

分类号_____

U D C_____

编 号_____

密 级_____



南方科技大学
SOUTHERN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

本科生毕业设计（论文）

题 目：_____基于 WebAR 的可编辑交互海报_____

_____应用设计与实现_____

姓 名：_____邬静芙_____

学 号：_____12011437_____

院 系：_____计算机科学与工程系_____

专 业：_____计算机科学与技术_____

指导教师：_____马昱欣副教授_____

2024 年 6 月 7 日

诚信承诺书

1. 本人郑重承诺所呈交的毕业设计（论文），是在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果，所有数据、图片资料均真实可靠。

2. 除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含任何其他人或集体已经发表或撰写过的作品或成果。对本论文的研究作出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确的方式标明。

3. 本人承诺在毕业论文（设计）选题和研究内容过程中没有抄袭他人研究成果和伪造相关数据等行为。

4. 在毕业论文（设计）中对侵犯任何方面知识产权的行为，由本人承担相应的法律责任。

作者签名： 邹静英

2024 年 6 月 7 日

基于 WebAR 的可编辑交互海报应用设计与实现

邬静芙

(计算机科学与工程系 指导教师：马昱欣)

[摘要]：在虚拟现实技术和元宇宙概念的快速发展背景下，增强现实（AR，Augmented Reality）技术作为一种将虚拟信息与现实世界相结合的展现形式，受到了广泛关注。然而，当前基于移动平台的 AR 应用的跨平台性问题和较高的开发和配置门槛仍然困扰着广大用户和开发者。本文提出了一种基于 Web 的可视化 AR 海报编辑应用，通过结合传统 AR 技术和网页开发技术，解决了跨平台、低门槛的高度定制、2D 媒体版本迭代、AR 丰富交互等应用痛点。本研究通过多组标记图片实验探索出了图片像素和渲染效果之间的峰值对应关系。通过结合传统 AR 技术和网页开发技术，本应用为用户提供了一种全新的数字体验和视觉享受，实现了 AR 海报的高度定制和丰富交互，极大地提高了用户的体验感。该应用以南方科技大学计算机系的宣传系列海报为样例进行展示，并获得了良好的用户体验反馈。

[关键词]：增强现实；WebAR；可视化编辑；跨平台

[ABSTRACT]: In the context of the rapid development of virtual reality technology and the metaverse concept, Augmented Reality (AR) technology, as a form of combining virtual information with the real world, has garnered widespread attention. However, the cross-platform issues and high development and configuration thresholds of current mobile AR applications still plague a large number of users and developers. This thesis proposes a web-based visual AR poster editing application that addresses the pain points of cross-platform, low-threshold highly customization, 2D media version iteration, and rich AR interaction by integrating traditional AR technology with web development techniques. By combining traditional AR technology with web development techniques, this application provides users with a novel digital experience and visual enjoyment, achieving highly customized and rich interactive AR posters, greatly enhancing user experience. Using the publicity series posters of the Computer Science Department of the Southern University of Science and Technology as an example, this application receives great user feedbacks.

[Keywords]: Augmented Reality, WebAR, visual editing, cross-platform

目录

1. 诸论	1
1.1 研究背景及意义	1
1.2 论文主要贡献	2
1.3 论文组织结构	2
2. 相关技术	4
2.1 增强现实技术	4
2.1.1 方法原理	4
2.1.2 应用设备场景与要求	6
2.2 WebAR 开发框架	6
3. 系统分析与设计	7
3.1 自然特征跟踪与匹配	7
3.2 系统功能分析	10
3.2.1 功能性分析	10
3.2.2 非功能性分析	11
3.3 系统架构设计	11
4. 系统实现	12
4.1 后端	12
4.1.1 数据库设计与实现	12
4.1.2 业务逻辑与接口设计	13
4.2 前端	14
4.2.1 路由与页面设计	14

4. 2. 2 页面功能展示.....	15
5. 系统测试与用例展示.....	17
6. 总结与展望.....	21
参考文献.....	23
致谢.....	25

1. 绪论

1.1 研究背景及意义

本研究将增强现实（AR, Augmented Reality）定义为：给定物理真实世界环境的实时直接或间接视图，其被计算机生成的虚拟信息增强后的展现形式^[1]。

在虚拟现实技术和元宇宙概念的快速发展背景下，人们对于数字体验和视觉呈现的需求日益增加。传统的二维媒介已逐渐无法满足用户需求，特别是在版本迭代、信息获取和视觉体验方面存在较大的局限性。在这种背景下，利用 AR 技术将现实世界与数字信息相结合，成为了解决这一挑战的有力工具。

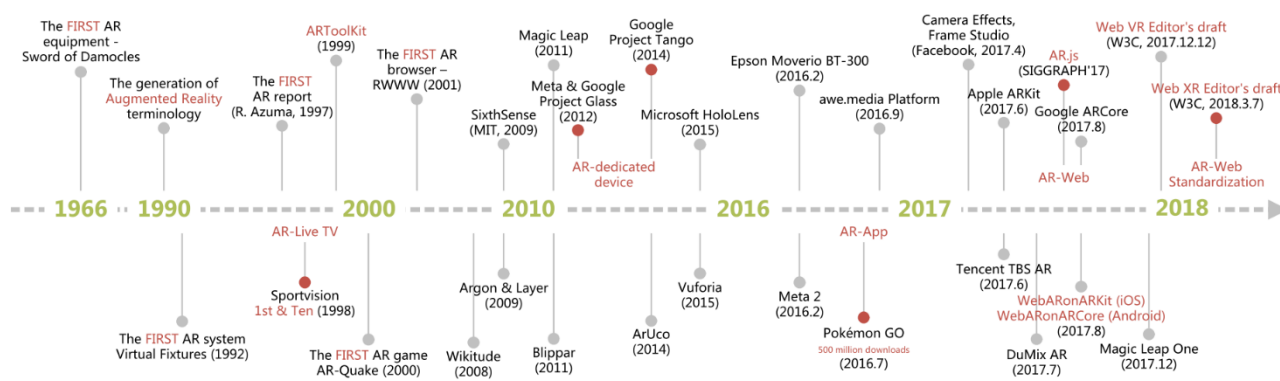


图 1 AR 发展历史^[2]

从 Sportvision 首次将 AR 应用于电视直播（1998）^[3]，到第一台复杂的 AR 设备（Google Glass，2012）^[4]和智能手机（Project Tango，2014）^[5]，再到第一款现象级的 AR 应用程序（Pokémon GO，2016）^[6]，AR 技术和配套设备均趋向于移动化和轻量级。其中 AR 海报的应用在艺术创作和商业宣传领域蓬勃发展，其使用设备要求门槛低、用户体验流畅且富有冲击力，是当今 AR 公众化应用的热点趋势^[2]。

然而，当前的移动增强现实硬件和操作系统（如嵌入式 Linux、Android、iOS）呈现出复杂的多样性。大多数移动 AR 应用程序或解决方案都依赖于特定平台，缺乏高鲁棒性的跨平台支持，其需要经过重复的开发周期来适应不同的平台，大大增加了开发和部署的成本。

而基于网络的服务提供模式具有原生跨平台和轻量级功能，许多移动应用程序也采用混合（Native+Web）的方式设计，简化了用户的服务访问，是移动 AR 应用开发的一个理想平台。自 2017 年以来，尽管已经有一些基于网页端的 AR（WebAR）的初步尝试，但有限的网络流量和计算能力极大地阻碍了其实际应用，同时当前应用均停滞在较高的

开发门槛，广大艺术工作者和业余爱好者无法便捷使用^[2]。

AR 海报和可视化的相关应用中，PapARVis (Chen et. al, 2022) 针对二维数据可视化库 Vega 进行了 AR 拓展，用 Unity 的 Vuforia 插件进行 AR 开发，并用 nodejs 进行网页渲染^[7]。但其后端环境配置复杂，且无法渲染 3D 模型、视频等多媒体，局限于单一的可视化组件。同时现有的 AR 海报相关工作都聚焦在各个领域用例本身的实现和创作细节，重点关注艺术交互设计与应用，其创作过程无法复现与优化，并未为广大艺术工作者与用户打开 AR 海报创作的工具性渠道^[8, 9, 10]。

针对上述问题，本论文设计并实现了一个基于 Web 的可视化 AR 海报编辑应用，通过结合传统 AR 技术和网页开发技术，解决了跨平台、定制与版本迭代、AR 交互欠缺等应用痛点，为用户提供全新的数字体验和视觉享受，并以南方科技大学计算机系的宣传系列海报为样例进行展示。

1.2 论文主要贡献

(1) 解决 AR 应用跨平台问题

本研究利用 WebAR 技术，设计并实现了跨平台的 AR 海报应用。用户无需安装任何应用程序，只需通过浏览器即可进行 AR 海报的制作与展示，极大地降低了使用门槛、提高了用户的体验感。

(2) 实现 AR 高度定制可视化编辑

本应用具有丰富的可视化编辑功能，用户可以便利地根据自己的需求对海报进行高度定制，包括添加、删除、编辑各种组件，以及调整布局和样式等。这使得用户能将静态平面作品扩充为交互丰富、信息密集的 AR 体验，可以有效提升作品的知识密度和美观性。

(3) 丰富的交互模式

基于移动设备的 AR 应用不仅提供了视觉上的丰富体验，还实现了多种交互模式，例如 3 维旋转、链接跳转等，使得用户能够以更加直观和自然的方式与 AR 海报进行互动，进一步提升了用户的参与度和沉浸感。

(4) 全栈的配套生态

本研究开发的 AR 海报应用具有完整的生态系统，包括前端界面、后端数据处理、AR 技术支持等，为用户和开发者提供了一站式的解决方案，大大降低了 AR 作品的设计与制作门槛，同时具有良好的可扩展性和可维护性，为未来的功能扩展和升级奠定了良好的基础。

1.3 论文组织结构

本文第 3 章陈述了实现网页端 AR 海报编辑器的相关技术，包括基于标记的增强现实技术方法原理、应用场景，以及相关的开发框架。本文第 3 章介绍了系统分析与设计，包括针对自然特征跟踪与匹配过程以达到最佳 AR 渲染效果的实验、功能性和非功能性需求分析、系统结构图，第 4 章描述了系统的具体实现，包括数据库设计、后端接口设计、前端路由和页面设计与功能介绍。本文第 5 章以南方科技大学计算机系的宣传系列海报为例，进行了系统的测试与展示，第 6 章总结了本文实现的基于 WebAR 的可编辑交互海报应用的优点，以及未来可进一步优化的方向。

2. 相关技术

2.1. 增强现实技术

目前 AR 的实现主要分为两种：基于标志物的三维跟踪注册和无标志物的三维跟踪注册，后者分为基于自然特征、基于模型和并行重建(SLAM, Simultaneous Localization And Mapping)三种实现。本论文采用的方法为无标志物基于自然特征的三维跟踪注册。

2.1.1. 方法原理

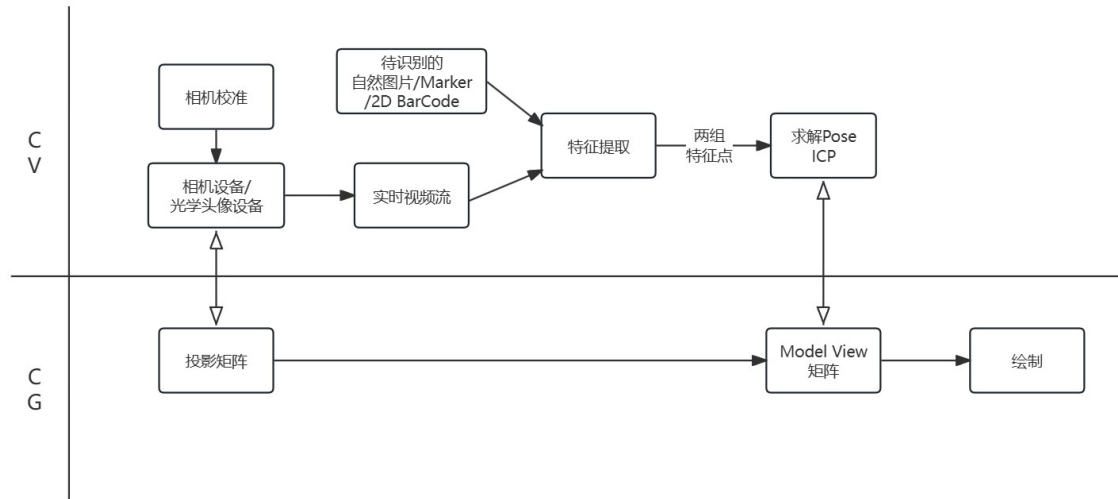


图2 基于自然特征的 AR 工作流程^[11, 12]

整个工作流程涉及从实际坐标、相机坐标、理想屏幕坐标到观测屏幕坐标的变换，具体内容如下：

(1) 标记特征点预提取

该步骤采用自然特征跟踪技术 (NFT, Natural Feature Tracking)，使用计算机视觉中经典的 SIFT (Scale-invariant feature transform) 算法^[13]。

- ① 尺度空间极值检测：在不同尺度下的图像上应用高斯滤波器，生成高斯差分金字塔 (DoG, Difference of Gaussian)，并在不同尺度和位置上寻找图像的极值点 (极大值或极小值)，以此作为关键点候选。
- ② 关键点定位：在检测到的极值点的基础上，对图像进行局部边缘响应和高斯拟合，从而确定具有亚像素精度的关键点位置。
- ③ 关键点方向确定：对每个关键点周围的图像区域进行梯度计算，以确定关键点的主方向或方向直方图，通常选择梯度方向最强的方向作为关键点的主方向。
- ④ 生成特征描述向量：根据关键点周围的图像区域的像素值梯度方向和大小，生成一组描述关键点周围图像特征的描述子向量 {P1}。

(2) 获取相机图像并校准

获取因相机制造工艺偏差造成的畸变参数，通过图像处理完成观测屏幕坐标和理想屏幕坐标的变换。

$$\begin{aligned} d^2 &= (x_l - x_0)^2 + (y_l - y_0)^2 \\ p &= \{1 - fd^2\} \\ x_o &= p(x_l - x_0) + x_0, \quad y_o = p(y_l - y_0) + y_0 \end{aligned} \quad (1)$$

(x_0, y_0) : Center Coordinates of Distortion

f : Distortion Factor

根据相机本身的硬件参数计算出相应的投影矩阵 (Projection Matrix)，完成理想屏幕坐标到相机坐标的转换，复原相机 3D 空间到 2D 空间的对应关系。

$$\begin{bmatrix} hX_l \\ hY_l \\ h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} sf_x & 0 & x_c & 0 \\ 0 & sf_y & y_c & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \\ 1 \end{bmatrix} = \mathbf{C} \begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

\mathbf{C} : Camera Parameter

(3) 特征匹配

载入预存的标记文件，获取到自然特征向量集 {P1}；实时对相机获取到的视频流中二维自然图片进行特征提取，获取到另一组自然特征向量集 {P2}。两组特征点距离小于阈值则视为匹配成功。

$$\begin{bmatrix} h\hat{x}_i \\ h\hat{y}_i \\ h \end{bmatrix} = \mathbf{C} \cdot \mathbf{T}_{\mathbf{CM}} \begin{bmatrix} X_{Mi} \\ Y_{Mi} \\ Z_{Mi} \\ 1 \end{bmatrix}, \quad i = 1, 2, 3, 4 \quad (3)$$

$$err = \frac{1}{4} \sum_{i=1,2,3,4} \left\{ (x_i - \hat{x}_i)^2 + (y_i - \hat{y}_i)^2 \right\}$$

此后使用 ICP (Iterative Closest Point) 算法利用匹配成功的 {P1} {P2} 两组特征点迭代求解 $\mathbf{T}_{\mathbf{CM}}$ 矩阵 (Rotation&Translation)，即计算机图形学中的模型视图矩阵 (Model View Matrix)。

(4) 根据匹配结果估计相机位姿

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} X_C \\ Y_C \\ Z_C \\ 1 \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} & T_1 \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} & T_2 \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} & T_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_M \\ Y_M \\ Z_M \\ 1 \end{bmatrix} \\ &= \mathbf{T}_{CM} \begin{bmatrix} X_M \\ Y_M \\ Z_M \\ 1 \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (4)$$

其中初始条件有两种获取方法：一种为基于 4 个顶点坐标的几何计算（在每个图像帧中独立，但结果不稳定），另一种为使用先前图像帧中的信息（结构稳定，但无法用于第一帧）

(5) 背景视频流与虚拟物体渲染

通过 OpenGL 在对应位置渲染虚拟物体。

2.1.2. 设备应用场景

AR 使用的显示器设备主要有三种类型：头戴式显示器（HMD）、手持式显示器和空间显示器^[2]。本研究针对的应用场景为基于网页视频流的手持式显示器。其设备要求具有摄像头，并使用支持 WebGL 和 WebRTC 的浏览器。

2.2. WebAR 开发框架

本系统使用 AR.js 进行网页端 AR 的开发，使用 Vue 框架进行前端开发，Django 框架进行后端开发，PostgreSQL 数据库进行数据储存。

AR.js 是一个基于 WebAR 的开源库，由 Jerome Etienne 开发，旨在支持各种标记追踪和位置基准的 AR 体验，适用于任何具有 webgl 和 webrtc 的移动设备。它可以识别和跟踪不同类型的标记，包括方形标记和自然特征跟踪(NFT, Natrual Feature Tracking) 标记，并在这些标记上渲染虚拟内容。AR.js 还支持基于地理空间坐标的 AR，使开发人员能够在现实世界中定位虚拟对象^[14]。

该框架中整合了主流的前端 3D 框架 A-Frame 和 Three.js。它们基于 WebGL 技术，提供了丰富的功能和效果，可用于构建复杂的 3D 场景和对象，支持灯光、阴影、纹理映射等功能，同时具有良好的性能和跨平台兼容性。

3. 系统分析与设计

3.1. 自然特征跟踪与匹配

为基于自然特征的三维跟踪注册实现 AR,本研究采用使用计算机视觉中经典的 SIFT (Scale-invariant feature transform) 算法进行自然特征跟踪与匹配,即为将预训练标志物与视频流中的关键帧进行匹配后追踪的过程^[15]。匹配步骤采用欧几里得距离下的近邻距离比检验^[16]。对于两个特征向量组 {P1}、{P2},其某两个特征向量 P1(i) 与 P1(j) 的欧式距离为:

$$d(P1(i), P2(j)) = \sqrt{\sum_{t=0}^n (P1(i, t) - P2(j, t))^2} \quad (5)$$

针对某描述向量 $P1(s)$ 的近邻距离比检验过程为:

$$R = d(P1(s), P2(t)) / d(P1(s), P2(u)) \quad (6)$$
$$c = 1 - R \quad (c \in [0,1])$$

其中 P2(t) 为 {P2} 中距 P1(s) 欧几里得距离最小的向量,而 P2(u) 为 {P2} 中距离 P1(s) 欧几里得距离第二小的向量。c 为匹配置信度,本研究将其阈值设定为 0.2,即当置信度 c 大于或等于 0.2 时,我们认为特征向量 P1(s) 与 P2(t) 对应的特征点匹配成功。

在实际应用场景中,同一设备的图片帧位深相同,作为标记的自然图片和视频流中实时获取图片帧的分辨率差异对渲染效果产生了较大的干扰。为达到 AR 渲染效果最大化,本研究首先对同一张标记自然图片进行了等距的像素缩放,产生了图片像素宽 100px 至 2000px 共 20 张一组的图片序列,仿真不同分辨率镜头投影到理想屏幕上的显示效果。



果。

图 3 实验图片序列

此后针对该图片序列用 SIFT 进行了特征提取，并分别作为标记图片与作为测试图片的剩余图片完成了 20×20 共 400 组匹配。

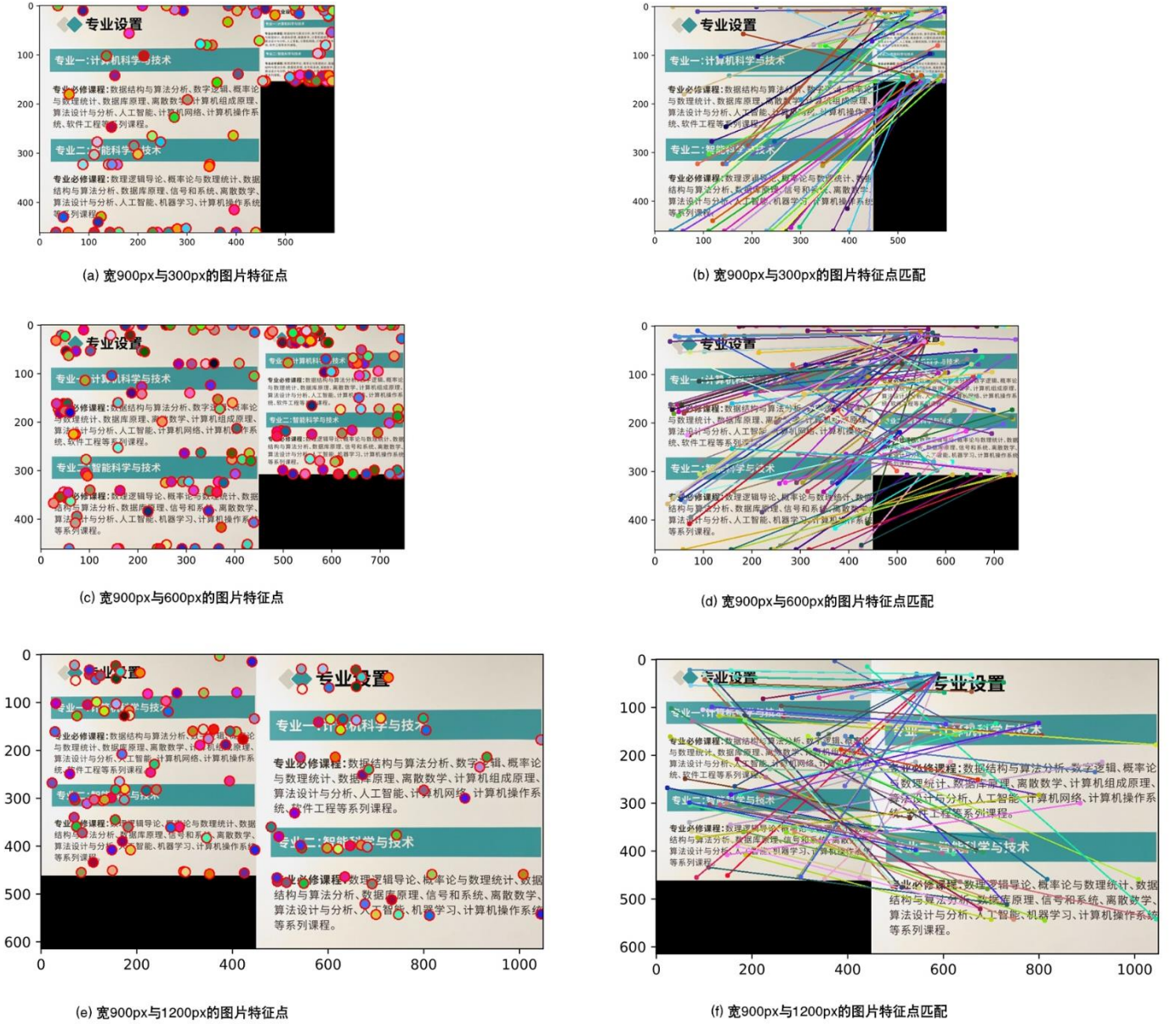


图 4 实验图片特征提取与匹配

为评估匹配效果，给定图片组 $\{I_{0,1,2,\dots}\}$ 中某标记图片 I_1 (其特征向量组为 $\{PI_1\}$)，测试图片 I_2 (特征向量组为 $\{PI_2\}$)，本研究定义匹配率 θ 如下：

$$\theta(I_1, I_2) = |match(I_1, I_2)| \times mean(c(PI_1, PI_2)) \quad (7)$$

其中 $match(I_1, I_2)$ 为匹配成功的特征点集， $c(PI_1, PI_2)$ 为两组特征向量匹配的置信度数组，包含所有匹配成功的特征向量的置信度。

本实验对 10 张不同的图片进行了相同测试，其实验结果平均值如图 5 所示：

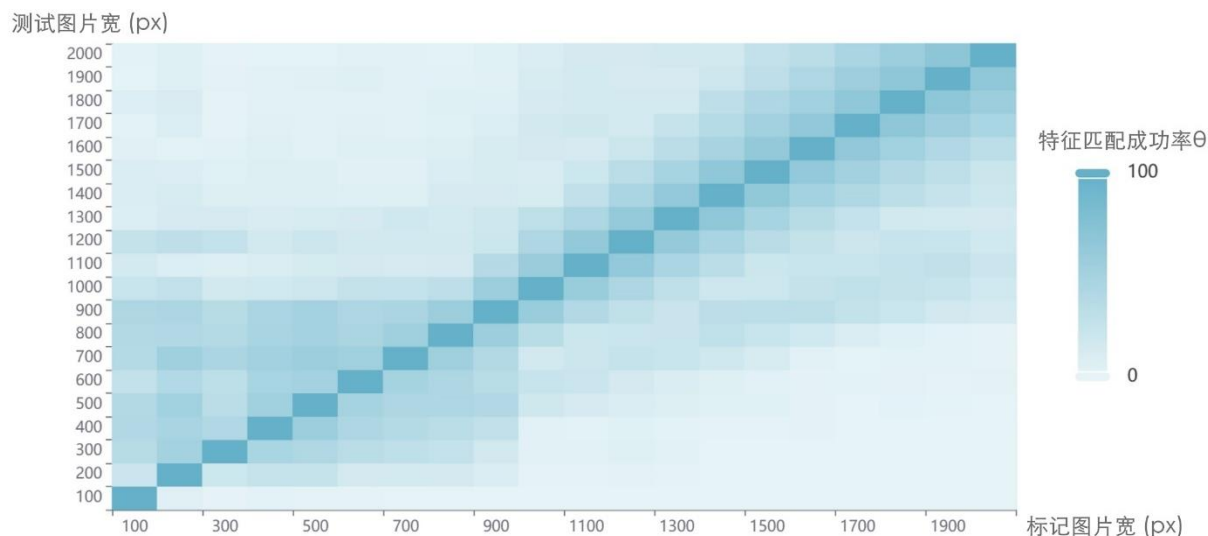


图 5 图片序列匹配率热力图

从中可以明显发现标记图片像素与测试图片像素越接近，自然特征匹配效果越好。同时标记图片像素宽从 900px 增加到 1000px 时，对低像素测试图片的匹配效果出现了明显的断层。

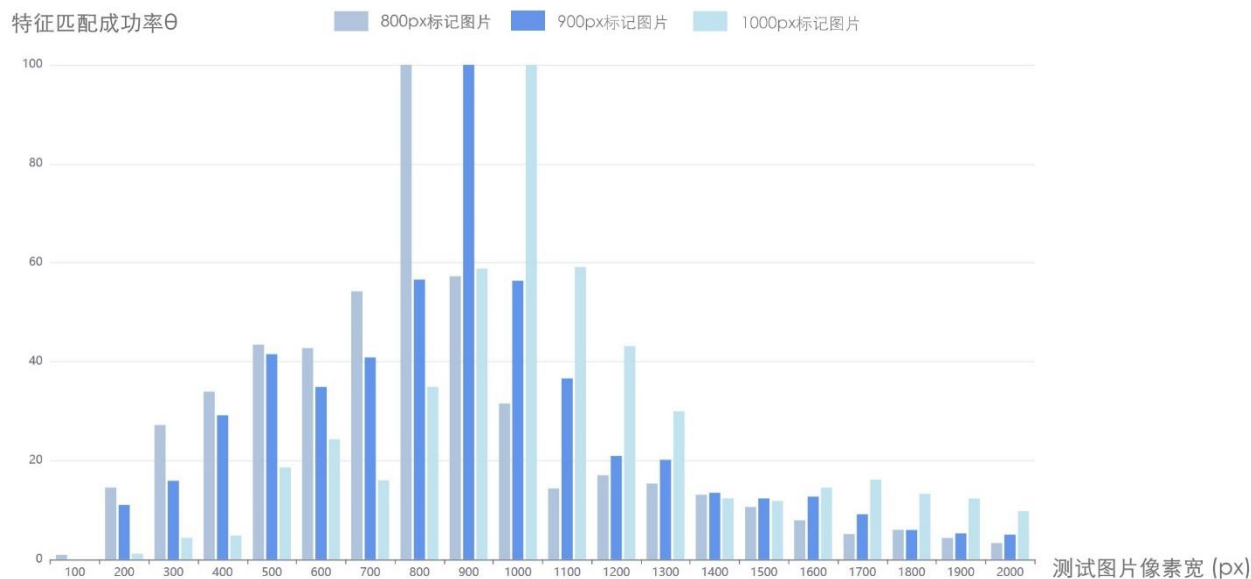


图 6 不同分辨率标记图片与测试图片特征匹配成功率

考虑图片打印质量、实际视频流中图片分辨率受镜头分辨率、距离目标距离、浏览器限制等因素的影响，选取标记图片的原则应是：最大化提取特征点与特征向量的同时保持对低像素目标的匹配准确度。故本系统将默认把用户指定的标记图片转换为 900px 数量级后生成特征描述集，以保证在大多数应用场景下较好的 AR 渲染效果。

3.2. 系统功能分析

3.2.1. 功能性需求分析

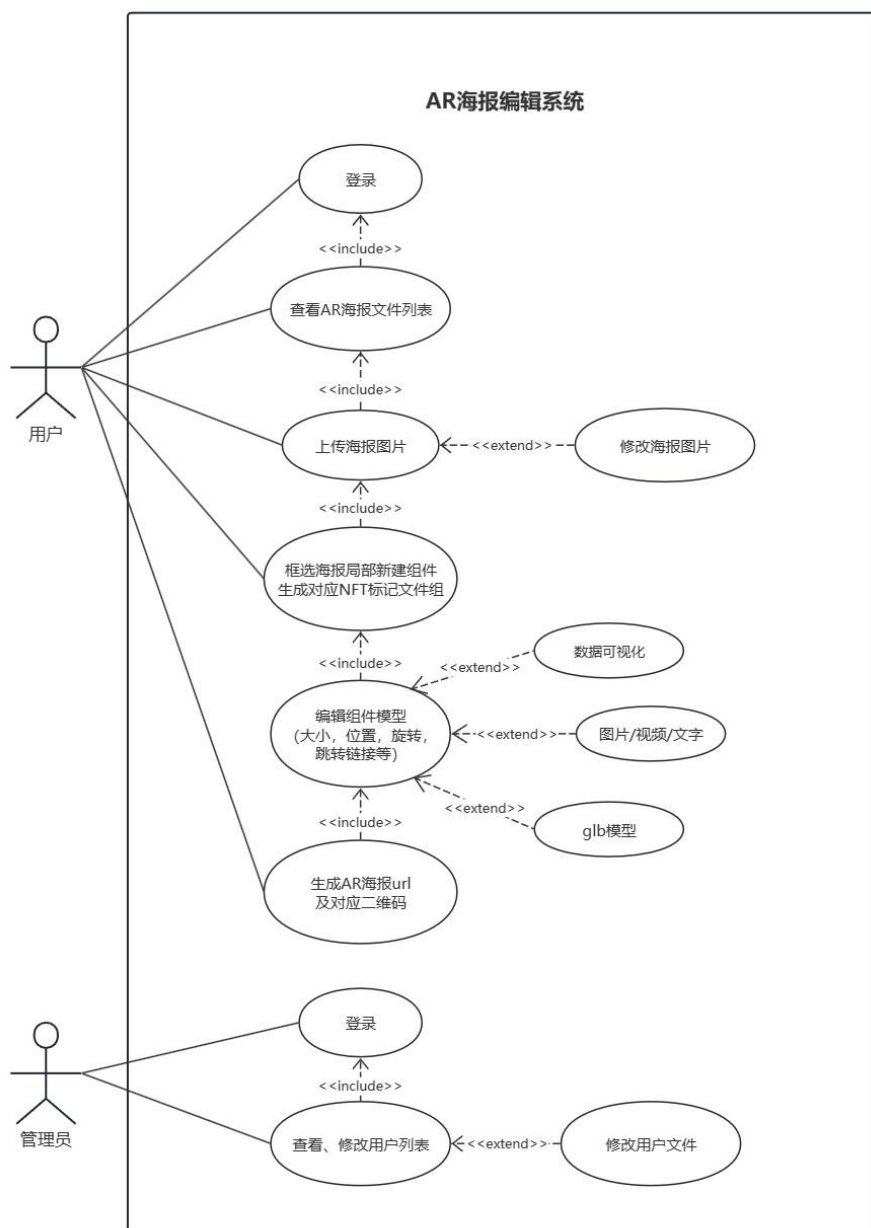


图 7 系统用例图

系统用例图^[17]如上图所示，包含以下功能性需求：

- (1) 用户注册登录：注册为用户并登录 AR 海报系统，并对密码等个人信息进行增删改查。
- (2) AR 海报项目管理：查看当前用户的 AR 海报项目文件列表，并进行增删改查
- (3) AR 海报项目编辑：上传/修改海报图片；通过框选新建子组件及对应标记文件；选择子组件增删改查对应的 3D 模型（包括 glb 模型，数据可视化，图

片，视频，文字)；实时预览海报效果

(4) AR 海报生成：生成对应到海报页 url 的二维码，移动设备扫码跳转，授权相机权限后查看 AR 海报效果

(5) 管理员用户和数据库：管理员端登录并修改用户信息和数据库内容

3.2.2. 非功能性需求分析

基于系统需求，本研究非功能性需求如下表所示：

表 1 非功能性需求表^[18]

需求	内容
安全性	用户权限管理，数据库管理，云储存的应用等必须确保系统数据的安全性；进行 ip 高频访问限制防止攻击
可靠性	文件及组件的误删恢复，系统出错时用缓存确保容错，保持系统故障率在 5%以下
性能需求	页面间跳转时间<1s，海报预览时标记文件的加载<5s
可维护性与可拓展性	开发过程中保证模块化，组件可复用性和缺陷易分析性
易用性	确保学习操作的低门槛，防御用户的错误操作

3.3. 系统架构设计

本研究采用经典的 Web 三层结构，前端视图层通过 axios 请求与控制层 RESTful 接口交互传输数据，而业务逻辑层对来自用户端和持久层的数据进行业务处理^[19,20]。

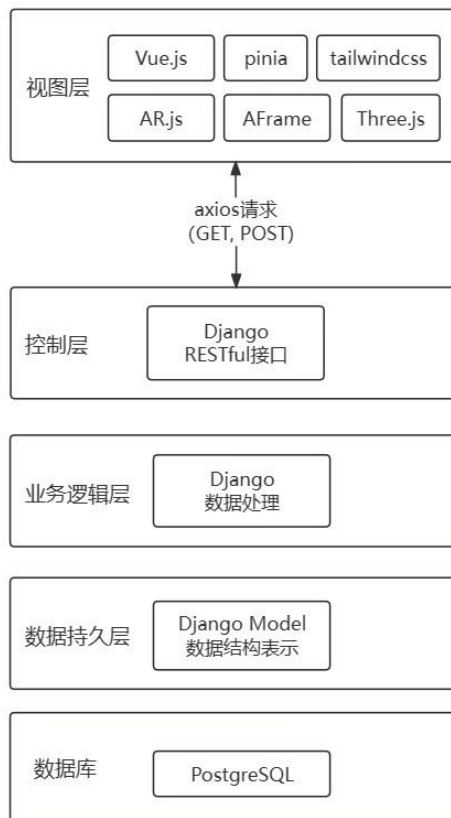


图 8 系统全栈框架

4. 系统实现

4.1. 后端

4.1.1. 数据库设计与实现

本研究使用 PostgreSQL 关系型数据库^[21]，除用户管理表项外，核心业务逻辑表项为 projects, components, models，具体数据类型和表间约束如下图所示：



图9 数据库设计

4.1.2. 业务逻辑与接口设计

本研究业务逻辑层中的核心业务流程图如图 10 所示，包含从标记图片选取、生成 NFT 标记文件、编辑对应组件、提交生成 AR 海报四个步骤。

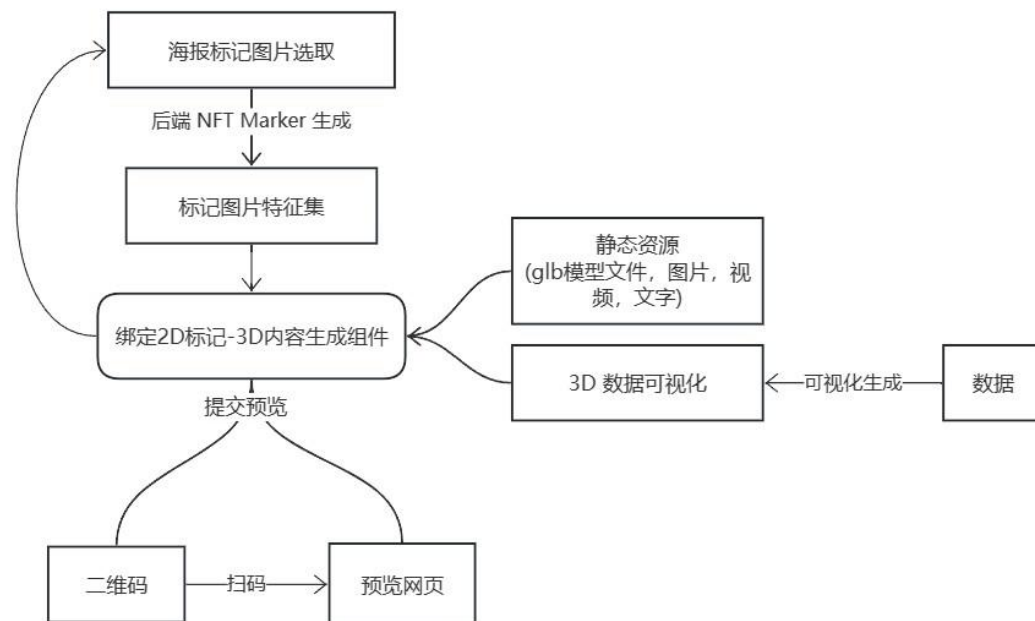


图 10 核心业务逻辑

而控制层中，后端对应的 RESTful 接口设计^[22]的核心部分如表 2 所示，包含项目、组件、模型的增删查改。

表 2 RESTful 接口设计表

URL	作用	方法	请求参数	响应
/projects/new	新建项目	POST	uid (integer): 用户 ID name (string): 项目名称	成功: {code:200, data: "success"} 失败: {code:201, data: "报错信息"}
/projects/edit	编辑项目	POST	pid (integer): 项目 ID url (string): 海报 URL width (number): 海报宽度 height (number): 海报高度 qr_url (string): 二维码	成功: {code:200, data: "success"} 失败: {code:201, data: "报错信息"}
/components/new	新建组件	POST	name (string): 组件名称 pid (integer): 项目 ID url (string): 组件 URL position_x (number): X 轴位置 position_y (number): Y 轴位置 width (number): 组件宽度 height (number): 组件高度	成功: {code:200, data: "success"} 失败: {code:201, data: "报错信息"}
/components/list	组件列表	GET	id (integer): 项目 ID	成功: {code:200, data: }

				Array<Component> 失败: {code:201, data: "报错信息" }
/models/new	新建模型	POST	component_id (integer): 组件 ID name (string): 模型名称 type (integer): 模型类型 data (string): 数据 model_url (string): 模型 URL image_url (string): 图片 URL video_url (string): 视频 URL text (string): 文本内容 scale (array): XYZ 轴方向缩放比例	成功: {code:200, data: "success"} 失败: {code:201, data: "报错信息" }
/models/edit	编辑模型	POST	id(number): 模型 ID name (string): 模型名称 type (integer): 模型类型 data (string): 数据 model_url (string): 模型 URL image_url (string): 图片 URL video_url (string): 视频 URL text (string): 文本内容 scale (array): XYZ 轴方向缩放比例	成功: {code:200, data: "success"} 失败: {code:201, data: "报错信息" }
/models/list	模型列表	GET	id (integer): 组件 ID	成功: {code:200, data: "success"} 失败: {code:201, data: "报错信息" }

4. 2. 前端

4. 2. 1. 路由与页面设计

(1) 页面路由设计



本研究采用对象 id 动态路由匹配的方法简化路由设计，从登录/注册页、到项目列表页、项目编辑页、海报预览页，路由设计拓扑图呈现简单的单向线性。

图 11 页面路由设计

(2) 页面原型图设计

本系统的页面原型图设计使用了设计工具 Mastergo，串联了前端用户逻辑，其概览如下图所示：



图 12 页面原型图

4.2.2. 页面功能展示

(1) 用户注册登录界面

该页面为本系统首页，用户可进行注册和登录，跳转加载对应项目文件列表。

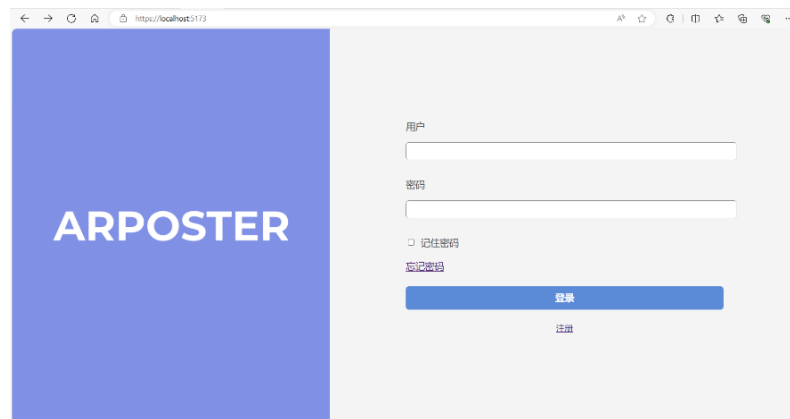


图 13 用户登录界面

(2) 项目管理界面

展示当前登录用户所有的 AR 海报项目（含海报平面图，项目名称及海报尺寸），并提供相应的增删改查功能。点击目标海报即跳转进入项目编辑界面。

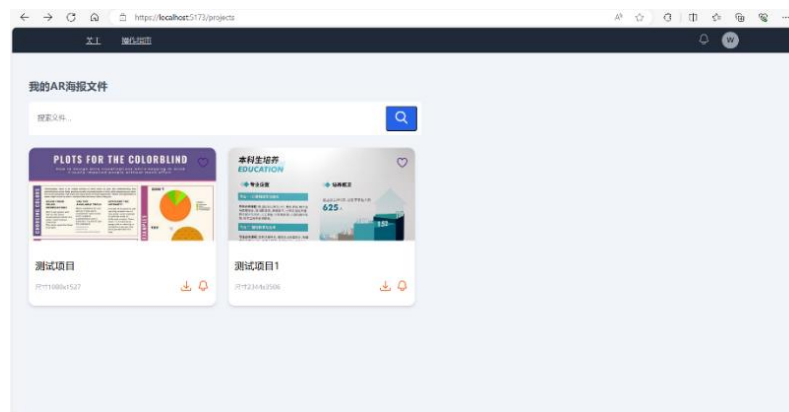


图 14 AR 海报项目列表

(3) 项目编辑界面

该界面分为左侧、中央、右侧三个面板，其交互功能列举如下：



图 15 项目编辑界面

① 左侧面板

上半部分支持上传或更新海报源文件缩略图，并可通过框选指定区域新建组件作为 AR 识别底图。下半部分为当前海报文件中的组件列表，单击鼠标左键选中组件。

② 中央面板

预览海报及所有 AR 模型在用户摄像头场景中的布局，选中的组件将被标红，可通过按住鼠标左键拖拽旋转整个场景的视图。

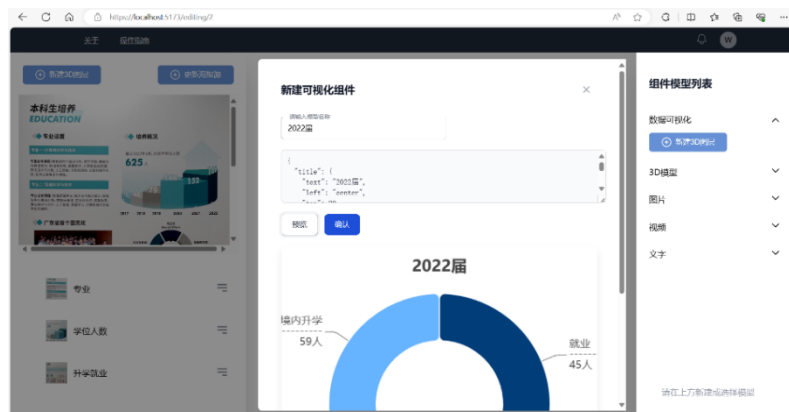


图 16 新建可视化组件

③ 右侧面板

上半部分展示左侧面板当前选中组件（即海报预览模型中标红的组件）对应的模型列表，如图 16 所示，分为数据可视化模块、3D 模型、图片、视频、文字五个模块。

其中数据可视化模型使用 Echarts 实现，通过用户输入 options 渲染并预览图表。3D 模型、图片、视频通过文件上传进行模型添加与预览，文字模型通过文字输入实现模型添加与渲染。

所有模型类型均支持缩放、旋转、位置、透明度、点击超链接编辑，修改右下方调整面板的数值将会实时更新后端数据库数据并在中央的 3D 预览页面展示。



图 17 编辑组件

5. 系统测试与用例展示

本研究以 2022 年南方科技大学计算机系宣传系列海报为例，基于开发的 AR 海报编辑系统进行了海报设计和制作测试。

测试用例选取了本科生培养成果海报中的“专业设置”“培养概况”“升学就业”三个标记部分进行了 AR 部分的设计和实现，使得任意移动端用户扫码打开对应网页，即可查看海报信息模块的 AR 效果，进行高浓度的、拓展后的信息获取和交互体验。

用例的核心步骤如下：

（1）截取源图片并生成标记文件

标记文件生成过程中，由于用户源图片处理器存在差异，而图片文件大小由分辨率和位深共同决定^[23]，对于分辨率相同的不同图片，其文件大小对自然标记特征集文件的生成时间存在影响。实验对此进行了探究，发现影响呈线性递增，当源文件过大时将严重影响用户体验，如图 18 所示。

（2）添加 3D 组件

本用例包括图片、g1b 模型、数据可视化 3 类组件：

- ① 以韦恩图展示计算机科学与技术及智能科学技术的培养方案课程设置并绑定链接（点击跳转至培养方案页面）
- ② 以 3D 柱状图展示截至 2023 年的本科生培养结果
- ③ 以饼状图展示实现了 2022 届和 2023 届本科生毕业去向并绑定链接（点击跳转至对应公众号推文）。

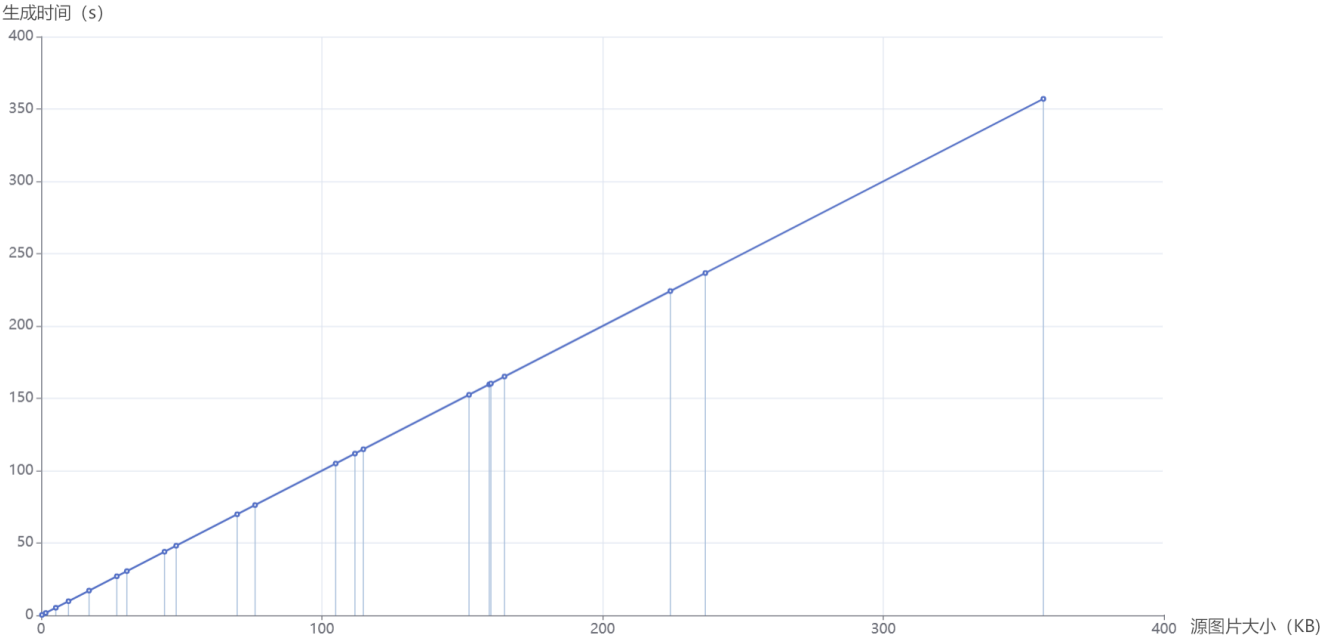


图 18 标记文件生成速率与源图片大小相关性

(3) 生成二维码与界面预览

页面渲染瓶颈为标记文件加载过程，该三个组件与四个 3D 模型的页面渲染时间的箱线图如下，平均值约为 4.6 秒，符合系统设计章节的性能需求。

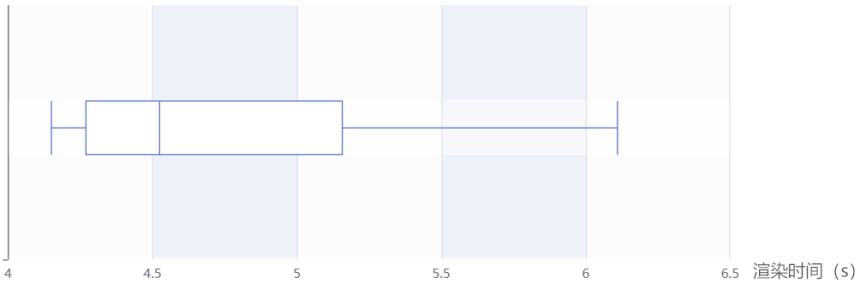


图 19 预览界面渲染时间

而实际 AR 效果由抖动频率评估，实际自然图片在理想屏幕的分辨率宽度对抖动频率的影响如图 20 所示，其趋势符合第四章系统设计章节关于标记图片分辨率和测试图片分辨率对自然特征匹配准确率的影响，即图片屏幕宽在 500px 至 900px 附近时 AR 效果最佳。而图片屏幕宽为 500px 时效果更佳的可能原因是实际设备算力有限，限制了匹配高分辨率标志物时的渲染帧率。

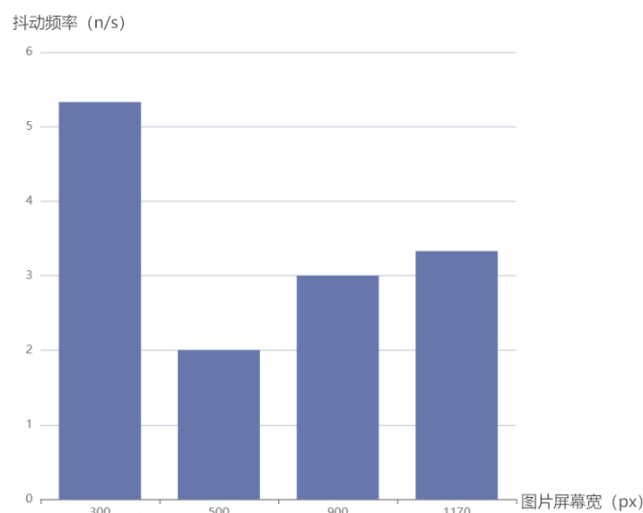


图 20 图片屏幕宽与抖动频率

本用例在实际应用场景中的显示效果如下，在授权相机和运动检测后，海报预览页面的点击事件以蓝色光晕涟漪提供反馈：

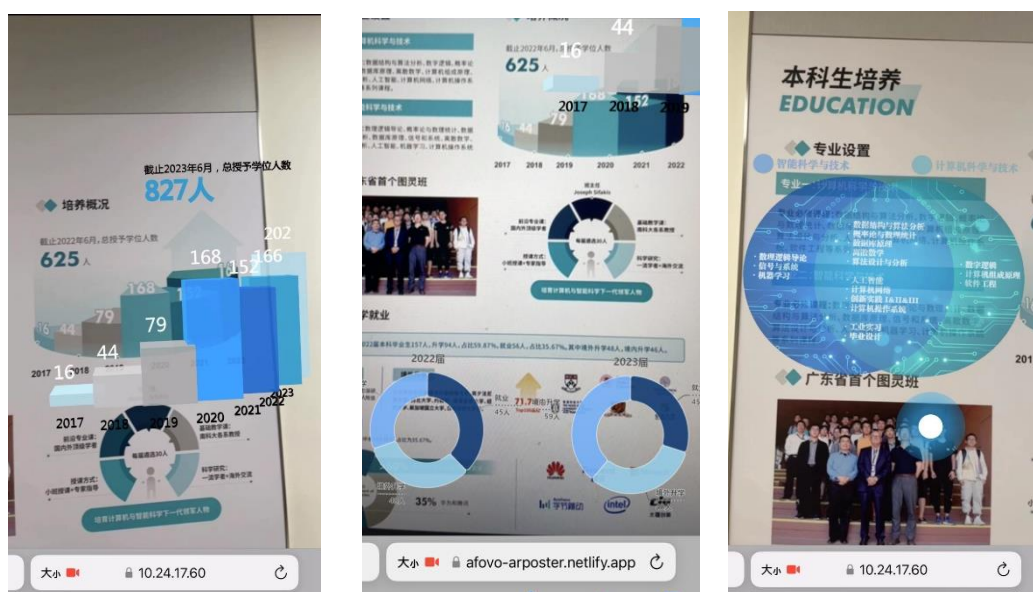


图 21 样例显示效果

如图所示，本样例以半透明 3D 柱状图增加了 2023 年学位授予人数信息，可随 AR 视角进行旋转变换，同时不遮挡原有的 2022 年学位授予信息；在“升学就业”模块的文字基础上，本用例以 AR 视图中的两个饼状图展示实现了 2022 届、2023 届本科生的毕业去向，点击对应年份的饼状图后即可跳转到对应的公众号的推文页面；在“专业设置”模块，本用例以韦恩图详细展示了计算机科学与技术与智能科学与工程技术的培养方案课程设置，点击后即可跳转至培养方案页面。

为评估海报 AR 应用使用的实际效果，本项目邀请了 20 位学生进行了体验并收集了短语文字反馈，其词云图如下：

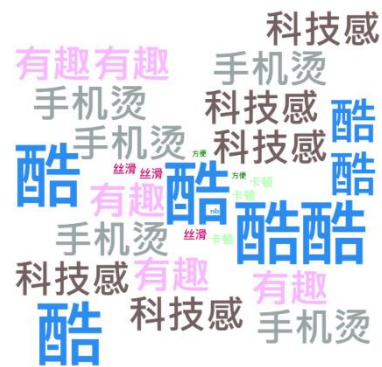


图 22 用户反馈词云

可知本系统能有效地拓展包含海报在内的 2D 媒体，大大增加了其信息密度，在 AR 空间提供了良好的高交互性的用户体验，但与此同时也存在卡顿问题和设备要求较高等局限性。

6. 总结与展望

本文提出了一种基于 Web 的可视化 AR 海报编辑应用，旨在解决当前移动平台 AR 应用的跨平台性问题和较高的开发门槛。通过结合传统 AR 技术和网页开发技术，本研究成功实现了一种低门槛、高度定制、丰富交互的 AR 海报编辑工具。该工具不仅降低了 AR 内容创作的技术门槛，还提供了灵活的自定义功能，使用户能够根据实际需求进行内容编辑。

通过多组标记图片实验，本研究探索出了图片像素和渲染效果之间的峰值对应关系，为应用的进一步优化提供了重要参考。这些实验结果表明，不同分辨率和位深的图片在生成标记文件时，对生成时间和渲染效果存在显著影响。基于此，本项目调整了系统的图片处理和渲染机制，以确保在不同设备和网络环境下均能提供流畅的用户体验。

本应用以南方科技大学计算机系宣传系列海报为样例进行展示，为用户提供了全新的数字体验和视觉享受。用户通过移动端可以体验到 3D 柱状图、饼状图和韦恩图等丰富的 AR 内容，这些内容不仅增强了信息的可视化效果，还增加了交互性，用户可以通过点击跳转到详细页面，获取更多相关信息。

然而在实际运用和反馈中，本研究发现系统仍存在较多的不足之处：

1. 系统稳定性：在高负载或处理高分辨率图片时，系统偶尔会出现卡顿或响应缓慢的问题，需要进一步优化性能。
2. 功能多样性：目前系统提供的 AR 组件和模板较为有限，尚不能满足所有用户的多样化需求。
3. 用户引导：对于初次使用者，系统的操作流程和界面设计可能存在一定的学习曲线，需要增加用户引导和帮助文档。
4. 跨平台性能：虽然系统旨在解决跨平台问题，但在不同设备和浏览器上的兼容性和性能仍需进一步验证和优化。

针对上述不足和未来的发展方向，本研究提出以下展望：

1. 性能优化：继续优化系统的图片处理和渲染机制，提升系统在高负载下的稳定性和响应速度，确保在各种设备和网络环境下都能提供流畅的用户体验。
2. 功能扩展：增加更多的 AR 组件和模板，满足用户的多样化需求。尤其是在教育、商业和娱乐等不同领域，提供定制化的解决方案。
3. 智能化引导：通过引入智能引导系统和交互式教程，帮助用户快速上手，提高用户操作的便利性和系统的易用性。

4. 跨平台优化：加强对不同设备和浏览器的兼容性测试和优化，确保系统在各种终端上的一致性和高效性能。

5. 用户反馈机制：建立完善的用户反馈机制，通过收集用户的使用体验和意见，不断改进和完善系统功能，提升用户满意度。

6. 多元化应用场景：探索更多元化的应用场景，如智能城市导览、文化遗产展示和虚拟教育等领域，扩展 AR 技术的应用范围和影响力。

在虚拟现实技术和元宇宙概念的迅速发展背景下，本文提出的基于 Web 的可视化 AR 海报编辑应用将为用户带来更加便捷、丰富的 AR 体验。未来，本研究将继续致力于技术创新和功能扩展，推动 AR 技术的普及和应用，为用户提供更优质的数字体验和交互方式。

参考文献

- [1] MILGRAM, P., & KISHINO, A. F. Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays[J]. IEICE Transactions on Information Systems, 1994, 77(12): 1321–1329.
- [2] QIAO, X., REN, P., DUSTDAR, S., LIU, L., MA, H., & CHEN, J. Web AR: A Promising Future for Mobile Augmented Reality—State of the Art, Challenges, and Insights[J]. Proceedings of the IEEE, 2019, 107(4): 651-666.
- [3] BOZYER, Z. Augmented Reality in Sports: Today and Tomorrow[J]. International Journal of Sport Culture and Science, 2015, 3(Special Issue 4): 314-325.
- [4] LEUE, M. C., JUNG, T., & TOM DIECK, D. Google Glass Augmented Reality: Generic Learning Outcomes for Art Galleries[C]. Information and Communication Technologies in Tourism 2015. Springer International Publishing, 2015: 357-369.
- [5] VOINEA, G.-D., et al. Exploring Cultural Heritage Using Augmented Reality Through Google's Project Tango and ARCore[C]. VR Technologies in Cultural Heritage: First International Conference, VRTCH 2018. Springer International Publishing, 2019: 38-47.
- [6] CHONG, Y., et al. Going Forward with Pokemon Go[J]. Journal of Emergencies, Trauma, and Shock, 2018, 11(4): 243-246.
- [7] CHEN, Z., TONG, W., WANG, Q., BACH, B., & QU, H. Augmenting Static Visualizations with PapARVis Designer[C]. Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '20). Association for Computing Machinery, 2020: 1–12.
- [8] PERMANA, H., KHOTIMAH, S. H., MULIYATI, D., & BAKRI, F. Augmented Reality in Poster: Introduce Sir Isaac Newton in the Study of Mechanics[C]. AIP Conference Proceedings, 2021, 2320(1): 020021.
- [9] YEW, A. Y. C., MORSIDI, H. M., & CHAN, J. H. Augmented Reality Project Poster: Using Mobile Augmented Reality Application to Enhance Project Poster[C]. Proceedings of the 11th International Conference on Advances in Information Technology (IAIT '20). Association for Computing Machinery, 2020: 45-52.
- [10] DENG, W., & WU, Y. Application Research of AR (Augmented Reality) Technology in Creative Interaction of Poster Design[C]. Proceedings of the 6th International Conference on Arts, Design and Contemporary Education (ICADCE 2020). 2021: 683-687.
- [11] CARMIGNIANI, J., & FURHT, B. Augmented Reality: An Overview[M]. B. Furht (Ed.), Handbook of Augmented Reality. Springer, 2011: 3-46.

- [12] KATO, H., & BILLINGHURST, M. Marker Tracking and HMD Calibration for a Video-Based Augmented Reality Conferencing System[C]. Proceedings of the 2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality (IWAR '99). IEEE, 1999: 85-94.
- [13] VIAL, F. Natural Point Feature Tracking of a Textured Plane: A Realtime Augmented Reality Application[R]. Human Interface Laboratory New Zealand, 2003.
- [14] AR.js[OL]. Retrieved from <https://ar-js-org.github.io/AR.js-Docs/>.
- [15] YANG, N. A Method for Improving Matching Efficiency of SIFT Features[J]. China Mechanical Engineering, 2012, 23(11): 1297.
- [16] MENDES JÚNIOR, P. R., DE SOUZA, R. M., & WERNECK, R. d. O. Nearest Neighbors Distance Ratio Open-Set Classifier[J]. Machine Learning, 2017, 106: 359–386.
- [17] FAITELSON, D., & TYSZBEROWICZ, S. UML Diagram Refinement (Focusing on Class-and Use Case Diagrams)[C]. Proceedings of the 39th International Conference on Software Engineering (ICSE '17). IEEE, 2017: 419-429.
- [18] CHUNG, L., et al. Non-Functional Requirements in Software Engineering[M]. Springer Science & Business Media, 2012.
- [19] 谢晓伟, 包琦. 基于 Django 与 Vue 的农产品质量追溯管理平台[J]. 电子技术与软件工程, 2022, 12: 246-249.
- [20] 王兆媛. 基于 Django 框架的图书管理系统的设计与实现[D]. 吉林大学硕士论文, 2016.
- [21] DOUGLAS, K., & DOUGLAS, S. PostgreSQL: A Comprehensive Guide to Building, Programming, and Administering PostgreSQL Databases[M]. SAMS Publishing, 2003.
- [22] RICHARDSON, L., & RUBY, S. RESTful Web Services[M]. O'Reilly Media, Inc., 2008.
- [23] MÅNSSON, L. G. Methods for the Evaluation of Image Quality: A Review[J]. Radiation Protection Dosimetry, 2000, 90(1-2): 89-99.

致谢

感谢南科大计算机科学与工程系的培养，感谢我的学术导师马昱欣老师温暖专业的引导和支持，也感谢所有在讲台上下发光的、面对我这样鲁莽青涩的本科生也如此耐心的老师们，感谢大学四年一起熬夜的过命之交的队友们，感谢所有我爱的和爱我的朋友们、我的家人们。在南科大四年的成长远不只是任何几行文字能概括的，至此只有感恩。无论如何我都愿意作为坚定的人本主义者和这个世界共情，探索自己，关怀人类。

未来见。