

基于动作识别的健身体感游戏的设计与实现

侯建峰, 隋玉爽, 阮瓚茜, 贺珊珊, 衡子龙, 雷劫睿

北方工业大学信息学院, 北京
Email: houjianfeng@ncut.edu.cn

收稿日期: 2020年11月16日; 录用日期: 2020年12月17日; 发布日期: 2020年12月24日

摘要

为了将电子游戏的趣味性与健身结合起来, 让人们以更愉悦的方式达到健身的目的, 本文利用Kinect获取的骨骼数据, 定义了若干健身动作, 在游戏过程中识别玩家动作与预定义动作进行匹配, 在游戏的过程中达到健身的目的; 根据常用健身项目, 设计了6个基于特定健身动作的体感交互游戏场景, 利用Unity3d游戏引擎实现了一款基于体感的交互健身游戏。

关键词

体感, 动作识别, 健身, 游戏

The Design and Implementation of Body-Building Games Based on Motion Recognition

Jianfeng Hou, Yushuang Sui, Zanxi Ruan, Shanshan He, Zilong Heng, Jierui Lei

College of Information, North China University of Technology, Beijing
Email: houjianfeng@ncut.edu.cn

Received: Nov. 16th, 2020; accepted: Dec. 17th, 2020; published: Dec. 24th, 2020

Abstract

In order to combine the fun of video games with fitness and let people achieve the purpose of fitness in a more enjoyable way, this paper uses the skeletal data obtained by Kinect to define a number of fitness actions, identifies the matching rate of player movements and predefined movements during the game, and achieves the purpose of fitness in the process of the game. According to common fitness sports, six motion-sensing interactive game scenes based on specific fitness movements are designed, and Unity3d game engine is used to realize the interactive fitness game based on motion-sensing.

Keywords

Somatosensory, Action Recognition, Fitness Sports, Game

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

传统游戏中,人们都通过键盘、鼠标、触摸屏以及手柄游历于游戏世界,弊端是人和游戏交流的肢体仅限于手,长此以往,对人们身心健康无益,特别是对青少年,《中国学校卫生》指出沉溺于上网、玩游戏、看电视等不良生活习惯大大减少了学生身体活动量,占用时间与肥胖呈正相关关系[1],而体感技术的诞生恰恰改变了这一点,其融合了电子游戏和运动健身,十分适合人们,尤其是青少年改变生活习惯、提高健身意识。而目前对于体感游戏的研究多聚焦于特殊疾病的恢复、改善训练,如对帕金森病患者认知、步态的影响[2]、自闭症儿童行为康复训练[3]等。此类体感游戏由于用于专业性较强的领域,不需要具备极高的趣味性来吸引用户持续使用,而市面上流通的部分体感游戏又不具备合理的运动时间和强度安排无法达到最好的健身运动效果。本文致力于将趣味性和合理的健身运动安排作为首要研究问题,基于 Kinect 动作识别技术、U3D (Unity3D 游戏引擎)和 Maya 实现了一个包含多关卡、多场景、多玩法的健身闯关体感游戏。主要内容包括:

游戏设计: 游戏设计分为动作设计和场景设计两个部分。广泛浏览热门健身网站,以高强度间歇训练(high-intensity interval training, HI-IT, 是 WHO 和美国运动医学会(ACSM)推荐的一种有效提高身体机能的运动方式[4])的理论为基础,筛选了六个健身动作,合理安排其顺序和时间,保证其高效性和合理性。场景设计参考了美国芝加哥大学的匈牙利裔美籍心理学家、教授 Mihaly Csikszentmihalyi 于 1975 年在其著作 *Beyond Boredom and Anxiety* (超越乏味与焦虑) [5]中提出的挑战与技能平衡、行动与意识融合、专注当下任务、明确的反馈等沉浸体验模型特征,以荒野逃生为主线,为每个动作匹配了契合度极高的场景任务,以紧张氛围、丰富的任务、明确的目标来提高用户沉浸感从而忽略运动带来的疲乏感。

虚拟游戏场景搭建: 利用 Autodesk Maya 创建三维模型、游戏角色、动画,利用 U3D 游戏引擎搭建地形,实现三维虚拟场景。

体感动作定义与识别: 基于 Kinect 获取的骨骼关节数据、关键动作特征,定义交互动作,并在游戏过程中识别玩家动作,实现对游戏的操控。

体感游戏实现: 设计基于动作识别的游戏关卡,开发具有良好体验的体感交互游戏。

本文中的体感技术是指利用 Kinect 设备获取的人体骨骼节点数据,识别人体动作,进而实现自然语言交互的过程。

体感技术,全称为体感交互技术,是基于体感信息处理,由机器对用户的语音、动作等进行识别和解析,并做出反馈的一种人机交互技术[6]。2010 年随着体感外设 KINECT 的推出,掀起了第三次游戏革命——“体感游戏”。体感游戏(SomaticGame)是一种能够促使人类本能思维引导肢体反映操作的游戏,它是视觉与本体感觉和动作控制,以娱乐学习为主要目标的器官运动,包含了人类器官与肢体运动的高度参与[7]。

各种采用 Kinect 设备开发的软件及应用快速进入各行各业,其主要利用 Kinect 可以摆脱鼠标键盘控制的优势,实现快速与计算机沟通,减少了沟通障碍,而 Kinect 的应用也遍及各个领域,主要包括游戏领域、教育领域和医疗领域等[8]。在教育领域,可穿戴技术、增强现实技术以及虚拟现实技术都被视为

教育领域的重要技术,它们将在未来的1~5年中,影响并促进教育的变革[9]。微软公司发布的AvatarKinect是一款帮助小学生克服阅读障碍,顺利进行阅读学习的教学游戏,学生在为虚拟人“Avatar”配音的同时,同步学生的肢体动作以及面部表情,让学生在游戏和娱乐提升语文阅读能力[10]。在医疗领域,郑传钦[7]开发的基于Kinect的颈部康复训练系统,可以帮助颈部受伤患者在社区家庭环境中有效地进行康复训练。Rosenberg等[11]研究发现体感游戏对亚综合抑郁患者改善作用明显。在商业领域,很多的大型活动都在使用体感交互游戏,2019年北京世界园艺博览会“光影森林”展区的光影墙,用户站在大屏幕前就能够产生一个由花瓣组成的身体,虚拟的身体会随着用户的移动而移动,每天晚上这个展区都有许多前来体验的游客,备受欢迎[12]。Kinect还应用在机器人领域,充当机器人的眼镜,匹兹堡大学一研究小组使用Kinect传感器,让机器人和人们一起玩抛球游戏,完成接球和抛球的动作[13]。在其他领域,Kinect还用于行为检测、动画生成、三维重建技术等等,拥有很好的应用前景[14]。

2. 体感技术

2.1. 动作识别技术

基于Kinect的动作识别技术,主要利用Kinect获取的骨骼节点位置信息,计算与目标动作关联度高的节点间距离与节点间向量夹角及其变化趋势,然后与预定义的动作进行匹配、识别。

根据日常健身知识和本文设计的游戏场景,共定义5个动作,包括:跑、跳、俄罗斯转体、高抬腿(爬楼)、平面支撑。动作识别的特征信息包括关键骨骼点的位置、骨骼点距离、骨骼点向量夹角,不同动作依赖信息有所差异,但定义和识别过程相同,下面以跑步动作为例说明定义、识别过程。

2.1.1. 动作定义

动作由一系列连续的姿势形成,跑步动作如图一所示(按图1的形式,替换为下方四个姿势的序列图像),一个完整的跑步动作定义由四个关键姿势组成,由图1可知姿势一的特征信息:左脚抬起、左臂后摆、右脚踏定、右臂前移,关键特征包括:左膝盖、左脚踝向量与左膝盖与左髋向量夹角变化,左、右肘位置变化。骨骼节点的位置信息可以通过Kinect获得,如图2所示左脚位置 (X_1, Y_1, Z_1) ,左膝位置 (X_2, Y_2, Z_2) ,左髋位置 (X_3, Y_3, Z_3) ,左膝和左脚形成的向量 $a(X_1 - X_2, Y_1 - Y_2, Z_1 - Z_2)$,左膝与左髋形成的向量 $b(X_3 - X_2, Y_3 - Y_2, Z_3 - Z_2)$,向量 a 和向量 b 的夹角为 θ ,则其计算方法如公式1, 2, 3所示,

$$\theta = \cos^{-1}(a \cdot b / (\|a\| * \|b\|)) \quad (1)$$

$$a \cdot b = ((X_1 - X_2) * (X_3 - X_2) + (Y_1 - Y_2) * (Y_3 - Y_2) + (Z_1 - Z_2) * (Z_3 - Z_2)) \quad (2)$$

$$\|a\| = \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2 + (Z_1 - Z_2)^2} \quad (3)$$

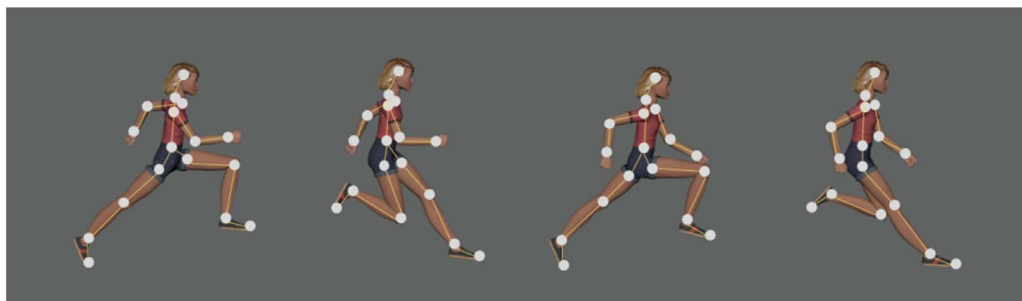


Figure 1. Running key posture sequence

图1. 跑步动作关键姿势序列

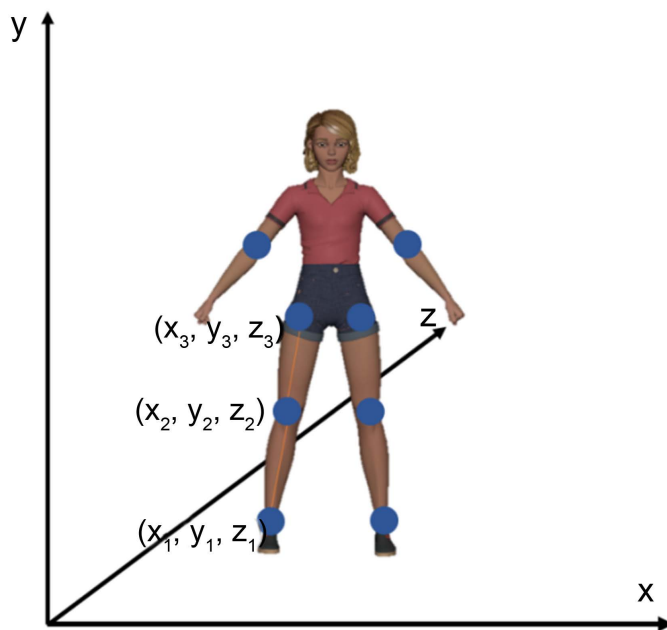


Figure 2. Characteristic bone point coordinates
图 2. 特征骨骼点坐标

跑步动作的姿势序列向量夹角特征信息的变化如图 3(a)所示, 左肘关节 z 向位置变化趋势如图 3(b)所示。

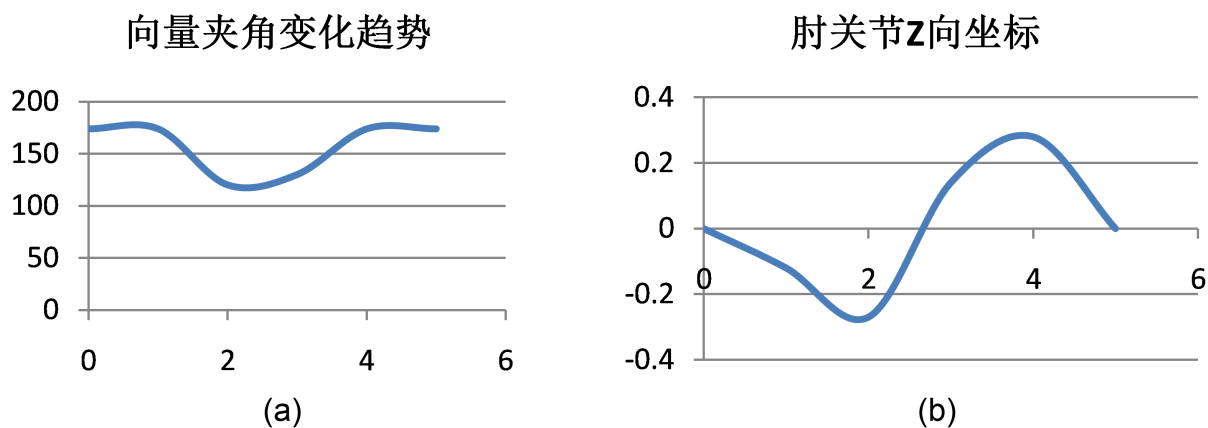


Figure 3. (a) The trend of the Angle between the eigenvectors; (b) Trend of left elbow joint position information
图 3. (a) 特征向量夹角变化趋势; (b) 左肘关节位置信息变化趋势

根据动作的姿势序列特征信息的变化趋势定义动作, 以供捕获的骨骼序列帧匹配。

2.1.2. 动作识别

基于 Kinect 的动作识别主要采用 Kinect 的骨骼数据信息序列帧, 计算特征信息及其变化趋势, 用来与预定义标准姿势进行匹配、识别。由于每个人的体型与所处位置的不同, 在对人体标准姿势以及模仿姿势进行识别之前, 还需借助齐次坐标系统将三维笛卡尔坐标系中的人体骨骼关节点进行几何转换。三维笛卡尔坐标系中的人体骨骼关节点在经过这种归一化处理之后, 将会使原本不同身体比例的姿势骨架具备一致性。动作识别算法流程如图 4:

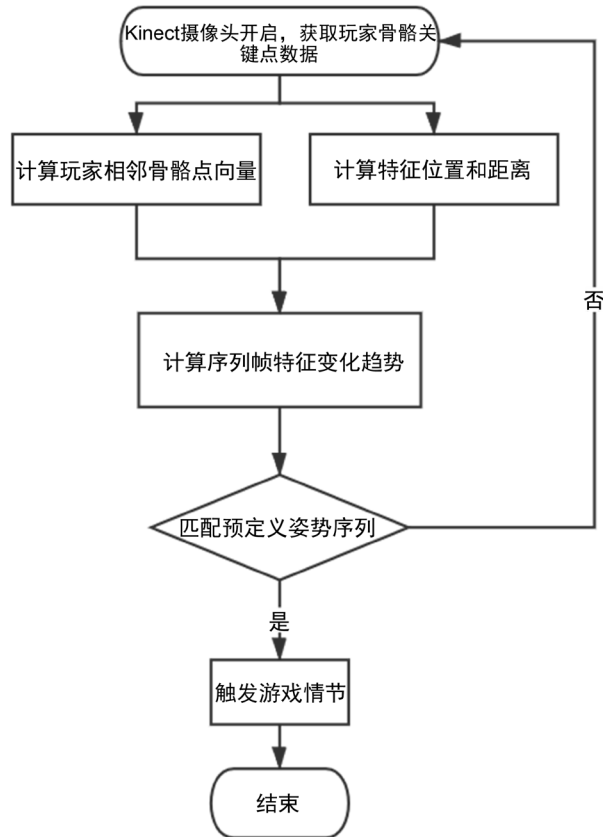


Figure 4. The flow of motion recognition algorithm
图 4. 动作识别算法流程

3. 体感游戏的设计与实现

本文对设计实现了一款多场景的体感交互游戏, 游戏场景中的主要模型、角色及其骨骼利用 Autodesk Maya 制作完成, 利用 U3D 完成对游戏的制作。

Unity3d 系统预定义了角色的关键骨骼点枚举类型, 通过将模型 Animation Type 设置为“Humanoid”, 并将 Avatar Definition 设置为“Create from this model”, 获取模型的骨骼点信息, 通过进一步配置, 将模型骨骼点与 Unity3d 系统预定义的骨骼点进行匹配, 值得注意的一点是模型的初始姿势必须是“T-Pose”, 它是 Kinect 骨骼点朝向的起始姿势。在骨骼进行正确匹配后, 通过动画系统实现对模型的控制, 并获得与动作相关的关键骨骼点位置及特征向量, 从而利用第一部分描述的动作识别技术实现动作的识别。

3.1. 游戏流程

玩家启动游戏, 进入开始场景, 选择帮助按钮可以预览游戏关卡和动作设计, 选择开始按钮玩家进入游戏。按要求完成游戏后, 游戏将根据玩家完成的时间和动作准确率评测分数, 整个游戏功能如图 5 所示。

3.2. 故事情节

游戏主角(“Angel”)初始在森林场景中(对应场景一), 通过慢跑穿越森林进入峡谷(对应场景二), 在峡谷中 Angel 需要通过快跑、跳跃躲避上方落下的巨石, 通过峡谷后, Angel 来到海边(对应场景三), 划船穿过海面后, 上岸来到小镇(对应场景四)通过慢跑穿越小镇, 紧接着来到草原(对应场景五), 同样慢跑通过后来冰原(对应场景六), 以支撑平移的动作通过后来山谷, 登上阶梯, 成功完成游戏。

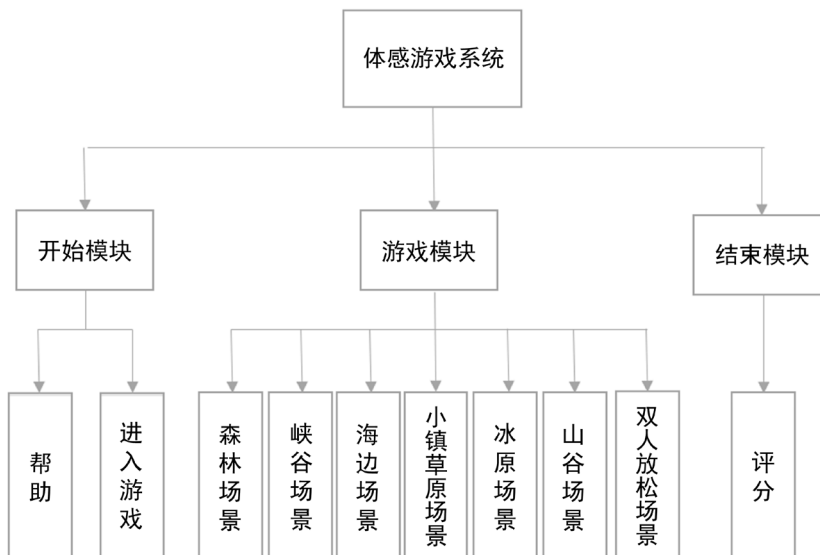


Figure 5. Function module diagram

图 5. 功能模块图

3.3. 游戏过程

在每个独立场景中，玩家都需要根据左上方提示框提示的动作完成相应 2 动作，若动作标准则能成功识别，此时游戏主人公会完成与用户相同的动作，并在虚拟场景进行移动。到达终点后会自动触发下一场景，游戏流程如图 6 所示。

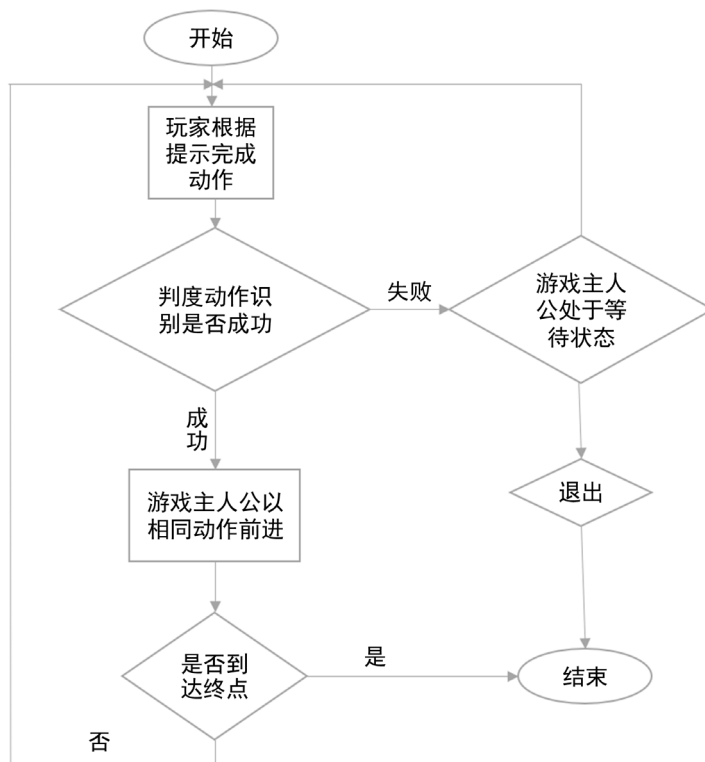


Figure 6. Game flow chart

图 6. 游戏流程图

3.4. 关卡设计

游戏共六个关卡。

3.4.1. 第一关卡——森林

此关卡的场景设定为森林(如图)。进入场景,玩家需要根据左上角的动作提示(如图 7)完成连续的跑步动作,检测动作正确后,游戏主人公也完成同样的跑步动作,并在游戏场景中前进。根据设定,用户需要跑步运动直到到达第一关卡的终点,终点设定为一个断崖,此时将自动触发跳跃断崖的动画。

作为游戏的第一个关卡,玩家通过跑步达到热身的目的,以此预防肌肉、肌腱韧带的伤害。



Figure 7. Forest scene
图 7. 森林场景

3.4.2. 第二关卡——峡谷

此关卡的场景设定为峡谷(如图 8)。首先玩家需要完成跑步动作令游戏主人公在场景中前进,路过一处山谷时,玩家需要“跳跃”躲避山谷滚落的巨石,完成躲避巨石的任务后玩家继续跑步前进,来到海边,此为第二关卡的终点,这时会触发登上船的动画。

此关卡在跑步基础上增加了躲避滚石的部分,以此制造紧张感,同时提高了游戏的可玩性和沉浸感。

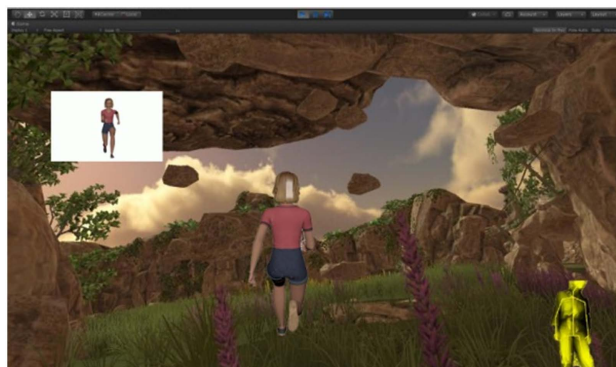


Figure 8. Canyon scene
图 8. 峡谷场景

2.4.3. 第三关卡——海边

此关卡的设定为海面(如图 9),在关卡中游戏主人公坐在船中,玩家需要完成连续的类似于划船的转体的动作,检测正确后,船向岸边行驶,到达岸边后会触发上岸的动画来作为与下个关卡的衔接。

此动作可以很好的训练玩家腹直肌和腹外斜肌，属于低强度无氧运动，且能很好的与场景融合，增加趣味性。

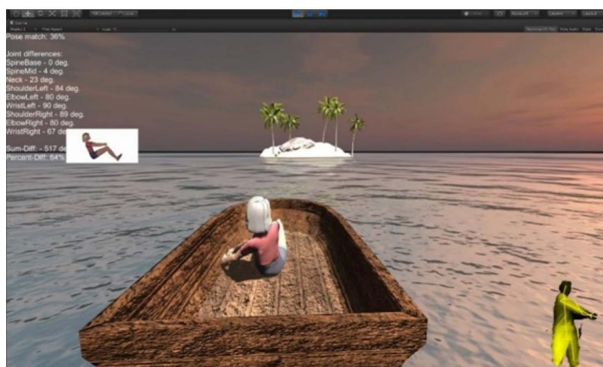
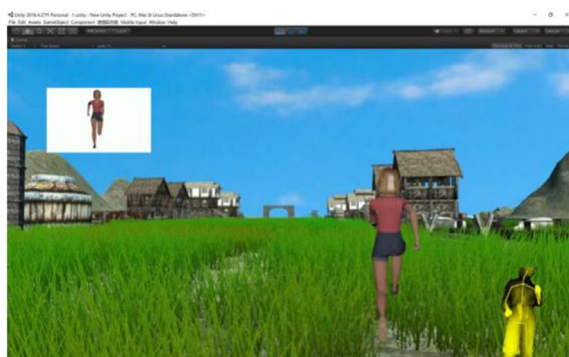


Figure 9. Seaside scene
图 9. 海边场景

3.4.4. 第四关卡——草原 + 小镇

此关卡的设定为草原(如图 10(a))和小镇(如图 10(b))。玩家需要完成慢跑和躲避行人的动作。经过前一段有氧和无氧结合运动，玩家已经消耗一定的体力，此关卡用于玩家恢复体力，同时场景中增加了许多行走的行人、动物等，作为视觉停留点，可以分散玩家一定的注意力，更好地起到放松、平复心率的功能，低强度的运动使玩家恢复体力。



(a)



(b)

Figure 10. (a) Grassland scene; (b) Small town scene
图 10. (a) 草原场景; (b) 小镇场景

3.4.5. 第五关卡——冰原

此关卡设定为冰原(如图 11)，游戏主人公面对薄弱冰面即将开裂的危险，必须选择四肢着地分散对冰面的压力，此时玩家需要完成支撑平移动作，正确检测此动作后，游戏主人公会以同样的动作向岸边移动，到达岸边，此关卡到达终点。

此动作可以很好的训练玩家的腹横肌，加之冰面破碎的音效，增加游戏的氛围感，提高玩家紧张度。

3.4.6. 第六关卡——山谷

此关卡设定为山谷(如图 12)。为了到达山谷顶端，游戏主人公需要登上通往山顶的一段台阶。游戏主人公登台阶的动作对应玩家的高抬腿动作。玩家根据提示完成高抬腿的动作，正确检测后，游戏主人

公会完成登楼梯的动作。作为最后一个运动动作，高抬腿很好的提高了玩家心率，使得后续能够有一定的持续燃脂效果，同时也是游戏难度的一个提升。



Figure 11. Ice sheet scene

图 11. 冰原场景图

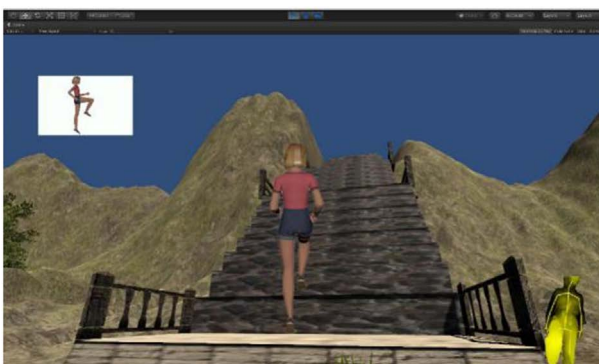


Figure 12. Valley scene

图 12. 山谷场景

3.5. 结论与展望

国务院总理李克强 2020 年 9 月 23 日主持召开国务院常务会议，会议提出将推进“互联网+健身”，丰富线上线下结合的全民体育活动，支持线上运动平台发展[15]。本文积极响应号召，在认真研究了健身运动理论后，筛选了六个推广性高、效果突出的健身动作，设计实现了七个虚拟运动场景，将运动健身和虚拟游戏相结合，兼顾了真实的临场感和健身的科学性，将枯燥的健身运动与妙趣横生的体感游戏相结合，既刺激了用户运动的欲望，也突破了传统游戏交互的局限。

目前此款游戏仅有单机模式，下一步希望增加联机模式，玩家可与其他玩家进行远程互动和比赛，建立运动分享社区，增添游戏的趣味性，提升游戏体验，使其成为首个“体感游戏娱乐健身社交分享”平台，真正做到互联网 + 健身。

参考文献

- [1] 彭玉林, 杨军, 闫建华. 国内外大学生生活方式与体质健康研究现状[J]. 中国学校卫生, 2020, 41(10): 1583-1587.
- [2] 夏敏, 江一静, 郑得忠, 王辉兴, 詹增土, 林志诚. 体感游戏对帕金森病患者认知、步态的影响[J]. 临床荟萃, 2020, 35(10): 900-903.
- [3] 王媚雪, 翟洪磊. 基于沉浸理论的自闭症儿童体感游戏交互设计[J/OL]. 包装工程: 1-11 [2020-12-14].

<http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1094.TB.20200623.0938.002.html>

- [4] Csikszentmihalyi, M. (1975) *Beyond Boredom and Anxiety*. Jossey-Bass Publishers, San Francisco.
- [5] 何苗. 从《头号玩家》看传播中体感技术应用前景[J]. 青年记者, 2018(23): 107-108.
- [6] 马建荣, 章苏静, 李凤. 基于体感技术的亲子互动游戏设计与实现[J]. 中国电化教育, 2012(9): 85-88.
- [7] 贾骋, 李妍, 毛丰. 体感技术应用现状与展望[J]. 科技传播, 2018, 10(12): 102-103.
- [8] 高媛, 黄荣怀. 《2017 新媒体联盟中国高等教育技术展望: 地平线项目区域报告》解读与启示[J]. 电化教育研究, 2017, 38(4): 15-22.
- [9] 吴迪. 体感技术在教育领域的应用现状与展望——基于 Kinect 技术的分析[J]. 信息通信, 2018(1): 291-292.
- [10] 郑传钦. 基于 Kinect 的颈部康复训练系统的设计与实现[J]. 电子技术与软件工程, 2018(15): 34-35.
- [11] Rosenberg, D., Depp, C.A., Vahia, I.V., et al. (2010) Exergames for Subsyndromal Depression in Older Adults: A Pilot Study of a Novel Intervention. *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, **18**, 221-226.
<https://doi.org/10.1097/JGP.0b013e3181c534b5>
- [12] 闫世蕃, 陈乐琴. 体感游戏在慢性病中的应用研究现状[J]. 军事体育学报, 2019, 38(1): 111-114+118.
- [13] 张诗潮, 钱冬明. 体感技术现状和发展研究[J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 2014(2): 40-49+126.
- [14] 陈佳. 基于 kinect 传感器的人物骨骼控制用于游戏的研究与应用[J]. 计算机产品与流通, 2020(2): 139.
- [15] 中国政府网. 李克强: 重点建设好群众身边的健身场地[EB/OL].
http://www.gov.cn/xinwen/2020-09/25/content_5546989.htm, 2020-09-25.