



دانشگاه شهید بهشتی
دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی

رساله
جهت اخذ درجه دکترا
رشته فناوری اطلاع‌رسانی در آموزش عالی

عنوان
طراحی، پیاده‌سازی، و سنجش اثربخشی نرم‌افزار واقعیت افزوده
بر مبنای نظریه یادگیری همیارانه

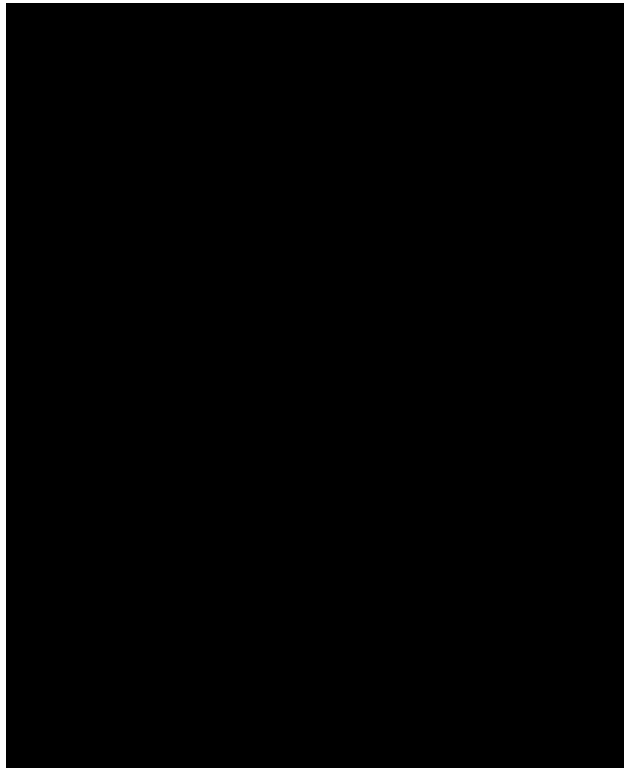
استاد راهنما
دکتر مرتضی رضایی‌زاده

استاد مشاور
دکتر مجتبی وحیدی‌اصل

اساتید داور
دکتر محسن حاجی‌زین‌العابدینی، دکتر فرنوش اعلامی
دکتر مریم بهنودی، دکتر پروین احمدی

دانشجو
پرستو علیخانی

بهمن ۱۳۹۸



سپاسگزاری

به پاس آموخته‌هایم و به رسم ادب، از اساتید گرانقدر جناب «آقای دکتر مرتضی رضایی زاده» و «دکتر مجتبی وحیدی - اصل» نهایت سپاس را دارم. وجود ارزشمند این دو بزرگوار، آرامش و قوتی برای انجام این رساله بود که همواره با گشاده‌رویی راهنمای من بودند. بدون تردید، بدون پشت گرمی و یاری این دو بزرگوار، این رساله نگاشته نمی‌شد. زحمات بی‌دریغ و عالمانه‌شان را از یاد نخواهم بُرد و آرزوی طراوت و لبخند را برایشان دارم.

از داوران گرامی سرکار خانم‌ها دکتر فرنوش اعلامی، دکتر مریم بهنودی، دکتر پروین احمدی، و جناب آقای دکتر محسن زین‌العابدینی، برای اظهارنظرهای سودمند و ملاحظات فاضلانه‌شان، سپاسگزارم.

قدردان لطف همه عزیزانی هستم که با همراهی‌شان در این مسیر علمی، مشکلات را بر من آسان کردند: سرکار خانم‌ها سمیه یدیسار، فاطمه و کیلیان، حمیده محمدی‌نسب، زهره جعفری‌فر، سیما سعادت، مهسا هاشمی، منیره امینی، و آقایان حسین سلطانی، فرجاد داوری، خدایار سلیمانی، دکتر امانی‌طهرانی و دکتر حذرخانی، دکتر هادی عمرانی، دکتر روح‌اله منصوری‌سپهر، و مهندس باباخانی عزیز.

از همه معلمان فرهیخته و کودکان عزیزی که با مهربانی در این پژوهش مشارکت کردند، سپاسگزارم.

چکیده

مقدمه

در دهه‌های اخیر، «واقعیت افزوده» با فراهم آوردن یک محیط چندرسانه‌ای غنی‌تر و افزودن لایه‌ای از اطلاعات مجازی به محیط و یا اشیاء واقعی بصورت بلادرنگ، توجهات بیشتری را در حوزه تعلیم و تربیت به خود جلب نموده و تجربه تعاملی منحصربفردی را بویژه میان یادگیرنده-یادگیرنده و یادگیرنده-محتوا فراهم آورده است. پژوهشگران حوزه تعلیم و تربیت نیز همچنان در تلاش هستند تا واقعیت افزوده را برای محیط‌های یادگیری رسمی و غیررسمی توسعه دهند و تمرکز بیشتر بر این حوزه در حال افزایش است. همسو با این تحولات و در پاسخ به مسئله «کم‌توجهی به خلق تجارب معنادار یادگیری مبتنی بر فناوری»، پژوهش حاضر نیز بر طراحی، پیاده‌سازی، و سنجش اثربخشی یک نرم‌افزار واقعیت افزوده بر مبنای نظریه یادگیری همیارانه متمرکز شد.

روش‌شناسی

متناسب با چرخه مهندسی نرم‌افزار، ابتدا یک مطالعه پدیدارشناسانه از طریق مصاحبه فرد به فرد با ۲۲ معلم باتجربه در آموزش مقطع اول ابتدائی انجام شد. بعلاوه، ۷ مشاهده طبیعی از کلاس‌های علوم تجربی بعمل آمد. هدف از اتخاذ این رویکرد کیفی، شناسایی مهم‌ترین نیازهای معلمان و دانش‌آموزان در آموزش و یادگیری مفاهیم علوم تجربی پایه اول ابتدائی بود که به ۷ نیاز یا چالش برجسته منتهی شد. در پاسخ به این نیازها، به پیشینه پژوهش و بنیان‌های نظری علم یادگیری بویژه نظریه یادگیری همیارانه رجوع شد. همچنین، ۳ جلسه گروه کانونی با ذی‌نفعان خبره برگزار شد. حاصل این جلسات، استخراج ۱۵ راه‌حل بود. راه‌حل‌های شناسایی شده در شکل‌گیری کارکردها و مؤلفه‌های نرم‌افزار نقش داشتند. مطابق این مستندات، رفتار سیستم در موتور بازی‌سازی یونیتی و نرم‌افزار ووفوری با برنامه‌نویسی شد.

نتایج پژوهش

در مرحله ارزشیابی اثربخشی نرم‌افزار واقعیت افزوده، توجه دیداری ۲۱ دانش‌آموز در حین مواجهه با نرم‌افزار در دو موقعیت یادگیری (یادگیری مبتنی بر واقعیت افزوده؛ رویکرد یادگیری مبتنی بر مداد-کاغذ) از طریق فناوری ردیاب چشم اندازه‌گیری شد. آزمون t وابسته برای پارامترهای توجه دیداری (تعداد دفعات تثبیت، میانگین طول تثبیت، قطر مردمک چشم) بعلاوه «مدت زمان انجام تکلیف»، نشان داد میزان توجه بصری دانش‌آموزان در رویکرد مبتنی بر واقعیت افزوده بالاتر بوده و در مدت زمان کمتری تکلیف را انجام دادند. البته تفاوت معناداری در پارامتر تعداد دفعات تثبیت، بدست نیامد.

نتایج آزمون آماری ویلکاکسون برای دو مفهوم «انگیزش» و «یادگیری» در ۶۴ دانش‌آموز نیز نشان داد که نرم‌افزار واقعیت افزوده پیاده‌سازی شده بر میزان فهم، تحلیل، و کاربرد یادگیرندگان و سپس خلاقیت و ارزشیابی تأثیر معناداری داشته است. از میان عناصر مدل انگیزشی کِلر نیز بیشترین میزان تأثیر بر عنصر «توجه» بوده و سایر عناصر (اطمینان، رضایتمندی، تناسب) به نسبت یکسانی تأثیر پذیرفته بودند.

نتیجه‌گیری

تأکید این پژوهش بر افزودن اطلاعات مجازی به اشیاء فیزیکی موجود از جمله کتاب‌درسی چایی بصورت هدفمند بود. ضمن اینکه پردازش‌های شناختی یادگیرندگان حین مواجهه با نرم‌افزارهای واقعیت افزوده نیز ارزیابی شده و نتایج آن به چرخه طراحی بازگردد. در نتیجه، طراحی هدفمند و خلق تجارب معنادار برای یادگیرندگان نیازمند اتخاذ رویکرد کاربرمحوری از گام نیازسنجی تا ارزیابی اثربخشی سیستم است. مهم‌تر آنکه، توسعه نرم‌افزار برای محیط‌های یادگیری نیازمند تأمل بر بنیان‌های نظری یادگیری است تا فراتر از سرگرمی نقش ایفا نماید؛ چرا که فناوری لزوماً و بصورت خودکار، نتایج معناداری را خلق نمی‌کند.

واژه‌های کلیدی: یادگیری همیارانه، واقعیت افزوده، توجه بصری، انگیزش، سطوح شناختی بلوم، طراحی نرم‌افزار.

«فهرست مطالب»

۱۲.....	فصل اول: کلیات پژوهش.....
۱۳.....	۱-۱ ساختار فصل اول.....
۱۴.....	۲-۱ بیان مسئله پژوهش.....
۱۶.....	۳-۱ اهمیت و ضرورت پژوهش.....
۱۷.....	۴-۱ شکاف‌های پژوهش.....
۱۹.....	۵-۱ اهداف و سؤالات پژوهش.....
۲۱.....	۶-۱ قلمرو پژوهش.....
۲۱.....	۱-۶-۱ قلمرو موضوعی.....
۲۲.....	۲-۶-۱ قلمرو زمانی.....
۲۲.....	۳-۶-۱ قلمرو مکانی.....
۲۲.....	۷-۱ چهارچوب پژوهش.....
۲۴.....	۸-۱ تعاریف مفهومی و عملیاتی.....
۲۴.....	۱-۸-۱ طراحی.....
۲۵.....	۲-۸-۱ کتاب‌درسی.....
۲۶.....	۳-۸-۱ پداگوژی.....
۲۶.....	۴-۸-۱ واقعیت افزوده.....
۲۶.....	۹-۱ تبیین برخی مفاهیم منتخب در رساله.....
۲۶.....	۱-۹-۱ چرا نظریه یادگیری همیارانه؟.....
۲۷.....	۲-۹-۱ چرا واقعیت افزوده؟.....
۲۸.....	۳-۹-۱ چرا مقاطع K-12 و چرا سال اول ابتدائی؟.....
۲۹.....	فصل دوم: مبانی نظری و پیشینه پژوهش.....
۳۰.....	۱-۲ ساختار فصل دوم.....
۳۱.....	۲-۲ مبانی نظری.....
۳۲.....	۱-۲-۲ واقعیت افزوده.....
۴۵.....	۱-۲-۲ نظریه‌های یادگیری پشتیبان واقعیت افزوده.....
۴۹.....	۲-۲-۲ یادگیری همیارانه.....
۵۵.....	۳-۲-۲ توسعه نرم‌افزار: مدل‌های برجسته.....
۵۸.....	۳-۲ پیشینه پژوهش.....
۵۸.....	۱-۳-۲ روش بررسی پیشینه پژوهش.....
۵۹.....	۲-۳-۲ مدل تفکر شش کلاه دِ بونو.....
۶۰.....	۳-۳-۲ یافته‌ها.....
۹۶.....	۴-۳-۲ جمع‌بندی پیشینه پژوهش.....

۹۷.....	۵-۳-۲ شکاف‌های پیشینه پژوهش
۱۰۳.....	فصل سوم: روش‌شناسی پژوهش
۱۰۴.....	۱-۳ ساختار فصل سوم
۱۰۵.....	۲-۳ لایه‌های پژوهش
۱۰۵.....	۱-۲-۳ پارادایم پژوهش
۱۰۷.....	۳-۳ لایه‌های سؤال اول پژوهش
۱۰۸.....	۱-۳-۳ ابزارهای گردآوری داده‌های کیفی در پدیدارشناسی
۱۱۲.....	۴-۳ لایه‌های سؤالات دوم و سوم پژوهش
۱۱۳.....	۱-۴-۳ راهبرد گروه کانونی
۱۱۵.....	۵-۳ لایه‌های سؤالات چهارم، پنجم، و ششم پژوهش
۱۱۶.....	۱-۵-۳ راهبرد شبه‌آزمایشی
۱۱۷.....	۲-۵-۳ آزمودنی‌ها
۱۱۸.....	۳-۵-۳ ابزار گردآوری داده‌ها
۱۱۹.....	۴-۵-۳ تحلیل داده‌های کمی
۱۱۹.....	۵-۵-۳ ملاحظات اخلاقی
۱۲۰.....	۶-۳ مدل توسعه نرم‌افزار در پژوهش حاضر: مدل اسکرام
۱۲۲.....	۷-۳ ابزارهای پیاده‌سازی نرم‌افزار
۱۲۳.....	فصل چهارم: مستندات نرم‌افزار
۱۲۴.....	۱-۴ ساختار فصل چهارم
۱۲۵.....	۲-۴ یافته‌های بدست آمده در پاسخ به سؤال اول پژوهش
۱۲۷.....	۳-۴ تحلیل تم‌های بدست آمده در پاسخ به سؤال اول پژوهش
۱۲۷.....	۱-۳-۴ نیاز به مدیریت محتوای یادگیری پیش از حضور در کلاس
۱۲۸.....	۲-۳-۴ نیاز به اطلاعات مکمل دیجیتال
۱۳۰.....	۳-۳-۴ کیفیت پایین رفتار پرسشگری دانش‌آموزان و معلمان
۱۳۱.....	۴-۳-۴ ضعف دانش‌آموزان در مهارت خوب گوش دادن
۱۳۲.....	۵-۳-۴ الگوهای تعاملی ضعیف در فعالیت گروهی
۱۳۶.....	۶-۳-۴ مسئله ارزشیابی دانش‌آموزان بر اساس مقایسه با همتایان
۱۳۷.....	۷-۳-۴ کم‌توجهی به بازخورد بلادرنگ
۱۳۸.....	۴-۴ یافته‌های بدست آمده در پاسخ به سؤال دوم پژوهش
۱۳۹.....	۵-۴ تحلیل مداخلات بدست آمده در پاسخ به سؤال دوم پژوهش
۱۴۸.....	۶-۴ مشخصات کارکردی نرم‌افزار
۱۴۹.....	۱-۶-۴ ضربه انگشتی جادویی (Magic Tap)
۱۵۵.....	۲-۶-۴ پیکان جادویی (Magic Arrow)

۱۶۳.....	۳-۶-۴ پازل همیارانه (Puzzle Coo).....
۱۶۷.....	۴-۶-۴ پرسش‌های من (My Qestions).....
۱۶۹.....	۷-۴ رویکرد فراکنشی به طراحی نرم‌افزار در پژوهش حاضر.....
۱۷۰.....	۱-۷-۴ مسیر پیدایش تا تکامل یک فناوری.....
۱۷۱.....	۲-۷-۴ گسترش و تبدیل.....
۱۷۲.....	۳-۷-۴ تخریب و انحراف.....
۱۷۲.....	۴-۷-۴ پیدایش و توهین.....
۱۷۴.....	فصل پنجم: نتایج آزمون‌های اثربخشی نرم‌افزار
۱۷۵.....	۱-۵ ساختار فصل پنجم.....
۱۷۶.....	۲-۵ تجربه یادگیرندگان پس از تجربه نرم‌افزار واقعیت افزوده: انگیزش و یادگیری.....
۱۷۸.....	۳-۵ تجربه یادگیرندگان حین تجربه نرم‌افزار واقعیت افزوده: توجه دیداری.....
۱۸۴.....	فصل ششم: بحث و نتیجه‌گیری
۱۸۵.....	۱-۶ ساختار فصل ششم.....
۱۸۶.....	۲-۶ خلاصه یافته‌ها.....
۱۸۷.....	۳-۶ سهم پژوهش حاضر به تفکیک شکاف‌های پژوهش.....
۱۸۷.....	۱-۳-۶ شکاف اول.....
۱۸۹.....	۲-۳-۶ شکاف دوم.....
۱۹۳.....	۳-۳-۶ شکاف سوم.....
۱۹۷.....	۴-۳-۶ شکاف چهارم.....
۲۰۱.....	۵-۳-۶ شکاف پنجم.....
۲۰۲.....	۶-۳-۶ شکاف ششم.....
۲۰۵.....	۷-۳-۶ شکاف هفتم.....
۲۱۱.....	۷ منابع.....
۲۲۱.....	۸ پیوست‌ها.....

«فهرست جدول‌ها»

- جدول ۱-۱. جزئیات شکاف‌های شناسایی شده در طول گردآوری و تحلیل پژوهش‌های انجام شده ۱۸
- جدول ۱-۲. مشخصه‌های برجسته، مزایا و معایب مدل‌های توسعه نرم‌افزار ۵۵
- جدول ۲-۲. شش کلاه بونو و انواع تفکر ۵۹
- جدول ۳-۲. فراوانی پژوهش‌های انجام شده متناسب با ماهیت تفکر در کلاه زرد (تأثیرات مثبت واقعیت افزوده بر یادگیری). ۶۴
- جدول ۴-۲. پژوهش‌های انجام شده در حوزه واقعیت افزوده و افزایش تعامل ۶۶
- جدول ۵-۲. پژوهش‌های انجام شده در حوزه واقعیت افزوده و توانایی تجسم فضایی ۷۳
- جدول ۶-۲. پژوهش‌های متمرکز بر یادگیری مکاشفه‌ای و واقعیت افزوده ۸۰
- جدول ۷-۲. فراوانی پژوهش‌های انجام شده متناسب با ماهیت کلاه قرمز (تأثیر واقعیت افزوده بر عواطف و احساسات یادگیرنده) ۸۷
- جدول ۸-۲. بهبود حالت‌های روان‌شناختی یادگیرنده از طریق واقعیت افزوده ۸۸
- جدول ۹-۲. ابعاد نوآوری شومپترز در سیستم‌های واقعیت افزوده ۹۳
- جدول ۱۰-۲. چالش‌های واقعیت افزوده متناسب با ماهیت کلاه سیاه ۹۵
- جدول ۱۱-۲. توزیع پژوهش‌های انجام شده در شش کلاه تفکر بونو ۹۶
- جدول ۱-۳. پیش‌فرض‌های هستی‌شناسی، معرفت‌شناسی، و روش‌شناسی چهار پارادایم رایج اصالت تحصیلی، سازنده‌گرایی، انتقادی، و پسا‌ساخت‌گرایی ۱۰۶
- جدول ۲-۳. اجزای مدل STAR ۱۰۹
- جدول ۳-۳. مشخصه‌های برجسته، مزایا و معایب مدل‌های توسعه نرم‌افزار ۱۲۱
- جدول ۴-۳. مشخصه‌های برجسته روش اسکرام در مقایسه با سایر مدل‌های توسعه نرم‌افزار ۱۲۱
- جدول ۱-۴. گدها و تم‌های بدست آمده در پاسخ به سؤال اول پژوهش: نیازها ۱۲۶
- جدول ۲-۴. مداخلات بدست آمده در پاسخ به سؤال دوم پژوهش ۱۳۴
- جدول ۳-۴. فرآیند مؤلفه ضربه‌انگشتی جادویی ۱۴۷
- جدول ۴-۴. فرآیند مؤلفه پیکان جادویی ۱۵۳
- جدول ۵-۴. فرآیند مؤلفه پازل همیارانه ۱۵۹
- جدول ۶-۴. فرآیند مؤلفه پرسش‌های من ۱۶۳
- جدول ۷-۴. دیدگاه‌های مطرح در زمینه طراحی یک فناوری ۱۶۵
- جدول ۸-۴. مسیرهای چندگانه بر سر راه یک فناوری از پیدایش تا تکامل ۱۶۷
- جدول ۱-۵. آمار توصیفی پس‌آزمون و پیش‌آزمون برای عناصر انگیزش ۱۷۱
- جدول ۲-۵. نتایج آزمون نرمال بودن داده‌ها برای متغیر انگیزش ۱۷۲
- جدول ۳-۵. آمار توصیفی پس‌آزمون و پیش‌آزمون برای سطوح شناختی یادگیری ۱۷۳
- جدول ۴-۵. نتایج آزمون نرمال بودن داده‌ها برای سطوح شناختی یادگیری ۱۷۵
- جدول ۵-۵. شاخص‌های اعتبار اندازه‌گیری دستگاه ردیابی چشمی به تفکیک موقعیت‌های یادگیری ۱۷۵

- جدول ۵-۶. شاخص‌های توصیفی تعداد تثبیت چشم به تفکیک موقعیت یادگیری ۱۷۶
- جدول ۵-۷. نتایج آزمون t برای مقایسه تعداد تثبیت چشم در دو موقعیت یادگیری ۱۷۶
- جدول ۵-۸. شاخص‌های توصیفی میانگین طول تثبیت چشم به تفکیک موقعیت یادگیری ۱۷۶
- جدول ۵-۹. نتایج آزمون t برای مقایسه میانگین طول تثبیت چشم در دو موقعیت یادگیری ۱۷۶
- جدول ۵-۱۰. شاخص‌های توصیفی قطر مردمک چشم به تفکیک موقعیت یادگیری ۱۷۸
- جدول ۵-۱۱. نتایج آزمون t برای مقایسه قطر مردمک چشم در موقعیت‌های یادگیری ۱۷۸
- جدول ۵-۱۲. شاخص‌های توصیفی زمان انجام تکلیف به تفکیک موقعیت یادگیری ۱۷۸
- جدول ۵-۱۳. نتایج آزمون t برای مقایسه زمان انجام تکالیف در موقعیت‌های یادگیری ۱۷۸
- جدول ۶-۱. پیشینه تحقیقات با تمرکز بر چالش‌های آموزش علوم تجربی ۱۹۹

«فهرست شکل‌ها»

- شکل ۱-۱. چهارچوب پژوهش ۲۳
- شکل ۱-۲. نمایی منسجم از ساختار مبانی نظری ۳۱
- شکل ۲-۲. اولین تبلیغات سنسوروما ۳۳
- شکل ۲-۳. ایوان سوترلند و نمایشگر سه‌بعدی؛ نمای سه‌بعدی ساده از دستگاه سوترلند ۳۵
- شکل ۲-۴. تخته واقعیت افزوده تام کودل ۳۵
- شکل ۲-۵. واقعیت افزوده مبتنی بر نشانه ۳۸
- شکل ۲-۶. واقعیت افزوده مبتنی بر مکان (نمونه‌ای از نرم‌افزار شرکت AugRay) ۳۹
- شکل ۲-۷. واقعیت مجازی ۴۱
- شکل ۲-۸. تعامل انسان و نمایشگر کامپیوتر در واقعیت مجازی و واقعیت افزوده ۴۲
- شکل ۲-۹. سخت‌افزارهای مورد نیاز برای واقعیت مجازی ۴۳
- شکل ۲-۱۰. ساختار تکنیک پازلی ۵۲
- شکل ۲-۱۱. ساختار تکنیک دایراه‌ای ۵۴
- شکل ۲-۱۲. نمایی منسجم از نتیجه تحلیل پیشینه پژوهش بر اساس شش کلاه بونو ۶۰
- شکل ۲-۱۳. مهارت داستان‌سرایی و واقعیت افزوده ۶۶
- شکل ۲-۱۴. نمایی از نرم‌افزار واقعیت افزوده بنام رشد درخت هلو ۶۷
- شکل ۲-۱۵. نمایی از سیستم واقعیت افزوده مشارکتی برای یادگیری مفاهیم ریاضی و هندسه ۶۸
- شکل ۲-۱۶. سیستم واقعیت افزوده مبتنی بر نشانه برای یادگیری جریان الکتریسیته ۶۹
- شکل ۲-۱۷. نرم‌افزار واقعیت افزوده برای یادگیری عوامل مؤثر بر رشد گیاه ۷۰
- شکل ۲-۱۸. نمایی از بازی واقعیت افزوده بنام تماس بیگانه ۷۱
- شکل ۲-۱۹. واقعیت افزوده و آموزش مخروط‌ها ۷۵
- شکل ۲-۲۰. واقعیت افزوده و آموزش هندسه ۷۵
- شکل ۲-۲۱. سیستم واقعیت افزوده مبتنی بر مکان برای آموزش نجوم ۷۶
- شکل ۲-۲۲. یادگیری اصل برنولی از طریق واقعیت افزوده ۷۷
- شکل ۲-۲۳. یادگیری مفاهیم نجوم از طریق واقعیت افزوده ۷۸
- شکل ۲-۲۴. یادگیری مفاهیم نجوم از طریق واقعیت افزوده (نمای دوم) ۷۹
- شکل ۲-۲۵. نمایی از آزمایش AR-SaBEr که واکنش باتری، فن و کلید را نشان می‌دهد ۸۲
- شکل ۲-۲۶. زیستگاه مجازی پروانه مبتنی بر فناوری واقعیت افزوده ۸۵
- شکل ۲-۲۷. سیزده گونه ماهی به همراه اکوسیستم آن‌ها به همراه ماجراجویی قطره آب و آزمایش‌های تعاملی ۸۶
- شکل ۲-۲۸. آموزش نظریه رنگ‌ها از طریق واقعیت افزوده ۸۹
- شکل ۲-۲۹. دیدن اشیاء آسمانی با استفاده از گوگل اسکای‌مپ؛ محتوای آموزشی پس از شناسایی نشانه مربوطه ۹۰
- شکل ۲-۳۰. آموزش مفاهیم آب‌وهوایی با دستکاری اشیاء مجازی ۹۱
- شکل ۲-۳۱. پدیده رنگین‌کمان و باران ۹۲

- شکل ۳-۱. لایه‌های پژوهش ۱۰۵
- شکل ۳-۲. لایه‌های سؤال اول پژوهش ۱۰۸
- شکل ۳-۳. مراحل و رویه‌های تجزیه و تحلیل داده‌های کیفی ۱۱۰
- شکل ۳-۴. لایه‌های سؤالات دوم و سوم پژوهش ۱۱۲
- شکل ۳-۵. ترکیب اعضای شرکت کننده در سه جلسه گروه کانونی ۱۱۴
- شکل ۳-۶. لایه‌های سؤالات چهارم تا ششم پژوهش ۱۱۵
- شکل ۳-۷. نمای گرافیکی فرآیند آزمایش در ارزیابی انگیزش و یادگیری دانش‌آموزان ۱۱۶
- شکل ۳-۸. ثبت توجه دیداری دانش‌آموزان از طریق فناوری ردیاب چشمی ۱۱۷
- شکل ۴-۱. یک مثال از چگونگی استخراج کُد از شواهد گفتاری ۱۲۵
- شکل ۴-۲. ایفای نقش دانش‌آموزان با ماسک صورت کاغذی ۱۲۵
- شکل ۴-۳. کناره‌گیری یک عضو در نتیجه تعارض با اعضای گروه ۱۳۳
- شکل ۴-۴. نمونه‌ای از طرح فیزیکی غیرمنعطف ۱۳۴
- شکل ۴-۵. صفحات آغازین نرم‌افزار ۱۴۷
- شکل ۴-۶. فرآیند مؤلفه ضربه انگشتی جادویی ۱۴۸
- شکل ۴-۷. کاراکتر آشنای دانش‌آموزان ۱۵۰
- شکل ۴-۸. نمایی از محتوای چند رسانه‌ای افزوده شده به تصویر کتاب‌درسی ۱۵۱
- شکل ۴-۹. نمونه‌ای از ویدئوهای افزوده شده و ویژگی‌های برجسته آن ۱۵۳
- شکل ۴-۱۰. فرآیند مؤلفه پیکان جادویی ۱۵۴
- شکل ۴-۱۱. نمایی از مؤلفه پیکان جادویی ۱۵۷
- شکل ۴-۱۲. مشاهده و ارزیابی عملکرد خود و هم‌تایان در مؤلفه پیکان جادویی ۱۵۸
- شکل ۴-۱۳. فرآیند مؤلفه پازل همیارانه ۱۶۰
- شکل ۴-۱۴. فرآیندهای همیارانه در مؤلفه همیارانه ۱۶۲
- شکل ۴-۱۵. فرآیند مؤلفه پازل همیارانه ۱۶۴
- شکل ۴-۱۶. نمایی از مؤلفه پرسش‌های من ۱۶۶
- شکل ۵-۱. میزان تأثیرگذاری سیستم واقعیت افزوده پیاده‌سازی شده بر عناصر انگیزش بر اساس مقدار Median ۱۷۷
- شکل ۵-۲. میزان تأثیرگذاری سیستم واقعیت افزوده بر سطوح شناختی یاگیری بر اساس مقدار Median ۱۷۹
- شکل ۶-۱. انعطاف‌پذیری اطلاعات مجازی در مؤلفه پیکان جادویی (مثال ۱) ۱۹۱
- شکل ۶-۲. انعطاف‌پذیری اطلاعات مجازی در مؤلفه پیکان جادویی (مثال ۲) ۱۹۲