维普资讯 http://www.cqvip.com

文章编号:0253－3626(2004)01－0101－03

计算机自动识别标志点的实验研究

李晓智[1]，温兴涛[1]，李康宁[2]，杜　扬[2]，王兆理[2]，王　东[2]

(1.重庆医科大学临床学院口腔科，重庆　400016；2.后勤工程学院，重庆，　400016)

【摘　要】目的：实现计算机自动识别头影测量标志点。方法：选择 17 张头影测量 X 光片，通过扫描仪输入计算机内，作图像预处理、滤波去噪、边缘提取、细化处理、曲线拟合等得到理想边缘后，建立识别标志点的数学模型和算法获得 20 个标志点的自动定位并测量有关的线距角度值；在同样的 X 光片上做两次手工描绘标志点并测量其线距角度。结果：实现了计算机自动定位 20 个标志点；将两次手工描绘标志点所形成的线距角度值做配对 t 检验，所有结果无统计学差异($P>0.05$)；将自动定位的标志点相连所获得的线距角度值与手工描绘标志点相连所获得的线距角度平均值做配对 t 检验，所有结果无统计学差异($P>0.05$)。结论：计算机能够达到手工描绘标志点时的准确程度。

【关键词】计算机；识别；标志点；线距；角度

【中国图书分类法分类号】R445.4　　【文献标识码】B　　【收稿日期】2003－04－04

To study automatic identification of landmarks with computer

LI Xiaozhi, et al

(*Department of Stomatology, College of Clinical Medicine, Chongqing Medical University*)

【Abstract】*Objective*: To realize computer automatic identification of landmarks. *Methods*: 24 X－ray cephalometric radiographs were selected, input computer by scanner. The pictures were treated with computer by the methods(advance office cutting, strain wave going and making an uproar, edge drawing, thinning to punish, curve fitting). After getting the ideal edges, various kinds of mathematic models and algorithms were set up to obtain 20 points automatic localization, the relevant distances and angles formed by the landmarks were measured automatically, and the same works were done by hand twice on same X－ray radiographs. *Results*: 20 of landmarks were identified automatically, the relevant distances and angles formed by the landmarks were not statistically different between by computer and by hand ($P>0.05$). *Conclusion*: The computer can reach the accurate degree while marking one by hand.

【Key words】Computer; Identify; Landmark; Distance; Angle

口腔界从 1931 年以来就将 X 线头影测量分析这个方法用于研究颅颌生长发育，牙、颌、颅面畸形的诊断，生长发育的预测，治疗计划的制定，治疗效果的评价等，研究矫正过程中及矫正后的牙、颌、颅面形态结构的变化，外科正畸的诊断和矫正设计等，是一个常用的重要手段。它包括了头影测量 X 光片上标志点的定位，以及由这些标志点所形成的线距和角度的测量分析。测量分析在国际国内都已实现了自动化，只有标志点的定位还停留在人工描绘的水平，这不可避免的会造成误差，这些误差有时可以大到影响测量分析的准确性，从理论上讲，只有计算机定位标志点才具有可重复性好准确性高的特点，因此实现计算机自动定位标志点就成为了国际国内口腔界的研究重点热点和发展方向。国内目前关于这方面的文章很少，现将我们的实验研究报告如下。

1　材料和方法

主机配置：650MHz，256MB，20G，32MB 显存。

输入设备：UMAX Astra 4000U 型多功能扫描仪配合以透射适配器，该扫描仪能通过透射扫描头影 X 光片，扫描的分辨率可达 49600dpi。

输出设备：HP6L 激光打印机；

在大量实验的基础上，选择 17 张头影测量 X 光片，要求 X 光片各种解剖结构清晰可见。通过扫描仪输入计算机内，以 BMP 的格式保存。对输入的 X 光片作如下处理。

图像预处理：通过 X 光机所获得的 X 光片由于组织重

作者介绍：李晓智(1957－　)，女，主任医生，教授，
主要研究方向：口腔医学，

基金项目：重庆市科委重点攻关项目，(6052)。

维普资讯 http://www.cqvip.com

表 1 两次手工描绘标志点所形成的线距角度值的配对 t 检验($n=17$)

测量项目	第一次	第二次	t 值	P 值
FMA	25.22±8.32	25.72±8.35	−1.66	0.14
SNA	79.78±4.58	80.00±4.58	−0.51	0.62
SNB	76.17±3.11	75.89±3.37	1.17	0.28
ANB	4.17±3.11	4.39±2.79	−0.65	0.54
SND	73.50±3.03	73.00±2.62	1.60	0.15
Yaxis	64.06±4.42	64.11±4.88	−0.20	0.85
Pog−NB	1.33±1.06	1.39±1.19	−0.29	0.78
SL	72.78±19.47	73.22±19.87	−1.32	0.23
N−ANS	56.56±2.98	56.61±3.17	−0.09	0.78
ANS−ME	63.33±4.15	63.00±4.33	1.33	0.22
N−Me	119.44±6.47	119.50±6.73	−0.18	0.87
LAFH	65.67±4.47	65.94±4.69	−0.68	0.52
SN−H	10.78±2.65	10.78±3.01	0	1
Si−H	4.78±0.91	4.89±0.82	−0.01	0.56
LL−H	−1.78±1.50	−1.72±1.42	−0.36	0.73
A点突度	4.39±2.92	3.83±3.08	1	0.35
Pog−Pogs	14.06±3.46	14.17±3.67	−0.69	0.51
Sn−Pn	12.33±2.49	12.28±2.25	0.26	0.80
Gs−Sn−Pogs	19.11±8.77	19.28±8.36	−0.58	0.58
UI−NA	8.39±5.62	8.00±6.13	0.77	0.45

表 2 计算机与手工定所获线距角度值的配对 t 检验($n=17$)

测量项目	计算机	手 工	t 值	P 值
FMA	25.68±8.01	25.39±8.36	0.67	0.52
SNA	79.70±5.43	79.72±4.94	−0.05	0.96
SNB	75.90±3.10	76.00±3.32	−0.38	0.72
ANB	4.38±3.23	4.22±2.85	0.68	0.51
SND	73.02±2.94	73.22±2.90	−0.78	0.46
Yaxis	64.72±4.48	64.00±4.68	2.58	0.05
Pog−NB	1.38±1.02	1.33±1.20	0.37	0.72
SL	72.78±19.47	73.22±19.87	−1.32	0.23
N−ANS	56.56±2.94	56.11±3.05	0.85	0.42
ANS−ME	62.56±4.12	63.11±4.23	−1.97	0.08
N−Me	118.83±4.47	119.39±4.73	−2.17	0.06
LAFH	65.54±4.79	65.83±4.46	−1.07	0.32
SN−H	10.89±3.56	10.83±2.75	0.11	0.91
Si−H	9.19±4.16	8.89±4.00	0.68	0.52
LL−H	−1.44±1.86	−1.67±1.39	0.91	0.39
A点突度	4.84±3.02	5.11±2.99	−1.10	0.31
Pog−Pogs	13.86±3.49	14.17±3.59	−1.28	0.24
Sn−Pn	12.14±2.02	12.17±2.45	0.06	0.95
Gs−Sn−Pogs	19.12±8.80	19.28±8.36	−0.52	0.62
UI−NA	8.41±5.75	8.00±6.13	0.76	0.47

叠、骨质疏松程度的平缓变化以及负片本身的特点决定了它经扫描后获得的数字图像边缘模糊,软硬组织灰度差较小,各组织混叠不清,灰度和亮度不足,严重影响图像的进一步处理。因此,必须对扫描图像进行必要的预处理。在本次实验中所使用的预处理方法有灰度图像的生成、逆反、对比度调整以及二值化处理技术等。

滤波处理:在头颅 X 光片图像系统的成像、传送和转换的过程中,总会造成图像的降质或一定程度的失真。同时由于环境因素和成像系统本身的原因,会造成图像的噪声污染。因此必须去除有些 X 光片上的粗大噪声。要实现标志点的自动定位其关键是边缘提取,因此,为了后续的图像处理,有必要增强图像中有用的边缘信息,衰减次要的图像信息即图像锐化。通过滤波技术可以实现图像的去噪和锐化。本实验采用的方法有低通滤波、高通滤波、中值滤波三种。

边缘提取:边缘是图像最基本的特征,它广泛存在于物与物之间,它是图像分割所依赖的重要特征。在头颅 X 光片中,边缘是标志点的载体和确定标志点的依据,因此,边缘的提取成为本项研究的关键。本实验采用的边缘提取方法有拉普拉斯算子、罗伯特(Roberts)边缘算子、索伯尔(Sobel)算子、小波技术等。前三种算子通过采用不同的差分方法,可以对不同的边缘进行检测提取,而小波技术能够把能量集中到边缘上,所以得到的图像边缘连续性好,而且很清晰。

细化技术:细化技术是对提取的边缘进行细化(单像素)处理,经细化处理后的头影图像边缘形成一根细线,这使后续的标志点的搜索和拟合变得更加准确。

曲线拟合技术:本实验一共采用了三种拟合模型,它们是圆和圆弧、三次样条插值曲线、NURBS 曲线。

由于标志点主要是位于图像边缘的最凹或最凸处,通过图像基本处理、滤波去噪、边缘提取、细化处理和曲线拟合得到理想边缘后,就可以建立有关的数学模型和算法获得标志点的自动定位,对那些没有位于图像边缘的标志点则采用综合算法自动定位。为了检验计算机定位标志点的准确性,由有丰富实际工作经验的正畸主任医生用 0.5mm 的铅笔在硫酸纸上进行了相同 X 光片上相同标志点的两次手工描绘和测量,其间隔时间为一月以上,将两次描绘标志点所获线距角度值,做配对 t 检验,计算均值、标准差、t 值、P 值,确定结果有无显著性差异,(结果见表 1),将自动定位标志点所形成的线距角度值与两次手工描绘标志点所形成的线距角度值之平均值作配对 t 检验,计算均值、标准差、t 值、P 值,确定结果有无显著性差异(结果见表 2)。

2 结 果

3 讨 论

本实验所自动定位的标志点为 20 个,即 S、N、Or、ANS、A、B、Pog、Gn、Me、T_2、P、D、Ui、Gs、Pn、Sn、UL、LL、Si、Pogs;所测量的线距角度值为 20 个,即 FMA、SNA、SNB、ANB、SND、Yaxis、Pog − NB、

维普资讯 http://www.cqvip.com

SL、N—ANS、ANS—Me、N－Me、LAFH、SN－H、Si－H、LL－H、A 点突度、Pog－Pogs、Sn－Pn、Gs－Sn－Pogs、UI－NA。从表 1 中可以看出，两次手工描点所获得的线距角度值所作配对 t 检验其结果无统计学差异($P>0.05$)，证明本次实验手工描点的准确性高，数据可靠，可以作为衡量计算机定点是否准确的标准；从表 2 中可以看出，两次手工描点所获线距角度的平均值与计算机定位标志点所获得的线距角度值做配对 t 检验，所有结果都没有显著性的差异($P>0.05$)，这就表明了计算机能够达到人工定位标志点时的准确程度，但使用它却避免了手工定位标志点时的费时和烦琐，而且不论是软组织还是硬组织都达到了理想的准确程度。我们通过理论推导和反复的实验研究，将快速小波变换和 Morlet 小波函数用于边缘提取，实验证明它具有(1)很强的抗噪声能力，提取出的边界清晰、光滑，能对不同的区域进行理想的分割；(2)适应性强，选取不同的阈值，能得到不同的边界，可以满足不同的需要；(3)失真度小，能够获取更多的数据信息，将处理过程中的信息损失大大降低；(4)计算量小，处理时间短、速度快。关于边缘提取的具体方法已有另文报道[1,2]。

由于按照常规所提取的边缘常有几个像素点宽，在此基础上所定位的标志点误差较大，因此在本实验中采用了以 Soble 算子细化算法为基础的头影定点综合算法，细化后的边缘线达到了 1 个像素点的宽度，说明我们的定点精确度很高，目前国内有关标志点自动描绘的文章中还没有见到边缘线达到一个像素点宽的报道。我们还对标志点定位的可重复性作了研究，经检测标志点的重复精度优于 0.5mm，线距测量的重复精度优于 0.5mm，角度测量的重复精度优于 0.5°，证明了计算机定位的可重复性好，这是手工描点无论如何也难以完全达到的。Macri、Wenzel[3]的研究证实对于 512×512 矩阵大小的数值图像，每个像素点的大小平均为 0.37mm，较低的图像分辨率对标志点的定位有影响，Cohen 等人[4]认为数字图像的分辨率应达到 1042×1042 的空间分辨率，才可能获得较准确的标志点的定位，国内张晓[5]等人所建立的头影测量自动分析系统所采用的图像扫描分辨率为 96DPI，我们所采用的图像扫描分辨率是 600DPI，远远高于 96DPI。在传统的手工描绘标志点的过程当中，有眼睛识图的误差，有手工描绘和手工测量的误差，而且由于 X 线头影图像本身的复杂性及生物个体的多样性，不同的测量者对各个标志点的定义的理解偏差、测量经验和熟练程度不同，均造成较大的定点误差，最终影响疾病的诊断和治疗。而计算机定位标志点，是经过严密的数学运算获得的，有客观的依据，可以消除人为影响带来的误差。我们的研究证明，只有计算机定位标志点，才具有准确性高和可重复性好的特点，计算机描绘标志点目前是国内外口腔界的一个研究热点、重点和发展方向[6]，它将为临床医生快速准确地获取有关资料提供极大的方便，有利于诊断和治疗计划的制定。我们的这次实验将为今后进一步的研究打下一定基础，提供一些经验。

4 结 论

计算机能够达到手工描绘标志点的准确程度，在不久的将来标志点定位的人为误差将会完全被计算机自动定位标志点所消灭。

参 考 文 献

[1] 李晓智. 利用小波变换提取医用 X 光片图像边缘的研究[J]. 西南师范大学学报(自然科学版)，2001；26：462－465.

[2] 李晓智. 头颅 X 线图像边缘提取方法的评价[J]. 第三军医大学学报，2002；24：227－228.

[3] Cohen AM. A preliminary study of computer recognition and identification of skeleted landmarks as a new method of cephalometric analysis[J]. Bri J Orthod, 1984；11：143－154.

[4] Macri V. Reliability of landmark recording on film and digital lateral cephalograms[J]. Eur J Orthod, 1993；15：137－148.

[5] 张 晓. 自动 X 线头影测量分析系统的研究与应用[J]. 中华口腔医学杂志，1999；34：76－79.

[6] 周继祥. 图像图形处理技术在头影测量分析中的应用和发展[J]. 国外医学口腔医学分册，2001；28：19－21.