



دانشگاه شهید بهشتی

دانشکده مهندسی و علوم کامپیوتر

بررسی و ارزیابی راهکارهای رندرینگ در واقعیت افزوده

گزارش سمینار کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر
گرایش نرم افزار

نگارش

محسن نوازنی

استاد راهنما

دکتر مجتبی وحیدی اصل

تابستان ۱۳۹۸



دانشگاه شهید بهشتی

دانشکده مهندسی و علوم کامپیوتر

گزارش سمینار کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر - گرایش نرم افزار

تحت عنوان:

بررسی و ارزیابی راهکارهای رندرینگ در واقعیت افزوده

پایان نامه دانشجو، محسن نوازنی، توسط کمیته تخصصی داوران مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

در تاریخ

امضا	نام و نام خانوادگی	۱- استاد راهنما اول:
امضا	نام و نام خانوادگی	۲- استاد راهنما دوم:
امضا	نام و نام خانوادگی	۳- استاد مشاور:
امضا	نام و نام خانوادگی	۴- استاد داور (داخلی):
امضا	نام و نام خانوادگی	۵- استاد داور (خارجی):
امضا	نام و نام خانوادگی	۶- نماینده تحصیلات تکمیلی:

با سپاس و قدردانی از

پدران و مادرانی که خود را فدای تربیت فرزاندان خود کردند و
اساتید و معلمانی که در تمام دوران زندگی، راهنمای جانسوز ما بودند.

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات،
ابتكارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع
این پایان‌نامه متعلق به دانشگاه شهید بهشتی
می‌باشد.

به نام خدا

نام و نام خانوادگی: محسن نوازنی

عنوان پایان نامه: بررسی و ارزیابی راهکارهای رندرینگ در واقعیت افزوده

استاد راهنما: دکتر مجتبی وحیدی اصل

اینجانب محسن نوازنی تهیه کننده گزارش سمینار کارشناسی ارشد حاضر، خود را ملزم به حفظ امانت داری و قدردانی از خدمات سایر محققین و نویسندهای بنا بر قانون Copyright می‌دانم. بدین وسیله اعلام می‌نمایم که مسئولیت کلیه مطالب درج شده با اینجانب می‌باشد و در صورت استفاده از اشکال، جداول و مطالب سایر منابع، بلافاصله مرجع آن ذکر شده و سایر مطالب از کار تحقیقاتی اینجانب استخراج گشته است و امانت داری را به صورت کامل رعایت نموده‌ام. در صورتی که خلاف این مطلب ثابت شود، مسئولیت کلیه عواقب قانونی با شخص اینجانب می‌باشد.

نام و نام خانوادگی: محسن نوازنی

تاریخ و امضا:

تقدیم به

رهجوبیان علم و فناوری و دوستداران علم و دانش

فهرست مطالب

۱	۱	مقدمه
۲	۱.۱	مقدمه
۲	۲.۱	صورت مسئله
۳	۳.۱	واقعیت افزوده چیست؟
۴	۴.۱	تاریخچه
۶	۵.۱	انگیزه پژوهش
۸	۶.۱	بیان ساختار فصل‌های بعدی
۱۱	۲	ادبیات تحقیق
۱۲	۱.۲	مقدمه
۱۲	۲.۲	معرفی
۱۲	۱.۲.۲	انواع رابط کاربری
۱۵	۲.۲.۲	واقعیت ترکیبی
۱۶	۳.۲	انواع دستگاه‌های واقعیت افزوده
۱۶	۱.۳.۲	۱- نمایشگرهایی که بر روی سر نصب می‌شوند ^۱
۱۷	۲.۳.۲	۲- نمایشگرهای دستی ^۲

¹head mounted displays (HMD)

²Handheld displays

۱۸	نمایشگرهای فضایی ^۳	۳.۳.۲
۱۹	ورودی و تعامل	۴.۲
۲۰	مروگرهای اطلاعات ^۱	۱.۴.۲
۲۰	رابط کاربر ۳ بعدی ^۲	۲.۴.۲
۲۱	رابط کاربر قابل لمس ^۳	۳.۴.۲
۲۲	رابط کاربر طبیعی ^۴	۴.۴.۲
۲۳	رابط چند منظوره ^۵	۵.۴.۲
۲۳	نمایش	۵.۲
۲۵	فناوری نمایش	۱.۵.۲
۲۵	ویدیوئی	
۲۷	نمایش دید نوری واقعیت افزوده	
۲۹	نمایش مبتنی بر نورپردازی	
۳۰	فاصله قرار گیری نمایشگر	۲.۵.۲
۳۰	نمایشگر متصل به سر	
۳۰	نمایشگر دستی و یا متصل به بدن	
۳۱	نمایشگر فاصلهای	
۳۲	کارهای مرتبط	۳
۳۳	معرفی فصل	۱.۲
۳۳	رندرینگ به چه معنا است؟	۲.۳

³spatial displays

¹Information Browsers

²3D User Interfaces

³Tangible User Interfaces

⁴Natural User Interfaces

⁵Multimodal Interfaces

۳۶	رديابي مغناطيسي ^۶	۳.۲
۳۸	رديابي براساس ديد ^۱	۴.۲
۳۸	رديابي مادون قرمز ^۲	۱.۴.۳
۳۹	رديابي نور قابل مشاهده ^۳	۲.۴.۳
۴۴	رديابي ساختارهای ۳ بعدی ^۴	۳.۴.۳

۴۵

مراجع

۴۹

واژه‌نامه انگلیسی به فارسی

۵۰

واژه‌نامه فارسی به انگلیسی

^۶Magnetic Tracking

^۱Vision Based Tracking

^۲Infrared Tracking

^۳Visible Light Tracking

^۴3D Structure Tracking

فهرست شکل‌ها

۴	۱.۱	انواع استفاده از واقعیت افزوده
۵	۲.۱	سیستم واقعیت افزوده طراحی شده توسط Sutherland، ۱۹۶۸ [۶]
۶	۳.۱	پروژه Super-Cockpit [۸]
۷	۴.۱	نمودار موقعیت فناوری‌ها در سال ۲۰۱۸
۹	۵.۱	بررسی ۲ دهه کنفرانس ISMAR [۹]
۱۴	۱.۲	انواع رابطهای کاربری [۱۱]
۱۶	۲.۲	شکل معرفی شده برای Mixed Reality توسط Milgram [۱۲]
۱۷	۳.۲	نمونه‌ای از نمایشگرهای نصب شده بر روی سر [۱۳]
۱۸	۴.۲	نمونه‌ای از نمایشگرهای دستی [۱۳]
۱۹	۵.۲	نمونه‌ای از نمایشگرهای فضایی [۱۴]
۲۰	۶.۲	نمونه‌ای از پروژه NaviCam [۱۱]
۲۱	۷.۲	استفاده از رابط کاربر ۳ بعدی [۱۵]
۲۲	۸.۲	استفاده از رابط کاربر قابل لمس [۱۶]
۲۲	۹.۲	استفاده از رابط کاربر طبیعی [۱۷]
۲۳	۱۰.۲	رابط چند منظوره [۱۸]
۲۴	۱۱.۲	منطبق کردن پارامترهای داخلی و خارجی [۱۹]
۲۶	۱۲.۲	اضافه شدن اشتباه در شکل سمت چپ و تصحیح آن در سمت راست [۲۰]

۱۳.۲	نمایش دید نوری [۱۹]	۲۸
۱۴.۲	نمایش دید نوری [۲۳]	۲۹
۱۵.۲	پروژه تانگو گوگل که با استفاده زا نمایشگرهای دستی کار می کند	۳۱
۱.۲	ارتباط ثبت، ردیابی و کالیبراسیون [۲۵]	۳۴
۲.۲	ارتباط فاصله با وضوح محاسبات در ردیابی مغناطیسی ^۱	۳۷
۳.۲	چپ: شمایی نمادین از نگاه کردن درون از بیرون-وسط: الئی دی های نصب شده بر روی سقف-راست: ردیاب دوربین [۳۲]	۳۹
۴.۲	چپ: نشانه های رنگی ثابت-راست: استفاده از چند حلقه به ثابت ها [۳۳]	۴۰
۵.۲	نمونه های مختلف ثابت های استفاده شده ^۲	۴۱
۶.۲	نمونه ای از ردیابی بر اساس ویژگی های طبیعی [۳۶]	۴۲
۷.۲	نمونه ای از ردیابی بر اساس مدل توسط شرکت OpenTL	۴۳
۸.۲	نمونه ای از روش PTAM [۴۳]	۴۴

¹<https://polhemus.com>

²www.semanticscholar.org

فهرست جداول

چکیده

واقعیت افزوده فناوری است که با مخلوط کردن واقعیت و مجازی، توجه زیادی از جامعه علمی را به خود جلب کرده است و بهترین راه برای انتقال اطلاعات مربوط به دنیای واقعی به افراد است. رایانه‌ها گرافیک‌هایی را تولید کرده و بر روی دنیای واقعی ثبت می‌کنند و به این شکل به نظر می‌رسد که این گرافیک‌ها به دنیای واقعی افزوده شده‌اند، برای همین به این فناوری واقعیت افزوده گفته می‌شود. ما شاهد رشد فناوری‌های جدید مانند هوش مصنوعی و همچنین گستردگی محصولات موجود در بازار فناوری هستیم، با وجود گذشتن چند دهه از به وجود آمدن واقعیت افزوده، این فناوری طرفداران زیادی چه در حوزه اقتصادی و چه در حوزه علمی به خود اختصاص داده است. مطالعات زیادی بر روی این فناوری انجام شده است ولی با این وجود، دارای مسائل حل نشده و جای کار بسیاری است. درنتیجه می‌تواند حوزه خوبی برای تحقیق برای علاقه‌مندان باشد. در این تحقیق سعی بر آن بوده است که در اول انگیزه از این پژوهش و دلایل انتخاب این موضوع آورده شود، سپس به معرفی سیستم واقعیت افزوده پرداخته و اجزا این سیستم و روش کار هر کدام به اختصار توضیح داده شود و در آخر مسئله رندرینگ شرح داده شده و در آن تمرکز بر روی مسئله ردیابی بوده است و درنهایت انواع روش‌های آن شرح داده می‌شود و با یکدیگر مقایسه می‌شوند.

واژگان کلیدی: واقعیت افزوده، رندرینگ، ردیابی

فصل ۱

مقدمه

۱.۱ مقدمه

در سال ۱۹۷۷ خیلی از علاوه‌مندان به فیلم و سینما، با دیدن تصویر^۳ بعدی از زنی در هوا که در حال گفتن جمله‌ی، "Help me Obiwan-Kenobi you're my only hope" بود، شگفتزده شدند. این صحنه فوق‌العاده متعلق به فیلم Star Wars^۱ بود که با استفاده از افکت‌های مخصوص توانسته بودند محتوای^۳ بعدی و مجازی را در دنیای واقعی خلق بکنند. این فیلم صحنه‌ای از آینده را نشان می‌داد که در آن مردم می‌توانستند در دنیایی که اجسام واقعی و مجازی باهم ترکیب شده‌اند، به راحتی مانند دنیای واقعی با کامپیوترها ارتباط برقرار بکنند. حدود ۳۰ سال بعد در سال ۲۰۰۸، در میان برگزاری انتخابات ریاست جمهوری آمریکا، یک نمایش ویژه از تکنولوژی به مردم نشان داده شد. در میان صحبت در رابطه با انتخابات توسط شبکه CNN، خبرنگار Wolf Blitzer به سمت جایگاه خالی نگاه کرد و ناگهان خبرنگار Jessica Yellin بر روی صحنه به صورت^۳ بعدی و درون برنامه زنده ظاهر شد.^۲ Jessica Yellin قادر بود با او، صحبت کند و یک مکالمه زنده و رودررو داشته باشد در صورتی که Jessica Yellin هزاران مایل با او فاصله داشت.

۲.۱ صورت مسئله

دنیای امروزه دنیایی پر از پیچیدگی‌ها و شگفتی‌ها است. از دیرباز مردم همیشه به دنبال سؤال‌ها و اطلاعات مختلف در زمینه‌های گوناگون بوده‌اند. با رشد تکنولوژی انسان‌ها توانستند بسیاری از سؤالات خود را جواب بدهند ولی استفاده از تکنولوژی و راحتی دسترسی به منابع اطلاعاتی همیشه مشکل بوده است و همیشه دنیا به سمت راحتی حرکت کرده است.

یکی از تکنولوژی‌هایی که به در این مسیر گام‌های مؤثری برداشته است و سعی به برطرف کردن این مشکلات دارد واقعیت افزوده است. این تکنولوژی با درآمیختن عناصر مجازی در دنیای واقعی به این روند سرعت می‌بخشد و زندگی را برای ساکنان کره زمین راحت‌تر می‌کند.

با توجه به اهمیت این تکنولوژی ولی باید توجه داشت که هنوز دارای مشکلات و مسائل حل نشده زیادی می‌باشد

¹<http://www.starwars.com>

²<http://edition.cnn.com/2008/TECH/11/06/hologram.yellin/>

و نیاز به تحقیق در این حوزه احساس می‌شود و همان‌طور که در آینده شرح داده خواهد شد یکی از مسائل مهم در این تکنولوژی رندرینگ است و نیاز است که این عناصر مجازی به صورت دقیق کار بکنند.

در این پژوهش سعی شده است که به سوالات زیر پاسخ داده شود:

واقعیت افزوده چیست؟

واقعیت افزوده از چه اجزایی تشکیل شده است و به چه شکل کار می‌کند؟

رندرینگ چیست و در چه قسمتی از این سیستم قرار گرفته است؟

چه راه حل‌هایی برای مسئله رندرینگ ارائه شده‌اند؟

راه حل‌هایی ارائه شده به چه شکل کار می‌کنند و چه مسائلی را پوشش می‌دهند؟

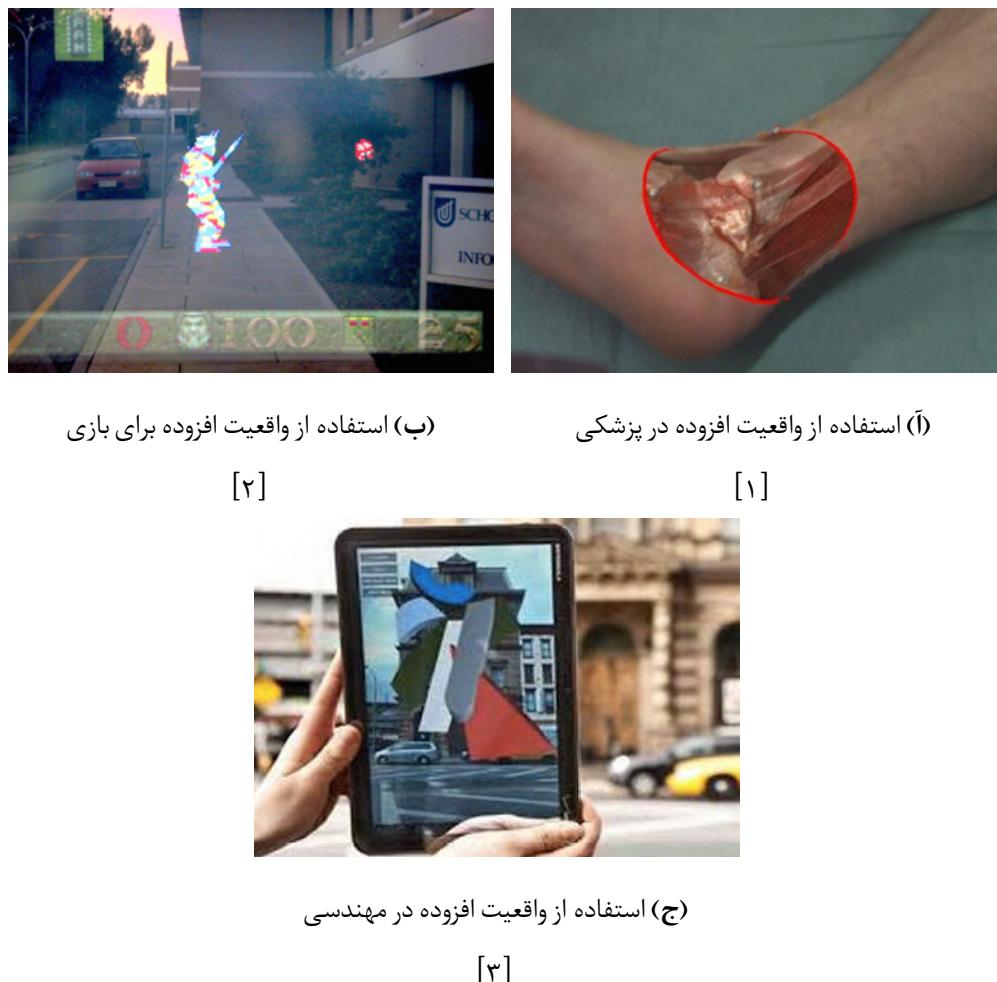
۳.۱ واقعیت افزوده چیست؟

مطالب ذکر شده در بالا یک مثال از واقعیت افزوده بود^۱ که به اختصار به آن AR نیز گفته می‌شود که قادر است تصاویر مجازی را بسازد و به دنیای واقعی اضافه کند. واقعیت افزوده تکنولوژی است که در دسته فناوری‌های مرتبط با ارتباط انسان و کامپیوتر^۲ قرار می‌گیرد، که در این دسته فناوری‌هایی قرار می‌گیرند که باعث برقراری ارتباط بهتر انسان و کامپیوتر می‌گردند و شروع این تکنولوژی‌ها از حدود دهه ۱۹۶۰ است با به وجود آمدن کارت‌های پانچ شروع شد و در ادامه این روند به موس‌ها، کیبوردها و ... رسید. هدف این تکنولوژی این است که رابط کاربری کاربران که درک و ارتباط با آن دشوار است را از دید آن‌ها مخفی کند و ارتباط با کامپیوتر را بسیار ساده‌تر مانند ارتباط با دنیای واقعی بکند.

مثال‌های بالا به ما نشان می‌دهد که واقعیت افزوده چقدر در ارتباطات و نمایش اطلاعات می‌تواند به ما کمک بکند و همین‌طور مانند تکنولوژی‌های دیگر، واقعیت افزوده می‌تواند در سطح خیلی گستردگرتری نیز به کار برسد. محققین تا به امروز در حوزه‌های مختلفی از این تکنولوژی استفاده کرده‌اند مانند پزشکی، سرگرمی، مهندسی، آموزش نظامی و غیره. برای نمونه در پزشکی می‌توان اطلاعات بیمار را بر روی بدن فرد بیمار به نمایش درآورد^[۱] و در رابطه با سرگرمی، بازیکنان می‌توانند در دنیای واقعی به بازی پردازنند^[۲] و یا در مهندسی، مهندسان می‌توانند

¹Augmented Reality

²human computer interaction technology



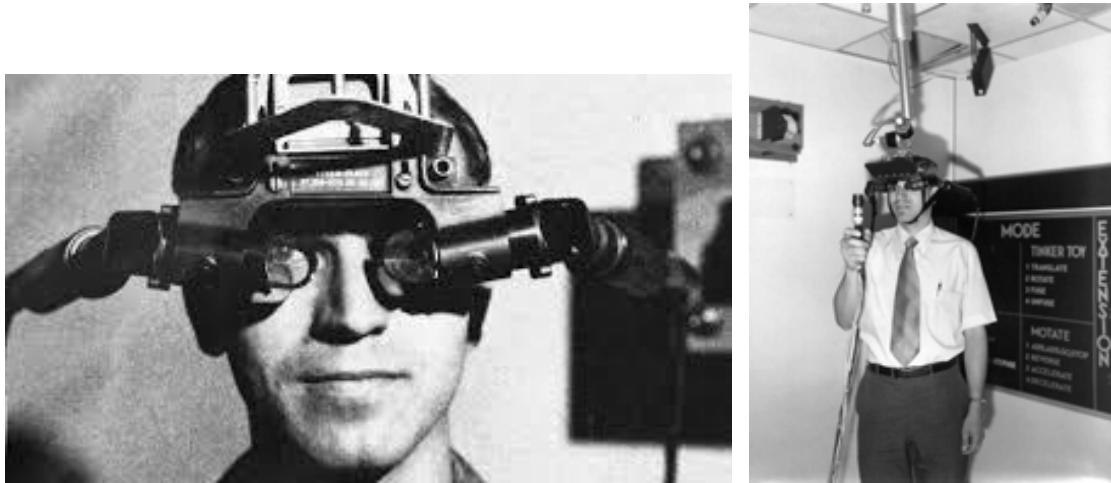
شکل ۱.۱: انواع استفاده از واقعیت افزوده

انتهای یک پروژه ساختمانی را ببینند [۳].

۴.۱ تاریخچه

گرچه واقعیت افزوده امروزه محبوب شده است، اما این فناوری جدید نیست، برای هزاران سال مردم از آینه‌ها، منابع نوری و ... برای ایجاد تصاویر مختلف در دنیای واقعی استفاده می‌کردند. برای مثال در قرن ۱۷ ام تئاترها و موزه‌ها از آینه‌های متعددی برای ادغام انعکاس اجسام و افزودن تصویری مجازی به دنیای واقعی استفاده می‌کردند [۴]. Ivan Sutherland اولین کسی بود که با استفاده از رایانه‌ها در دانشگاه ام آی تی^۱ در سال ۱۹۶۳ توانست

^۱Massachusetts Institute of Technology



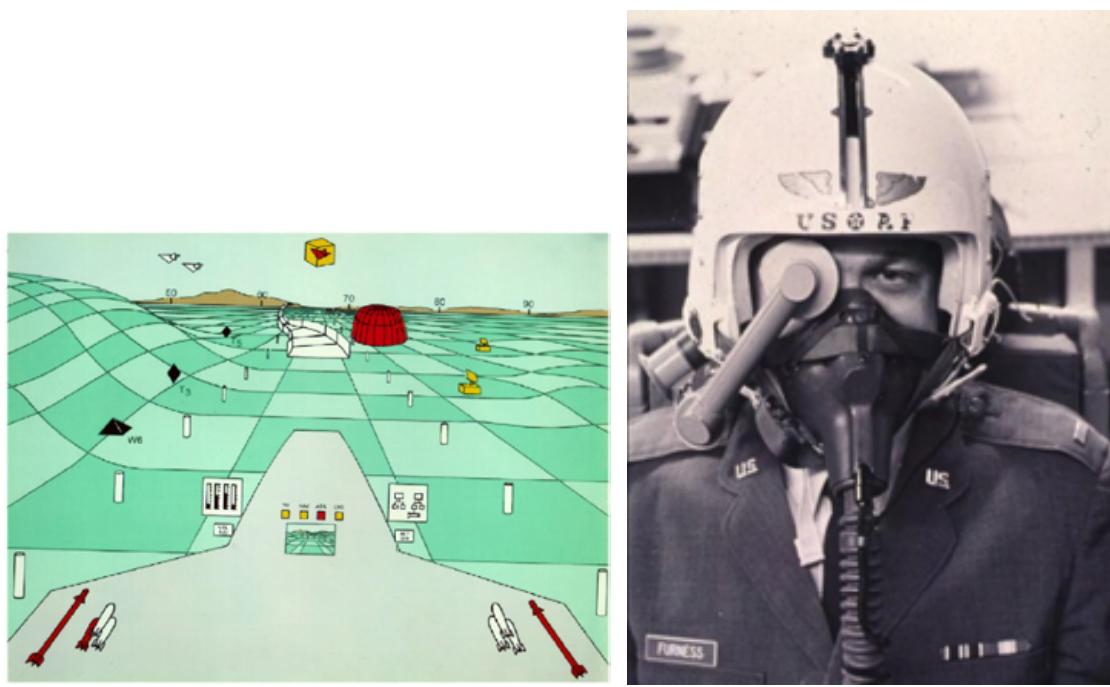
شکل ۲.۱: سیستم واقعیت افزوده طراحی شده توسط Sutherland، ۱۹۶۸ [۶]

تصاویر مجازی را به دنیای واقعی بیاورد [۵]. او در سال ۱۹۶۸ به دانشگاه هاروارد^۱ رفت و در آنجا با کمک Bob Sproull توانستند اولین دستگاه واقعیت افزوده را بسازند [۶]. این دستگاه بر روی سر قرار می‌گرفت و با استفاده از تابش نور بر روی عدسی‌ای مقابله چشمان سعی بر آن داشت تا تصاویر مفهومی را به بیننده نمایش دهد. برای ایجاد تصاویر ۳ بعدی از چندین عدسی و با استفاده از تابش‌های مختلف در جهات مختلف، توانستند تصاویر ۳ بعدی را بسازند [۶].

در سال‌های بعد، تحقیق بر روی این فناوری علاوه بر دانشگاه‌ها، در آزمایشگاه‌های نظامی و دولتی نیز شروع شد و موردنویجه قرار گرفت. به عنوان مثال Tom Furness در آزمایشگاه‌های هوای و قضای آمریکا، بر روی این فناوری شروع به تحقیق نمود و پروژه‌ای بنام Super-Cockpit را شروع کرد که به آموزش خلبانان هواپیما کمک می‌کرد [۷].

در سال ۱۹۸۱ آژانس ملی فضا و هوافضای ایالات متحده (NASA) شروع به تحقیق بر روی این فناوری نمود و کلاه و نمایشگر مخصوص به خود را نیز طراحی کرد که می‌توانست برای آموزش فضانوردان با ایجاد تصاویر مجازی کمک بکند [۸].

¹Harvard University



(ب) تصویر شبیه سازی شده در پروژه

(آ) دوربین نصب شده بر روی سر یک خلبان

شکل ۳.۱: پروژه [۸] Super-Cockpit

۵.۱ انگیزه پژوهش

گارتner^۱، شرکت پژوهشی و مشاوره آمریکایی است، که در زمینه ارائه خدمات برون‌سپاری، تحقیق و پژوهش و مشاوره فناوری اطلاعات فعالیت می‌نماید. شرکت گارتner در سال ۱۹۷۹ توسط Gideon Gideon راه‌اندازی شد و در حال حاضر دارای عملیات در ۸۵ کشور جهان است. دفتر مرکزی این شرکت در شهر استنفورد، کنتیکت، ایالات متحده آمریکا قرار دارد و سهام آن در بازار بورس نیویورک معامله می‌شود.^۲

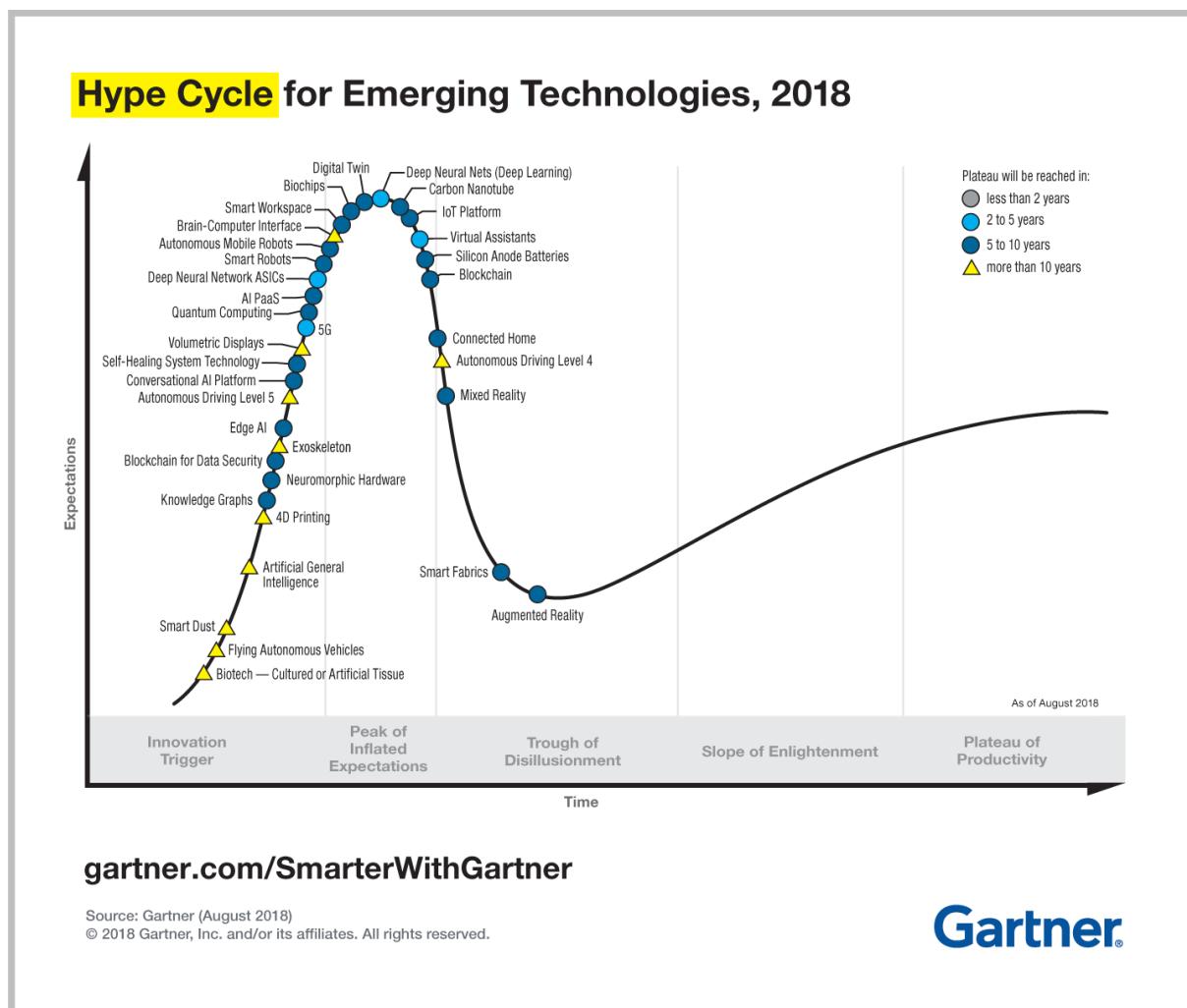
این شرکت هرساله نموداری را معرفی می‌کند که در آن به معرفی تکنولوژی‌های روز پرداخته و موقعیت آنها آن‌ها را

بررسی می‌کند.^۳ شکل ۴.۱:

¹Gartner

²<https://en.wikipedia.org/wiki/Gartner>

³<https://www.gartner.com/smarterwithgartner/5-trends-emerge-in-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2018/>



شکل ۴.۱: نمودار موقعیت فناوری‌ها در سال ۱۸۲۰

این نمودار از ۵ قسمت مختلف تشکیل شده است:

- ۱- راه افتادن فناوری^۱ : در این مرحله یک فناوری مفهوم‌سازی می‌شود، پتانسیل‌های آن مورد بررسی قرار می‌گیرد و شروع به اثبات ادعاهای خود می‌کند.
- ۲- اوج انتظارات^۲ : در این مرحله تکنولوژی به پیاده‌سازی می‌رسد و نظریات و تبلیغات در رابطه با موفقیت‌آمیز بودن و یا نبودن آن مطرح می‌شود.
- ۳- مرحله سرخوردگی^۳ : در این مرحله مشکلات تکنولوژی نمایان می‌شود و شروع تلاش‌ها برای رفع این

¹Technology Trigger

²Peak of Inflated Expectations

³Trough of Disillusionment

مشکلات است.

۴-شیب روشنگری^۱ : در این مرحله شرکت‌های مختلف به این تکنولوژی روی می‌آورند و پتانسیل‌های این فناوری برای آینده نمایان‌تر می‌شود.

۵-فلات بهره‌وری^۲ : در اینجا استفاده از این فناوری گستردۀ و همه‌گیر شده و تعداد خیلی زیادی از شرکت‌های کوچک و بزرگ به آن روی می‌آورند.

همان‌طور که ملاحظه می‌شود این فناوری در مرحله سوم قرار دارد و مشکلاتی دارد که باعث می‌شود زمینه خوبی برای مطالعه و تحقیق باشد و همچنین بسیار گرایش برای آن وجود دارد به‌طوری‌که شرکت بزرگی مانند Gartner این فناوری را پیشنهاد می‌دهد و پیش‌بینی می‌کند که یکی از فناوری‌هایی باشد که در آینده نزدیک شاهد ظهور و گستردۀ شدن آن خواهیم بود.

یکی از مراجع مهم و معروف برای مقاله‌ها در این زمینه، نشست بین‌المللی واقعیت افزوده و واقعیت ترکیبی^۳ است که در قالب IEEE Computer Society به‌صورت سالیانه برگزار می‌شود، با بررسی و ارزیابی^۲ دهه از مقاله‌های منتشرشده در این کنفرانس، به نمودارهای زیر می‌رسیم.^۴ [۹].

همان‌طور که از نتایج پیدا است یکی از حوزه‌های مورد علاقه محققین ردیابی^۵، است که مقاله‌های زیادی در این حوزه منتشر می‌شود و همچنین ارجاعات به این مقالات نیز بالا می‌باشد.

۱.۶ بیان ساختار فصل‌های بعدی

بخش‌بندی سمینار به شکل زیر است:

بخش دوم: در این بخش درخت موضوعی را به نمایش می‌گزاریم، ادبیات موضوع را مطرح کرده، کلیه اطلاعات لازم در واقعیت افزوده را شرح داده و به بیان حوزه‌های مختلف در آن می‌پردازیم و به اختصار آن‌ها را شرح می‌دهیم.

بخش سوم: در این بخش به معرفی رندرینگ در واقعیت افزوده می‌پردازیم و اجزای آن را شرح می‌دهیم و سپس

¹Slope of Enlightenment

²Plateau of Productivity

³International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)

⁴در این مقاله منظور از Rendering نحوه پردازش تصویر است و با واژه رندرینگ در این تحقیق متفاوت است.

⁵Tracking

Table 1. Research topic classification results—paper counts and percentage of each category.

Year	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	Total	% (w/ New Category)	%	Zhou08 (%)
# of Papers	26	24	24	26	28	26	33	22	24	31	264	-	-	276
Category														
Tracking	7	8	9	13	10	10	6	7	7	8	85	16.2	19.4	63 (20.1)
Interaction	6	7	6	4	6	3	6	3	5	4	50	9.5	11.4	46 (14.7)
Calibration	1	0	0	0	2	3	6	4	5	7	28	5.3	6.4	44 (14.1)
AR App.	6	4	2	8	3	7	7	6	7	5	55	10.5	12.5	45 (14.4)
Display	2	1	1	0	0	1	1	3	3	2	14	2.7	3.2	37 (11.8)
Evaluation	10	5	8	2	9	5	9	5	6	13	72	13.7	16.4	18 (5.8)
Mobile	6	5	1	5	8	2	3	3	3	4	40	7.6	9.1	19 (6.1)
Authoring	3	2	0	0	1	2	1	1	0	0	10	1.9	2.3	12 (3.8)
Visualization	2	3	2	2	3	1	4	1	0	3	21	4.0	4.8	15 (4.8)
Multimodal	0	2	0	0	0	0	2	1	2	2	9	1.7	2.1	8 (2.6)
Rendering	4	3	3	3	7	6	9	3	5	12	55	10.5	12.5	6 (1.9)
Total	47	40	32	37	49	40	54	37	43	60	439	-	100.0	313 (100.0)
New Category														
Perception	2	2	3	0	3	2	9	4	2	11	38	7.2	-	-
Collaboration	0	3	1	1	0	0	2	0	2	0	9	1.7	-	-
Reconstruction	0	1	1	5	4	4	5	3	2	4	29	5.5	-	-
Modeling	2	1	4	0	0	2	1	0	1	0	11	2.1	-	-
Grand Total	51	47	41	43	56	48	71	44	50	75	526	100.0	-	-

(ا) تعداد مقاله ها بر اساس موضوع

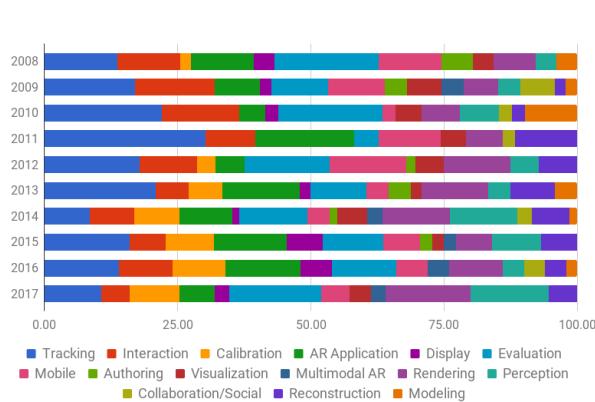
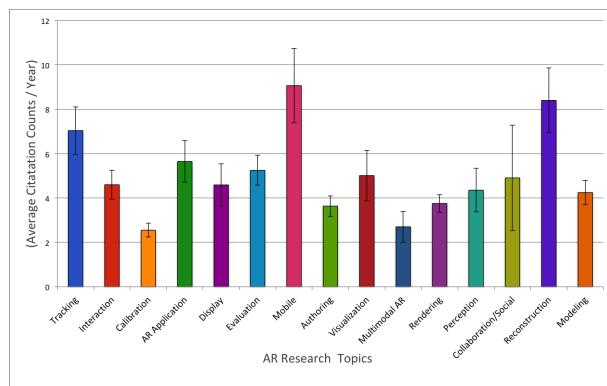


Table 2. Proportion of highly cited papers.

Category	% Papers	% Citations	Zhou08	
	% Papers	% Citations		
Tracking	19.4 (16.2)	25.2 (20.9)	20.1	32.1
Interaction	11.4 (9.5)	10.6 (8.8)	14.7	12.5
Calibration	6.4 (5.3)	0.8 (0.7)	14.1	12.5
AR App.	12.5 (10.5)	10.6 (8.8)	14.4	12.5
Display	3.2 (2.7)	3.3 (2.7)	11.8	5.4
Evaluation	16.4 (13.7)	15.4 (12.8)	5.8	1.8
Mobile	9.1 (7.6)	14.6 (12.2)	6.1	7.1
Authoring	2.3 (1.9)	2.4 (2.0)	3.8	8.9
Visualization	4.8 (4.0)	5.7 (4.7)	4.8	5.4
Multimodal	2.1 (1.7)	0.8 (0.7)	2.6	0.0
Rendering	12.5 (10.5)	10.6 (8.8)	1.9	1.8
Total	100.0	100.0	100.0	100.0
Perception	(7.2)	(3.4)	-	-
Collaboration	(1.7)	(1.4)	-	-
Reconstruction	(5.5)	(9.5)	-	-
Modeling	(2.1)	(2.7)	-	-
Grand Total	(100.0)	(100.0)	-	-

(ج) مقایسه تمایل نویسندها بر اساس موضوع

(ب) ارجاع به مقالات به نسبت تعداد



(د) میانگین ارجاع به مقالات در سال بر اساس موضوع

شکل ۵.۱: بررسی ۲ دهه کنفرانس ISMAR

تمرکز خودمان را بر روی ردیابی (Tracking) می‌گزاریم و روش‌های مختلف درون آن را شرح می‌دهیم و کارهای گذشته را ذکر می‌کنیم.

فصل چهارم: در این فصل روش‌های مختلف را باهم مقایسه کرده و مسئله‌ای را مطرح کرده و به چالش‌های آن می‌پردازیم.

فصل پنجم: در این فصل به نتیجه‌گیری کلی می‌پردازیم.

فصل ۲

ادبیات تحقیق

۱.۲ مقدمه

در این فصل به ارائه مفاهیم پایه می‌پردازیم و مفاهیمی که باید خواننده با آن‌ها آشنا باشد تا بتواند به مرور فصل‌های بعدی بپردازد و دچار سردرگمی خواننده نشود را بیان می‌کنیم.

در ابتدا به معرفی واقعیت افزوده می‌پردازیم سپس انواع رابطه‌های کاربری و حوزه‌های مشابه با واقعیت افزوده را شرح می‌دهیم. در زیر بخش بعدی انواع دستگاه‌های واقعیت افزوده را معرفی می‌کنیم و با یکدیگر مقایسه می‌کنیم و در زیر بخش بعد به معرفی انواع روش‌های دریافت ورودی در این سیستم و تعامل با کاربر می‌پردازیم. در بخش آخر نیز در رابطه با نمایشگرها و شیوه کاری آن‌ها صحبت می‌کنیم آن‌ها را با یکدیگر مقایسه می‌کنیم.

۲.۲ معرفی

۱.۲.۲ انواع رابط کاربری

محقق Ron Azuma بیان می‌کند که واقعیت افزوده باید شامل ۳ ویژگی باشد [۱۰]:

- ۱- باید توانایی ترکیب دنیای واقعی و مجازی را دارا باشد.
- ۲- باید با دنیای واقعی در ارتباط باشد.
- ۳- باید به صورت ۳ بعدی قابل استناد باشد.

مثال شبکه خبری CNN هر سه این شرایط را دارا می‌باشد. تصویر مجازی خبرنگار Jessica Yellin به صورت زنده بر روی صحنه ظاهر شد و همچنین توانایی برقراری ارتباط و صحبت با خبرنگار Wolf Blitzer در همان زمان بود و تصویر مجازی به صورت سه بعدی قابل نمایش بود.

در یک سیستم واقعیت افزوده هر سه شرط باید رعایت شود و همچنین باید شامل یک سیستم کامپیوتری که قادر است تصاویر مجازی تولید کند و به دنیای واقعی اضافه کند باشد، همچنین باید یک سیستم ردیابی^۱ را دارا باشد تا بتواند نقطه مناسب برای ظاهر شدن تصویر مجازی را شناسایی بکند و تصویر مجازی را بر روی آن به نمایش درآورد. در قسمت بعدی این تحقیق مفصل به بیان سیستم ردیابی می‌پردازیم.

¹ Tracking

باید توجه شود که در تعریف Azuma هیچ محدودیتی آورده نشده در مورد نوع تکنولوژی که برای ظاهر کردن تصاویر در دنیای واقعی از آن استفاده می‌کنیم، همچنین در سیستم لزومی به ظاهر شدن تصویر نمی‌باشد و می‌تواند به پخش موسیقی و یا پخش فیلم بپردازد.

اگر با یک دید جامع نگاه بکنیم، واقعیت افزوده آخرين تلاش توسط محققین و مهندسین برای حذف رابط کاربری در کامپیوترها و افزایش تعامل کاربر با دنیای واقعی است. Rekimoto تفاوت بین رابطهای میز کار سنتی^۱ با تلاش‌هایی که در جهت حذف رابط کاربری انجامشده است را متمایز ساخت [۱۱]. همان‌طور که در شکل ۶.۲ قابل مشاهده است، Rekimoto به معرفی انواع رابطهای کاربری پرداخت و ۴ مدل را معرفی نمود.

۱- مدل رابط گرافیکی کاربر (GUI):^۲ در این مدل کاربر با استفاده از اشکال گرافیکی که توسط کامپیوتر در اختیارش قرار می‌گیرد ارتباط برقرار می‌کند مانند آیکون‌ها، محیط ویندوز، منوها و ...

۲- مدل واقعیت مجازی:^۳ در این مدل کاربر با استفاده از کلاهی که بر روی سر و چشمانش قرار می‌گیرد وارد دنیای مجازی شده و درون این دنیا قرار می‌گیرد و با استفاده از دستکش‌ها و یا دسته‌های مخصوص شروع به تعامل با دنیای مجازی می‌کند و به‌اصطلاح درون این دنیا غواصی^۴ می‌کند و از دنیای واقعی جدا می‌شود.

۳- مدل پردازش همه‌جا حاضر:^۵ در این مدل سنسورها و پردازشگرها در دنیای واقعی جاسازی شده‌اند.

۴- واقعیت افزوده:^۶ مشکل مدل دوم (واقعیت مجازی) این است که کاربر از دنیای واقعی جدا شده و توانایی ارتباط با آن را ندارد ولی در این مدل کاربر علاوه بر توانایی تعامل با دنیای مجازی، قادر است با دنیای واقعی نیز تعامل بکند و این دو نه تنها مشکلی برای هم ایجاد نمی‌کنند، بلکه مکمل و کمک‌کننده به یکدیگر هستند.

همان‌طور که در تعاریف بالا می‌توانیم ببینیم، رابطه نزدیکی بین واقعیت مجازی و واقعیت افزوده وجود دارد، همچنین هر دو آن‌ها دارای صفحه‌نمایشی که بر روی سر نصب شده^۷، سیستم ردیابی و دستگاه‌های ورودی دستی^۸ می‌باشند، با این حال بین این دو تفاوت‌های مهمی وجود دارد.

¹traditional desktop computer interfaces

²graphical user interface

³Virtual Reality

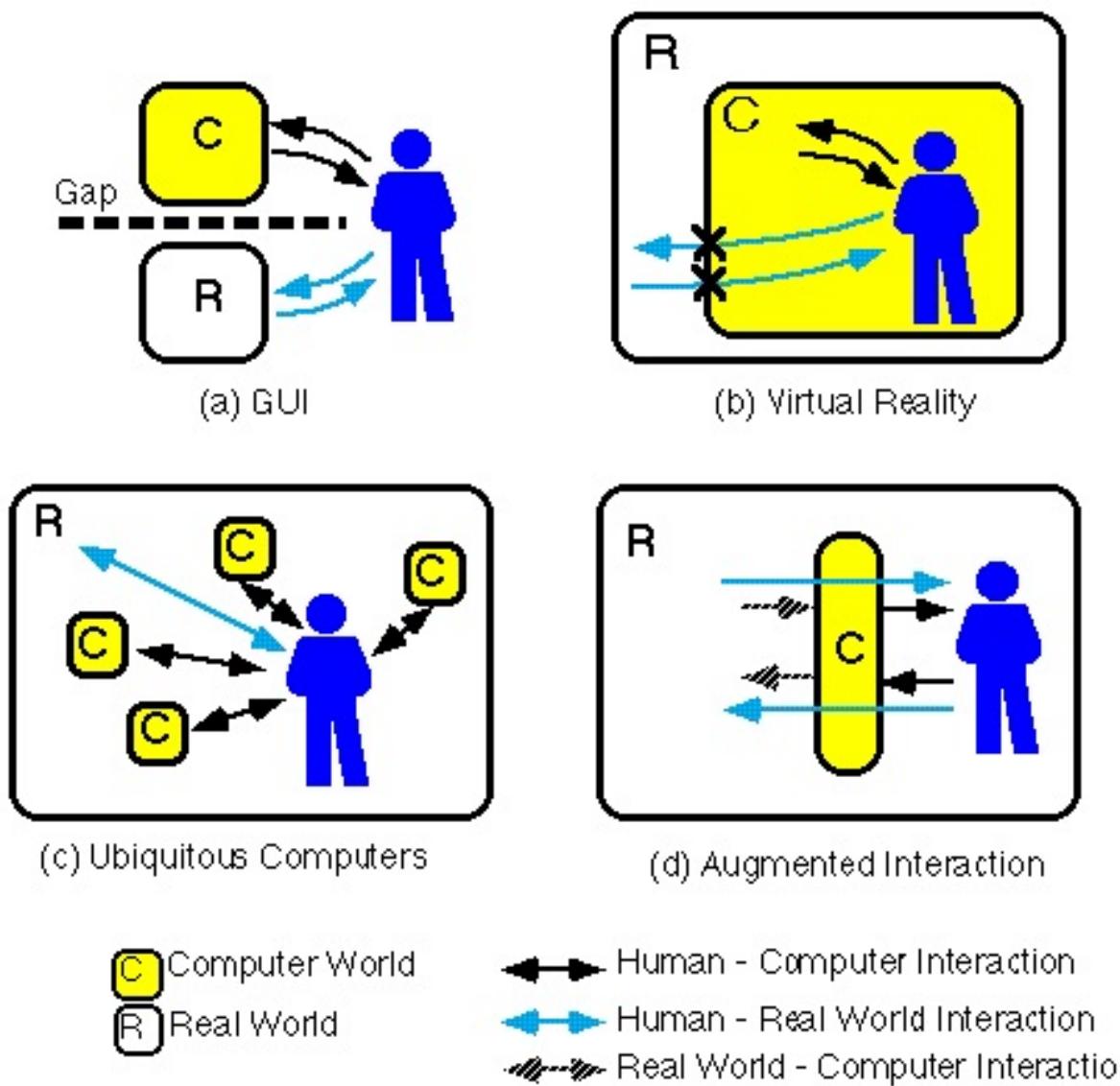
⁴immersive

⁵Ubiquitous Computing

⁶Augmented Reality

⁷head mounted displays

⁸handheld input devices



شکل ۱.۲: انواع رابطه‌های کاربری [۱۱]

هدف اصلی از واقعیت مجازی، استفاده از تکنولوژی برای جایگزینی آن با دنیای واقعی است و در مقابل آن در واقعیت افزوده، تکنولوژی سعی بر آن دارد با استفاده از محتوای دیجیتال^۱ بدون آنکه به کاربر حس غوطه‌ور شدگی دست بدهد به دنیای واقعی بیفزاید. در واقعیت مجازی دستگاه نمایشگر باید کاملاً جامع باشد و میدان گستردگی از دید را پوشش بدهد و گرافیک‌های ۳ بعدی تا حد امکان واقعی به نظر بیایند. از آنچاکه کاربر به مدت زیادی قادر به دیدن دنیای واقعی نمی‌باشد، در واقعیت مجازی سیستم ردیابی نیاز به دقیق بودن به نسبت دنیای واقعی را ندارد و این حساسیت در آن کمتر می‌باشد.

¹digital content

در مقابل، در واقعیت افزوده، سیستم نمایش می‌تواند به صورت غیر غوطه‌ور کننده، با گستردگی دید کم و با استفاده از گرافیک‌های کوچک باشد. ولی در اینجا، سیستم ردیابی باید بسیار دقیق باشد و توانایی داشته باشد تا محتوای مجازی را دقیقاً بر روی دنیای واقعی قرار بدهد. برای کاربران واقعیت افزوده بسیار ساده است تا متوجه چندین میلی‌متر تفاوت قرار گرفتن محتوای مجازی با دنیای واقعی بشوند.

۲.۲.۲ واقعیت ترکیبی

برای توضیح بیشتر برای واقعیت افزوده می‌توانیم به نتیجه تحقیق Kishino و Milgram نگاهی بیندازیم [۱۲]. آنها مفهومی با نام واقعیت ترکیبی^۱ را معرفی نمودند که این مفهوم دو مفهوم واقعیت و مجازی را بایکدیگر ترکیب می‌کند و همچنین طبقه‌بندی‌هایی را بر اساس میزان ترکیب مجازی و واقعیت بیان می‌کند. در سمت راست محیط مجازی^۲ را می‌بینیم، جایی که دید کاربر از جهان توسط کامپیوترهایی که تصاویر مجازی تولید می‌کنند کاملاً جایگزین شده است. در سمت مخالف، یعنی در سمت چپ ما شاهد محیط واقعی^۳ هستیم که در آن کاربر هیچ‌گونه دید و درکی از عناصر مجازی ندارد و کاملاً درون دنیای واقعی قرارگرفته است. هر چه از محیط واقعی به سمت محیط مجازی حرکت کنیم، میزان عناصر مجازی در دید کاربر افزایش می‌ابد و این محیط مابین، به دو دسته دیگر تقسیم می‌شوند. دسته واقعیت افزوده که در آن میزان واقعیت در دید کاربر خیلی بیشتر از مجازی است و دسته مجازی افزوده شده^۴ که درون آن، بیشتر دید کاربر را عناصر مجازی تشکیل داده است و قسمت کمی را عناصر واقعی تشکیل می‌دهند.

با استفاده از شکل ۲.۲، به این نتیجه می‌رسیم که واقعیت افزوده خود به تهایی به عنوان دسته مجزا شناخته نمی‌شود بلکه بخشی از هر دو را تشکیل می‌دهد.

¹Mixed Reality

²Virtual Environment

³Real Environment

⁴Augmented Virtuality



[۱۲] شکل معرفی شده برای Mixed Reality توسط Milgram

۳.۲ انواع دستگاه‌های واقعیت افزوده

دستگاه‌های نمایشگری که با استفاده از آن‌ها تکنولوژی واقعیت افزوده را به نمایش در می‌آوریم به سه دسته کلی تقسیم می‌شوند [۱۳]:

۱.۳.۲ ۱- نمایشگرهایی که بر روی سر نصب می‌شوند^۱

این نوع از نمایشگرها بر روی سر قرار می‌گیرند مانند کلاه ایمنی و یا مانند عینک، در جلوی چشمان قرار داده می‌شوند و قادر هستند هر دو تصویر از دنیای مجازی و واقعی را بر روی هم قرار داده و به کاربر نشان بدهند شکل. این دستگاه‌ها به دو صورت کار می‌کنند.

۱- دیدن از طریق ویدیو^۲: در این مدل، نیاز داریم تا کاربر، ۲ دوربین را بر روی سر خود قرار دهد و با استفاده از پردازش‌های تصاویر این دو دوربین، تصاویر^۳ بعدی از محیط را به صورت زنده دریافت کنیم و همزمان با استفاده از یک کامپیوتر، تصاویر^۳ بعدی مجازی را طراحی بکنیم و با تصاویر دریافتی از دوربین‌ها، ادغام بکنیم، در این روش به دو مشکل بروخود می‌کنیم، مشکل اول کیفیت تصاویر است که وابسته بهوضوح^۳ دوربین‌ها و پردازشگرهای تصاویر است و همچنین وابسته به کیفیت تصویر تولیدشده توسط کامپیوتر است و مشکل بعدی این است که باید سرعت کارها در این نوع بالا باشد تا تأخیر^۴ دریافت تصاویر و پردازش و سپس نمایش را به حداقل برسانیم.

¹head mounted displays (HMD)

²Video-see-through

³resolution

⁴latency



شکل ۳.۲: نمونه‌ای از نمایشگرهای نصب شده بر روی سر [۱۳]

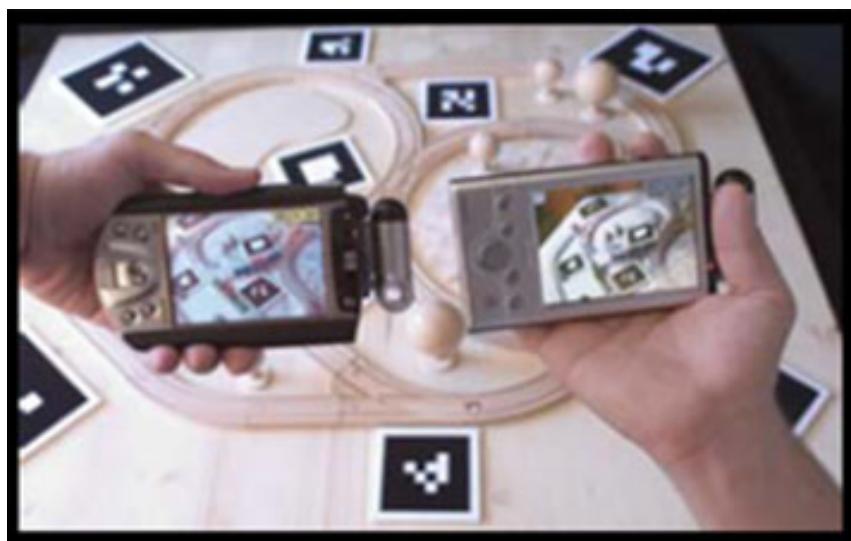
۲- دیدن از طریق نور:^۱ در این مدل کاربر با استفاده از لنزها، قادر است دنیای واقعی را ببیند، و با استفاده از دستگاه‌های خاص و تابش نور به لنزها، تصاویر ۳ بعدی را برای کاربر طراحی می‌کنیم. در اینجا کیفیت تصاویر دریافتی به نسبت روش قبل بالاتر است زیرا برای دیدن دنیای واقعی نیازی بهوضوح نمایشگر نداریم ولی برای ایجاد کردن تصاویر ۳ بعدی در این روش مشکل است. همچنین به دلیل اینکه تصاویر محیط واقعی را بدون واسطه دریافت می‌کنیم، تأخیر در اینجا نیز کمتر از روش قبلی است.

۲.۳.۲ نمایشگرهای دستی^۲ :

این نوع از نمایشگرها، با کمک گرفتن از دستگاه‌های محاسباتی کوچک که دارای نمایشگر می‌باشند کار می‌کنند و برای ادغام کردن تصاویر مجازی با دنیای واقعی از روش "دیدن از طریق ویدئو" استفاده می‌کنند. به عنوان مثال برای این نوع از نمایشگرها می‌توان تلفن‌های همراه هوشمند را مثال زد که علاوه بر دارا بودن

¹optical-see-through

²Handheld displays



شکل ۴.۲: نمونه‌ای از نمایشگرهای دستی [۱۳]

ویژگی‌های ذکر شده، دارای سنسورهایی مانند "سیستم موقعیت یاب جهانی"^۱ و قطب نمای دیجیتال هستند که برای ردیابی می‌توان از آن‌ها استفاده نمود

۳.۳.۲ نمایشگرهای فضایی^۲

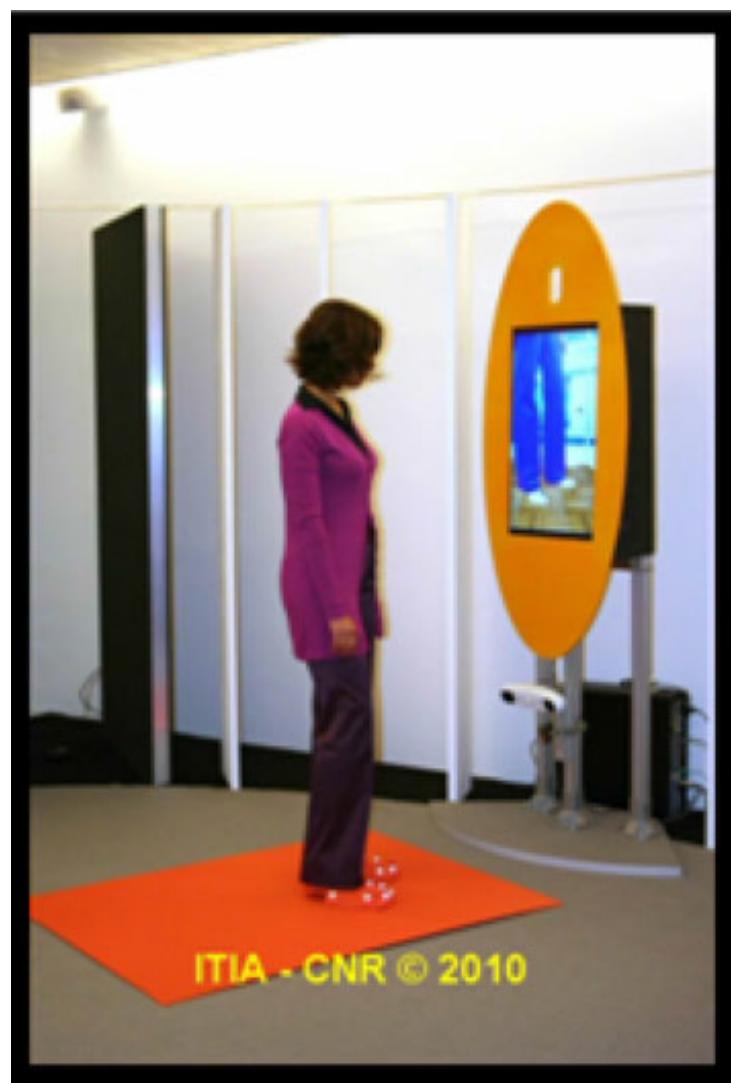
در این نوع از نمایشگرها ما شاهد واقعیت افزوده فضایی^۳ هستیم که با استفاده از ویدئو پروژکتور، عناصر نوری، هولوگرام‌ها و برچسب‌های فرکانس رادیویی به صورت مستیم عناصر مجازی را به درون دنیای واقعی می‌اورند و دیگر کاربر نیازی ندارد که دستگاهی را بر روی سرخود قرار بدهد و یا اینکه دستگاهی را حمل بکند شکل ۵.۲. در نمایشگرهای فضایی، بیشتر فناوری بدون وابستگی به کاربر است و بدون دخالت او، عناصر مجازی را با روش اضافه کردن مستقیم^۴ با دنیای واقعی ادغام می‌کنیم [۱۴].

¹Global Positioning System (GPS)

²spatial displays

³Spatial Augmented Reality (SAR)

⁴direct augmentation



شکل ۵.۲: نمونه‌ای از نمایشگرهای فضایی [۱۴]

۴.۲ ورودی و تعامل

سیستم‌های واقعیت افزوده می‌توانند روش‌های مختلف دریافت ورودی را با یک دیگر ترکیب بکنند، مانند دریافت از صوت، دستکش‌های مخصوص، لمس کردن تصویر، پردازش تصویر و غیره. دریافت ورودی‌ها در برنامه‌های مختلف با توجه به نیاز هر برنامه متفاوت است. سیستم‌های طراحی شده برای دریافت ورودی و تعامل با واقعیت افزوده را می‌توان به ۵ دسته زیر تقسیم نمود:



شکل ۶.۲: نمونه‌ای از پروژه NaviCam [۱۱]

۱.۴.۲ مروگرهاي اطلاعات^۱:

رابطی است برای نشان دادن اطلاعات واقعیت افزوده بر روی دنیای واقعی. این نوع از دریافت اطلاعات و تعامل، نماینده‌ای از برنامه‌های واقعیت‌های افزوده است و درجایی کار می‌کنند که نمایشگر واقعیت افزوده به عنوان پنجره‌ای به‌سوی فضای اطلاعاتی در نظر گرفته می‌شود و وظیفه اصلی کاربر این است که این پنجره را کنترل کرده تا بتواند اطلاعات را دریافت بکند. اولین نمونه از این برنامه NaviCam شکل ۶.۲ است که بر روی گوشی‌های هوشمند پیاده‌سازی شد. این نوع از برنامه‌ها نیاز به انجام تعامل‌های پایه دارد و شیوه کار آن‌ها به این صورت است که صحنه واقعیت افزوده را پردازش می‌کنند و اطلاعات برای کاربر پردازش می‌شود [۱۱].

۲.۴.۲ رابط کاربر ۳ بعدی^۲:

در این مدل با استفاده از تکنیک‌های تعاملی ۳ بعدی به ارتباط با محتوا در فضای پردازیم. این روش یکی از راه‌های جذاب و مناسب برای تعامل است. Bowman به‌طور خلاصه این فرایند را به سه قسمت تقسیم کرده است [۱۵].

¹Information Browsers

²3D User Interfaces



شکل ۷.۲: استفاده از رابط کاربر ۳ بعدی [۱۵]

- **جهتیابی^۱**: در این قسمت نیاز است که عنصر ۳ بعدی دیده شود و در اصل به سمت آن جهتیابی شویم، این قسمت بسیار ساده است و با حرکات بدن کاربر قابل پیاده‌سازی است. در بسیاری از دستگاه‌ها کاربر می‌تواند در سه بعد حرکت کند و در هر سه جهت نیز بچرخد.
- **انتخاب^۲**: در این قسمت نیاز است تا کاربر بتواند برای تعامل، عنصر مجازی را انتخاب بکند، برای این قسمت می‌توان از دستگاه‌های مختلف مانند سنسورها، جوی استیک^۳ و... استفاده کرد.
- **دستکاری^۴**: این قسمت گام آخر است و کاربر می‌تواند تعامل خود را با عناصر مجازی به راحتی انجام دهد.

۳.۴.۲ رابط کاربر قابل لمس^۵ :

در این نوع از رابط‌ها، برای ارتباط با عناصر مجازی از عناصر دنیای واقعی استفاده می‌کنیم. این اجسام مانند پلی‌بین دنیای واقعی و دنیای مجازی می‌باشند و تعامل را برقرار می‌سازند. این روش یکی از روش‌های نوین برای

¹navigation

²selection

³joysticks

⁴manipulation

⁵Tangible User Interfaces



شکل ۸.۲: استفاده از رابط کاربر قابل لمس [۱۶]

تعامل با دنیای مجازی است، اما مشکلات خود را نیز دارا است، به عنوان مثال، وقتی که قصد داریم یک عنصر مجازی را بر روی عنصر فیزیکی به وجود بیاوریم، این عنصر مجازی یا باید با استفاده از پرتو تابیده شود، و یا بر روی نمایشگر کاربر ظاهر شود، در این رابط، ممکن است فاصله‌ای بین جسم مجازی و فیزیکی به وجود بیاید که ناخوشايند است [۱۶].

۴.۴.۲ رابط کاربر طبیعی^۱ :

در این مدل از اجزای طبیعی بدن مانند دست‌ها استفاده می‌کنیم، در این حالت اجزای بدن می‌توانند ریدیابی شوند و تشخیص داده شوند با استفاده از سنسورهای مختلفی که کاربر می‌تواند پوشیده باشد. سنسورهای مختلفی در اندازه‌ها و شکل‌های مختلفی برای این کار ساخته شده‌اند. با پیشرفت کامپیوترها، سیستم‌های واقعیت افزوده توانستند حرکت و ژست بدن کاربر را بدون نیاز به سنسورها تشخیص بدهند. به طور مثال Lee توانست سیستمی را طراحی کند که توانایی شناسایی دست و حرکت‌های آن را داشته باشد [۱۷].



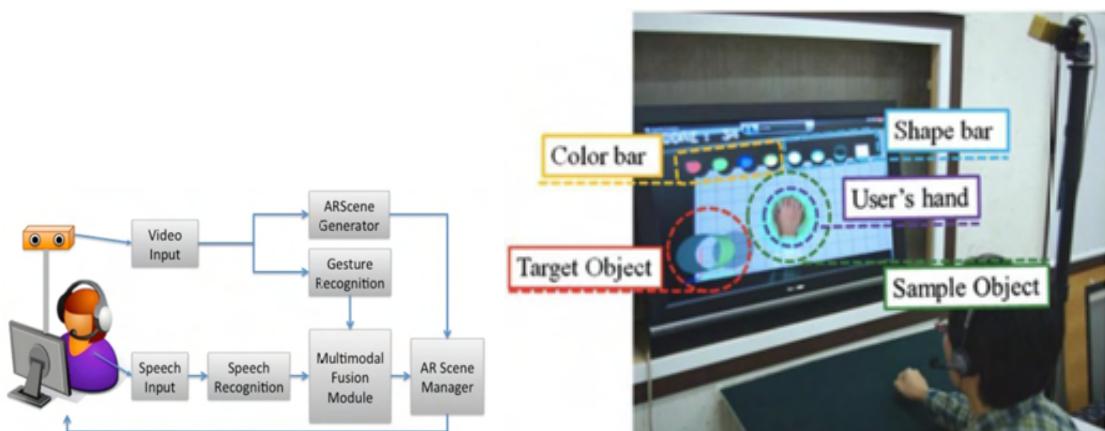
شکل ۹.۲: استفاده از رابط کاربر طبیعی [۱۷]

^۱Natural User Interfaces

۵.۴.۲ رابط چند منظوره^۱ :

برای تعامل قوی‌تر در برنامه‌های واقعیت افزوده، محققین سعی کردند تا مدل‌های مختلفی از ورودی‌ها را با یکدیگر ترکیب کنند، در این میان ترکیب گفتار^۲ و تشخیص ژست^۳، یکی از گسترده‌ترین و فعال‌ترین بخش‌ها بوده است.

Lee در این رابطه تحقیقات زیادی انجام داد و یک سیستم چندمنظوره را طراحی کرد که در آن با استفاده از یک دوربین به ردیابی ژست دست می‌پرداخت و همچنین با دریافت گفتار و ترکیب این دو، دستورات را شناسایی می‌کرد و به تعامل با کامپیوتر می‌پرداخت. او توانست دقت را در این روش شناسایی کند و بیان کرد که با این ترکیب در سیستم واقعیت افزوده ۲۵ درصد سریع‌تر به نسبت تشخیص ژست به تنها یکی، می‌توان به تعامل پرداخت [۱۸].



شکل ۱۰.۲: رابط چند منظوره [۱۸]

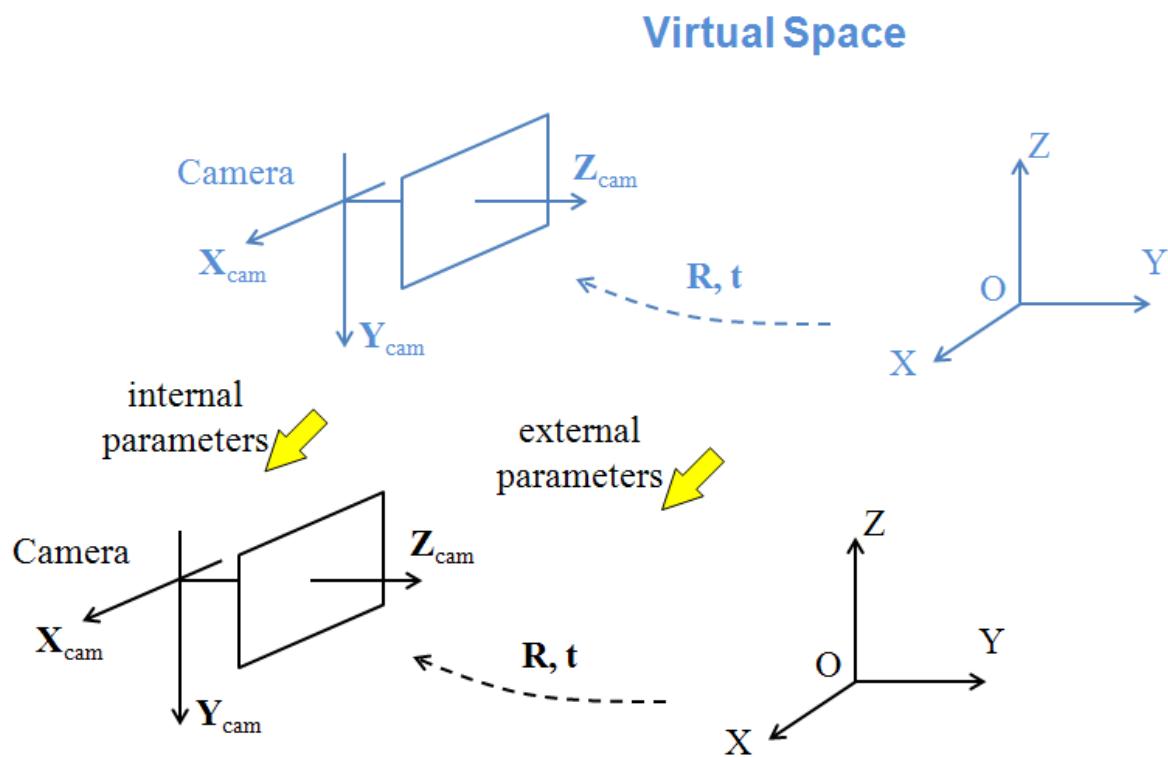
۵.۲ نمایش

در واقعیت افزوده، اشیاء مجازی و دنیای واقعی باید با یکدیگر ترکیب شوند و به صورت همزمان نمایش داده شوند. برای رسیدن به این هدف قبل از به نمایش درآمدن واقعیت افزوده چندین فرایند باید انجام شوند که عبارتند

¹Multimodal Interfaces

²speech

³gesture recognition



Real Space

شکل ۱۱.۲: منطبق کردن پارامترهای داخلی و خارجی [۱۹]

از: کالیبره کردن دوربین^۱، ثبت^۲، ردیابی و ساخت^۳.

کالیبره کردن دوربین رویه‌ای است که در آن پارامترهای دوربین مجازی با دوربین واقعی منطبق می‌شود شکل ۱۱.۲.

این امر برای نمایش صحیح اشیاء مجازی منطبق بادید کاربر، نیاز است. دوربین‌ها دارای دو نوع از پارامترها هستند، پارامترهای داخلی و پارامترهای خارجی.

- **پارامترهای داخلی**، پارامترهایی هستند که ساختار سه بعدی محیط را به تصویر دو بعدی تبدیل می‌کنند. پارامترهای داخلی با تهیه چندین تصویر توسط دوربین از الگوهای شناخته شده و مقایسه ویژگی‌های تصاویر به دست آمده از این الگوهای با ویژگی‌های سه بعدی آنها، تعیین می‌شوند. این امر معمولاً قبل از

¹calibration

²registration

³construction

شروع به کار سیستم واقعیت افروده انجام می‌شود.

• **پارامترهای خارجی** با ردگیری دوربین و تعیین فاصله و جهت دوربین تعیین می‌شوند. هنگامی که صحنه ایستا است تنها تعیین پارامترهای خارجی دوربین در حالت اولیه کافی است ولی در صحنه‌هایی که تغییر می‌کنند به این دلیل که هر تغییری ممکن است در صحنه مجازی که قرار است به محیط واقعی اضافه شود، تغییر ایجاد کند، هر جسم مهمی که مکان آن تغییر می‌کند باید ردگیری شود [۱۹].

با استفاده از روش‌های ردگیری، مکان و جهت دوربین و اجسام موجود در هر صحنه مشخص می‌شود. برای آنکه صحنه مجازی به صورت صحیح به صحنه واقعی افزوده شود، هر صحنه مجازی باید با صحنه واقعی متناظر خود تطبیق داده شود، به این رویه، رویه ثبت گفته می‌شود. پس از تطبیق صحنه واقعی با صحنه مجازی، تصویر غنی‌شده ایجاد می‌شود که می‌تواند طبق کاربرد و فناوری به کاربرده شده به صورت دیجیتالی و یا به صورت فیزیکی نمایش داده شود.

در این بخش ابتدا به بررسی انواع فناوری‌های نمایش مورداستفاده در واقعیت افروده و سپس از نظر نوع نمایش و فاصله محل قرارگیری از چشم کاربر بررسی می‌شوند.

۱.۵.۲ فناوری نمایش

فناوری‌های نمایش واقعیت افروده بسته به نوع ترکیب تصویر مجازی با تصویر واقعی به سه دسته تقسیم می‌شوند: ویدیوئی^۱، دید نوری^۲ و ایجاد تصویر بر روی یک سطح فیزیکی^۳.

ویدیوئی

در این نوع نمایش ابتدا تصویر محیط واقعی را به وسیله دوربین به صورت دیجیتالی تبدیل می‌کنند و سپس تصویر مجازی به کمک روش‌های پردازش تصویر، به تصویر محیط واقعی اضافه می‌شود. در بیشتر موارد دوربین در پشت صفحه نمایش متصل می‌شود و اجازه دیده‌ستقیم به محیط را می‌دهد. در واقع در این مدل دنیای واقعی

¹Video based

²Optical see-through

³Projection onto a physical surface



شکل ۱۲.۲: اضافه شدن اشتباہ در شکل سمت چپ و تصحیح آن در سمت راست [۲۰]

را از طریق صفحه‌نمایش می‌بینیم. دوربین می‌تواند در زوایای دیگر نیز قرار گیرد مثلاً رو به کاربر برای ایجاد یک آینه مجازی [۱۹]. با رایج شدن استفاده از دوربین‌های دیجیتال در رایانه‌ها، رایانه‌های لوحی و تلفن‌های هوشمند پیاده‌سازی واقعیت افزوده به سادگی امکان‌پذیر شده است. این امر سبب شده تا واقعیت افزوده ویدیوئی به عمومی‌ترین نوع واقعیت افزوده تبدیل شود. همچنین با وجود دوربین‌های دیجیتال و الگوریتم‌های پیشرفته ردگیری امکان افزایش دقت ترکیب تصویر واقعی با تصویر مجازی، در حد پیکسل فراهم شده است. یکی از مشکلات رایج این نوع واقعیت افزوده، عدم رعایت صحیح رابطه بین اجسام واقعی و مجازی است بدین‌صورت که قسمتی از جسم واقعی که نزدیک‌تر از محل قرارگیری جسم مجازی است در زیر جسم مجازی اضافه شده به تصویر قرار می‌گیرد [۲۰].

همان‌طور که در شکل ۱۲.۲ دیده می‌شود در سمت چپ شی مجازی به صورت نادرستی به محیط واقعی اضافه شده است و این مشکل در شکل سمت راست رفع شده است. این مشکل با به‌دست آوردن اطلاعات عمقی صحنه واقعی و مقایسه این اطلاعات با اطلاعات مجازی که باید به صحنه واقعی اضافه شود قابل حل است. جدیدترین روش به‌دست آوردن اطلاعات عمقی محیط استفاده از روش‌های تصویر پایه است [۱۹]. بدین‌صورت که با مقایسه دو تصویر و ترکیب آنها اطلاعات عمقی محیط به‌دست می‌آید. از دیگر روش‌های به‌دست آوردن عمق محیط استفاده از دوربین‌های پیمایش عمقی است که همراه با تصویر رنگی یک نقشه از اطلاعات عمقی محیط را نیز فراهم می‌کنند.

اصلی‌ترین مشکل واقعیت افزوده ویدیوئی، دید غیرمستقیم (از طریق نمایشگر) از محیط است [۱۹]، تصویری

که از طریق دوربین تهیه شده است دارای چندین محدودیت مانند وضوح و کیفیت تصویر، جابجایی چشم و تأخیر است. این کاستی ها در کاربردهایی مانند پزشکی که دیدمستقیم از محیط نیاز است بسیار مهم می شوند. از دیگر مشکلات این نوع نمایش، نیاز بالای قدرت پردازشی است. با وجود افزایش قدرت پردازشی در سال های اخیر، در مقایسه با دیگر انواع نمایش واقعیت افزوده هنوز نیاز به افزایش قدرت پردازش در این نوع واقعیت افزوده هست.

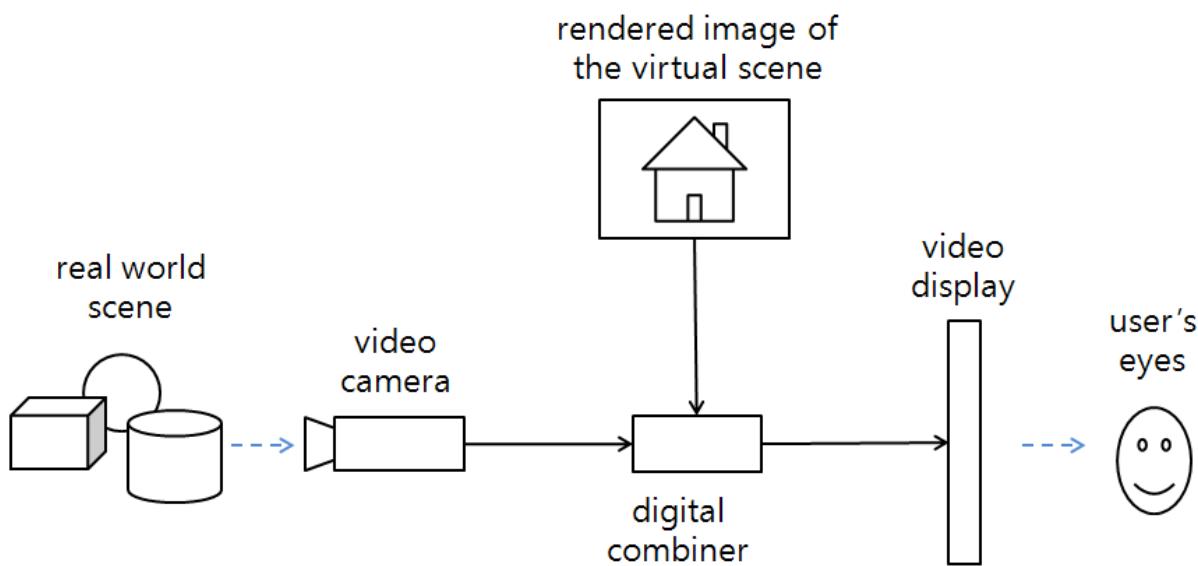
نمایش دید نوری واقعیت افزوده

این نوع از واقعیت افزوده از سیستم های نوری برای نمایش تصویر مجازی به همراه تصویر محیط واقعی استفاده می کنند. این سیستم ها معمولاً از جدا کننده نور^۱ استفاده می کنند. این جدا کننده تصویر واقعی را با انعکاس تصویر مجازی ترکیب کرده و نمایش می دهد شکل ۱۳.۲. بتصویر مجازی ترکیب کرده و نمایش می دهد شکل. بیشتر این نوع از سیستم ها از ملحق کننده نور، جدا از صفحه نمایش برای ترکیب دنیای واقعی و تصویر مجازی استفاده می کنند. اخیراً با پیشرفت فناوری صفحه نمایش هایی ساخته شده که شفاف هستند، استفاده از آنها در واقعیت افزوده به شدت روبه افزایش است. استفاده از این نوع صفحه نمایش ها باعث سادگی و کوچک شدن ساختار سیستم دید نوری واقعیت افزوده می شود [۱۹].

یکی از مهم ترین برتری هایی که این روش نسبت روش ویدیوئی دارد ایجاد دیدمستقیم از محیط واقعی است. با این امکان این نوع از واقعیت افزوده از مشکلاتی مانند تأخیر، کم بودن وضوح و غیره رنج نمی برد و برای کاربردهای مناسب است که به دیدمستقیم از دنیای واقعی نیاز دارند کاربردهای پزشکی و نظامی که این یک ویژگی بسیار مهم است.

اصلی ترین مشکل این نوع از واقعیت افزوده دقت پایین در نگاشت دو تصویر محیط واقعی و مجازی بر روی یکدیگر است. در بیشتر پیاده سازی ها نیاز به کالیبره کردن رویه ثبت است که معمولاً دقت پایین تری نسبت به رویه های خودکار موجود در واقعیت افزوده ویدیوئی دارند. به این دلیل که پارامترهای کالیبره کردن تصاویر واقعی و مجازی به نسبت زیادی وابسته به فضای بین چشم کاربر و صحنه موردنظر است و این فضا در طول زمان تغییر می کند و باعث ایجاد خطای نگاشت دو تصویر واقعی و مجازی بر یکدیگر می شود [۱۹].

^۱beam splitters (e.g. half mirrors or combined prisms)

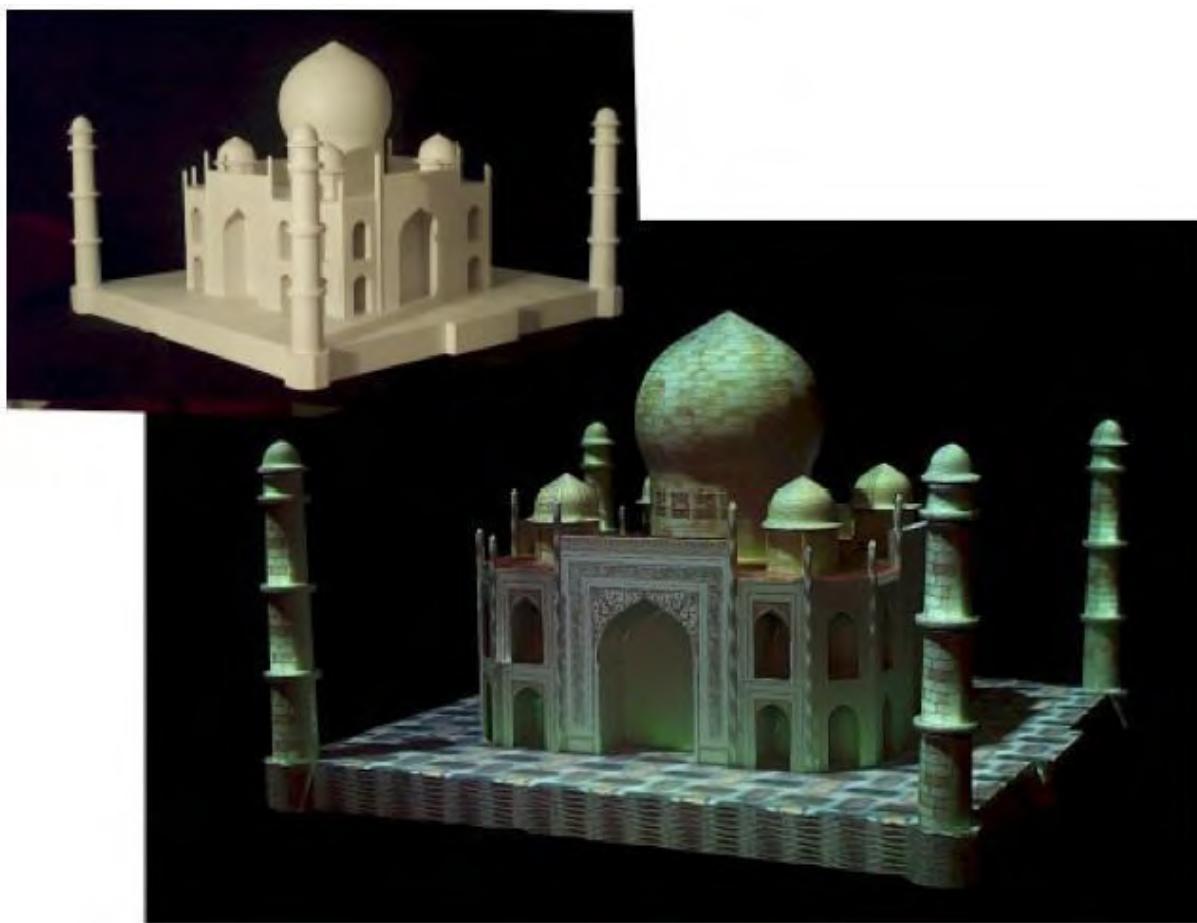


شکل ۱۳.۲: نمایش دید نوری [۱۹]

یکی دیگر از مشکلات واقعیت افزوده دید نوری تأخیر موقتی بین نمایش تصویر مجازی و دیده مستقیم واقعی است. با وجود سیستم ردگیری دقیق بازهم یک تأخیر موقتی بین نمایش تصویر مجازی و دید دنیای واقعی وجود دارد.

در بسیاری از موارد، ایجاد رابطه صحیح عمقی بین دنیای واقعی و مجازی در واقعیت افزوده دید نوری مشکل است. با توجه به ماهیت نیمه شفاف ترکیب‌کننده تصاویر، کاربران یک دید نیمه شفاف از تصویر دنیای واقعی و مجازی دارند. به صورتی که، هیچ‌کدام دیگری را تماماً نمی‌پوشاند. Kiyokawa و همکاران [۲۱] برای رفع این مشکل یک ماسک الکترونیکی برای پوشاندن مکان‌هایی که اشیاء مجازی اضافه می‌شوند طراحی کرد. با بستن پیکسل‌هایی از صفحه‌نمایش که اشیای مجازی در آن پیکسل‌ها قرار می‌گیرند دید دنیای واقعی بسته‌شده و اشیاء مجازی واضح‌تر به نمایش درمی‌آیند.

شرایط نوری محیط می‌تواند در دید واقعیت افزوده دید نوری تأثیرگذار باشد. در اکثر مواقع ترکیب‌کننده نوری دارای شفافیت ایستا است که می‌تواند باعث خطا در میزان روشنایی تصویر مجازی و دید محیط واقعی شود. در محیط‌های بیرونی اشیاء مجازی باید تیره‌تر از تصویر محیط واقعی به نمایش درآیند. برای رفع این مشکل نمایشگرهای متصل به سر به چندین کاور با میزان شفافیت متفاوت مججهز شده‌اند.



شکل ۱۴.۲: نمایش دید نوری [۲۳]

نمایش مبتنی بر نورپردازی

واقعیت افروده مبتنی بر نورپردازی سطح یک جسم واقعی را به کمک نورپردازی با تصویر مجازی می‌پوشاند شکل ۱۴.۲. با توجه به ترکیب ردگیری زاویه دید کاربر و سطح فیزیکی اجسام، واقعیت افزووده مبتنی بر نورپردازی دارای قابلیت اضافه کردن تعاملی را دارد [۲۲]. در بیشتر مواقع برای این منظور از ویدئو پروژکتور متصل به سقف و یا دیوار برای پوشاندن سطح اجسام استفاده می‌شود. این امر سبب می‌شود که قابلیت جابجایی وجود نداشته باشد و محدود به مکانی باشد که پروژکتور می‌تواند نورپردازی کند. البته در سال‌های اخیر تلاش‌هایی برای ایجاد قابلیت جابجایی برای ویدئو پروژکتورها شده است که می‌توان به نمونه‌هایی که قابلیت قرار گرفتن در دست [۲۳] و متصل شدن به سر است [۲۴] اشاره کرد.

یکی از محدودیت‌های واقعیت افزووده مبتنی بر نورپردازی، نیازمند بودن به سطح یک جسم برای نمایش تصویر

مجازی است که باعث می‌شود تنها اجسام نزدیک به پروژکتور مناسب باشند و در استفاده برای کاربردهای شهری محدودیت ایجاد می‌کند. همچنین این نوع از واقعیت افروده وابستگی بیشتری به شرایط نوری محیط دارد چراکه سایه دیگر اجسام می‌تواند مشکل‌ساز باشد. همچنین ایجاد رابطه صحیح عمقی بین سطح جسم موردنظر و دیگر اجسام مشکل است.

۲.۵.۲ فاصله قرار گیری نمایشگر

یکی دیگر از جنبه‌های نمایش واقعیت افزوده فاصله نمایشگر از چشم کاربر است که می‌توانند در دسته‌هایی مانند نمایشگر متصل به سر^۱، نمایشگر دستی و یا متصل به بدن^۲ و نمایشگر فاصله‌دار^۳ قرار گیرند.

content...

نمایشگر متصل به سر

این نوع نمایشگر تصویر مجازی را درست در جلوی چشمان کاربر نمایش می‌دهد، که در این صورت جسم دیگری مانع دیدن تصویر نمی‌شود. این نوع نمایشگرها در اندازه‌های مختلف وجود دارند که از اندازه یک کلاه تا اندازه یک عینک متفاوت است. به همان نسبت که حمل و متصل کردن آن به سر راحت‌تر می‌شود، تصویر عریض‌تر و درخشان‌تر می‌شود [۱۹].

نمایشگر دستی و یا متصل به بدن

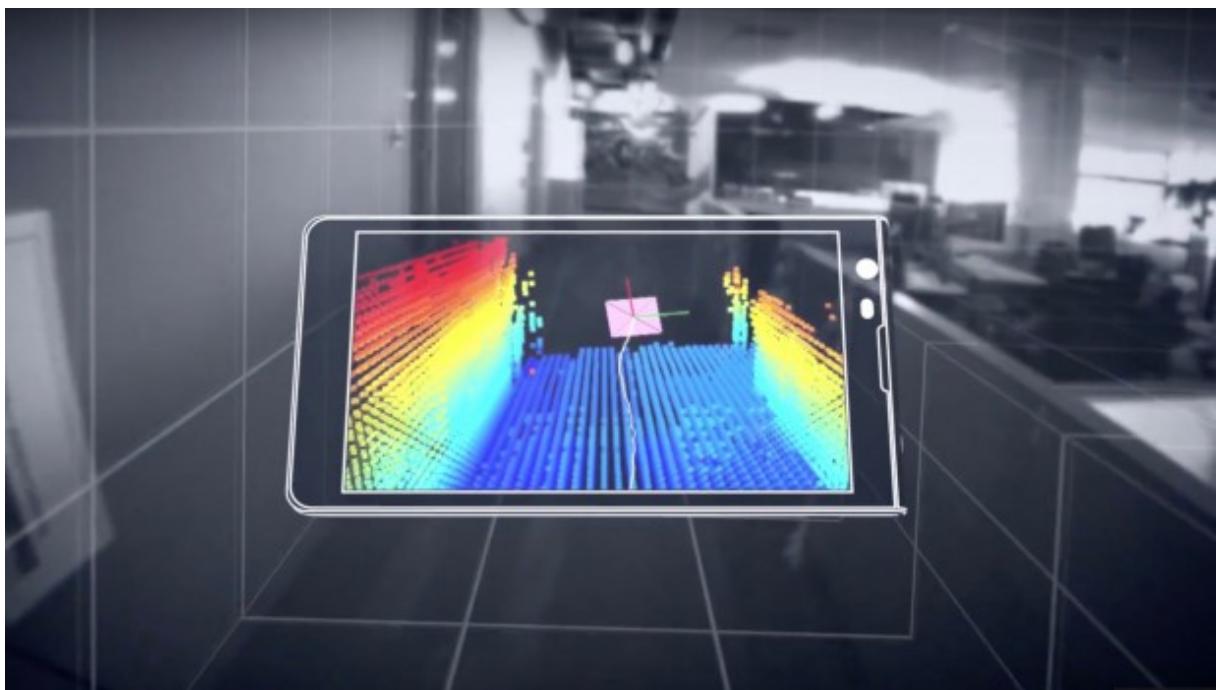
نمایشگر متصل به سر دارای قابلیت‌هایی مانند قابلیت حمل بالا و فراهم کردن تصویر فراگیر است اما به دلیل پوشیدنی بودن آنها در بعضی از موارد دارای محدودیت هستند. نمایشگرهای در دست گرفتنی و یا متصل به بدن به عنوان نمایشگرهای شخصی و قابل حمل در نظر گرفته می‌شوند و در صورت نیاز قابل به اشتراک‌گذاری با دیگران هستند. آنها همچنین از نظر اجتماعی قابل پذیرش‌تر از نمایشگر متصل به سر هستند.

با پیشرفت فناوری در زمینه دستگاه‌های قابل حمل، قدرت پردازشی دستگاه‌های قابل حمل برای پردازش تصویرسازی

¹Head-attached Displays

²Handheld and Body-attached Displays

³Spatial Displays



شکل ۱۵.۲: پروژه تانگو گوگل که با استفاده زا نمایشگرهای دستی کار می کند

واقعیت افزوده به میزان لازم افزایش پیدا کرده است. اخیراً آزمایش هایی برای استفاده از سنسورهای عمقی بر روی رایانه های لوحی و تلفن های هوشمند انجام شده است (مانند پروژه تانگو گوگل).^۱

نمایشگر فاصله های

این نوع از نمایشگر در مقایسه با دو نوع قبلی قابلیت حمل کمتری دارد و معمولاً در یک مکان ثابت نصب می شود. به این دلیل که این نوع نمایشگرها دارای اندازه بزرگی هستند. درنتیجه، برای استفاده در مکان های عمومی و کاربردهایی که چندین کاربر دارند مناسب هستند. از نمونه های این نوع نمایشگر می توان به نمایشگرهای رومیزی که با یک دوربین در تماس هستند اشاره کرد. از دیگر نمونه های آن ساخت آینه مجازی است که از یک نمایشگر بزرگ و یک دوربین رو به کاربر تشکیل شده است و تصویر کاربر به همراه اطلاعات مجازی اضافه شده در آن نمایش داده می شود [۱۹].*

^۱<https://developers.google.com/tango>

فصل ۳

کارهای مرتبط

۱.۳ معرفی فصل

همان طور که در شکل ... می بینیم، ما در خت موضوعی برای واقعیت افزوده را درآوردهیم و در بخش دوم به بیان عناصر آن پرداختیم. واقعیت افزوده را به همراه مثالهای آن در بخش های اول و دوم بررسی کردیم، سپس انواع دستگاه هایی که می توان بر روی آن ها واقعیت افزوده را پیاده سازی کرد معرفی کردیم و مختصر روش های تعامل و دریافت ورودی در این سیستم را بررسی کردیم و همچنین انواع روش های نمایش در این سیستم را طبقه بندی کرده و روش کار را شرح دادیم.

همان طور که در بخش دوم اشاره شد، محقق Azuma بیان می کند که واقعیت افزوده باید ۳ ویژگی داشته باشد [۱۰]

- ۱- باید توانایی ترکیب دنیای واقعی و مجازی را دارا باشد.
- ۲- باید با دنیای واقعی در ارتباط باشد.
- ۳- باید به صورت ۳ بعدی قابل استناد باشد.

برای شرط سوم، باید سیستم واقعیت افزوده ما قابلیت ثبت شدن^۱ به صورت ۳ بعدی را دارا باشد به معنای دیگر باید بتواند به صورت جزئی از دنیای واقعی به نظر بیاید. در این بخش بر روی فناوری که این نیاز را برطرف می کند تمرکز می کنیم.

۲.۳ رندرینگ به چه معنا است؟

در حوزه واقعیت افزوده، ۳ واژه بسیار مهم وجود دارد به نام ردیابی^۲، کالیبراسیون^۳ و ثبت^۴ که زیر مجموعه رندرینگ^۵ می باشند و در کنار هم به این واژه معنا می دهند. این ۳ واژه همیشه همراه هم هستند و در یک هدف

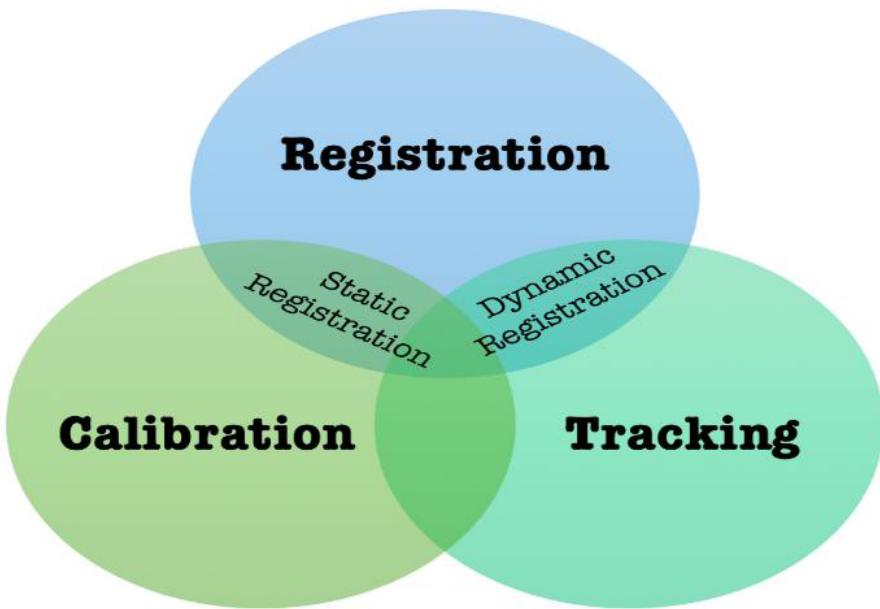
¹registration

²Tracking

³Calibration

⁴Registration

⁵Rendering



شکل ۱.۳: ارتباط ثبت، ردیابی و کالیبراسیون [۲۵]

قرار دارند. برای ثبت پویا^۱، نیاز به داشتن ردیابی هستیم. عناصر درون سیستم واقعیت افزوده ثبت می‌شوند و سپس در یک سیستم هماهنگ، این عناصر ثبت شده به دنیای واقعی پیوند^۲ می‌شوند. در واقعیت افزوده هدف اصلی این است که اطلاعات مجازی دقیقاً به صورتی که از قبل برنامه‌ریزی شده‌اند، ثبت بشوند. کالیبراسیون به صورت دقیق اطلاعات حس‌گرها^۳ را دریافت و پردازش می‌کند و مسئولیت ثبت ایستا^۴ با این فرایند است [۲۵].

ردیابی واژه‌ای است که برای حس کردن و محاسبه کردن مقادیر در واقعیت افزوده به کار می‌رود. برای تبدیل کردن موقعیت در ۳ بعد عناصر مجازی، به موقعیت‌های نسبی، نیاز به جهت‌یابی داریم. واقعیت افزوده به صورت بلادرنگ کار می‌کند درنتیجه برای ارسال مقدار از محیط واقعی باید به صورت بلادرنگ^۵ عمل کرد و همین‌طور این کار باید پیوسته در زمان صورت بگیرد. ردیابی درون سیستم‌های رایانه‌ای برای اجسام ۲ بعدی کاری رایج است اما

¹dynamic

²aligned

³sensor

⁴Static

⁵real time

سختی کار در اینجا ردیابی در محیط بیرون و در سه جهت مختصات برای همهی نوعهای عناصر است [۲۵].
به عملیات مقایسه کردن مقادیر بین دو دستگاه، کالیبراسیون گفته می‌شود. یکی بین دستگاه مرجع^۱ و دیگری بین دستگاهی که نیاز دارد اطلاعات کالیبره شده را دریافت بکند. مختصاتی که از محیط واقعی میدانیم را به دستگاه مرجع می‌دهیم. برخلاف ردیابی که باید به صورت پیوسته انجام شود، عملیات کالیبراسیون در بخش‌های مختلف زمانی و به صورت گسسته انجام می‌شود و برای هر دستگاه فقط یک بار این کار صورت می‌گیرد مگر اینکه دستگاه دچار مشکل بشود. کیفیت کاری دستگاه‌های واقعیت افزوده وابستگی زیادی به عملیات کالیبراسیون دارد [۲۵].

به فرایند پیوند زدن مختصات عناصر مجازی با واقعی، ثبت می‌گوییم. به طور مشخص نمایشگر واقعیت افزوده باید با کیفیت بالا، عناصر مجازی را نشان دهد و یا اینکه به عناصر واقعی پیوند بزند. برای این کار نیاز داریم تا عملیات ردیابی به صورت کامل کار خود را انجام دهد. اگر موقعیت دوربین ثابت باشد، ما فقط با عملیات ثبت و کالیبراسیون می‌توانیم مختصات بین عناصر مجازی واقعی را تشخیص بدهیم ولی اگر دوربین خاصیت جابه‌جایی داشته باشد، ما به عملیات ردیابی نیز، نیاز داریم [۲۵].

برای آوردن عناصر مجازی به دنیای واقعی، نیاز به یک لنگر^۲ داریم که باید ژست (جهت^۳ و موقعیت^۴) آن مشخص باشد، این لنگر باید متعلق به دنیای واقعی باشد و می‌تواند شکل‌های مختلفی به خود بگیرد، به عنوان مثال می‌تواند یک منبع مغناطیسی باشد، یا نشانگر تصویر کاغذی^۵ و یا موقعیت جغرافیایی که بر اساس سیستم موقعیت‌یاب جهانی تشخیص داده می‌شود.

وابسته به نوع فناوری که استفاده می‌شود پروسه ثبت می‌تواند به یکی و یا هر دو فاز زیر تقسیم شود.
فاز ثبت: در این فاز، ژست عنصری که در حال مشاهده است با توجه به دنیای واقعی مشخص می‌شود.
فاز ردیابی: در این فاز، ژست عنصری که در حال مشاهده آن هستیم را به صورت نسبی اندازه‌گیری می‌کنیم.
در این بخش مطابق با اصطلاحات رایج از کلمه ردیابی برای هر دو فاز استفاده می‌کنیم و در ادامه روش‌های

¹reference

²anchor

³position

⁴orientation)

⁵paper image marker

رایج برای ردیابی که در جهت ثبت استفاده می‌شود را بیان می‌کنیم.

۳.۳ ردیابی مغناطیسی^۱

ردیابی مغناطیسی از خواص میدان‌های مغناطیسی بهمنظور محاسبه ژست یک گیرنده که بهعنوان یک لنگر در دنیای واقعی شناخته می‌شوند، با توجه به فرستنده استفاده می‌کند. در این مدل، فرستنده یک میدان مغناطیسی را بهصورت متناوب تولید می‌کند که توسط یک و یا چند حسگر این اطلاعات دریافت می‌شود. با محاسبه قطب^۲ و گرایش^۳ میدان مغناطیسی دریافت شده، ژست دریافت‌کننده با سرعت بالایی قابل محاسبه است.

زمانی که از این معیار در سیستم واقعیت افزوده استفاده می‌کنیم، ردیاب مغناطیسی فرستنده بهعنوان منشأ سیستم مختصات مجازی عمل می‌کند، و با نصب یک دریافت‌کننده در عنصری که سعی در دیدن آن داریم، موقعیت و جهت آن قابل محاسبه است [۲۶].

ردیاب‌های مغناطیسی نرخ بروز رسانی بالایی دارند و همچنین دریافت‌کننده آن‌ها کوچک و سبک هستند. ولی باید توجه داشت که قدرت میدان مغناطیسی با مکعب فاصله رابطه عکس دارد و همچنین دقت آن با توان^۴ فاصله رابطه عکس دارد. همچنین ردیابی مغناطیسی دارای معايب دیگری نیز می‌باشد مثلاً مستعد نوسان اندازه‌گیری^۵ است و نسبت به مواد مغناطیسی و میدان‌های الکتریکی در محیط واقعی حساس است.

شکل ۲.۳ نشان‌دهنده وضوح در ردیابی مغناطیسی دستگاه‌های Polhemus است که تأثیر فاصله بین دریافت‌کننده و فرستنده را نمایش می‌دهد. همان‌طور که قابل مشاهده است در فاصله‌های پایین این خطابسیارکم است اما با افزایش فاصله بهصورت نمادی خطاب افزایش می‌ابد. ردیابی مغناطیسی در طیف وسیعی از سامانه‌های واقعیت افزوده استفاده شده است، مانند برنامه‌هایی در حوزه‌های تولید [۲۶]، نگهداری [۲۷]، سلامت [۲۸].

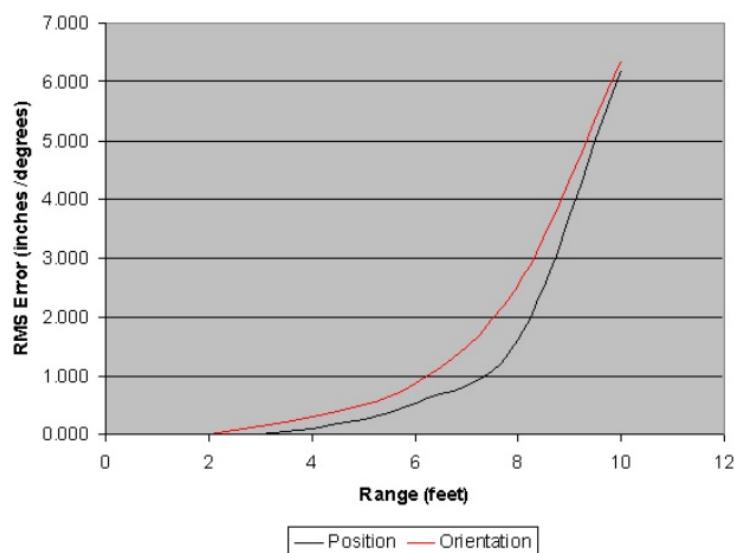
^۱Magnetic Tracking

^۲polarization

^۳orientation

^۴measurement jitter

Polhemus Magnetic Tracking Error



شکل ۲.۳: ارتباط فاصله با وضوح محاسبات در ردیابی مغناطیسی^۱

۴.۳ ردیابی بر اساس دید^۱

ردیابی بر اساس دید، یک روش است که شامل ثبت و ردیابی می‌شود درنتیجه در دسته ثبت پویا قرار می‌گیرد و با استفاده از این روش، ما ژست دوربین را با استفاده از گرفتن و پردازش اطلاعاتی که توسط حسگرهای نوری جمع‌آوری می‌شوند، انجام می‌دهیم. این حسگرهای نوری خود به ^۳ بخش اصلی تقسیم می‌شوند: حسگرهای مادون قرمز^۲، حسگرهای نورهای قابل مشاهده^۳ و حسگرهای ساختار ^۳ بعدی^۴.

ردیابی بر اساس دید، در سیستم‌های واقعیت افزوده بسیار محبوب شده‌اند به دلیل حداقل سخت‌افزارهای موردنیاز، بهبود قدرت محاسباتی دستگاه‌های مشتریان و همه‌گیر شدن دستگاه‌های قابل حمل مانند تلفن‌های همراه و رایانک‌های لوحی^۵ که دارای صفحه‌نمایش و دوربین می‌باشند درنتیجه برای سیستم‌های واقعیت افزوده بسیار ایده‌آل هستند.

در زیر بخش‌های بعدی در رابطه با حسگرهای مختلف در ردیابی بر اساس دید صحبت می‌کنیم و آن‌ها را بر اساس سخت‌افزاری که استفاده می‌کنند دسته‌بندی می‌کنیم.

۱.۴.۳ ردیابی مادون قرمز^۶

این روش یکی از اولین روش‌های ردیابی با استفاده از نور بوده است و این روش نورهای منتشرشده و یا بازتاب نور را هدف قرار می‌دهد و به راحتی می‌تواند میزان شدت نور را با مقایسه در اطراف محیط به دست آورد [۲۹]. هدف که نوری را منتشر می‌کند نسبت به اثرات نامطلوب نور مانند نور ضعیف محیط و یا سایه‌ها بسیار مقاوم است. این هدف‌ها همچنین می‌توانند به عنصری که قصد داریم با استفاده از دوربین آن را ردیابی بکنیم وصل بشوند، به این روش نگاه کردن بیرون از داخل^۷ [۳۰][۷] گفته می‌شود و یا در محیط‌های بیرونی که دوربین به هدف وصل شده

¹Vision Based Tracking

²Infrared Sensors

³Visible Light Sensors

⁴3D structure sensors

⁵tablets

⁶Infrared Tracking

⁷outside-looking-in



شکل ۳.۳: چپ: شمایی نمادین از نگاه کردن درون از بیرون-وسط: الئی دی های نصب شده بر روی سقف-راست: ردیاب دوربین [۳۲]

است با عنوان نگاه کردن داخل از بیرون^۱ شناخته می شود [۳۱].

با مقایسه حسگرها به این نتیجه رسیده ایم که با پیکربندی نگاه کردن درون از بیرون، برای تشخیص جهت بسیار بهتر از پیکربندی نگاه کردن بیرون از درون عمل می کند. بسیاری از سیستم ها با استفاده از پیکربندی نگاه کردن درون از بیرون توسعه یافته اند. به طور معمول یک نمایشگر ثبت شده بر روی سر به همراه یک دوربین خارجی است و الئی دی های مادون قرمز بر روی سقف نصب شده اند شکل ۳.۳. با استفاده از الگوهایی که میدانیم و اطلاعاتی که از الئی دی^۲ ها دریافت می کنیم، موقعیت و جهت سر کاربر را می توانیم تشخیص بدهیم [۳۲].

مشکل اصلی در پیکربندی نگاه کردن درون از بیرون، نیاز به نصب الئی دی ها در تمام محیط بیرون است و همچنین باید بر روی دستگاه نمایشگر، حسگرهایی برای تشخیص به دوربین موبایل اضافه بشوند که وزن قابل توجه ای دارند همچنین این حسگرها بسیار گران و پیچیده هستند.

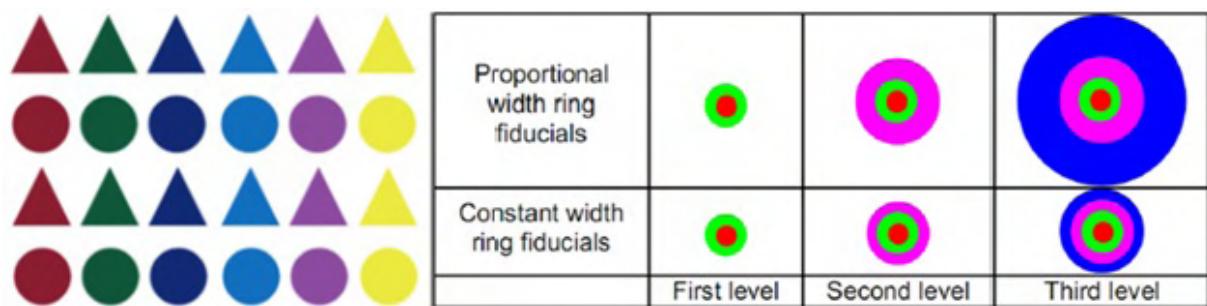
۲.۴.۳ ردیابی نور قابل مشاهده^۳

رایج ترین نوع حسگرهای نوری، حسگرهای نور مرئی هستند و در بسیاری از دوربین ها مانند دوربین های رایانه ها، تلفن های همراه و رایانک های لوحی می توان این حسگرها را پیدا کرد. برای سیستم های واقعیت افزوده که از فناوری دیدن از طریق ویدئو استفاده می کنند این سنسورها در هر دو حالت ضبط فیلم دنیای واقعی و نیز ثبت عناصر مجازی بر روی دنیای واقعی می توانند بسیار مفید واقع شوند.

¹inside-looking-out

²Light-Emitting Diode (LED)

³Visible Light Tracking



شکل ۴.۳: چپ: نشانه های رنگی ثابت-راست: استفاده از چند حلقه به ثابتها [۳۳]

روش های ردیابی که در سنسور نور قابل مشاهده استفاده می شوند می توانند به سه دسته تقسیم شوند. ردیابی ثابت^۱، ردیابی ویژگی های طبیعی^۲، ردیابی بر اساس مدل^۳. در ادامه به توضیح هر کدام می پردازیم.

• ردیابی ثابت

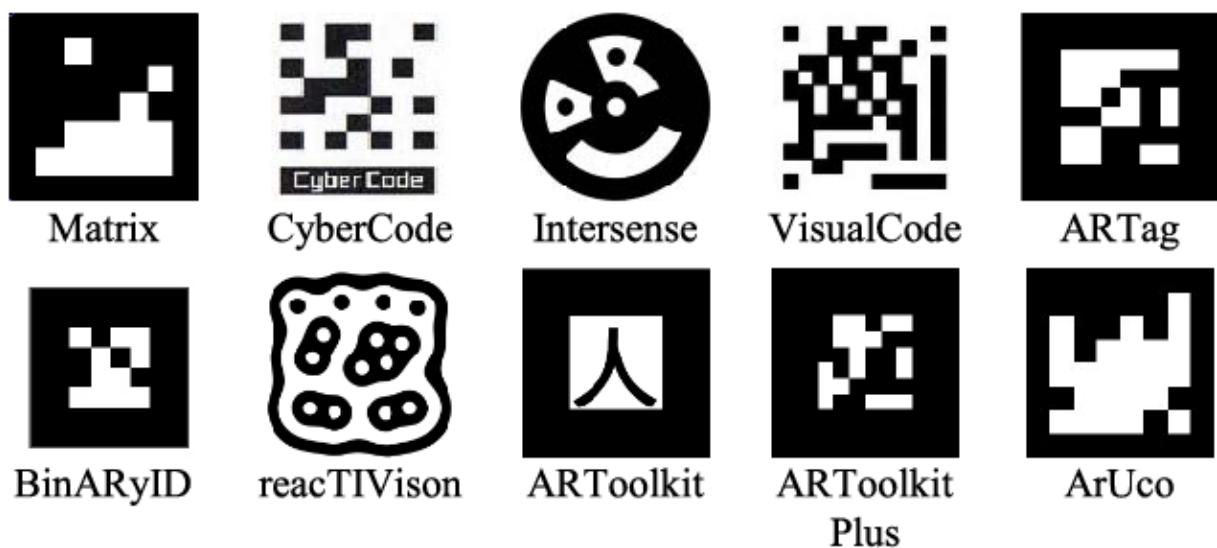
در این مدل، ما نشانه های ساختگی ثابتی را در نظر می گیریم و آن ها را برای ثبت کردن و ردیابی به محیط می دهیم^{۴.۳}. با توجه به برنامه و تکنولوژی که استفاده می کنیم پیچیدگی و گسترهای ثابتها می توانند متفاوت باشند. در سیستم های اولیه از ال ئی دی های رنگی کوچک و یا تکه های کاغذ استفاده شده است که می توانستیم به محیط اضافه بکنیم و با استفاده از تطبیق رنگ آن ها را شناسایی بکنیم. اگر در صحنه دریافت شده توسط دوربین بتوانیم به اندازه کافی ثابتها را شناسایی بکنیم، ژست دوربین قابل شناسایی است. از مزایای این روش می توان گفت که در اینجا محیط می تواند پویا باشد و برای پیدا کردن ژست دوربین فقط نیاز داریم که ثابتها به محیط در زمان اجزا اضافه بشوند و با کمک آن ها موقعیت و جهت دوربین تشخیص داده می شود. با اضافه کردن خواص و پیچیدگی به ثابتها مانند چند حلقه ای، می توان ثابتها را در فواصل بیشتر نیز تشخیص داد شکل ۴.۳ [۳۳].

برای محاسبه موقعیت یک تماشگر در دنیای واقعی حداقل باید ۴ نقطه از موقعیت ها را داشته باشیم و بدانیم. با استفاده از این ثابت های ساده، طراحی فضا به دقت باید مورد توجه قرار گیرد تا اطمینان حاصل شود که نقاط کافی در هر لحظه قابل مشاهده است اگر نیازهای ما بر طرف نشد و نیاز به تلاش بیشتر داشتیم،

¹Fiducial tracking

²Natural Feature tracking

³Model Based tracking



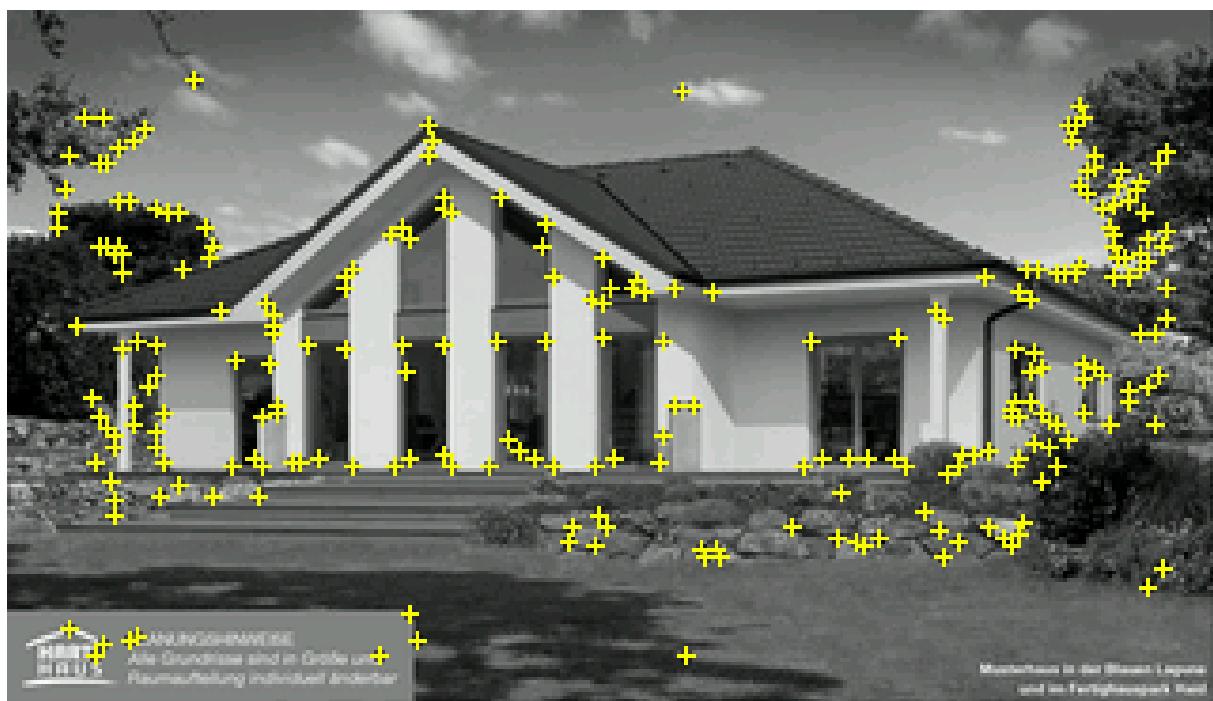
شکل ۵.۳: نمونه‌های مختلف ثابت‌های استفاده شده^۱

باید توجه شود که می‌توان ثابت‌های بیشتری را به محیط اضافه کرد و باید موقعیت آن‌ها را در محیط به صورت دقیق داشته باشیم. یک راه جایگزین که دیگر نیازی به استفاده از چهار نقطه نباشد، این است که از ثابت‌های مسطح به شکل مربع که ۴ گوشه آن می‌تواند برای ما به عنوان چهار نقطه‌ای که باید موقعیت آن‌ها را بدانیم عمل کند.

سپس اطلاعات شناسایی اضافی که برای عملیات ثبت نیاز داریم، می‌تواند درون این مربع قرار بگیرد. با این روش می‌توان از چندین ثابت یکتا مختلف در یک برنامه استفاده کرد. استفاده از ثابت‌های مربعی به خاطر راحتی در استفاده و نیز دقت بالا در تشخیص بسیار در فناوری واقعیت افزوده محبوب شد. یکی از محبوب‌ترین سیستم‌های ثابت‌های مربعی، ARToolkit است که تعداد بسیار زیادی پروژه موفق داشت و توانسته محبوب‌ترین ثابت‌های را در دنیا ارائه بدهد [۳۴].

• ردیابی ویژگی‌های طبیعی

ثبت‌های مربعی توانستند مشکلاتی که در ثابت‌های رنگی بود را رفع کنند ولی هنوز مشکلات مربوط به خود را دارند، یکی از این مشکلات این است که نیاز دارند تا شکل محیط را تغییر بدهند که این کار ممکن است مطلوب و یا غیرممکن باشد، مخصوصاً وقتی که لنگر برای ما بالرزش است مانند یک نقاشی هنری که نمی‌توانیم به آن عنصری را اضافه بکنیم.



شکل ۶.۳: نمونه‌ای از ردیابی بر اساس ویژگی‌های طبیعی [۳۶]

با توجه به افزایش قدرت دستگاه‌های استفاده شده برای فتاوری واقعیت افزوده، امکان ثبت ژست دوربین به شکل بلادرنگ با توجه به ویژگی‌های طبیعی در محیط امکان‌پذیر است.

برای تشخیص ویژگی‌های منحصر به فردی که در محیط عکس‌های گرفته شده وجود دارد، مانند نقطه‌ها،

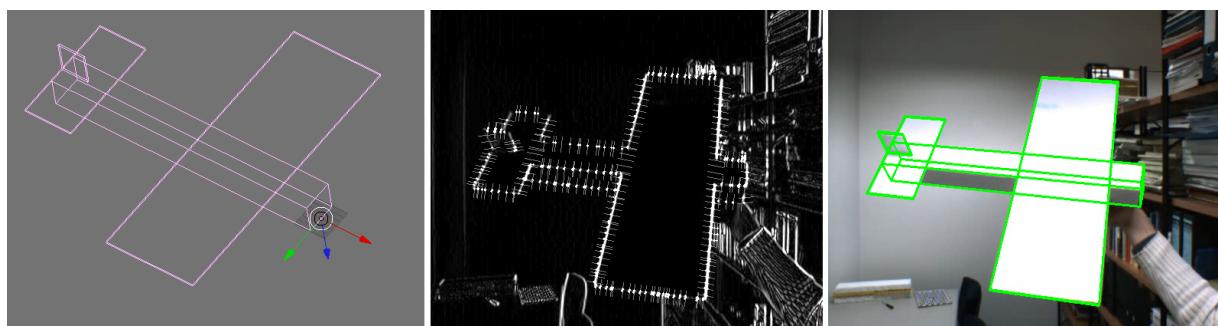
گوش‌ها و تقاطع خطوط، از الگوریتم‌های پردازش تصویر پیچیده استفاده می‌شود.

برای هر یک از ویژگی‌های نامبرده شده یک "توصیفگر"^۱ محاسبه شده است که برای شناسایی و تفکیک این ویژگی‌ها به کار می‌رود. با تطابق دادن ویژگی‌های به دست آمده از درون صحنه، با ویژگی‌هایی که از عنصری که می‌خواهیم ردیابی بکنیم، سپس می‌توانیم با استفاده از الگوریتم‌های ساده که در روش ردیابی ثابت استفاده کرده‌ایم، ژست را تشخیص بدهیم [۳۵].

• ردیابی بر اساس مدل

اگرچه مدل‌های ردیابی بر اساس ثابت و ویژگی‌های طبیعی خیلی محبوب هستند، اما تلاش‌ها برای اینکه بتوانیم ردیابی را بر اساس ویژگی‌های ۳ بعدی عناصر در دنیا واقعی انجام بدهیم بسیار مورد توجه است.

^۱descriptor



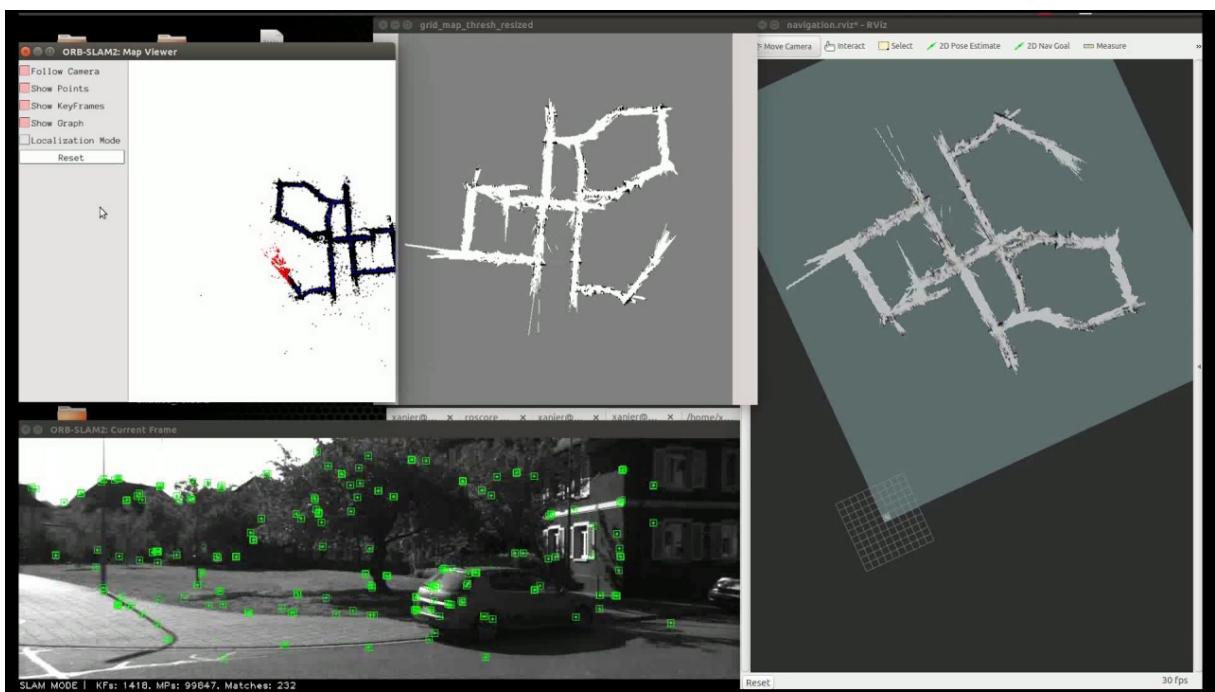
شکل ۷.۳: نمونه‌ای از ردیابی بر اساس مدل توسط شرکت OpenTL [۴۰]

این روش‌ها معمولاً به صورت ابتکاری هستند و در آن‌ها سعی شده است اجسام را بر اساس مدل ۳ بعدی آن‌ها شناسایی بکنیم و برای این کار از ترکیب ویژگی‌هایی مانند خط‌ها، دایره‌ها، استوانه‌ها و کره‌ها استفاده می‌شود [۳۷]. در این روش با استفاده از فیلتر کردن بر اساس ضلع‌ها و استخراج اطلاعات ساختاری عناصر از روی صحنه و تطبیق دادن این اطلاعات با مدل‌های اولیه، برای فهمیدن ژست بکار می‌رود [۳۸]. برای به دست آوردن ردیابی قوی‌تر^۱ می‌توانیم ۲ روش ردیابی ویژگی‌های طبیعی و ردیابی بر اساس ضلع‌ها را با یکدیگر ترکیب کنیم [۳۹] و همچنین با این ترکیب می‌توانیم در فضاهای باز و محیط‌های بیرون عمل ردیابی را انجام دهیم [۳۴]. اخیراً توجه زیادی شده است که بتوانیم روشی داشته باشیم تا با استفاده از آن مارا قادر سازد به صورت همزمان یک نقشه از محیط واقعی را بسازیم و آن را به روزرسانی کنیم، و با استفاده از آن بتوانیم موقعیت را تشخیص بدهیم. ایده اصلی این کار با استفاده از روش "مکان‌یابی همزمان و ساختن نقشه"^۲ است که این روش اولین بار برای روبات‌ها طراحی شد [۴۱] و به آن‌ها راهنمایی می‌کند که چگونه مسیر خودشان را در محیط‌های ناشناخته پیدا بکنند. این روش برای سیستم‌های واقعیت افزوده سازگار شد و با کمک آن کاربر با استفاده از واقعیت افزوده می‌تواند در محیط‌های ناشناخته به مسیریابی بپردازد. همچنین این روش بهینه‌سازی شد و بانام "ردیابی و نقشه‌برداری همزمان (PTAM)"^۳ شناخته شد که در آن ردیابی دوربین و نقشه‌برداری به صورت جدا از هم کار می‌کردند. PTAM به صورت مخصوص فقط برای واقعیت افزوده طراحی شد و دقت ردیابی در آن بالا رفت [۴۲].

¹robustness

²SLAM (Simultaneous Localization and Map Building)

³Parallel Tracking and Mapping



[۴۳] شکل ۸.۳: نمونه‌ای از روش PTAM

۳.۴.۳ ردیابی ساختارهای ۳ بعدی^۱

¹3D Structure Tracking

مراجع

- [1] M. F. Nassir Navab and C. Bichlmeier, "Laparoscopic virtual mirror new interaction paradigm for monitor based augmented reality," *IEEE Virtual Reality Conference*, vol.07, p.43-50, 2007.
- [2] W. Piekarski and B. Thomas, "Arquake: the outdoor augmented reality gaming system," *Communications of the ACM*, vol.45(1), p.36-38, 2002.
- [3] M. Fjeld and B. M. Voegtli, "Augmented chemistry: An interactive educational workbench," *Mixed and Augmented Reality , ISMAR*, vol.45(1), p.259-321, 2002.
- [4] J. Brooker, "The polytechnic ghost : Pepper's ghost, metempsychosis and the magic lantern at the royal polytechnic institution," *Early Popular Visual Culture*, vol.5(2), p.189-206, 2007.
- [5] I. E. Sutherland, "Sketch pad a man-machine graphical communication system," *ACM, In Proceedings of the SHARE design automation workshop*, p.6-329, 1964.
- [6] I. E. Sutherland, "A head-mounted three dimensional display," *ACM, In Proceedings of the December 9- 11, 1968, fall joint computer conference*, p.757-764, 1968.
- [7] T. A. Furness, "The application of head-mounted displays to airborne reconnaissance and weapon delivery," *Technical Report TR-69-241, Wright-Patterson Air Force Base, OH: U.S. Air Force Avionics Laboratory*, 1969.
- [8] T. A. Furness, "The super cockpit and its human factors challenges," *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, vol.30(1), p.48-52, 1986.
- [9] G. B. H. B.-L. D. G. F. W. Kangsoo Kim, Mark Billinghurst, "Revisiting trends in augmented reality research: A review of the 2nd decade of ismar (2008-2017)," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2018.
- [10] R. T. Azuma, "A survey of augmented reality," *Teleoperators and Virtual Environments*, vol.6, no.4, pp.355-385, 1992.

- [11] J. Rekimoto and K. Nagao, "The world through the computer : Computer augmented interaction with real world environments," *ACM, In Proceedings of the 8th annual ACM symposium on User interface and software technology*, p.29-36, 1995.
- [12] P. Milgram and F. Kishino, "taxonomy of mixed reality visual displays," *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, vol.77, no.12, p.1321-1329, 1994.
- [13] J. C. . B. F. . M. A. . P. C. . E. D. . M. Ivkovic, "Augmented reality technologies, systems and applications," *Springer Science+Business Media*, pp.346-350, 2011.
- [14] M. I. O Bimber, R Raskar, "Spatial augmented reality," *SIGGRAPH 2007*, 2007.
- [15] J. J. L. J. Doug A Bowman, Ernst Kruijff and I. Poupyrev, "3d user interfaces : theory and practice," *Addison- Wesley*, 2004.
- [16] I. P. K. I. Hirokazu Kato, Mark Billinghurst and K. Tachibana, "Virtual object manipulation on a table-top ar environment," *Augmented Reality, 2000.(ISAR 2000). Proceedings. IEEE and ACM International Symposium*, p.111-119, 2000.
- [17] G. W. R. Jae Yeol Lee and D. W. Seo, "Hand gesture-based tangible interactions for manipulating virtual objects in a mixed reality environment," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol.51, p.1069-1082, 2010.
- [18] W. B. R. G. Minkyung Lee, Mark Billinghurst and W. Woo, "A usability study of multimodal input in an augmented reality environment," *Virtual Reality*, vol.17, no.4, p.293-305, 2013.
- [19] A. C. M. Billinghurst and G. Lee, "A survey of augmented reality," *Found. Trends® Human-Computer Interact*, vol.8, no.2-3, p.73-272, 2015.
- [20] D. X. H. Y. Y. Tian, Y. Long and J. Zhang, "Handling occlusions in augmented reality based on 3d reconstruction method," *Neurocomputing*, vol.156, p.96-104, 2015.
- [21] Y. K. K. Kiyokawa and H. Ohno, "An optical see-through display for mutual occlusion with a real-time stereovision system," *Comput. Graph*, vol.25, no.5, p.765-779, 2001.
- [22] K.-L. L. R. Raskar, G. Welch and D. Bandyopadhyay, "Shader lamps : Animating real objects with image-based illumination," *S. J. Gortler and K. Myszkowski, Eds. Vienna: Springer Vienna*, p.89-102, 2001.
- [23] P. Mistry and P. Maes, "Sixthsense : A wearable gestural interface," *in ACM SIGGRAPH ASIA 2009 Sketches on- SIGGRAPH ASIA*, p.1, 2009.
- [24] D. M. Krum, E. A. Suma, and M. Bolas, "Augmented reality using personal projection and retroreflection," *Personal and Ubiquitous Computing*, vol.16, no.1, pp.17-26, 2012.

- [25] S. Siltanen. *Theory and applications of marker-based augmented reality*. VTT, 2012.
- [26] T. P. Caudell and D. W. Mizell, "Augmented reality: An application of heads-up display technology to manual manufacturing processes," in *Proceedings of the twenty-fifth Hawaii international conference on system sciences*, vol.2, pp.659-669, IEEE, 1992.
- [27] S. Feiner, B. Macintyre, and D. Seligmann, "Knowledge-based augmented reality," *Communications of the ACM*, vol.36, no.7, pp.53-62, 1993.
- [28] M. Bajura, H. Fuchs, and R. Ohbuchi, "Merging virtual objects with the real world: Seeing ultrasound imagery within the patient," *ACM SIGGRAPH Computer Graphics*, vol.26, no.2, pp.203-210, 1992.
- [29] M. Bajura and U. Neumann, "Dynamic registration correction in augmented-reality systems," in *Proceedings Virtual Reality Annual International Symposium 95*, pp.189-196, IEEE, 1995.
- [30] M. Ribo, A. Pinz, and A. L. Fuhrmann, "A new optical tracking system for virtual and augmented reality applications," in *IMTC 2001. Proceedings of the 18th IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference. Rediscovering Measurement in the Age of Informatics (Cat. No. 01CH 37188)*, vol.3, pp.1932-1936, IEEE, 2001.
- [31] S. Gottschalk and J. F. Hughes, "Autocalibration for virtual environments tracking hardware," in *Proceedings of the 20th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, pp.65-72, ACM, 1993.
- [32] G. Welch, G. Bishop, L. Vicci, S. Brumback, K. Keller, et al., "The hiball tracker: High-performance wide-area tracking for virtual and augmented environments," in *Proceedings of the ACM symposium on Virtual reality software and technology*, pp.1-ff, ACM, 1999.
- [33] Y. Cho, J. Lee, and U. Neumann, "A multi-ring color fiducial system and an intensity-invariant detection method for scalable fiducial-tracking augmented reality," in *In IWAR*, Citeseer, 1998.
- [34] A.I.Comport, E. Marchand, M. Pressigout, and F. Chaumette, "Real-time markerless tracking for augmented reality: the virtual visual servoing framework," *IEEE Transactions on visualization and computer graphics*, vol.12, no.4, pp.615-628, 2006.
- [35] A. Alahi, R. Ortiz, and P. Vandergheynst, "Freak: Fast retina keypoint," in *2012 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp.510-517, Ieee, 2012.
- [36] "natural-feature-tracking," <https://codefluegel.com/en/beginners-guide-augmented-reality/natural-feature-tracking>.

- [37] A. I. Comport, E. Marchand, and F. Chaumette, "A real-time tracker for markerless augmented reality," in *Proceedings of the 2nd IEEE/ ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, p.36, IEEE Computer Society, 2003.
- [38] H. Wuest, F. Vial, and D. Stricker, "Adaptive line tracking with multiple hypotheses for augmented reality," in *Proceedings of the 4th IEEE/ ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, pp.62-69, IEEE Computer Society, 2005.
- [39] L. Vacchetti, V. Lepetit, and P. Fua, "Fusing online and offline information for stable 3d tracking in real-time," in *2003 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2003. Proceedings.*, vol.2, pp.II-241, IEEE, 2003.
- [40] "Model-based-tracking," <http://www.opentl.org/>.
- [41] M. G. Dissanayake, P. Newman, S. Clark, H. F. Durrant-Whyte, and M. Csorba, "A solution to the simultaneous localization and map building (slam) problem," *IEEE Transactions on robotics and automation*, vol.17, no.3, pp.229-241, 2001.
- [42] A. J. Davison, I. D. Reid, N. D. Molton, and O. Stasse, "Monoslam : Real-time single camera slam," *IEEE Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence*, no.6, pp.1052-1067, 2007.
- [43] R. Mur-Artal and J. D. Tardos, "ORB-SLAM2 : an open-source SLAM system for monocular, stereo and RGB-D cameras," *arXiv preprint arXiv:1610.06475*, 2016.

واژه‌نامه انگلیسی به فارسی

Word	کلمه
Word 2	کلمه ۲
Word 3	کلمه ۳

واژه‌نامه فارسی به انگلیسی

word 1	کلمه ۱
word 2	کلمه ۲
word 3	کلمه ۳

Abstract:

This is Abstract in English.

Keywords: Word1, Word2, Word3



Shahid Beheshti University

Faculty of Computer Science & Engineering

Review and evaluate rendering strategies in Augmented Reality

By

Mohsen Navazani

A THESIS SUBMITTED
FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE

Supervisor:

Dr. Mojtaba Vahidi Asl

2019