

واقعیت افزوده و کاربردهای آن در اطلاعات مکانی و محیط‌های پشتیبانی‌کننده

سید وحید رضوی ترمه*^۱، محمدرضا ملک^۲

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد سیستم‌های اطلاعات مکانی - دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی

خواج‌نصیرالدین طوسی

vrazavi70@gmail.com

^۲دانشیار دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواج‌نصیرالدین طوسی

mrmalek@kntu.ac.ir

(تاریخ دریافت اردیبهشت ۱۳۹۵، تاریخ تصویب آذر ۱۳۹۵)

چکیده

واقعیت افزوده ترکیبی از دید واقعی با محتوای مجازی در زمان آنی است که رابطی جهت بهبود درک کاربر با دنیای واقعی و تعامل با آن است. استفاده گسترده از دستگاه‌های تلفن هوشمند مجهز به حسگرهای مختلف مانند GPS، ژيروسکوپ، دوربین و همچنین دسترسی گوناگون به شبکه‌های بی‌سیم با سرعت بالا، سرویس‌های واقعیت افزوده را در سال‌های اخیر به‌طور فزاینده‌ای محبوب کرده است. اغلب سیستم‌های فعلی واقعیت افزوده در محیط‌های کوچک مورد استفاده قرار می‌گیرد و دلیل این امر مشکلات متعدد در محیط‌های باز می‌باشد که باعث توسعه و گسترش سیستم‌های واقعیت افزوده مکان‌مبنا می‌گردد. در توسعه‌ی یک سیستم تجسم تعاملی می‌توان از تمام امکانات سیستم‌های فعلی از جمله GIS، فرآیند مدل‌سازی محیط و مدل‌سازی سه‌بعدی در ترکیب با سیستم‌های سه‌بعدی استفاده کرد. سیستم تجسم تعاملی در واقع یک سیستم جهت سه‌بعدی سازی که حالت پویا داشته و با کاربر در تعامل باشد. در مطالعه‌ی حاضر مفاهیم واقعیت افزوده و رابطه‌ی آن با سیستم اطلاعات مکانی، روش‌های پیاده‌سازی و ردیابی واقعیت افزوده و چارچوب‌های واقعیت افزوده مورد بررسی قرار می‌گیرد.

واژگان کلیدی: واقعیت افزوده، سیستم اطلاعات مکانی، چارچوب‌های واقعیت افزوده، روش‌های ردیابی

۱- مقدمه

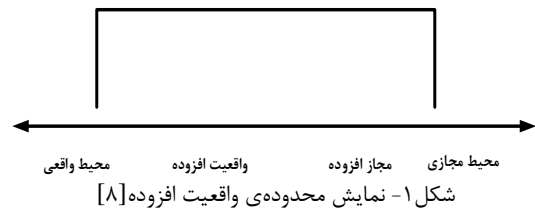
سه بعدی، مدل‌های سه بعدی مجازی از محیط واقعی به جای نقشه‌های دوبعدی به کار گرفته می‌شود [۷]. با گذشت زمان اطلاعات مکانی از نقشه‌های کاغذی از طریق GIS بر روی رایانه‌ها به وب GIS، و در نهایت به نسل فعلی از GIS همراه تکامل یافته است. تجربه‌های کاربر از نقشه‌های کاغذی به طور کامل در یک دنیای فیزیکی اتفاق می‌افتاد و تجسم اطلاعات مکانی محدود شده بود. با ظهور رایانه‌ها، اطلاعات مکانی در فضای مجازی نمایش داده شد که در آن بسیاری از عملیات‌های دشوار و غیرممکن در دنیای واقعی امکان پذیر شد [۳۳]. نسل اول دستورات خطی رابط کاربری GIS به واسطه‌ی تعامل کاربر با برنامه‌های کامپیوتری با خطوط پی‌درپی از متن‌ها با رابط گرافیکی کاربر و سپس با محیط‌های مجازی سه بعدی با پیاده‌روی مجازی و میدان دید چشم پرنده جایگزین شد. اگرچه این رابط جدید درک کاربران را از اطلاعات مکانی افزایش داده است، هنوز هم نیاز به رابط ملموس‌تر که قابل استفاده برای عموم افراد و افزایش تعامل انسان با محیط و اشیاء مکانی است [۳۳]. با ظهور فناوری‌هایی مانند واقعیت افزوده به نظر می‌رسد یک دوره‌ی جدید برای رابط کاربر مکانی در آینده‌ای نزدیک به وجود بیاورد. سیستم‌های واقعیت افزوده با ترکیب دنیای واقعی و مجازی، تجربیات ملموس‌تری در تعامل با اشیاء دنیای واقعی با کاربر به وجود می‌آورد. در فصل دوم به بررسی مفاهیم واقعیت افزوده، فصل سوم به انواع سیستم‌های واقعیت افزوده و پیاده‌سازی آن‌ها و فصل چهارم به بررسی چارچوب‌های واقعیت افزوده و مقایسه آن‌ها می‌پردازد.

۲- واقعیت افزوده

واقعیت افزوده، فناوری است که در آن اشیاء مجازی در یک محیط واقعی و در کنار سایر اشیاء واقعی قرار می‌گیرند [۸-۹]. این فناوری به ما کمک می‌کند با تلفیق رایانش، فناوری نمایش با محیط واقعی، درک بهتری از پدیده‌ها داشته باشیم. در شکل ۱ واقعیت افزوده، پدیده‌ای بین واقعیت مجازی و محیط واقعی محض است که در واقعیت مجازی کاربر درکی از دنیای واقعی ندارد و در محیط مجازی تولید شده به کمک رایانه غوطه‌ور است [۱۰-۸].

در گذشته نمونه‌های مختلفی از تجسم و واقعیت مجازی جهت بسیاری از اهداف استفاده شده است. آموزش خلبانان، صنعت بازی و سرگرمی، معماری و برنامه‌ریزی شهری و در سال‌های اخیر تجسم محیط، نمونه‌های مختلف از برنامه‌های مختلف این فن‌آوری است. واقعیت افزوده فناوری دیگری از این تجسم است که به عنوان ترکیبی از صحنه‌ی واقعی مشاهده شده و صحنه‌ی مجازی تولید شده توسط رایانه است که در آن اشیاء مجازی بر روی صحنه‌ای از دنیای واقعی قرار می‌گیرند [۱]. Vallino معتقد است که واقعیت افزوده می‌تواند به عنوان یک سیستم همه‌جانبه در نظر گرفته شود و محققان پیشنهاد کرده‌اند که واقعیت افزوده به عنوان راه‌حلی در بسیاری از حوزه‌ها است. او همچنین نشان داد که واقعیت افزوده به سادگی به معنای انطباق اشیاء گرافیکی بر روی دیدی از دنیای واقعی نمی‌باشد، که جهت انجام دقیق این فرآیند نیاز به دانش دقیقی از رابطه‌ی بین چهارچوب مرجع برای دنیای واقعی، دید دوربین و کاربر می‌باشد [۲]. از طرف دیگر سیستم اطلاعات مکانی به طور فزاینده‌ای جهت تجزیه و تحلیل، درک، مدل‌سازی و مدیریت محیط‌زیست استفاده می‌شود [۳]. تکنیک‌های گرافیک کامپیوتری به طور گسترده‌ای در سیستم‌های GIS سه بعدی به منظور تجسم داده و بهبود تعامل کاربر با داده استفاده می‌شود [۴]. علاوه بر این با استفاده از GPS و ارتباط آن به مدل‌های GIS سه بعدی، قابلیت‌های بیشتری را در این زمینه فراهم می‌کند. از آنجایی که فعالیت‌های انسان وابسته به اطلاعات مکانی در همه‌ی زمان‌ها است، ادغام فناوری واقعیت افزوده با GIS بسیار ضروری و مهم است. توسعه واقعیت افزوده از ابتدا شامل چند فاز بوده است: واقعیت افزوده بر روی رایانه‌ها در محیط بسته، واقعیت افزوده واقع بر کلاه‌خود در فضای باز و واقعیت افزوده بر روی دستگاه‌های همراه در فضای باز. این برنامه به تدریج از یک‌یک نمایش سنتی به نرم‌افزاری در ترکیب با صنعت تبدیل شده است [۶]. برنامه‌های سنتی GIS پس از تجزیه و تحلیل به صورت دوبعدی بر روی نقشه نمایش داده می‌شدند، با این حال کاربرانی که با دانش مکانی آشنا نیستند درک صحیحی از نقشه و اطلاعات مکانی ندارند و حتی کارشناسان این حوزه جهت تشخیص در محیط‌های پیچیده با مشکل مواجه هستند. در سال‌های اخیر با توسعه‌ی GIS

واقعیت ترکیبی



واقعیت افزوده یکی از فناوری‌های جالب در دهه‌ی اخیر است که به‌ویژه در دستگاه‌های سیار نمود پیدا کرده است [۱۱]. با توسعه‌ی فناوری، استفاده از آن در حوزه‌های مختلف فراگیر شده است و از طرفی طبق پیش‌بینی‌ها در سال ۲۰۱۸ بیش از ۲۰۰ میلیون نفر از برنامه‌های واقعیت افزوده استفاده خواهند کرد [۱۱]. یک سامانه باید ویژگی‌هایی نظیر زیر داشته باشد که بتوان به آن واقعیت افزوده گفت:

ترکیب یا تلفیق: باید ترکیب محیط واقعی و شیء مجازی تولیدشده به‌وسیله رایانه را به‌صورت آمیخته در کنار هم داشته باشیم، برای این کار باید از نمایشگرهای خاصی استفاده نمود که قادر به این کار باشند، زیرا نمایشگرهای معمولی تنها قادر به نمایش تصاویر مجازی به‌وسیله رایانه هستند [۹].

تثبیت (تطبیق) در سه بعد: در واقعیت افزوده یک همبستگی منطقی بین اشیاء واقعی و مجازی بر اساس رابطه‌ی هندسی آن‌ها مطرح است که امکان قرار گرفتن اشیاء مجازی در مکان مناسب نسبت به اشیاء واقعی به‌صورت سه‌بعدی را فراهم می‌کند [۹].

تعامل بلادرنگ: کاربر باید بتواند با اشیاء سه‌بعدی تولیدشده ارتباط بلادرنگ برقرار کند و شیء مجازی نیز در اثر حرکات کاربر به‌صورت بلادرنگ تغییر وضعیت دهد. برای مثال کاربر بتواند درب خودروی مجازی را باز کند و درب نیز باید حالت باز شدن را به خود بگیرد [۹].

Vallino هدف از سیستم‌های واقعیت افزوده را ترکیب تعاملات دنیای واقعی با تعاملات حاصل از دنیای تولیدشده به‌وسیله‌ی کامپیوتر دانست که بر روی دنیای واقعی نشان داده می‌شوند [۲]. Wagner در تحقیق خود به این نکته اشاره کرد که تحقیقاتی که در زمینه‌ی واقعیت افزوده انجام می‌شود باید به پشتیبانی از رابط‌های کامپیوتری کمک کنند و علاوه بر نمایشی از دنیای افزوده، سیستم‌های واقعیت افزوده باید یک رابط به سایر برنامه‌ها نیز فراهم کنند [۱۳].

بر طبق تحقیقات [۱۵-۱۴-۱۳-۱۲] تعاریف ابتدایی و واضحی از واقعیت افزوده را ارائه می‌دهند. بر طبق این تحقیقات واقعیت افزوده را می‌توان به این صورت تعریف کرد: "واقعیت افزوده ترکیبی از یک دید از واقعیت با محتوای مجازی است که در زمان آنی تعاملات و مشاهدات با دنیای واقعی را بهبود بخشد". در این تعریف منظور از محتوای مجازی، اطلاعاتی است که به‌صورت مجازی نمایش داده می‌شود. در رابطه با کارایی صحیح سیستم‌های واقعیت افزوده دو مسئله‌ی مهم را باید در نظر گرفت: ۱- گرفتن موقعیت و سو ۲- تطبیق کردن واقعیت با محتوای مجازی. این دو مسئله را به ترتیب به‌عنوان ردیابی و ثبت در نظر می‌گیریم [۱۴].

• ردیابی

در ردیابی هدف اندازه‌گیری موقعیت و سو دستگاه و یا کاربر است. به‌منظور اینکه برنامه‌های واقعیت افزوده به‌درستی کار کنند، این فرآیند نیاز است با دقت و تا جایی که ممکن است در زمان آنی انجام شود.

• تثبیت

در این مرحله، نگهداری واقعیت و تطبیق محتوای مجازی به آن است. دقت فرآیند ثبت وابسته به دقت فرآیند ردیابی است.

۳- انواع سیستم‌های واقعیت افزوده

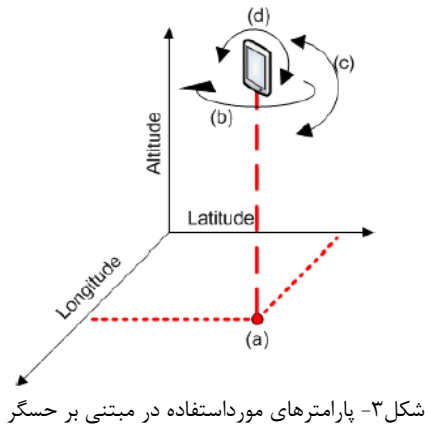
در این تحقیق سیستم‌های واقعیت افزوده را صرف‌نظر از سخت‌افزار مورد استفاده، از جهت نوع پیاده‌سازی سیستم و روش ردیابی به‌صورت زیر دسته‌بندی می‌کنیم.

۳-۱- نوع پیاده‌سازی

برنامه‌های واقعیت افزوده از لحاظ پیاده‌سازی به سه دسته‌ی نشانه‌دار، بدون نشانه و مبتنی بر مدل دسته‌بندی شده که در ادامه به تشریح هر یک از آن‌ها پرداخته می‌شود.

• نشانه‌دار

اولین برنامه‌های واقعیت افزوده مانند دو برنامه‌ی StudierStube [۱۷] و ARTOOLKIT [۱۶] از نشانه‌هایی خاص که در میدان دید برنامه هستند به‌عنوان نقاط منبع



به منظور استفاده از تکنیک مبتنی بر حسگر، چهار پارامتر مورد نیاز است: ۱- موقعیت ۲- سو دستگاه ۳- تیلت ۴- چرخش.

این پارامترها می‌توانند به ترتیب با استفاده از یک تکنیک موقعیت‌یابی، یک قطب‌نمای دیجیتال، و یک حسگر چرخشی محاسبه شوند. مزیت این روش در این است که محیط با نشانه‌ها و الگوها تلفیق نمی‌شود و همچنین مستقل از محیط است و دستگاه باید به قدر جمع‌آوری داده‌ی حسگرها از هر یک از حسگرهای داخلی و خارجی باشد.

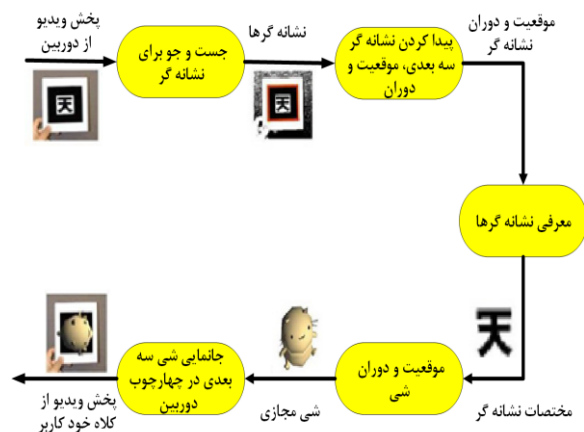
تطبیق الگو

رویکرد تطبیق الگو مشابه با رویکرد ردیابی نشانه‌دار است، اما نشانه‌ها با الگوهای منظم در تصاویر جایگزین می‌شود. از این روش بیشتر در برنامه‌های تجاری برای اضافه کردن رسانه‌های سنتی، مانند مجله، آگهی و غیره به محیط استفاده می‌شود.

• مبتنی بر مدل

این نوع از واقعیت افزوده بر اساس تشخیص اشیا سه‌بعدی که از قبل شناخته شده است، کار می‌کند. به این صورت که از قبل یک مدل سه‌بعدی از یک شیء خاص ساخته شده و به سیستم معرفی می‌شود و سیستم تنها زمانی قادر به تشخیص وضعیت دوربین و عمق تصویر خواهد بود که آن مدل از قبل شناخته شده را مشاهده کند. در برخی تحقیقات مانند [۱۹] واقعیت افزوده مبتنی بر مدل را جز سیستم‌های بدون نشانگر طبقه‌بندی می‌کنند. این نوع از واقعیت افزوده جدیدتر و ناشناخته‌تر از انواع قبلی است به همین دلیل در بسیاری از تحقیقات انواع واقعیت افزوده را تنها در دودسته‌ی بدون نشانگر و با نشانگر تقسیم می‌کنند. در جدول ۱ مقایسه‌ای بین این سه روش انجام شده است.

استفاده می‌کنند. نرم‌افزار این نشانه‌ها را از طریق دوربین تشخیص و موقعیت و سو را با استفاده از آن محاسبه می‌کند. در شکل ۲ مراحل گام‌به‌گام از این فرآیند نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده است ابتدا نرم‌افزار نشانه گرها را در یک منبع ویدیو تشخیص می‌دهد و موقعیت و دوران را از آن محاسبه می‌کند. با استفاده از این داده‌ها به عنوان یک منبع، محتوای مجازی با موقعیت و دوران یکسان بر روی منبع جانمایی می‌گردد. موقعیت و دوران محتوای مجازی مطابق موقعیت و دوران دوربین به روز می‌گردد.



شکل ۲- واقعیت افزوده‌ی نشانه‌دار [۱۸]

• بدون نشانه

ردیابی بدون نشانه به صورت دو تکنیک بر اساس حسگرها و تطبیق الگو توسعه داده شده است. در روش مبتنی بر حسگر وقتی که دوربین و صفحه‌ی نمایش در دستگاه تلفن در حال تغییر و دستگاه در حال حرکت است استفاده می‌شود و محیط را به صورت ثابت مشاهده می‌کند درحالی‌که در تطبیق الگو، از الگوهایی در یک تصویر منظم برای تشخیص موقعیت و سو دربرگیرنده‌ی تصویر استفاده می‌شود.

مبتنی بر حسگر

با به دست آوردن موقعیت و جهت کاربر یا دستگاه از طریق اندازه‌گیری‌ها، سیستم می‌تواند میدان دید (FOV) را تعیین کند. در شکل ۳ نمایش گرافیکی از پارامترهای مورد استفاده در این فرآیند نشان داده شده است.

جدول ۱- مقایسه بین انواع روش‌های پیاده‌سازی

نوع پیاده‌سازی	مزایا	معایب
با نشانگر	سرعت بالا در اجرا و پیاده‌سازی و سریع، قدرت کافی در اجرای ثبت و ردیابی صحیح و دقیق [۲۰]، توانایی کار با منابع محاسباتی محدود [۱۹]	نیاز به پیش‌پردازش در محیط [۲۱-۱۹]، عدم توانایی استفاده در محیط جدید و ناشناخته [۲۱]، عدم تطابق با چشم‌انداز واقعیت افزوده‌ی موبایل [۱۹]
بدون نشانگر	قابل استفاده در همه‌جا، عدم نیاز به پیش‌پردازش در محیط، مطابق با ماهیت واقعیت افزوده موبایل	نیاز به توان محاسباتی بالا [۵]، سرعت پایین در اجرا و پیاده‌سازی، سخت بودن انجام ثبت و ردیابی به‌طور صحیح
مبتنی بر مدل	توانایی انجام بخشی از پردازش به‌صورت آفلاین [۲۰]، سرعت بیشتر نسبت به بدون نشانگر [۱۹]، کاربرپسند	عدم توانایی استفاده در محیط جدید و ناشناخته [۲۱-۲۰]، سرعت پایین در پیاده‌سازی

۳-۲- روش ردیابی

در این تحقیق سیستم‌های واقعیت افزوده را از نظر نوع ردیابی به چهار دسته‌ی مبتنی بر مکان، مبتنی بر بینایی، مبتنی بر داده‌ی حسگرها و روش ترکیبی دسته‌بندی کرده و سپس در ادامه به تشریح هر یک از این روش‌های ردیابی و مقایسه آن‌ها (جدول ۲) پرداخته می‌شود.

• مبتنی بر مکان

در این روش مکان کاربر با به‌کارگیری یکی از شیوه‌های ردیابی وضعیت به دست می‌آید. بسته به مکان استفاده که در داخل و یا خارج از ساختمان باشد، روش انتخابی برای ردیابی متفاوت می‌شود. در فضای باز می‌توان از GPS جهت ردیابی استفاده کرد و در فضای بسته به دلیل ضعیف شدن سیگنال‌های GPS از روش‌های دیگری برای ردیابی استفاده می‌شود [۲۲]. برخی از محققان روش ردیابی مبتنی بر مکان را در دسته‌ی ردیابی با استفاده از حسگرها قرار می‌دهند [۲۳].

جدول ۲- مقایسه بین انواع روش‌های ردیابی

نوع پیاده‌سازی	مزایا	معایب
مبتنی بر مکان	مطابق با ماهیت واقعیت افزوده موبایل (به دلیل وجود انواع سنسورهای موردنیاز در گوشی‌های هوشمند) [۲۰]، امکان استفاده در داخل و خارج از ساختمان	عدم دقت کافی در صورتی که به‌تنهایی استفاده شود، عدم توانایی تصحیح خطاها به‌صورت پویا [۲۷]
مبتنی بر بینایی	توانایی تصحیح خطاها به‌صورت پویا [۲۳]، عدم وجود خطا [۲۳]	سرعت پایین برای واقعیت افزوده‌ی موبایل، سخت بودن پیاده‌سازی، عدم مقاومت در برابر حرکت سریع [۲۳]
مبتنی بر حسگر	مطابق با ماهیت واقعیت افزوده موبایل (به دلیل وجود انواع سنسورهای موردنیاز در گوشی‌های هوشمند) [۲۰]، امکان استفاده در داخل و خارج از ساختمان [۲۲]	مشکلات ماهیتی سنسورها روی میزان صحت ردیابی اثر می‌گذارد، وجود خطاهای احتمالی [۲۰]، سختی انجام ردیابی در داخل ساختمان [۲۲]، عدم توانایی تصحیح خطاها به‌صورت پویا
روش ترکیبی	رفع مشکلات روش‌های دیگر [۲۳]	---

• مبتنی بر بینایی

بر طبق گفته‌ی Zhou و همکارانش، تحقیقات حوزه‌ی ردیابی به‌طور عمده بر روی روش‌های مبتنی بر بینایی قرار دارند [۲۴]. در این روش تصاویر و یا ویدیو به‌صورت متوالی در دوربین تلفن همراه ساخته می‌شود و با استفاده از الگوریتم‌های پردازش تصویر برای ردیابی استفاده می‌گردد.

چندین برنامه‌ی واقعیت افزوده با استفاده از این روش ردیابی پیاده‌سازی شده‌اند اما هرکدام از آن‌ها محدودیت‌هایی را در برنامه اعمال کرده‌اند تا سیستم بتواند به‌طور صحیح و سریع کار کند. از جمله اینکه نرم‌افزار را به محیط داخلی ساختمان محدود کرده‌اند تا کنترل بیشتری بر روی آن باشد [۲۵].

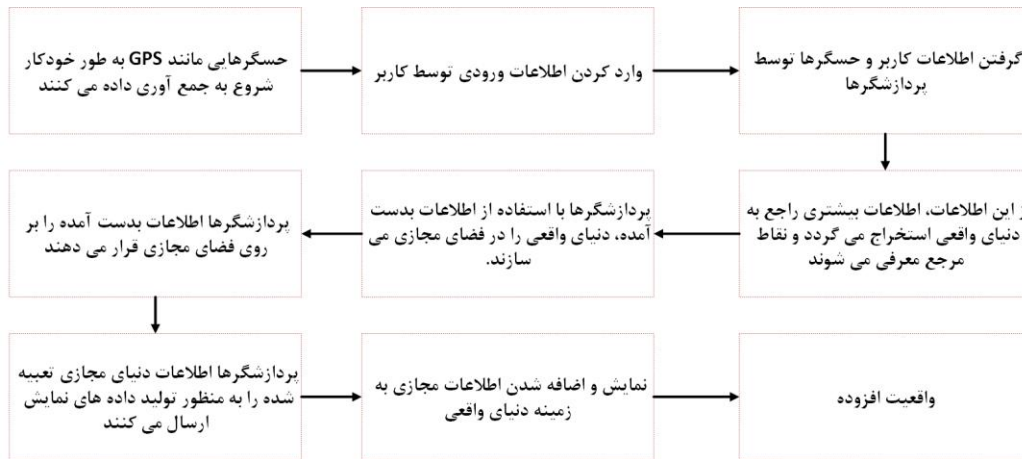
• **مبتنی بر داده‌ی حسگرها**

بسیاری از برنامه‌های واقعیت افزوده از حسگرهای موجود بر روی دستگاه‌های تلفن هوشمند برای ردیابی استفاده می‌کنند. حسگرهای قطب‌نما، شتاب‌سنج، GPS و ... با توجه به راحتی در استفاده و در ادغام با یکدیگر کمک بسیار زیادی به ردیابی صحیح در سیستم‌های واقعیت افزوده می‌کنند [۲۵]. اما در اکثر تحقیقات فقط به استفاده از داده‌های حسگرها اکتفا نشده و اغلب با روش‌های دیگر

به کار گرفته می‌شود که در این صورت در دسته‌ی روش‌های ترکیبی قرار می‌گیرد.

• **روش ترکیبی**

روش ردیابی ترکیبی، از ترکیب هر یک از روش‌های بالا با یکدیگر به وجود می‌آید [۲۵]. در تحقیق [۲۱] از ترکیب روش ردیابی مبتنی بر بینایی و استفاده از داده‌ی حسگرها استفاده شده است. جدول ۲ مقایسه‌ای بین انواع روش‌های ردیابی را نشان می‌دهد. مراحل انجام یک سیستم واقعیت افزوده در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴- مراحل انجام یک سیستم واقعیت افزوده

۴- **چارچوب‌های واقعیت افزوده**

بنا بر مطالب بیان شده ساختار نرم‌افزارهای واقعیت افزوده برای کاربردهای مختلف به نیازی آشکار برای توسعه‌دهندگان تبدیل شده است از سوی دیگر ساخت چنین نرم‌افزارهایی بدون اتکا به بستر و چارچوب نرم‌افزاری مناسب کار بسیار وقت‌گیر و پیچیده‌ای است [۲۶]. به‌طور کلی از چارچوب‌ها جهت توسعه‌ی برنامه‌های واقعیت افزوده استفاده می‌گردد که کد نویسی و توسعه‌ی برنامه‌های واقعیت افزوده با استفاده از این چارچوب‌ها به راحتی صورت می‌گیرد. چارچوب‌های نرم‌افزاری بسیاری برای تولید برنامه‌های کاربردی واقعیت افزوده وجود دارند.

Huang و همکارانش تاریخچه و تعدادی از ویژگی‌های چارچوب‌ها از قبیل زبان برنامه‌نویسی که برای توسعه برنامه کاربردی در چارچوب به کار می‌رود، و زبان تفسیر که در هنگام تشکیل مجازی حاوی مدل‌های هندسی و برای استفاده از رنگ سایه به منظور ایجاد یک ظاهر واقعی در محیط است را بررسی کردند که نتایج آن در جدول شماره ۳ نشان داده شده است [۲۶]. جدول شماره ۴ تعدادی از چارچوب‌ها به همراه بستر پشتیبانی توضیح داده شده است و همچنین در جدول شماره ۵ ویژگی‌های این چارچوب‌ها شرح داده شده است. جدول شماره ۶ تعدادی از برنامه‌های واقعیت افزوده را از لحاظ نوع ردیابی، نوع پیاده‌سازی و مکان استفاده مورد بررسی قرار می‌دهد.

جدول ۳- مقایسه‌ی چارچوب‌ها بر اساس زبان برنامه‌نویسی

زبان تفسیر	زبان برنامه‌نویسی	نرم‌افزار
Open GL/ES	C++	Studierstube
Open GL	Web Script	UMAR
Open GL	C++	Tinmithevo5
VRML/ Open GL	C++, java	DWARF
Open GL/ ES	KML-Web Script	KHARMA
Third-part graphical libs	C++	ALVAR
Open GL	java	AndAR
Open GL	java	DroidAR
Direct 3D	C#	Graft

جدول ۴- چارچوب‌ها و بستر پشتیبانی

چارچوب	بستر پشتیبانی
ALVAR	ویندوز- لینوکس - اندروید - آیفون
GeoAR	اندروید
SLARToolkit	ویندوز سیار
ARUco	لینوکس - ویندوز
BazAR	ویندوز - یونیکس
BeyondAR	اندروید
DroidAR	اندروید
AndAR	اندروید
ARToolkit	اندروید - آیفون
Mixare	اندروید - آیفون
Metaio SDK	اندروید - آیفون - وب
Xludia	اندروید - آیفون - ویندوز موبایل
Qualcomm Vuforia	اندروید - آیفون
Goblin XNA	اندروید - ویندوز موبایل
Studierstube ES	اندروید - ویندوز موبایل

جدول ۵- بررسی ویژگی چارچوب‌ها [۲۷-۲۸-۲۹-۳۰-۳۱]

نام	ردیابی سه‌بعدی شیء	ویژگی‌های طبیعی	GPS	IMU	مبتنی بر موقعیت	مبتنی بر نشانه‌گذار	جستجوی بصری	تشخیص صورت	سازگاری با افزونه
ALVAR	-	دارد	-	-	-	نشانه‌گذار چندگانه	-	-	-
GeoAR	-	-	-	-	-	-	-	-	بلی
SLARToolkit	-	-	-	-	-	نشانه‌گذار چندگانه	-	-	-
ARUco	-	-	-	-	-	۱۰۲۴ نشانه‌گذار	-	-	-
BazAR	-	-	-	-	بلی	بلی	-	تشخیص طرح	-
BeyondAR	بلی	-	بلی	بلی	-	-	-	-	بلی
DroidAR	بلی	بلی	بلی	بلی	بلی	بلی	-	-	-
ARToolkit & AndAR	-	بلی	-	-	-	بلی	-	بلی	-
Mixare	-	-	بلی	-	-	-	-	-	-
Metaio SDK	بلی	بلی	بلی	بلی	بلی	بلی	بلی	بلی	بلی
Xludia	بلی	بلی	بلی	بلی	بلی	-	بلی	بلی	بلی
Qualcomm Vuforia	بلی	بلی	-	بلی	بلی	بلی	بلی	-	بلی
Goblin XNA	بلی	-	-	-	-	بلی	-	-	-

جدول ۶- تعدادی از برنامه‌های واقعیت افزوده [۳۲]

نام برنامه	نوع پیاده‌سازی	روش ردیابی	مکان مورد استفاده	هدف از پیاده‌سازی
Wikitude	بدون نشانگر	مکان	فضای باز	سرگرمی
Plane Finder AR	بدون نشانگر	مکان	فضای باز	سرگرمی
WorksnuG	بدون نشانگر	مکان	فضای باز	سرگرمی
SekaiCamera	بدون نشانگر	مکان	فضای باز	سرگرمی
Paper4D	با نشانگر	ترکیبی	فضای باز و بسته	سرگرمی
Attack Alien	بدون نشانگر	حسگر	فضای باز و بسته	بازی
Live Butterflies	بدون نشانگر	حسگر	فضای باز و بسته	بازی
AR Basketball	با نشانگر و بدون نشانگر	ترکیبی	فضای بسته	سرگرمی و آموزش
LearnAR Resource centre	با نشانگر	ترکیبی	فضای بسته	آموزشی
Fetch lunch rush	با نشانگر	ترکیبی	فضای بسته	آموزشی
Zooburst	با نشانگر	ترکیبی	فضای بسته	آموزشی

۵- نتیجه‌گیری

هیچ‌یک از این محدودیت‌ها لاینحل نبوده و به احتمال زیاد در آینده‌ای نزدیک رفع خواهند شد. همانند کامپیوترها و تلفن‌های هوشمند که باعث تغییر در روش زندگی ما شدند، باید انتظار داشت که در آینده فناوری واقعیت افزوده تأثیر بسیار مهمی در زندگی روزمره‌ی ما داشته باشد. زیرا به خاطر یکپارچه شدن این فناوری با دستگاه‌های تلفن هوشمند باعث شده است تا هر کاربر عادی بتواند از آن استفاده کند. به این صورت هر پیشرفتی که در دستگاه‌های تلفن هوشمند صورت می‌گیرد، می‌تواند نویدبخش نوع جدیدی از سیستم‌های واقعیت افزوده را بدهد. همان‌طور که در بخش‌های قبلی اشاره شده، مسئله واقعیت افزوده با نشانگر تقریباً یک مسئله حل شده است و در حال حاضر توجه‌ها به سمت واقعیت افزوده بدون نشانگر جلب شده است. این نوع از واقعیت افزوده نیازمند توان محاسباتی بسیار بالایی است. با وجود پیشرفت‌های گسترده‌ای که تلفن‌های هوشمند داشته‌اند، اما هنوز هم بیشتر تلفن‌های هوشمند نمی‌توانند داده زیادی را به صورت بلادرنگ پردازش کنند. پس امید است با پیشرفت تجهیزات همراه از لحاظ سخت‌افزاری، کارکرد سیستم‌های واقعیت افزوده نیز افزایش یابد. همچنین جهت پویایی سیستم‌های واقعیت افزوده و درآمدن از حالت یکنواخت و ثابت جهت نمایش اطلاعات از مفاهیمی همچون بافت آگاهی استفاده کرد که با توجه به بافت‌های کاربر، اطلاعات متفاوتی سیستم واقعیت افزوده نشان دهد.

هدف از این تحقیق بررسی مفاهیم واقعیت افزوده و رابطه‌ی آن با سیستم اطلاعات مکانی و مقایسه و بررسی انواع روش‌های پیاده‌سازی و ردیابی و چهارچوب‌های واقعیت افزوده است. واقعیت افزوده یک فناوری است که می‌تواند یک رابط کاربری جدید برای GIS در آینده فراهم کند. مطالعه‌ی مفاهیم، مؤلفه‌ها و رابطه با سیستم اطلاعات مکانی و پیگیری نیازهای منحصربه‌فرد سیستم‌های اطلاعات مکانی از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. بر اساس پیشرفت‌های اخیر در حسگرها و کاربرد گسترده‌ی آن‌ها در تلفن‌های همراه، به کارگیری مدل‌های GIS و پیشرفت در تعیین موقعیت فضای باز و بسته، حسگرهای مختلف به‌ویژه حسگر مغناطیسی توجه‌های زیادی را به خود جلب کرده است. که این یکی از مهم‌ترین مزایای روش‌های مبتنی بر حسگر نسبت به بقیه است. یکی از جنبه‌های GIS که می‌تواند سیستم‌های واقعیت افزوده را جهت تجزیه و تحلیل‌های مکانی مختلف توانمند کند و از سوی دیگر نمایش اطلاعات مجازی و نتایج آنالیزهای مکانی مانند پیدا کردن مسیر در واقعیت افزوده‌ی مکان‌مبنا از گام‌های این فناوری در آینده است. همانند هر تکنولوژی در حال رشد دیگری، واقعیت افزوده‌ی تلفن‌های هوشمند با محدودیت‌ها و موانع زیادی روبرو است که یکی از این مشکلات انتخاب بهترین چارچوب واقعیت افزوده است. اما

- [1] Ghadirian, P., & Bishop, I. D. (2002). Composition of augmented reality and GIS to visualize environmental changes. Paper presented at the Proceedings of the joint AURISA and Institution of Surveyors Conference.
- [2] Vallino, J. R. (1998). Interactive augmented reality. University of Rochester.
- [3] Raveneau, J. (1988). Burrough, PA (1986) Principles of Geographical Information Systems for Land Ressources Assessment. Oxford, Oxford University Press, 193 p. Burrough, PA (1986) Principles of Geographical Information Systems for Land Ressources Assessment. Oxford, Oxford University Press, 193 p. Cahiers de géographie du Québec, 32(85), 76-77.
- [4] Verbree, E., Maren, G. V., Germs, R., Jansen, F., & Kraak, M.-J. (1999). Interaction in virtual world views-linking 3D GIS with VR. International Journal of Geographical Information Science, 13(4), 385-396.
- [5] Schilit, B., Adams, N., & Want, R. (1994). Context-aware computing applications. Paper presented at the Mobile Computing Systems and Applications, 1994. WMCSA 1994. First Workshop on.
- [6] Zhang, X., Han, Y., Hao, D., & Lv, Z. (2015). Preprint ARPPS Augmented Reality Pipeline Prospect System. arXiv preprint arXiv:1508.04238
- [7] Lv, Z., Réhman, S. U., & Chen, G. (2013). Webvrgis: A p2p network engine for vr data and gis analysis. Paper presented at the Neural Information Processing.
- [8] Azuma, R., Bailiot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. Computer Graphics and Applications, IEEE, 21(6), 34-47.
- [9] Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. Presence: Teleoperators and virtual environments, 6(4), 355-385.
- [10] Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems, 77(12), 1321-1329 .
- [11] Marneanu, I., Ebner, M., & Roessler, T. (2014). Evaluation of Augmented Reality Frameworks for Android Development. iJIM, 8(4), 37-44.
- [12] Chia, K. W., Cheok, A. D., & Prince, S. J. (2002). Online 6 dof augmented reality registration from natural features. Paper presented at the Proceedings of the 1st International Symposium on Mixed and Augmented Reality.
- [13] Wagner, D., Reitmayr, G., Mulloni, A., Drummond, T., & Schmalstieg, D. (2010). Real-time detection and tracking for augmented reality on mobile phones. Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on, 16(3), 355-368.
- [14] Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. Presence: Teleoperators and virtual environments, 6(4), 355-385.
- [15] Schmalstieg, D. (2001). An introduction to augmented reality. http://www.iswc.ethz.ch/events/tutorials/slides_schmalstieg.pdf.
- [16] ARToolworks, Artoolkit. (2009.) <http://www.artoolworks.com/>.
- [17] Uijtdewilligen, F. (2010). proof-of-concept on Google Android". University of Twente.
- [18] Gray, N. A. (2004). Comparison of Web Services, Java-RMI, and CORBA service implementations. Paper presented at the Proceedings of the 5th Australasian Workshop on Software and System Architectures at ASWEC.
- [19] Ziegler, E. (2009). Real-time markerless tracking of objects on mobile devices. B. Sc. Thesis .
- [20] Paucher, R., & Turk, M. (2010). Location-based augmented reality on mobile phones. Paper presented at the Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW), 2010 IEEE Computer Society Conference on.
- [21] van Wyk, C. (2011). Markerless Augmented Reality on Ubiquitous Mobile Devices with Integrated Sensors .
- [22] Chao, J. T., Pan, L., & Parker, K. R. (2014). Campus Event App-New Exploration for Mobile Augmented Reality. Issues in Informing Science & Information Technology, 11, 1-12 .
- [23] Comport, A. I., Marchand, E., Pressigout, M., & Chaumette, F. (2006). Real-time markerless tracking for augmented reality: the virtual visual servoing framework. Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on, 12(4), 615-628.

- [24] Zhou, F., Duh, H. B.-L., & Billinghurst, M. (2008). Trends in augmented reality tracking, interaction and display: A review of ten years of ISMAR. Paper presented at the Proceedings of the 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality.
- [25] Stricker, D., & Kettenbach, T. (2001). Real-time and markerless vision-based tracking for outdoor augmented reality applications. Paper presented at the Augmented Reality, 2001. Proceedings. IEEE and ACM International Symposium on.
- [26] Huang, Z., Hui, P., Peylo, C., & Chatzopoulos, D. (2013). Mobile augmented reality survey: A bottom-up approach. arXiv preprint arXiv:1309.4413.
- [27] Kao, C.-T., Jan, K.-Y., & Chen, R. (2013). A Cloud-Based Framework to Enhance Augmented Reality. Paper presented at the Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems (CISIS), 2013 Seventh International Conference on.
- [28] Butchart, B. (2011). Augmented reality for smartphones.
- [29] Neumann, U., & You, S. (1999). Natural feature tracking for augmented reality. *Multimedia, IEEE Transactions on*, 1(1), 53-64.
- [30] Tsai, S. S., Chen, H., Chen, D., Vedantham, R., Grzeszczuk, R., & Girod, B. (2011). Mobile visual search using image and text features. Paper presented at the Signals, Systems and Computers (ASILOMAR), 2011 Conference Record of the Forty Fifth Asilomar Conference on.
- [31] Bauer, M., Bruegge, B., Klinker, G., MacWilliams, A., Reicher, T., Riss, S., . . . Wagner, M. (2001). Design of a component-based augmented reality framework. Paper presented at the Augmented Reality, 2001. Proceedings. IEEE and ACM International Symposium on.
- [32] Bower, M., Howe, C., McCredie, N., Robinson, A., & Grover, D. (2014). Augmented Reality in education—cases, places and potentials. *Educational Media International*, 51(1), 1-15.
- [33] Debevec, P. E., Taylor, C. J., & Malik, J. (1996). Modeling and rendering architecture from photographs: A hybrid geometry-and image-based approach. Paper presented at the Proceedings of the 23rd annual conference on Computer graphics and interactive techniques.