

基于虚拟现实的智慧温室科普系统设计

陈 昕 陈兆祺 马丽娜 李 想
(中国农业大学信息与电气工程学院, 北京 100083)

摘要: 针对智慧温室科普中幻灯片讲解对知识的传达不直观,实地参观的成本高昂,并且这两种方案中智慧温室控制系统的人机交互界面缺乏吸引力问题,设计了基于虚拟现实(VR)的智慧温室科普系统。该系统集温室大棚三维场景展示、温室设备三维仿真、温室设备交互功能于一体,采用4层软件架构体系:模型层、Unity3D服务层、业务逻辑层和表现层。进行了虚拟现实科普和幻灯片科普的对比实验,通过事后问卷调查法对比了两种方案的科普效果,同时对科普系统进行了可用性评估。实验结果显示,使用虚拟现实的体验者中,100%的体验者认为自己在学习过程中保持专注,93.3%的体验者相比幻灯片讲解更喜欢虚拟现实,33.3%的体验者认为自己有强烈的知识获得感,并且他们客观题的平均得分比使用幻灯片的体验者高13.96%。以上结果表明虚拟现实科普系统具有较高的可用性。

关键词: 农业科普; 虚拟现实; 智慧温室

中图分类号: TP319 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2021)S0-0402-08

Design of Intelligent Greenhouse Science Popularization System Based on Virtual Reality

CHEN Xin CHEN Zhaoqi MA Lina LI Xiang
(College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: There are two kinds of method for the science popularizing of intelligent greenhouses: teaching with slides and on-site visits. Teaching with slides is not intuitive and the cost of on-site visits is high. Also, the human-computer interface of the intelligent greenhouse control system is not attractive. Aiming at above problems, an intelligent greenhouse science popularizing system based on virtual reality was developed. The functions of the system included: three-dimensional scene display of greenhouse, three-dimensional simulation of greenhouse equipment, and interaction of greenhouse equipment. The system used a 4-layer software architecture system: model layer, Unity3D service layer, business logic layer and presentation layer. A comparative experiment of virtual reality teaching and slide teaching was conducted. The experiment compared the teaching effects of the two methods through a post-questionnaire survey, and also evaluated the usability of the science popularizing system. The results of the experiment showed that 100% of students who used virtual reality for learning believed that they remained focus during the learning process, 93.3% of students preferred virtual reality to presentations on slides, and 33.3% of students think they had a strong sense of knowledge acquisition. Furthermore, their average score on objective questions was 13.96% higher than that of students who used slides to study. The above results showed that the science popularizing system had high usability.

Key words: agricultural science popularizing; virtual reality; intelligent greenhouse

0 引言

智慧温室科普工作可以让体验者了解我国智慧 温室的发展现状,提升其农业知识素养,激发对智慧农业的兴趣,同时激励更多的体验者从事智慧农业工作。因此智慧温室的科普工作能够有效促进我国

智慧温室技术的发展。目前对智慧温室相关知识的科普方案可以分为幻灯片讲解教学和实地参观讲解,这两种方案存在以下缺陷:幻灯片讲解的知识传达不够直观;实地参观的成本高昂;智慧温室控制系统的人机交互界面缺乏吸引力。

针对这些缺陷,提出了基于虚拟现实(Virtual reality,VR)的智慧温室科普方案。20世纪40年代,美国使用虚拟现实技术对宇航员和飞行员进行训练^[1],这是虚拟现实技术在培训教育领域最早的应用。近年来,国外关于虚拟现实教育的研究范围很广^[2-7]。

我国研究虽然起步较晚,但最近几年虚拟现实在消防安全^[8]、施工安全^[9]和电梯安全^[10]教育领域也有很多成果。此外,还有对教学模式和模型设计的研究^[11-12],以及对虚拟现实辅助课程教学的研究^[13-14]。虽然虚拟现实在农业教育上的应用不多,但是上述虚拟现实在其他教育领域的成功应用充分验证了其可行性。

基于以上研究,本文设计智慧温室虚拟现实科普系统,以期实现融合幻灯片讲解和实地参观知识传达直观、平均教育成本较低、易于理解且交互界面美观等优点的科普方案。

1 科普系统实现

1.1 科普内容概述

现代智慧温室由温室大棚和智能控制系统组成。温室大棚的外观、智能控制系统、相关硬件设备的外观和工作原理等都是科普系统中的重要内容。

1.1.1 温室大棚

现代温室类型主要有芬洛型温室和里歇尔型温室两种。芬洛型温室是世界上应用面积最广的智能玻璃温室^[15],它是一种多脊连栋小屋面玻璃温室,以钢架为支撑结构。芬洛型温室的钢架建筑结构由于屋顶元件截面小,所以阳光下的阴影面积小,确保了屋顶的高透光率;温室高度低,可以承受更多的负荷并应对恶劣的天气条件;连栋温室的每一栋基本相同,元件具有多功能性,因此维护成本低;钢架的网格结构可以方便地创建隔间,悬挂各类农作物或温室设施。里歇尔温室是由法国 Richel 公司研发的一种塑料薄膜温室,在我国引进温室中占比最大。相比芬洛型温室,其构件更少,自然通风效果更好。里歇尔温室的塑料薄膜可采用双重充气膜,但这种塑料膜在南方地区遇到雨雪天气时透光性较差。本文的科普系统分别对芬洛型温室和里歇尔型温室进行建模,目的是让体验者直观感受两种温室的外观和结构,并通过这种直观感受和解说文案体会到两

种温室的差异和各自的优缺点。

1.1.2 智能控制系统

智慧温室中的智能控制系统主要由检测系统、可编程逻辑控制器(PLC)、执行机构、上位计算机组成^[16],智能控制系统结构图如图1所示。总体来说,PLC接收检测系统的温室环境数据输入并完成数据处理,根据控制程序和当前接收的数据来控制执行机构,同时PLC还会将环境数据和执行机构的状态传送到上位计算机。温室管理员可以通过上位计算机向PLC发送指令,如对水肥一体机的水肥配比指令、对部分执行机构的控制指令等。

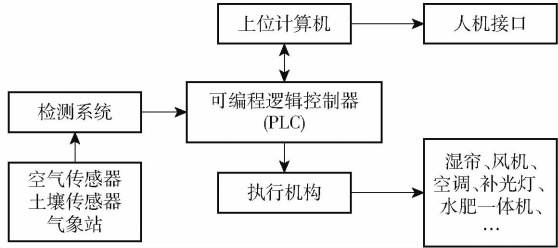


图1 智能控制系统结构图

Fig. 1 Structure diagram of intelligent control system

检测系统由空气传感器、土壤传感器和温室气象站组成。空气传感器可以采集空气中的温度、湿度、二氧化碳浓度等参数,一般被吊在温室内部,作物上方,并尽可能远离那些有可能对空气参数造成影响的温室设备。土壤传感器可以采集土壤中的温度、湿度、pH值、盐度等信息,一般被部分埋在作物土壤中。温室气象站是一种多功能的综合传感器,可以采集空气温湿度、土壤温湿度、光照强度、二氧化碳浓度、风向、风速、大气压等多种参数。

执行机构由一系列硬件设备组成,通过接收PLC的命令来调节作物的生长环境。根据执行机构调节功能的不同可以分成:通风系统、降温系统、供热系统、补光系统、灌溉与施肥系统、幕帘系统。其中通风系统通过通风换气来降温降湿,通常通过顶窗、侧窗、顶侧窗或者风机来实现。降温系统可以分为空调和湿帘-风机降温系统。湿帘-风机降温系统利用了水的蒸发降温原理,由水循环系统、湿帘、风机组成。供热系统可以保证温室内温度在夜间下降缓慢,在冬季或突发的雨雪灾害天气保证温室内作物的正常生长。供热系统可以分为热水供热和热风供热两种方式,本文的科普系统选取热水供热的方式,供热系统主要由锅炉和散热管道组成。补光系统用于弥补光照不足对作物的影响,由吊装在作物上方的光源灯组成,光源灯一般具有寿命长、防潮、发光量高、发光效率高等特点。灌溉与施肥系统通过智能水肥一体化技术实现,这一技术通过控制设备按照配方对水和肥料进行比例混合,将混合物运

送至作物,可以有效解决水资源浪费以及肥液配比不准确的问题。幕帘系统根据安装位置的不同可以分为外遮阳幕和内遮阳幕,根据使用的时机不同可以起到降温或者保温的作用,还能防止作物被强烈的日光灼伤。

本文的科普系统对上述的各类硬件建模,并将它们放置在虚拟智慧温室中合理的位置。科普系统还会对其中的部分执行机构设置开启和关闭两种状态,供体验者动手交互。目的是让体验者直观感受检测系统和执行机构中硬件设备的外观和运作方式,并配合讲解理解整套智能控制系统的工作原理。

1.2 科普系统设计方案

基于虚拟现实的智慧温室科普系统集成温室大棚三维场景、温室设备三维仿真、温室设备交互功能于一体,其框架设计如图 2 所示^[17]。系统采用 4 层软件架构体系,在模型层中基于 3dsMax 软件对温室大棚和内部的主要设备建模,其中温室大棚分为芬洛型和里歇尔型两种典型的类型,主要设备是 1.1 节中检测系统和执行机构中的设备。在 Unity3D 服务层中为主相机、设备、作物等物体添加脚本,并综合使用 Unity3D 中自带的物理引擎、光照渲染、粒子特效等功能完成虚拟温室中设备的底层运行逻辑。在业务逻辑层中根据具体的仿真需求对 Unity3D 服务层操作,完成智慧温室整体的仿真。在表现层中体验者通过 Oculusquest 学习。体验者通过人机交互界面在虚拟现实观察温室环境,与仿真设备进行交互,观察仿真设备的动态展示。最终科普系统把业务逻辑层中编排好的所有科普内容通过表现层传输给体验者,达到预设的科普目的。

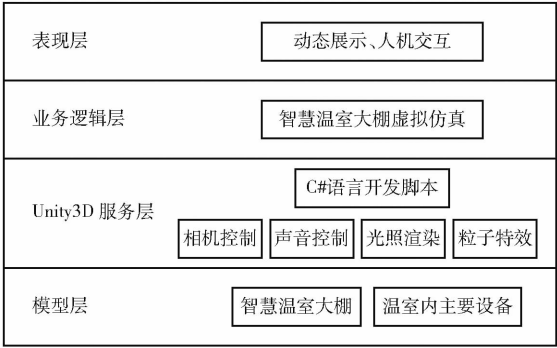


图 2 科普系统框架设计图

Fig. 2 Design of science popularizing system framework

1.3 模型建立

模型层处于科普系统框架设计的最底层,是整个科普系统的基础。本文使用 3dsMax 软件建模,该软件可以创建高品质的三维模型,实现绘图、渲染等功能。具体建模流程如图 3 所示。

在 3dsMax 软件中建模完成后,将保存好的 fbx

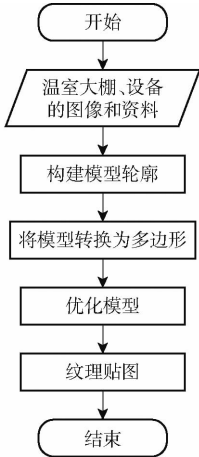


图 3 建模流程图

Fig. 3 Modeling flow chart

格式文件导入 Unity3D 的 Assets 目录下,Unity3D 会自动识别出与该模型相关的资源文件。在 Unity3D 中将温室大棚和各类设备放置在合理的位置,并使用 Unity3D 的光照渲染功能设置好灯光、渲染方法,最终完成芬洛型和里歇尔型两种温室的建模工作,这 2 种温室除外观特征不一样之外,内部设施基本相同。为使系统更加逼真,利用 Unity 官方资源商店中的资源文件引入植物模型和天空盒模型。构建的芬洛型温室模型和里歇尔型温室如图 4、5 所示。

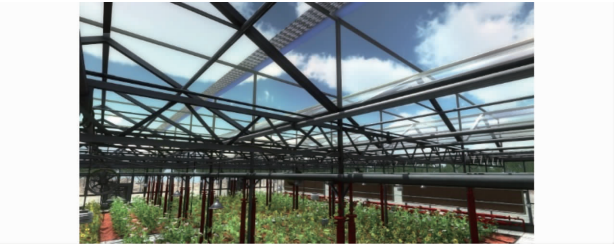


图 4 芬洛型温室模型

Fig. 4 Venlo greenhouse



图 5 里歇尔型温室模型

Fig. 5 Richel greenhouse

1.4 动态效果及音效

模型层所建立的各类模型都是静态的,为了进一步提高仿真效果,提升科普系统的沉浸感和科普质量,需要在 Unity3D 中为静态的模型添加动态效果和音效。Unity3D 自带的粒子特效能以较低的性能消耗实现逼真的视觉效果,科普系统中有两处仿真使用了该特效,一处是在湿帘-风机系统中,湿帘开启后需要对细密的水雾进行仿真,如图 6 所示;另

一处是在灌溉系统的喷淋头处对喷出的液滴进行仿真,如图 7 所示。

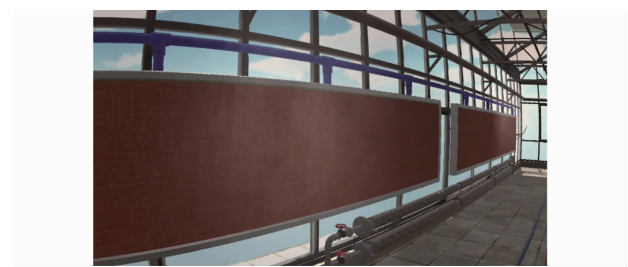


图 6 湿帘处的粒子特效图
Fig. 6 Particle effects at wet curtain



图 7 喷淋头处的粒子特效图
Fig. 7 Particle effects at shower head

在灌溉与施肥系统中,本文设置了水肥一体机的交互功能。当体验者通过交互开始对作物进行灌溉时,科普系统通过视觉效果增强,更直观地展现了水肥一体化技术的灌溉效果。具体做法是将滴灌管道用蓝色液柱高亮显示,并用蓝色液柱的移动动态地展现了肥液在管道中前进的方向,如图 8 所示。



图 8 水肥一体化系统中的特效图
Fig. 8 Special effects in integrated water and fertilizer system

除了动态效果,音效同样可以增加体验者在虚拟现实中的沉浸感。在本文的科普系统中,锅炉、喷淋头、风机等设备开启时,都配上了和现实设备运行声音相近的音效。

1.5 交互功能

目前市场上家用的虚拟现实硬件设备包括 HTCvive 系列、Oculus 系列、Samsung Gear VR、Google Cardboard 等^[18]。其中 Oculus 系列的 OculusQuest 成本较低,便携性好,运行时不需要搭配外置传感器和外置计算机,图像质量和手柄质量在同价位产品中较高。综合考虑以上优点,本文科普系统的硬件采用 OculusQuest。

为了实现体验者对各类温室设备的交互,需要在 Unity3D 中完成设备的交互逻辑。交互方法是在虚拟现实是让右手手柄射出射线,体验者使用射线指向自己想要交互的设备后按下右手的 Trigger 按钮完成交互。具体实现方法是调用 Unity3D 引擎的 C#语言 API 以及 OculusQuest 相关的 SDK 资源设计一组用于事件响应的脚本:包括检测系统相关设备的 UI、执行机构相关设备(风机、湿帘、锅炉、补光灯、水肥一体机、幕帘等)的触发和关闭。同时为了减少无效操作和错误交互,提升系统的可用性,场景中不可交互的设施都被添加了碰撞组件。

完整的交互功能还需要对体验者在虚拟智慧温室中的移动方式进行设计,科普系统采用瞬间移动的方式,这种方式相比连续移动能有效降低体验者在虚拟现实中的眩晕感。具体实现效果是:体验者将右手手柄的射线指向一处地面并按下传送按钮,场景中的体验者会瞬间移动到指定的地点。这个功能需要编辑脚本实现,通过脚本检测体验者按下传送按钮时射线和地面碰撞的位置,改变主摄像机的坐标来完成传送。

2 科普系统可用性评估

2.1 可用性评估方法

可用性是人机交互领域中的重要研究内容之一^[19],可用性包括:有用性、有效性、交互效率和用户满意度^[20]。对本文的智慧温室科普系统来说,有用性指的是该系统能否完整实现科普功能;有效性指系统的人机交互界面能否有效支持科普;交互效率指体验者完成具体交互任务的效率;用户满意度指体验者对科普系统的满意程度。可用性评估是系统化收集交互界面的可用性数据并对其进行评定和改进的过程,本文对科普系统的可用性评估只考察其有用性、有效性和用户满意度,而对交互效率的评估是后续研究内容,本文不将其考虑在内。

文献[21]总结了虚拟现实系统中的可用性评估方法,包括启发式评估法、形成性评估法、事后问卷调查法以及其他评估方法。启发式评估法的优点是只需要 3 到 5 名专家来模拟用户完成可用性检查,全程无需用户参与,评估速度快、效率高、成本低廉,能快速发现系统中严重的可用性问题,其缺点也正是因为没有真正的用户参与,所以发现的问题不够全面。形成性评估法则是有用户参与的实验性评估方法,具体做法是不断地进行迭代,在每一轮迭代中让用户测试系统,观察并记录用户能否独立完成交互任务,用户遇到的问题以及用户的不满情绪,接着根据这些记录对系统进行修正,在下一轮迭代中

继续测试修正后的系统。形成性评估法可以全面地发现用户遇到的交互问题,并且对问题的定位准确,因此被广泛运用于可用性评估,其缺点在于测试周期较长、成本较高。事后问卷调查法也是需要用户的参与,做法是让用户在系统中完成一系列交互任务之后填写问卷,对问卷结果进行统计分析来评估系统的可用性。该方法评估的内容全面,可以同时评估系统的客观指标和用户的主观想法,并且目前国内国际上有标准化的可用性问卷可供参考,问卷数据容易获取,统计分析的结论清晰。本文综合考虑了实验周期、实验成本和评估效果,最终选用事后问卷调查法对科普系统进行可用性评估,重点评估其有用性、有效性和用户满意度。

2.2 实验目的

(1)将虚拟现实科普方案和传统的幻灯片讲解科普方案进行对比,调查受试者主观上更倾向哪种方案,同时评估科普系统的用户满意度。

(2)将两种科普方案进行对比,调查受试者在不同科普方案下,客观上对知识的掌握程度,这反映了科普方案的科普效果,同时评估了科普系统的有用性和有效性。

(3)分析调查结果,找出影响体验者满意度的重要因素,以及系统中存在的可用性问题,便于后续对科普系统加以改善。

2.3 调查问卷设计

2.3.1 确定调查对象

调查对象均为学习水平、知识水平相近的中国农业大学 2020 届本科生。

2.3.2 确定问卷调查测试方案

问卷分为主观、客观两部分。主观部分主要调查受试者对该科普方案的满意度、专注度、接受程度等主观情绪数据。客观部分主要调查该科普方案的科普效果,通过答案正确率的对比来直观体现两种科普方案的区别。所有问卷均在体验部分结束后分发给受试者,受试者完成调查后收集问卷。

2.3.3 问卷设计

(1)设计问卷标题和引导语

主观部分问卷标题:科普满意度调查问卷。主观部分引导语:请仔细阅读题目并选出符合自己的最佳选项,请认真回答问题。

客观部分问卷标题:随堂测评卷。客观部分问卷引导语:请仔细阅读题目,看清楚每题是单选还是多选,根据今天所学内容完成选出最佳答案,完成今天测评。

(2)问卷题目设计

主观部分的设计。如表 1 所示,首先确定一级

指标,包括受试者对该科普模式的满意度和开放式问题。满意度又分为专注程度、满意程度、掌握程度、忠诚度、期望程度等二级指标,根据这些二级指标分别设计对应的题目,对于上述问题的回答选项采用李克特 5 级量表,分为 A、B、C、D、E 选项,分别为非常满意、满意、一般满意、不满意、非常不满意,程度逐渐减弱。开放式问题则可以搜集到体验者对该次实验的可用性问题和建议型数据。

表 1 主观部分问卷设计

Tab.1 Design of subjective part of questionnaire

一级指标	二级指标	题目设计
受试者对该科普模式的满意度	专注程度	是否能够使体验者集中注意力
	满意程度	是否喜欢这种科普模式
	掌握程度	对知识掌握的主观感受程度
	忠诚度	两种科普模式的选择
	期望程度	VR 科普是否可以替代 PPT 科普
受试者提出的问题和建议	对 VR 科普系统的前景设想 可搜集到体验者认为该科普模式存在的问题和相关建议	

客观部分的设计。根据科普内容拟写测评卷。题目一般由易到难。含义明确唯一,没有歧义,明确需要的答案类型,慎用否定句式。首先表明采用何种提问方式,并尽量详尽地列出各种问题,然后对问题进行检查,筛选编排、设计,之后再进行检查选择改正,使问卷更加完善。

2.4 实验过程

选择 2 组调查对象,分别设为对照组和实验组。对照组(调查对象数量 $n = 15$)使用传统科普方案学习智慧温室相关知识,而实验组($n = 15$)使用基于虚拟现实的科普方案来学习相同的主题。2 种学习方案都配有同一名讲解员。在对照组中,由讲解员在教室中使用幻灯片对所有受试者集中授课,时长 10 min。科普内容分为 3 部分:首先是智慧温室出现的背景和传统温室的弊端;其次,两种现代温室大棚,即芬洛型和里歇尔型的外观和优缺点;最后是智能控制系统中各类设备的功能、原理、外观图像。在实验组中,受试者通过头显和手柄体验虚拟温室,同时由讲解员对其单独进行科普,时长约 12 min。科普文案和对照组保持一致,区别在于添加了一些辅助引导语,帮助受试者流畅、完整地体验虚拟温室。具体包括:每次讲解完一种大棚外观或者一类智能设备外观后,会引导受试者找到并观察虚拟温室中对应的模型,每次讲解完一类智能设备的功能后,会引导受试者与对应设备进行交互。图 9 为虚拟现实科普方案的部分讲解文案。在对照组或者实验组的体验环节结束后,为每一名受试者分发前文设计的

接下来是降温系统，顾名思义，通过降低大棚内温度来提高设施利用率。可以看到有空调和湿帘两种设备，可以尝试打开它，其中湿帘系统的工作原理是利用水的蒸发来降低温室内部的温度，它由水循环系统、湿帘、风扇组成。

在墙边的就是水肥一体机，是通过智能水肥一体化技术实现的，这一技术主要就是通过灌溉设备和施肥装置为基础，使用控制设备按照配方兑水和肥料进行比例混合，最终运输至作物，所以这一技术可以有效地解决水资源浪费严重以及肥液配比不准确的问题，从而实现作物品质提升，产量提高的目标。你可以尝试控制喷灌装置。

剩下的这两个就是传感系统，一个是空气传感器，一个是土壤传感器，分别监测空气中的温湿度，二氧化碳浓度等信息和土壤中的温湿度、pH 值、盐分等信息。

图 9 部分讲解文案

Fig.9 Part of explanation copywriting

调查问卷,要求在 10 min 内完成填写。

表 2 问卷主观部分的选择题及填写结果

Tab.2 Multiple-choice questions in subjective part of questionnaire and results											%
序号	问题描述	实验组					对比组				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
T1	在授课前就了解智慧温室	6.7	66.7	26.6	0	0	20	40	26.7	13.3	0
T2	能在这种科普方法中保持专注	0	0	0	73.3	26.7	0	0	60	40	0
T3	喜欢这种科普方法	0	0	0	67.7	33.3	0	0	73.3	20	6.7
T4	我感觉自己学到了新知识	0	0	6.7	60	33.3	0	0	46.6	26.7	26.7
T5	相比传统科普,更倾向于 VR 方法	0	0	6.7	13.3	80					
T6	认为 VR 方法能完全代替传统科普	0	0	53.3	46.7	0					
T7	看好 VR 方法的前景	0	0	13.3	26.7	60					

图 10 为实验组和对比组主观题前 4 题的结果对比。从 T1 的对比可以看出,对比组在科普前对智慧温室的知识储备略优于实验组,但 2 组基础知识水平相差不大,可以认为对后续实验影响不大;从 T2 的对比可以看出,实验组相比对比组认为自己更能 在科普中保持专注,说明虚拟现实科普方案的沉浸感要优于幻灯片科普;从 T3 可以看出,实验组明

2.5 实验结果与分析

2.5.1 主观部分

问卷主观部分的选择题有 7 个,所有问题描述和 2 组受试者的填写结果如表 2 所示,表头中的 1、2、3、4、5 参考李克特 5 级量表的方式,含义分别是:1 表示强烈反对,2 表示反对,3 表示不同意也不反对,4 表示认同,5 表示强烈认同,表中数字表示该选项被选中的次数占该组人数的百分比。由于对比组中的受试者没有体验 VR 科普方法,所以对比组的受试者不对序号为 T5、T6、T7 的选择题作答。

由表 2 可知,100% 的体验者能在体验中保持专注,93.3% 的体验者更喜欢虚拟现实方法,33.3% 的体验者有强烈的知识获得感。

显对比组更喜欢自己所参与的科普方式;从 T4 可以看出,两组的受试者普遍认为自己学到了新知识,且虚拟现实科普方案的知识获得感略强于幻灯片方案。

只有实验组的受试者对 T5、T6、T7 进行了作答。如表 3 所示,T5 的调查结果表明,实验组的 5 名受试者一致认为自己相比传统科普方案更倾向于虚拟现实的科普方案。尽管如此,在 T6 中只有约一半的受试者认为虚拟现实科普方案能部分代替传统科普方案,说明传统科普方案存在目前虚拟现实还无法取代的优势。T7 的调查结果表明,大部分受试者强烈认同虚拟现实的发展前景,说明受试者普遍认为虚拟现实科普存在相当大的发展空间。

表 3 T5、T6、T7 的调查结果

Tab.3 Results of T5, T6 and T7

量表数字	T5	T6	T7
1	0	0	0
2	0	0	0
3	1	8	2
4	2	7	4
5	12	0	8

实验组的主观题部分最后是开放式问题:“您

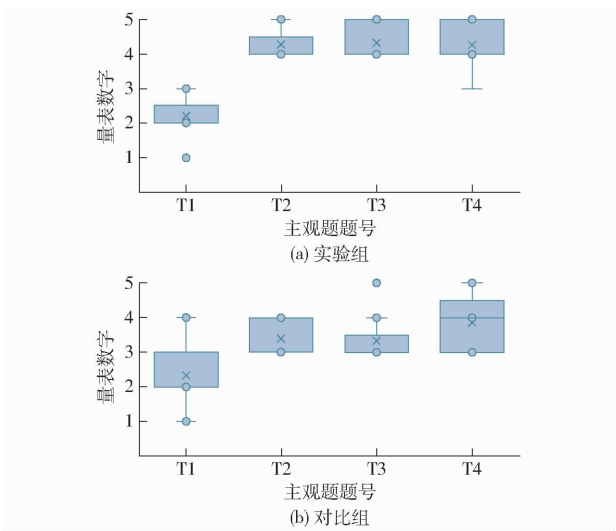


图 10 主观部分前 4 题的箱型图

Fig.10 Box plots of the first four questions in subjective part

对您所参与的科普模式有什么建议吗?”该问题的调查结果如下:有 3 名受试者反馈可以在科普系统内加大信息量,比如在系统内加入更多的解说文字或自动的语音解说;有 2 名受试者反馈希望和温室内作物有更多的交互,例如通过一些动作促进作物的成长;有 3 名受试者反馈有明显的眩晕感,希望通过改进交互方式来解决;有 4 名受试者反馈温室内设备的模型可以更加精细。

2.5.2 客观部分

问卷的客观部分有 10 题,包含 6 个单选题和 4 个多选题,全部是对智慧温室相关知识点的考察,且知识点全部取自科普内容。计分方式为单选题只有选对得 10 分,其他情况不得分;多选题选对所有选项得 10 分,选对部分选项得 5 分,其他情况不得分。实验组和对比组客观部分的得分情况如表 4 所示,实验组的平均分比对比组的平均分高 13.96%,说明虚拟现实科普方案在科普效果上优于幻灯片科普方案,证明了科普系统的有用性和有效性。

表 4 客观部分得分情况

Tab.4 Score of objective part

组别	得分					平均分
实验组	85	70	100	55	75	71.0
	75	60	85	50	80	
	70	65	65	60	70	
	90	75	65	40	50	
对比组	70	65	45	65	50	62.3
	85	60	55	50	70	

3 结束语

通过确定科普内容、建立温室模型、完善设备仿真、添加交互功能等步骤最终实现了基于虚拟现实的智慧温室科普系统。经过对比实验确定了该科普系统的有用性和有效性,以及较高的用户满意度,证明了系统的可用性。实验同时得出虚拟现实科普方案在沉浸感、用户忠诚度上优于幻灯片科普方案,但在知识获得感上,两种方案的表现无明显差异。本文主要创新点在于将虚拟现实和农业教育相结合,不足之处在于没有对系统可用性的交互效率方面进行评估,并且对比实验的受试者人数较少。

参 考 文 献

[1] 许微. 虚拟现实技术的国内外研究现状与发展[J]. 现代商贸工业, 2009,21(2): 279-280.

[2] DRUMMOND A, WORTHINGTON E, SUTTON G, et al. Virtually home: feasibility study and pilot randomised controlled trial of a virtual reality intervention to support patient discharge after stroke[J]. British Journal of Occupational Therapy, 2018, 81(4): 1-11.

[3] PALANICA A, LEE A, DOCKTOR M J, et al. Using mobile virtual reality to enhance medical comprehension and satisfaction in patients and their families[J]. Perspectives on Medical Education, 2019,8(2):123-127.

[4] LINSTEAD E, RE J, LAMKIN K, et al. A virtual reality system for practicing conversation skills for children with autism[J]. Multimodal Technologies and Interaction, 2019,3(2): 28-36.

[5] SWEIDAN S Z, DARABKH K A. VREG: a virtual reality educational game with arabic content using Android smart phone[J]. Journal of Software Engineering and Applications, 2018,11(10): 500-520.

[6] MATSAS E, MANOU E, VOSNIAKOS G. Understanding industrial robot programming by aid of a virtual reality environment [J]. International Journal of Mechanical Engineering Education, 2019,47(2): 1-21.

[7] KLIPPEL A, LEGAULT J, ZHAO J, et al. Immersive virtual reality as an effective tool for second language vocabulary learning [J]. Languages, 2019,4(1): 13-44.

[8] 吴可玉, 庄建军, 徐琳玲. 基于 Unity3D 的虚拟消防与安全教育系统[J]. 实验技术与管理, 2020,37(12): 237-240. WU Keyu, ZHUANG Jianjun, XU Linling. Virtual fire protection and safety education system based on Unity3D [J]. Experimental Technology and Management, 2020,37(12): 237-240. (in Chinese)

[9] 张颂波. 虚拟现实技术在施工企业安全教育中的应用[J]. 山西建筑, 2021,47(10): 193-195. ZHANG Songbo. Application of virtual reality technology in construction safety education[J]. Shanxi Architecture, 2021,47(10): 193-195. (in Chinese)

[10] 黄焱波, 胡建恺. 基于 VR 技术的电梯安全教育系统的设计[J]. 中国电梯, 2021,32(8): 47-49. HUANG Yaobo, HU Jiankai. A design of elevator safety education system based on VR technology[J]. China Elevator, 2021, 32(8): 47-49. (in Chinese)

[11] 蒋倩倩, 杨德刚. 基于虚拟现实的初中语文教学过程模型构建[J]. 数字教育, 2021,7(2): 58-62. JIANG Qianqian, YANG Degang. The construction of chinese teaching process model in secondary schools based on virtual reality[J]. Digital Education, 2021,7(2): 58-62. (in Chinese)

[12] 刘继忠, 旷有涛, 金颖, 等. 一种 VR/AR 液压拆装实验教学系统的开发和实现[J]. 南昌大学学报(工科版), 2021, 43(1): 79-84. LIU Jizhong, KUANG Youtao, JIN Ying, et al. Development and realization of a novel VR/AR disassembly and assembly experiment teaching system of hydraulic[J]. Journal of Nanchang University (Engineering & Technology), 2021,43(1):

79 – 84. (in Chinese)

[13] 冯文奂,周云飞,王金策,等. 基于虚拟技术的多媒体英语教学系统设计[J]. 微型电脑应用, 2021,37(3): 13 – 16.
FENG Wenhuan, ZHOU Yunfei, WANG Jince, et al. Design of multimedia English teaching system based on virtual technology[J]. Microcomputer Applications, 2021,37(3): 13 – 16. (in Chinese)

[14] 刘雪琴. 护理专业三维数字课程与教学辅助系统研发[J]. 济源职业技术学院学报, 2021,20(1): 35 – 39.
LIU Xueqin. Research and development of three-dimensional digital course and teaching assistant system for nursing specialty [J]. Journal of Jiyuan Vocational and Technical College, 2021,20(1): 35 – 39. (in Chinese)

[15] 杨宁. 浅析 Venlo 式智能玻璃温室[J]. 农业开发与装备, 2014(10): 89.

[16] 何世钧,张路,张弛,等. 智能温室自动控制系统的设计与应用[J]. 河南农业大学学报, 2000,34(4): 399 – 401.
HE Shijun, ZHANG Lu, ZHANG Chi, et al. Design and application of intelligent glass-house automatic control system[J]. Journal of Henan Agricultural University, 2000,34(4): 399 – 401. (in Chinese)

[17] 张军,张观山. 基于 Unity3D 的现代化温室大棚虚拟仿真实训系统的开发[J]. 中国现代教育装备, 2018(3): 9 – 11.
ZHANG Jun, ZHANG Guanshan. The development of virtual simulation training system for modern greenhouse based on Unity3D[J]. China Modern Educational Equipment, 2018(3): 9 – 11. (in Chinese)

[18] DOROTA K,TOMASZ S,SŁAWOMIR W,et al. Virtual reality and its applications in education: survey[J]. Information, 2019,10(10): 318 – 337.

[19] 张婷. 产品设计的可用性评估方法的开发和验证:以手机为例[D]. 北京:清华大学, 2009.
ZHANG Ting. Development and validation of a methodology for evaluating product design at the early stage of lifecycle: the cell phone[D]. Beijing: Tsinghua University, 2009. (in Chinese)

[20] 刘颖. 人机交互界面的可用性评估及方法[J]. 人类工效学, 2002(2): 35 – 38.

[21] 刘鹏,姜国华,刘玉庆. 虚拟现实系统可用性评估综述[J]. 载人航天, 2017,23(3): 391 – 397.
LIU Peng, JIANG Guohua, LIU Yuqing. Review of usability evaluation in virtual reality systems[J]. Manned Spaceflight, 2017,23(3): 391 – 397. (in Chinese)

~~~~~

(上接第 401 页)

[8] 邹修国,宋圆圆,徐泽颖,等. 基于 PSO – DNN 的平养鸡舍冬季氨气浓度预测模型研究[J]. 南京农业大学学报,2021,44(1):184 – 193.

[9] WINKLER R, ADAMSEN A. Ammonia emissions from air cleaners at pig farms in denmark using a picarro cavity ring-down spectrometer[C]//Egu General Assembly Conference. EGU General Assembly Conference Abstracts, 2017.

[10] 谢秋菊,苏中滨,刘佳荟,等. 基于 L – M 优化算法的猪舍氨气浓度预测模型研究[J]. 东北农业大学学报,2015,46(10):74 – 79.

[11] 谢秋菊,郑萍,包军,等. 基于深度学习的密闭式猪舍内温湿度预测模型[J]. 农业机械学报,2020,51(10):353 – 361.

[12] CAO D, WANG Y,DUAN J, et al. Spectral temporal graph neural network for multivariate time-series forecasting[C]// NeurIPS, 2020.

[13] WANG J, PENG Z, WANG X, et al. Deep fuzzy cognitive maps for interpretable multivariate time series prediction[J]. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 2020, 29(9):2647 – 2660.

[14] 鹿天柱,钱晓超,何舒,等. 一种基于深度学习的时间序列预测方法[J]. 控制与决策,2021,36(3):645 – 652.

[15] WANG Lin, WANG Zhigang, LIU Shan. An effective multivariate time series classification approach using echo state network and adaptive differential evolution algorithm[J]. Expert Systems with Application, 2016, 43:237 – 249.

[16] CABRIETO J, TUERLINCKX F, KUPPENS P, et al. Testing for the presence of correlation changes in a multivariate time series: permutation based approach[J]. Scientific Reports, 2018, 8(11): 769 – 797.

[17] XU M, MIN H. Adaptive elastic echo state network for multivariate time series prediction[J]. IEEE Transactions on Cybernetics, 2017, 46(10):2173 – 2183.

[18] YANG D, CHEN H, SONG Y, et al. Granger causality for multivariate time series classification[C]// IEEE International Conference on Big Knowledge. IEEE Computer Society, 2017.

[19] MA Q, CHEN Z, TIAN S, et al. Difference-Guided representation learning network for multivariate time-series classification [J]. IEEE Transactions on Cybernetics, 2020:1 – 11.