与原始的人力现场监控相比，传统视频监控方式已经是监控技术史上的一次巨大的进步，从此人类开始利用机器眼进行监控。

在传统视频监控技术应用广泛的同时，它的局限性也显得愈发明显。首先，传统的视频监控需要依靠人类对视频画面进行分析判断，由于人类自身特点的限制，往往无法长时间集中注意力、容易感到疲劳等原因，依靠人脑进行监控有时可能无法察觉和及时发现某些异常事件和隐藏着的安全隐患，导致漏报，甚至可能造成财产安全的巨大损失。其次，如今的监控系统的规模日益扩大，让每个摄像机画面都处于人工监视状态是不太现实的，这必然会导致漏报的发生。另外，传统的视频监控为了避免漏报的发生以及便于事后查证分析，通常需要录制和保存监控点的视频画面，随着系统规模的扩大和时间的推移，需要存储的数据量越来越多，这么大量的数据如何存储也将是一个严峻的挑战。同时，海量的数据也会给事后的数据分析工作带来不小的麻烦。

传统视频监控方式的固有局限性和对人类的依赖性,使得其很难满足现代社会自动化的需要。因此,智能化的视频监控技术应运而生。智能视频监控技术将计算机视觉的相关技术应用到传统的监控中,主要是指“由计算机对视频图像进行自动分析,从中提取并识别出有用的信息,并能够控制机器自动地做出相应行动”的监控方法。因此,通过数字图像处理技术并结合计算机强大的数据分析能力,智能视频监控技术可以自动将图像与图像所包含的内容联系起来,从而替代人类来理解与分析视频图像中的内容。如果将监控摄像机视为人的眼睛,那么智能视频监控系统则可以被视为人类的大脑,它借助强大的计算机视觉与数字图像处理技术,高速地分析视频中的海量图像数据,过滤掉用户不感兴趣的冗余信息,仅仅将有用且关键的信息提供给监控人员,克服了传统监控方式的缺点,最终达到全天候无人值守的目的。

随着科技的不断提升,大多安全、农业生产领域都渐渐地朝着无监督和自动化管理方向发展。计算机视觉技术的广泛应用,促使其理论、算法及设备的不断优化、改进和完善。在大规模养殖场中,凭借计算机视觉技术对畜禽进行监控与检测是加速养殖能效,缩小企业成本,实现智能监控的重要手段和途径。

## 1.2 国内外研究发展现状

在智能监控技术普遍应用的今天,采用智能监控的方法来协助数字化养殖越来越受到人们的关注。利用智能视频监控替代人为观察,再结合数字图像技术和模式识别理论来识别猪只的行为不单免去了人工观察的负担,削减了成本,同时还能减少与猪只直接接触而导致传播患病的风险,保障了工人的健康,同时也能随时察觉猪只的异样状况,进而做出相应的防范措施,一定程度上也保护了猪只的健康。下面分别从智能视频监控在目标跟踪和猪只行为识别领域的研究现状进行概述。

### 1.2.1 基于智能视频监控的目标检测及跟踪研究现状

自上世纪中叶开始,国外的研究学者经过不断地探索,在智能视频监控领域获得了一些比较突出的研究成果。

Pfinder 系统<sup>[1]</sup>,由 Wren 等人开发,采用颜色和外观组成的多类统计模型,

，得到人的头部和手部的表示，用于在室内环境中对无遮挡的人体进行跟踪并恢复人体的三维模型。

VIEWES 系统<sup>[2]</sup>，由英国雷丁大学开发的视频监控系统，用来描述场景活动，使用时务必让用户提前对各类参数进行定义，然后通过定义好的参数建立知识库，从而获得最优化的系统性能。

W4 系统<sup>[3]</sup>，应用于室外监控环境，可以对多个人体目标进行检测和跟踪并对其行为进行监控，通过跟踪来定位人类和人体的各个部分，并对人体的外表进行建模以用于产生遮挡时的跟踪，可以对人、物之间的交互做出判别。

IBM 开发的智能监控系统<sup>[4]</sup>，是一个开放式可扩展的系统，包含了人脸识别、人体行为分析和车牌识别等多种功能，可以管理监控数据和检测发现事件，具有对长时间的运动进行分析总结等优点。

国外有些学者已经着手于研究将视频跟踪技术应用于动物的行为检测中，其中有一些人也取得了很好的进展。2005 年，Hongwei Xin<sup>[5]</sup>利用视频监控技术监测母鸡的进食活动，进而测试群养母鸡的数量对进食活动的影响。2008 年，他通过图像处理技术采集群体养殖的猪只图像，统计猪圈中猪只的密度和奔跑次数，并从这些数据中获取特征，最终判断猪的舒适度<sup>[6]</sup>。

2009 年，Navarro-Jover<sup>[7]</sup>通过给每只猪涂上不同颜色的油漆当作猪只的识别特征，随后在 RGB 彩色空间中对不同的通道进行分割，实现了对猪只运动行为的跟踪。2011 年，Peter Ahrendt 等人<sup>[8]</sup>开发了一个猪只目标检测与跟踪系统，对视频中的每一帧图像提取猪只特征建立 5D 空间模型，该系统可以在 8 分钟内对 3 头猪进行有效地跟踪。

2006 年，宋见惠等人<sup>[9]</sup>在老鼠活动盒子范围的上方安装监控摄像头，通过跟踪老鼠的运动来监测其性活动与性偏好。2010 年，朱伟兴等人<sup>[10]</sup>对整个猪群进行监控，并统计猪在二十四个小时内的分泌次数，如果分泌次数超过预先设定的阈值，则系统发出异常警报。

2011 年，陆铖<sup>[11]采集</sup>小白鼠的活动视频，对每一帧图像建立模型，通过 Camshift (Continuously Adaptive Mean-SHIFT) 对小白鼠进行检测与跟踪，然后使用 SVM (Support vector machine) 支持向量机对小白鼠行为进行分类。

2014 年，刘龙申等人<sup>[12]</sup>通过半圆匹配法定位母猪位置，然后对出生的仔猪

猪进行运动检测，完成了对母猪活动的智能监控。

### 1.2.2 基于智能视频监控的猪只行为识别研究现状

目前，智能监控被广泛地应用于车辆跟踪、行人检测和人脸识别等领域，在为数不多的动物行为研究领域，大多也是研究白鼠、鸡和牛等，猪只行为的识别技术还比较少。

王勇等人<sup>[13]</sup>率先采用帧间差分法和背景减除法提取运动目标，再通过图像处理技术来消除小的空洞和噪声，成功地实现了猪只目标的获取；接着对猪只进行边缘算子检测，最终获取不变矩来描述猪只特征并利用目标匹配方法对猪只姿态进行识别，成功判别卧倒、垂头和昂首等行为，完成了猪只行为的识别与检测。他们提出的算法可以判别并分类 4 类猪只行为，且正确率超过百分之八十。

J. Shao 等人<sup>[14]</sup>利用可编码的摄像机来拍摄猪只的图片，然后将它们转化为二进制图像，接着运用 CNN (Convolutional Neural Networks) 来对猪只行为进行训练和分类，获得了很好的结果。

袁登厅等人<sup>[15]</sup>仔细分析视频帧序列的猪只与背景图像的差别，来获取出猪的二值轮廓图，利用 SVM 理论分类和判别猪只的四种姿态，识别准确率较高。

马丽等人<sup>[16]</sup>提出猪只的侧视图轮廓算法，首先获得猪只目标的轮廓图，选择轮廓矩形的高宽比和马氏距离作为特征描述猪只，在猪只轮廓侧视图的识别上取得了不错的成果。

朱家骥等人<sup>[17]</sup>利用背景减除和边缘检测方法获取猪只目标的轮廓，然后绘制边界-质心的距离曲线，利用曲线构建猪只特征，然后通过隐马尔科夫模型完成猪只行走姿态的估计。

何亚旗等人<sup>[18]</sup>依据猪只外观特点，连接头部、脖子、手脚和躯干的特征点形成椭圆，最后基于 SVM 技术分类正常站立、低头直立和卧倒三种姿态。

钟芳葵等人<sup>[19]</sup>采用全球卫星定位技术和嵌入式方法对每只猪的日常行为进行分析和采集，获取进食次数、进食量和成长量等数据，提出了一种猪只日常行为检测方法，该方法经证实具有良好的检测结果和实时性能。

朱伟兴等人<sup>[20]</sup>首先利用监控摄像头采集猪只排泄行为，然后通过运动目标检测方法监测猪只异常状况，并给出异常报警信息，以便工作人员对病猪进行详



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士学位论文摘要库