

# 人体骨架模型的建立

Research on human skeleton extraction

(北京大学)周进 刘冀伟 张雷

Zhou Jin Liu Jiwei Zhang Lei

**摘要:** 人体运动分析在计算机视觉研究领域中具有广泛的应用前景。人体骨架包含了很多的人体运动信息,且简单明了,所以对人体骨架提取具有很重要的意义。本文提出了一种人体骨架模型的建立方法,该方法在骨架提取方面有较强的去噪和抗干扰能力,有很好的鲁棒性,可提取更加有效的骨架图像,进一步结合人体解剖学的基础,建立了人体骨架模型,为人体特征识别(HID)和运动人体的实时追踪打下了坚实的基础。

**关键词:** 骨架提取;二值图像;骨架模型;人体特征识别

中图分类号: TP391.4

文献标识码: A

**Abstract:** The human body movement analysis has the widespread application prospect in the computer vision territory of research. The human body skeleton contained the very many human bodies movement information, also simple was bright, therefore withdrew to the human body skeleton has the very vital significance. This article proposed one human body skeleton model establishment method, this method withdrew the aspect in the skeleton has stronger goes chirp and the antijamming ability, had the very good robustness. It can effective remove the noise, withdraws the more effective skeleton picture, and in the human body anatomy foundation, established the human body skeleton model, (HID) and movement human body real-time tracing built the solid foundation for the human body characteristic recognition.

**Key words:** skeleton extraction, binary picture, skeleton model

技术创新

## 1 前言

人体运动分析广泛的应用于监控、人机交互、视频检索等领域。骨架是表述人体区域和轮廓信息的一种有效的方式,它是由一些理想的细线组成,可以有效的反应出原物体形状的连通性或者拓扑结构,因此人体骨架包含了很多运动信息,它能作为人体特征识别、运动人体的实时追踪的有效方法。

由于人体运动的复杂性,已有的研究方法对人体和背景加了许多限制条件,例如背景单一,人体的着装不要与背景靠色等。

骨架化算法对噪声特别敏感,细化后会产生意想不到的结果,例如基于中轴变换的骨架提取算法和基于数学形态学的骨架提取算法,在二值图像有噪声的情况下,得到的骨架图像就会和噪声混合在一起,根本无法辨认。

本文提出了一种人体骨架提取方法,它能在得到运动人体的二值图像以后,有效的去除图像噪声,得到比较理想的人体骨架图像。并根据人体结构,建立人体骨架模型。而人体骨架模型对人体特征识别和运动人体的追踪打下了很好的基础。

周进:硕士研究生

本文为北京市"现代信息科学与网络技术"重点实验室资助项目(项目编号为:TDXX0503)

## 2 骨架提取方法

### 2.1 基于中轴变换的骨架提取方法

早期的骨架提取方法认为:目标S的骨架是由S内所有的最大内切圆盘的圆心组成的,所以他们通常是搜索S内的所有最大圆盘,求得圆心集合来得到S的骨架。在数字离散域内,一般是用最大正方形代替连续域中的最大圆来提取骨架的。

在数字图像进行骨架提取方法中,最常用的是中轴变换(MAT)方法。基于中轴变换的方法就是找到图像中所有最大正方形。如下面所示

$$M(x, y) = \begin{cases} 0 & \text{if } I(x, y) = 0 \\ \max \begin{cases} k | I(x+g, y+h) = 1, \\ 0 \leq g \leq k-1, \\ 0 \leq h \leq k-1 \end{cases} & \text{if } I(x, y) = 1 \end{cases}$$

$$T(x, y) = \begin{cases} \text{true} & \max \begin{cases} M(x, y-1), \\ M(x-1, y), \\ M(x-1, y-1) \end{cases} \leq M(x, y) \neq 0 \\ \text{false} & \text{otherwise} \end{cases}$$

其中,在二值图像I中,M(x,y)是像素为1的最大方形的边长,(x,y)是该方形左上角的像素所在位置。当T(x,y)为true时,(x,y)就是最终的图像骨架像素点。

### 2.2 基于数学形态学的骨架提取方法

数学形态学是以图像形态分析为基础,用具有一

定形态结构的“结构元素”去度量图像的形态,以解决图像理解问题。数学形态学的骨架提取方法是基于基本运算的。目标  $S$  与结构元素  $B$  均为二维欧氏空间中的集合,欧氏空间中  $B$  平移距离  $s$  的平移运算表示为

$$B+x=\{b+x|b\in B\}$$

则  $B$  对  $S$  提取出的骨架为:(骨架的形态学表达式方程)

$$Skel(S)=\bigcup\{(S\ominus nB)\setminus[(S\ominus nB)\circ B];n=0,1,2,\dots\}$$

它表示对于  $n=0,1,2,\dots$ , 图像  $S$  内所有最大图形  $nB$  的中心所构成的集合。其中  $\ominus$  表示腐蚀运算,  $\circ$  表示开运算

### 2.3 本文方法

在数字离散域内,一般是用最大正方形来代替连续域中的最大圆来提取骨架的。本文提出的方法,也是基于最大正方形。但它用所求像素的邻域内最大正方形的像素个数来搜索骨架点。如图1所示。 $P$  为所求像素,它的第一层邻域为8邻域,  $P_1$  到  $P_8$  为它的第一层所有邻域像素;第二层邻域为24邻域,  $P_1$  到  $P_{24}$  为它的第二层所有邻域像素;第三层邻域为48邻域,  $P_1$  到  $P_{48}$  为它的第三层所有邻域像素;依此类推。本文方法提取骨架的步骤如下:



图1 像素  $P$  的邻域像素

1) 计算每个像素的最大邻域值,但它不只是计算目标区域中最大正方形边长的像素个数,而是计算该像素的邻域内所包括的最多像素值的个数,并用该值代替像素值。例如在目标区域内,所求像素  $P$  的第一层邻域内只有6个像素是目标,即只有6个像素值为1,则  $P$  就为6;当像素  $P$  的第一层邻域内的所有8个像素的值都为1,即它的第一层邻域全部是目标区域时,则计算第二层邻域。如果像素  $P$  的第二层邻域的24个像素不都在目标区域内时,则用该邻域内的所有像素值为1的个数来代替像素  $P$ ;如果24个像素都在目标区域内,则继续搜索下一层邻域,直到它的邻域内的像素有不是目标区域为止。

2) 从中轴变换图中找到相应的骨架点。在4邻域内,当最多只有一个像素值大于中心像素值时,该像素就被认为是骨架点。

用本文方法对图2(a)中的目标进行骨架提取实

验,得到图2(b)的结果。其中在图2(a)中,像素值为1的表示目标区域,像素值为0的表示为背景区域。在图2(b)中,标注的像素表示的是最终骨架。从图2(b)可以看出,本文方法能够很好地把图像中物体的骨架提取出来,而且具有抗干扰能力,能够把原图形中背景的噪声滤除。如像素(5,1)和像素(7,3)为背景噪声,但在图2(b)中,它们被完全滤除掉了。如果背景中的噪声是由两、三个连续像素组成,在提取骨架时,也可以通过设定阈值,把它们去掉。

1	1	1	0	0	0	0	0
0	1	1	1	1	0	0	0
0	0	0	1	1	1	1	0
0	0	0	1	1	1	1	1
0	0	0	1	1	1	1	1
0	1	0	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	1	0	0	1	0

(a)二值图形

2*	4*	4*	0	0	0	0	0
0	4*	5*	5*	4	0	0	0
0	0	0	6*	7*	6	4	0
0	0	0	5	16*	18*	7	4
0	0	0	3	6	7	15*	5
0	0	0	0	0	5	7*	5*
0	0	0	0	0	0	5*	4
0	0	0	0	0	0	2*	0

(b)骨架图形

图2 骨架提取方法示意图

## 3 人体骨架模型的建立

### 3.1 人体骨架的提取

用基于中轴变换的方法和本文的寻找最大正方形的像素个数的方法,分别对不含噪声和含有噪声的人体二值图像进行处理,当图像中没有噪声的时候。可以看到,用两种方法都能提取到比较好的骨架图像。



图3 不含噪声的人体骨架提取

当图像中含有噪声的时候,用中轴变换的方法就不能很好的从噪声图像中提取骨架图像,而是和噪声混合在一起,用本文的方法,只用上面的2个步骤就可以很好的去除噪声,得到很好的骨架图像。



图4 含有噪声的人体骨架提取

由于要对人体运动进行分析,通常需要了解人体各个部分的详细情况。为了更好的得到比较精确的人体骨架模型,本文运用人体解剖学当中得到的人体各个部分肢体在人体中的比例(如下图),如头、颈、肩、

髌、膝、踝等。由于从上述方法得到的骨架模型可以看出,在人的行走过程中。手和脚的骨架的手都有时有时无的现象,那时因为我们取的背景是人行走时的侧面景象。从侧面看,在人的行走过程中,人的手臂和腿都有和身体重合的现象。

### 3.2 人体骨架模型的建立

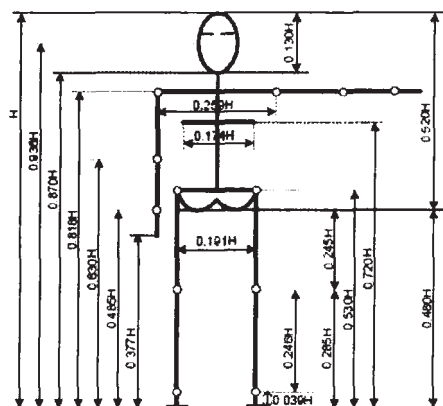


图5 人体各部分在人体中的结构比例图

根据以上骨架特点以及人体各部分在人体中的比例结构,对人体骨架进行直线扫描。将所需要的特征点映射到新的图上,然后将特征点依次连接起来,就得到了如图6的人体骨架模型。根据人体关节的特殊性,本文提取以下关节作为人体骨架模型的特征点:头,颈,躯干,前大腿,后大腿,前小腿,后小腿,然后将这些特征点连接,得到如下的人体骨架模型:

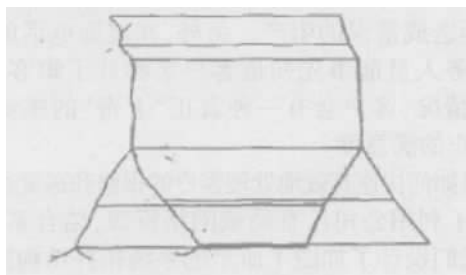


图6 人体骨架模型

由上图可以看出,用本文提出的人体骨架模型,从人体骨架提取,具有很好的鲁棒性,可以很有效的去除噪声,到人体骨架模型的建立,得到非常简单明了的人体骨架模型,并且对人体的运动信息有很好的保留。此方法对人体特征识别(HID)和实时人体追踪的后续研究打下了坚实的基础。

## 4 小结

骨架提取是针对二值图像的,所以在对人体运动图像进行骨架提取之前,都必须先

对图像进行二值化,得到二值图像,但是现有的方法在进行二值化的过程中都会或多或少的带来噪声。本文提出了一种骨架提取方法,在正确得到人体运动骨架图像的同时,能够有效的去除噪声,得到较

好的骨架图像,方法简单、有效。然后根据人体各部分在人体中的比例,利用扫描线得到关节点,将关节点连接起来,就得到了人体骨架模型。该方法较基于中轴变换和基于数学形态学的骨架提取方法,具有简单明了,特征提取性强等特点。

本文作者创新点:提出了一种新的人体骨架模型建立方法,通过骨架提取、人体解剖学、人体特征点的映射得到本文的人体骨架模型。

参考文献:

- [1]李彬,刘冀伟,韩鸿哲,李正熙.复杂背景下人体骨架的提取.微计算机信息.2004年第20卷第7期.43-44
- [2]Vincent Ranwez, Pierre Soille. Order independent homotopic thinning for binary and grey tone anchored skeletons. Pattern Recognition Letters 23 (2002) 687-702
- [3] Wai-Pak Choi, Kin-Man Lam, Wan-Chi Siu. Extraction of the Euclidean skeleton based on a connectivity criterion. Pattern Recognition 36 (2003) 721-729
- [4] Wenjie Xie, Robert P. Thompson, Renato Perucchio. A topology-preserving parallel 3D thinning algorithm for extracting the curve skeleton. Pattern Recognition 36 (2003) 1529

作者简介:周进,1979年6月9日出生,男,汉族,硕士研究生,系统工程专业。研究方向:图像处理与识别,刘冀伟,副教授,研究方向:图像处理,自动控制,数据挖掘。张雷,硕士研究生,研究方向:图像处理,自动控制。(100083 北京科技大学系统工程系)周进 刘冀伟 张雷 (School Of Information Engineering, Beijing University of Science and Technology, 100083 China) zhou jin ,liu jiwei,zhang lei (投稿日期:2005.12.15) (修稿日期:2006.1.23)

(接 273 页)assignment in cellular systems", Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 1995. PIMRC'95. 'Wireless: Merging onto the Information Superhighway', Sixth IEEE International Symposium on Volume 2, 27-29 Sept. 1995 Page (s):552 - 556 vol.2

[5]李鹏,楼建东,王映民,TD-SCDMA 系统小区无线负荷研究与仿真[J]微计算机信息 2005 21 5 :190

作者简介:牟大维,(1980-),男(汉族),上海人,上海交通大学电子工程系研究生,硕士,在上海交通大学无线通信技术研究所内从事 Beyond 3G 无线通信技术中蜂窝小区结构、越区切换算法和无线资源管理方面的研究。E-mail: moudawei@sjtu.edu.cn; 宋文涛,男,上海交通大学无线通信技术研究所,博士生导师,从事第三、第四代无线通信技术的研究

Biography:Mou Dawei, (1980-), male, Shanghai, Shanghai Jiaotong University, Master of Electronic Engineering, In the Institute of Wireless Communication Technology, doing research on cellular architecture design, cell searching algorithm and adaptive resource allocation. E-mail: moudawei@sjtu.edu.cn.

通讯地址:

(200335 上海市北虹路 1000 弄 48 号 401 室)牟大维

(投稿日期:2005.12.13) (修稿日期:2006.1.22)