

DOI:10.3969/j.issn.1007-9580.2023.02.007

## 基于 Three.js 的交互式鱼类模型展示系统设计

王钟泽<sup>1</sup>, 马晓飞<sup>2</sup>, 段金荣<sup>1,2</sup>, 沈楠楠<sup>2</sup>, 何雅慧<sup>2</sup>, 王芸<sup>1,2</sup>

(1 南京农业大学无锡渔业学院, 江苏 无锡 214128;

2 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心, 农业农村部淡水渔业和种质资源利用重点实验室, 江苏 无锡 214081)

**摘要:**目前浏览器对三维图形显示技术越来越成熟,使用 WebGL 的第三方库 Three.js 展示鱼类 3D 模型不仅简单方便,而且跨平台优势明显。通过对 Three.js 的研究解决以往技术建立鱼类 3D 展示系统功能较少、构建复杂、需要安装插件浏览和无法跨平台使用的问题,可推动鱼类可视化的相关应用。本研究主要采取 3ds MAX 软件建立鱼类模型和标本馆模型,通过 Three.js 库实现对模型的加载和交互,并将 Three.js 与 Bootstrap 框架、PHP 技术、MySQL 等技术结合进行搭建鱼类模型展示系统。在完成系统构建后将系统部署到腾讯云服务器中完成性能测试。结果显示:本系统实现了鱼类模型搜索查看、分页展示、在线上环境中秒加载,鱼类标本馆场景模型的分步加载,Mobile VR 方式查看鱼类模型,以及用户在线上上传模型、展示模型、分享模型等功能,具有较好的应用价值。本研究可为鱼类建模、鱼类 3D 模型的压缩、渔业大型模型场景加载和渔业可视化相关的研究提供参考。

**关键词:**三维可视化;鱼类建模;交互设计;标本馆模型分步加载;鱼类模型在线上展

**中图分类号:**S951.2;317.4

**文献标志码:**A

**文章编号:**1007-9580(2023)02-0050-008

虚拟三维鱼类模型与实体标本相比有很多优势,3D 鱼类模型不仅颜色更真实,而且在制作、保存、维护等方面都有较大优势。3D 模型可在网页中进行放大、缩小、平移、旋转等操作,是学习和研究鱼类的载体,在学校相关专业和研究机构中有较大的需求。

目前国内还没有专业的鱼类 3D 模型展示平台。过去一些学者发表的鱼类模型展示的论文在现在已比较落后,且流程麻烦。刘箴<sup>[1]</sup>研究了使用 VRML 和 3ds Max 实现虚拟水族馆的场景,VRML 语言被认为比较难使用,且早已经退出市场。吕俊霖等<sup>[2]</sup>研究 Flash 的鱼类标本展示技术,Flash 技术目前已经被淘汰。胡玉萌<sup>[3]</sup>使用 Unity3D 研究鱼类三维标本展示系统。段金荣等<sup>[4]</sup>使用 Unity3D 研究鱼类标本及标本馆场景展示技术。Unity3D 效率低、且需要导出为 WebGL 文件放到服务器中加载,加载时间较长,无法解决用户上传模型等问题。在国外也有一些学者对鱼类 3D 展示进行了研究。Berquist<sup>[5]</sup>建立了鱼

类数据库,对鱼类 2D 图像和一些 3D 内容进行展示,主要使用 MRI、CT 扫描、Flash、PHP 等技术实现。Betts<sup>[6]</sup>用动态图像引擎技术建立了一个 3D 骨骼模型的网站,里面包含了许多鱼类骨骼。LEBRUN<sup>[7]</sup>使用 CakePHP 框架和 3DHOP 框架设计了虚拟标本发布和存储的在线平台供他人搭建 3D 展示网站使用。马来西亚大学的 Yus 等<sup>[8]</sup>在移动端设备创建一个 VR 水族馆帮助人们学习和了解鱼类,主要使用 Unity3D 技术进行开发。Sidlauskas 等<sup>[9]</sup>发表了一篇用虚拟标本在线教授鱼类学的文章,研究了使用 3D 扫描建立鱼类模型的方法和建立鱼类标本网站的思路。

网页制作人员曾使用 VRML、java3D、Flash3D、Unity3D 等技术展示 3D 模型,但这些技术都存在较多问题,如需要安装插件、跨平台操作不友好、成本高、效率低等,限制了 Web 端 3D 展示和可视化技术的发展<sup>[10]</sup>。在 Html5 和 WebGL 三维标准绘图标准出现后,Web 3D 技术得以实现规范统一<sup>[11]</sup>。WebGL 可通过硬件加速渲染场

收稿日期:2022-05-19

基金项目:国家重点研发计划“蓝色粮仓科技创新”专项(CZ2020220103)

作者简介:王钟泽(1998—),男,硕士研究生,研究方向:渔业可视化、鱼类 3D 场景。E-mail:2645433375@qq.com

通信作者:段金荣(1978—),男,硕士,副研究员,研究方向:渔业经济、渔业信息。E-mail:duanjinrong@ffrc.cn

景,使人们将现实中的物体通过虚拟环境呈现的方式更加简单,而且不需要安装插件<sup>[12]</sup>。此外,几乎所有的浏览器都支持 WebGL 进行三维模型展示,具有跨平台的特点<sup>[13-14]</sup>。目前基于 WebGL 技术的虚拟现实应用领域正在逐渐增多<sup>[15]</sup>。在国外,网页版本的虚拟现实技术主要用在建筑的漫游、城市的规划、室内设计等<sup>[16]</sup>。

本研究给出使用 Three.js 技术建立鱼类 3D 模型展示系统方案,通过此方案可快速制作 3D 模型展示系统,且功能较多,可节省成本,提高效率。

## 1 鱼类建模技术和模型轻量化

### 1.1 鱼类建模技术

目前建立鱼类模型的方式比较多样,可通过 3D 激光扫描仪直接对鱼体扫描建立模型。但是 3D 激光扫描仪价格昂贵,对于简单物体进行建模,投入成本太高<sup>[17]</sup>。还可以通过手机对鱼类体表全方位拍照,将照片导入类似 Reality Capture、Photoscan 的照片建模软件中直接生成 3D 模型。照片建模学习门槛低、对拍照设备要求低、可得到与真实物体极高相似的三维模型<sup>[18]</sup>。由于照片建模需要固定鱼类进行多角度拍摄,并且模型质量较大,因此这里使用 3ds Max 软件构建鱼类模型。3ds Max 具有强大的建模功能,可创建出不同结构三维模型,在各行业中有广泛应用<sup>[19]</sup>。在建立模型时可先在网页中下载鱼类侧身照片或者自己采集鱼类侧身照片,接着在 3ds Max 中创建平面,并把鱼类侧身图贴到平面上。然后使用样条线绘制鱼类轮廓,并转化为可编辑多边形,再使用剪切工具连接顶点,在左视图和顶视图中将顶点拉到合适的位置,最后给模型增加壳、涡轮平滑修改器,此时鱼的半身模型就制作好了。然后在使用相同方法绘制鱼的胸鳍和腹鳍部分。

接着使用 Unwrap pro 插件对上面建立的模型展 UV,首先选中鱼类模型的所有部分,点击修改器列表中的 Unwrap pro 修改器,对该模型进行展 UV。当 UV 展好后,点击工具中的渲染 UVW 模板,并保存为图片格式。然后使用 Photoshop 软件打开 UV 图片,并对下载的鱼类的图片进行抠图,移动到 UV 展开图中合适位置。最后将处理

好的 UV 图片给鱼类模型贴图,并添加对称修改器,此时完整鱼类模型就制作完成了。

### 1.2 鱼类模型轻量化

三维模型由几何信息、材质、贴图组成,为减小模型大小,需要对贴图有和几何信息进行压缩,从而利于网络传输<sup>[20]</sup>。对模型进行轻量化可通过减少顶点数量和无损压缩贴图以及使用 Draco 压缩工具实现。减少顶点数可通过 3ds MAX 中的专业优化修改器实现。贴图的无损压缩可通过 Photoshop、Caesium Image Compressor 软件或者使用在线压缩网站 Online Image Tool、PicDiet 等实现。经过对贴图和顶点的优化后即可实现较好的轻量化效果,也可再次使用 Draco 压缩工具进行压缩模型,Draco 压缩对模型具有较好的压缩效果,可对 FBX、OBJ、GLB、3D Tiles 等格式的模型进行压缩。使用 Draco 压缩算法可节省模型几何信息约 80% 的存储空间<sup>[21]</sup>。

## 2 系统架构与开发技术

### 2.1 系统架构

系统架构如图 1 所示。

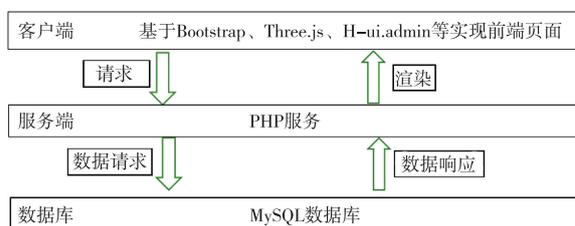


图 1 系统架构设计

Fig. 1 System architecture design

系统采用 B/S 结构,由三部分组成,分别是客户端、服务端和数据库<sup>[22]</sup>。服务器端采用 PHP 编写,数据库采用 MySQL 数据库。客户端与用户进行交互,将用户向服务器请求的 Web 资源呈现出来。服务端负责存储数据和处理应用逻辑。数据库给服务层中的业务逻辑提供数据支持,主要任务是存储和管理数据<sup>[23]</sup>。

### 2.2 主要开发技术

#### 2.2.1 Bootstrap 技术

Bootstrap 框架是一个优秀的前端开发框架,常被用来设计响应式网页,本身简洁灵活具有强大的可扩展性。Bootstrap 框架使用 HTML、

JavaScript、CSS、jQuery 等多种技术来实现响应式 Web 的开发,本身简洁灵活可扩展性强<sup>[24]</sup>。Bootstrap 还具有丰富的 CSS 样式和灵活的栅格系统,另外当 Bootstrap 中的功能不能满足需求时,用户还可直接添加新功能,修改方法十分灵活。

### 2.2.1 Three.js 技术

Three.js 是 WebGL 架构的三维绘图框架,使用 JavaScript 语言编写,对 WebGL 进行了二次封装与扩展<sup>[25]</sup>。Three.js 简化了相关接口的调用和三维绘图方式,降低了学习门槛,在可视化设计<sup>[26]</sup>、仿真系统设计<sup>[27]</sup>应用较多。Three.js 可加载大多数格式的模型文件,在解决用户与 WebGL 打交道的同时,具较大的可自定义和扩展性。

Three.js 还提供了简单易懂的 JavaScript API,并且集轻量化、开源等优秀品质于一身<sup>[28-29]</sup>。

## 3 系统设计与实现

### 3.1 功能模块设计

系统功能包括客户端和服务器端两部分。客户端主要实现访问者与鱼类模型的交互,包括搜索查看模型、将模型以分页的形式展示出来查看模型,本地模型在 Three.js 编辑器中的导入、导出、编辑、以 Mobile VR 方式展示鱼类模型和用户注册登录、用户在线上传与删除模型等功能,服务器端主要负责存储数据和处理应用逻辑。系统功能设计如图 2 所示。

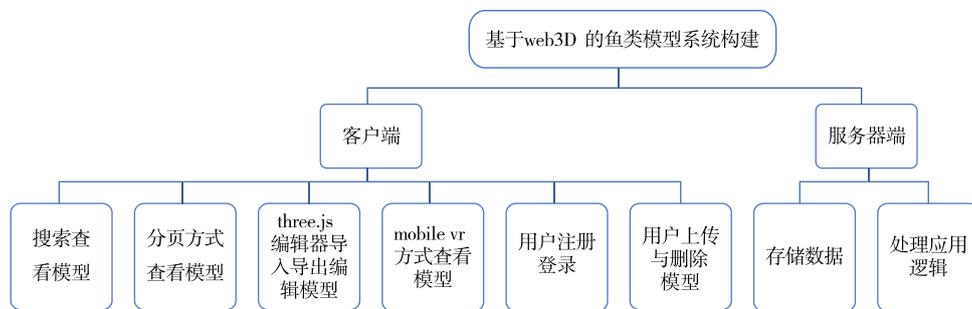


图 2 系统功能设计图

Fig. 2 System function design diagram

### 3.2 数据库设计

本项目按实际需求设计了 5 个表,分别是海水鱼数据表(seafish)、淡水鱼数据表(waterfish)、鱼类搜索表(search)、用户表(user)、用户模型表(usermodel)。海水鱼数据表主要存储海水鱼模型相关信息,淡水鱼数据表存储淡水鱼模型相关信息,鱼类搜索表中存储所有鱼类模型信息,用户表存储用户的账号和密码,用户模型表存储所有用户上传的模型数据。

### 3.3 主要功能实现

#### 3.3.1 模型搜索和模型分页展示功能

搜索功能以特定的搜索条件为基础,使用户可快速方便查找搜索事件<sup>[30]</sup>。在搜索页面中使用 input 实现输入框和提交按钮功能,然后通过 form 表单将数据提交到 PHP 页面中。在 PHP 页面中使用 \$\_GET 方式获取 form 表单中的值,并将数据赋值给变量。接着使用 mysqli\_connect() 函数、mysqli\_select\_db() 连接数据库,使用 SQL 语句对 search 表进行模糊查询,使用 mysqli\_fetch

\_assoc() 函数获取查询的结果集,并将数据保存为变量。并对该变量值进行判断,如果不存在,就输出没有查到相关模型。如果查到数据使用 foreach 循环渲染到 html 代码中,点击查到的数据即可查看 3D 鱼类模型。

使用分页技术在网页动态查询并显示数据记录,可降低服务器负担,提高查询和现实速度,使页面美观<sup>[31]</sup>。分页展示主要用在淡水鱼标本和海水鱼标本展示页面中,可首先使用 PHP 连接数据库,接着编写 SQL 分页查询语句,并使用数组形式保存查询到的数据。然后用 PHP 的 foreach 循环将数据渲染到 html 代码中,接着使用 PHP 和 html 编写计算分页数目和页面跳转等部分的代码实现完整分页功能。

#### 3.3.2 Three.js 加载鱼类模型场景

Three.js 引擎对三维图像渲染主要包括 5 个要素,既渲染器、场景、相机、光源、物体<sup>[32]</sup>。其中相机用于控制视角实现各个角度查看鱼类模型,实现用户与鱼类模型的交互。本研究使用的鱼类

模型为 FBX 格式,需要在页面中引入 FBXLoader.js 和 OrbitControl.js 控件,使用 THREE.FBXLoader().load(url,function) 函数完成模型导入,并控制模型的位置和大小,使用 OrbitControls(camera)将控件绑到相机上,用来控制相机的旋转和缩放。鱼类 3D 展示场景搭建完成后,还可在场景中添加介绍面板、视频介绍、button 按钮等内容。鱼类模型展示界面如图 3 所示。



图 3 鱼类模型展示界面  
Fig. 3 Fish model display interface

### 3.3.3 Three.js 编辑器实现在线查看编辑模型

Three.js 编辑器是一个开源的 3D 编辑器,支持将本地 fbx、glb、obj、wrl 等格式模型导入其中,对模型进行查看、编辑或者导出为其他模型。在上传模型前可先在此编辑器中查看模型效果。目前也有一些商业公司对 Three.js 编辑器进行二次开发,将模型在编辑器中修改后直接上传到服务器中展示模型。这里将 Three.js 编辑器的代码放入服务器中可以实现对电脑中模型的查看和编辑。Three.js 编辑器中模型效果如图 4 所示。

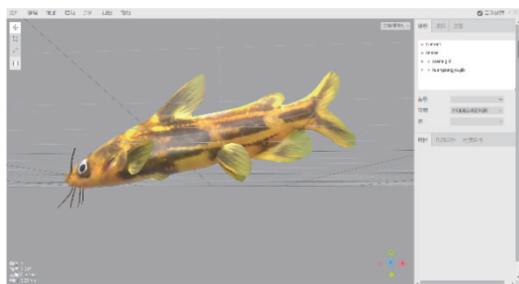


图 4 Three.js 编辑器查看鱼类模型  
Fig. 4 Three.js editor to view fish model

### 3.3.4 Mobile VR 场景查看鱼类模型

Three.js 可使用分屏显示的方式实现 Mobile VR 场景,这里使用 Three.js 提供的 StereoEffect.js 文件实现双屏显示,并使用 dat.gui.js 图形界面库创建菜单栏目实现双屏显示与单屏显示的切

换。Three.js 双屏显示结果如图 5 所示。

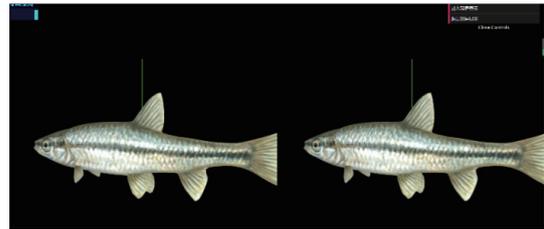


图 5 Three.js 双屏显示模型  
Fig. 5 Three.js dual-screen display model

也可使用 Babylon.js 去实现 Mobile VR 场景,Babylon.js 创建的 Mobile VR 场景界面更加美观,而且仅增加少量代码即可实现。Babylon.js 实现 Mobile VR 场景如图 6 所示。

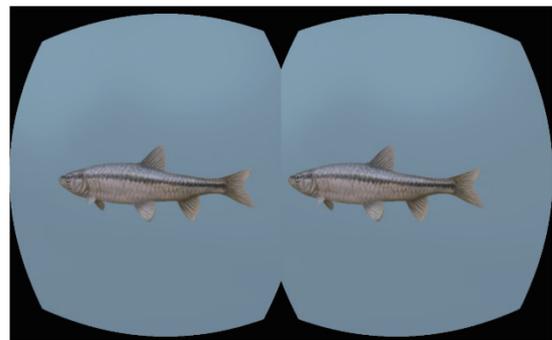


图 6 Babylon.js 实现 Mobile VR 场景  
Fig. 6 Babylon.js implements Mobile VR scene

### 3.3.5 用户模型上传与展示

目前 3D 展示技术,多是程序开发者直接将模型上传到服务器中使用相关技术加载展示模型,实现用户在线上传展示模型比较麻烦。使用 Three.js 技术很容易实现用户在线上传模型、查看模型和分享模型等功能。目前 3D 模型格式中 gltf、glb 和 fbx 这三种最常用,因此这里实现用户注册、登录后对 gltf、glb 和 fbx 模型的文件上传与展示,其他模型的上传展示也与此方法类似。模型上传界面主要包括模型名称、模型图片、模型文件三个内容。

在模型上传页面中需要使用 JavaScript 进行判断,如果模型名称、模型图片、模型文件有非空值就会进行提示,如果模型不是 gltf、glb 和 fbx 模型也会给出提示。在接收数据的 PHP 页面中,编写文件上传类,定义图片和模型保存的路径,并对上传的文件进行重命名和设置上传文件的全目录,

然后将图片和模型分别保存到服务器相应的文件夹中。接着调用类中的方法,并获取上传文件的全目录。最后连接数据库,将模型路径、图片路径、模型名称和 session 中存储的用户名插入到 MySQL 表中,并使用 session 保存模型路径,当用户上传成功后,使用 alert 弹出发布成功的提示,并跳转到模型展示界面。在模型展示界面中需要获取文件路径后缀,然后使用 if 函数进行判断,如果是 gltf 和 glb 模型就执行 gltf 和 glb 模型数据加载和渲染到页面中的相关代码,如果是 fbx 模型就执行加载 fbx 模型数据和渲染到页面中的相关代码。如果上传模型失败,提示上传失败,并跳转到模型上传页面,让用户重新上传模型。模型上传成功后该用户可在模型管理列表里面查看自己上传的模型,也可以在用户模型界面查看所有用户模型,当用户点击删除标签的时候,可将数据库中模型路径和服务器中模型文件同时删除。

#### 4 试验验证

##### 4.1 系统运行环境

系统运行环境采用腾讯云轻量应用服务器配置为 2 核 4G,操作系统为 Windows Server 2012,宽带为 8 Mbps,硬盘为 80 GB SSD 云硬盘。Web 服务器为 Nginx 软件,Nginx 实行反向代理到业务服务层,保障内网服务层的安全<sup>[33]</sup>。PHP 版本为 8.1,MySQL 版本为 5.6,网站名称为 https://ringstar.top。

##### 4.2 系统测试

(1)系统功能测试。使用手机和电脑浏览器测试各页面内容以及注册、登录、用户在线模型上传等功能,发现各功能正常可用,页面布局良好。

(2)模型加载速度测试。在服务器中一共上传了 52 条鱼类模型,3D 鱼类模型平均大小为 1M 左右,测试发现网速为 1M/s 时,在 PC 端浏览器和手机端的浏览器中的模型多数都可在 1 s 加载出来,最迟不超过 2 s。对于较大的模型如鱼类标本馆场景模型,经过对模型顶点、贴图信息和使用 Draco 压缩库压缩后,并转换为 3D Tiles 格式实现分步加载模型。此时标本馆模型大小被优化为 7.2 M,在谷歌浏览器中网速为 2 M/s 时,第 3 秒时可加载出模型场景的一半,在第 5 秒时可加出全部模型内容,实现边加载边查看,减少了用户等待过程。

(3)模型渲染效果测试。Three.js 提供了多种光源,为了使模型达到更加真实的渲染效果,需要对模型使用不同类型的光源组合。这里使用环境光、户外光、平行光 3 种光源组合,所有模型在浏览器中渲染出的效果不失真,三维鱼类模型颜色与贴图颜色几乎一致。

(4)不同 WebGL 技术加载模型方案对比。王孟博等<sup>[34]</sup>对 Thrss.js、Babylon.js、PlayCanvas.js 和 Cesium.js

4 个 WebGL 引擎进行比较,认为 Three.js 具有较高的灵活性、Babylon.js 封装程度高、PlayCanvas.js 适合制作游戏,Cesium.js 适合制作地理信息系统。为验证 Three.js 在 3D 模型展示方面的优越性,本研究对 Three.js、Cesium.js 和 Unity 3D 三个技术进行了测试。分别测试使用 Three.js、Cesium.js 和 Unity 3D 加载麦穗鱼模型的速度、渲染结果等,试验中采用麦穗鱼的 3D 模型大小为 553 kB。结果参考表 1。

表 1 不同 3D 展示技术对比  
Tab. 1 Comparison of different 3D display technologies

测试类型	Three.js	Cesium.js	Unity 3D
首次加载完成时间(网速为 1M/s)	1 s	2 s	4 s
是否直接加载模型	是	是	需要用导出为 WebGL 文件
模型颜色是否失真	否	颜色发暗	有一点
光源类型	4 种	1 种	4 种
跨平台操作	良好	移动端不方便	移动端不方便

##### 4.3 试验结果

本系统基于 three.js 设计的 3D 鱼类标本展示平台,采用 B/S 架构,使用户可以随时浏览鱼类 3D 标本,可以克服鱼类教学中缺乏直观性和

场所不灵活的问题。在系统开发过程中根据实际需求进行了分析,设计了用户需要的功能。分析了现有的方案,并测试了一些常用的技术方案进行对比,确定了用户体验更好的开发框架。

试验中首先对鱼类建模技术和鱼类模型轻量化技术进行了研究,采用了合适的鱼类建模流程,可快速建立鱼类 3D 模型并节省成本。在模型轻量化技术中,直接在建模过程中就对模型和贴图进行压缩,可直观查看模型顶点数量和外观色彩的变化,达到了较好的效果,避免了其他压缩工具使用命令行方式无法及时查看模型颜色和顶点信息的变化,较大提升模型优化效率。此外直接对贴图进行无损压缩和在 3ds MAX 中直接修改顶点的数量也可实现和 Draco 压缩类似的优化结果。对于较大鱼类 3D 标本馆场景模型,采取建模时就对模型优化,再使用 CesiumLab 软件进行 Draco 压缩和转化为 3D Tiles 格式,CesiumLab 采用可视化方式处理模型,使用 Draco 和 3dtiles 工具则需要在 GitHub 下载相应代码并使用命令行方式处理模型。使用上述方式处理模型可以提升模型轻量化效率,而且实现了模型分布式加载。此外由于浏览器的缓存功能,使 3D 模型在二次加载时不需要通过网络下载可直接加载。在模型优化方面还可使用压缩包的形式进行优化,关峰<sup>[37]</sup>将模型转化为 gz 压缩格式,将模型在浏览器中自动解压提升加载速度。

在设计该系统时,考虑到设计的 3D 鱼类模型数量不是太多,模型搜索和列表展示采用 PHP 动态渲染技术,鱼类 3D 模型展示界面采用静态数据,方便直接修改页面光源和添加其他功能。用户模型展示界面,所有功能均采用 PHP 动态渲染技术,提高页面复用性。在鱼类 3D 场景展示中,研究了网页中 3D 标本交互的方法,将所有 3D 模型的坐标原点设置为 0,这样在展示模型时即可围绕自身进行旋转、平移、缩放,达到较好的交互效果,还可以通过 JavaScript 在页面添加需要的功能,扩展性较高。如果想要使用实现类似 mobile VR 的效果可以采用 three.js 提供的双屏渲染插件或者 Babylon.js 库。最后系统实现了在线上上传不同格式的 3D 模型和展示不同格式 3D 模型的方法,可满足使用者在网页中展示鱼类 3D 模型的需要。另外由于页面采用响应式设计,使系统页面在电脑、平板和手机端都可进行良好展示。

#### 4.4 结果分析

刘箴<sup>[1]</sup>的方案需要装 VRML 插件,吕俊霖

等<sup>[2]</sup>和 Berquist 等<sup>[5]</sup>的方案需要装 Flash 插件,田应平等<sup>[36]</sup>的方案需要装 Silverlight 插件,胡玉萌<sup>[3]</sup>、段金荣等<sup>[4]</sup>的方案需要下载 Unity Web Player、ActiveX 插件,Betts 等<sup>[6]</sup>的方案属于对高清图像的动态展示。本方案与上述方案相比,直接加载 3D 模型使得开发流程和开发效率也得到提高,还可以实现 VR 功能和跨平台使用。目前 Three.js 技术在展示 3D 模型方面有较多研究,如展示 3D 解剖模型<sup>[37]</sup>、构建极地陆生植物 3D 数据库<sup>[38]</sup>、机电产品展示<sup>[39]</sup>、艺术品展示<sup>[40]</sup>,但是在研究鱼类标本展示系统方面还未见报道。该系统的构建可良好地展示鱼类的形态学特征,为研究不同鱼类间 3D 形态提供了基础数据,还解决了鱼类实体标本占用空间,不易保存,在制作和保存中容易破坏鱼类形态学特征的问题。该系统在互联网中呈现大量复杂鱼类 3D 模型,使数据可被广泛地浏览,同时还可满足鱼类教学和研究机构的学习和使用,具有良好的推广价值。

## 5 结论

使用 Three.js 与其他技术结合构建鱼类 3D 模型展示系统,解决了以往鱼类模型和室内标本馆场景需要安装插件查看、3D 展示系统无法跨平台访问、缺乏用户在线上传模型、鱼类可视化场景功能较少的问题。本系统实现了一套比较完整的鱼类 3D 标本展示系统,针对系统的各个功能进行了测试,验证系统不存在缺陷,可流畅运行与使用,达到了预期开发目标。但是系统仍存在一些不足,鱼类 3D 交互页面功能不是很多,用户后台界面需要改进,系统构架没有考虑大规模用户、高并发场景和模型数据加密传输。下一步可在鱼类模型展示页面添加测距和动画功能、研究用户提交模型时自动压缩模型等技术,使用对象存储技术存储模型和研究模型加密技术。□

### 参考文献

- [1] 刘箴. 虚拟水族馆三维建模和漫游研究[A]. 第十二届全国图象图形学学术会议论文集[C]. 北京:清华大学出版社, 2005:574-579.
- [2] 吕俊霖,陈怡枫,谢威,等. 基于 Flash 的鱼类标本展示技术[J]. 南方水产科学,2010,6(6):70-73.
- [3] 胡玉萌. 三维场景及鱼类实物三维标本展示系统研究[D]. 南京:南京农业大学,2011.

- [4] 段金荣,胡玉萌,刘凯,等. 鱼类标本及标本馆场景三维演示系统的研发[J]. 南方水产科学,2013,9(1):63-67.
- [5] BERQUIST R M, GLEDHILL K M, PETERSON M W, et al. The Digital Fish Library: using MRI to digitize, database, and document the morphological diversity of fish [J]. PLoS One, 2012,7(4):e34499.
- [6] BETTS M W, MASCHNER H, SCHOU C D, et al. Virtual zooarchaeology: Building a web-based reference collection of northern vertebrates for archaeofaunal research and education [J]. Journal of Archaeological Science, 2011, 38(4):755. e1-755. e9.
- [7] LEBRUN R, ORLIACM J. MorphoMuseum: an online platform for publication and storage of virtual specimens [J]. The Paleontological Society Papers, 2016, 22:183-195.
- [8] YUS A, ISMAHAFEZI I, WAN M, et al. Mobile-based virtual reality application for freshwater fish education[J]. International Journal of Engineering Trends and Technology, 2020, 68(10):93-99.
- [9] SIDLAUSKAS B L, BURNS M D, BUSER T J, et al. Teaching ichthyology online with a virtual specimen collection [J]. Ichthyology & Herpetology, 2021, 109(2):407-423.
- [10] 郭明金. 基于 Web 的 3D 模型浏览与交互系统[D]. 湘潭:湘潭大学, 2018.
- [11] 赵慧峰. 基于 Cesium 的三维展示与查询平台开发[D]. 徐州:中国矿业大学, 2019.
- [12] 王建兴. 基于 Three.js 的虚拟三维展示研究[J]. 科技视界, 2017(19):68,80.
- [13] LIU D, PENG J, WANG Y, et al. Implementation of interactive three-dimensional visualization of air pollutants using WebGL[J]. Environmental Modelling and Software, 2019, 114:188-194.
- [14] SUN F, ZHANG Z, LIAO D, et al. A lightweight and cross-platform Web3D system for casting process based on virtual reality technology using WebGL[J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2015, 80:801-816.
- [15] 余莉. 基于 Three.js 的拾取方法的研究[J]. 计算机时代, 2020(6):61-63,66.
- [16] 戴秀海,姚震,仲梁维,等. 基于 Three.js 的镀膜机展示平台的设计[J]. 软件工程, 2019, 22(2):26-28.
- [17] 廖无双. 照片建模技术研究及其运用——以 Agisoft Metashape 和 Trnio 为例[J]. 中国传媒科技, 2020(1):123-125.
- [18] 高华倩. 照片建模技术的研究与应用[J]. 现代电影技术, 2019(2):42-46.
- [19] 罗旭. 关于 3Dmax 建模的方法分析和技巧探讨[J]. 电脑知识与技术(学术版), 2020, 16(35):207-208.
- [20] 陈龙,郭军,张建中. 三维模型轻量化技术[J]. 工矿自动化, 2021, 47(5):116-120,213.
- [21] 艾达,卢洪颖,杨玉蓉,等. 三维点云数据压缩技术研究综述[J]. 西安邮电大学学报, 2021, 26(1):90-96.
- [22] 郭明金,陈姝. 基于 Web 的 3D 模型浏览与交互系统的研究与实现[J]. 计算技术与自动化, 2019, 38(2):76-79.
- [23] 王荟奥,蔡永香,杨岸霖,等. 大屏数据可视化易用工具的研究与开发[J]. 计算机系统应用, 2022, 31(2):114-119.
- [24] 廖诗雨. Bootstrap 框架在响应式 Web 设计中的应用分析[J]. 电脑知识与技术(学术版), 2021, 17(25):144-145.
- [25] 赵海鹏,周杨,卞和方. 基于 Three.js 的三维虚拟校园系统设计与实现[J]. 兰州交通大学学报, 2019, 38(3):85-94.
- [26] 尹千慧,贺鹏飞,王玺联,等. 基于 WebGL 的 3D 立库可视化系统设计与实现[J]. 信息技术, 2021, 45(3):84-88.
- [27] 冯姣,刘志勤,黄俊,等. 基于 Three.js 的飞行仿真系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2020, 28(2):216-219.
- [28] 方路平,李国鹏,洪文杰,等. 基于 WebGL 的医学图像三维可视化研究[J]. 计算机系统应用, 2013, 22(9):25-30.
- [29] 任宏康,祝若鑫,李风光,等. 基于 Three.js 的真实三维地形可视化设计与实现[J]. 测绘与空间地理信息, 2015, 38(10):51-54.
- [30] 陈荣华. 基于 HTML5 技术的网页广告动态交互系统设计[J]. 现代电子技术, 2020, 43(21):76-79,84.
- [31] 田茂然. 在 Web 中基于 PHP+MySQL 实现分页查询[J]. 科学咨询, 2017(10):40-41.
- [32] 金星,周丽娟,方柏鑫,等. 基于 Three.js 的虚拟仿真车间构建[J]. 自动化应用, 2021(9):78-80,83.
- [33] 钟德福,张良国,艾红,等. 基于 NodeJS 的渔业资源调查数据采集系统框架重构[J]. 渔业现代化, 2019, 46(6):104-109.
- [34] 王孟博,董泽,石轲,等. WebGL 技术探索及几种基于 WebGL 的引擎比较[J]. 中国科技信息, 2021(5):89-90.
- [35] 关峰. 基于 Web3D 的建筑信息模型轻量化可视化研究[D]. 武汉:湖北工业大学, 2018.
- [36] 田应平,杨兴,朱玲,等. 数字化鱼类标本网络信息系统设计[J]. 渔业现代化, 2012, 39(4):56-60.
- [37] 朱明佳,曹莹,高露,等. 基于 WebGL 的解剖学 3D 辅助学习系统[J]. 电脑编程技巧与维护, 2021(4):127-129.
- [38] 谢晓尧,乙引,刘志杰,等. 极地陆生植物 3D 形态数据库(3D MPP)[J]. 极地研究, 2016, 28(2):295-300.
- [39] 李福送,王文军,林伟健,等. 基于 WebGL 技术的机电产品 3D 在线交互展示实现[J]. 装备制造技术, 2020(9):191-193,197.
- [40] 陈锐浩,熊涛涛. WebVR 在艺术品展示中的应用研究[J]. 现代计算机(专业版), 2018(8):131-135.

## Design of interactive fish model display system based on Three.js

WANG Zhongze<sup>1</sup>, MA Xiaofei<sup>2</sup>, DUAN Jinrong<sup>1,2</sup>, SHEN Nannan<sup>2</sup>, HE Yahui<sup>2</sup>, WANG Yun<sup>1,2</sup>

(1 *Wuxi Fisheries College, Nanjing Agricultural University, Wuxi 214128, Jiangsu, China;*

2 *Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Freshwater Fisheries Research Center, Chinese Academy of Fishery Sciences, Key Laboratory of Freshwater Fisheries and Germplasm Resources Utilization, Wuxi 214081, Jiangsu, China*)

**Abstract:** At present, browsers are becoming more and more mature in 3D graphics display technology. Using WebGL's third-party library Three.js to display fish 3D models is not only simple and convenient but also has obvious cross-platform advantages. Through the study of Three.js, the problems of building a fish 3D display system in the past technology, such as fewer functions, complicated construction, the need to install plug-ins to browse, and cannot to be used across platforms, can promote the related applications of fish visualization. This research mainly uses 3ds MAX software to build the fish model and herbarium model, realizes loading and interaction of models through the Three.js library, and combines Three.js with Bootstrap framework, PHP technology, MySQL and other technologies to build the fish model display system. After completing the system construction, deploy the system to the Tencent Cloud server to complete the performance test. The results show that: this system realizes fish model search and viewing, paging display, second loading in an online environment, step-by-step loading of fish herbarium scene models, viewing fish models in Mobile VR mode, and users uploading models and displaying models online, sharing models and other functions, with good application value. This research can provide references for fish modeling, fish 3D model compression, fishery large model scene loading, and fishery visualization.

**Key words:** 3D visualization; fish modeling; interactive design; herbarium model loading step by step; online upload and display of fish models