

# 昆虫三维标本网络信息系统设计

刘桂阳<sup>1</sup>, 齐 瑛<sup>2</sup>, 林志伟<sup>3</sup>, 丁国超<sup>1</sup>

(1. 黑龙江八一农垦大学信息技术学院, 大庆 163319; 2. 黑龙江八一农垦大学教务处, 大庆 163319;  
3. 黑龙江八一农垦大学农学院, 大庆 163319)

**摘 要:** 为了能够在网络上从各个角度观察昆虫, 该文实现了建立昆虫三维标本的方法。通过自制的拍摄装置, 结合图像处理技术, 实现了昆虫三维标本影像模型的自动化建模和虚拟展示。并在此基础上, 建立了昆虫三维标本网络信息系统。该系统建立的昆虫标本具有建模自动化、全景观察、永久保存等特点, 为学习和辨别昆虫提供了数据支持。

**关键词:** 模型, 可视化, 万维网, 昆虫防治

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2009.08.030

中图分类号: TP37; S186

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2009)-8-0164-05

刘桂阳, 齐 瑛, 林志伟, 等. 昆虫三维标本网络信息系统设计[J]. 农业工程学报, 2009, 25(8): 164—168.

Liu Guiyang, Qi Ying, Lin Zhiwei, et al. Design of network information system of 3D insect specimen[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(8): 164—168.(in Chinese with English abstract)

## 0 引 言

昆虫标本不仅是教学、防治、检疫中的直观教材, 还是基础研究方面不可缺少的宝贵资料。无论是进行昆虫形态学、生理学、生态学、毒理学研究, 还是进行森林、农业、以及自然保护和自然资源管理等方面的研究, 都离不开对昆虫标本的观察、鉴定及对其生活史进行相关的了解。但昆虫种类繁多、数量巨大, 这就为虫标本的保存、使用等工作带来相当大的困难。传统昆虫标本的管理多采用账本、卡片的管理方式, 其检索、维护颇为不便; 同时, 频繁的使用还会使标本很快损坏<sup>[1]</sup>。

制作内容丰富的昆虫电子标本及时运用到昆虫学课程教学中, 以满足学生的感知需要, 提高学生的学习兴趣, 并增强学生对知识的理解与记忆。目前国内外也有一些电子昆虫标本库, 但都是停留在图文的层面上, 只能静态地从一个角度观察昆虫。另外有一些科研单位在研究利用分形的方法建立昆虫的三维模型, 但生成算法研发难度很大, 而且虚拟的昆虫与真实昆虫存在较大差异。同时由于一种分形算法只限于某一种昆虫, 不具有通用性, 很难推广应用<sup>[2]</sup>。

计算机技术的特点在于, 计算机产生一种人为虚拟的环境, 这种虚拟的环境是通过计算机图形构成的三维空间, 或是把其他现实环境编制到计算机中去产生逼真的“虚拟环境”, 从而使得用户在视觉上产生一种沉浸于其中的感觉<sup>[3]</sup>。本文完成的系统将是利用计算机图像处理与虚拟现实技术结合起来, 建立一种自动化制作昆虫三维模型的方法。这种三维昆虫影像模型, 既可以保留昆虫的真实外貌, 具有较强的立体感, 又能更好地从各

个角度观察昆虫细微的结构特征。与普通标本相比, 具有不褪色, 不损坏, 可以在网络上方便检索等特点, 其成果可以为昆虫教学、研究以及昆虫的利用与防治提供基础直观数据。

## 1 技术路线

### 1.1 系统研发流程

本文以植物保护学、昆虫学、数字图像处理及虚拟现实技术为理论基础, 结合数据库及网站技术, 实现昆虫三维标本网络信息系统。系统分为三维标本制作子系统和网络虚拟展示子系统两部分, 具体可以细分为制作昆虫实体标本、研制昆虫三维摄像设备、建立昆虫资料信息库、开发网站管理界面 4 项内容, 其研发流程如图 1 所示。

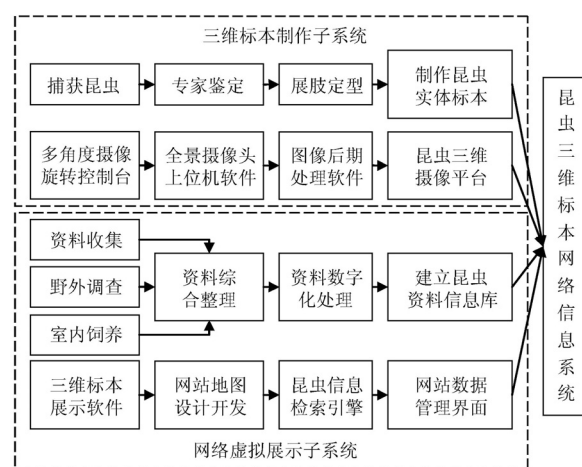


图 1 昆虫三维标本网络信息系统制作流程

Fig.1 Making flow of 3-D insect specimen network information system

昆虫标本的制作过程主要包括采集、杀死、定型等过程, 这些技术在昆虫界已经成熟, 值得注意的是, 由

收稿时间: 2008-11-10 修订时间: 2009-05-11

作者简介: 刘桂阳 (1972—), 男, 黑龙江五常人, 副教授, 现从事计算机网络及多媒体教学及科研工作。大庆 黑龙江八一农垦大学信息技术学院, 163319. Email: guiyangliu@126.com

于本文制作的标本是用于制作三维影像模型的素材，而不是长期保存，所以与一般昆虫标本的制作过程相比存在不同，去除了一般昆虫标本制作过程的去除内脏、烘干和防腐处理等过程。这样制作的鲜体标本，由于死亡时间短，形体比较牢固，不易受损，形态和色彩更逼真，更适合下一步拍摄的要求<sup>[4]</sup>。

## 1.2 组图像矩阵

为了说明本系统使用的三维建模原理，这里引入单元图像和组图像的概念。单元图像是对前面制作的昆虫鲜体标本的某一角度进行拍摄并处理得到的图像；而组图像由多个单元图像按二维矩阵方式拼接而成的图像。组图像矩阵的每个元素都是不同的单元图像。如图 2a 为昆虫“天牛”部分原始素材，其中每一张昆虫图像，经过光线和去除背景等处理后得到单元图像。图 2b 为组图像所表示的矩阵，其中  $A_{ij}$  ( $i=1,2,\dots,m, j=1,2,\dots,n$ ) 为单元图像。本文所采用的三维建模方法就是利用相对变化较小的多幅单元图像按特定顺序拼合成一个组图像，

再通过专门的三维显示技术，在屏幕上将组图像按一定规则还原为动态三维图像效果。

组图像矩阵的一行代表同一个水平高度拍摄的  $360^\circ$  图片集合，元素个数为  $n$ ，矩阵的一列代表垂直方向上不同角度拍摄的图片集合，元素个数  $m$ 。矩阵的每个元素根据索引下标分布在如图 2c 的外筒壁上。筒面的法线方向垂直每个单元图像向外，虚拟展示时镜头沿逆法线方向在筒面上滑动。通过快速切换不同矩阵元素来显示不同方格内的单元图像，实现三维图像效果。

其中  $m$  和  $n$  的个数越大，图像的精度越大，显示的效果越流畅逼真，但图像的存储空间越大，拍摄的工作量也越大，同时每个模型的网络传输时间也会变长。在当前的网络环境下，即使是宽带上网，图片也不应当超过 2 MB，否则用户会失去耐心；而当前主流的显示器分辨率是  $1024 \times 768$ ，图片再大也不会提高显示效果。综合网速和显示效果因素，在本系统中确定  $m$  为 3， $n$  为 32，在仿真显示时运行效果可以满足人的视觉要求<sup>[5]</sup>。

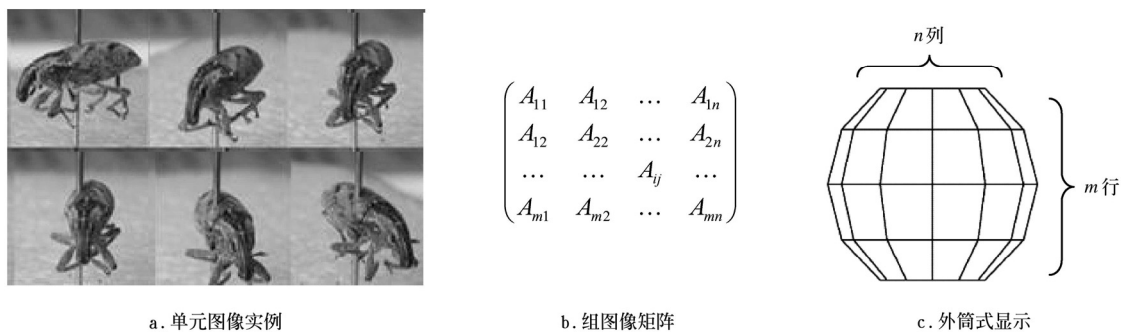


图 2 三维影像模型生成原理  
Fig.2 Principle of making 3-D image model

## 2 三维标本制作子系统

### 2.1 利用多角度自动拍摄装置实现批量建模

由前面分析知道，拍摄昆虫照片是建立三维昆虫标本的前提，同时也是工作量最大的环节。一方面是因为昆虫种类繁多，拍摄照片数量巨大；另一方面由于后期三维合成的要求，对拍摄的清晰度、角度及光线都有非常苛刻的要求，如果利用手工进行工作量是难以想象的，而且精度也很难达到要求。为此本系统研发了专门用于昆虫拍摄的硬件设备，在低成本的前提下，使拍摄工作达到一定程度上的自动化，大大提高了由昆虫实体到数字标本的转化效率。

利用计算机软硬件技术，分析对照片拍摄的要求，建立了如图 3 所示的多角度自动拍摄装置。该装置由硬件设备和控制软件两部分组成，其中硬件设备主要由旋转台、摄像头、光源 3 部分组成，控制软件由电机控制软件和摄像头控制软件组成。旋转台上的单片机及摄像头与上位机电脑相连，由控制软件协调旋转和拍摄的同步。

自动拍摄装置的关键技术在于实现摄像头的拍摄与电机旋转同步，当电机停止时自动进行拍摄并按指定文件名（命名规则见下文）进行存储。由于每次旋转都会

产生一定的中断误差，所以要求 32 次的累积误差在允许范围之内。

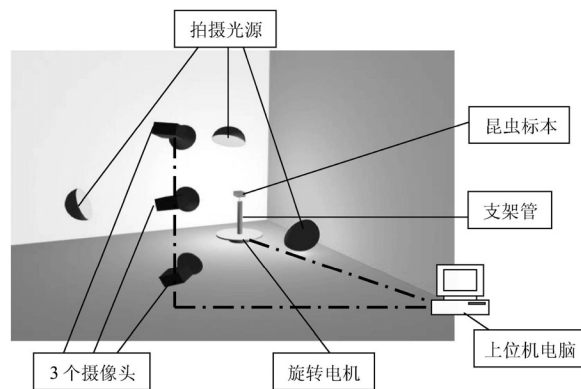


图 3 多角度自动拍摄装置示意图  
Fig.3 Schematic diagram of multi-angle automatic shooting device

旋转台由单片机控制步进电机，步进电机旋转步长公式为

$$N \times \text{stepCount} \times 0.025 = 360$$

其中 360 为旋转一周度数，0.025 步进电机旋转度数， $N$  为水平方向图片数，图 2b 组图像矩阵中  $n$  取为 32，所

以每次暂停步数  $\text{stepCount}=360/32/0.025=450$ , 即电机每次旋转 450 个单位, 暂停 1 s, 等待摄像头进行拍摄<sup>[6]</sup>。拍摄时间约为 1 min, 加上标本放置、手工调整摄像头焦距, 调节灯光亮度及软件处理等时间, 一个标本的完整拍摄时间约为 5 min。

由于在上文中组图像矩阵中的  $m$  取为 3, 为了提高拍摄效率, 所以在拍摄装置中安装 3 个摄像头同时拍摄不同纬度的图片。考虑到本项目拍摄的图片较小, 对图像的分辨率要求不高, 一般的摄像头都可以完成任务, 本系统选择的是联想 ET380 套装版。标本利用直别针插入固定在支架管上, 示意图中的三维背景只是便于观察, 真实的装置中是白色屏幕, 消除转角阴影, 以便于下一步的图像处理。

## 2.2 标本模型的后期合成

本文所使用的编程软件是 DirectShow, 为多媒体流的捕捉和回放提供了强有力的支持。用 DirectShow 开发应用程序, 可以很方便地从支持 windows driver model (WDM) 驱动模型的采集卡上捕获数据, 进行相应的后期处理并存储到文件中。

利用上面的拍摄装置得到的图像只是原始素材, 还要经过去除探针和背景色等处理得到多个独立的单元图像。由于三维标本应用在网上, 图片不能太大, 否则大量的数据会降低网站性能, 确定每个单元图像大小为  $500 \times 400$  分辨率。

下一步是利用拼接算法将这些图像合成为组图像, 在处理过程中必须保证程序能够自动识别单元图像的位置, 从而达到拍摄图片与生成组图像的同步。本文利用文件名来达到这一目的, 文件名的前 8 位为标本本身的名称, 后 4 位为当前图像在组图像矩阵中的行列位置 (即索引下标)。如文件名为 locustab0213, 表示标本为 locustab, 当前单元图像在组图像的 2 行 13 列, 即  $A_{2,13}$ , 拼接算法将按这项信息进行拼接。

组图像生成后, 昆虫个体的三模建模基本完成。为了便于在网上引用, 必须将大量的昆虫模型信息存储于数据库中。考虑到网站的移植性和访问量, 系统采用 Access 数据库存储数据。除了一般用于网站本身维护的数据表以外, 这里重要说明的是标本数据信息表。该表的数据字段结构如表 1 所示, 按照生物界的分类原则, 有界、类、门、纲、亚纲、目、总科、科、亚科、属、种、亚种等级别, 由于平台中的所有昆虫均属于动物界节肢动物门中的昆虫纲, 为降低数据的冗余度, 表中的昆虫分类从亚纲开始。其中 Gimgurl 是用于存储前面生成的组图像的 URL 信息, 能通过网站直接访问, 其他字段存储昆虫的索引查询信息。

表 1 昆虫标本信息数据表结构

Table 1 Data list structure of the insect specimen information

| 序号 | 字段名称        | 类型   | 说明 | 数据举例  |
|----|-------------|------|----|-------|
| 1  | Subclass    | Text | 亚纲 | 有翅亚纲  |
| 2  | Sort        | Text | 类  | 不全变态类 |
| 3  | Order       | Text | 目  | 直翅目   |
| 4  | Superfamily | Text | 总科 | 蝗总科   |

|    |              |      |       |                  |
|----|--------------|------|-------|------------------|
| 5  | Family       | Text | 科     | 蝗科               |
| 6  | Subfamily    | Text | 亚科    | 飞蝗亚科             |
| 7  | Genus        | Text | 属     | 飞蝗属              |
| 8  | Species      | Text | 种     | 飞蝗               |
| 9  | Subspecies   | Text | 亚种    | 东亚飞蝗             |
| 10 | Growthperiod | Text | 生长期   | 幼虫               |
| 11 | Comment      | Text | 说明文字  | 形态特征、分布与危害、生活习性等 |
| 12 | Gimgurl      | Text | 组图像地址 | /01/locu001.jpg  |

## 3 网络虚拟展示子系统

### 3.1 虚拟展示模块

为了将前面建立的组图像在网上显示为三维图像效果, 利用 JavaApplet 编程实现。程序中定义了外筒图像视窗和观察视窗, 如图 4 所示。

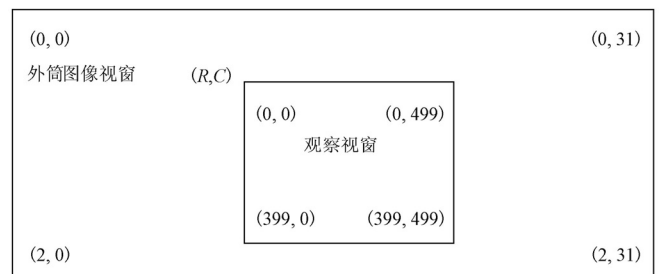


图 4 外筒图像视窗与观察视窗

Fig.4 Outside tube image window and view window

观察视窗用于显示当前的单元图像, 分辨率为  $500 \times 400$  像素, 与单元图像大小一致。外筒图像视窗用于存储组图像, 由  $3 \times 32$  个单元图像组成。一个组图像大小为  $500 \times 400 \times 32 \times 3\text{bit} = 19\,200\,000\text{ bit}$ , 约为 2.2 MB, 压缩后为 1~1.5MB 左右。 $(R,C)$  表示观察视窗在外筒图像观察中的行和列, 展示程序就是利用控制  $(R,C)$  的值来实现标本的三维动态显示效果。表 2 为  $(R,C)$  随用户鼠标移动而产生的变化公式, 其中  $R$  只能  $[0, 2]$  范围内前后移动, 不能超出边界, 限制在  $180^\circ$  内上下旋转, 这将有利于三维模型的观察, 防止模型随用户拖动鼠标而上下翻滚的现象发生; 而  $C$  可在  $[0, 31]$  范围内循环滚动, 当超出边界时自动滚动到另一端, 从而实现  $360^\circ$  旋转操作。

表 2 鼠标拖动事件控制观察视窗位置变化

Table 2 View window position controlled by mouse drag events

| 驱动事件 | 起始行 $R$           | 起始列 $C$            |
|------|-------------------|--------------------|
| 左移   | 不变                | $C=(C>0)?(C-1):31$ |
| 右移   | 不变                | $C=(C<31)?(C+1):0$ |
| 上移   | $R=(R>0)?(R-1):R$ | 不变                 |
| 下移   | $R=(R<2)?(R+1):R$ | 不变                 |

### 3.2 网站界面的实现

网站采用 ASP.net 编程实现, 除一般网站通用的用户管理、数据维护等基本功能外, 主要实现了利用索引目录树进行昆虫信息检索的功能。目录树利用表 1 中的 1—5 字段提供数据, Dotnet2.0 的 TreeView 服务器控件创

建。当用户通过索引目录选择到昆虫所属的科时，服务器端程序将根据昆虫的所属科编号在标本信息表中检索该科的全部昆虫目录发送到客户端，用户选择具体的昆虫，服务器将该昆虫记录的 Gimgurl 字段中存储的组图像地址传递给 JavaApplet 的虚拟仿真模块，从而实现在网

页上显示三维动态标本。如图 5 所示，用户在观察时可以利用鼠标实现控制三维昆虫的旋转方向、放大缩小等操作，也可以根据形态特征、分布与危害、生活习性、防治方法等选项查看相应文字介绍。



图 5 昆虫三维标本网络信息平台界面

Fig.5 Interface of 3-D insect specimen network information platform

考虑到昆虫的信息比较多，如果每次都从数据库中检索生成树型导航控件，当访问量较大时会增加服务器的负担，为此网站专门开发了静态化目录树的程序模块。具体做法是，将数据表中的昆虫分类提前检索出来，生成静态的 Html+Javascript 代码文件，当用户访问该网页时直接调用这段代码，从而提高网站的响应速度。这样做的代价是用户看到的信息不一定是最新的，即数据表中更新的昆虫信息不能及时反映到网站中。为了解决这一矛盾，网站管理模块要求，当管理员进行昆虫分类数据维护（添加、修改或删除）时，重新生成这段静态代码，这样就实现了动态数据更新与静态代码高效率的有机结合<sup>[7]</sup>。

## 4 结 论

利用自制的多角度自动拍摄装置在硬件和软件上实现了昆虫三维影像标本制作的批量化，大大地提高了建模效率。在实际建模过程中，平均每个昆虫标本的建模时间在 5 min 以内，使建立昆虫三维标本信息库具有了可行性。通过批量压缩算法处理，每个昆虫模型生成的组图像文件一般 1~1.5 MB 左右，完全可以在目前的互联

网上快速传输。由于网站采用了代码静态化，虚拟交互操作完全在客户机器上运行，图像更新迅速，使昆虫的三维观察效果流畅逼真。这种三维影像建模技术可以很容易地应用到其它小型动植物的虚拟展示中，在算法和流程不变的情况下，适当调整拍摄装置就可以实现。

## 【参 考 文 献】

- [1] 巨云为, 李海富, 张文宾. 昆虫标本电子化管理系统的研制[J]. 山东林业科技, 2006, (6): 57—59.  
Ju Yunwei, Li Haifu, Zhang Wenbin. Studies on the computerized management system of insect specimen[J]. ShanDong Forestry Science and Technology, 2006, (6): 57—59. (in Chinese with English abstract)
- [2] Ron Rasch, Bronwen W Cribb, John Barry, et al. Application of quantitative analytical electron microscopy to the mineral content of insect cuticle[J]. Microscopy and Microanalysis, 2003: 152—154.
- [3] 杨忠伟, 康瑞存, 谢青. 虚拟现实技术的研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2009, (4): 161—163.  
Yang Zhongwei, Kang Ruicun, Xie Qing. Research on virtual reality technology[J]. Geomatics & Spatial in Formation on

- Technology, 2009, (4): 161—163. (in Chinese with English abstract)
- [4] 张建民, 张长青, 宋伟华, 等. 馆藏昆虫标本管理系统的研制与开发[J]. 信阳农业高等专科学校学报, 2003, (9): 1—3.  
Zhang Jianmin, Zhang Changqing, Song Weihua, et al. Research and development of management system of insect samples[J]. Journal of Xinyang Agricultural College, 2003, (9): 1—3. (in Chinese with English abstract)
- [5] 郭耀, 张敏情, 杨晓元, 等. 基于小区域特征的图像检索方法[J]. 计算机工程, 2009, (4): 200—202.  
Guo Yao, Zhang Mingqing, Yang Xiaoyuan, et al. Image retrieval method based on small object's characteristic[J]. Computer Engineering, 2009, (4): 200—202. (in Chinese with English abstract)
- [6] 童一帆. STC 单片机程序下载器设计[J]. 石家庄职业技术学院学报, 2009, (4): 45—47.  
Tong Yifan. Designing of STC microcomputer procedure downloading device[J]. Journal of Shijiazhuang Vocational Technology Institute, 2009, (4): 45—47. (in Chinese with English abstract)
- [7] 苏彦君, 朱仲颖. ASP.NET 开发环境下 Web 系统安全解决方案的实现[J]. 实验室研究与探索, 2009(3): 59—61.  
Su Yanjun, Zhu Zhongying. Implementation of security solution based on ASP.NET in the Web application[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2009, (3): 59—61. (in Chinese with English abstract)

## Design of network information system of 3D insect specimen

Liu Guiyang<sup>1</sup>, Qi Ying<sup>2</sup>, Lin Zhiwei<sup>3</sup>, Ding Guochao<sup>1</sup>

(1. College of Information Technology, Heilongjiang August First Land Reclamation University, Daqing 163319, China)

(2. Academic Affairs Office, Heilongjiang August First Land Reclamation University, Daqing 163319, China)

(3. College of Agriculture, Heilongjiang August First Land Reclamation University, Daqing 163319, China)

**Abstract:** In order to inspect insect specimen in multi-angle on the internet, the authors introduced a method of 3-D insect specimen demonstration. Using self-developed shooting device and image processing technology, automatic modeling and virtual demonstrate method of 3D insect specimen image model were implemented. Based on those, the 3-D insect specimen network information system was built. In the system, the insect specimen could be modeled automatically, showed panoramically and reserved timelessly, which provided the data support for insect learning and researching.

**Key words:** models, visualization, world wide web, insect control