

# 汽车三维在线展示与虚拟试驾系统研究

赵阳, 姜兆亮, 马嵩华, 朱先萌  
(山东大学, 济南 250061)

**摘要:** **目的** 针对在线汽车营销方式交互性、沉浸感差等问题, 提升汽车网络营销的交互体验性能。**方法** 基于 Unity3D 平台, 利用 C# 和 MySQL 数据库设计了汽车三维在线展示与虚拟试驾系统, 采用显示层、应用层、数据层的三层体系结构, 主要包含 4 个功能模块, 分别为用户信息管理、汽车三维展示、虚拟试驾和试驾报告。依据 SAEJ1100 标准建立腿部空间测量模型, 提出在虚拟试驾系统中腿部空间舒适性评价方法, 并且基于实测数据构建虚拟试驾过程中的油耗预测模型。最终, 建立较为真实的汽车试驾模型, 同时确保试驾系统的流畅性和联机试驾的可操作性, 实现系统的开发。实验验证系统的应用效果较好。**结论** 汽车三维在线展示与虚拟试驾系统有效提高远程人机交互体验性能, 为用户充分了解所选车型的特点和性能搭建了新型平台。

**关键词:** 汽车三维展示; 虚拟试驾; 人机交互

**中图分类号:** TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)18-0124-05

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.18.024

## Automobile Three-dimensional Online Display and Virtual Driving System

ZHAO Yang, JIANG Zhao-liang, MA Song-hua, ZHU Xian-meng  
(Shandong University, Jinan 250061, China)

**ABSTRACT:** Facing with the problem of lacking interactivity and immersion in online car marketing, it aims to improve the interactive experience of automotive network marketing. Based on the Unity3D platform, the auto 3D online display and virtual driving system is developed using C# and MySQL database system. It adopts a three-layer architecture (display layer, application layer and data layer) and includes four function modules (user information management, automobile 3D display, virtual test and auto test report). The leg space measurement model is established according to SAEJ1100 standard, and then the evaluation method of leg space comfort in the virtual test drive system is proposed. The fuel consumption prediction model in the virtual test drive process is constructed based on the data measured in real scenarios. Thus, a more real vehicle test drive model is established, ensuring the smoothness of the test drive system and the operability of the online test drive. The effective of proposed system is demonstrated by the experimental results. The auto 3D online display and virtual driving system could effectively improve the performance of remote interactive experience for users, and is helpful for fully understanding the characteristics and performance of the desired vehicle.

**KEY WORDS:** three dimensional display system for auto; virtual driving; human-computer interaction

汽车网络营销作为行业一种新兴的销售方式, 有效降低了销售成本并拓宽了产品信息送达领域<sup>[1]</sup>。相对于传统的海报和影视广告等在线营销模式, 三维虚拟展示的沉浸感、交互性更好, 可以模拟人在真实环

境中的视觉、听觉、运动等行为<sup>[2]</sup>。随着虚拟现实技术在汽车行业的不断推广<sup>[3-4]</sup>, 汽车三维在线展示与虚拟试驾可对传统的 4S 店汽车展示与试驾进行补充。消费者在做出汽车购买决策时会考虑很多因素,

收稿日期: 2018-06-25

基金项目: 山东省科技发展计划 (2013GHZ30305)

作者简介: 赵阳 (1994—), 女, 山东人, 山东大学硕士生, 主攻虚拟现实技术。

通信作者: 姜兆亮 (1971—), 男, 山东人, 山东大学教授、博导, 主要研究方向为数字化制造和精密制造技术。

如汽车动力性能、燃油经济性、外观内饰、品牌<sup>[5]</sup>和个性化配置<sup>[6]</sup>等。4S 店汽车试驾的方式可以使消费者全面了解所选车型的性能，但实车试驾也存在大量难以解决的问题：(1) 人力成本高，试驾车辆会消耗磨损；(2) 用户需提前预约且按时到指定场地；(3) 对试驾者有驾龄要求；(4) 存在安全隐患。使用在线虚拟试驾系统可以有效解决上述问题，用户通过虚拟试驾多种车型和不同配置，选择满意的方案再预约实车试驾。

针对汽车网络营销的交互体验问题，本文设计开发的汽车三维在线展示与试驾系统可向用户展示所选车型的外观内饰、选配方案、虚拟试驾汽车的动力性能、空间舒适性和燃油经济性等。

### 1 系统模块功能

系统主要由用户信息管理、汽车三维展示和选配、虚拟试驾、试驾报告 4 个模块组成，见图 1。各模块的功能如下。

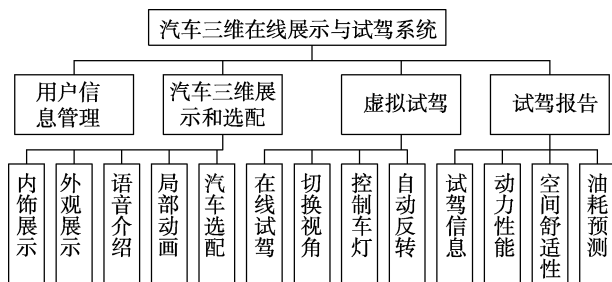


图 1 系统模块功能结构  
Fig.1 Function structure of system module

1) 用户信息管理模块：可以实现用户的注册登陆功能，并将用户信息储存到数据库中，为产品的销售分析与市场预测奠定基础。

2) 汽车三维展示和选配模块：可以实现外观展示、内饰展示、局部动画和汽车选配功能；汽车选配主要包括车型、车身颜色和汽车配置等，使用户全面了解汽车相关信息。该模块在进行产品介绍时有语音交互与动态文本显示两种方法。

3) 虚拟试驾模块：可以实现局域网联机试驾。系统设置了手动档和自动档两种操作方式，具有撞车后自动翻转功能。手动档模式中，通过键盘控制汽车的行进方向、切换用户观察视角、控制发动机启停、换挡、加速、打转向灯等，真实反应汽车手动驾驶过程；自动档模式将加速与汽车行进方向操作相结合并保留了切换观察视角功能，为用户营造轻松氛围。在场景试驾过程中，界面可以显示当前速度、发动机转速、档位、驾驶时间等信息。

4) 试驾报告模块：主要包括试驾信息（试驾时间和试驾里程）、空间舒适性（头顶间隙和膝角范围）、动力性能（以时间速度曲线图的形式展示最高车速与加速性能）和油耗预测等可供用户参考。

### 2 系统关键技术

系统关键技术包括腿部空间舒适性评价方法和油耗预测方法，丰富了试驾报告内容，为用户综合评价汽车性能提供参考。

#### 2.1 腿部空间舒适性评价

根据试驾时大腿和小腿之间夹角（膝角）的大小，评价腿部空间舒适性<sup>[7]</sup>：112°~118°为很舒适，105°~112°和 118°~130°为舒适，95°~105°和 130°~155°为一般，其他为不舒适。

依据 SAEJ1100 标准<sup>[8]</sup>建立腿部空间测量模型，见图 2。设定  $L$  代表乘客的腿部空间， $L_{min} < L < L_{max}$ ，其中， $L_{min}$  表示座椅调至最前位置， $L_{max}$  表示座椅调至最后位置。

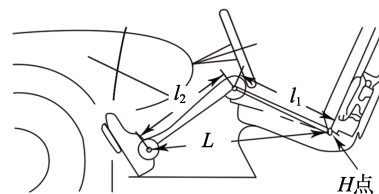


图 2 腿部空间测量模型图  
Fig.2 Model of leg space measurement

按照 GB/T 10000—1988 中国成年人人体尺寸国家标准<sup>[9]</sup>得到身高  $h$  与大腿长度  $l_1$  和小腿长度  $l_2$  的线性关系分别为公式 (1) 和公式 (2)。

$$l_1 = 0.4036h - 210.87 \tag{1}$$

$$l_2 = 0.3466h - 211.35 \tag{2}$$

根据用户在系统界面输入的身高，计算出大腿和小腿长度，再通过三角函数，计算出用户试驾时的膝角范围。以某款小型货车为例验证膝角计算和腿部空间评价的正确性，已知  $L_{min}=589 \text{ mm}$ ， $L_{max}=703 \text{ mm}$ 。测量 10 位用户的身高、大腿和小腿长度，计算膝角范围，与系统计算结果对比。用户试乘该款车型主观评价腿部空间舒适性，与系统评价对比，结果见表 1。系统可以有效计算用户膝角范围，评价腿部空间舒适性。

#### 2.2 油耗预测

通过实测汽车档位  $x$ 、速度  $y$ 、油耗  $z$  的数据，拟合出函数关系  $z=f(x, y)$ ，再通过编程实现系统中油耗预测功能。以某款小型货车为例，通过实际测试得到的档位、速度与油耗的数据见表 2。使用 1stOpt6.0 曲线拟合工具的快速公式拟合搜索功能，得到拟合结果为：

$$z = [P_1 + P_2 \ln x + P_3 (\ln x)^2 + P_4 (\ln x)^3 + P_5 y] / [1 + P_6 \ln x + P_7 (\ln x)^2 + P_8 (\ln x)^3 + P_9 y] \tag{3}$$

收敛后的相关系数为 0.9986。优化算法选择为麦夸特法+通用全局优化法，得到公式 (3) 中拟合系数  $P_1 \sim P_9$  见表 3。档位为 4、速度为 56.8 km/h 时，计算得百公里油耗为 7.71 L。

表1 腿部空间舒适性对比  
Tab.1 Comparison of comfort of leg space

被测者 身高/mm	测量的小腿 长度/mm	测量的大腿 长度/mm	实际计算的膝 角范围/(°)	计算的小腿 长度/mm	计算的大腿 长度/mm	系统计算的 膝角范围/(°)	主观评价 腿部空间	系统评价腿 部空间
1603	370	400	99.7~131.8	344	436	97.4~128.2	很舒服	很舒服
1611	370	420	96.2~125.6	347	439	96.4~126.4	很舒服	很舒服
1660	390	445	89.5~114.5	364	459	90.7~116.9	舒适	很舒服
1692	400	480	83.4~105.7	375	472	87.4~111.7	一般	舒适
1714	385	440	90.8~116.7	383	481	85.2~108.5	舒适	舒适
1721	405	475	83.6~105.8	385	484	84.5~107.4	舒适	舒适
1722	395	480	84.0~106.5	385	484	84.5~107.4	舒适	舒适
1769	425	480	80.9~101.7	402	503	80.4~101.4	一般	一般
1774	405	450	86.9~110.5	404	505	80.0~100.8	舒适	一般
1836	440	530	74.1~92.4	425	530	75.3~94.1	不舒适	不舒适

表2 档位速度与油耗关系  
Tab.2 Relationship between gear speed and fuel consumption

x	y/ ( km·h <sup>-1</sup> )	z/ ( L·100 km <sup>-1</sup> )
1	20	17.25
2	20	9.98
2	40	12.98
3	20	6.06
3	40	8.42
3	60	10.41
4	20	5.42
4	40	6.28
4	60	8.02
4	80	9.94
4	100	12.45
5	20	5.06
5	40	5.66
5	60	7.03
5	80	8.94
5	100	10.85
5	120	13.61

表3 最佳估测参数值  
Tab.3 Optimal estimated parameter values

拟合系数	数值
$P_1$	12.71918
$P_2$	-0.84331
$P_3$	-4.47382
$P_4$	2.29459
$P_5$	0.05922
$P_6$	-0.03304
$P_7$	1.10765
$P_8$	-0.34552
$P_9$	-0.00969

### 3 系统体系结构

虚拟试驾系统根据需求采用三层体系结构<sup>[10]</sup>,包括显示层、应用层、数据层,见图3。

1) 显示层:通过调用应用层组件的函数和方法,显示层实现用户和系统的人机交互,主要包括用户信息输入、用户请求和返回请求结果。

2) 应用层:该层的组件封装了系统的核心功能,为上层服务又可以调用下层。主要运用三维建模技术、人机交互技术、局域网联机技术和数据库技术,实现了用户信息管理、汽车三维展示与选配、虚拟试驾和试驾报告等功能。

3) 数据层:该层将执行应用层的请求,通过访问接口将结果返回给应用层,包括汽车性能数据库、人体尺寸库、用户数据库。汽车厂商可基于数据库进行潜在客户数据的访问。

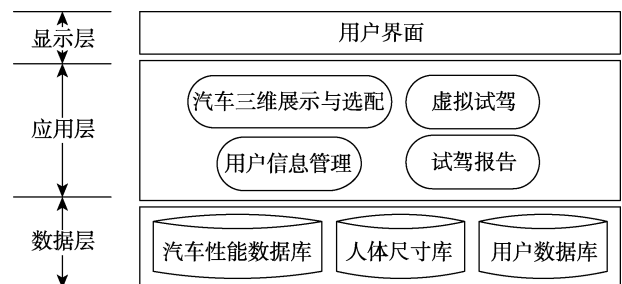


图3 系统体系结构图  
Fig.3 System architecture diagram

### 4 系统实现

使用 3DMAX 创建三维模型, Photoshop 创建界面元素,将素材导入 Unity3D 游戏开发引擎后设置系统环境,利用 C#编写程序代码,利用 MySQL 数据库储存数据实现系统功能,流程图见图4。虚拟试驾系

统的关键在于建立汽车试驾模型、增加系统流畅性和联机试驾等。

### 4.1 建立汽车试驾模型

将汽车三维模型导入 Unity3D 软件后为汽车模型添加 Shader，突出车漆的金属质感。添加刚体组件使车模受系统重力影响，在 C#脚本的作用下实现与现实世界物体一样的物理反应。为车轮模型添加 WheelCollider 组件，WheelCollider 是 Unity3D 做汽车类型游戏的关键组件，可在虚拟环境中实现碰撞检测、引擎系统、悬挂系统等物理特效和轮胎摩擦情况仿真。

### 4.2 增加系统流畅性

通过控制模型面数并运用遮挡剔除技术来增加试驾系统的流畅性。创建点、线、面数量多的高模并烘焙贴图，将贴图应用在细节较少的低模上，可减少模型面数且达到较好的视觉效果。遮挡剔除技术是当物体发生遮挡，相对于摄像机不可见时，系统将不对被遮挡的物体进行渲染，以减少烘焙数据。

### 4.3 实现局域网下的联机竞赛

使用 Unity 提供的 High Level API (HLAPI) 服务器系统，实现多人局域网联机竞赛。选择某一个客户端同时为服务器，本地客户端和服务器通讯直接通

过函数调用实现，远程客户端通过普通网络连接与服务器端进行通信。连接 MySQL 数据库则需要将 MySql.data.dll 等应用拓展复制到 Assets 文件夹下，使用 TCP/IP 通信协议实现客户端和服务端之间的数据传输，实现局域网联机竞赛功能。系统构建完成后部分界面见图 5。

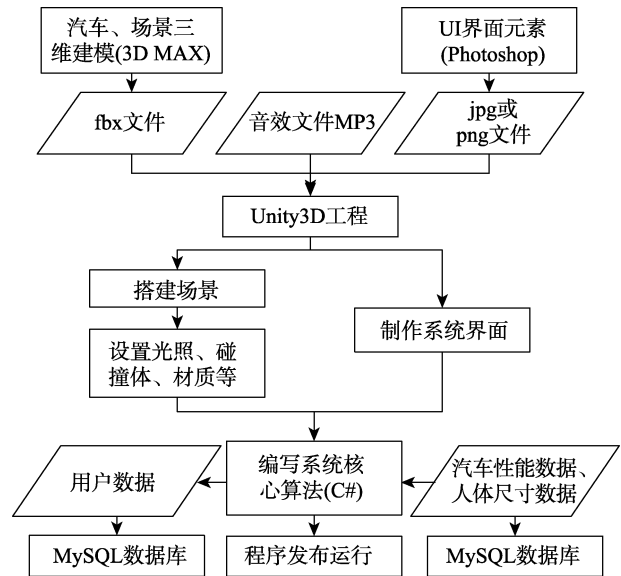


图 4 系统构建流程图  
Fig.4 System construction flow chart



图 5 系统部分界面  
Fig.5 Part of the system interface

## 5 系统测评

请 10 位用户通过系统虚拟试驾和实车试驾两种方式评价同款小型货车，评价内容包括：外观内饰、

空间舒适性（头顶间隙和膝角范围）和动力性能（最高车速和加速性能），评价等级为非常好（2分）、好（1分）、可接受（0分）、差（-1分）、非常差（-2分），最终得到两种方式的评价对比见表 4。汽车三

维在线展示与试驾系统应用效果较好,能为用户选购汽车提供参考。

表4 用户对某款小型货车的评价  
Tab.4 User's evaluation of a small van

评价项目	用户使用系统评价/分	用户实车试驾评价/分
外观内饰	1.7±0.48	1.8±0.42
空间舒适性	0.9±0.99	0.8±0.92
动力性能	1.6±0.51	1.5±0.52

## 6 结语

本文采用虚拟现实技术设计了汽车三维在线展示与虚拟试驾系统,提出了虚拟试驾系统中腿部空间舒适性评价方法,建立的虚拟试驾过程中的油耗预测模型为用户综合评价汽车性能提供了参考。系统增强了用户的沉浸感和交互性,有效提高了远程人机交互体验性能,为用户充分了解所选车型的特点和性能搭建了新型平台,该系统在汽车营销过程中具有较好的实用价值。

### 参考文献:

- [1] 刘懂,汪清淼,郑安文. 促进我国汽车网络营销健康发展的对策研究[J]. 机械设计与制造, 2015(5): 260—262.  
LIU Dong, WANG Qing-miao, ZHENG An-wen. Study on Strategies to Promote the Healthy Development of the Automobile Network Marketing in Our Country[J]. Machinery Design & Manufacture, 2015(5): 260—262.
- [2] 李峻峰. 虚拟现实技术与虚拟校园的研究与实践——以潍坊学院虚拟校园建设为例[J]. 工程图学学报, 2011, 32(3): 62—68.  
LI Jun-feng. The Study and Practice of Virtual Reality Technology and Virtual Campus Take Weifang University Virtual Campus as an Example[J]. Journal of Engineering Graphics, 2011, 32(3): 62—68.
- [3] 张林鎰,辛献杰,崔冰,等. 面向汽车产品设计的虚拟现实服务平台研究[J]. 系统仿真学报, 2014, 26(10): 2407—2411.  
ZHANG Lin-xuan, XIN Xian-jie, CUI Bing, et al. Research on Automotive Product Design Oriented Virtual Reality Service Platform. Journal of System Simulation, 2014, 26(10): 2407—2411.
- [4] 王天鹏,朱文华,张梦之. 基于Web的汽车弹簧三维模型的展示与交互[J]. 系统仿真学报, 2011, 23(10): 2147—2150.  
WANG Tian-peng, ZHU Wen-hua, ZHANG Meng-zhi. Exhibition and Interaction of Three-dimensional Lightweight Automobile Spring Model Based on Web[J]. Journal of System Simulation, 2011, 23(10): 2147—2150.
- [5] 周滢露,史乐峰,任玉珑. 基于个人消费行为的汽车购买决策模型及应用[J]. 数学的实践与认识, 2013, 43(17): 9—18.  
ZHOU Ying-lu, SHI Le-feng, REN Yu-long. Vehicle Purchase Decision Model and Application[J]. Journal of Mathematics in Practice and Theory, 2013, 43(17): 9—18.
- [6] 潘子林,崔森. 互联网时代汽车个性化定制模式探索[J]. 包装工程, 2015, 36(2): 21—25.  
PAN Zi-lin, CUI Miao. Car Individuation Customized Mode in the Age of Internet[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(2): 21—25.
- [7] 逯志勇,李迪,刘媛媛. 汽车车身内部布置舒适性评价方法研究[J]. 农业装备与车辆工程, 2009(1): 7—9.  
LU Zhi-yong, LI Di, LIU Yuan-yuan. Study on Comfort Assessment of Autobody Inner Packaging[J]. Agricultural Equipment & Vehicle Engineering, 2009(1): 7—9.
- [8] SAE J1100 Motor Vehicle Dimensions[S]. USA: Society of Automotive Engineers, 2009.
- [9] GB/T 10000—1988 中国成年人人体尺寸[S]. 北京: 国家技术监督局, 1988.  
GB/T 10000—1988 Human Dimensions of Chinese Adults[S]. Beijing: State Bureau of Technical Supervision, 1988.
- [10] 刘永清,肖忠东,董安邦. 基于三层C/S、B/S集成的物流信息系统体系结构的研究[J]. 湖南科技大学学报, 2005(3): 86—89.  
LIU Yong-qing, XIAO Zhong-dong, DONG An-bang. Research on Logistics Information System Architecture Based on Integration of 3-tier C/S and 3-tier B/S[J]. Journal of Hunan University of Science & Technology, 2005(3): 86—89.