مجله کنترل- ویژه‌نامه کووید-۱۹
ISSN (print) 2008-8345
ISSN (online) 2538-3752
جلد ۱۴، شماره ۵، ویژه‌نامه کووید-۱۹، صفحه ۱۲۵-۱۲۱

مروری بر کاربرد سیستم‌های هپتیک، واقعیت مجازی و هوش مصنوعی در آموزش پزشکی با توجه به همه‌گیری کووید-۱۹

رضا حیدری[۱]، محمد مطهری‌فر[۲]، حمیدرضا تقی راد[۳]، سیدفرزاد محمدی[۴]، علیرضا لاشیئی[۵]

[۱] دانشجو دکتری مهندسی برق، گروه کنترل، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، reza.heidari@email.kntu.ac.ir

[۲] استادیار ، گروه مهندسی برق، دانشگاه اصفهان، md.motaharifar@gmail.com

[۳] استاد، دانشکده مهندسی برق، گروه کنترل، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی ، taghirad@kntu.ac.ir

[۴] دانشیار، مرکز تحقیقات چشم‌پزشکی ترجمانی، بیمارستان فارابی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، sfmohammadi@tums.ac.ir

[۵] استاد، مرکز تحقیقات چشم‌پزشکی ترجمانی، بیمارستان فارابی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، lashay@tums.ac.ir

تاریخ دریافت مقاله ۱۳۹۹/۱۰/۱۰، تاریخ پذیرش مقاله ۱۳۹۹/۱۱/۲۷

چکیده: این مقاله سعی در معرفی کاربردهای سیستم‌های هپتیک، واقیت مجازی و هوش مصنوعی در زمینه آموزش پزشکی در دوران همه‌گیری ویروس کرونا را دارد. در دهه‌های اخیر، استفاده از تکنولوژی‌های جدید برای ابداع روش‌هایی توانمند که قابلیت جایگزینی با روش‌های آموزش سنتی را دارا باشد، رونق فراوان گرفته‌است. این روش‌ها کوشیده‌اند تا با دخیل‌کردن بیشتر جراح ماهر در فرآیند آموزش، عواقب ناشی از اشتباهات جراحان تازه‌کار را برای بیماران به حداقل برسانند. با ایجاد شرایط خاص ناشی از ویروس کرونا در ایران و جهان و با وضع شرایط قرنطینه در بسیاری از شهرها اهمیت آن‌ها افزایش یافته‌است چرا که نیاز به تماس فیزیکی را به حداقل رسانده و در حفظ سلامت کادر پزشکی تاثیر بسزایی خواهند داشت. تمامی مراحل آموزش با بهره گیری از روش‌های جدید می‌تواند با حفظ فاصله‌گذاری اجتماعی و حتی بصورت غیرحضوری انجام شود که خطر ابتلا را برای تمامی افراد دخیل در چرخه آموزش از بین خواهد برد. این مطالعه مروری، تلاش می‌کند تا با ارائه حوزه‌هایی که پتانسیل استفاده از روش‌های جدید را دارا می‌باشند، به قطع زنجیره ابتلا در زمان همه‌گیری ویروس کرونا و یا بحران‌های مشابه کمک کند.

کلمات کلیدی: سامانه هپتیک، آموزش پزشکی، هوش مصنوعی، واقعیت مجازی، کووید-۱۹.

A Review on Applications of Haptic Systems, Virtual Reality, and Artificial Intelligence in Medical Training in COVID-19 Pandemic

Reza Heidari, Mohammad Motaharifar, Hamid D. Taghirad, Seyed-Farzad Mohammadi, Alireza Lashay

Abstract: This paper presents a survey on haptic technology, virtual reality, and artificial intelligence applications in medical training during the COVID-19 pandemic. Over the last few decades, there has been a great deal of interest in using new technologies to establish capable approaches for medical training purposes. These methods are intended to minimize surgery's adverse effects, mostly when done by an inexperienced surgeon. Due to the world's unique situation during the pandemic, which causes several cities to be locked up, these methodologies are becoming more critical. They eliminate the physical contact requirement between medical personnel and fellows, which decreases the risk of being infected with the virus. This study aims to present new applications for haptic technology, virtual reality, artificial intelligence, and new fields where they can provide a viable solution in the COVID-19 pandemic or any other similar crises.

Keywords: haptic systems, medical training, artificial intelligence, virtual reality, COVID-19.

نویسنده اول عهده دار مکاتبات: حمیدرضا تقی‌راد
مقاله کوتاه

[Downloaded from joc.kntu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.20088345.1399.14.5.5.1]
[DOI: 10.52547/joc.14.5.121]

۱- مقدمه

در اواخر دهه اول قرن بیست و یک، در ماه دسامبر سال ۲۰۱۹ میلادی، موارد متعددی از پیدایش یک بیماری شبیه به ذات‌الرّیه در استان ووهان چین گزارش شد. علائم این بیماری بسیار شبیه به آنفولانزا و ذات الرّیه ویروسی بود. پس از تجزیه و تحلیل توالی ژنوم ویروس بر روی دستگاه تنفسی اولین موارد ابتلا در چین، مشخص شد که این ویروس جدید که بعداً توسط سازمان بهداشت جهانی به کووید-۱۹ نام‌گذاری شد، قابلیت سرایت و ابتلای بالایی از فردی به فرد دیگر دارد. یک ماه پس از آن تاریخ سازمان بهداشت جهانی اعلام کرد که این ویروس یک بیماری همه‌گیر جهانی است و به دنبال آن کشورهای مختلف اعلام وضعیت بحرانی کرده و سعی در مهار گسترش شدید این ویروس بین مردم کردند[1]. امروز با گذشت یک سال از تاریخ مشاهده اولین نمونه ابتلا و در حالی که این ویروس تاکنون بیش از صد میلیون از جمعیت جهان را آلوده کرده‌است، هنوز شرایط فاصله‌گذاری اجتماعی در جوامع مختلف برقرار است [۲]. علی‌رغم ساخت واکسن توسط چندین شرکت مختلف هم‌چنان نگرانی هایی در چگونگی و زمان در دست بودن این واکسن برای تمام مردم جهان وجود دارد [۳]. حتی پایان یافتن این بیماری به معنی آن نیست که شرایط می‌تواند به قبل از وقوع کرونا بازگردد بلکه بایستی در همه عرصه‌ها راه حل‌های جایگزین برای شرایط وقوع بحران درآینده پیش‌بینی گردد [۴].

یکی از معضلات به وجود آمده که ناشی از اعمال سیاست‌های فاصله گذاری اجتماعی است، افت کیفیت آموزشی است. اگرچه پژوهش‌هایی در راستای چگونگی دستیابی به کیفیت آموزشی مطلوب در زمان همه گیری کرونا و جلوگیری از افت تحصیلی دانشجویان انجام شده است [۵]، اما به نظر می‌رسد این روش‌ها قادر به جبران آموزش‌های عملی لازم نیستند.

در این مقاله علاوه بر بررسی فواید ذاتی استفاده از روش‌های جدید آموزشی مبتنی بر هپتیک و واقعیت مجازی، از نظر امکان استفاده در شرایط بحرانی کرونا نیز مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. ساختار این مقاله به شرح ذیل است: کاربرد واقعیت مجازی-افزوده در بخش دوم مورد بررسی قرار می‌گیرد. بخش سوم به بیان کاربرد سیستم‌های هپتیک در آموزش پزشکی می‌پردازد. مباحث مربوط به ارزیابی جراحان از طریق روش‌های داده محور در بخش پایانی پوشش داده شده‌است.

۲- واقعیت مجازی-افزوده

یکی از فناوری‌های پیش‌رو در زمینه آموزشی که انعطاف بالایی نیز دارد، استفاده از واقعیت مجازی-افزوده است. این تکنولوژی با فراهم کردن یک نمای فیزیکی زنده از محیط پیرامون کاربر که ممکن است به صورت مستقیم یا غیرمستقیم با آن در تعامل باشد و با اضافه‌کردن اطلاعاتی به آن می‌کوشد درک کاربر را از محیط افزایش داده، توجه وی را به جزئیات بیشتری معطوف سازد.

اولین کاربرد سیستم‌های واقعیت مجازی در پزشکی به منظور مصورسازی در کاربرد آندوسکوپی بوده است. اندوسکوپی به فرآیند داخل کردن یک ابزار نوری به درون بدن جهت انجام معاینه اطلاق می‌گردد. این‌کار مزایایی همچون ایجاد تصویری واضح از بافت را برای جراح به وجود می‌آورد ولی در مقابل امکان آسیب دیدن سایر ارگان‌ها در حین عملیات وجود دارد. در روش جدید مبتنی بر تکنولوژی واقعیت مجازی، ابتدا تصویربرداری سه‌بعدی از ارگان مورد نظر صورت می‌گیرد. پس از انجام پردازش‌های اولیه بر روی تصویر گرفته شده و برش قسمت‌های مطلوب، مسیر عبور دوربین محاسبه می‌گردد. در طول مسیر امکان تغییر نمای دوربین به جهت مشاهده سایر ارگان‌های بیمار فراهم می‌شود. این روش کاملاً غیرتهاجمی انجام شده و نیاز به بستری‌شدن بیمار در بیمارستان را مرتفع می‌سازد.

کاربرد مهم دیگر سیستم‌های واقعیت مجازی در آموزش پزشکی است. در ابتدا هدف از استفاده صرفاً آموزش موثرتر آناتومی و فیزیولوژی بدنی به دانشجویان پزشکی بوده‌است. سپس محدوده استفاده از این روش‌ها به آموزش جراحی نیز کشانده شد. استفاده از سیستم‌های واقعیت مجازی در لاپاروسکوپی، عمل‌های قلبی و جراحی‌های باز متداول بوده و در حوزه‌های دیگر مانند جراحی‌های چشمی نیز پژوهش‌هایی در این حوزه انجام شده‌است [۶-۸].

کاربرد تکنولوژی واقعیت مجازی در روش‌های آموزش پزشکی مبتنی بر سامانه‌های عملیات از دور نیز می‌تواند باعث ایجاد حس حضور در محیط برای کاربری شود که به طور مستقیم بر روی بافت، عمل جراحی را انجام نمی‌دهد. در روش سابق جراحی با استفاده از سیستم‌های عملیات از دور مثل سامانه داوینچی، جراح مجبور بود به حس خود از بافت متکی باشد و تجربه وی حکم می‌کرد که چه نقاطی را برای ایجاد حفره‌های لازم برای عمل جراحی کم‌تهاجمی انتخاب نماید [۹]. ولی در بسیاری از موارد ممکن بود این تجربه جراح را گمراه کند زیرا آناتومی بدنی هر بیماری با بیمار دیگر متفاوت است و به محض ایجاد برش در بدن بیمار اگر انتظار جراح از بافت‌هایی که قابل رویت هستند برآورده نشود باید مجدد شکاف‌های دیگری در بدن ایجاد کرد که دیگر تفاوت چندانی با جراحی باز ندارد. امروزه با استفاده از تکنولوژی واقعیت مجازی این امکان برای جراح فراهم شده‌است که قبل از ایجاد شکاف در بدن بیمار، نمای درون بدن را ببیند. این‌کار به انتخاب صحیح نقاط لازم برای برش کمک خواهد کرد.

کاربرد دیگر این سیستم‌ها در حوزه توانبخشی حرکتی است. توانبخشی حوزه‌ای است که در آن با استفاده از یک ساختار رباتیک به همراه یک واسطه کامپیوتری کمک می‌کنند تا بیماری که بخشی از توانایی حرکت خود را از دست داده‌است زودتر بهبود یابد. روش عمده در این کار استفاده از بازی‌های ساده‌ای است که علی‌رغم درگیر کردن بیمار و ترغیب او به انجام تمرین، با تغییراتی که بر روی میزان سختی سامانه

[Downloaded from joc.kntu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.20088345.1399.14.5.5.1]
[DOI: 10.52547/joc.14.5.121]

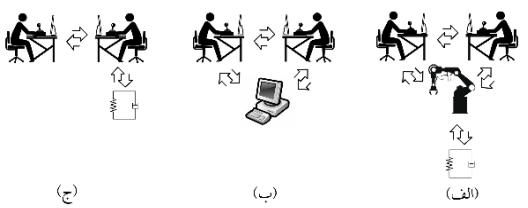
رباتیک متصل به بدن بیمار می‌کند، سعی در برگرداندن تدریجی توانایی عضلات بیمار به او بنماید [۱۰].

۳- سیستم‌های هپتیک عملیات از دور

سیستم‌های هپتیک با ایجاد حس حضور در محیط، قید حضور فیزیکی در محیط را برای انجام عمل از میان برداشته‌اند. ساختارهای عملیات از دور که در آن از تکنولوژی هپتیک برای ایجاد حس لامسه استفاده می‌شود را می‌توان براساس تعداد افرادی که از طریق آن سیستم در تعامل با هم قرار می‌گیرند دسته‌بندی کرد. اگر تنها یک کاربر در ساختار عملیات از دور حاضر باشد معماری حاصل به نام سیستم هپتیک تک‌کاربره شناخته می‌شود و اگر تعداد کاربران دو یا بیش از دو نفر باشد، سیستم هپتیک چندکاربره است.

اگر فعالیتی مدنظر باشد که مستلزم مشارکت چندین کاربر برای انجام کاری باشد، می‌توان از سیستم‌های هپتیک چندکاربره استفاده کرد. از این سیستم‌ها می‌توان در پیکربندی‌های متفاوتی استفاده کرد که حالت مربوط به مشارکت دو کاربر در شکل **۱** نمایش داده شده‌است. ساختار متداول بدین صورت است که فرامین دو کاربر توسط مکانیسم طراحی شده به ربات دیگری منتقل می‌شود که وظیفه دارد فرامین را بر روی محیط اجرا نماید. این فرآیند می‌تواند بصورت مجازی و با استفاده از ساختارهای واقعیت مجازی صورت پذیرد. در حالت آموزش جراحی معمولا از ربات داوینچی به عنوان رباتی که قرار است حرکات جراحان را بر روی بافت انجام دهد استفاده می‌شود. هر دو کاربر نیز توسط کنسول‌های مخصوص به خود عملیات را کنترل می‌کنند. ویژگی‌های مطلوب این سامانه نظیر سیستم تصویربرداری سه‌بعدی، امکانات حرفه‌ای تنظیم حرکت دست و حذف لرزش‌های آن و درجات آزادی کافی برای انجام عمل منجر به افزایش چالاکی جراحان می‌شود. شکل **۱**.الف و شکل **۱**.ب تصویری از این ساختارهای متداول مشارکتی را نشان می‌دهند.

به دلیل وجود برخی مشکلات فرهنگی موجود، هنوز اعتماد کافی از سوی جراحان متخصص برای ورود یک سامانه رباتیک به اتاق عمل وجود ندارد. به همین دلیل برخی محققان ساختار معرفی‌شده در شکل **۱**.ج را پیشنهاد کرده‌اند. در این ساختار با حذف ربات واسط، عملیات جراحی مستقیماً توسط یکی از دو جراح صورت می‌گیرد. در واقع ابزار لازم برای عمل جراحی بر روی دستگاه هپتیک مربوط به جراح قرار گرفته که امکان عمل مستقیم را به او می‌دهد.



شکل ۱: ساختارهای قابل تصور برای سامانه عملیات از دور دوکاربره

علی‌رغم همه این ویژگی‌ها، سامانه جراحی داوینچی برای اهداف آموزشی که نیاز به مداخله جراح ماهر در فرآیند و جلوگیری از بروز عواقب ناشی از نابلدی جراح تازه‌کار برای بیمار دارد، طراحی نشده است. به دنبال این نیاز مفهومی تحت عنوان فاکتور غلبه معرفی گردید که میزان تسلط هر کاربر بر عملیات را تعیین می‌کند [۱۱]. ایده اولیه این بود که میزان غلبه مشخصی برای جراح تازه‌کار از سوی جراح ماهر مشخص گردد و این فاکتور در طول عملیات جراحی مقداری ثابت و غیرقابل تغییر باشد که تنها قبل از هر تمرین بنا به نظر جراح ماهر و با توجه به میزان مهارت جراح تازه‌کار تعیین شود. واضح است که ساختار پیشنهادی توانایی جلوگیری از خطای جراح تازه‌کار در حین عمل با استفاده از تغییر سطح دسترسی وی را نداشت.

تحقیقات بعدی به پیشنهاد ساختارهای متفاوتی برای رفع این مشکل پرداختند. به طور نمونه یک ساختار مبتنی بر تابع S شکل در [۱۲] پیشنهاد شد که به جراح تازه‌کار این اجازه را می‌داد که به طور آزادانه فعالیت نماید و هرجا که نیاز بود حرکاتش توسط جراح ماهر تصحیح شود. ساختار ارائه شده در این مقاله تنها اطلاعات حرکتی جراح ماهر را در اختیار جراح تازه‌کار قرار می‌داد و نمی‌توانست به طور موثری او را درگیر در آموزش جراحی نماید. در مقابل تحقیقاتی هم‌چون [۱۳-۱۵] این امکان را فراهم می‌آورند که دسترسی محدود یا کامل به جراح تازه‌کار داده شود و میزان این دسترسی در طول عملیات بنا به شرایط تغییر کند. اساس کار در این تحقیقات انجام تمامی حرکات لازم برای جراحی توسط جراح ماهر و کارآموز است و اختلاف این دو حرکت مبنای تصمیم‌گیری در مورد میزان غلبه جراح تازه‌کار در فرآیند خواهد بود. مشکل عمده این رویکرد این است که جراح ماهر باید در تمامی لحظات درگیر انجام عمل جراحی باشد حتی اگر آن حرکت بسیار ابتدایی و بدیهی به نظر برسد. این کار باعث خستگی جراح ماهر شده و از آن مهم‌تر با فلسفه نقش وی در فرآیند آموزش ناسازگار است؛ زیرا قرار بوده که جراح ماهر فقط بر عملیات جراحی نظارت داشته باشد که اگر حرکت اشتباهی از کارآموز سر زد با مداخله موثر در عملیات جلوی صدمه دیدن بیمار را بگیرد نه اینکه تمامی حرکات لازم یک عمل جراحی را خود به تنهایی انجام دهد. این مطلب با دقت در ساختار سنتی آموزش جراحی نیز واضح است. مشکل مطرح شده در بالا در [۱۶] با تعبیه یک پدال مکانیکی برای جراح ماهر مرتفع شده‌است. اساس کار بر این است که با استفاده از دو ساختار کنترل امپدانس در هپتیک‌های مربوط به جراحان، این امکان برای جراح ماهر وجود خواهد داشت که هر جا نیاز به مداخله در عملیات باشد با فشردن پدال، ضرایب کنترل‌کننده‌های سمت خود و جراح تازه‌کار را به نحوی تغییر دهد که حرکت ابزار جراحی برای کارآموز دشوار شود. این کار منجر به صدمه ندیدن بیمار در هنگام رخ‌دادن خطا می‌شود. اگر چه که وجود پدال در بعضی از انواع عمل جراحی متداول است اما پژوهش‌هایی نیز نظیر [۱۷] وجود دارند که به صورت خودکار و بدون نیاز به پدال مکانیکی همین

[Downloaded from joc.kntu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.20088345.1399.14.5.5.1]
[DOI: 10.52547/joc.14.5.121]

کار را انجام می‌دهند. مزیت عمده این روش‌ها تغییر میزان غلبه کارآموز بر عملیات جراحی به روشی هوشمند است.

٤- داده‌کاوی به منظور ارزیابی مهارت

رسیدن به فهم عمیق و درست از روش صحیح انجام عمل جراحی و کسب مهارت لازم در آن برای دانشجویان پزشکی بسیار حائز اهمیت است. دانشجویان باید به طور پیوسته همراه با شرکت در فرآیند آموزشی میزان مهارت خود را نیز بسنجند و متناسب با آن از مربی خود بازخورد بگیرند. فرآیند سنتی ارزیابی مهارت دانشجویان و فلوهای پزشکی بر پایه تکمیل فرم‌های استانداردی است که به صورت چک‌لیست در اختیار جراحان ماهر قرار می‌گیرد [۱۸, ۱۹]. این رویه‌ای بسیار وقت‌گیر و درنتیجه پرهزینه است. به علاوه به دلیل کیفی بودن موارد مورد بررسی در لیست نمره‌دهی به هر دانشجو شاخص دقیقی برای سنجش میزان مهارت فرد نیست. علاوه بر ضعف‌های بیان شده عملاً انجام این‌کار در شرایط همه‌گیری کرونا همراه با ریسک بالای ابتلا به ویروس برای دو طرف خواهد بود. خودکارکردن این رویه و تعریف معیارهای کمی جدیدی که نشان‌دهنده میزان مهارت شخص در عملیات جراحی باشد می‌تواند این امکان را به دانشجو بدهد که خود به تنهایی با استفاده از سامانه آموزش جراحی مبتنی بر تکنولوژی هپتیک و هوش مصنوعی عملیات جراحی را بر روی محیط مجازی انجام دهد و پس از آن توسط سیستم میزان مهارتش مشخص گردد. با عملی شدن این ایده اولاً احتیاج به حضور جراح در محیط برطرف شده و ثانیاً نمره‌دهی به او از طریق سنجش حرکات دست جراح و جمع آوری اطلاعات حرکتی آن به همراه تحلیل داده‌های ویدیوئی عمل جراحی صورت می‌گیرد. فرآیند نمره‌دهی می‌تواند بر اساس سیستم OSATS[۱] یا دسته‌بندی در گروه‌های مختلف همچون تازه‌کار، متوسط و متخصص باشد [۲۰].

قدم اول برای توسعه روش‌های ارزیابی مهارت استفاده از داده‌های معتبری است که تمامی مراحل یک عمل جراحی که توسط یک جراح حاذق انجام شده را به طور دقیق ثبت کرده باشد. این مجموعه داده‌ها که نمونه‌ای از آن‌ها در [۲۱, ۲۲] تشریح شده‌است متشکل از سه حرکت بنیادی در جراحی یعنی بخیه‌زدن، گره‌زدن و عبور سوزن از بافت است. اطلاعات ویدیوئی به همراه داده‌های سینماتیکی این حرکات برای تعدادی عمل جراحی در دسترس است. معمولاً داده‌های ویدیوئی عمل جراحی، در دسترس است ولی در بعضی حالت‌ها باید فردی خبره عملیات برچسب‌گذاری و پردازش اولیه اطلاعات را انجام دهد. هم‌چنین ضبط داده‌های سینماتیکی به صورت همگام با ضبط ویدیو می‌تواند به غنابخشیدن به داده‌ها کمک کند.

روش‌های متعددی در پیش‌پردازش داده‌ها ممکن است استفاده شوند. به طور نمونه استفاده از فیلتر میانگین متحرک[۲] یا فیلتر متوسط[۳] برای هموارسازی و گرفتن نوسانات نامطلوب متداول است [۲۳]. پردازش‌هایی همچون نرمال‌سازی ابعاد داده‌ها در [۲۴, ۲۵] مورد توجه بوده‌است. هم‌چنین در [۲۶] از تبدیل فوریه با پنجره‌های گسسته‌زمان برای پیش‌پردازش اطلاعات استفاده شده‌است.

معیارهایی همچون طول مسیر، صافی حرکت، انحنا و زمان انجام کار از جمله ویژگی‌های متداول حرکتی هستند که هر یک نشانی از میزان مهارت جراح دارد. این معیارها در پژوهش‌های زیادی همچون [۲۷] مبنای قضاوت بوده‌اند. به معیارهای نیرویی نیز مانند اختلاف بین بیشینه و کمینه نیرو یا استفاده از مشتقات آن در برخی دیگر از تحقیقات مانند [۲۸] اشاره شده‌است. در [۲۹] از ویژگی‌های مبتنی بر بافت، فرکانس و آنتروپی حرکتی به قصد سنجش مهارت استفاده شده‌است. سایر عوامل همچون سرعت، شتاب و خیز حرکت نیز از جمله معیارهای مورد توجه در کار محققین بوده است. البته باید توجه داشت که درنظر گرفتن تمامی این معیارها به صورت یک‌جا لزوماً به جواب درست نمی‌انجامد. لذا بایستی معیارهایی که تاثیر بیشتری در تفکیک جراحان در دسته‌های مختلف عملکردی-مهارتی را با هم دارند جدا کرده و در میان آنان نیز به صورت مناسبی وزن‌دهی انجام شود که اهمیت معیارهای موثرتر مشخص گردد.

٥- جمع‌بندی

اعضای هیئت علمی و دانشجویان پزشکی جزو آن دسته افرادی هستند که بیشترین خطر ابتلا به ویروس کرونا را دارند زیرا تماس طولانی مدتی با محیط‌های آلوده مثل بیمارستان جزء جدانشدنی کار آنهاست. برای برون‌رفت از این معضل استفاده از روش‌های نوین آموزشی مبتنی بر تکنولوژی هپتیک، واقعیت مجازی-افزوده و هوش مصنوعی در این مقاله پیشنهاد شده‌است.

سیستم‌های شبیه‌ساز به عنوان پلتفرمی مناسب برای تمرین مهارت‌های لازم برای کسب تجربه کافی در جراحی معرفی شدند. با افزودن یک سیستم هپتیک دیگر به مجموعه، طریقه مشارکت موثر جراح ماهر و کارآموز شرح داده شد. موضوع سنجش میزان مهارت دانشجویان با اتکا به روش‌های داده‌محور بررسی گردید. به کارگیری این اقدامات می‌تواند به جبران موانع آموزشی پیش‌آمده برای دانشجویان پزشکی بیانجامد.

مراجع

[1] A. Biswas, U. Bhattacharjee, A. K. Chakrabarti, D. N. Tewari, H. Banu, and S. Dutta, "Emergence of Novel Coronavirus and COVID-19: whether to stay or die out?,"

[۱] Objective Structured Assessment of Technical Skills (OSATS)

[۲] Moving Average Filter

[۳] Median Filter

[Downloaded from joc.kntu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.20088345.1399.14.5.5.1]
[DOI: 10.52547/joc.14.5.121]

[17] M. Motaharifar, H. D. Taghirad, K. Hashtrudi-Zaad, and S. F. Mohammadi, "Control of Dual-User Haptic Training System With Online Authority Adjustment: An Observer-Based Adaptive Robust Scheme," *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 2019.
[18] N. Ahmidi *et al.*, "A dataset and benchmarks for segmentation and recognition of gestures in robotic surgery," *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 64, no. 9, pp. 2025-2041, 2017.
[19] C. P. Van Der Vleuten, "The assessment of professional competence: developments, research and practical implications," *Advances in Health Sciences Education*, vol. 1, no. 1, pp. 41-67, 1996.
[20] J. Martin *et al.*, "Objective structured assessment of technical skill (OSATS) for surgical residents," *British journal of surgery*, vol. 84, no. 2, pp. 273-278, 1997.
[21] H. Al Hajj *et al.*, "CATARACTS: Challenge on automatic tool annotation for cataRACT surgery," *Medical image analysis*, vol. 52, pp. 24-41, 2019.
[22] G. S. Guthart and J. K. Salisbury, "The Intuitive/sup TM/telesurgery system: overview and application," in *Proceedings 2000 ICRA. Millennium Conference. IEEE International Conference on Robotics and Automation. Symposia Proceedings (Cat. No. 00CH37065)*, 2000, vol. 1: IEEE, pp. 618-621.
[23] Z. Lin *et al.*, "Objective skill evaluation for laparoscopic training based on motion analysis," *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 60, no. 4, pp. 977-985, 2012.
[24] T. Horeman, J. Dankelman, F. W. Jansen, and J. J. van den Dobbelsteen, "Assessment of laparoscopic skills based on force and motion parameters," *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 61, no. 3, pp. 805-813, 2013.
[25] T. Horeman, S. P. Rodrigues, F. W. Jansen, J. Dankelman, and J. J. van den Dobbelsteen, "Force parameters for skills assessment in laparoscopy," *IEEE Transactions on Haptics*, vol. 5, no. 4, pp. 312-322, 2011.
[26] K. R. Martin and R. L. Burton, "The phacoemulsification learning curve: per-operative complications in the first 3000 cases of an experienced surgeon," *Eye*, vol. 14, no. 2, pp. 190-195, 2000.
[27] S. Cotin, N. Stylopoulos, M. Ottensmeyer, P. Neumann, D. Rattner, and S. Dawson, "Metrics for laparoscopic skills trainers: The weakest link!," in *International conference on medical image computing and computer-assisted intervention*, 2002: Springer, pp. 35-43.
[28] A. L. Trejos, R. V. Patel, R. A. Malthaner, and C. M. Schlachta, "Development of force-based metrics for skills assessment in minimally invasive surgery," *Surgical endoscopy*, vol. 28, no. 7, pp. 2106-2119, 2014.
[29] A. Zia and I. Essa, "Automated surgical skill assessment in RMIS training," *International journal of computer assisted radiology and surgery*, vol. 13, no. 5, pp. 731-739, 2018.

Critical reviews in microbiology, vol. 46, no. 2, pp. 182-193, 2020.
[2] "COVID-19 CORONAVIRUS PANDEMIC." worldmeter. https://www.worldometers.info/coronavirus/ (accessed December 26, 2020).
[3] N. Subbaraman, "Who gets a COVID vaccine first? Access plans are taking shape," *Nature*, vol. 17, 2020.
[4] C. Hodges, S. Moore, B. Lockee, T. Trust, and A. Bond, "The difference between emergency remote teaching and online learning," *Educause Review*, vol. 27, 2020.
[5] W. Zhang, Y. Wang, L. Yang, and C. Wang, "Suspending classes without stopping learning: China's education emergency management policy in the COVID-19 Outbreak," ed: Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2020.
[6] M. de Notaris *et al.*, "A three-dimensional computer-based perspective of the skull base," *World neurosurgery*, vol. 82, no. 6, pp. S41-S48, 2014.
[7] K. Kurzhals, M. Burch, T. Pfeiffer, and D. Weiskopf, "Eye tracking in computer-based visualization," *Computing in Science & Engineering*, vol. 17, no. 5, pp. 64-71, 2015.
[8] M. Kersten-Oertel *et al.*, "Augmented reality in neurovascular surgery: feasibility and first uses in the operating room," *International journal of computer assisted radiology and surgery*, vol. 10, no. 11, pp. 1823-1836, 2015.
[9] M. A. Lerner, M. Ayalew, W. J. Peine, and C. P. Sundaram, "Does training on a virtual reality robotic simulator improve performance on the da Vinci® surgical system?," *Journal of Endourology*, vol. 24, no. 3, pp. 467-472, 2010.
[10] Y.-X. Hung, P.-C. Huang, K.-T. Chen, and W.-C. Chu, "What do stroke patients look for in game-based rehabilitation: a survey study," *Medicine*, vol. 95, no. 11, 2016.
[11] S. S. Nudehi, R. Mukherjee, and M. Ghodoussi, "A shared-control approach to haptic interface design for minimally invasive telesurgical training," *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, vol. 13, no. 4, pp. 588-592, 2005.
[12] M. Motaharifar, H. D. Taghirad, K. Hashtrudi-Zaad, and S. F. Mohammadi, "Control synthesis and ISS stability analysis of a dual-user haptic training system based on S-shaped function," *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, vol. 24, no. 4, pp. 1553-1564, 2019.
[13] M. Shahbazi, S. F. Atashzar, H. A. Talebi, and R. V. Patel, "An expertise-oriented training framework for robotics-assisted surgery," in *2014 IEEE international conference on robotics and automation (ICRA)*, 2014: IEEE, pp. 5902-5907.
[14] F. Liu, A. Lelevé, D. Eberard, and T. Redarce, "A dual-user teleoperation system with online authority adjustment for haptic training," in *2015 37th annual international conference of the IEEE engineering in medicine and biology society (EMBC)*, 2015: IEEE, pp. 1168-1171.
[15] Z. Lu, P. Huang, P. Dai, Z. Liu, and Z. Meng, "Enhanced transparency dual-user shared control teleoperation architecture with multiple adaptive dominance factors," *International Journal of Control, Automation and Systems*, vol. 15, no. 5, pp. 2301-2312, 2017.
[16] R. Heidari, M. Motaharifar, and H. Taghirad, "Robust Impedance Control for Dual User Haptic Training System," in *2019 7th International Conference on Robotics and Mechatronics (ICRoM)*, 2019: IEEE, pp. 181-185.

[Downloaded from joc.kntu.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.20088345.1399.14.5.5.1]
[DOI: 10.52547/joc.14.5.121]