

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

(پلی تکنیک تهران)

دانشکده مهندسی کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی

عنوان

طراحی و پیاده سازی فروشگاه عینک با استفاده از واقعیت افزوده سه بعدی

نگارش: علی انصاری

استاد راهنما: دکتر علیرضا باقری

اسفند ماه ۱۴۰۲

اینجانب علی انصاری متعهد می‌شوم که مطالب مندرج در این پایان‌نامه حاصل کار پژوهشی این‌جانب تحت نظارت و راهنمایی اساتید دانشگاه صنعتی امیرکبیر بوده و به دستاوردهای دیگران که در این پژوهش از آن‌ها استفاده شده است مطابق مقررات و روال متعارف ارجاع و در فهرست منابع و مآخذ ذکر گردیده است. این پایان‌نامه قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم‌سطح یا بالاتر ارائه نگردیده است.

در صورت اثبات تخلف در هر زمان، مدرک تحصیلی صادر شده توسط دانشگاه از درجه اعتبار ساقط بوده و دانشگاه حق پیگیری قانونی خواهد داشت.

کلیه نتایج و حقوق حاصل از این پایان‌نامه متعلق به دانشگاه صنعتی امیرکبیر است. هرگونه استفاده از نتایج علمی و عملی، واگذاری اطلاعات به دیگران یا چاپ و تکثیر، نسخه‌برداری، ترجمه و اقتباس از این پایان‌نامه بدون موافقت کتبی دانشگاه صنعتی امیرکبیر ممنوع است.

نقل مطالب با ذکر مآخذ بلامانع است.

علی انصاری

امضا

چکیده

امروزه، در ایران سامانه‌های فروش اینترنتی بسیار زیادی پیاده‌سازی شده است که خرید را برای همه مردم راحت‌تر و سریع‌تر کرده است. علی‌رغم این پیشرفت‌ها، مردم در خرید برخی کالاها به ویژه پوشاک ترجیح می‌دهند تا از روش خرید سنتی استفاده کنند، چرا که از کیفیت و اندازه کالا نمی‌توانند به صورت اینترنتی اطمینان حاصل کنند. کشورهای پیشرفته‌تر و شرکت‌های قدرتمند در حوزه فروش آنلاین، با استفاده از واقعیت افزوده این مشکل را برطرف کرده‌اند و به کاربر این امکان را می‌دهند تا پوشاک را به صورت مجازی پوشیده و سپس اقدام به خرید نمایند.

یکی از کالاهایی که می‌تواند با استفاده از واقعیت افزوده، کاملاً به صورت اینترنتی خریداری شود، عینک است. در این پایان‌نامه مراحل طراحی و پیاده‌سازی یک سامانه اینترنتی فروشگاه عینک با استفاده از واقعیت افزوده سه‌بعدی مورد بررسی قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی

فروشگاه اینترنتی، عینک، واقعیت افزوده سه‌بعدی، ری-اکت، جنگو

فهرست عناوین

چکیده	۴
فصل اول: مقدمه و شرح پروژه	۷
مقدمه	۹
کارهای مشابه	۱۰
شرح دقیق پروژه	۱۱
روش پیاده‌سازی نرم‌افزار	۱۲
بخش‌های سامانه	۱۲
فصل دوم: ابزارها و تجهیزات مورد نیاز	۱۴
نرم‌افزار فیگما	۱۵
کتابخانه تری دات جی‌اس	۱۶
مدل شبکه چهره مدیایایپ	۱۷
معرفی شبکه چهره مدیایایپ	۱۷
نحوه کارکرد شبکه عصبی عمیق مدل	۱۷
چهارچوب ری-اکت، کتابخانه‌ها و تجهیزات	۱۹
چهارچوب جنگو، کتابخانه‌ها و تجهیزات	۲۱
فصل سوم: طراحی و پیاده‌سازی	۲۳
طراحی	۲۴
مدل فرایند آبشاری	۲۴
پیاده‌سازی	۲۹
صفحه اصلی	۳۱
صفحه اطلاعات عینک	۳۲
صفحه جستجوی عینک	۳۵
صفحه سبد خرید	۳۶

۳۷	صفحات ساخت حساب کاربری، ورود و اطلاعات کاربری
۴۱	فصل چهارم: ارزیابی
۴۲	معرفی آزمون نرم افزار
۴۲	آزمون محتوا
۴۳	آزمون سازگاری
۴۳	آزمون واحد
۴۳	آزمون یکپارچگی
۴۴	آزمون قابل استفاده بودن
۴۵	ارزیابی واقعیت افزوده سه بعدی
۴۷	فصل پنجم: جمع بندی و کارهای آینده
۴۸	جمع بندی
۴۸	کارهای آینده
۴۹	مراجع

فهرست تصاویر

تصویر ۱ - نمونه عملکرد واقعیت افزوده سه بعدی ری-بن	۱۱
تصویر ۲- معماری مدل بلیزفیس	۱۸
تصویر ۳- نمودار آمار استفاده از عینک و لنز در سنین مختلف در سال ۲۰۲۳	۲۶
تصویر ۴ - نمودار فعالیت	۲۷
تصویر ۵ - نمودار مورد کاربرد	۲۷
تصویر ۶- نمودار کلاس	۲۸
تصویر ۷ - عملکرد کتابخانه تری دات جی اس در تشخیص اجزای چهره	۲۹
تصویر ۸- نمونه مدل سه بعدی عینک	۳۰
تصویر ۹ - صفحه اصلی در نمایش دسکتاپ	۳۱
تصویر ۱۰ - صفحه اصلی در نمایش تلفن همراه	۳۱
تصویر ۱۱- ای پی آی اطلاعات عینک	۳۲
تصویر ۱۲- صفحه عینک در نمایش تلفن همراه	۳۳
تصویر ۱۳- صفحه عینک در نمایش دسکتاپ، واقعیت افزوده سه بعدی	۳۳
تصویر ۱۴ - صفحه عینک در نمایش تلفن همراه، واقعیت افزوده سه بعدی	۳۴
تصویر ۱۵- صفحه عینک در نمایش دسکتاپ، قسمت پیشنهاد عینک	۳۴
تصویر ۱۶ - ای پی آی جستجو	۳۵
تصویر ۱۷ - نمونه نتایج صفحه جستجو	۳۵
تصویر ۱۸- صفحه سبد خرید	۳۶
تصویر ۱۹- ای پی آی ساخت کاربر جدید	۳۷
تصویر ۲۰- صفحه ساخت حساب کاربری در نمایش تلفن همراه	۳۸
تصویر ۲۱- نمونه نتیجه درخواست ورود به حساب کاربری	۳۹
تصویر ۲۲- صفحه ورود به حساب کاربری	۳۹
تصویر ۲۳ - صفحه نمایش اطلاعات کاربر	۴۰
تصویر ۲۴ - ذخیره توکن در حافظه داخلی	۴۰

فصل اول: مقدمه و شرح پروژه

در گذشته، خریداران برای تهیه محصولات مورد نیاز خود، مجبور بودند زمان و انرژی زیادی را صرف رفتن به فروشگاه‌های سنتی کنند. این فعالیت می‌توانست یک روز کامل را اشغال کند و باعث ایجاد استرس، اضطراب و خستگی شود. با رشد جمعیت، ترافیک شهری، کارهای اداری و کمبود وقت، خرید از فروشگاه‌های سنتی به یک چالش بزرگ برای خریداران تبدیل شد. اما امروزه با پیشرفت فناوری و ایجاد فروشگاه‌های اینترنتی، خرید آنلاین به یک راه حل جذاب برای خریداران تبدیل شده است. این فروشگاه‌ها، علاوه بر اینکه فرآیند خرید را تسریع می‌کنند، گزینه‌های متنوع‌تری را در کمترین زمان ممکن در اختیار مشتریان قرار می‌دهند که به کاربران اجازه می‌دهد تا خرید خود را به صورت هوشمندانه‌تر و با دقت بیشتری انجام دهند.

خرید اینترنتی، با وجود مزایا و فواید آن، معایبی نیز دارد که ممکن است باعث ایجاد عدم اطمینان در مشتریان شود و ترجیح دهند تا به روش سنتی خرید برخی کالاها را انجام دهند. یکی از مهم‌ترین مشکلات خرید اینترنتی، عدم قابلیت مشاهده مستقیم کیفیت کالا و تنها اعتماد به تصاویر و توضیحات آن است. همچنین، عدم همسویی نظرات کاربران نیز می‌تواند باعث افزایش نگرانی‌ها و عدم اطمینان در مشتریان شود [۱].

مشکل دوم که مردم را به روش سنتی خرید در فروشگاه‌های فیزیکی ترغیب می‌کند، عدم توانایی امتحان کردن پوشاک است. بدون اینکه مشتریان بتوانند پوشاک را امتحان کنند، احتمال بروز مشکلات در اندازه، جنس و سبک پوشاک وجود دارد که ممکن است منجر به برگشت کالا و هزینه اضافی برای فروشگاه و نارضایتی مشتریان شود.

به طور خلاصه، علیرغم توسعه و پیشرفت فروشگاه‌های آنلاین، مشکلات مذکور باعث می‌شود که برخی افراد هنوز روش سنتی خرید را برای بعضی از کالاها ترجیح دهند. حل این مشکلات و افزایش اعتماد مشتریان به خرید آنلاین، بهبود فرآیند خرید آنلاین و افزایش شفافیت در اطلاعات و نظرات مشتریان نسبت به کالاها و خدمات، ضروری است.

در دنیای امروز که فروشگاه‌های اینترنتی گسترش انبوهی در جهان داشته‌اند، ارائه تجربه‌ای مطلوب و جذاب برای خریداران از اهمیت بالایی برخوردار است. یکی از روش‌هایی که می‌تواند به این هدف کمک کند، استفاده از تکنولوژی واقعیت افزوده^۱ است. واقعیت افزوده اطلاعات دیجیتال را بر روی تصاویر واقعی اضافه می‌کند و به کاربران امکان مشاهده و تعامل با محیط اطراف خود را می‌دهد [۲].

^۱ Augmented Reality

این تکنولوژی می‌تواند در زمینه‌های مختلفی مانند آموزش، سرگرمی، پزشکی و تجارت کاربرد داشته باشد [۳]. یکی از زمینه‌هایی که واقعیت افزوده می‌تواند تأثیر مثبتی داشته باشد، تجربه خرید آنلاین است. با استفاده از این تکنولوژی، مشتریان می‌توانند محصولات را به صورت سه بعدی و از زوایای مختلف مشاهده کنند و با محیط و همچنین خودشان هماهنگ کنند. این امر می‌تواند به افزایش اطمینان و رضایت مشتریان از خرید خود کمک کند و همچنین باعث کاهش هزینه‌های مربوط به بازگشت محصولات شود [۴].

شرکتهای بزرگ و قدرتمند تجاری، امروزه از این تکنولوژی به عنوان یک ابزار برای جذب و حفظ مشتریان و ایجاد تفاوت نسبت به رقبا استفاده می‌کنند. برخی از نمونه‌هایی از کاربردهای واقعیت افزوده در فروشگاه‌های اینترنتی عبارتند از: امکان امتحان کردن لباس، کفش، عینک و زیورآلات بر روی خود مشتریان (مانند فروشگاه‌های زارا^۲، نایکی^۳، ری-بن^۴ و پرادا^۵)، امکان مشاهده اثاثیه و لوازم خانگی در محل مورد نظر مشتریان (مانند فروشگاه‌های ایکیا^۶ و آمازون^۷)، امکان مشاهده جزئیات و ویژگی‌های محصولات مانند خودرو، موبایل و کتاب (مانند فروشگاه‌های بی ام^۸ و سامسونگ^۹) [۵].

به طور خلاصه، واقعیت افزوده یک تکنولوژی نوآورانه و مؤثر است که میتواند تجربه خرید آنلاین را بهبود بخشد و به شرکت‌های تجاری کمک کند تا مشتریان را جذب و راضی نگه دارند. این تکنولوژی امکان نمایش سه‌بعدی و واقع‌گرایانه محصولات را فراهم می‌کند و به مشتریان کمک می‌کند تا تصمیمات خود را با اطلاعات دقیق‌تر و بهتری اتخاذ کنند.

کارهای مشابه

همانطور که در بخش مقدمه بیان شد، امروزه بسیاری از فروشگاه‌ها و برندهای مطرح جهان از واقعیت‌افزوده برای جلب خاطر مشتری استفاده می‌کنند. اما پس از جستجوهای فراوان، متأسفانه در کشور ما تاکنون پروژه‌ای مشابه در حوزه فروش عینک پیاده‌سازی نشده است و اغلب فروشگاه‌های اینترنتی با اجازه بردن پنج عینک مجزا به درب منزل فرد و انتخاب از بین یکی از آن‌ها، تا حدی امکان انتخاب و عدم بازگشت کالا را کاهش می‌دهند.

^۲ Zara

^۳ Nike

^۴ Ray Ban

^۵ Prada

^۶ IKEA

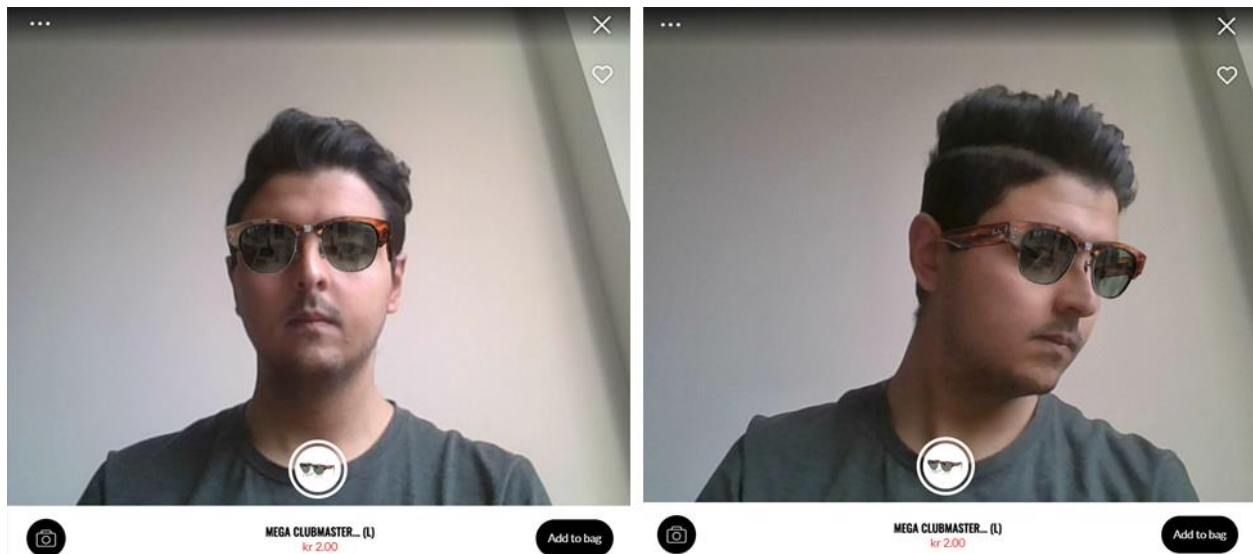
^۷ Amazon

^۸ BMW

^۹ Samsung

مطمئننا توسعه و پیاده‌سازی یک فروشگاه عینک با استفاده از واقعیت افزوده سه‌بعدی می‌تواند تاثیر اساسی و شگرفی در حوزه خرید آنلاین عینک داشته باشد.

پس از بررسی دقیق سامانه‌های فروش کارخانه‌های ساخت عینک ری-بن و پرادا، یافتیم که واقعیت‌افزوده این سامانه‌ها کیفیت بسیار خوبی را ارائه می‌دهند و حتی کوچک‌ترین جزئیات مانند پیاده‌سازی بازگشت تصویر در عینک فرد را نیز انجام داده‌اند. در مقابل، مهم‌ترین نقطه ضعفی که می‌توان در این سامانه‌ها مشاهده کرد، عدم تغییر و نمایش اندازه دقیق عینک است. اندازه عینک‌های پیاده‌سازی شده ثابت هستند و همچنین دسته‌های عینک در صورت‌های با ابعاد بزرگ‌تر تغییری نمی‌کنند که با واقعیت می‌تواند فاصله داشته باشد. در تصویر زیر نمونه‌ای از پیاده‌سازی واقعیت افزوده سه‌بعدی در وبسایت ری-بن نمایش داده شده است.



تصویر ۱ - نمونه عملکرد واقعیت افزوده سه‌بعدی ری-بن

شرح دقیق پروژه

در این پروژه قصد داریم یک فروشگاه عینک را پیاده‌سازی کنیم که با استفاده از واقعیت افزوده سه‌بعدی، این تجربه را به کاربر بدهد تا عینک را بر روی صورت خود مشاهده و سپس تصمیم به خریداری آن بگیرد.

روش پیاده‌سازی نرم‌افزار

مراحل دقیق پیاده‌سازی به شرح زیر می‌باشد:

- طراحی رابط کاربری^{۱۰} در سامانه فیگما^{۱۱}.
- طراحی و برنامه‌نویسی واقعیت‌افزوده سه‌بعدی
- آماده‌سازی پایگاه داده عینک‌ها
- طراحی بخش فرانت-اند^{۱۲}
- طراحی بخش بک-اند^{۱۳}
- ارزیابی سامانه

بخش‌های سامانه

در این پروژه با الگو گرفتن از سایت‌های فروش عینک خارجی به خصوص ری-بن سعی شد تا سامانه‌ای مشابه پیاده‌سازی شود که با تمرکز ویژه بر قسمت واقعیت‌افزوده سه‌بعدی، یک وب‌سایت با ظاهری شکیل و کارکرد درست نیز اجرا شود.

بخش‌های سامانه پیاده‌سازی شده عبارتند از:

- صفحه اصلی: این بخش اولین صفحه‌ای است که کاربر با آن مواجه می‌شود. در این صفحه جدیدترین عینک‌ها و برندهای موجود در سایت و تبلیغات آن‌ها به نمایش گذاشته می‌شود.
- صفحه نمایش عینک: در این بخش، کاربر اطلاعات و عکس عینک را مشاهده می‌کند و امکان این را دارد که در صورت تمایل آن را به صورت واقعیت‌افزوده سه‌بعدی بر چهره خود امتحان کند و سپس خرید کند. همچنین سه عینک که بر اساس انتخاب این عینک است به وی پیشنهاد می‌شود که از آن‌ها نیز بازدید کند.
- صفحه جستجو: در این بخش، کاربر با جستجوی عبارت مدنظر خود، عینک‌هایی که می‌تواند خریداری کند را مشاهده می‌کند.

^{۱۰} User Interface

^{۱۱} Figma

^{۱۲} Front-end

^{۱۳} Back-end

- صفحه سبد خرید: در این بخش، کاربر خریدهای خود را مشاهده می‌کند و در صورت تمایل آن‌ها را حذف می‌کند و در نهایت خرید خود را نهایی می‌کند.
- صفحه کاربر: در این صفحه، کاربر خریدهای خود و همچنین اطلاعات خود را مشاهده می‌کند و می‌تواند تغییر دهد.

فصل دوم: ابزارها و تجهیزات مورد نیاز

نرم افزار فیگما

فیگما یک نرم افزار طراحی دیجیتال و نمونه سازی است که با استفاده از آن می توان سایت ها، برنامه ها یا اجزای کوچک تر رابط کاربری را طراحی کرد. فیگما یک نرم افزار مبتنی بر وب است که در مرورگر اجرا می شود و امکان همکاری و طراحی مشارکتی را نیز می دهد. فیگما دارای ویژگی های کاربردی و منحصر به فردی مانند سیستم های طراحی و افزونه های متنوع است. این سامانه یکی از پرفرودارترین و قدرتمندترین نرم افزارهای طراحی رابط کاربری است که توسط شرکت های بزرگی مانند دراپ باکس^{۱۴}، مایکروسافت^{۱۵} و زوم^{۱۶} استفاده می شود [۶]. فیگما از مزایای زیادی برخوردار است که آن را از سایر نرم افزارهای طراحی متمایز می کند. برخی از این مزایا عبارتند از:

- امکان طراحی در مرورگر: فیگما بدون نیاز به نصب هیچ نرم افزاری، امکان طراحی در مرورگر را فراهم می کند. این امر باعث می شود که فرد توانایی دسترسی به طراحی ها را از هر دستگاهی که به اینترنت متصل است، داشته باشد و همچنین مشکلاتی مانند سازگاری و به روزرسانی نرم افزارها نداشته باشد.
- امکان همکاری و طراحی مشارکتی: فیگما امکان طراحی رابط کاربری به صورت تیمی و زنده و همزمان را می دهد تا نظرات و بازخوردها به راحتی به اشتراک گذاشته شوند. مشاهده تغییرات به صورت زمان واقعی^{۱۷}، ابزارهایی مانند چت، نظرسنجی، نشانگر و کامنت از امکانات این سامانه است. این امکان کمک می کند که سرعت و کیفیت کار افزایش یافته و با سایر طراحان، توسعه دهندگان و مشتریان ارتباط راحت تری برقرار شود.
- امکان استفاده از سیستم های طراحی: فیگما امکان طراحی، ایجاد، مدیریت و به روزرسانی سیستم های مختلف را فراهم می کند. سیستم های طراحی مجموعه ای از قواعد، المان ها و الگوهای طراحی هستند که هدف آن ها طراحی های یکنواخت، سازگار و قابل توسعه است. فیگما ابزارهایی مانند کامپوننت^{۱۸}، استایل^{۱۹}، وریانت^{۲۰} و کتابخانه را در اختیار طراح قرار می دهد تا کار راحت تری در پیاده سازی داشته باشد.

^{۱۴} Drop Box

^{۱۵} Microsoft

^{۱۶} Zoom

^{۱۷} Real-time

^{۱۸} Component

^{۱۹} Style

^{۲۰} Variant

- امکان استفاده از افزونه‌های متنوع: فیگما افزونه‌های متنوعی را که توسط جامعه طراحان طراحی شده‌اند، را در اختیار کاربران قرار می‌دهد. این افزونه‌ها کارهایی مانند تولید محتوا، ایجاد نمودار، انجام آزمون کاربری، انتقال فایل و انجام تحلیل رنگ را برای طراح راحت‌تر می‌کند.

کتابخانه تری دات جی‌اس^{۲۱}

کتابخانه تری دات جی‌اس یک کتابخانه به زبان جاوا اسکریپت است که برای ایجاد و نمایش گرافیک‌های سه‌بعدی در مرورگرهای وب استفاده می‌شود. این کتابخانه از تکنولوژی وب جی‌ال^{۲۲} بهره می‌گیرد که امکان استفاده از امکانات کارت گرافیکی کامپیوتر در مرورگر را فراهم می‌کند. با استفاده از کتابخانه تری دات جی‌اس، می‌توان اشیای سه‌بعدی، صحنه‌ها، نورها، سایه‌ها، بافت‌ها، انیمیشن‌ها و افکت‌های ویژه را به راحتی ایجاد و کنترل کرد [۷].

کتابخانه تری در سال ۲۰۱۰ توسط ریکاردو کابیو^{۲۳} به عنوان یک پروژه متن‌باز شروع شد و از آن زمان توسط جامعه برنامه‌نویسان بزرگی پشتیبانی و توسعه داده می‌شود. کتابخانه تری از محبوبترین و قدرتمندترین کتابخانه‌های جاوا اسکریپت برای طراحی گرافیک‌های سه‌بعدی است که توسط شرکت‌های بزرگی مانند گوگل، مایکروسافت، ناسا^{۲۴} و موزیلا^{۲۵} استفاده می‌شود.

سادگی و قابل فهم بودن این کتابخانه با استفاده از تنها یک ای‌پی‌ای ساده، به توسعه‌دهندگان امکان می‌دهد که کدهای خود را به صورت شی‌گرا و ماژولار بنویسند و از امکانات جاوا اسکریپت مانند حلقه‌ها، شرط‌ها و توابع استفاده کنند. همچنین دیگر مزیت این کتابخانه سرعت بسیار بالای آن در رندر^{۲۶} کردن تصاویر با کیفیت بالا است. این کتابخانه با استفاده از مکانیزم وب جی‌ال که یک ای‌پی‌ای سطح پایین است، تغییرات گرافیکی را به صورت کارآمد و سریع در مرورگر اعمال می‌کند. کتابخانه تری فقط قسمت‌هایی از صحنه که تغییر کرده‌اند را بروزرسانی می‌کند و از انجام عملیات‌های اضافی جلوگیری می‌کند. در این پروژه من با استفاده از یک ای‌پی‌ای این کتابخانه که صورت فرد را تشخیص می‌دهد و سپس آن را دنبال می‌کند، قسمت واقعیت‌افزوده سه‌بعدی را پیاده‌سازی کردم.

^{۲۱} THREE.js

^{۲۲} Web GL

^{۲۳} Ricardo Cabello

^{۲۴} Nasa

^{۲۵} Moozila

^{۲۶} Render

مدل شبکه چهره مدیا پایپ^{۲۷}

معرفی شبکه چهره مدیا پایپ

مدل شبکه صورت مدیا پایپ، به صورت زمان واقعی ۴۶۸ نقطه سه بعدی صورت را حتی بر روی تلفن همراه نیز شناسایی می کند. این مدل از یادگیری ماشین برای استنتاج سطح سه بعدی صورت استفاده می کند و بدون نیاز به سنسور عمق اختصاصی، تنها با ورودی یک دوربین کار می کند. با استفاده از معماری های مدل سبک^{۲۸} همراه با شتاب دهنده کارت گرافیک^{۲۹} در طول فرآیند، این مدل عملکرد زمان واقعی را ارائه می دهد که برای تجربیات واقعیت افزوده امری حیاتی است [۸].

علاوه بر این، این مدل همراه با مازول تبدیل چهره^{۳۰} ارائه شده است که پلی بین تخمین نقاط قابل استفاده چهره و برنامه های واقعیت افزوده زمان واقعی است. این مازول یک فضای سه بعدی متریک ایجاد می کند و از موقعیت های صفحه نمایش، نقاط قابل استفاده صورت را برای بازسازی یک تبدیل صورت در آن فضا استفاده می کند. داده تبدیل چهره شامل اشکال سه بعدی معمول، یک ماتریس تبدیل جهت صورت و یک شبکه سه بعدی مثلثی است. در زیر این سطح، یک روش تجزیه و تحلیل آماری سبک به نام تحلیل پروکروستس^{۳۱} برای پیاده سازی یک منطق قوی و قابل حمل استفاده می شود. این تجزیه و تحلیل بر روی پردازنده اجرا می شود و دارای یک اثر حداقلی بر سرعت و حافظه مدل یادگیری ماشین است.

نحوه کارکرد شبکه عصبی عمیق مدل

در قسمت یادگیری ماشین این کتابخانه، از دو مدل شبکه عصبی عمیق واقعی زمانی استفاده می شود که همزمان باهم کار می کنند: یک تشخیص دهنده که بر روی تصویر کامل عمل می کند و مکان های صورت را محاسبه می کند و یک مدل نشانگر سه بعدی صورت که بر روی این مکان ها عمل می کند و سطح تقریبی سه بعدی را از طریق رگرسیون پیش بینی می کند. داشتن صورت به طور دقیق برش زده شده، نیاز به افزایش داده های متداول مانند تبدیل های آفین^{۳۲} که شامل چرخش ها، ترجمه ها و تغییرات مقیاس هستند را به شدت

^{۲۷} MediaPipe Face Mesh

^{۲۸} Lightweight Architecture

^{۲۹} GPU

^{۳۰} Face Transform

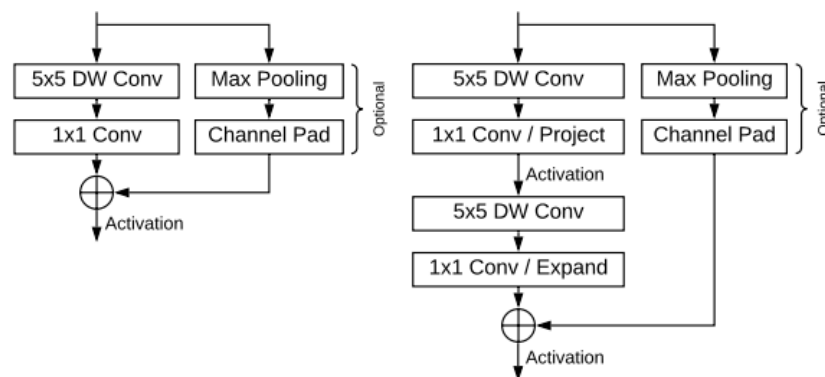
^{۳۱} Procrustes Analysis

^{۳۲} Affine

کاهش می‌دهد. به جای آن، این کار به شبکه اجازه می‌دهد که بیشتر ظرفیت خود را به سمت دقت پیش‌بینی مختصات اختصاص دهد. در ادامه این دو بخش مدل به صورت جزئی‌تر توضیح داده خواهد شد:

۱. **تشخیص‌دهنده چهره:** این تشخیص چهره، با پیدا کردن ۶ نقطه عطف در صورت کار می‌کند و همچنین توانایی پشتیبانی از چند چهره را دارا است. این مدل بر اساس مقاله بلیزفیس^{۳۳} است که یک تشخیص دهنده چهره سبک و با کارایی بالا است که برای استنتاج پردازنده گرافیکی موبایل طراحی شده است. عملکرد فوق‌العاده سریع این تشخیص‌دهنده امکان می‌دهد که در هر تجربه نمایشگر زنده‌ای که نیاز به یک منطقه علاقه دقیق از چهره به عنوان ورودی برای مدل‌های خاص وظیفه‌ای دارد، مانند تخمین نقطه کلیدی سه‌بعدی چهره، طبقه‌بندی ویژگی‌ها یا بیان چهره و تقسیم‌بندی منطقه چهره، استفاده شود.

بلیزفیس از یک شبکه استخراج ویژگی سبک استفاده می‌کند که الهام گرفته از مدل معروف موبایل‌نت^{۳۴} است [۹]. تصویر زیر معماری مدل بلیزفیس را نمایش می‌دهد. یک کانولوشن عمقی ۳×۳ از یک شبکه ۱۲۸×۵۶×۵۶ زمان ۰.۰۷ میلی‌ثانیه را بر روی آیفون ایکس می‌گیرد، در حالی که کانولوشن ۱×۱ از یک شبکه ۱۲۸×۱۲۸، ۴.۳ برابر کندتر با زمان ۰.۳ میلی‌ثانیه است. این به این معنی است که افزایش اندازه هسته بخش عمقی نسبتاً ارزان است. بنابراین نویسندگان پیشنهاد می‌کنند که کانولوشن عمقی ۳×۳ را با کانولوشن عمقی ۵×۵ جایگزین کنند، که باعث می‌شود مدل کم‌عمق‌تر شود و فرآیند را سریع‌تر کند.



تصویر ۲- معماری مدل بلیزفیس

^{۳۳} BlazeFace

^{۳۴} MobileNet

۲. تشخیص دهنده نقاط چهره: برای نشانگرهای سب‌بعدی چهره از یادگیری انتقالی^{۳۵} استفاده شده است و یک شبکه مجزا با هدف پیش‌بینی همزمان مختصات نشانگرهای سب‌بعدی بر روی داده‌های تصویری مصنوعی و سپس پیش‌بینی بر روی داده‌های واقعی برچسب‌گذاری شده، تمرین^{۳۶} داده شده است. شبکه حاصل، پیش‌بینی‌های منطقی از نشانگرهای سب‌بعدی را نه تنها بر روی داده‌های مصنوعی بلکه بر روی داده‌های واقعی نیز ارائه می‌دهد.

شبکه نشانگر سب‌بعدی به عنوان ورودی یک فریم ویدئویی برش زده شده بدون ورودی عمق اضافی دریافت می‌کند. مدل خروجی موقعیت نقاط سب‌بعدی را به همراه احتمال حضور و هم‌ترازی مناسب چهره در ورودی ارائه می‌دهد. یک روش جایگزین رایج این است که برای هر نشانگر یک نقشه دوبعدی حرارتی پیش‌بینی شود، اما این روش قابل انعطاف برای پیش‌بینی عمق نیست و هزینه‌های محاسباتی بالایی برای تعداد زیادی از نقاط دارد. این مقاله دقت و پایداری مدل خود را با تصحیح تکراری پیش‌بینی‌ها افزایش داده است [۱۰].

چهارچوب^{۳۷} ری-اکت^{۳۸}، کتابخانه‌ها و تجهیزات

چهارچوب ری-اکت یک کتابخانه از زبان جاوا اسکریپت^{۳۹} است که برای ساخت رابط کاربری تعاملی و پویا برای وب‌سایت‌ها و همچنین تلفن همراه استفاده می‌شود. ری-اکت از مفهوم کامپوننت‌ها استفاده می‌کند که به توسعه‌دهندگان امکان می‌دهد که رابط کاربری را به قسمت‌های کوچک‌تر و مجزا تقسیم کنند و از آن‌ها در جاهای مختلف به صورت مجدد استفاده کنند. ری-اکت همچنین از یک مکانیزم به نام دام مجازی^{۴۰} استفاده می‌کند که باعث می‌شود که تغییرات رابط کاربری به صورت کارآمد و سریع در مرورگر اعمال شوند. ری-اکت در سال ۲۰۱۳ توسط فیسبوک (متا) به عنوان یک پروژه متن‌باز^{۴۱} منتشر شد و از آن زمان توسط جامعه برنامه نویسان پشتیبانی و توسعه داده می‌شود. ری-اکت از محبوب‌ترین و قدرتمندترین کتابخانه‌های

^{۳۵} Transfer Learning

^{۳۶} Train

^{۳۷} Framework

^{۳۸} React

^{۳۹} Javascript

^{۴۰} Virtual DOM

^{۴۱} Open source

جاوا اسکریپت برای طراحی فرانت-اند است که توسط شرکت های بزرگی مانند اینستاگرام^{۴۲}، نتفلیکس^{۴۳}، توییتر^{۴۴} و زوم استفاده می شود. ری-اکت دارای مزایا و ویژگی های بسیاری نسبت به سایر کتابخانه ها و چهارچوب های جاوا اسکریپت است. برخی از این مزایا و ویژگی ها عبارتند از:

- سادگی و قابل فهم بودن: ری-اکت با استفاده از یک زبان شبیه به اچ تی ام ال^{۴۵} به نام جی اس ایکس^{۴۶} به توسعه دهندگان امکان می دهد که کدهای خود را به صورت ساده و قابل فهم بنویسند و از امکانات جاوا اسکریپت مانند حلقه ها، شرط ها و توابع استفاده کنند.
 - کارایی و سرعت: ری-اکت با استفاده از مکانیزم دام مجازی که یک نسخه سبک و حافظه ای از دام^{۴۷} واقعی است، تغییرات رابط کاربری را به صورت کارآمد و سریع در مرورگر اعمال می کند. ری-اکت فقط قسمت هایی از دامین را که تغییر کرده اند را بروزرسانی می کند و از انجام عملیات های اضافی جلوگیری می کند.
 - قابلیت استفاده مجدد: ری-اکت با استفاده از مفهوم کامپوننت ها به توسعه دهندگان امکان می دهد که رابط کاربری را به قسمت های کوچکتر و مجزا تقسیم کنند و از آن ها در جاهای مختلف به صورت مجدد استفاده کنند. این امر باعث می شود که کدها تمیزتر، مدیریت پذیرتر و قابل توسعه تر باشند.
 - امکان استفاده از افزونه های متنوع: ری-اکت به توسعه دهندگان امکان استفاده از افزونه های متنوعی که توسط جامعه برنامه نویسان ساخته شده اند را می دهد. این افزونه ها به توسعه دهندگان کمک می کنند که کارهایی مانند تولید محتوا، ایجاد نمودار، انجام آزمون کاربری، انتقال فایل و انجام تحلیل رنگ را به راحتی انجام دهند. توسعه دهندگان می توانند از فروشگاه افزونه های ری-اکت به راحتی افزونه های مورد نیاز خود را پیدا کنند و نصب کنند.
- در نهایت، می توان گفت ری-اکت دارای مزایا و ویژگی های بسیاری نسبت به سایر کتابخانه ها و چهارچوب های جاوا اسکریپت است که آن را به یک انتخاب مناسب برای توسعه دهندگان فرانت-اند تبدیل کرده است.

^{۴۲} Instagram

^{۴۳} Netflix

^{۴۴} Twitter

^{۴۵} HTML

^{۴۶} JSX

^{۴۷} Document Object Model

چهارچوب جنگو^{۴۸}، کتابخانه‌ها و تجهیزات

معرفی جنگو

جنگو یکی از فریم ورک‌های مبتنی بر وب و سطح بالا در پایتون است که مبتنی بر معماری اموی تی^{۴۹} می‌باشد. جنگو یک چارچوب رایگان و متن‌باز است، اسناد زیادی دارد و برای برنامه نویسان با تجربه، نقطه امنی در توسعه اپلیکیشن‌های مبتنی بر وب محسوب می‌شود. جنگو توسط آدرین هولوتی^{۵۰} و سایمون ویلیسون^{۵۱} توسعه‌دهندگانی که در روزنامه لارنس ژورنال ورلد^{۵۲} کانزاس کار می‌کردند، طراحی شد. در آن زمان، آدریان و سایمون با زبان پی‌اچ‌پی^{۵۳} کدنویسی می‌کردند، اما از آنجایی که وب‌سایت آن‌ها نیاز به به‌روزرسانی سریع داشت و رسیدن به ددلاین‌ها دشوار بود. آدریان و سایمون به چارچوبی نیاز داشتند که بتوانند به سرعت وب‌سایت را با آن بسازند. آن وقت بود که آن‌ها تصمیم گرفتند از پایتون استفاده کنند. بعدها، آن‌ها شروع به کار بر روی جنگو کردند تا کدنویسی را ساده‌تر و مؤثرتر کنند. در سال ۲۰۰۵، جنگو به عنوان یک پروژه‌ی متن‌باز به صورت عمومی منتشر شد. زمانی که جامعه جنگو شکل گرفت، توسعه‌ی آن آغاز شد و تعداد وب‌سایت‌هایی که از جنگو استفاده می‌کردند به سرعت افزایش یافت. برخی از بهترین برنامه‌های ساخته‌شده با جنگو عبارت‌اند از اینستاگرام، یوتوب، اسپاتیفای^{۵۴} و پینترست^{۵۵}. امروزه، جامعه‌ی جنگو بیش از ۱۱۰۰۰ توسعه‌دهنده از ۱۶۶ کشور را با یکدیگر متحد کرده است.

جنگو با استفاده از مکانیزم درای^{۵۶} (خودت را تکرار نکن!) که به توسعه‌دهندگان کمک می‌کند که کدهای تکراری و اضافی را حذف کنند، فرایند توسعه برنامه‌ها را سریع‌تر و کارآمدتر می‌کند. همچنین، جنگو دارای یک لایه انتزاعی داده‌ها^{۵۷} است که به توسعه‌دهندگان امکان می‌دهد که با پایگاه داده‌های مختلف با استفاده از یک زبان مشترک کار کنند.

^{۴۸} Django

^{۴۹} MVT (Model View Template)

^{۵۰} Adrian Holovaty

^{۵۱} Simon Willison

^{۵۲} Lawrence Journal World

^{۵۳} PHP

^{۵۴} Spotify

^{۵۵} Pinterest

^{۵۶} DRY (Don't Repeat Yourself)

^{۵۷} ORM (Object-relational mapping)

پایگاه داده در جنگو

پایگاه داده در چارچوب جنگو یکی از اجزای اصلی و حیاتی برای ذخیره و مدیریت داده‌ها در برنامه‌های وب است. همانطور که گفته شد، جنگو از لایه انتزاعی داده‌ها برای ارتباط با پایگاه داده استفاده می‌کند که به توسعه‌دهندگان این امکان را می‌دهد که با استفاده از شی‌گرایی، به داده‌های پایگاه داده دسترسی پیدا کنند.

در جنگو، تعریف مدل‌ها به عنوان نقطه شروع برای ایجاد پایگاه داده است. مدل‌ها در جنگو به شکل کلاس‌های پایتون تعریف می‌شوند و هر مدل معادل یک جدول در پایگاه داده است و هر ویژگی یک مدل، معادل یک ستون در جدول است و نوع ویژگی مشخص می‌کند که نوع داده‌های ستون چیست. همچنین می‌توان برای هر ویژگی پارامترهایی را تعیین کرد که محدودیت‌ها و الزامات مربوط به آن ویژگی را مشخص می‌کنند. تعریف فیلدها و روابط بین مدل‌ها در کلاس‌های مدل، به جنگو اجازه می‌دهد که به صورت خودکار جداول مرتبط را در پایگاه داده ایجاد کند [۱۱].

پس از تعریف مدل‌ها، جنگو از ابزار میگریشن^{۵۸} برای اعمال تغییرات به پایگاه داده استفاده می‌کند. میگریشن‌ها به عنوان یک سیستم تغییرات گام به گام در پایگاه داده عمل می‌کنند و به توسعه‌دهندگان امکان مدیریت و نگهداری ساختار پایگاه داده را می‌دهند.

بعد از تعریف مدل‌ها و اعمال میگریشن‌ها، توسعه‌دهنده می‌تواند با استفاده از کوئری‌ست‌ها^{۵۹} و منیجرها^{۶۰} به راحتی داده‌ها را از پایگاه داده بازیابی و تغییر دهد. کوئری‌ست به توسعه‌دهنده این امکان را می‌دهد که پرسman‌های پیچیده به پایگاه داده ارسال کند و نتایج را به صورت شی‌گرا دریافت کند.

با استفاده از این سیستم قدرتمند، توسعه‌دهندگان می‌توانند به سادگی با پایگاه داده تعامل کنند و داده‌های خود را به صورت منظم و سازماندهی شده ذخیره و بازیابی کنند. این روش نقطه قوت بزرگی برای توسعه‌دهندگان جنگو است زیرا آن‌ها را از جزئیات پایگاه داده محافظت می‌کند و به آن‌ها این امکان را می‌دهد که بر روی منطق برنامه خود تمرکز کنند.

^{۵۸} Migration

^{۵۹} QuerySets

^{۶۰} Managers

فصل سوم: طراحی و پیاده‌سازی

طراحی

در این بخش نحوه طراحی پروژه شرح داده می‌شود و همچنین نمودارهای لازم برای طراحی وبسایت نیز به اشتراک گذاشته خواهد شد.

مدل فرایند آبشاری

در این پروژه ترجیح ما استفاده از مدل آبشاری^{۶۱} بود. به طور معمول، در پروژه‌هایی که چند تیم مجزا قسمت‌های مختلف پروژه را طراحی و پیاده‌سازی نمی‌کنند، این مدل بهترین مدل است، چرا که دیگر نیاز به هماهنگی در تیم‌ها وجود ندارد و فرد برنامه‌نویس آگاهی کامل نسبت به پیاده‌سازی خود در قسمت‌های مختلف سامانه دارد. علاوه بر این، از آنجا که مشتری ای در این پروژه دخیل نیست تا نظرات وی در پروژه اعمال و تغییر داده شود، از مدل‌هایی مانند چابک^{۶۲} استفاده نشد. در ادامه به صورت جزئی‌تر به این موارد پرداخته خواهد شد:

مدل آبشاری که با عنوان چرخه‌ی حیات کلاسیک نیز شناخته می‌شود، یک فعالیت تولید نرم‌افزار خطی به گروه توسعه‌دهنده پیشنهاد می‌کند؛ این مدل با ارتباطات شروع می‌شود و سپس به ترتیب با برنامه‌ریزی، مدل‌سازی، ساخت و توزیع منجر به تکمیل پروژه نرم‌افزاری می‌شود.

ساختار کلی سامانه با تعیین کردن تعدادی فعالیت چارچوبی^{۶۳} و تعدادی فعالیت چتری^{۶۴} اساس فعالیت‌های فرآیند مهندسی نرم‌افزار را مشخص می‌کند. ساختار کلی مدل آبشاری دارای پنج فعالیت زیر است:

۱. ارتباط^{۶۵}؛ در این فعالیت قبل از شروع کار فنی باید با مشتری و دیگر ذی‌نفعان ارتباط برقرار کرد تا هدف از اجرای پروژه و نیازمندی‌های آن مشخص شود.

۲. برنامه‌ریزی^{۶۶}؛ در این فعالیت کارهای فنی که باید انجام شوند، ریسک‌های محتمل، منابع موردنیاز، محصولاتی که باید تولید شوند، و برنامه‌ی کاری مشخص می‌شوند.

^{۶۱} Waterfall

^{۶۲} Agile

^{۶۳} Framework Activity

^{۶۴} Umbrella Activity

^{۶۵} Communication

^{۶۶} Planning

۳. مدل‌سازی^{۶۷}؛ در این فعالیت مهندس نرم‌افزار برای فهم بهتر نیازمندی‌ها و رسیدن به طرحی برای رسیدن به نیازمندی‌ها، مدل‌سازی را انجام می‌دهد.

۴. ساخت^{۶۸}؛ این فعالیت ترکیب برنامه‌نویسی و آزمون نرم‌افزار برای پیدا کردن خطاهای کد است.

۵. گسترش^{۶۹}؛ نرم‌افزار به مشتری ارائه می‌شود و بر اساس سنجش‌هایی از مشتری بازخورد گرفته می‌شود.

۱. در مرحله اول ما به دنبال چی؟ هستیم. یعنی چه چیزی می‌خواهیم تولید کنیم؟ سرویس‌های سیستم، محدودیت‌ها و اهداف باید به طور کامل در این مرحله مشخص شوند. گام اول به تعریف و جمع‌آوری نیازمندی‌های پروژه اختصاص پیدا می‌کند که نیازمندی‌ها می‌تواند توسط نیازسنجی برای درک کامل نیازمندی‌ها انجام گیرد.

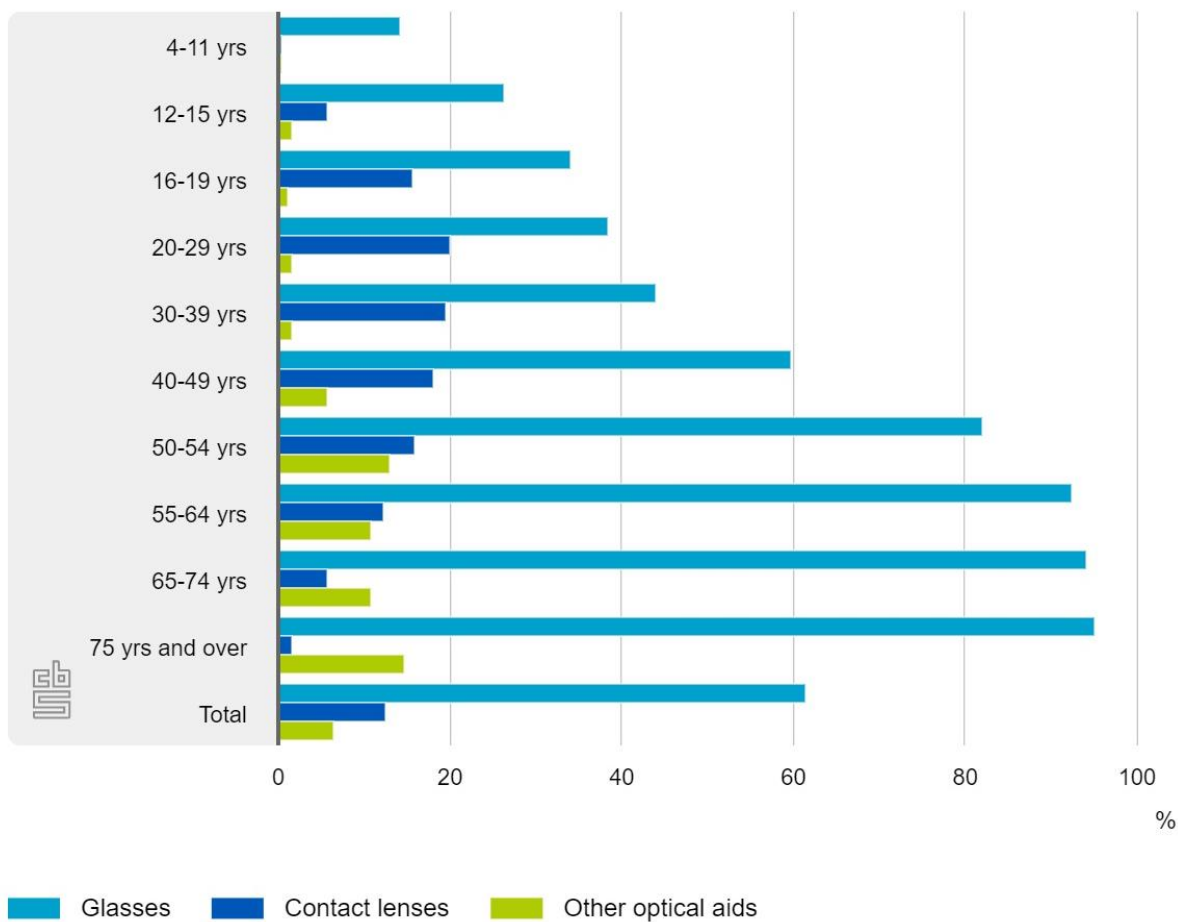
۲. پس از درک کامل نیازمندی‌ها مرحله دوم یعنی برنامه‌ریزی آغاز می‌شود. در این مرحله تخمین‌ها و برنامه‌ریزی‌های زمانی برآورد می‌شود. این تخمین‌ها شامل برآورد زمانی، هزینه‌ها، نیروی انسانی و ... می‌باشد. برای این پروژه یک تخمین زمانی برای انجام مرحله مقدماتی آن انجام شده است. قسمت‌های دیگر پروژه به طراحی، تحلیل و پیاده‌سازی تقسیم می‌شود.

۳. در مرحله بعدی جامعه‌ی هدف نرم‌افزار مشخص می‌شود. اگرچه آمار دقیقی در کشور ایران از تعداد افرادی که از عینک استفاده می‌کنند ارائه نشده است، طبق آمار گرفته‌شده در سال ۲۰۲۳، حدود ۶۲ درصد مردم جهان دارای عینک هستند [۱۲]. نمودار زیر پراکندگی سنی افراد در دنیا که از عینک، لنز و دیگر کمک‌ها برای بینایی استفاده می‌کنند را نشان می‌دهد.

^{۶۷} Modeling

^{۶۸} Construction

^{۶۹} Deployment



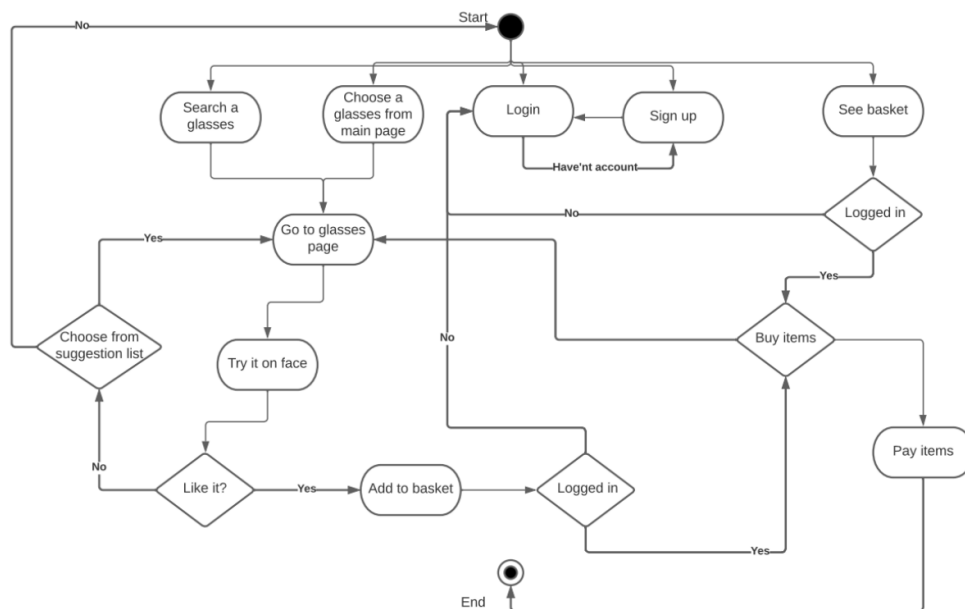
تصویر ۳- نمودار آمار استفاده از عینک و لنز در سنین مختلف در سال ۲۰۲۳

می‌توان گفت که در صورت پیاده‌سازی موفق این پروژه و رضایت و اطمینان نسبی کاربران از خرید اینترنتی عینک، جامعه هدف بسیار بزرگی را این سامانه هدف می‌گیرد.

۴. مرحله بعدی مدل‌سازی می‌باشد. در این قسمت با توجه به نیازمندی‌های پروژه که در قسمت اول آن‌ها را مشخص کردیم تحلیل و طراحی نرم‌افزار انجام می‌شود و مستندات و نمودارهای تحلیل و طراحی تولید می‌شوند. ابتدا با استفاده از فعالیت‌ها و اقدامات مشخص شده برای کاربر در تعریف پروژه، نمودار فعالیت^{۷۰} با زبان یوامال^{۷۱} رسم می‌شود.

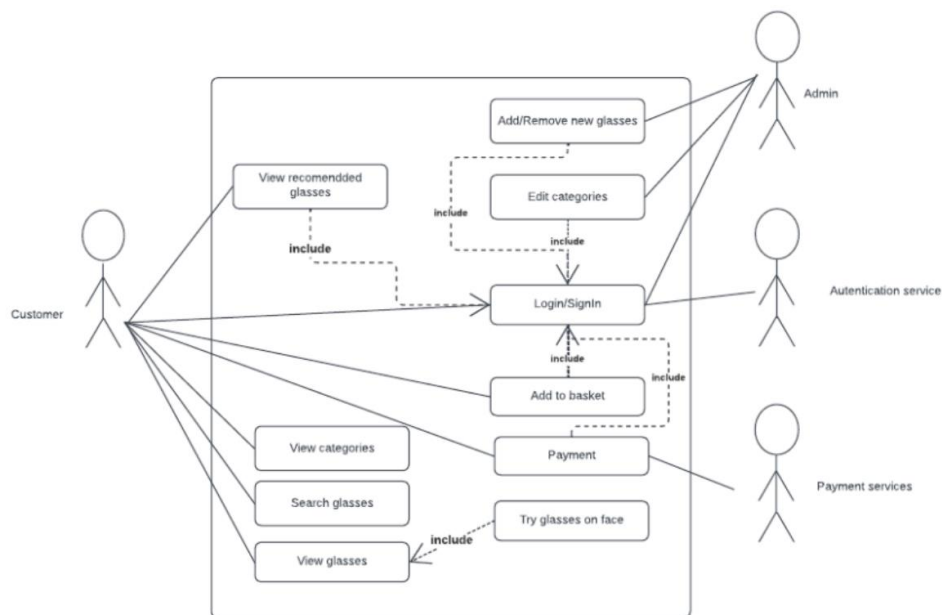
^{۷۰} Activity Diagram

^{۷۱} Unified Modeling Language



تصویر ۴ - نمودار فعالیت

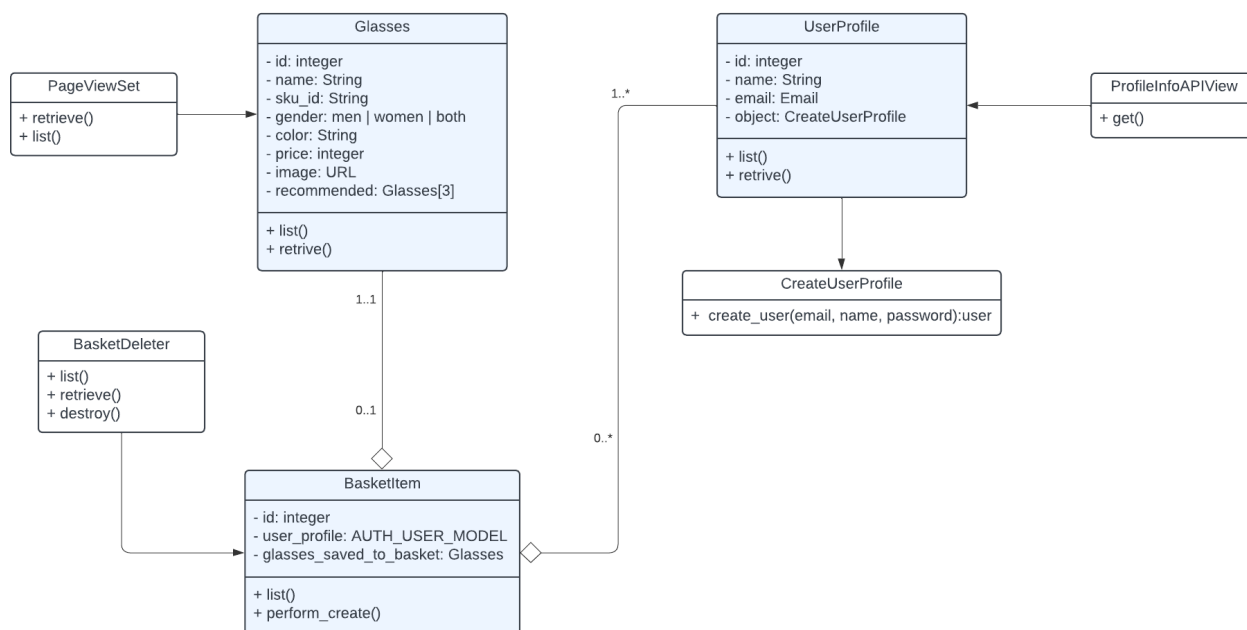
سپس با توجه به نیازمندی‌ها و مورد کاربرد به‌دست‌آمده از تعریف پروژه، نمودار مورد کاربرد^{۷۲} رسم می‌شود. نمودار مورد کاربرد نیز از زبان یوآمال برای رسم آن استفاده شده است.



تصویر ۵ - نمودار مورد کاربرد

^{۷۲} Use Case Diagram

پس از بررسی نمودار مورد کاربرد، در مرحله بعد نیاز داریم تا نمودار کلاس^{۷۳} را رسم کنیم. در این مرحله، ساختار کلی سیستم تعیین شده و کلاس‌ها، ویژگی‌ها و روابط بین آن‌ها به صورت دقیق تعریف می‌شوند. این نمودار به عنوان یک نقشه برای توسعه‌دهندگان و تیم‌های فنی استفاده می‌شود تا بتوانند بهترین روش برای پیاده‌سازی سامانه را انتخاب کنند.



تصویر ۶- نمودار کلاس

در آخرین مرحله که تمامی نیازمندی‌ها شناخته شد و مدل‌سازی نیز انجام شد، طراح رابط کاربری با توجه به اطلاعات به دست آمده، شروع به طراحی سامانه می‌کند. در این پروژه با استفاده از نرم‌افزار فیگما که در فصل دوم معرفی شد، طراحی انجام شده است. تصاویر طراحی در ادامه در قسمت پیاده‌سازی نمایش داده خواهد شد. تعهد داشتن به طراحی لازمه یک پیاده‌سازی درست در قسمت فرانت-اند است. این [لینک](#) نشان‌دهنده طراحی انجام‌شده در نرم‌افزار فیگما است.

در نهایت، پس از پایان طراحی پروتوتایپ، مرحله طراحی به پایان می‌رسد و بخش پیاده‌سازی آغاز می‌شود.

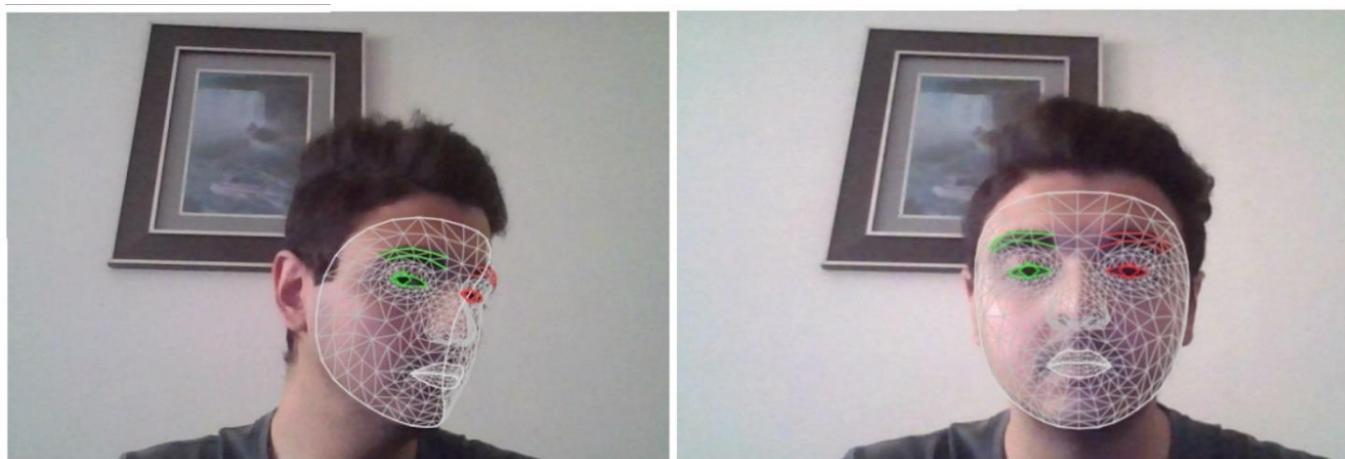
^{۷۳} Class Diagram

پیاده‌سازی

در این مرحله روش‌های پیاده‌سازی دو سمت بک-اند و فرانت-اند و نحوه ارتباط آن‌ها و همچنین پیاده‌سازی واقعیت افزوده سه‌بعدی توضیح داده خواهد شد و همچنین تصاویر مربوط به پیاده‌سازی آن‌ها نیز نمایش داده می‌شود.

نحوه کارکرد واقعیت افزوده سه‌بعدی

همانطور که به طور کامل در فصل دوم توضیح داده شد، ما با استفاده از کتابخانه تری دات جی‌اس و همچنین مدل مدیا پایپ‌لاین، ابتدا چهره را تشخیص و آن را دنبال می‌کنیم. تصویر زیر عملکرد این کتابخانه را نشان می‌دهد که با دقت بسیار بالا تمامی جزئیات صورت را تشخیص داده و دنبال می‌کند.

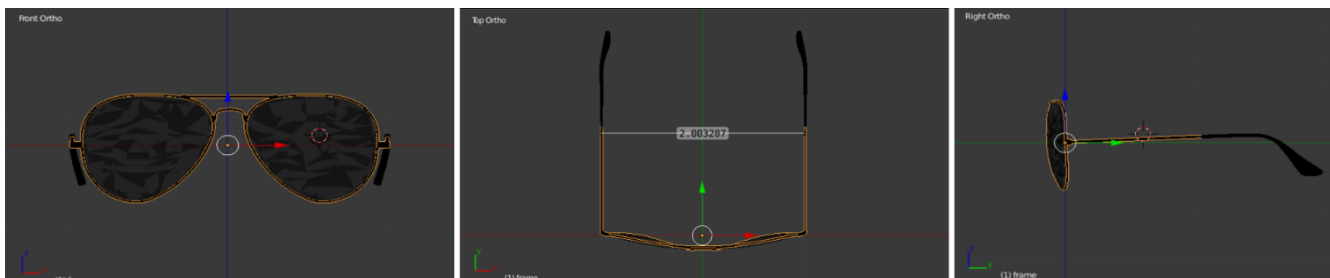


تصویر ۷ - عملکرد کتابخانه تری دات جی‌اس در تشخیص اجزای چهره

این کتابخانه به ما این امکان را می‌دهد تا مختصات دقیق بینی کاربر را در اختیار داشته باشیم و دنبال کنیم. بنابراین، تنها کاری که نیاز است، این است که عینک سه‌بعدی خود را بر روی این مختصات فیکس کنیم.

در این پروژه من از پایگاه داده جیلز^{۷۴} که شامل ۳۶۶ مدل عینک سه‌بعدی آماده است در این پروژه استفاده کردم [۱۳]. مزیت این پایگاه داده دقیق بودن مختصات تمامی عینک‌ها بود که همه در نقطه صفر مختصات تصویر قرار گرفته بودند و به ما این امکان را می‌داد تا تنها با قرار دادن نقطه صفر عینک بر روی بینی فرد کار واقعیت افزوده را انجام دهیم. در شکل زیر نمونه‌ای از عینک‌ها قرار داده شده است.

^{۷۴} Jeeliz



تصویر ۸- نمونه مدل سه بعدی عینک

نحوه کارکرد و ارتباط فرانت-اند و بک-اند

امروزه، اکثر سامانه‌های اینترنتی مستقیماً از طریق کتابخانه‌هایی که با استفاده از واسطه‌های برنامه نویسی دو سمت سرور و مشتری را متصل می‌کنند، پیاده‌سازی می‌شوند. قسمت فرانت-اند با دریافت اطلاعات از بخش بک-اند در قالب جیسون^{۷۵} و تفسیر آنها اطلاعات زیر را راجع به عینک‌ها و همچنین کاربران به دست می‌آورد:

- جزییات عینک‌ها:

- تصویر عینک
- عنوان عینک
- جنسیت عینک
- رنگ عینک
- قیمت عینک
- اطلاعات لازم برای پیاده‌سازی واقعیت افزوده سه‌بعدی عینک

- جزییات کاربران:

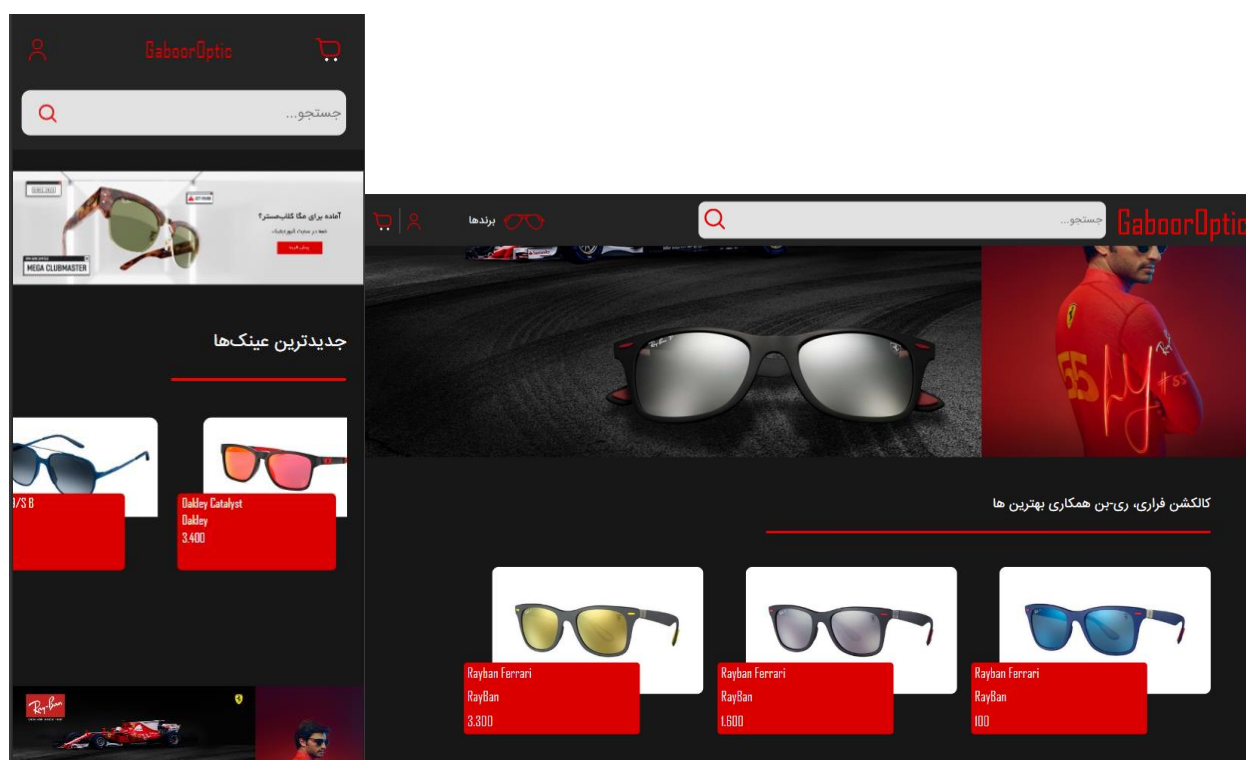
- نام کاربر
- ایمیل کاربر
- سبد خرید کاربر

^{۷۵} JSON

صفحه اصلی

به مانند تمامی وبسایت‌ها، اولین صفحه‌ای که کاربر با آن مواجه می‌شود، صفحه اصلی یا خانه است. در ابتدای تمامی صفحات یک بخش نوار ناوبری طراحی شده است که کاربر به راحتی بتواند به قسمت جستجو، برندها، پروفایل کاربری، سبد خرید و همچنین صفحه اصلی در تمامی قسمت‌های سایت دسترسی داشته باشد.

سپس، تبلیغاتی که از وبسایت اصلی ری-بن برداشته شده است به نمایش گذاشته شده‌اند. همچنین جدیدترین عینک‌ها نیز نمایش داده شده‌اند. لازم به ذکر است که تمامی قسمت‌ها، به صورت ریسپانسیو^{۷۶} طراحی شده‌اند که در تمامی دستگاه‌ها ظاهر زیبایی داشته باشند. اشکال زیر تصاویری از صفحه اصلی سامانه در دو قالب نمایش تلفن همراه و دسکتاپ هستند.



تصویر ۹ - صفحه اصلی در نمایش دسکتاپ

تصویر ۱۰ - صفحه اصلی در نمایش تلفن همراه

^{۷۶} Responsive

صفحه اطلاعات عینک

این صفحه می‌توان گفت مهم‌ترین قسمت سامانه است. در این صفحه، تمامی اطلاعات کاربر نمایش داده شده است و همچنین کاربر در صورت انتخاب، عینک را بر روی چهره خود امتحان می‌کند. اطلاعات عینک که شامل نام، تصویر، جنسیت، رنگ، قیمت به میلیون تومان و سه عینک مشابه است، از طریق ای‌پی‌ای :

http://localhost:8000/api/glass/sku_id

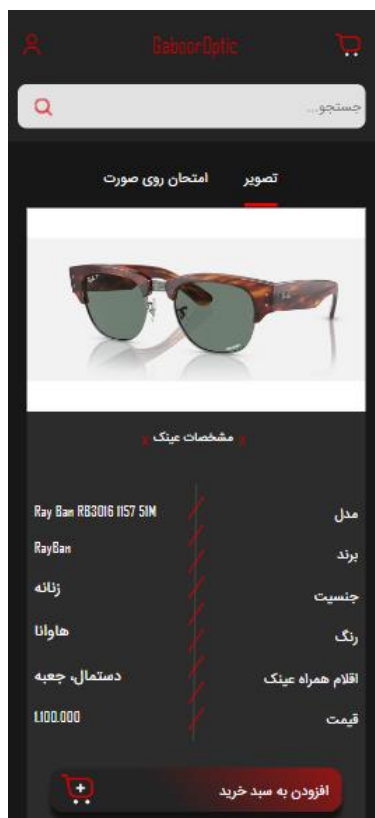
از قسمت بک-اند فراخوانی می‌شود و در اختیار فرانت-اند قرار داده می‌شود. تصویر زیر نمایی از ای‌پی‌ای صفحه عینک است:



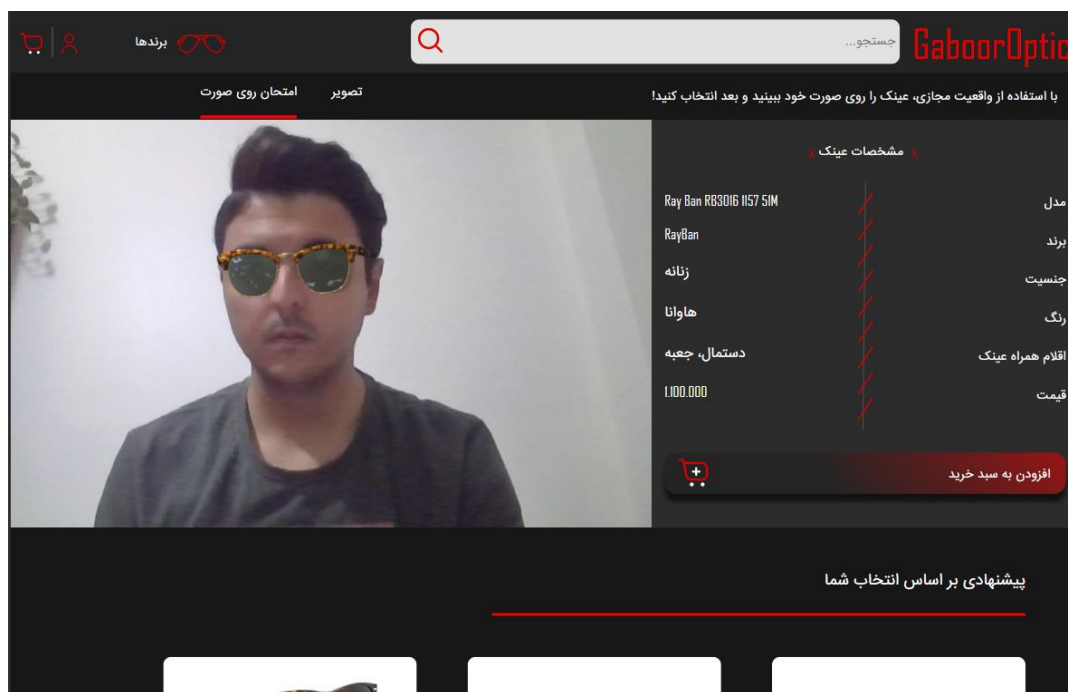
تصویر ۱۱- ای‌پی‌ای اطلاعات عینک

برای پیاده‌سازی نمایش عینک‌های مشابه، از کامپوننت یکسان با بخش صفحه اصلی استفاده شده است تا از تکرار کد جلوگیری شود. همچنین، برای پیاده‌سازی قسمت عینک‌های پیشنهادی، توجه ما به رنگ عینک و جنسیت آن بود که اگرچه یک سیستم پیشنهادی^{۷۷} قوی به حساب نمی‌آید، اما نتایج خوبی را خروجی می‌دهد. تصاویر زیر مربوط به پیاده‌سازی صفحه عینک می‌باشد.

^{۷۷} Recommender system



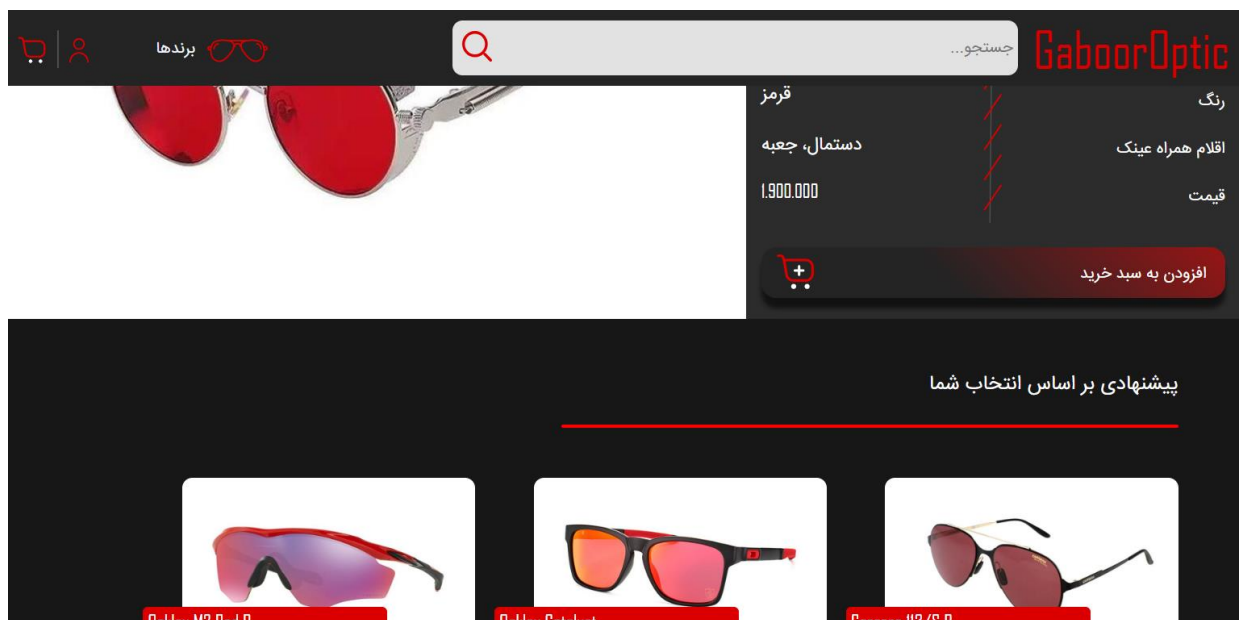
تصویر ۱۲ - صفحه عینک در نمایش تلفن همراه



تصویر ۱۳ - صفحه عینک در نمایش دسکتاپ، واقعیت افزوده سه بعدی



تصویر ۱۴ - صفحه عینک در نمایش تلفن همراه، واقعیت افزوده سه بعدی



تصویر ۱۵ - صفحه عینک در نمایش دسکتاپ، قسمت پیشنهاد عینک

صفحه جستجوی عینک

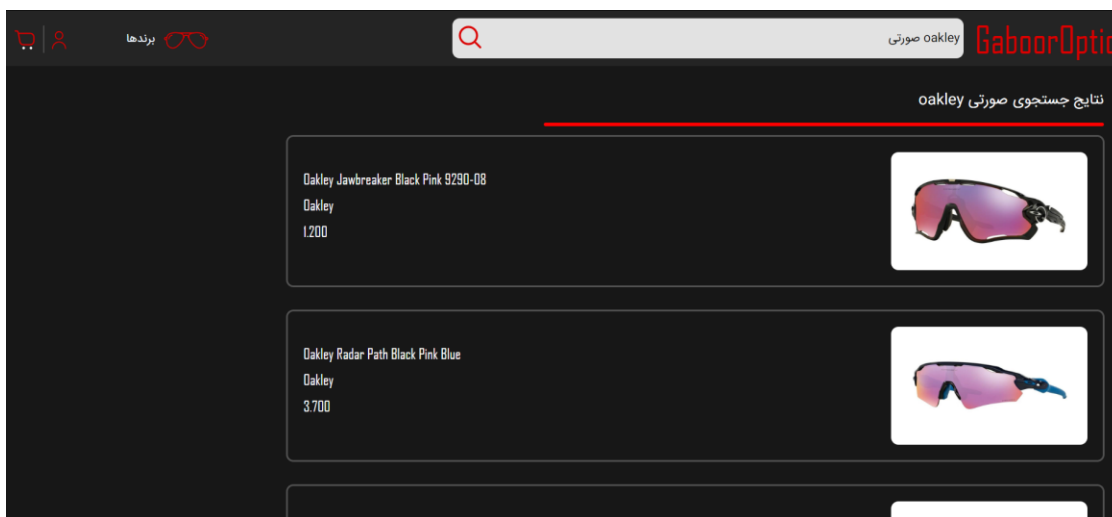
در این قسمت با استفاده از جستجوی پیاده‌سازی شده در چارچوب جنگو، از طریق ای‌پی‌ای زیر قسمت فرانت-اند به بک‌اند متصل میشود:

<http://localhost:8000/api/glass/?search=rayban>

تصویر زیر یک نمونه از درخواست به ای‌پی‌ای را نشان می‌دهد:



تصویر ۱۶ - ای‌پی‌ای جستجو



تصویر ۱۷ - نمونه نتایج صفحه جستجو

صفحه سبد خرید

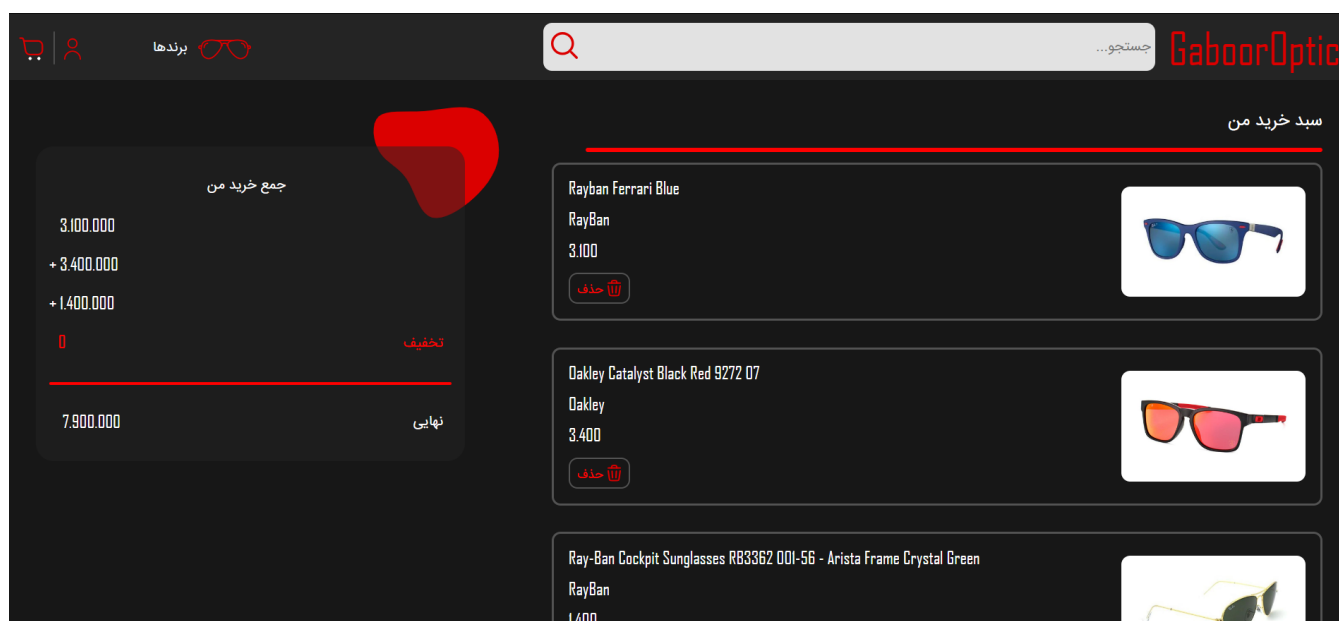
در این صفحه کاربر عینک‌هایی که تصمیم به خرید آن‌ها گرفته است را مشاهده می‌کند. برای مشاهده این قسمت، کاربر حتما باید در سامانه ورود کند و بعد اقدام به افزودن سبد خرید و مشاهده عینک‌ها در این صفحه کند. در قسمت فرانت-اند با مشخص کردن توکن مجوز^{۷۸} در قسمت هدر درخواست، به ای‌پی‌ای زیر درخواست فرستاده می‌شود:

<http://localhost:8000/api/basketlist/>

همچنین، برای حذف یکی از عینک‌ها به ای‌پی‌ای زیر درخواست داده می‌شود و سپس عینک از فرانت-اند حذف می‌شود و جمع قیمت‌ها آپدیت می‌شود:

<http://localhost:8000/api/delbasket/id/>

تصویر زیر نشان‌دهنده صفحه سبد خرید است:



تصویر ۱۸ - صفحه سبد خرید

^{۷۸} Authorization

صفحات ساخت حساب کاربری، ورود و اطلاعات کاربری

در این بخش از سه ای پی آی مختلف برای انجام هر کدام از درخواست‌ها استفاده می‌کنیم.

۱. **ساخت حساب کاربری:** هر کاربر برای ثبت‌نام باید نام، ایمیل که نباید تکراری باشد و رمز عبور خود را وارد کند. مشابه بودن رمز عبور و تکرار رمز عبور در قسمت فرانت-اند چک می‌شود و در صورت تایید، درخواست به سمت بک‌اند با ای پی آی زیر فرستاده می‌شود:

<http://localhost:8000/api/profile/>

تصویر زیر نشان‌دهنده کاربرهای ثبت‌نام شده و همچنین ورودی‌های لازم برای ساخت کاربر جدید است.

Django REST framework

GET /api/profile/

HTTP 200 OK
Allow: GET, POST, HEAD, OPTIONS
Content-Type: application/json
Vary: Accept

[
 {
 "id": 1,
 "email": "a.ansari3103@gmail.com",
 "username": "Ali Ansari"
 },
 {
 "id": 2,
 "email": "hasan.sajad@gmail.com",
 "username": "Hasan Sajad"
 }
]

Raw data HTML form

Email

Username

Password

POST

تصویر ۱۹- ای پی آی ساخت کاربر جدید

تصویر زیر نشان‌دهنده قسمت ثبت‌نام در نمایش تلفن همراه است.

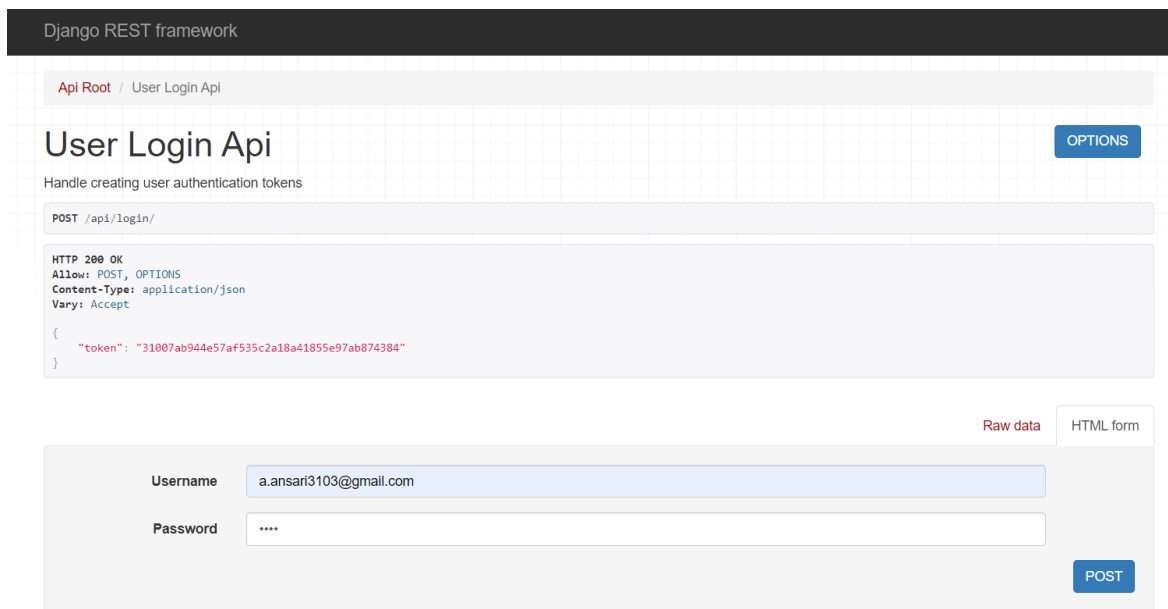
تصویر ۲۰- صفحه ساخت حساب کاربری در نمایش تلفن همراه

۲. **صفحه ورود به حساب کاربری:** در این قسمت کاربر با وارد کردن ایمیل و رمز عبور خود وارد حساب کاربری اش می شود. برای وارد شدن به حساب کاربری، ابتدا این اطلاعات به ای پی آی زیر فرستاده می شود:

<http://localhost:8000/api/login/>

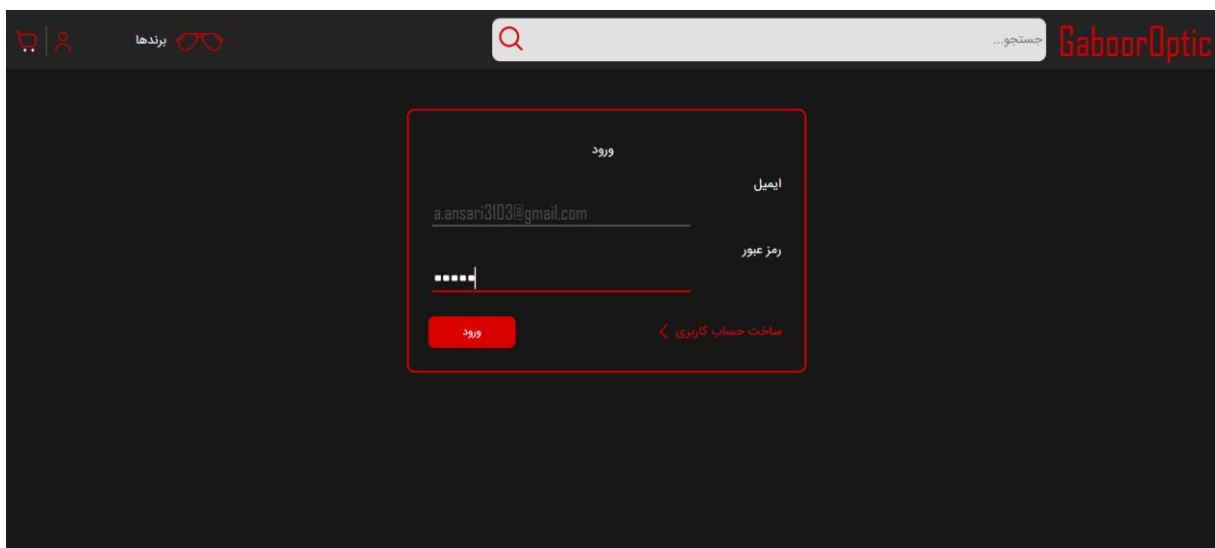
پس از اینکه درخواست به بخش بک-اند موفق بود، یک توکن برای کاربر فرستاده می شود که در بخش فرانت-اند این توکن در حافظه داخلی^{۷۹} ذخیره می شود. تصویر زیر نمونه ای از نتیجه درخواست به این ای پی آی را نمایش می دهد.

^{۷۹} Local Storage



تصویر ۲۱- نمونه نتیجه درخواست ورود به حساب کاربری

تصویر زیر نیز نشان‌دهنده بخش ورود کاربر در قسمت فرانت-اند است.

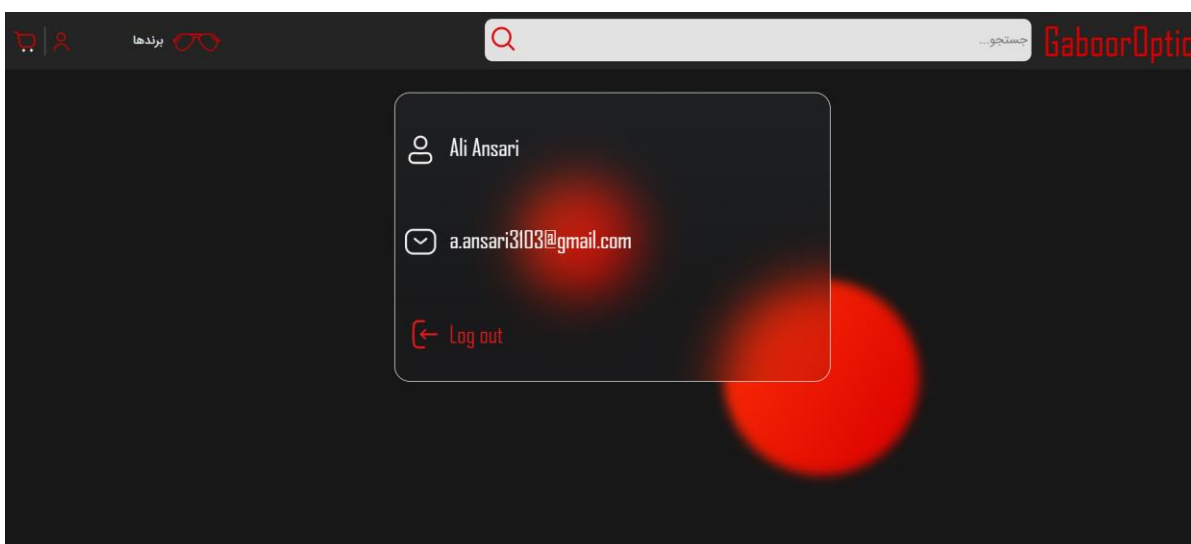


تصویر ۲۲- صفحه ورود به حساب کاربری

۳. مشاهده اطلاعات حساب کاربری: در این صفحه کاربر اطلاعات حساب کاربری خود را مشاهده می‌کند. این صفحه با مشخص کردن توکن مجوز در قسمت هدر، درخواست را به ای‌پی‌ای زیر ارسال و اطلاعات کاربر را می‌گیرد:

<http://localhost:8000/api/account/>

اینگونه فقط و فقط خود فرد که توکن را در اختیار دارد می‌تواند اطلاعاتش را مشاهده کند. تصویر زیر صفحه کاربر را نمایش می‌دهد.



تصویر ۲۳ - صفحه نمایش اطلاعات کاربر

برای خروج از حساب کاربری، تنها لازم است تا توکن ذخیره شده در حافظه داخلی حذف شود که این تابع در بخش فرانت-اند پیاده‌سازی می‌شود. تصویر زیر نحوه ذخیره شدن توکن در حافظه داخلی را نمایش می‌دهد.

<ul style="list-style-type: none"> Manifest Service workers Storage 	http://localhost:3000	
	Origin	http://localhost:3000
	Key	Value
<ul style="list-style-type: none"> Storage Local storage http://localhost:3000 Session storage IndexedDB Web SQL Cookies Private state tokens Interest groups Shared storage 	currentUser	{"token": "31007ab944e57af535c2a18a41855e97ab874384"}

تصویر ۲۴ - ذخیره توکن در حافظه داخلی

فصل چهارم: ارزیابی

معرفی آزمون نرم افزار

در این فصل، آزمون‌های معمول که در حوزه تست نرم افزار برای هر سامانه‌ای انجام می‌شود را بررسی و انجام می‌دهیم. هدف تمامی این آزمون‌ها، مطمئن شدن از امنیت، کیفیت و ساختار سامانه است. به طور کلی تست کیفیت در دو بخش ۱. تایید^{۸۰} که اطمینان حاصل می‌کند سامانه ما مطابق انتظار ما رفتار می‌کند و ۲. بخش اعتبارسنجی^{۸۱} که اطمینان حاصل می‌کند که سامانه پاسخ‌گوی تمامی نیازمندی‌های مشخص شده است، تعریف می‌شود. آزمون‌های نرم افزار بسیار زیادی در این حوزه تعریف شده‌اند که هر کدام بخشی از یک سامانه را بررسی می‌کنند. در نهایت اما، همچنان امکان وجود مشکلاتی در سامانه وجود دارد که توسط آزمون‌ها بررسی و تشخیص داده نشده‌اند. در این بخش ما پنج آزمون معمول نرم افزار: محتوا^{۸۲}، سازگاری^{۸۳}، واحد، یکپارچگی^{۸۴} و قابل استفاده بودن^{۸۵} را بررسی و بر پروژه خود پیاده‌سازی می‌کنیم. همچنین در ادامه واقعیت افزوده سه بعدی خود را نیز مورد ارزیابی قرار می‌دهیم.

آزمون محتوا

این آزمون ابتدایی‌ترین آزمون نرم افزار است. در این آزمون، تمامی محتواهای متنی و تصویری قسمت‌های مختلف سامانه بررسی می‌شود.

- در تست محتوای متنی، هرگونه اشتباه نوشتاری، اشتباه املائی و ناخوانایی فونت مورد نظر کشف و رفع می‌شود. در این پروژه، به دلیل ترکیبی بودن زبان فارسی با انگلیسی در قسمت‌های مختلف، اشکالات زیادی پیدا شد که در انتهای کار رفع شد.
- در تست محتوای تصویری، تمامی عکس‌هایی که وجود ندارند یا با محتوا هم‌خوانی ندارند کشف و تعویض می‌شوند. در این پروژه، پایگاه داده‌ای که استفاده شده بود، تصاویر زیادی از عینک‌ها را در بر نداشت و در مواردی نیز تصویر با مدل سه بعدی و نام عینک مطابقت نداشت که پس از اصلاح و بارگزاری تصاویر، پایگاه داده جنگو دوباره ساخته شد.

^{۸۰} Validation

^{۸۱} Verification

^{۸۲} Context test

^{۸۳} Comparability test

^{۸۴} Integration test

^{۸۵} Usability test

آزمون سازگاری

در این تست سازگاری سامانه با دستگاه‌های مختلف بررسی می‌شود. در بخش فرانت-اند، سامانه باید علاوه بر اینکه ریسپانسیو باشد و در تمامی دستگاه‌ها صورت مناسبی داشته باشد، باید در مرورگرهای مختلف نیز عملکرد مشابهی داشته باشد. در طول پیاده‌سازی بخش فرانت-اند، پس از پایان کدنویسی هر صفحه، این تست بر روی آن انجام می‌گرفت که سامانه در دستگاه‌های لپ‌تاپ، تبلت و تلفن همراه چگونه نمایش داده می‌شود و در صورت لزوم طراحی‌های متفاوتی برای هر کدام انجام می‌شد.

آزمون واحد

در این آزمون، هر واحد از برنامه بررسی و تست می‌شوند. در پروژه ما، پس از پیاده‌سازی تمامی قسمت‌های بک-اند و فرانت-اند، در نهایت تمامی کلاس‌های بخش بک-اند، سریالایزرها، مدل‌ها و همچنین پایگاه داده بررسی شد. سپس نیز، تمامی کدهای اچ‌تی‌ام‌ال، جاوااسکریپت و سی‌اس‌اس^{۸۶} کامپوننت‌ها در بخش فرانت-اند بررسی و مشکلاتی که به ویژه در بخش سی‌اس‌اس که جزییات زیادی دارد، رفع شد.

آزمون یکپارچگی

آزمون یکپارچگی در راستای آزمون واحد انجام می‌شود. پس از اینکه تک تک واحدها عیب‌یابی و رفع شد، در این آزمون ارتباط بین واحدها بررسی می‌شود. در پروژه ما، این آزمون مهم‌ترین نقش را دارد چرا که باید ارتباطات میان کلاس‌های بک-اند، بک-اند و فرانت-اند و همچنین کامپوننت‌های فرانت-اند بررسی شوند.

- در ارتباط میان کلاس‌های بک-اند با یکدیگر، بررسی شد که تمامی متغیرها به درستی از یک کلاس در کلاس دیگر فراخوانی می‌شوند. به طور مثال، کلاس سبد خرید، خود از یک کاربر و یک عینک تشکیل شده است. در این کلاس باید بررسی شود که دو نمونه^{۸۷} از کاربر و عینک به درستی فراخوانی و ساخته می‌شوند.

- در ارتباط میان بک-اند و فرانت-اند، بررسی شد که تمامی ای‌پی‌ای‌ها به درستی کار می‌کنند و همچنین در صورت شکست خوردن درخواست، خطای مناسب را چاپ می‌کنند. به طور مثال، هنگامی

^{۸۶} CSS

^{۸۷} Instance

که کاربر در سایت وارد نشده باشد، توانایی مشاهده سبد خرید خود را ندارد. در این حالت، باید مطمئن شد که فرانت-اند بدون مشخص کردن توکن هدر، درخواست به ای پی آی سبد خرید نمی دهد.

- در ارتباط میان کامپوننت های فرانت-اند، بررسی شد که تمامی لینک های داخلی در ری-اکت به درستی کار می کنند و انتقال از یک صفحه به صفحه دیگر با موفقیت انجام می شود. همچنین بررسی شد که ورودی های درستی در هر کامپوننت به کامپوننت فرزند داده می شود.

آزمون قابل استفاده بودن

این آزمون پس از تمامی آزمون های دیگر که توسط برنامه نویس انجام می شود، توسط کاربران صورت می گیرد. این آزمون نشان دهنده میزان و کیفیت تعامل سامانه با کاربران است. تمرکز ویژه این آزمون بر قسمت رابط کاربری است که آیا تمامی محتواها، دکمه ها، تصاویر و راهنماها به میزان کافی مناسبت هستند یا کاربر نمی تواند با آن ها ارتباط بگیرد و برای رسیدن به هدف خود در سایت به مشکل می خورد. برای بخش رابط کاربری باید این سوالات پاسخ داده شوند:

۱. خوانایی متون: آیا متن ها به خوبی نوشته شده اند؟ آیا فونت مناسب و اندازه مناسب استفاده شده است؟

ما از فونت بی نازنین با اندازه ۱۶ که مقدار استاندارد جهانی است در زبان فارسی، و از فونت آنتیک^{۸۸} که یک فونت فانتزی است در زبان انگلیسی استفاده کردیم. به دلیل کوچک بودن استایل این فونت از اندازه ۲۰ برای این فونت استفاده شد.

۲. زیبایی شناسی: آیا رنگ های استفاده شده در پیاده سازی برای کاربر جذاب است؟ آیا رنگ ها چشم را خسته یا اذیت نمی کند؟ تصاویر از چه کیفیتی برخوردار هستند؟

رنگ مشکی در کنار سفید معمول ترین رنگ های پس زمینه در تمامی سامانه ها هستند که معمولاً هر دو حالت پیاده سازی می شوند تا کاربر طبق سلیقه و نظر خود یکی را انتخاب کند. در این پروژه از رنگ مشکی به عنوان پس زمینه و از رنگ قرمز به عنوان رنگ دوم در طراحی استفاده شد به نحوی که حس یک ماشین فراری به کاربر القا شود. متأسفانه به دلیل ضیق وقت و همچنین گسترش بسیار زیاد ابعاد

^{۸۸} Antic

پروژه، قادر به طراحی و پیاده‌سازی حالت روز^{۸۹} و بسایت نبودم که می‌تواند برای افرادی که با رنگ مشکی مشکل دارند مساله‌ساز باشد.

۳. **جایگیری محتوا: آیا چیدمان دکمه‌ها، مطالب و تصاویر به نحوی است که کاربر مشکلی در مشاهده و یافتن آن‌ها نداشته باشد؟**

در تمامی صفحات سعی شده است که طراحی به صورت مینیمال و ساده باشد و کاربر در محتوا گم نشود. پس از بررسی صفحات، اطمینان حاصل شد که جایگیری تمامی متون صحیح است و مطالب از چارچوب صفحه بیرون زدگی ندارد و کامل نمایش داده شده است.

۴. **قابلیت تعامل: آیا دکمه‌ها به طور کامل واضح و مفهوم هستند؟**

در تمامی دکمه‌ها از نمادهایی که همواره در تمامی سامانه‌ها استفاده می‌شود، استفاده شده است. همچنین برای برندها که نماد معمول ندارند، در کنار آن اسم نیز نوشته شده است.

ارزیابی واقعیت افزوده سه‌بعدی

پس از جستجوها و تحقیقات فراوان در حوزه واقعیت افزوده، ارزیابی و تست مشخصی برای بررسی عملکرد یک سامانه یافت نشد. به طور کلی، تمامی مقالات در این حوزه، برای تایید و بررسی کیفیت کار خود از نظرسنجی انسانی استفاده کرده بودند و با پرسش از ۱۰۰ نفر در مورد اجزای مختلف برنامه، مانند میزان واقعی بودن، جایگیری دقیق، سازگاری بر روی دستگاه‌های مختلف و همچنین میزان استفاده از منابع پردازنده و باتری، سامانه خود را سنجیده بودند.

در پروژه ما می‌توان گفت، نقطه قوت این واقعیت افزوده، استفاده محدود و بسیار منطقی از منابع پردازشی سیستم و باتری است. همانطور که در فصل دوم گفته شد، کتابخانه تری دات جی‌اس تنها تغییرات به وجود آمده در صحنه را منتقل می‌کند و از پردازش و رندر مجدد و تکراری بقیه صحنه‌ها جلوگیری می‌کند. همچنین این برنامه به این علت که تحت وب است، سازگاری کامل با تمام سیستم‌ها دارد و در ضعیف‌ترین سیستم‌ها و حتی تلفن‌های همراه قدیمی نیز قابل استفاده است.

^{۸۹} Day Mode.

در مقابل، می‌توان گفت که کیفیت مدل‌های عینک در نسبت با مدل‌های خارجی قابل بهبود است. باید اشاره کرد که استفاده از این کتابخانه نیز تاثیر منفی بر روی کیفیت عینک‌ها گذاشته است و کیفیت مدل عینک‌های سه‌بعدی از عینک نمایش داده شده در واقعیت افزوده بهتر است.

در بخش بررسی درستی جایگیری عینک، می‌توان گفت وابسته به چهره فرد و عینک، برخی عینک‌ها کاملاً دقیق بر صورت فرد می‌نشینند و برخی فاصله ای در حد یک سانت با نقطه اصلی دارند. علت این مشکل در برنامه به دلیل وابسته بودن جایگیری عینک تنها به مشخصات بینی فرد است که در برخی موارد توسط کتابخانه مدیapایپ دقیق نیست و در برخی موارد نیز عینک بر آن منطبق نمی‌شود. در کارهای آتی می‌توان با بررسی دقیق‌تر نقاط مختلف صورت مانند گوش، مکان دقیق‌تری را برای قرار دادن عینک بر روی چهره معین کرد تا تنها بر اساس مختصات بینی نباشد.

فصل پنجم: جمع‌بندی و کارهای آینده

جمع بندی

در این پروژه سعی شد تا یک سامانه فروش عینک با استفاده از واقعیت افزوده سه بعدی پیاده شود تا کاربر بتواند با راحتی بیشتری عینک خود را انتخاب و به صورت اینترنتی خریداری کند.

ابتدا شرح مساله به طور کامل توضیح داده شد و سپس کارهای مشابه ایرانی و خارجی مورد بررسی قرار گرفت. در فصل بعد، چارچوبها و کتابخانه‌های مورد استفاده در این پروژه بررسی شد و در فصل سوم مراحل طراحی و پیاده‌سازی با جزییات شرح داده شد. در نهایت و در فصل چهارم، سامانه مورد تست و ارزیابی قرار گرفت.

کارهای آینده

گسترده‌گی این سامانه می‌توان گفت فراتر از یک پروژه کارشناسی است و در این پروژه سعی شد تا پایه‌های این پروژه انجام شود. در ادامه موارد زیر برای پیاده‌سازی یک سامانه فروشگاهی عینک کامل نیاز است:

۱. طراحی مدل‌های سه بعدی بیشتر از عینک‌ها و گسترش پایگاه داده با عینک‌های متنوع‌تر

۲. بهبود کیفیت تصاویر عینک‌ها برای بهبود رابط کاربری

۳. متصل شدن سامانه به درگاه پرداخت

۴. پیاده‌سازی حالت روز رابط کاربری

۵. بهبود کیفیت قرارگیری عینک بر روی بینی و گوش فرد

- [^١] Laudon, K. C & ,.Traver, C. G., E-commerce ٢٠١٦: business, technology, society , Boston: Pearson, ٢٠١٦, جلد ١٣,
- [^٢] Ronaldo Azuma, Yohan Baillot, Reinhold Behringer, Stevem Feiner, Simon Julier, Blair Macintyre., “Recent advances in augmented reality ”, *IEEE Comput Graphics Appl. Computer Graphics and Applications, IEEE*. ٢١. ٣٤- ٤٧. ٢٠٠١, ٣٨/٩٦٣٤٥٩/١٠/١١٠٩.
- [^٣] Julie Carmigniani, Barko Furht, Marco Anisetti, Paolo Ceravolo, Ernesto Damiani, Misa Ivkovic, “Augmented reality technologies, systems and applications ”, *Multimedia Tools and Applications*/١٠/١٠٠٧, شماره ٥١, جلد ٥١, ١١٠٤٢-٠١٠-٠٦٦٠-٦٠, pp. ٣٤١-٣٧٧, ٢٠١١.
- [^٤] Atieh Poushneh, Arturo Z. Vasquez–Parraga,, “Discernible impact of augmented reality on retail customer's experience, satisfaction and willingness to buy ”, *Journal of Retailing and Consumer Services* , جلد ٣٤, pp. ٢٢٩- ٢٣٤, ٢٠١٧.
- [^٥] Eleonora Pantano, Gabriele Pizzi, Daniele Scarpi, Charles Dennis,, “Competing during a pandemic? Retailers’ ups and downs during the COVID- ١٩outbreak ”, *Journal of Business Research* , جلد ١١٦, pp. ٢٠٩-٢١٣, ٢٠٢٠.
- [^٦] “Figma .[درون خطي]”, Available: <https://www.figma.com/about./>
- [^٧] “THREE.js,” .[درون خطي] ٢٠٢٤ Available: <https://threejs.org./>
- [^٨] “MediaPipe,” ١٠ May .[درون خطي] ٢٠٢٣ Available: https://mediapipe.readthedocs.io/en/latest/solutions/face_mesh.html#:~:text=T

he%۲۰Face%۲۰Landmark%۲۰Model%۲۰performs,weak%۲۰perspective%۲۰projection%۲۰camera%۲۰model..

- [۹] V.Bazarevsky, Y.Kartynnik, A.Vakunov, K.Raveendran, M.Grundmann.,
“BlazeFace: Sub-millisecond Neural Face Detection on Mobile GPUs در”,*CVPR Workshop on Computer Vision for Augmented and Virtual Reality* ,.Long Beach, CA, .۲۰۱۹
- [۱۰] Yury Kartynnik, Artosim Ablavatski, Ivan Grishchenko, Matthias Grundmann.,
“Real-time Facial Surface Geometry from Monocular Video on Mobile GPUs ”,
در*CVPR Workshop on Computer Vision for Augmented and Virtual Reality* ,
Long Beach, CA, .۲۰۱۹
- [۱۱] “Quera,” [درون خطي]. ۲۰۲۲Available: <https://quera.org/blog/what-is-django/>
- [۱۲] “Years Statistics Netherlands,” [درون خطي]. ۲۰۲۳^۹Available:
<https://www.cbs.nl/en-gb/news/۶۲/۳۶/۲۰۲۳-percent-of-the-population-sometimes-wear-glasses>.
- [۱۳] B. Xavier, “Jeeliz database,” [درون خطي]. ۲۰۲۱Available:
<https://glassesdbcached.jeeliz.com/>