Archive of SID

FET 2017 ۷ اسفند ۱۳۹۵ 25 February 2017
اولین کنفرانس ملی
آینده مهندسی و تکنولوژی
1st national Conference On Future Of Engineering And Technology
تهران - ایران Iran - Tehran

کاربرد واقعیت افزوده و فناوری هولوپورت در آموزش پزشکی

منیره حسینی

استادیار گروه فناوری اطلاعات، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

hosseini @kntu.ac.ir

مینا اکبرآبادی

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی فناوری اطلاعات، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

m.akbarabadi@email.kntu.ac.ir

چکیده

واقعیت افزوده در آموزش پزشکی از جمله مباحث مورد توجه محققان مختلف بوده است. مسائل امنیتی، مالی، بعد مسافت و خطرات حوزه‌ی بیماری‌ها، باعث می‌شود همواره آموزش پزشکی در محیط واقعی امکان پذیر نباشد. تکنولوژی هولوپورت که توسط شرکت مایکروسافت ارائه و پیاده‌سازی شده است، در سال‌های اخیر به عنوان یک فناوری نوظهور توجه زیادی را به خود جلب کرده است. در این تحقیق پس از معرفی واقعیت افزوده و نرم افزار های مرتبط، امکان استفاده از فناوری هولوپورت در آموزش پزشکی را بررسی می‌کنیم.

واژگان کلیدی: واقعیت افزوده، آموزش پزشکی، هولوپورت

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

آموزش در عصر امروز، نیازمند روش‌های نوین است، که بتواند در زمان کمتر و با عمق بیشتری مطالب را به فراگیر تعلیم دهد. در عرصه‌ی پزشکی نیز آموزش عملی و کارا می‌تواند فرصت‌های آموزشی جدید و مؤثری را ایجاد کند. واقعیت افزوده مفهومی است که برای اولین بار در دهه‌ی ۱۹۶۰ توسط ایوان سوترلند در دانشگاه هاروارد معرفی شد. این فناوری قابلیت های کاربردی و دلخواه را به دنیای اطراف ما اضافه می‌کند و باعث تکمیل آن در جنبه های گوناگون می‌گردد. کاربرد این فناوری در آموزش پزشکی در چند سال اخیر مورد توجه بوده است و برنامه‌های کاربردی برای استفاده هر چه کاراتر آن تولید و عرضه می‌شوند. یادگیری در حوزه‌ی پزشکی محدوده‌ی کاری وسیعی است که شامل مهارت‌های پیچیده است و نیازمند عملکردی در حد استانداردهای حرفه ای در محیط کاری است. این روزها مدل‌های یادگیری الکترونیکی بطور گسترده در آموزش پزشکی استفاده می‌شود. به علت مسائل امنیتی، هزینه ای و مسائل آموزشی، بعد مسافت و خطرات حوزه‌ی بیماری‌ها، همواره آموزش در محیط واقعی امکان پذیر نیست. فناوری‌های آموزشی و بطور مشخص واقعیت افزوده [1] پتانسیل این را دارد که یک تجربه یادگیری مناسب را در این حوزه فراهم کند.

در ادامه در بخش دوم این تحقیق به تعاریف و پیشینه واقعیت افزوده در آموزش پزشکی می‌پردازیم. در بخش سوم برنامه‌های کاربردی و فناوری‌های متداول در زمینه آموزش پزشکی را بررسی کرده و پس از اثبات هولوپورت به عنوان فناوری واقعیت افزوده، کاربرد آن را در آموزش پزشکی بررسی می‌کنیم. در بخش چهارم نیز نتیجه‌گیری و پیشنهادات آتی مطرح می‌شود.

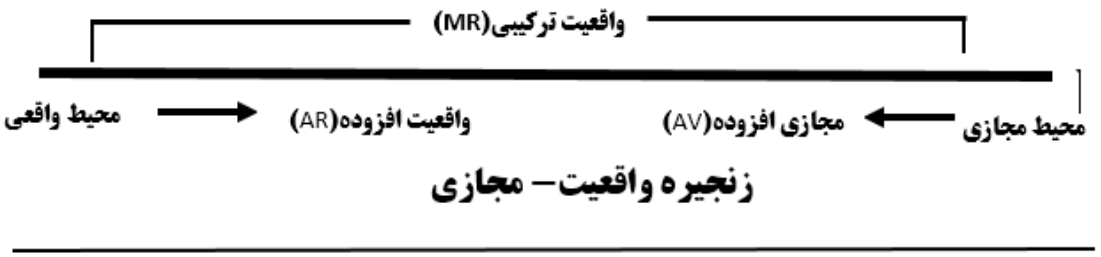
۲- مروری بر ادبیات

۲-۱- تعاریف

واقعیت افزوده روشی نوین برای تعامل با دنیای اطراف ما است(Coendent et al ,2013). واقعیت افزوده اطلاعات مجازی را روی محیط واقعی اضافه می‌کند و کنترل نقطه دید کاربر تعاملاتش را بصورت مداوم در دست می‌گیرد (Kesim and Ozarslan, 2012). واقعیت افزوده این توانایی را دارد که با استفاده از ترکیبات سه بعدی و ساختگی، درک دیداری سیستم یا محیط هدف را تقویت و تکمیل کند(Chen et al, 2012). برای درک بهتر واقعیت افزوده میلگرام در سال ۱۹۹۴ یک زنجیره واقعیت مجازی را پیشنهاد کرد که محدوده آن از یک محیط کاملا واقعی تا یک محیط کاملا مجازی بود.این زنجیره در شکل ۱ نمایش داده شده است. در این نمودار محدوده‌ی واقعیت افزوده به وضوح درک می‌شود. همانطور که در شکل ۱ می‌بینید، واقعیت افزوده روی بستر محیط واقعی شکل می‌گیرد و اطلاعات مجازی را به محیط اضافه می‌کند.

[1] Augmented reality

www.SID.ir



شکل ۱ زنجیره واقعیت–مجازی ارائه شده توسط میلگرام (Milgram et al, 1994)

۲-۲- پیشینه تحقیق

امکانات جدید واقعیت افزوده برای آموزش و یادگیری همواره مورد توجه محققان آموزشی بوده است و پیش‌بینی‌ها برای ماندگاری آن در عرصه‌ی آموزش همواره پابرجاست. این امکانات و مزیت‌ها در جدول ۱ لیست شده‌اند.

جدول ۱- ویژگی‌ها و مزیت‌های ارائه شده توسط واقعیت افزوده در آموزش

ویژگی فراهم شده توسط واقعیت افزوده در آموزش	مزیت	منبع
همزیستی اشیاء مجازی و دنیای واقعی	امکان بصری ساختن روابط فضایی پیچیده و مفاهیم انتزاعی توسط فراگیران	Arvanitis et al , 2007
تجربه پدیده های غیرممکن	امکان پیاده سازی و مشاهده موارد ناممکن در دنیای واقعی	Klopfer and Squire, 2008
تعامل با اشیا دو بعدی و سه بعدی در واقعیت ترکیبی	درک بهتر روابط و برقراری تعامل با اشیا	Kerawalla et al, 2006
بهبود تمرینات اساسی درس	بهبود و توسعه برخی تمرینات که در هیچ محیط یادگیری دیگری قابل پیاده سازی نیستند.	Squire et al ,2007

فراگیرانی که هم از مدل‌های کامپیوتری(مانند نرم افزارهای واقعیت افزوده) و هم مدل‌های فیزیکی(آموزش معمولی) در یادگیری استفاده می‌کنند، نسبت به آنهایی که تنها از یک مدل استفاده می‌کنند بهتر عمل می‌کنند.(Wu et al, 2013) امروزه نرم

www.SID.ir

Archive of SID

افزارهای کاربردی واقعیت افزوده [۲] نیز جایگاه مهمی در آموزش پزشکی دارند و هم اکنون دستیارهای خوبی در رویه های پزشکی واقعی هستند. پشتیبانی جراحی لاپاراسکوپی، لوله گذاری حنجره، تزریقات مفصلی و بیهوشی موضعی نمونه کاربردهای آن هستند. در تحقیقی که در دانشگاه دوک[۳] انجام گرفته است، یک برنامه کاربردی به کمک عینک گوگل را توسعه داده‌اند که به همراه شبیه سازی استفاده می‌شود. دانشجویان در پایان درباره عینک گوگل و شبیه سازی نظر مثبتی داشتند. تنها مشکل آن‌ها نگاه کردن همزمان به محیط واقعی و عینک گوگل بود. کتابخانه ها نیز به دلیل نقش مهمی که در آموزش و تحصیل دارند، با ترکیب شدن با واقعیت افزوده، می‌توانند کارایی خود را بالا ببرند. در جدول ۲ تحقیقاتی که کاربرد واقعیت افزوده را در آموزش پزشکی مورد بررسی قرار داده‌اند، به همراه اهداف و دستاوردهای آن‌ها آورده شده است.

جدول ۲- تحقیقات صورت گرفته در زمینه واقعیت افزوده در آموزش پزشکی

نویسنده	سال	هدف	دستاورد
Hamza-Lup و همکاران	۲۰۰۷	نمایش سه بعدی ریه بیمار در اتاق جراحی روی بدن شخص به کمک واقعیت افزوده	▪ مدل پیش فرض ریه با اطلاعات مختص بیمار ترکیب شده که باعث ایجاد تصویری پویا از ریه همان بیمار در لحظه می‌شود. ▪ استفاده از اطلاعات تصویری HRCT برای شخصی سازی اطلاعات ریه بیمار در لحظه
Gunther و همکاران	۲۰۰۷	طراحی سیستم شبیه ساز جراحی لاپاراسکوپی	▪ مناسب در شرایط واقعی، آزمایشگاهی، روی مدل حیوانات و تنظیمات کلینیکی ▪ طراحی نمونه آزمایشی سیستم Red Dragon
Blum و همکاران	۲۰۱۲	طراحی سیستم واقعیت افزوده برای آموزش آناتومی	طراحی سیستم آینه جادویی(Miracle)
Noll و همکاران	۲۰۱۴	کاربرد واقعیت افزوده در پوست شناسی، که اطلاعات دیداری در آن نقش مهمی در تشخیص و درمان ایفا می‌کند.	نرم افزار کاربردی موبایل mARble®

[2] ARA(Augmented Reality Application)
[3] Duke

www.SID.ir

۳- برنامه های کاربردی و فناوری های متداول واقعیت افزوده

واقعیت افزوده ممکن است بر اساس یک فناوری تعریف شود ولی باید فراتر از یک فناوری صرف به آن نگاه کرد. در برخی منابع فناوری قسمتی از تعریف واقعیت افزوده است (Wu et al.2013). فناوری امکان شکل‌گیری واقعیت افزوده را فراهم می‌کند. دو نمونه از دستگاه‌های اساسی که در واقعیت افزوده استفاده می‌شوند، در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳- فناوری‌های متداول استفاده شده در واقعیت افزوده به همراه انواع و شرح مختصری از آن‌ها

نام دستگاه/فناوری	انواع	شرح مختصر
صفحه نمایش‌ها	▪ See through (نوری و ویدیوئی) ▪ مبتنی بر مانیتور(مستقر روی سر-دستی)	صفحه نمایش های see-through هم تصاویر دنیای واقعی و هم تصاویر مجازی را روی نقطه دید کاربر از اطرافش نشان می‌دهد. صفحه نمایش‌های مبتنی بر مانیتور با داشتن یک صفحه مانیتور، با استقرار روی سر یا به شکل دستی استفاده می‌شود.
دستکش‌های پینچ	دستکش‌های داده، دستکش‌های پینچ	به عنوان ورودی سیستم های واقعیت افزوده و تکنیکی برای تعامل سه بعدی در محیط‌های مجازی و واقعیت افزوده استفاده می‌شود. با استفاده از آن‌ها می‌توان تغییراتی مثل حرکت،انتخاب و... در دنیای مجازی ایجاد کرد.

نرم افزارهای کاربردی زیادی با اهداف آموزش پزشکی در مقاطع گوناگون پیاده سازی و تولید شده است. تعدادی از این نرم افزارهای کاربردی در ادامه آورده شده ست.

۳-۱- Thorax Viewer

نرم افزار medicalAR Mirror با منطبق کردن خود روی برنامه های کاربردی ، با شعار" ما این امکان را فراهم می‌کنیم که بتوانید درون بدن خود را ببینید!" شروع به کار کرد. به کمک این نرم افزار و برنامه های کاربردی آن، اشیا می‌توانند بصورت مجازی به بدن متصل شوند. اشیا می‌توانند مثل لباس خارج از بدن یا حتی داخل بدن شخص جای گیرد. یکی از این برنامه های کاربردهای آن Thorax Viewer است. به کمک این برنامه ساختار آناتومی بدن فرد را می‌توان دید. در کنار صفحه آن سه دکمه وجود دارد که ساختار ماهیچه ها، اندام‌های داخلی اصلی و ساختار اسکلتی را نشان می‌دهد.

۳-۲- Illusio

یک نرم افزار واقعیت افزوده مبتنی بر تبلت یا کامپیوتر است که می‌تواند نتیجه جراحی دلخواه بیمار را قبل از عمل به او نشان دهد. به کمک این نرم افزار پزشک یک آینه مجازی می‌سازد و با نشان دادن تصویر آن به بیمار نگرانی‌های او را درباره نتیجه عمل برطرف می‌کند. این نرم افزار در جراحی‌های پلاستیک مانند بینی، صورت، سینه و ... می‌تواند استفاده شود.

۳-۳- AR Body Browser

www.SID.ir

این نرم افزار که توسط شرکت 3D4medical ساخته شده است. برای بررسی آناتومی بدن است. دانشجویان بدون نیاز به حضور در آزمایشگاه، می‌توانند کالبد شکافی را به کمک همین نرم افزار انجام دهند. همچنین توضیح وضعیت آناتومی به بیماران و دانشجویان پزشکی راحت‌تر خواهد بود.

anARtomy -۴-۳

یک برنامه کاربردی جذاب برای یادگیری آناتومی بدن انسان است که هم جنبه‌ی سرگرمی و هم آموزشی دارد.

mARble -۵-۳

برخلاف سایر نرم افزارهای واقعیت افزوده که تمرکز خود را روی آناتومی بدن گذاشته‌اند، این برنامه مربوط به پوست و لکه ها بیماری‌های پوستی است. یک نرم افزار موبایل است که محیط یادگیری مبتنی بر واقعیت افزوده را فراهم می‌کند و از واقعیت افزوده برای همپوشانی یافته های دلخواه روی سطح پوست استفاده می‌کند.

Anatomy4D -۶-۳

این نرم افزار موبایل روی نسخه های سیستم عامل اندروید و ios کار میکند. محیط نرم افزاری ساده و کاربر پسند از ویژگی های خوب این برنامه کاربردی است. روش کار به این صورت است که تصاویری را که از قبل به عنوان کتابخانه به نرم افزار داده شده است ، روی سطحی صاف قرار می‌دهیم. دوربین موبایل و تبلت را روی قسمت های مختلف تصویر تنظیم کرده و پس از چند ثانیه تصویر سه بعدی ارگان‌های مختلف بدن روی میز کار یا گوشی موبایل ما نقش می‌بندد. در شکل زیر اجرای این برنامه را مشاهده می‌کنید. امکان شنیدن صدای تپش قلب، تغییر جنسیت در نمایش آناتومی بدن، بزرگ یا کوچک کردن تصویر این امکان را به یاد گیرنده می‌دهد که بهتر با نرم افزار ارتباط برقرار کند. ارتقا و بکارگیری چنین نرم افزار هایی در سطح پیشرفته تر برای دروس دانشجویان پزشکی بسیار کمک کننده خواهد بود. کافی است که کتابخانه موجود در نرم افزار را ارتقا دهیم تا مطابق با سرفصل دروس هر ترم دانشجو باشد.

شکل۲ نمایی از اجرای نرم افزار anatomy4D

www.SID.ir

۳-۷- هولوپورت[۴]

هولوپورت فناوری نوظهوری است که توسط شرکت مایکروسافت ارائه شده است و این امکان را می‌دهد که مدل‌های با کیفیت و سه بعدی از افراد و اشیا در لحظه منتقل شود و در محلی دیگر بصورت مجازی ظاهر شود. طبق تحقیق وو و همکاران واقعیت افزوده فناوری است که سه ویژگی زیر را داشته باشد:

- ✓ ترکیبی از جهان واقعی و مجازی
- ✓ تعامل real-time
- ✓ ثبت سه بعدی و دقیق اشیا واقعی و مجازی

طبق جدول ۴ فناوری هولوپورت هر سه ویژگی بالا را داراست، در نتیجه واقعیت افزوده تلقی می‌شود.

جدول ۴- بررسی ویژگی‌های واقعیت افزوده برای فناوری هولوپورت

نام ویژگی	شرح
ترکیبی از جهان واقعی و مجازی	به کمک هولوپورت تصویر مجازی شخص بیمار را در محل دلخواه، در لحظه، مشاهده می‌کنیم.
تعامل real-time	امکان بزرگ و کوچک کردن مدل سه بعدی ایجاد شده در لحظه وجود دارد.
ثبت سه بعدی و دقیق اشیا واقعی و مجازی	تصویر هولوپورت شده دقیقا همان تصویری است که در فاصله دورتر، بصورت واقعی وجود دارد.

برای روشن تر کردن ویژگی ها و توانایی های واقعیت افزوده محققان باید ویژگی های فناورانه به واقعیت افزوده اضافه کنند که آن را به نسبت سایر رسانه های آموزشی متمایز سازد.به عبارت دیگر واقعیت افزوده باید امکاناتی ارائه دهد که منحصر بفرد بوده و وجه تمایزش را با سایرین تضمین کند. استفاده از فناوری هولوپرت میتواند این یکتایی را برای آموزش پزشکان فراهم کند.

دوربین ها می توانند همه حرکت ها و کنش های بیماران را در محیط خود ثبت و منعکس کنند. این امر منجر به آن می شود که پزشک همزمان و با استفاده از دستگاه هولولنز، بتواند آنها را در محیط خود به شکل Real-Time مشاهده کند. دوربین های موجود در اتاق بیمار تصویر هولوگرافیک وی را به محل پزشک ارسال می‌کنند. پزشک به کمک هولولنز می‌تواند بیمار را ببیند، رنگ پوست، ضربان قلب و سایر ویژگی‌های وی در کنار تصویر لیست می‌شوند و پزشک با یک پایگاه آنلاین از داده های بیمار رو به روست. به علاوه می‌تواند با بیمار سخن بگوید. این امکان وجود دارد که این تکنولوژی از طریق برنامه اسکایپ[۵] به کار برده شود. پس از برقراری تماس، شخص پشت خط ارتباطی میتواند تصویری از آنچه در اتاق اطراف شما قرار دارد ببیند و

[4] holoportation
[5] Skype

www.SID.ir

نشانه ها و توضیحاتی در رابطه با آن بنویسد و شما را راهنمایی کند. این امکان هنگام عمل جراحی های حساس که تیم پزشکان نیاز به گرفتن راهنمایی از یک متخصص از راه دور دارند، خود را بیشتر نشان می‌دهد.

۳-۷-۱- سخت افزارهای هولوپرت

همانطور که در شکل ۳ می‌بینید، هولولنز به کمک دو نوار دور سر محکم می شود و قسمت عینک شکل آن روی چشم قرار می گیرد. دوربین هایی که به کمک آن ها می توانید ترکیب محیط پیرامون و هولوگرام ها را ببینید روی قسمت جلوی عینک قرار گرفته اند و بلندگوها روی یکی از باندهای نگهدارنده مستقر هستند. به ادعای مایکروسافت، این دستگاه سیستم خنک کننده ی بسیار کارآمد و خوبی دارد که حرارت دستگاه را بدون این که باعث گرم شدن سر شود حفظ می‌کند. امکان تعامل با تصویر ایجاد شده با حرکات دست امکان پذیر است. پزشک با پوشیدن هولولنز میتواند نسخه ای از تصویر بیمار را با ابعاد دلخواه خود در کنارش مشاهده کند و امکان کوچک کردن آن تا اندازه ی یک عروسک کوچک یا به بزرگی میز کارش وجود دارد.

شکل ۳ نمایی از یک دوربین هولولنز شرکت مایکروسافت

سخت‌افزارهایی که ترکیب آن‌ها منجر به تولید هولولنز شده، عبارتند از:

- حسگرهای قوی
- پردازشگر گرافیکی
- پردازنده مرکزی

همچنین این ابزار برای برقراری تعامل با هولوگرام‌ها از یک پردازنده هولوگرافیک یا HPU برخوردار است که داده‌های دریافت شده از حسگرها را به شکل Real-Time پردازش می‌کند.

۳-۷-۲- مزیت ها و امکانات استفاده از هولوپرت در آموزش پزشکی

برای اینکه بدانیم یک ابزار درست کار می‌کند یا نه باید قابلیت استفاده[6] آن را بررسی کنیم. جمله کلیدی طراحی فضای آموزشی بر پایه واقعیت افزوده این است که، "هر چه محیط آموزشی بتواند محدودیت‌ها را از میان بردارد، قابلیت استفاده از آن آموزش افزایش می‌یابد". برای طراحی فناوری واقعیت افزوده در آموزش کلاسی، قوانینی در تحقیقات مختلف پیشنهاد شده است. پنج

[6] usability

www.SID.ir

Archive of SID

اصل برای برای سنجش میزان کارایی فناوری های واقعیت افزوده در محیط آموزشی فرض شده است :یکپارچگی[7]، اختیار دادن[8]، آگاهی[9] ، انعطاف پذیری[10]و کمینه سازی[11] (Cuendet و همکاران، ۲۰۱۳). این اصول در جدول ۵ برای فناوری هولوپرت در آموزش پزشکی بررسی شده است. اگر فناوری هولوپرت بتواند این معیارها را برآورده کند می‌توان گفت که از قابلیت استفاده خوبی برخوردار است و می‌تواند گزینه خوبی برای آموزش پزشکی باشد.

جدول ۵- معیارهای سنجش کارایی واقعیت افزوده و بررسی آن‌ها برای فناوری هولوپورت

معیارهای سنجش کارایی طراحی	بررسی معیارها برای فناوری هولوپورت در آموزش پزشکی
یکپارچگی فضای یادگیری و چارچوب کاری	رد و بدل اطلاعات بین فعالیت‌های مختلف یکپارچه باشد. چون هولوپورت تصویر و اطلاعات بیمار را در لحظه منتقل می‌کند، این یکپارچگی در کل سیستم دیده می‌شود.
اختیار دادن	در زمان لازم کنترل به دست آموزش دهنده بیفتد تا بتواند توضیحات کافی را بدهد و توجه همه را جلب کند. در این سیستم اختیار و کنترل در دست آموزش دهنده یا پزشک اصلی است، می‌تواند هر زمان که خواست تصویر را نشان دهد تا فقط به صحبت‌های وی توجه شود.پس این ویژگی را برآورده می‌کند.
آگاهی	آموزش دهنده باید بتواند اشراف کامل به تک تک فراگیران داشته باشد.در سیستم هولوپورت با توجه به توضیح قبل این ویژگی وجود دارد.
انعطاف پذیری	سیستم با توجه به زمان، سطح یادگیرنده و سایر عوامل انعطاف پذیر باشد. در هولوپورت کنترل به دست پزشک آموزش دهنده است و می‌تواند اطلاعات را با توجه به وضعیت فعلی تغییر دهد.(مثلا اگر هدف آموزش کارکرد ارگان‌های داخلی بیمار است، استخوان بندی بیمار نمایش داده نشود)
کمینه سازی	اطلاعات اضافه نمایش داده نشود و یا در صورت نمایش قابل کم و زیاد شدن باشد. این مورد در تمامی برنامه های کاربردی واقعیت افزوده وجود دارد و چون هولوپورت نیز واقعیت افزوده است،در سیستم هولوپورت نیز امکان اجرایی شدن دارد.

با توجه به جدول ۵، هولوپورت قابلیت استفاده خوبی در محیط‌های آموزشی دارد.

[7] integration
[8] Empowerment
[9] awareness
[10] flexibility
[11] minimalism

www.SID.ir

Archive of SID

۴- نتیجه گیری و پیشنهادات آتی

استفاده از واقعیت افزوده در آموزش یکی از مباحثی است که امروزه در دنیا مورد توجه است. با توجه به اینکه آموزش در حوزه ی پزشکی نیازمند دقت بالا می‌باشد، ورود فناوری به این عرصه می‌تواند سرعت و کیفیت یادگیری را بالا برده و امکان ویزیت بیمار از راه دور را ممکن می‌سازد. هولوپورت یکی از سیستم‌های نوظهور است که به عنوان سیستم واقعیت افزوده پتانسیل ورود به دنیای آموزش پزشکی را دارد. در این تحقیق هولوپورت را به عنوان یک فناوری واقعیت افزوده بررسی کردیم و دیدیم که قابلیت استفاده بالایی در آموزش پزشکی دارد. پیشنهادات زیر برای تحقیقات آتی پیشنهاد می‌گردد.

- ✓ ایجاد پایگاه داده جامع از ارگان‌های بدن و تکمیل نرم افزارهای موجود برای کاربردهای پیشرفته آموزش پزشکی
- ✓ اضافه کردن جزئیات بیماری و توضیحات هنگام استفاده از هولوپورت

www.SID.ir

منابع و مراجع

[1] Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., & Kishino, F. (1994). Augmented reality: a class of displays on the reality–virtuality continuum. Proceedings the SPIE: Telemanipulator and Telepresence Technologies, 2351, 282–292

[2] Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. Presence-Teleoperators and Virtual Environments, 6(4), 355–385

[3] Klopfer, E. (2008). Augmented learning: Research and design of mobile educational games. Cambridge, MA: MIT Press

[4] Klopfer, E., & Sheldon, J. (2010). Augmenting your own reality: student authoring of sciencebased augmented reality games. New Directions for Youth Development, 128, 85 94.http://dx.doi.org/10.1002/yd.378

[5] Mehmet Kesim, Yasin Ozarslan ,2012وAugmented reality in education: current technologies and the potential for education

[6] Hsin-Kai Wu,Silvia Wen-Yu Lee, Hsin-yi Chang, Jyh-Chong Liang,2013, Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education

[7] Feng, Z., Duh, H. B.-L., & Billinghurst, M. (2008 September). Trends in augmented reality tracking, interaction and display: A review of ten years of ISMAR. Paper presented at the 7th IEEE/ACM international symposium on mixed and augmented reality (ISMAR), Cambridge, UK.

[8] Julie Carmigniani & Borko Furht & Marco Anisetti &, Paolo Ceravolo & Ernesto Damiani & Misa Ivkovic,Augmented reality technologies, systems and applications

[9] www.microsoft.com/microsoft-hololen

www.SID.ir