学 校 代 码 10459

学号或申请号

密 级



博 士 学 位 论 文

集体行为

作 者 姓 名： 李明原

导 师 姓 名： 徐明亮

学 科 门 类： 工 科

专 业 名 称： 软件工程

培 养 院 系： 信息工程学院

完 成 时 间： 2018.03

A thesis submitted to

Zhengzhou University

for the degree of doctor

**Research on the Recognition and Simulation of**

**Collective Behavior**

Software Engineering

School of Information Engineering

Mar. 2017

**原创性声明**

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师的指导下，独立进行研究所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的科研成果。对本文的研究作出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本声明的法律责任由本人承担。

学位论文作者： 日期： 年 月 日

**学位论文使用授权声明**

本人在导师指导下完成的论文及相关的职务作品，知识产权归属郑州大学。根据郑州大学有关保留、使用学位论文的规定，同意学校保留或向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅；本人授权郑州大学可以将本学位论文的全部或部分编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或者其他复制手段保存论文和汇编本学位论文。本人离校后发表、使用学位论文或与该学位论文直接相关的学术论文或成果时，第一署名单位仍然为郑州大学。保密论文在解密后应遵守此规定。

学位论文作者 日期： 年 月 日

摘 要

集体行为是连续、有序的个体呈现出的宏观行为模式，广泛地存在于细菌菌落、动物群、人群、车流等各种群体系统中。

**关键字：** 集体行为，密度估计

Abstract

Collective behavior refers to macroscopic patterns consisted of continuous and ordered agents, which exists widely in diverse crowd systems, such as bacterial colony, animals group, human crowd and traffic flow.

**Keywords:** Collective Behavior, Density Estimation

目录

[摘 要 I](#_Toc477443116)

[Abstract III](#_Toc477443117)

[目录 VI](#_Toc477443118)

[图目录 X](#_Toc477443119)

[表目录 XIII](#_Toc477443120)

[第 1 章 绪论 1](#_Toc477443121)

[1.1 研究背景 1](#_Toc477443122)

[1.2 研究现状 2](#_Toc477443123)

[1.2.1 交叉学科中的集体行为研究 2](#_Toc477443124)

[1.2.2 集体行为识别 3](#_Toc477443125)

[1.2.3 集体行为仿真 5](#_Toc477443126)

[1.3 研究内容及意义 7](#_Toc477443127)

[1.4 论文章节安排 8](#_Toc477443128)

[第 2 章 基于一致性密度聚类的集体行为识别算法 10](#_Toc477443129)

[2.1 引言 10](#_Toc477443130)

[2.2 背景知识 12](#_Toc477443131)

[2.3 问题描述 13](#_Toc477443132)

[2.4 基于一致性密度聚类的集体行为识别方法 14](#_Toc477443133)

[2.4.1 一致性密度估计 14](#_Toc477443134)

[2.4.2 一致性密度聚类算法 16](#_Toc477443135)

[2.4.3 一致性合并算法 18](#_Toc477443136)

[2.4.4 算法时间复杂度分析 19](#_Toc477443137)

[2.5 实验结果 20](#_Toc477443138)

[2.6 实验对比及分析 21](#_Toc477443139)

[2.6.1 与密度峰值聚类算法的对比实验 21](#_Toc477443140)

[2.6.2 与其它集体行为识别方法的对比实验 23](#_Toc477443141)

[2.6.3 参数讨论 26](#_Toc477443142)

[2.7 本章小结 27](#_Toc477443143)

[第 3 章 基于动态核密度的复杂交互集体行为识别方法 28](#_Toc477443144)

[3.1 引言 28](#_Toc477443145)

[3.2 背景知识 30](#_Toc477443146)

[3.2.1 核密度估计 30](#_Toc477443147)

[3.2.2 并查集 31](#_Toc477443148)

[3.3 基于动态核密度的复杂交互集体行为识别方法 32](#_Toc477443149)

[3.3.1 动态核密度估计 32](#_Toc477443150)

[3.3.2 动态核密度峰值聚类算法 34](#_Toc477443151)

[3.3.3 基于分层并查集的一致性合并算法 36](#_Toc477443152)

[3.3.4 算法时间复杂度分析 38](#_Toc477443153)

[3.4 实验结果及分析 39](#_Toc477443154)

[3.4.1 视频监控中的集体行为识别 39](#_Toc477443155)

[3.4.2 微生物集体行为识别 43](#_Toc477443156)

[3.4.3 仿射运动分割 45](#_Toc477443157)

[3.5 本章小结 46](#_Toc477443158)

[第 4 章 基于一致性协方差的集体行为识别方法 47](#_Toc477443159)

[4.1 引言 47](#_Toc477443160)

[4.2 背景知识 49](#_Toc477443161)

[4.2.1 协方差矩阵 49](#_Toc477443162)

[4.2.2 黎曼流形 49](#_Toc477443163)

[4.3 基于一致性协方差的集体行为描述子 50](#_Toc477443164)

[4.3.1 一致性协方差描述子 50](#_Toc477443165)

[4.3.2 相似度计算 52](#_Toc477443166)

[4.4 基于空间加权的密度峰值聚类算法 52](#_Toc477443167)

[4.4.1 密度估计 52](#_Toc477443168)

[4.4.2 一致性近邻 54](#_Toc477443169)

[4.4.3 聚类指派 54](#_Toc477443170)

[4.5 实验结果 56](#_Toc477443171)

[4.6 实验对比及分析 57](#_Toc477443172)

[4.7 本章小结 59](#_Toc477443173)

[第 5 章 基于情绪传播模型的动态人群路径规划 60](#_Toc477443174)

[5.1 引言 60](#_Toc477443175)

[5.2 背景知识 63](#_Toc477443176)

[5.3 问题描述 64](#_Toc477443177)

[5.4 情绪传播模型 64](#_Toc477443178)

[5.4.1 基于人格特征模型的情绪偏好 65](#_Toc477443179)

[5.4.2 基于集体行为子群组的情绪传播算法 67](#_Toc477443180)

[5.5 人群动态路径规划 72](#_Toc477443181)

[5.5.1 环境初始化 72](#_Toc477443182)

[5.5.2 情绪偏好与路径选择的映射 73](#_Toc477443183)

[5.6 实验结果 74](#_Toc477443184)

[5.7 实验对比及分析 77](#_Toc477443185)

[5.7.1 情绪偏好的初始化 77](#_Toc477443186)

[5.7.2 不同情绪状态下路径选择行为的对比 78](#_Toc477443187)

[5.7.3 与不同局部碰撞避免方法的兼容性实验 79](#_Toc477443188)

[5.7.4 与其它人群路径规划方法的对比实验 81](#_Toc477443189)

[5.8 本章小结 82](#_Toc477443190)

[第 6 章 总结和展望 84](#_Toc477443191)

[6.1 工作总结 84](#_Toc477443192)

[6.2 下一步工作 85](#_Toc477443193)

[参考文献 86](#_Toc477443194)

[个人简历、在学期间学术成果 93](#_Toc477443195)

图目录

[图 1.1 自然界中的集体行为。图中场景依次是细菌菌落、蚂蚁群、鱼群、鸟群、斑马群、人群、车流。 1](#_Toc502780766)

表目录

**未找到图形项目表。**

# 绪论

* 1. Test

集体行为作为自然界中最普遍的现象之一，广泛地存在于各种群体系统中。图1.1展示了典型的集体行为场景，包括细菌菌落、动物群、人群、车流等。



图 1.1 自然界中的集体行为。图中场景依次是细菌菌落、蚂蚁群、鱼群、鸟群、斑马群、人群、车流。

* 1. 研究现状
     1. 交叉学科中的集体行为研究

集体行为显著地存在于各种群体系统中，吸引了来自不同科研领域研究者的广泛关注。已有研究在集体行为的产生机理、演化过程、运动建模等方面都取得了阶段性成果。

* 1. 研究内容及意义
  2. 论文章节安排

# 基于多视角交互式建模方法

* 1. 引言

集体行为是最普遍的自然现象之一，

。

* 1. 背景知识

提出的

* 1. 本章小结

# 基于关节优化的机械模型装箱方法

* 1. 引言
  2. 本章小结

# 实时精确的三角网格半规则化方法

* 1. 引言

近年来，随着计算机辅助设计和计算机图形学方向的迅猛发展，三维模型表面数字化表达已经成为该领域内的热点问题。模型曲面表达的发展，促进了模型制造、数字娱乐、增强现实、虚拟现实、医学图像处理、计算机模拟等众多领域。目前最流行的表面表达方式是使用多边形网格表达三维模型表面几何结构。基于结构简单、扩展性强、便于主流图形硬件设备计算等情况，四边形网格和三角形网格是学术界最普遍的作为多边形网格来表达三维模型表面的两种结构。

随着三维建模越来越自动化、智能化和便捷化，三维模型也来到井喷式发展的时代，所以快速优化网格结构是计算机图形学内亟待解决的重要问题。优化网格结构主要目标是为了加快网格处理和增大网格压缩率。快速网格处理可以提高大规模场景渲染速度、复杂建模速度等。而网格压缩率增加能加快网格传输速度，降低带宽。半规则化网格具有极好的可扩展性和可压缩性的特点，能够很好的解决上述网格处理遇到的难题。相比较非规则网格，半规则网格具有层次结构和规律结构，便于实现多分辨率网格分析，半规则化网格在文献[[1](#_ENREF_1)]小波信号处理中首先被关注，之后被广泛应用于建模、模型分析、表面渲染。半规则网格最大的优点是网格数据可以多分辨率表达，这个优点被广泛应用在多个研究方向中。Certain [[2](#_ENREF_2)]利用半规则网格的优点，进行可视化和渲染的时候可以在各级分辨率下高效的切换。Roudet[[3](#_ENREF_3)]利用小波分析对半规则网格进行网格分割。文献[[4-8](#_ENREF_4)]都是利用半规则网格多分辨率的优点，对网格进行高压缩比的压缩。

目前通过建模软件或者三维扫描仪得到的模型网格均为非规则网格，所以需要对模型重新网格化得到半规则网格。本文主要研究课题为交互式三维模型的建模研究，为了不影响用户体验，交互式建模要求模型网格可以实时生成、编辑以及优化。所以本章提出的三角网格半规则化方法对算法时间要求极高，需要算法达到毫秒级别。主流的半规则化三角网格有两个主要步骤：简化网格和精细化网格。为了达到算法效率要求，我们算法需要并行化这两个主要步骤。精细化网格算法具有局部独立性，基本可以直接并行化。网格简化本章采用Garland{Garland, 1997 #9}提出的二次误差测度的网格简化方法，该方法优点是在误差度量标准表现突出，但缺点是无法直接并行化该方法。本章提出了一种实时精确的三角网格半规则化方法，致力于实时得到精确的半规则网格。

本章工作主要贡献点总结如下：

1. 提出了一种快速并行的三角网格半规则化算法，该算法处理消费级网格能达到实时处理速度，具体为处理百万个三角面片的网格运算时间为几十毫秒级别。
2. 提出了一种基于二次误差测度的分层并行网格简化算法，通过分层网格简化，每层寻找并行最大独立集，独立集间可以并行化操作。
3. 提出一种新颖的基于二次误差测度简化的网格参数化算法，将精细网格顶点信息存储在粗糙网格表面上。
4. 基于算法中的参数化信息，提出一种并行的鲁棒的精细化网格算法，从而得到半规则化网格。
   1. 背景知识
      1. 半规则网格与多分辨率分析

网格是否为规则网格是根据顶点的连接关系定义的，对于一个三角形网格，每个顶点的度为6，这个网格即为规则网格（regular mesh），非规则网格即为顶点的度不为6的三角形网格。半规则网格（semi-regular mesh）是由顶点度为6的规则网格和顶点度不为6的非规则网格组成。半规则网格有着特殊的结构，可以将它规则网格部分以四个三角形合并为一个三角形的方式，简化为一个非规则网格（如图所示），我们将简化后的网格称为低分辨率网格。相反，我们也可以对非规则网格中每一个三角形，以一个三角形细分为四个三角形的方式，得到半规则网格。

半规则网格几何拓扑结构非常适合基于小波的多分辨率分析（如图所示）。通过对低分辨率网格的细分或者对高分辨率网格的简化，可以得到不同分辨率的半规则网格。对于高分辨率网格进行基于小波的多分辨率分析，通过低频过滤器可以得到低分辨率网格，通过高频过滤器可以得到网格的细节信息，高频细节信息保存了相邻两个分辨率网格的几何结构差异。通过这种多分辨率分析方法，网格可以看作是由低分辨率网格和一些细节信息构成。基于小波理论，低分辨率网格代表低频信号，一个细节信息代表一个频带。

* + 1. 半规则网格化算法概述
    2. 半规则网格化相关工作

# 总结和展望

* 1. 工作总结
  2. 下一步工作

参考文献

[1] S. G. Mallat*,* A Theory for Multiresolution Signal Dekcomposition: The Waveslget Representation[M]: IEEE Computer Society, 1989.

[2] A. Certain. Interactive multiresolution surface viewing[C]. Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, 1996, 91-98.

[3] C. Roudet, F. Dupont, A. Baskurt. Multiresolution mesh segmentation based on surface roughness and wavelet analysis[C]. Electronic Imaging, 2007

[4] A. Khodakovsky, I. Guskov*,* Compression of Normal Meshes[M]: Springer Berlin Heidelberg, 2004.

[5] S. Lavu, H. Choi, R. Baraniuk. Geometry compression of normal meshes using rate-distortion algorithms[C]. Eurographics/acm SIGGRAPH Symposium on Geometry Processing, 2003, 52-61.

[6] M. Antonini*,* An efficient bit allocation for compressing normal meshes with an error-driven quantization[M]: Elsevier Science Publishers B. V., 2005.

[7] J. Y. Sim, C. S. Kim, C. C. J. Kuo, S. U. Lee. Rate-distortion optimized compression and view-dependent transmission of 3-D normal meshes[J]. IEEE Transactions on Circuits & Systems for Video Technology, 2005, 15(7), 854-868.

[8] L. Denis, S. M. Satti, A. Munteanu, J. Cornelis, P. Schelkens. Scalable Intraband and Composite Wavelet-Based Coding of Semiregular Meshes[J]. IEEE Transactions on Multimedia, 2010, 12(8), 773-789.