

学校编码: 10384  
学 号: 31520100154061

分类号\_\_\_\_\_密级\_\_\_\_\_  
UDC\_\_\_\_\_

厦门大学

博士 学位 论文

# 二维动画角色的自动匹配方法及计算实现

**Automatic Matching Method for 2D Animation Character  
and Its Computing Implementation**

宋智军

指导教师姓名: 周昌乐 教授

专业名称: 人工智能基础

论文提交日期: 2013 年 5 月

论文答辩时间: 2013 年 6 月

学位授予日期: 年 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2013 年 5 月

厦门大学博硕士论文摘要库

## 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( )课题(组)的研究成果, 获得( )课题(组)经费或实验室的资助, 在( )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

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学博硕士论文摘要库

## 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 月 日

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学博硕士论文摘要库

## 摘要

目前二维动画制作一般采用基于关键帧的方法，其主要步骤包括关键帧绘制，中间帧绘制以及着色等。这些步骤枯燥繁琐，且制作效率低，是制约动画发展的瓶颈。随着相关技术的发展，二维动画制作过程中的很多工作和任务已经可以由计算机辅助完成。但是，因二维动画制作流程的特殊性，目前的计算机辅助动画主要还是指动画的后期制作阶段。其主要的中间帧绘制及着色，由于无法实现关键帧中动画角色的自动匹配，需要由动画师手动建立匹配关系，使得新动画的制作效率极低。另一方面，由于错误匹配的存在，动画师对已有的成品和半成品二维动画，无法进行有效的自动检索和复用。因此，实现关键帧中动画角色的“语义理解”，对传统的动画制作及整个动画产业具有深远的理论研究意义和重大的实践应用价值。

本文的工作重点就是探索二维动画关键帧中所蕴含的动画角色的复杂结构及形状变化，并利用已有的动画数据的资源优势，实现关键帧中动画角色的自动匹配、中间帧自动生成、动画角色的自动着色以及动画角色的动作重用。本文的创造性研究成果主要有：

(1) 提出了一种针对二维动画角色的特征描述算法：通过关键帧中动画角色的线长度和曲率信息获得特征点，为每个特征点分配尺度和方向并生成高维特征向量，从而保证了关键帧中的动画角色在变形、缩放、平移以及旋转等条件下具有尺度不变性和旋转不变性。

(2) 提出了一种针对二维动画角色的自动匹配方法：把动画角色的自动匹配问题转化为基于图模型的一种优化组合问题，并依靠已提取的特征点构造满足邻接关系的马尔可夫随机场模型并把所获得的高维特征向量作为能量函数项，寻找出能量函数的极小值点，从而建立了精确的匹配关系。该方法能够方便、快捷的为计算机二维动画角色的中间帧自动绘制、自动着色、动画数据检索及重用提供了技术保障。

(3) 提出了一种基于匹配关系的动画角色自动着色的实现方案：通过对动画角色形状匹配算法，建立起动画角色中曲线段“一对一”的匹配关系，再根据

曲线段的匹配关系，建立起区域匹配。最后，将参考帧中各区域颜色信息填充到目标帧所匹配的各区域中，实现动画角色的自动着色。该方法为动画角色的自动着色的应用提供了重要的实际应用价值。

(4) 提出了一种基于匹配关系的中间帧自动生成的实现方案：基于形状匹配算法建立动画角色曲线段的“一对一”匹配关系，再通过插值算法，实现了动画角色中间帧的自动生成。所生成的中间帧画面与关键帧具有一致的运动连续性并在视觉上是自然流畅的运动序列，对动画产业具有重要的应用价值。

(5) 提出了一种基于匹配关系的动作重用的实现方案：以源动画角色的运动序列为为基础提取其运动轨迹数据；再将源动画角色与目标动画角色进行自动匹配。根据所建立的匹配关系，将提取的源动画角色的运动轨迹数据应用到目标动画角色中，从而实现了源动画角色到目标动画角色的动作重用。该方法可以使角色动画师能够方便、快捷的为计算机二维动画角色实现显示不同的动画角色风格，但具有相同的动作风格，为提高动画数据的使用效率提供了技术保障。

本文是以动画角色的自动匹配为主线，研究内容涵盖了关键帧动画的几个关键问题，并在这些方面取得了一些突破性成果，已经得到了大量的实验证明。本文所提出的理论、算法及实现技术对于计算机二维动画生成中的中间帧自动绘制，自动着色，动画数据检索及重用具有重要研究价值和应用意义。

**关键词：**自动匹配；动作重用；中间帧；自动着色

## Abstract

In conventional cartoon production, users conduct the procedures of inbetweening and coloring to generate inbetween frames and fill colors in them based on the given key frames. These procedures are the most tedious and time consuming parts for an industrial production due to the huge numbers of inbetween frames are required to create smooth motions. With the rapid development of computer animation technology over recent years, a series of processes of 2D animation has been completed by computer-aided. However, several difficulties make the computer-assisted animation mainly refers to the post-production stage. One prerequisite to achieve high quality auto-inbetweening and auto-coloring is to construct accurate correspondences between key frame characters, with which the matching relationship of the characters between two key frames can only be established by animators and the low production efficiency by manually establishing relationship. Another complication is that the mismatching or matching at low accuracy may result in invalid automatically retrieve and reuse. To establish the relationship of the characters between two key frames has a great far-reaching theoretical significance and practical application value for traditional animation process and the animation industry.

Our work focuses on developing and applying methods for establishing the correspondence of characters between two key frames. The realization of the automatic matching technology can reduces the workload on the animator and accelerating the development of animation industry. In summary, the main contributions of this dissertation are as follows:

First, a novel shape descriptor (oriented shape context) is proposed for the specific of cartoon matching. It performs scale and rotation invariance in cartoon characters with complicated hierarchical structures and open curves.

Second, a novel framework of animation character correspondence construction is proposed. Correspondence construction is formulated as a label assignment

problem through the maximum a posteriori (MAP) estimation, in which the graph cuts method is adopted to obtain the many-to-many results. The proposed method is effective for constructing correspondences of complicated animation characters.

Third, a novel matching-based approach to automating the entire coloring process for 2D animation is proposed. The approach can construct feature-based region matching, and each region in subsequent frames is matched with regions in the previous frames and colored. It can reduce the workload of animators and reduce production costs.

Fourth, a novel matching-based approach to automating the inbetweening process in 2D animation production. Based on the feature-based stroke matching between each stroke of both key frames is built, interpolation process is applied to each pair of strokes. Our approach can reduce animators' interaction, and could be more intelligent and capable of better inbetweening.

Fifth, a novel matching-based approach to reusing animation from the characters in key frames is proposed. The approach can extract the implied motion information in character correspondence, and transform the target character. Experiments are conducted on datasets from the real-world animation production, where characters are usually different visual styles. The generated new animations have the same motion styles to the reused animations but have different visual styles.

The animation character automatic matching is the foundation for the research in this dissertation. This research examines several key problems in shape matching, and achieves some successes confirmed by extensive experimentation. Animation theory and its applications can benefit from the theory, implementation technique, and algorithms proposed in this dissertation.

**Keywords:** Automatic Matching; Reuse Animation; Auto Coloring; In-between

# 目 录

<b>摘 要 .....</b>	<b>I</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>III</b>
<b>目 录 .....</b>	<b>V</b>
<b>Table of Content.....</b>	<b>IX</b>
<b>第一章 绪论 .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 计算机动画 .....</b>	<b>1</b>
1.1.1 计算机动画的发展 .....	1
1.1.2 计算机动画的分类 .....	2
1.1.3 计算机动画的应用领域 .....	4
<b>1.2 研究动机 .....</b>	<b>4</b>
<b>1.3 研究内容 .....</b>	<b>5</b>
<b>1.4 研究目标 .....</b>	<b>7</b>
<b>1.5 本文贡献 .....</b>	<b>7</b>
<b>1.6 论文的组织结构 .....</b>	<b>8</b>
<b>第二章 动画角色的形状特征描述 .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1 研究现状 .....</b>	<b>11</b>
2.1.1 基于轮廓的形状特征描述 .....	11
2.1.2 基于区域的形状特征描述 .....	13
<b>2.2 问题描述及解决方案 .....</b>	<b>16</b>
2.2.1 问题描述 .....	16
2.2.2 解决方案 .....	18
<b>2.3 动画角色中样本点的提取 .....</b>	<b>18</b>
2.3.1 曲线曲率的计算 .....	18
2.3.2 样本点的提取算法 .....	20
<b>2.4 基于空间相互关系的特征描述算法 .....</b>	<b>21</b>

2.4.1 算法基本思想 .....	21
2.4.2 算法实现 .....	23
2.5 实验结果及分析 .....	24
2.5.1 样本点提取算法 .....	24
2.5.2 形状特征描述算法 .....	26
2.6 本章小结 .....	30
<b>第三章 动画角色的自动匹配方法 .....</b>	<b>31</b>
3.1 研究现状 .....	31
3.1.1 匹配关系研究现状 .....	31
3.1.2 基于匹配关系的计算机二维动画研究 .....	35
3.2 问题描述及解决方案 .....	37
3.2.1 问题描述 .....	37
3.2.2 解决方案 .....	39
3.3 基于 MAP-ML 的动画角色自动匹配算法 .....	40
3.3.1 算法基本思想 .....	40
3.3.2 最大后验 (MAP) 估计标签配置参数 .....	41
3.3.3 最大似然 (ML) 估计最优标签 .....	43
3.3.4 算法实现 .....	44
3.4 动画角色曲线段匹配关系的建立 .....	46
3.5 实验结果及分析 .....	47
3.5.1 实验配置 .....	47
3.5.2 实验结果 .....	48
3.5.3 算法分析 .....	53
3.6 本章小结 .....	54
<b>第四章 基于匹配关系的动画角色自动着色技术 .....</b>	<b>55</b>
4.1 研究现状 .....	55
4.2 问题描述及解决方案 .....	59
4.2.1 问题描述 .....	59
4.2.2 解决方案 .....	59

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.

厦门大学博硕士论文摘要库