



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 نوازی

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

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

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 فرزندان خود کردند و
اساتید و معلمانی که در تمام دوران زندگی، راهنمای جانسوز ما بودند.

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

به نام خدا

نام و نام خانوادگی: محسن نوازی

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

استاد راهنما: دکتر مجتبی وحیدی اصل

اینجانب محسن نوازی تهیه کننده گزارش سمینار کارشناسی ارشد حاضر، خود را ملزم به حفظ امانت داری و قدردانی از زحمات سایر محققین و نویسندگان بنابر قانون Copyright می دانم. بدین وسیله اعلام می نمایم که مسئولیت کلیه مطالب درج شده با اینجانب می باشد 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 نموده ام. در صورتی که خلاف این مطلب ثابت شود، مسئولیت کلیه عواقب قانونی با شخص اینجانب می باشد.

نام و نام خانوادگی: محسن نوازی

تاریخ و امضا:

تقدیم به

رهجویان علم و فناوری و دوستداران علم و دانش

فهرست مطالب

۱	مقدمه	۱
۲	۱.۱ واقعیت افزوده چیست؟	۲
۳	۲.۱ تاریخچه	۳
۵	۳.۱ انگیزه پژوهش	۵
۹	۴.۱ بیان ساختار فصل‌های بعدی	۹
۱۰	۲ ادبیات تحقیق	۱۰
۱۱	۱.۲ معرفی	۱۱
۱۱	۱.۱.۲ انواع رابط کاربری	۱۱
۱۴	۲.۱.۲ واقعیت ترکیبی	۱۴
۱۵	۲.۲ انواع دستگاه‌های واقعیت افزوده	۱۵
۱۵	۱.۲.۲ ۱- نمایشگرهایی که بر روی سر نصب می‌شوند ^۱	۱۵
۱۶	۲.۲.۲ نمایشگرهای دستی ^۲ :	۱۶
۱۷	۳.۲.۲ نمایشگرهای فضایی ^۳	۱۷
۱۷	۳.۲ ورودی و تعامل	۱۷

^۱head mounted displays (HMD)

^۲Handheld displays

^۳spatial displays

۱۸	مرورگرهای اطلاعات ^۴ :	۱.۳.۲
۱۹	رابط کاربر ۳ بعدی ^۱ :	۲.۳.۲
۲۰	رابط کاربر قابل لمس ^۲ :	۳.۳.۲
۲۱	رابط کاربر طبیعی ^۳ :	۴.۳.۲
۲۲	رابط چند منظوره ^۴ :	۵.۳.۲
۲۲	نمایش	۴.۲
۲۴	فناوری نمایش	۱.۴.۲
۲۴	ویدیوئی	
۲۶	نمایش دید نوری واقعیت افزوده	
۲۸	نمایش مبتنی بر نورپردازی	
۲۹	فاصله قرار گیری نمایشگر	۲.۴.۲
۲۹	نمایشگر متصل به سر	
۲۹	نمایشگر دستی و یا متصل به بدن	
۳۰	نمایشگر فاصلههای	

۳۱	کارهای مرتبط	۳
۳۲	معرفی فصل	۱.۳
۳۲	رندرینگ به چه معنا است؟	۲.۳
۳۵	ردیابی مغناطیسی	۳.۳
۳۷	مراجع	

⁴Information Browsers

¹3D User Interfaces

²Tangible User Interfaces

³Natural User Interfaces

⁴Multimodal Interfaces

۴۰

واژه‌نامه انگلیسی به فارسی

۴۱

واژه‌نامه فارسی به انگلیسی

فهرست شکل‌ها

۱.۱	انواع استفاده از واقعیت افزوده	۳
۲.۱	سیستم واقعیت افزوده طراحی شده توسط Sutherland ، ۱۹۶۸ [۶]	۴
۳.۱	پروژه Super-Cockpit [۸]	۵
۴.۱	نمودار موقعیت فناوری‌ها در سال ۲۰۱۸	۶
۵.۱	بررسی ۲ دهه کنفرانس ISMAR [۹]	۸
۱.۲	انواع رابط‌های کاربری [۱۱]	۱۲
۲.۲	شکل معرفی شده برای Mixed Reality توسط Milgram [۱۲]	۱۴
۳.۲	نمونه‌ای از نمایشگرهای نصب‌شده بر روی سر [۱۳]	۱۶
۴.۲	نمونه‌ای از نمایشگرهای دستی [۱۳]	۱۷
۵.۲	نمونه‌ای از نمایشگرهای فضایی [۱۴]	۱۸
۶.۲	نمونه‌ای از پروژه NaviCam [۱۱]	۱۹
۷.۲	استفاده از رابط کاربر ۳ بعدی [۱۵]	۲۰
۸.۲	استفاده از رابط کاربر قابل لمس [۱۶]	۲۱
۹.۲	استفاده از رابط کاربر طبیعی [۱۷]	۲۱
۱۰.۲	رابط چند منظوره [۱۸]	۲۲
۱۱.۲	منطبق کردن پارامترهای داخلی و خارجی [۱۹]	۲۳
۱۲.۲	اضافه شدن اشتباه در شکل سمت چپ و تصحیح آن در سمت راست [۲۰]	۲۵

۱۳.۲	نمایش دید نوری [۱۹]	۲۷
۱۴.۲	نمایش دید نوری [۲۳]	۲۸
۱۵.۲	پروژه تانگو گوگل که با استفاده از نمایشگرهای دستی کار می کند	۳۰
۱.۳	ارتباط ثبت، ردیابی و کالیبراسیون [۲۵]	۳۳
۲.۳	ارتباط فاصله با وضوح محاسبات در ردیابی مغناطیسی ^۱	۳۶

^۱<https://polhemus.com>

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، باوجود 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 بااین وجود، دارای مسائل حل نشده و جای کار بسیاری است. در نتیجه می‌تواند حوزه خوبی برای تحقیق برای علاقه‌مندان باشد. در این تحقیق سعی بر آن شده است که پس از معرفی این فناوری و کاربردهای آن، به بیان سازوکارهای آن و مقایسه آن‌ها بپردازیم.

واژگان کلیدی: واقعیت افزوده، مفاهیم، کاربرد، رندرینگ

فصل ۱

مقدمه

۱.۱ واقعیت افزوده چیست؟

در سال ۱۹۷۷ خیلی از علاقه‌مندان 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 Wolf 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.

این یک مثال از واقعیت افزوده بود^۳ 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^۴ 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 گسترده‌تری نیز به کار برود.

^۱<http://www.starwars.com>

^۲<http://edition.cnn.com/2008/TECH/11/06/hologram.yellin/>

^۳ Augmented Reality

^۴ human computer interaction technology



(ب) استفاده از واقعیت افزوده برای بازی

[۲]



(آ) استفاده از واقعیت افزوده در پزشکی

[۱]



(ج) استفاده از واقعیت افزوده در مهندسی

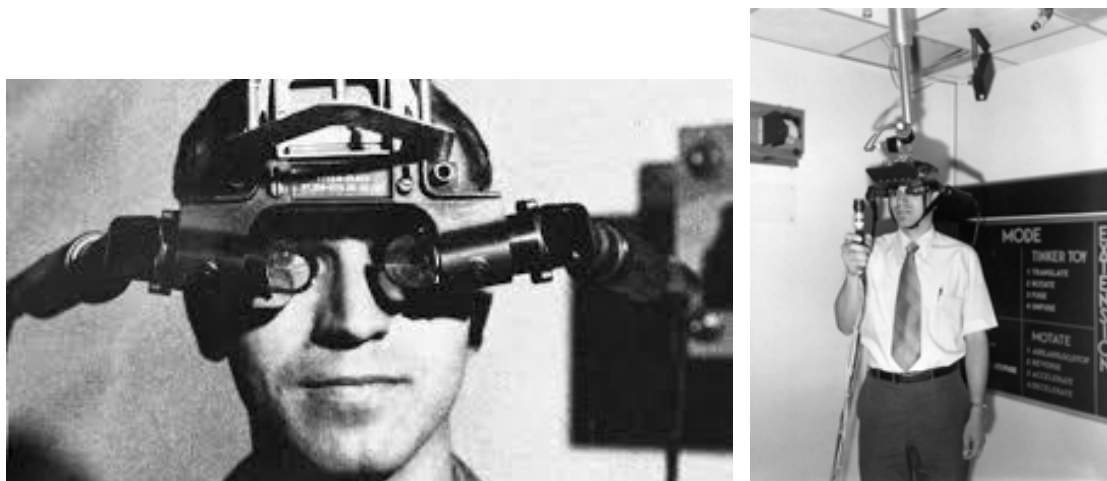
[۳]

شکل ۱.۱: انواع استفاده از واقعیت افزوده

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 بپردازند [۲] و یا در مهندسی، مهندسان می‌توانند انتهای یک پروژه ساختمانی را ببینند [۳].

۲.۱ 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



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

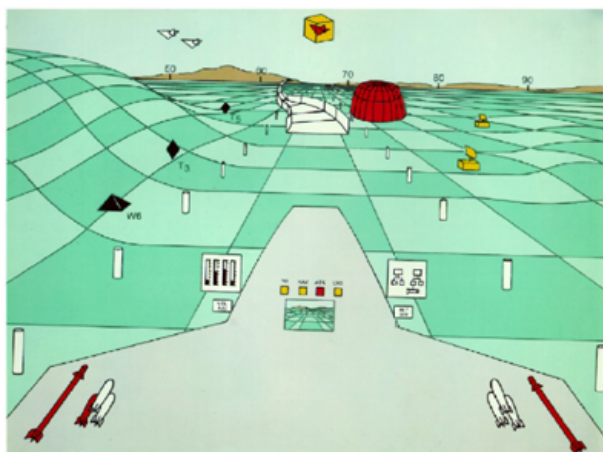
موزه‌ها از آینه‌های متعددی برای ادغام انعکاس اجسام و افزودن تصویری مجازی به دنیای واقعی استفاده می‌کردند [۴]. Ivan Sutherland اولین کسی بود که با استفاده از رایانه‌ها در دانشگاه ام آی تی^۱ و در سال ۱۹۶۳ توانست تصاویر مجازی را به دنیای واقعی بیاورد [۵]. او در سال ۱۹۶۸ به دانشگاه هاروارد^۲ رفت و در آنجا 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 مقابل 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 مورد توجه قرار گرفت. به عنوان مثال Tom Furness در آزمایشگاه‌های هوا و قضای آمریکا، بر روی این فناوری شروع به تحقیق نمود و پروژه ای بانام Super-Cockpit را شروع کرد که به آموزش خلبانان هواپیما کمک می‌کرد [۷].

در سال ۱۹۸۱ آژانس ملی فضا و هواشناسی (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

^۱Massachusetts Institute of Technology

^۲Harvard University



(ب) تصویر شبیه سازی شده در پروژه



(آ) دوربین نصب شده بر روی سرب یک خلبان

شکل ۳.۱: پروژه Super-Cockpit [۸]

بکند [۸].

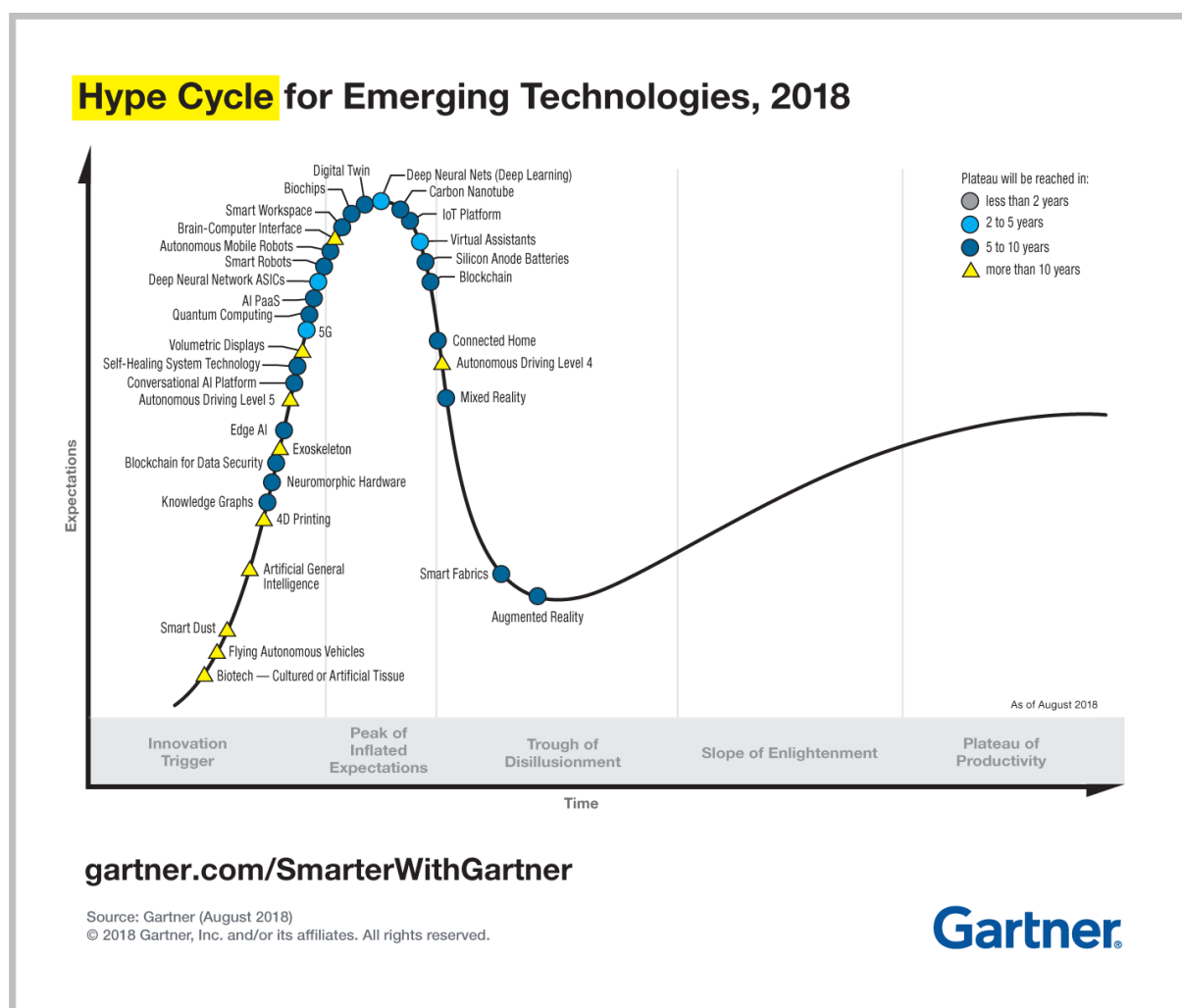
۳.۱ انگیزه پژوهش

گارتنر^۱، شرکت پژوهشی و مشاوره آمریکایی است، که در زمینه ارائه خدمات برون سپاری، تحقیق و پژوهش و مشاوره فناوری اطلاعات فعالیت می نماید. شرکت گارتنر در سال ۱۹۷۹ توسط Gartner Gideon راه اندازی 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 می شود^۲.

این شرکت هر ساله نموداری را معرفی می کند که در آن به معرفی تکنولوژی های روز پرداخته و موقعیت آنها آن ها را

^۱Gartner

^۲<https://en.wikipedia.org/wiki/Gartner>



شکل ۴.۱: نمودار موقعیت فناوری‌ها در سال ۲۰۱۸

بررسی می‌کند.^۱ شکل ۴.۱:

این نمودار از ۵ قسمت مختلف تشکیل شده است:

۱- راه افتادن فناوری^۲: در این مرحله یک فناوری مفهوم‌سازی می‌شود، پتانسیل‌های آن مورد بررسی قرار می‌گیرد و شروع به اثبات ادعاهای خود می‌کند.

^۱[https://www.gartner.com/smarterwithgartner/5-trends-emerge-in-gartner-hype-cycle-for-emerging-](https://www.gartner.com/smarterwithgartner/5-trends-emerge-in-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2018/)

[technologies-2018/](https://www.gartner.com/smarterwithgartner/5-trends-emerge-in-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2018/)

^۲Technology Trigger

۲- **اوج انتظارات**^۱ : در این مرحله تکنولوژی به پیاده سازی می رسد و نظریات و تبلیغات در رابطه با موفقیت آمیز بودن و یا نبودن آن مطرح می شود.

۳- **مرحله سرخوردگی**^۲ : در این مرحله مشکلات تکنولوژی نمایان می شود و شروع تلاش ها برای رفع این مشکلات است.

۴- **شیب روشنگری**^۳ : در این مرحله شرکت های مختلف به این تکنولوژی روی می آورند و پتانسیل های این فناوری برای آینده نمایان تر می شود.

۵- **فلات بهره وری**^۴ : در اینجا استفاده از این فناوری گسترده و همه گیر شده و تعداد خیلی زیادی از شرکت های کوچک و بزرگ به آن روی می آورند.

همان طور که ملاحظه می شود این فناوری در مرحله سوم قرار دارد و مشکلاتی دارد که باعث می شود زمینه خوبی برای مطالعه و تحقیق باشد و همچنین بسیار گرایش برای آن وجود دارد به طوری که شرکت بزرگی مانند Gartner این فناوری را پیشنهاد می دهد و پیش بینی می کند که یکی از فناوری هایی باشد که در آینده نزدیک شاهد ظهور و گسترده شدن آن خواهیم بود.

یکی از مراجع مهم و معروف برای مقاله ها در این زمینه، نشست بین المللی واقعیت افزوده و واقعیت ترکیبی (ISMAR)^۵ است که در قالب IEEE Computer Society به صورت سالیانه برگزار می شود، با بررسی و ارزیابی ۲ دهه از مقاله های منتشر شده در این کنفرانس، به نمودارهای زیر می رسیم.^۶ [۹].

همان طور که از نتایج پیدا است یکی از حوزه های مورد علاقه محققین ردیابی^۷، است که مقاله های زیادی در این حوزه منتشر می شود و همچنین ارجاعات به این مقالات نیز بالا می باشد.

^۱Peak of Inflated Expectations

^۲Trough of Disillusionment

^۳Slope of Enlightenment

^۴Plateau of Productivity

^۵International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)

^۶در این مقاله منظور از Rendering نحوه پردازش تصویر است و با واژه رندرینگ در این تحقیق متفاوت است.

^۷Tracking

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	-	-

(آ) تعداد مقاله ها بر اساس موضوع

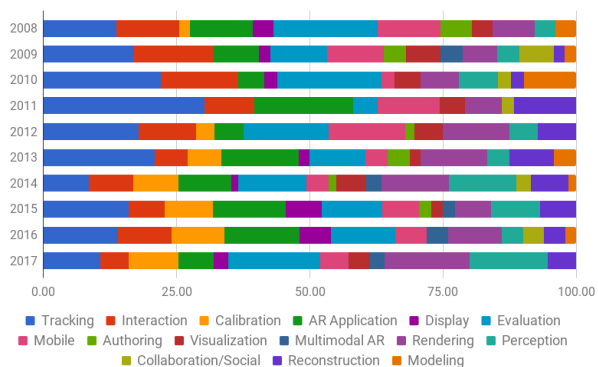
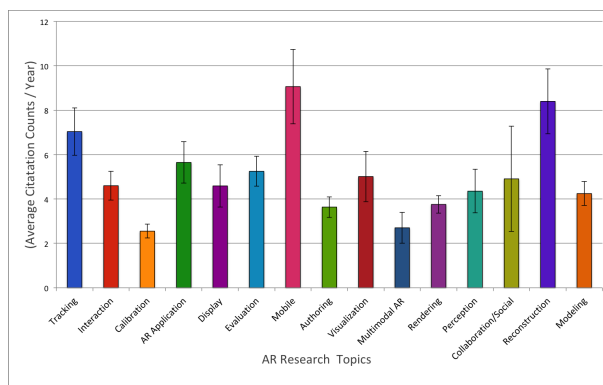


Table 2. Proportion of highly cited papers.

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 نویسندگان 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 [۹]

۴.۱ بیان ساختار فصل‌های بعدی

بخش‌بندی سمینار به شکل زیر است:

بخش دوم: در این بخش درخت موضوعی را به نمایش می‌گذاریم، 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 تمرکز خودمان را بر روی ردیابی (Tracking) می‌گذاریم 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 معرفی

۱.۱.۲ 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.

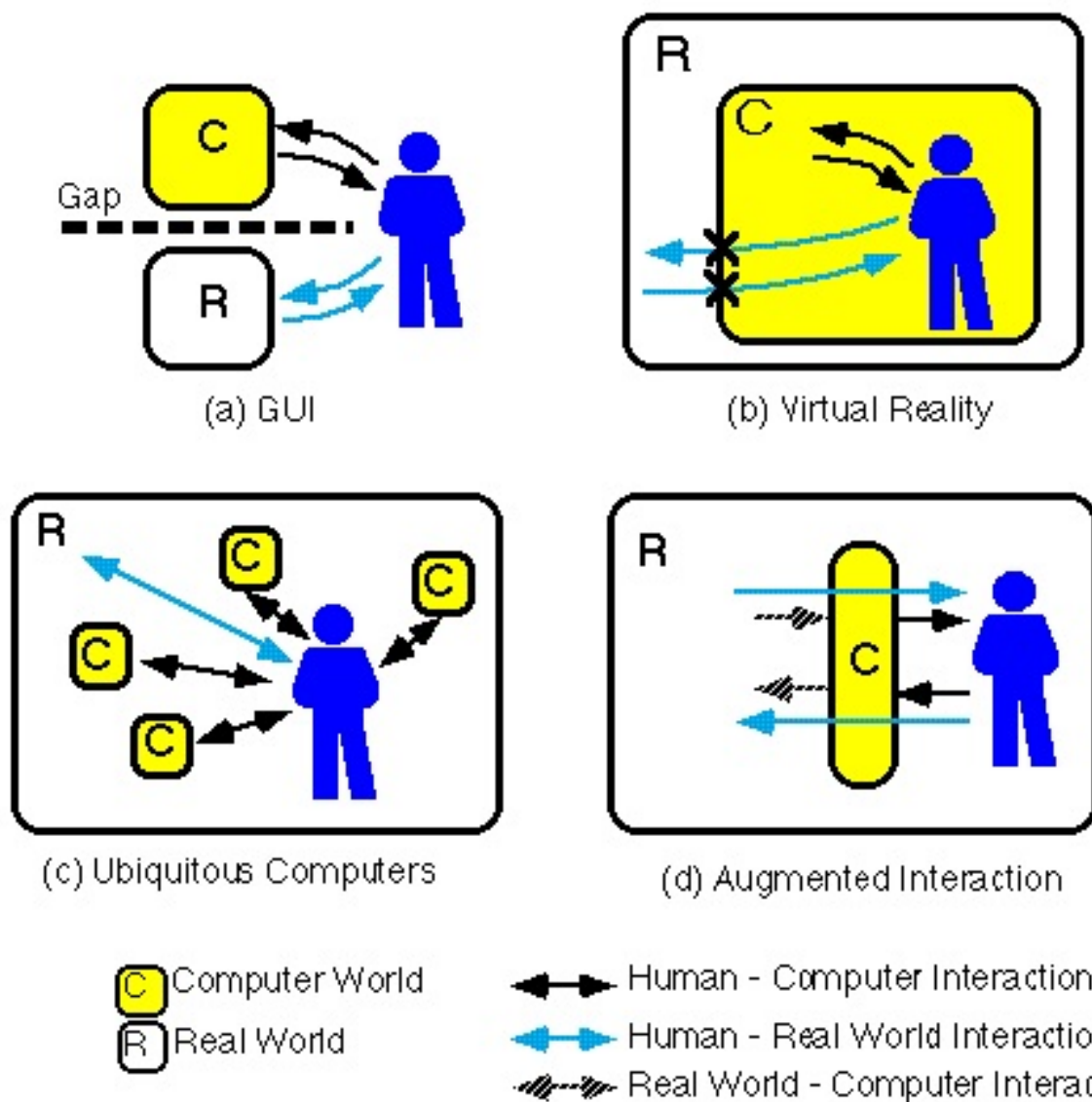
باید توجه شود که در تعریف Azuma هیچ محدودیتی آورده نشده در مورد نوع تکنولوژی که برای ظاهر کردن تصاویر در دنیای واقعی از آن استفاده می‌کنیم، همچنین در سیستم لزومی به ظاهر شدن تصویر نمی‌باشد و می‌تواند به پخش موسیقی و یا پخش فیلم بپردازد.

اگر با یک دید جامع نگاه بکنیم، واقعیت افزوده آخرین تلاش توسط محققین و مهندسين برای حذف رابط کاربری در کامپیوترها و افزایش تعامل کاربر با دنیای واقعی است. Rekimoto تفاوت بین رابط‌های میز کار سنتی^۲ با تلاش‌هایی که در جهت حذف رابط کاربری انجام شده 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):** در این مدل کاربر با استفاده از اشکال گرافیکی که توسط کامپیوتر در

^۱Tracking

^۲traditional desktop computer interfaces



شکل ۱.۲: انواع رابط‌های کاربری [۱۱]

اختیارش قرار می‌گیرد ارتباط برقرار می‌کند مانند آیکون‌ها، محیط ویندوز، منوها و ...

۲- مدل واقعیت مجازی:^۱ در این مدل کاربر با استفاده از کلاه‌های 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 به اصطلاح درون این دنیا غواصی^۲ می‌کند و از دنیای واقعی جدا می‌شود.

³ graphical user interface

¹ Virtual Reality

² immersive

- ۳- مدل پردازش همه جا حاضر:^۱ در این مدل سنسورها و پردازشگرها در دنیای واقعی جاسازی شده اند.
- ۴- واقعیت افزوده:^۲ 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 نمی کنند، بلکه مکمل و کمک کننده به یکدیگر هستند.
- همان طور که در تعاریف بالا می توانیم ببینیم، رابطه نزدیکی بین واقعیت مجازی و واقعیت افزوده وجود دارد، همچنین هر دو آن ها دارای صفحه نمایشی که بر روی سر نصب شده^۳، سیستم ردیابی و دستگاه های ورودی دستی^۴ می باشند، با این حال بین این دو تفاوت های مهمی وجود دارد.
- 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^۵ بدون آنکه به کاربر حس غوطه ور شدگی دست بدهد به دنیای واقعی بیفزاید. در واقعیت مجازی دستگاه نمایشگر باید کاملاً جامع باشد و میدان گسترده ای از دید را پوشش بدهد و گرافیک های ۳ بعدی تا حد امکان واقعی به نظر بیایند. از آنجاکه کاربر به مدت زیادی قادر به دیدن دنیای واقعی نمی باشد، در واقعیت مجازی سیستم ردیابی نیاز به دقیق بودن به نسبت دنیای واقعی را ندارد و این حساسیت در آن کمتر می باشد.
- در مقابل، در واقعیت افزوده، سیستم نمایش می تواند به صورت غیر غوطه ور کننده، با گستردگی دید کم و با استفاده از گرافیک های 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 میلی متر تفاوت قرار گرفتن محتوای مجازی با دنیای واقعی بشوند.

¹ Ubiquitous Computing

² Augmented Reality

³ head mounted displays

⁴ handheld input devices

⁵ digital content

۲.۱.۲ واقعیت ترکیبی

برای توضیح بیشتر برای واقعیت افزوده می‌توانیم به نتیجه تحقیق Milgram و Kishino نگاهی بیندازیم [۱۲]. آنها مفهومی با نام واقعیت ترکیبی^۱ را معرفی نمودند که این مفهوم دو مفهوم واقعیت و مجازی را با یکدیگر 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 قرار گرفته 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 به‌تنهایی به‌عنوان دسته مجزا شناخته نمی‌شود بلکه بخشی از هر دو را تشکیل می‌دهد.



شکل ۲.۲: شکل معرفی شده برای Mixed Reality توسط Milgram [۱۲]

^۱ Mixed Reality

^۲ Virtual Environment

^۳ Real Environment

^۴ Augmented Virtuality

۲.۲ انواع دستگاه‌های واقعیت افزوده

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

۱.۲.۲ 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 برخورد می‌کنیم، مشکل اول کیفیت تصاویر است که وابسته به وضوح^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.

• ۲- دیدن از طریق نور^۵: 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 به وضوح

^۱head mounted displays (HMD)

^۲Video-see-through

^۳resolution

^۴latency

^۵optical-see-through



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

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.

۲.۲.۲ نمایشگرهای دستی^۱:

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. به‌عنوان مثال برای این نوع از نمایشگرها می‌توان تلفن‌های همراه هوشمند را مثال زد که علاوه بر دارا بودن ویژگی‌های ذکرشده، دارای سنسورهایی مانند "سیستم موقعیت یاب جهانی"^۲ و قطب نمای دیجیتال هستند که برای ردیابی می‌توان از آن‌ها استفاده نمود

^۱ Handheld displays

^۲ Global Positioning System (GPS)



شکل ۴.۲: نمونه‌ای از نمایشگرهای دستی [۱۳]

۳.۲.۲ نمایشگرهای فضایی^۱

در این نوع از نمایشگرها ما شاهد واقعیت افزوده فضایی^۲ هستیم که با استفاده از ویدئو پروژکتور، عناصر نوری، هولوگرام‌ها و برچسب‌های فرکانس رادیویی به صورت مستقیم عناصر مجازی را به درون دنیای واقعی می‌آورند و دیگر کاربر نیازی ندارد که دستگاهی را بر روی سر خود 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^۳ با دنیای واقعی ادغام می‌کنیم [۱۴].

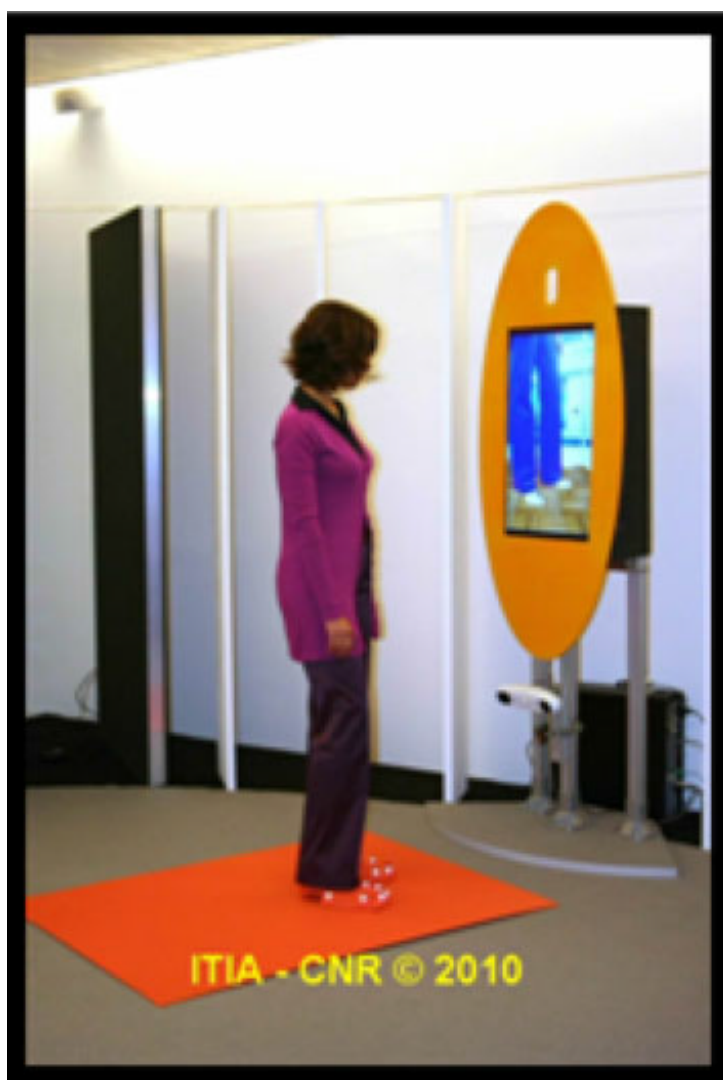
۳.۲ ورودی و تعامل

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:

^۱spatial displays

^۲Spatial Augmented Reality (SAR)

^۳direct augmentation



شکل ۵.۲: نمونه‌ای از نمایشگرهای فضایی [۱۴]

۱.۳.۲ مرورگرهای 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 به‌عنوان 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

^۱Information Browsers



شکل ۶.۲: نمونه‌ای از پروژه NaviCam [۱۱]

صورت است که صحنه واقعیت افزوده را پردازش می‌کنند و اطلاعات برای کاربر پردازش می‌شود [۱۱].

۲.۳.۲ رابط کاربر ۳ بعدی^۱:

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

- **جهت‌یابی^۲:** 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^۳:** 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^۴ و... استفاده کرد.

^۱3D User Interfaces

^۲navigation

^۳selection

^۴joysticks



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

- **دست کاری^۱:** این قسمت گام آخر است و کاربر می‌تواند تعامل خود را با عناصر مجازی به راحتی انجام دهد.

۳.۳.۲ رابط کاربر قابل لمس^۲:

در این نوع از رابط‌ها، برای ارتباط با عناصر مجازی از عناصر دنیای واقعی استفاده می‌کنیم. این اجسام مانند پلی بین دنیای واقعی و دنیای مجازی می‌باشند و تعامل را برقرار می‌سازند. این روش یکی از روش‌های نوین برای 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 ناخوشایند است [۱۶].

^۱manipulation

^۲Tangible User Interfaces



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

۴.۳.۲ رابط کاربر طبیعی^۱:

در این مدل از اجزای طبیعی بدن مانند دست‌ها استفاده می‌کنیم، در این حالت اجزای بدن می‌توانند ردیابی 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].



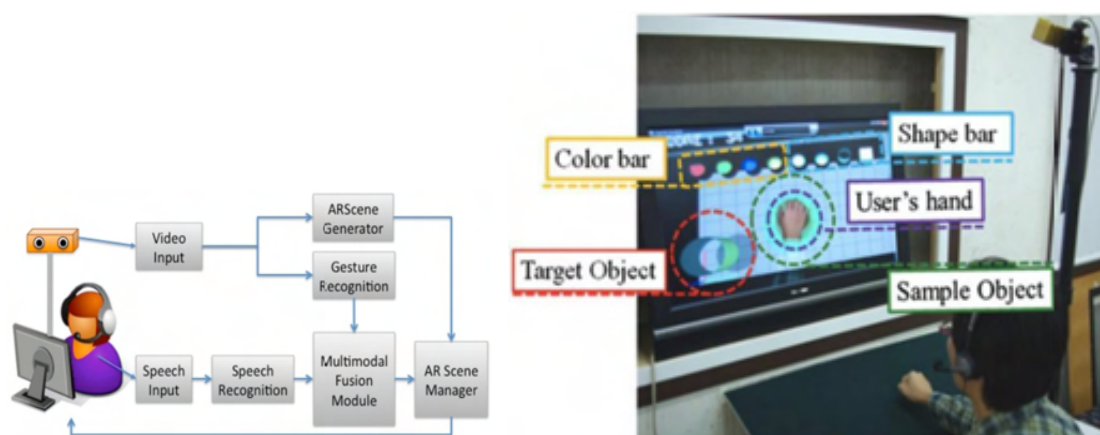
شکل ۹.۲: استفاده از رابط کاربر طبیعی [۱۷]

¹Natural User Interfaces

۵.۳.۲ رابط چند منظوره^۱:

برای تعامل قوی تر در برنامه های واقعیت افزوده، محققین سعی کردند تا مدل های مختلفی از ورودی ها را با یکدیگر ترکیب کنند، در این میان ترکیب گفتار^۲ و تشخیص ژست^۳، یکی از گسترده ترین و فعال ترین بخش ها 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 می پرداخت و همچنین با دریافت گفتار و ترکیب این دو، دستورات را شناسایی می کرد و به تعامل با کامپیوتر می پرداخت. او توانست دقت را در این روش شناسایی کند و بیان کرد که با این ترکیب در سیستم واقعیت افزوده ۲۵ درصد سریع تر به نسبت تشخیص ژست به تنهایی، می توان به تعامل پرداخت [۱۸].



شکل ۱۰.۲: رابط چند منظوره [۱۸]

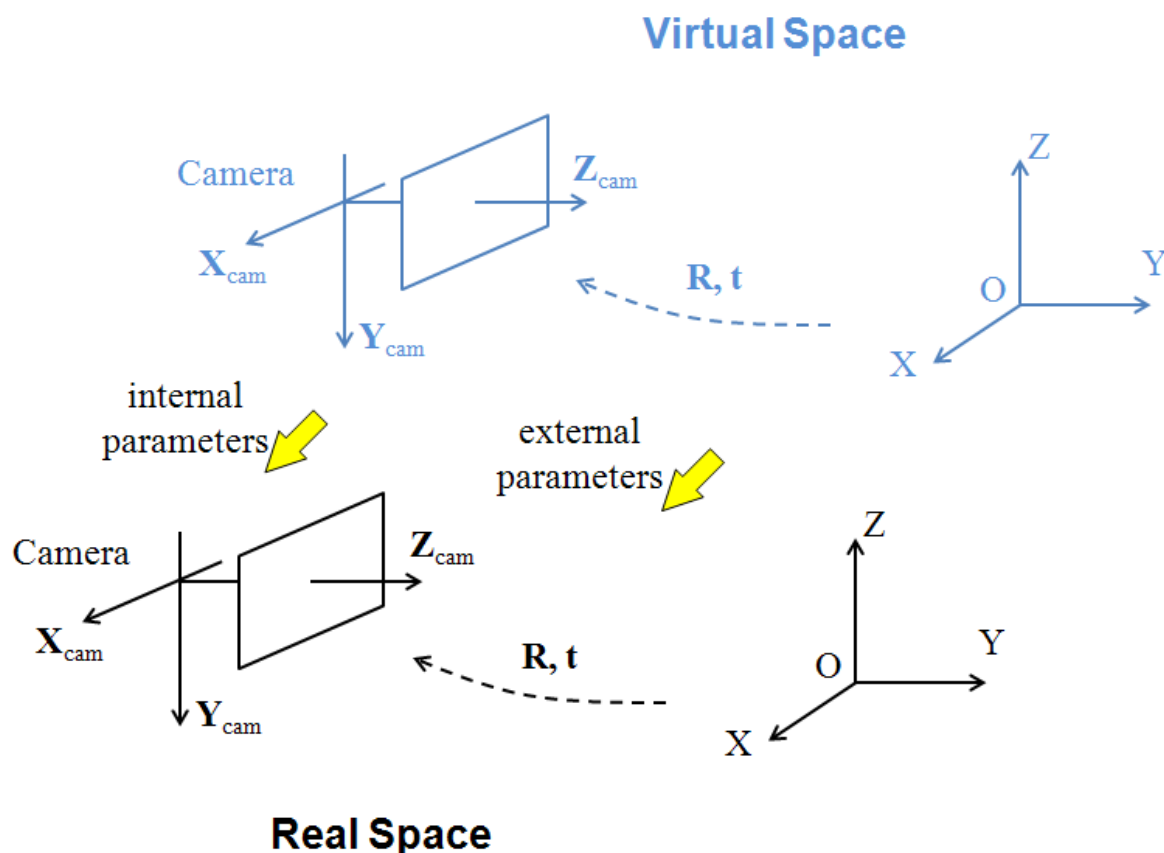
۴.۲ نمایش

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

^۱Multimodal Interfaces

^۲speech

^۳gesture recognition



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 با دید 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 شناخته‌شده و مقایسه ویژگی‌های تصاویر به‌دست‌آمده از این الگوها با ویژگی‌های سه بعدی آنها، تعیین می‌شوند. این امر معمولاً قبل از

^۱calibration

^۲registration

^۳construction

شروع به کار سیستم واقعیت افزوده انجام می شود.

• **پارامترهای خارجی** با ردگیری دوربین و تعیین فاصله و جهت دوربین تعیین می شوند. هنگامی که صحنه ایستا است تنها تعیین پارامترهای خارجی دوربین در حالت اولیه کافی است ولی در صحنه هایی که تغییر می کنند 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 می کند باید ردگیری شود [۱۹].

با استفاده از روش های ردگیری، مکان و جهت دوربین و اجسام موجود در هر صحنه مشخص می شود. 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 می شود. پس از تطبیق صحنه واقعی با صحنه مجازی، تصویر غنی شده ایجاد می شود که می تواند طبق کاربرد و فناوری به کار برده شده به صورت دیجیتالی و یا به صورت فیزیکی نمایش داده شود.

در این بخش ابتدا به بررسی انواع فناوری های نمایش مورد استفاده در واقعیت افزوده و سپس از نظر نوع نمایش و فاصله محل قرارگیری از چشم کاربر بررسی می شوند.

۱.۴.۲ فناوری نمایش

فناوری های نمایش واقعیت افزوده بسته به نوع ترکیب تصویر مجازی با تصویر واقعی به سه دسته تقسیم می شوند: 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 می کنند و سپس تصویر مجازی به کمک روش های پردازش تصویر، به تصویر محیط واقعی اضافه می شود. در بیشتر موارد دوربین در پشت صفحه نمایش متصل می شود و اجازه دید مستقیم به محیط را می دهد. در واقع در این مدل دنیای واقعی

^۱ Video based

^۲ Optical see-through

^۳ Projection onto a physical surface



شکل ۱۲.۲: اضافه شدن اشتباه 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 به‌سادگی امکان‌پذیر شده است. این امر سبب شده تا واقعیت افزوده ویدیویی 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 اضافه‌شده به تصویر قرار می‌گیرد [۲۰].

همان‌طور که در شکل ۱۲.۲ دیده می‌شود در سمت چپ شی مجازی به‌صورت نادرستی به محیط واقعی اضافه‌شده 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 ویدیویی، 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 کاستی‌ها در کاربردهایی مانند پزشکی که دیدمستقیم از محیط نیاز است بسیار مهم می‌شوند. از دیگر مشکلات این نوع نمایش، نیاز بالای قدرت پردازشی است. باوجود افزایش قدرت پردازشی در سال‌های اخیر، در مقایسه با دیگر انواع نمایش واقعیت افزوده هنوز نیاز به افزایش قدرت پردازش در این نوع واقعیت افزوده هست.

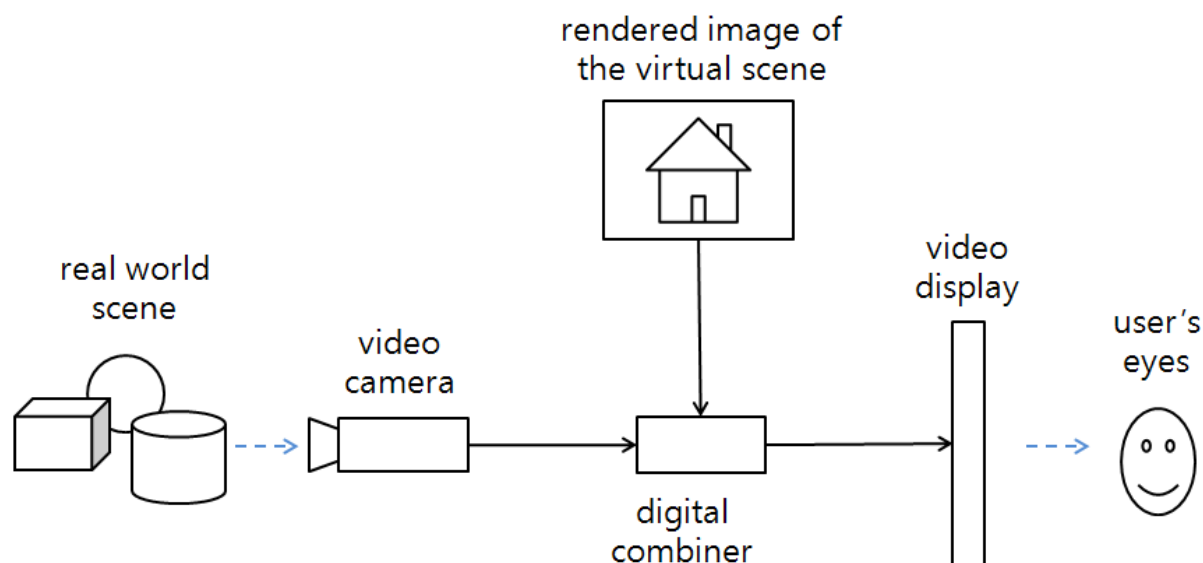
نمایش دید نوری واقعیت افزوده

این نوع از واقعیت افزوده از سیستم‌های نوری برای نمایش تصویر مجازی به همراه تصویر محیط واقعی استفاده می‌کنند. این سیستم‌ها معمولاً از جداکننده نور^۱ استفاده می‌کنند. این جداکننده تصویر واقعی را با انعکاس تصویر مجازی ترکیب کرده و نمایش می‌دهد شکل ۱۳.۲. بتصویر مجازی ترکیب کرده و نمایش می‌دهد شکل. بیشتر این نوع از سیستم‌ها از ملحق کننده نور، جدا از صفحه‌نمایش برای ترکیب دنیای واقعی و تصویر مجازی استفاده می‌کنند. اخیراً با پیشرفت فناوری صفحه‌نمایش‌هایی ساخته شده که شفاف هستند، استفاده از آنها در واقعیت افزوده به شدت روبه افزایش است. استفاده از این نوع صفحه‌نمایش‌ها باعث سادگی و کوچک شدن ساختار سیستم دید نوری واقعیت افزوده می‌شود [۱۹].

یکی از مهم‌ترین برتری‌هایی که این روش نسبت روش ویدیویی 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 نمی‌برد و برای کاربردهایی مناسب است که به دیدمستقیم از دنیای واقعی نیاز دارند مانند کاربردهای پزشکی و نظامی که این یک ویژگی بسیار مهم است.

اصلی‌ترین مشکل این نوع از واقعیت افزوده دقت پایین در نگاشت دو تصویر محیط واقعی و مجازی بر روی یکدیگر است. در بیشتر پیاده‌سازی‌ها نیاز به کالیبره کردن رویه ثبت است که معمولاً دقت پایین‌تری نسبت به رویه‌های خودکار موجود در واقعیت افزوده ویدیویی 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 می‌کند و باعث ایجاد خطا در نگاشت دو تصویر واقعی و مجازی بر یکدیگر می‌شود [۱۹].

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

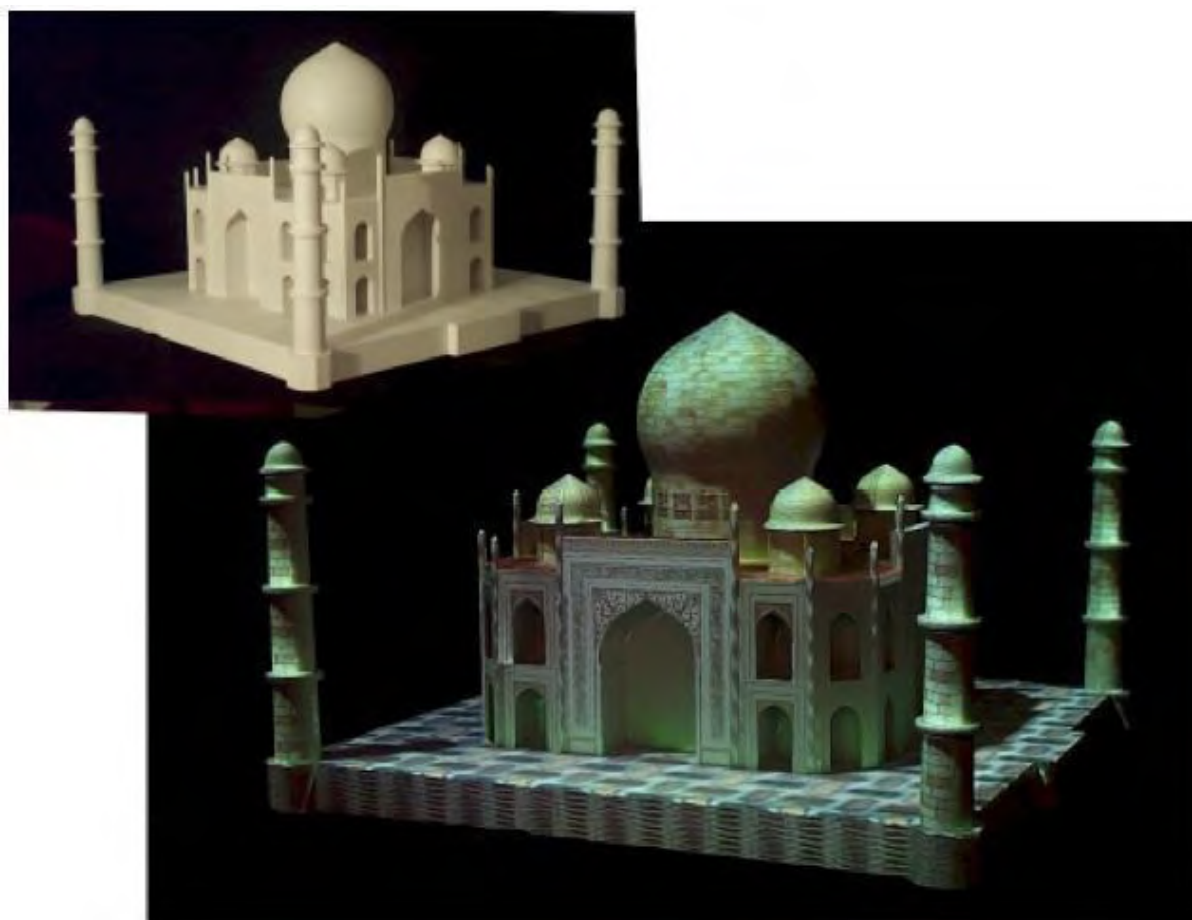


شکل ۱۳.۲: نمایش دید نوری [۱۹]

یکی دیگر از مشکلات واقعیت افزوده دید نوری تأخیر موقتی بین نمایش تصویر مجازی و دیده مستقیم واقعی است. باوجود 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. به‌صورتی 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 مجهز شده‌اند.



شکل ۱۴.۲: نمایش دید نوری [۲۳]

نمایش مبتنی بر نورپردازی

واقعیت افزوده مبتنی بر نورپردازی سطح یک جسم واقعی را به کمک نورپردازی با تصویر مجازی می پوشاند شکل ۱۴.۲. با توجه به ترکیب ردگیری زاویه دید کاربر و سطح فیزیکی اجسام، واقعیت افزوده 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 می شود. این امر سبب می شود که قابلیت جابجایی وجود نداشته باشد و محدود به مکانی باشد که پروژکتور می تواند نورپردازی کند. البته در سال های اخیر تلاش هایی برای ایجاد قابلیت جابجایی برای ویدئو پروژکتورها شده است که می توان به نمونه هایی که قابلیت قرار گرفتن در دست [۲۳] و متصل شدن به سر است [۲۴] اشاره کرد.

یکی از محدودیت های واقعیت افزوده مبتنی بر نورپردازی، نیازمند بودن به سطح یک جسم برای نمایش تصویر

مجازی است که باعث می شود تنها اجسام نزدیک به پروژکتور مناسب باشند و در استفاده برای کاربردهای شهری محدودیت ایجاد می کند. همچنین این نوع از واقعیت افزوده وابستگی بیشتری به شرایط نوری محیط دارد چراکه سایه دیگر اجسام می تواند مشکل ساز باشد. همچنین ایجاد رابطه صحیح عمقی بین سطح جسم موردنظر و دیگر اجسام مشکل است.

۲.۴.۲ فاصله قرار گیری نمایشگر

یکی دیگر از جنبه های نمایش واقعیت افزوده فاصله نمایشگر از چشم کاربر است که می توانند در دسته هایی مانند نمایشگر متصل به سر^۱، نمایشگر دستی و یا متصل به بدن^۲ و نمایشگر فاصله دار^۳ قرار گیرند.

content...

نمایشگر متصل به سر

این نوع نمایشگر تصویر مجازی را درست در جلوی چشمان کاربر نمایش می دهد، که در این صورت جسم دیگری مانع دیدن تصویر نمی شود. این نوع نمایشگرها در اندازه های 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 راحت تر می شود، تصویر عریض تر و درخشان تر می شود [۱۹].

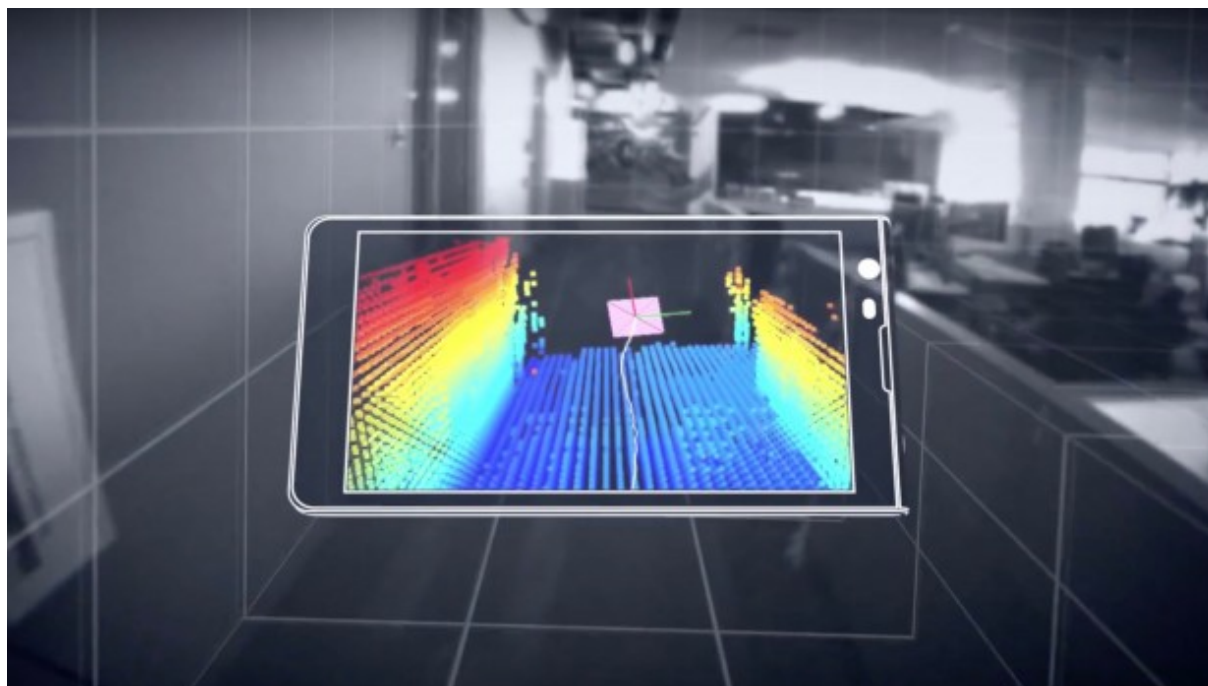
نمایشگر دستی و یا متصل به بدن

نمایشگر متصل به سر دارای قابلیت هایی 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 می شوند و در صورت نیاز قابل به اشتراک گذاری با دیگران هستند. آنها همچنین از نظر اجتماعی قابل پذیرش تر از نمایشگر متصل به سر هستند. با پیشرفت فناوری در زمینه دستگاه های قابل حمل، قدرت پردازشی دستگاه های قابل حمل برای پردازش تصویر سازی

^۱Head-attached Displays

^۲Handheld and Body-attached Displays

^۳Spatial Displays



شکل ۱۵.۲: پروژه تانگو گوگل که با استفاده از 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 فاصلهای

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. در نتیجه، 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 درخت موضوعی برای واقعیت افزوده را درآوردیم و در بخش دوم به بیان عناصر آن پرداختیم. واقعیت افزوده را به همراه مثال های 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 زیرمجموعه رندریگ^۵ می باشند و در کنار هم به این واژه معنا می دهند. این ۳ واژه همیشه همراه هم هستند و در یک هدف

^۱registration

^۲Tracking

^۳Calibration

^۴Registration

^۵Rendering



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 ثبت‌شده به دنیای واقعی پیوند^۲ می‌شوند. در واقعیت افزوده هدف اصلی این است که اطلاعات مجازی دقیقاً به‌صورتی که از قبل برنامه‌ریزی شده‌اند، ثبت بشوند. کالیبراسیون به‌صورت 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 به‌صورت بلادرنگ کار می‌کند در نتیجه برای ارسال مقدار از محیط واقعی باید به‌صورت 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

^۱dynamic

^۲aligned

^۳sensor

^۴dynamic

^۵real 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 به‌صورت پیوسته انجام شود، عملیات کالیبراسیون در بخش‌های مختلف زمانی و به‌صورت 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. به‌طور مشخص نمایشگر واقعیت افزوده باید باکیفیت بالا، عناصر مجازی را نشان دهد و یا اینکه به عناصر واقعی پیوند بزند. برای این کار نیاز داریم تا عملیات ردیابی به‌صورت کامل کار خود را انجام دهد. اگر موقعیت دوربین ثابت باشد، ما فقط با عملیات ثبت و کالیبراسیون می‌توانیم مختصات بین عناصر مجازی و 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، به‌عنوان 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 به‌صورت 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 می شود را بیان می کنیم.

۳.۳ ردیابی مغناطیسی

ردیابی مغناطیسی از خواص میدان های مغناطیسی به منظور محاسبه ژست یک گیرنده که به عنوان یک لنگر در دنیای واقعی شناخته می شوند، با توجه به فرستنده استفاده می کند. در این مدل، فرستنده یک میدان مغناطیسی را به صورت متناوب تولید می کند که توسط یک و یا چند حسگر این اطلاعات دریافت می شود. با محاسبه قطب^۶ و گرایش^۱ میدان مغناطیسی دریافت شده، ژست دریافت کننده با سرعت بالایی قابل محاسبه است.

زمانی که از این معیار در سیستم واقعیت افزوده استفاده می کنیم، ردیاب مغناطیسی فرستنده به عنوان منشأ سیستم مختصات مجازی عمل می کند، و با نصب کردن یک دریافت کننده در عنصری که سعی در دیدن آن داریم، موقعیت و جهت آن قابل محاسبه است [۲۶].

ردیاب های مغناطیسی نرخ بروز رسانی بالایی دارند و همچنین دریافت کننده آن ها 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 معایب دیگری نیز می باشد مثلاً مستعد نوسان اندازه گیری^۱ است و نسبت به مواد مغناطیسی و میدان های الکتریکی در محیط واقعی حساس است.

شکل ۲.۳ نشان دهنده وضوح در ردیابی مغناطیسی دستگاه های Polhemus است که تأثیر فاصله بین دریافت کننده و فرستنده را نمایش می دهد. همان طور که قابل مشاهده است در فاصله های پایین این خطا بسیار کم است اما با افزایش فاصله به صورت نمادی خطا افزایش میابد. ردیابی مغناطیسی در طیف وسیعی از سامانه های واقعیت افزوده استفاده شده است، مانند برنامه هایی در حوزه های تولید [۲۶]، نگهداری [۲۷]، سلامت [۲۸].

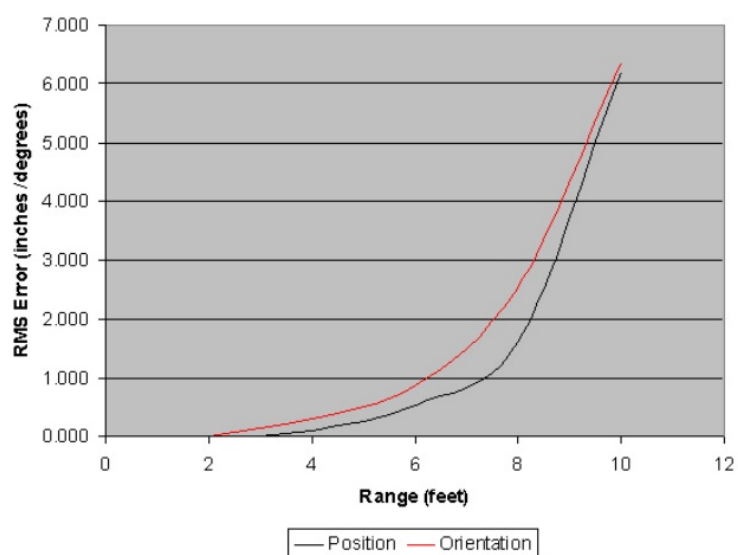
۴.۳ ردیابی براساس دید

^۶polarization

^۱orientation

^۱measurement jitter

Polhemus Magnetic Tracking Error



شکل ۲.۳: ارتباط فاصله با وضوح محاسبات در ردیابی مغناطیسی^۳

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.

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