

研究简报

计算机实现原木的三维再现

关明山,任洪娥,马岩

(东北林业大学, 哈尔滨 150040)

摘要: 根据计算机图形学原理,利用坐标变换,包括放缩、规格化等一系列处理,将激光扫描的原木三维几何数据转换成世界坐标,再利用比例、投影、旋转等方法对转换后的坐标进行处理,进而形成相应的计算机屏幕坐标,最终在计算机上真实再现原木的几何特征,为原木加工的自动化处理提供依据。

关键词: 三维再现;激光扫描;坐标变换;原木

中图分类号:TP391.41,TS653 文献标识码:B 文章编号:1001-8654(2004)03-0023-03

Computerized Three-dimensional Log Representation

GUAN Ming-shan, REN Hong-e, MA Yan

(Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

Abstract: It is important to be able to accurately and rapidly measure log diameter to efficiently and automatically process logs. This paper describes a computer graphic method to represent a three dimensional shape of a log. Basic cross-sectional data were obtained by passing logs, at a given speed, through a frame on which laser scanners had been installed. Images of the shape of the logs were then viewed on the computer screen where they could be manipulated such as changing the coordinates, zooming in or out, or rotating them.

Key words: Three-dimensional representation; Laser scanner; Coordinate change; Log

木材加工的第一步是将原木锯割成板方材,在此过程中,原木的外围几何形状是制约下锯的关键性因素,因此,快速、准确地检测原木外围几何形状成为木材加工的首要问题。目前,我国绝大多数木材加工企业都是采用人工检测原木的外围参数(包括原木的长度、大头、小头直径以及原木弯曲度等),这种方法常常由于测量人员的状态、测量方法、测量经验的不同导致测量误差较大,而且人工测量很难兼顾原木的三维信息,更增加了测量的不准确性。此外,人工检测方法无法适应现代化木材加工流水线的生产节奏。

激光检测的计算机三维再现系统是将发展比较成熟的激光测距技术应用到木材检测中,当原木从流水线上经过激光头时实施检测。由于激光的快速性,使同一次测量的各点几乎在与原木纵轴相垂直的同

一平面上,每个截面上的测点都可以真实再现原木的截面几何形状,其测量误差一般在 $0.01 \text{ mm}^{[1]}$ 以内,能够很好满足进一步处理的要求。将原木各个截面依次在计算机屏幕上画出来,只要调整好放缩比例,就能够真实再现原木的原始形状。在原木三维再现的同时,计算机可计算出原木长度及大、小头直径等各参数值。

1 激光检测系统原理

图1为激光检测试验系统:一个正八角形的金属检测门框,金属门的四周安装有若干激光头,一个可以一定速度均匀自动向前移动的平台,作为传输原木的装置。在平台移动的过程中,每隔一定时间各激光头以左、上、右顺序依次发出激光束,对原木进行采样,并依次将采样的结果送至计算机存储到相应的文件中。计算机快速将采集的数据进行一系列处理,最终在计算机屏幕上真实再现原木的几何特征。

收稿日期:2003-10-15

基金项目:国家“948”项目(2001-27);黑龙江省自然科学基金资助项目《东北主要树种板材特征的纹理视频检索理论》(C01-21)。

作者简介:关明山(1974-),男,东北林业大学硕士研究生。

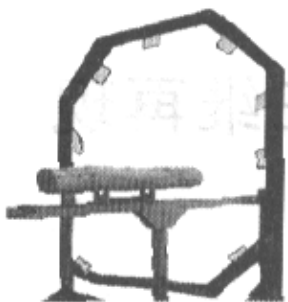


图1 激光头在检测框内的安装位置

Fig. 1 Mounting position for laser scanners on the testing frame

上述过程的关键是控制好原木的进给速度。速度过快有可能使本在同一截面上的点分散到不同的截面上,导致截面回归时呈现为椭圆形;速度过慢则对整个流水线的进程产生影响。

设每一个激光头的采样时间为 t_i , 检测门共安装激光头 n 个, 则检测一个截面需要的时间 $T_0 = nt_i$, 即要求原木在 T_0 时间内的行进距离至少控制在 $1 \times 10^{-3} \text{ m}$ 以下。实际上, 从一个激光头发出激光到返回的时间不会超过 $20 \times 10^{-9} \text{ s}$ ^[1]。对于本试验, 设置的激光头为 8 个, 则采集一个截面所需时间为 $20 \times 10^{-9} \text{ s} \times 8 = 160 \times 10^{-9} \text{ s}$, 再加上计算机处理数据的时间, 最多不超出 $0.2 \times 10^{-3} \text{ s}$ 。在此条件下, 原木进给速度约为 5 m/s , 而实际上, 平台作为机械装置, 其移动速度一般在 5 m/s 以下, 因此采样过程主要是计算机等待原木的进给。大量试验表明, 在原木上每隔 $1.5 \times 10^{-2} \text{ m}$ 采样一次就能很好的再现原木的特征, 即原木每行进 $1.5 \times 10^{-2} \text{ m}$ 采样一次, 采样过程的实质是将原木表面划分成了整齐的网格, 网格的大小由激光头的数量、采样周期以及原木的进给速度共同控制。

2 坐标变换

2.1 将距离值转换为世界坐标值

由激光头采集的数据为激光头到原木表面的距离, 这些数据不能进行用于计算机的三维再现, 必须先将采集的数据转换为世界坐标(World Coordinate System, 简称 WC), 如图 2 所示^[2, 3]。

激光检测原理如图 3 所示, 将检测框所在八角形中心作为世界坐标系的原点, 将经过该中心的水平方向作 x 轴, 向右为 x 轴正方向; 经过该中心的垂直方向作 y 轴, 方向垂直向上。

以检测门右上角某激光头为例, 一旦被安装, 其位置被固定, 则其相对八角形中心与水平线间的夹角

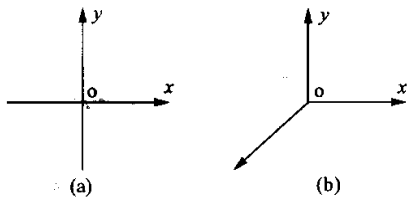


图2 世界坐标系

Fig. 2 The world coordinate system

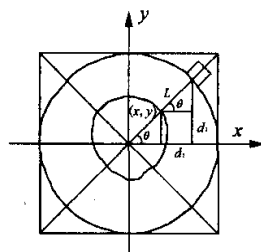


图3 激光检测原理图

Fig. 3 Principle of laser scanning examination

亦固定, 检测值即为激光头距原木表面的距离 L 。设八角形内接圆的半径为 R , 根据各个激光头所处位置不同, 角值不同, 运用公式(1)~(8)可将所有激光头测量的一维距离值转换为二维坐标值。其中:

检测框右上部 P 点坐标的 x 、 y 值可由公式(1)、(2)计算

$$x = (R - L) \cos(\theta) \quad (1)$$

$$y = (R - L) \sin(\theta); \quad (2)$$

检测框左上部激光测量值的转换则利用公式(3)、(4)计算

$$x = -(R - L) \cos(\theta) \quad (3)$$

$$y = (R - L) \sin(\theta); \quad (4)$$

位于检测框右下部的激光测量值转换利用公式(5)和(6)计算

$$x = (R - L) \cos(\theta) \quad (5)$$

$$y = -(R - L) \sin(\theta); \quad (6)$$

位于检测框左下部的激光头测量值转换利用公式(7)、(8)进行

$$x = -(R - L) \cos(\theta) \quad (7)$$

$$y = -(R - L) \sin(\theta). \quad (8)$$

2.2 世界坐标值转换为屏幕坐标值^[2]

图形输出设备自身带有设备坐标系(Device Coordinate System, 简称 DC 或物理坐标系)。本系统的输出设备是计算机的显示器, 屏幕坐标系是一个二维平面坐标系, 其度量单位是像素。因此, 其定义域是整数域且有界。而且屏幕坐标系的 y 轴正方向是垂直向

下的,与世界坐标系的 y 轴方向恰好相反。因此,由距离值转化而来的世界坐标值还不能直接在计算机屏幕上输出,必须将世界坐标系中的坐标值先转换为屏幕坐标系下的坐标值,然后才能够使用。

为方便起见,可选屏幕坐标系的原点与世界坐标系的坐标原点重合,而且 x 轴也重合,以世界坐标系中 y 轴的反向作为新坐标系 y 轴的正方向。这样,为使原木原来相对视觉的位置不变,只需对原木上的点的坐标作以下变换:设变换前 P 点的坐标为 (x',y') ,变换后则 P 点的坐标为,则有:

$$x' = x \tag{9}$$

$$y' = -y, \tag{10}$$

将式(9)、(10)用于世界坐标系下的各点采样值坐标,即可得到各采样点在屏幕坐标系下的相应的新坐标。

2.3 实测结果

现仅就原木一个端面上的测量数据绘制成表,如表 1 所示。

表 1 激光扫描数据统计分析表
Tab. 1 Data obtained from laser scanning

激光头	第 1 次 /mm	第 2 次 /mm	第 3 次 /mm	第 4 次 /mm	第 5 次 /mm	平均值 /mm	实测值 /mm	相对误差 /%
1	360	360	358	361	360	359.8	360.3	1.40
2	281	278	281	280	281	280.2	280.1	0.35
3	200	200	200	201	201	200.4	200.2	1.00
4	174	175	175	176	176	175.2	175.0	1.14
5	145	146	147	147	146	146.2	146.6	2.70
6	249	248	249	249	248	248.6	249.0	1.60
7	328	328	328	328	328	328.0	328.0	0
8	385	385	385	384	383	384.4	384.1	0.78

3 原木的三维再现

3.1 原木截面的显示

投影是把空间物体投射到投影面上而得到的平面图形,是三维图形在二维的输出设备上显示的不可缺少的技术之一,原木的三维再现即是将三维的原木投影到二维的计算机屏幕上的过程。

首先,由于采样值经过世界坐标与屏幕坐标等一系列变换,尚未考虑其大小与屏幕有限象素点的关系。对于每一个截面,经过数据分析,需要对其坐标作适当放缩才能在屏幕上完全显示。另外,以上变换都是相对于坐标原点的变换,所以还要将图象适当平移,才能在屏幕的适当位置将其完整显示。变换方法采用在屏幕坐标的基础上乘相应的变换矩阵 T , T 采用齐次坐标矩阵方式。

$$T = \begin{bmatrix} n_1 & 0 & 0 \\ 0 & n_2 & 0 \\ v_1 & v_1 & 1 \end{bmatrix} \tag{11}$$

设变换前 P 点坐标为 (x,y) ,变换后 P 点坐标为 (x',y') ,则有:

$$x' = n_1 x + v_1 \tag{12}$$

$$y' = n_2 y + v_2. \tag{13}$$

其中 $v_1、v_2$ 分别代表图形相对屏幕坐标原点水平、垂直平移的距离, $n_1、n_2$ 分别代表方向和方向放缩倍数, $n_1、n_2 > 1$ 表示放大, $n_1、n_2 < 1$ 表示缩小。经过上述变换,可将截面图形平移到所要显示的位置。

3.2 隐线的消除

任何一个空间物体,无论简单还是复杂,在空间的任意方向上都只能看见部分表面或轮廓线,背向不可见的表面和轮廓线称为隐藏面或隐藏线^[4]。消除原木再现时的隐藏面及隐藏线可以增强图形的立体感,达到真实再现原木外围轮廓的效果。本系统采用径向排序法^[3]、图形填充及假彩色处理法^[5]达到消除隐藏面及隐藏线的目的。

如果图形程序根据观察角度的变化,自身能灵活地做出判断,使画图顺序在程序运行期间可以改变,就能从各种不同的角度来观察同一景物和图象,具备这种功能的预分类法称为径向排序法。原木上各个采样截面按照原木的移动方向自然有序,时间上表现为先经过检测门的部分先检测,相应部分也就先存储到计算机中,先得到处理,三维再现时处于最底层。

图形填充是指在所画的封闭图形内填充适当的颜色或图案,以增强显示效果。填充后的图形实际上就变成以图形为轮廓的图象。

假彩色处理是指将一幅彩色图象中的每一象素的 RGB 值都映射到显示 RGB 空间中的一个新点的过程,使人眼可以直接获得更多的图象信息,增强立体感。本系统中截面轮廓线采用红色,在其中填充黄色,进一步增强了图象的立体感。

上述处理过程实际上是先读取一个截面上的 8 个点,经过坐标的放缩、平移操作,运用计算机绘图函数在计算机屏幕上的适当位置绘制一个有八个顶点的多边形(在绘制过程中选择合适的画线颜色,并经过图形填充),然后重复上述步骤,只是在画下一截面时整体较前一截面右移适当距离,最终一截面遮挡了前一截面的部分区域,这也正是隐线消除中的径向排序法,这样,依次读出截面坐标,并依次在屏幕上绘

(下转第 28 页)

此树种木材适宜做装饰单板。

2.3 工作空间

工作空间是指专家系统的工作存储区,存放用户回答的事实、已知事实和由推理得到的事实,是系统操作的对象。工作空间中数据的表示和组织与知识库中知识的表示和组织一致,以便使推理机能够方便地使用知识库中的知识和工作空间中描述问题当前状态的数据去求解问题^[6]。

2.4 解释机

包括人机界面和解释模块。解释模块根据推理机的推理轨迹向用户解释得到的结论。例如用户问:为什么该木材可以用来做装饰单板?人机界面把该用户的提问转换成系统规范化的表示形式,然后推理机对这一提问进行推理,解释模块根据其推理过程,解释得到的结论:因为该木材生长轮明显(规则 41),纹理交错(规则 42)或纹理波状(规则 43),木射线宽大(规则 44)或木射线栎型(规则 45),因此木材花纹美观(规则 51,52,53,54,55),所以该木材适宜制作装饰单板(规则 12)。这些结论是人机界面把系统输出的内部信息转换而成的,易于用户理解。此外解释模块还负责解释推理路线及其提问的含义,使用户更容易

了解推理过程,并为系统维护提供方便,是实现系统透明性的主要模块。

3 结语

结合专家系统在家具与装饰行业中的应用,本文描述了一种专家系统的设计思想。知识的表示结合了领域专家的经验 and 知识,以及以往的研究成果和采集的数据。在家具与装饰行业中建立专家系统是合理利用木材的很好途径,对家具与装饰行业的发展,有一定的借鉴作用和启发意义。

参考文献:

- [1] 王永庆. 人工智能原理与方法(第一版)[M]. 西安:西安交大出版社, 1998.
- [2] (美) Giarratano J, Riley G. 专家系统原理与编程[M]. 印宽, 刘星成, 汤庸译. 北京:机械工业出版社, 2000.
- [3] 凌云. 基于多种知识表示下的常规推理机的设计与实现[J]. 微计算机应用, 1998(3): 21-24.
- [4] 申宗圻. 木材学(第二版)[M]. 北京:中国林业出版社, 1990.
- [5] 江泽慧, 彭镇华. 世界主要树种木材科学特性[M]. 北京:科学出版社, 2001.
- [6] 蔡自兴, 徐光祐. 人工智能及其应用(第二版)[M]. 北京:清华大学出版社, 1996.

(上接第 25 页)

制截面,最后实现了原木三维再现的目的,显示效果及处理结果如图 4 所示。

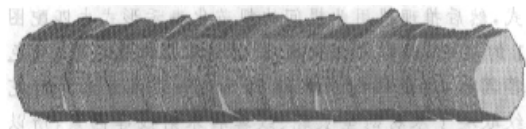


图 4 原木的计算机三维再现

Fig. 4 Three-dimensional image of a log

4 小结

本文介绍了实现原木三维再现的新方法。其中采样坐标原点的选取是关键,选在检测门中心,大大简化了坐标变换的复杂度;三维再现时采用径向排序法可方便地对原木实施旋转操作;采用假彩色处理方法可将图象处理技术应用到图形处理当中,增强了图形

的立体感,也有利于区分原木上的缺陷部位。在三维再现的同时,可方便地计算出原木的各种参数,为后序处理奠定了基础。增加采样点数,可以使再现效果更为理想。

参考文献:

- [1] 雷仕湛. 激光技术手册[M]. 北京:科学出版社, 1992.
- [2] 陈元炎, 张晓竟. 计算机图形学实用技术[M]. 北京:科学出版社, 2000.
- [3] 孙立携. 计算机图形学[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社, 2000.
- [4] 孙家广, 杨长贵. 计算机图形学[M]. 北京:清华大学出版社, 1995.
- [5] 李兰友. Visual C++ .NET 图形图象编程[M]. 北京:电子工业出版社, 2003.
- [6] Tian Xin, Glen Murphy and Dave Cown 1996 b; A Review of Timber and Log Scanning Technology[R]. New Zealand Forest Research Institute, Project Record No: 4876.

欢迎订阅. 欢迎赐稿. 欢迎发布信息. 刊登广告