مقاله پژوهشی

مجله انفورماتیک سلامت و زیست پزشکی
مرکز تحقیقات انفورماتیک پزشکی
دوره هشتم شماره اول ص، ۱۰۴-۹۴. ۱۴۰۰

طراحی و پیاده‌سازی محیط بازی-ورزش با استفاده از الگوریتم‌های پردازش تصویر برای توان‌بخشی از راه دور بیماران مبتلا به ناتوانی حرکتی

علیرضا پروین[۱]، مهدی نصری[۲]*، مجید اسلامی[۳]

• دریافت مقاله: ۹۹/۱۲/۱۲ • پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۳/۴

مقدمه: در سال‌های اخیر، با توجه به معضلات حرکتی بیماران یا محدودیت‌های مراودات اجتماعی که در شرایط همه‌گیری کرونا پیش آمده است، توانبخشی از راه دور با استفاده از واقعیت مجازی مورد توجه محققین بسیاری قرار گرفته است.

روش: در این پژوهش کاربردی، با استفاده از یک حسگر کینکت و نرم‌افزار پردازش تصویر، شبیه‌ساز حرکتی جهت توان‌بخشی افراد مبتلا به ناتوانی شناختی–حرکتی در اندام بالاتنه یا پایین‌تنه بسته به مورد، طراحی و پیاده‌سازی شد. این سامانه، با استفاده از مفهوم آواتار و مقوله بازی–ورزش ایجاد شد. بدین منظور، بیمار باید در بازی طراحی شده اجسام متحرک مانند زنبور را لمس کرده یا بگیرد. حرکت اجسام متحرک می‌تواند بسته به نظر پزشک انجام گیرد و ضمن مقایسه حرکت انجام شده بیمار با حرکت استاندارد در نرم‌افزارِ طراحی شده، بیمار به اصلاح حرکات اشتباه ترغیب می‌شود، تا در نهایت حرکت را به شکل مطلوب انجام دهد. در سامانه طراحی شده، امکان نظارت و ارزیابی نحوه حرکت بیمار در خارج از محیط بالینی و به صورت توانبخشی از راه دور فراهم شد.

نتایج: کارایی سامانه طراحی شده بر روی بیماران مبتلا به ناتوانی شناختی– حرکتی، از طریق تحلیل کمّی (از طریق نمودارهای حرکت) و تحلیل کیفی (از طریق پرسشنامه) مورد بررسی قرار گرفت.

نتیجه‌گیری: نتایج، نشان‌دهنده کارایی بالای این سامانه در تحلیلِ کمّی حرکت بیمار (از طریق امکان مقایسه آن با حرکات مرجع) و همچنین امکان استفاده عملی از آن در مراکز درمانی توان‌بخشی به‌ویژه در شرایط کنونی ناشی از بیماری کرونا با توجه به نتایج پرسشنامه را دارد.

کلیدواژه‌ها: واقعیت مجازی، توانبخشی از راه دور، پردازش تصویر، بازی–ورزش

•ارجاع: پروین علیرضا، نصری مهدی، اسلامی مجید. ط طراحی و پیاده‌سازی محیط بازی-ورزش با استفاده از الگوریتم‌های پردازش تصویر برای توان‌بخشی از راه دور بیماران مبتلا به ناتوانی حرکتی. مجله انفورماتیک سلامت و زیست پزشکی ۱۴۰۰؛ ۸(۱): ۱۰۴-۹۴.

۱. کارشناس ارشد گروه مهندسی برق، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سیرجان، سیرجان، ایران

۲. استادیار، گروه مهندسی پزشکی، واحد خمینی شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

۳. دکتری مهندسی مکانیک، گروه مهندسی پزشکی، واحد خمینی شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

*** نویسنده مسئول:** مهدی نصری

آدرس: اصفهان، خمینی شهر، منظریه، انتهای بلوار دانشجو، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی شهر، دانشکده فنی-مهندسی

•شماره تماس: ۳۳۶۶۰۰۱۱-۰۳۱ • **Email:** nasri_me@iaukhsh.ac.ir

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-07-05]

مقدمه

امروزه با پیشرفت تکنولوژی دستاوردهای جدیدی در عرصه الکترونیک و رایانه عرضه شده است، که با کمک این فناوری‌ها می‌توان شاهد تغییرات اساسی در نحوه دسترسی افراد جامعه به امکانات و خدمات بود. بخشی از این نیازمندی‌ها مرتبط به افرادی است که مبتلا به ناتوانی یا دچار عارضه‌هایی هستند که بایستی به طور دائم تحت مراقبت باشند، یا باید با استفاده از روش‌های کاردرمانی یا توانبخشی دوره‌های بازتوانی را در مراکز و کلینیک‌های توانبخشی دنبال نمایند [۱،۲]. بر اساس آمار سازمان بهداشت جهانی و بانک جهانی، یک میلیارد نفر یا ۱۵ درصد از جمعیت جهان، تجربه نوعی از معلولیت را دارند [۳]. مشکلات خاص افراد نیازمند به توان‌بخشی باعث وابستگی بیش‌ازحد معلولین به خانواده‌هایشان و عدم امکان حضور مؤثر آن‌ها در اجتماع شده است [۴]. اصولاً معلولیت‌ها به دو دسته کلی با منشأ مشکلات جسمی–حرکتی و شناختی – حرکتی، تقسیم‌بندی می‌شوند. افراد مبتلا به ناتوانی حرکتی دارای محدودیت‌هایی در کنترل و قدرت و محدوده حرکتی هستند. این مشکلات ممکن است به ویژه در افراد دچار عارضه‌هایی چون اوتیسم (درخودماندگی) (Autism)، دیسپراکسیا (اختلال کنش پریشی) (Dyspraxia) و بیش فعالی (Attention-Deficit Hyperactivity Disorder)ADHD بیشتر نشان داده شود [۵]. هماهنگی در حرکات، یکی از مقیاس‌های اندازه‌گیری کیفیت زندگی می‌باشد. همچنین، حرکات ناهماهنگ باعث ایجاد محدودیت در مشارکت افراد در فعالیت‌های اجتماعی، ارتباطی و تأثیر سوء در شرایط روحی بیمار می‌شود [۶]. توانبخشی و مشارکت در تمرین‌های بازتوانی، مغز را در جهت بازیابی کنترلِ حرکتِ بهتر کمک می‌کند [۷] و می‌تواند در غلبه بر این محدودیت‌ها مؤثر باشد [۸]. به طور کلی، توان‌بخشی اغلب به‌صورت حضوری و با کمک کادر درمان و متخصص و طی یک فرآیند آموزشی و تمرینی انجام می‌گیرد. حضور فیزیکی بیمار در کلینیک یا مراکز توانبخشی و مشکلاتی مانند دوری فاصله و محدودیت‌های حرکتی و اخیراً مشکلات مربوط به بیماری همه‌گیر کرونا، از جمله معضلاتی است که نیاز به استفاده از فناوری‌های جدید را ضروری می‌نماید [۹].

عرضه واقعیت مجازی، به عنوان یکی از دستاوردهای کارآمد در دهه اخیر در حوزه سلامت و انفورماتیک باعث ایجاد شرایط متفاوتی در نحوه ارائه خدمات توان‌بخشی به بیماران شد. اسلامی و همکاران، سامانه واقعیت مجازی و دستکش پوشیدنی با قابلیت فرمان‌پذیری و سنجش جهت توانبخشی به بیماران پیشنهاد کردند، که براساس اندازه‌گیری سطح و میزان حرکت دست بیمار و انتقال این حرکات به محیط واقعیت مجازی عمل می‌کند [۱۰]. استفاده از روش‌های تعاملی همچون واقعیت مجازی یا بازی–ورزش (Exer-gaming) که نیاز به مشارکت فعال و اعمال نیروی فیزیکی توسط شرکت‌کنندگان دارد، به دلیل ارائه هر دو عنصر سرگرمی و ورزش موردتوجه بیماران خصوصاً برای کودکان قرار گرفته است [۱۱]. در سال‌های اخیر، به‌کارگیری تجهیزات جدید از جمله کینکت به دلیل نوع سخت‌افزار و بستر ارتباطی، باعث ایجاد شرایطی بهتر در روش‌های درمانی به صورت واقعیت مجازی شده است [۱۲،۱۳]. حس‌گر کینکت به کاربران امکان کنترل بازی‌ها از طریق حرکات بدن، صدا و تصاویر (به‌جای کنترل‌کننده یا حس‌گرهای بدن) را می‌دهد [۱۴]. پس از معرفی انواع بازی‌های تعاملی، به دلیل توانایی و بازده بالای این حس‌گر و قیمت بسیار کمتر نسبت به موارد مشابه، در پژوهش‌های متعددی از این سخت‌افزار در توان‌بخشی مغزی [۱۵]، درمان فلج مغزی [۱۶]، بازتوانی حرکتی پس از سکته مغزی [۱۷،۱۸] استفاده شده است. نتایج استفاده از این تجهیزات، شامل افزایش تمرکز، توجه و انگیزه در کاربر بوده است [۸]. یکی دیگر از کاربردهای حسگر کینکت در پردازش تصویر است [۱۹،۲۰]، پردازش تصویر شامل الگوریتم‌هایی است که با ایجاد تغییرات در تصویر اولیه، تصویری دیگر یا در نهایت اطلاعاتی از آن تصویر تولید می‌کند [۲۱]. این اطلاعات تصویری می‌تواند در کاربردهای توانبخشی مورد استفاده قرار گیرند [۲۲]. استفاده از سایر توانمندی‌های حسگر کینکت در بازی– ورزش [۵]، آواتار (Avatar) [۲۳] و مقایسه با حرکات مرجع [۲۴]، ایده تجمیع این مجموعه از مزایا و توانایی‌ها در یک محیط نرم‌افزاری و سخت افزاری در کنار یکدیگر جهت توسعه سامانه توانبخشی از راه دور را ایجاد نمود.

در این مطالعه، با ادغام و اصلاح روش‌های پیشین و رفع معایب هریک، سامانه‌ای جهت استفاده عملی و کاربردی از حس‌گر کینکت جهت کمک به توان‌بخشی از راه دور طراحی و پیاده‌سازی شده است. این سامانه دارای کاربردهای متعدد از روش‌های درمانی در محیط بازی–ورزش جهت کمک به بهبود شرایط توانبخشی در بیماران مبتلا به ناتوانی حرکتی است. استفاده از محیط گرافیکی واقعیت مجازی و ترسیم آواتارِ کاربر

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-07-05]

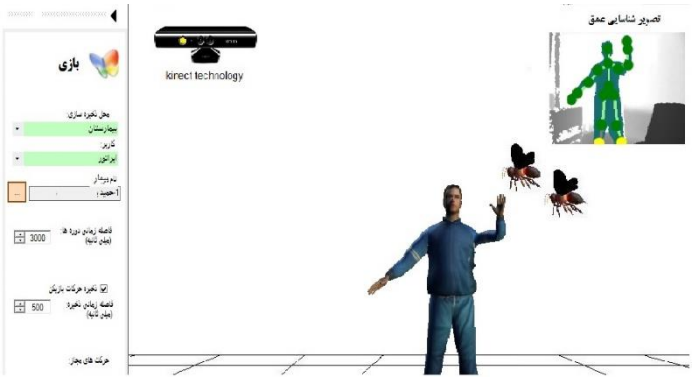
و نیز ایجاد محیط تعاملی بین آن دو بدون نیاز به روش‌های قبلی مانند حس‌گرهای متصل به بدن [۲۵] یا دسته‌های بازی می‌تواند باعث تسهیل و جذب کاربر به محیط ارائه شود. هم‌چنین، امکان ضبط حرکات کاربر و مقایسه با حرکات مرجع یا حرکات قبلی فرد، باعث رشد و بهبود نحوه حرکات بیمار می‌شود. علاوه بر این، جهت امکان نظارت و ارسال اطلاعات حرکت کاربر به پزشک از راه و نظارت بیشتر پزشک بر نحوه حرکات بیمار حتی در منزل فراهم گردیده است. از این پژوهش که هدف آن پیاده‌سازی سامانه توانبخشی از راه دور برای بیماران دچار ناتوانی حرکتی با استفاده از حسگر کینکت و همچنین امکان تحلیل حرکات بیمار است، انتظار می‌رود بتواند الگویی مناسب در توانبخشی سایر ناتوانی‌ها از طریق طراحی نرم‌افزارهای مختلف بازی-ورزش باشد.

روش

این پژوهش کاربردی شامل دو بخش نرم‌افزار و سخت‌افزار می‌باشد، که به ترتیب در بخش نرم‌افزار، طراحی محیط بازی تشریح شده و در بخش سخت‌افزار، به مبحث تجهیزات جانبی سخت افزاری پرداخته شد.

الف - بخش نرم‌افزار

برای شروع هر محیط مجازی بایستی یک سناریو و الگوریتم داشت تا بتوان شروع و انتهای حرکت را مشخص نمود. در این پژوهش، از یک سناریوی بازی- ورزش استفاده شد، تا کاربر بر اساس آن حرکات و بازی‌های از قبل برنامه‌ریزی‌شده توسط پزشک را اجرا نماید. این حرکات با هدف ترغیب بیمار به حرکت دادن دست خود و توسط تصویر مجازی ایجاد شد. همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، کاربر بایستی نسبت به لمس پروانه یا زنبور با حرکات دست خود اقدام نماید. ساختار ارزیابی نرم‌افزار و تشخیص حرکت به این صورت است که اختلاف مکانی زنبور با مختصات مکانی فرد که توسط کینکت تشخیص داده شده است، محاسبه می‌شود. همچنین، زاویه باز شدن دست کاربر نسبت به بدن نیز در نظر گرفته می‌شود. با توجه به این دو مقدار، سامانه موفقیت یا عدم موفقیت کاربر را تشخیص می‌دهد و بر اساس آن اجازه ادامه بازی-تمرین را به وی خواهد داد یا دوباره بازی از اول تکرار می‌شود.



شکل ۱: صفحه بازی-ورزش نرم‌افزار

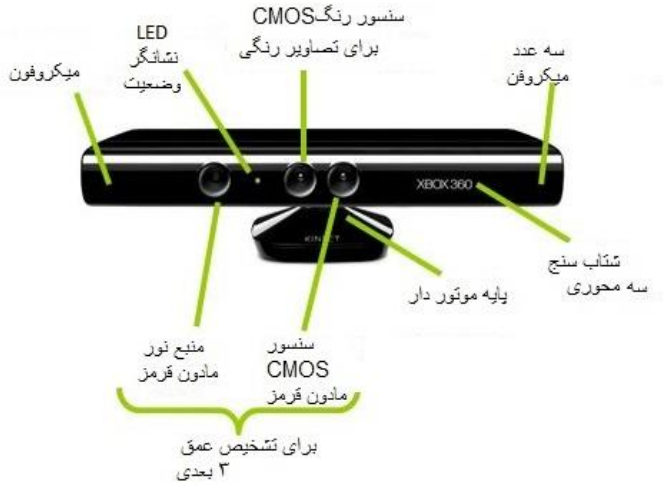
یکی از بخش‌های اساسی و مهم نرم‌افزاری سامانه، طراحی یک محیط مجازی در رایانه متناسب با حرکات انسان است که با استفاده از نرم‌افزارهای تخصصی، یک محیط مجازی با قابلیت اتصال به سخت‌افزار طراحی شده است. در این قسمت، تصویر مجازی کاربر با کمک دریافت اطلاعات مفصل‌ها و با کمک پردازش تصویر ترسیم می‌شود و سپس حرکات تصویر مجازی با حرکات کاربر مطابقت داده می‌شود. بدنه این تصویر مجازی در محیط نرم‌افزار Maya نسخه ۲۰۱۳ طراحی شد و سپس با کمک محیط برنامه‌نویسی گرافیکی XNA امکان ایجاد شرایط حرکتی و ورزشی منطبق با اطلاعات دریافتی از کینکت فراهم شد. در طراحی و تشخیص حرکت تصویر مجازی، از فنّاوری (Computer-generated

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-07-05]

CGI(imagery استفاده شد. در این فنّاوری برخلاف گذشته که حرکات انسان با نصب حسگرهای حرکتی تعقیب می‌شد [۲۶]، ردیابی به‌وسیله حس‌گر کینکت انجام گردید و با استفاده از این اطلاعات تصویر مجازی فرد شبیه‌سازی شد. از قابلیت‌های این نرم‌افزار استفاده از بستر شبکه و ارسال اطلاعات در این محیط می‌باشد که در این روش، پزشک با دریافت مختصات اخذ شده به‌وسیله کینکت از راه دور، می‌تواند حرکات تصویر مجازی موجود بر روی سیستم خود را همانند تصویر موجود بر روی سیستم بیمار که تقلیدی از حرکات وی است، شبیه‌سازی و بازسازی کند.

ب- بخش سخت‌افزار

سخت‌افزار در سامانه طراحی شده شامل حس‌گر کینکت است که یک ابزار تشخیص و سنجش حرکت است که برای ایجاد محیطی تعاملی بین کاربر در شرایط فیزیکی و محیط نرم‌افزار طراحی و ساخته شده است. قسمت‌های سخت‌افزاری این تجهیز در شکل ۲ نشان داده شده است که شامل بخش‌های حس‌گر رنگ (Complementary Metal Oxide Semiconductor) CMOS برای تشخیص تصاویر رنگی (Red-Green-Blue) RGB، قسمت تشخیص عمق سه‌بعدی، آرایه صدابَر در دو سمت کینکت، شتاب سنج سه محوری، موتور پله‌ای موجود در پایه و دیود نوری نشانگر وضعیت می‌باشد.



شکل ۲: اجزای سخت‌افزاری حس‌گر کینکت

در مرکز کینکت، یک دوربین RGB با رزولوشن تا ۱۲۸۰×۹۶۰ و ۱۲ عکس در ثانیه وجود دارد. رزولوشن معمول استفاده شده ۶۴۰×۴۸۰ پیکسل در ۳۰ تصویردر ثانیه است. در گوشه سمت چپ آن، منبع نور مادون قرمز تعبیه شده است که چندین شعاع نور مادون‌قرمز را پرتوافکنی می‌کند که برخورد آن به اجسام روبه‌رو و دریافت انعکاس آن توسط حس‌گر مادون‌قرمز این اجازه می‌دهد تا سامانه یک محیط سه‌بعدی را تجسم کند. همچنین، محاسبه اختلاف‌زمان بین ارسال و دریافت این پرتوهای مادون‌قرمز همانند حس‌گرهای زمان پرواز امکان تشخیص و محاسبه سرعت حرکت اجسام متحرک را فراهم می‌کند. کینکت می‌تواند تا بیش از دو کاربر را در یک زمان ردیابی کند و اسکلت آن‌ها را به‌صورت سه‌بعدی با ۲۰ اتصال بدنی مانند پاها، باسن، شانه‌ها، زانوها، بازوها و سر ردیابی کند.

بخش توان‌بخشی مبتنی بر کینکت در سامانه شامل هفت بخش به صورت زیر است.

الف- کنترل و مدیریت

ب- پردازش تصویر

ج- واقعیت مجازی

د- بازی- ورزش

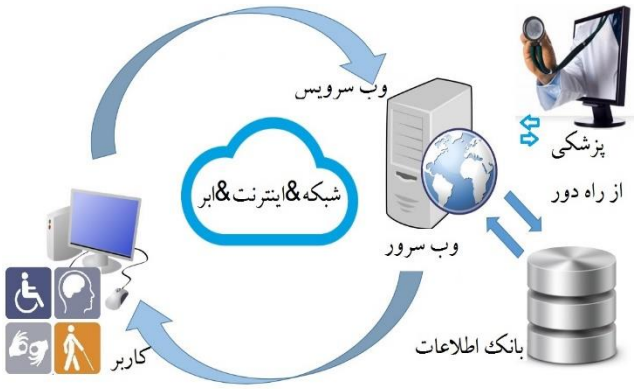
ه- ضبط و ذخیره اطلاعات

و- تحلیل و ارزیابی

ز- شبکه مخابرات داده و وب

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-07-05]

در این سامانه، ابتدا کاربر جلوی حس‌گر کینکت قرار می‌گیرد و با کمک پردازش تصویر، اعضای بدن و مفصل‌ها و حرکت‌های وی تشخیص داده می‌شود. سپس، با استفاده از شبیه‌سازی مجازی و گرافیک کامپیوتری، تصویر مجازی وی ترسیم شده و این تصاویر با حرکات بدن کاربر منطبق می‌شود. در طرح ارائه شده، دو سناریوی متفاوت بازی-ورزش و نیز سناریوی بیمارستان-خانه برنامه‌ریزی و اجرا شده است. این دو سناریو، بر اساس انتخاب کاربر یا تجویز پزشک و متخصص و بر اساس شرایط درمانی و توان‌بخشی فرد، قابل انتخاب است. هم‌زمان، حرکات تشخیص داده شده فرد ضبط و در یک بانک اطلاعاتی ذخیره می‌شود. سپس، با فراخوانی داده‌ها از بانک اطلاعاتی و استفاده از رسم نمودارهای حرکت در دو مختصات x و y و همچنین محاسبه و ترسیم ماتریس‌های اقلیدسی، امکان آنالیز حرکات و مقایسه آن‌ها با حرکات مرجع که از قبل ذخیره شده فراهم شده است. ایجاد امکان ارسال داده‌ها از طریق دوربین منزل کاربر و بیمارستان با استفاده از بستر مخابراتی و شبکه و اینترنت و استفاده از وب سرور و وب‌سرویس از دیگر امکانات این سیستم جهت تسهیل ارتباط بین بیمار و پزشک یا متخصص توان‌بخشی است که به صورت توانبخشی از دور پیاده‌سازی می‌شود. همچنین، جهت حذف افزونگی و اطلاعات زائد تصویر، از فنّاوری پردازش تصویر CGI به‌منظور ارسال اطلاعات به پزشک و ایجاد امکان بازسازی تصاویر حرکات کاربر استفاده شده است. بستر شبکه مورد استفاده در این پژوهش استفاده از مخابرات داده و امکاناتی مثل وب‌سرویس و ارتباط شبکه‌ای بین سرور موجود در بیمارستان یا مرکز توان‌بخشی و بیمار و مددجو در خانه و امکان تبادل و مخابرات داده‌های مربوط به توان‌بخشی در خانه به سرور یا ابر (cloud) است (شکل ۳).



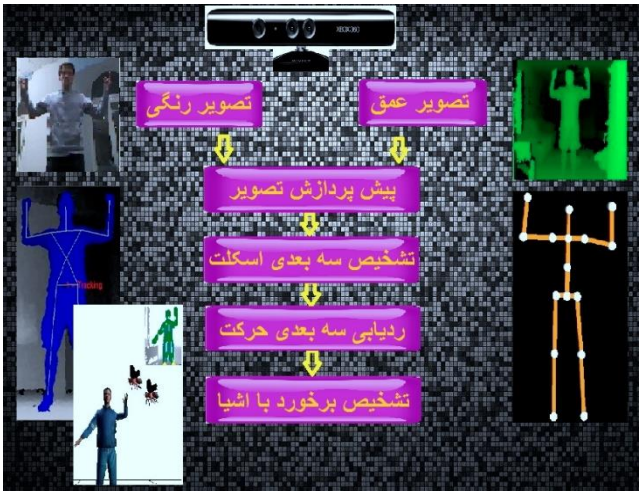
شکل ۳: معماری کلی سیستم

در فرآیند پردازش تصویر، تصاویر اخذشده توسط حس‌گر کینکت که حاوی اطلاعات رنگ (اخذشده به‌وسیله دوربین RGB) و تصاویر عمق (اخذشده به‌وسیله حس‌گر مادون‌قرمز) است، با کمک کیت توسعه نرم‌افزاری کینکت (Software SDK(Development Kit که شامل توابع و فیلترهای پردازش تصویر است، پس از ادغام اطلاعات رنگ و عمق تصاویر و ارتقای آن‌ها، مفصل‌ها در اندام‌های کاربر تشخیص داده شد و اعمال زیر بر روی تصویر اجرا شد.

الف-تشخیص رنگ ب- تشخیص عمق ج-ادغام اطلاعات رنگ و عمق و پیش‌پردازش و ارتقای تصویر د-تشخیص سه‌بعدی اسکلت ه-ردیابی سه‌بعدی اسکلت و- تشخیص تماس و برخورد با اهداف متحرک ز- مرحله کنترل و پایش فعالیت‌ها.

ترکیب اطلاعات رنگ و عمق اخذشده توسط کینکت و سپس پردازش و ارتقای تصاویر اخذشده به‌منظور استخراج و تشخیص مفاصل اندام‌های کاربر و سپس در صورت لزوم کاربرد فیلترها و توابع و الگوریتم‌های پردازش تصویر پیشرفته‌تر به‌منظور تشخیص دقیق‌تر اندام‌ها و ردیابی حرکات کاربر انجام شد (شکل ۴).

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-07-05]



شکل ٤: مراحل پردازش سیستم

به‌منظور کنترل فعالیت‌های حرکتی، سامانه می‌بایست علاوه بر شناسایی مفاصل اندام‌ها، تشخیص و ردیابی اعضای بدن را نیز انجام دهد. همچنین با توجه به سناریوهای بازی–ورزش، سامانه باید امکان ردیابی و تشخیص دست و پای کاربر با اشیاء متحرک از قبل برنامه‌ریزی‌شده سیستم مانند پروانه، زنبور یا توپ را داشته باشد. در مرحله اول، شناسایی سه‌بعدی اسکلت فرد در جلوی ابزار کینکت توسط عکس عمقی حاصل شد. بعدازاین که اسکلت ردیابی و آشکار شد، سامانه وارد مرحله پایش تمرینات شد، که در آن دست و مختصات برخورد و تماس با اعضای بدن یا اشیای متحرک در بازی– تمرین تشخیص و آنالیز و پایش برای ارزیابی انجام گرفت. به‌منظور تشخیص برخورد دست با چشم‌ها و بینی و گوش مراحل پردازش تصویر زیر در کیت توسعه نرم‌افزاری کینکت SDK انجام شد. این مراحل عبارت‌اند از:

– حذف حاشیه تصویر با هدف محدود کردن فضای پردازش به‌منظور افزایش سرعت پردازش و حذف اطلاعات غیر کارآمد

– افزایش عمق به‌منظور افزایش فضای تفکیک با تغییر فضای بیتی.

– فیلتر میانه به‌منظور کاهش نویز تصویر

– فیلتر پایین گذر به‌منظور هموارسازی تصویر

حال، به‌منظور طبقه‌بندی و تشخیص سر نسبت به محیط اطراف، با توجه به این که کینکت دارای دو حسگر مستقل رنگ و عمق است، از تبدیل هوموگرافی استفاده شد. در این نوع تبدیل که در نرم‌افزار SDK پیاده‌سازی شد، بین دو تصویر از یک صحنه انجام شده و ارتباط بین این دو تصویر مستقل از ساختار صحنه، به دست آمد. در نهایت، اطلاعات حرکت‌های کاربر که به صورت تغییر مکان مختصات سه‌بعدی مفاصل کاربر که در مرحله پردازش تصویر ارسال شده است، در یک بانک اطلاعاتی ذخیره شد. در این سامانه، از بانک اطلاعات SQL SERVER به دلیل مجموعه مزایای آن از قبیل قابلیت‌های گزارش‌گیری و امنیت بالای آن استفاده شد. این اطلاعات این امکان را در سامانه ایجاد می‌کند که بازپخش حرکات یا تحلیل و ارزیابی آنها توسط پزشک انجام شود.

در تحلیل داده‌ها از دو رویکرد کمی (با رسم نمودار) و کیفی (با استفاده از پرسشنامه) استفاده شد. در رویکرد تحلیل کمی، با ترسیم نمودارهای متنوع، داده‌های خامی که به‌وسیله حس‌گر کینکت به‌دست آمده و توسط نرم‌افزار سامانه تبدیل به داده‌های خام ماتریسی شد، تبدیل به نمودارهای گرافیکی قابل‌تجزیه تحلیل آسان به‌وسیله پزشک یا تحلیل‌گر می‌شود. با توجه به این‌که میزان کارایی برنامه و رضایت کاربران یکی از معیارهای ارزیابی هر نرم‌افزاری است، علاوه بر تحلیل کمی، سعی شده تا اطلاعات کیفی به داده‌های کمی قابل‌اندازه‌گیری تبدیل شود. به این منظور از پرسشنامه‌ای با سؤالات استاندارد که در تحقیقات مشابه قبلی به کار گرفته شده [۲۴] با اندکی تغییر و بومی‌سازی، استفاده شد. در این پرسشنامه، سؤالات استاندارد زیر از کاربران پرسیده شده است:

۱– به نظرم نرم‌افزار بازی–ورزش کاربرپسند است.

۲– به نظرم نرم‌افزار بازی–ورزش بدون دلیل پیچیده است.

۳– استفاده از نرم‌افزار بازی–ورزش آسان بود.

۴– جهت استفاده از آن، به کمک متخصص فنی نیاز داشتم.

۵– شکل برنامه زیبا و کاربرپسند بود.

۶– منوهای برنامه آن‌گونه که انتظار می‌رفت عمل نکردند.

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-07-05]

۷- درک مؤلفه‌ها و اجزای تعامل (کلیدها، منوها و غیره) آسان بود.
۸- پیش از کاربرد نرم‌افزار بازی-ورزش، می‌بایست مطالب بسیاری را می‌آموختم.
۹- هنگامی‌که تمرین توان‌بخشی را انجام می‌دادم، نرم‌افزار بازی ورزش مفید بود.
۱۰- به نظرم نرم‌افزار بازی-ورزش مفید نبود.

در پرسشنامه، به‌طورمعمول یک پرسش با پرسش معکوس پیرامون سوژه مشابه دنبال می‌شود تا نتیجه اثبات و تأیید شود. در این پرسشنامه سؤالات به چهار سطح تقسیم‌شده که طبق جدول ۱ امتیازبندی شده است.

جدول ۱: امتیازبندی پرسشنامه

سؤال	کاملاً موافق	موافق	تا حدی موافق	مخالف
امتیاز	۴	۳	۲	۰

این پرسشنامه بین ۱۰ نفر از داوطلبان از سنین مختلف و سطح تحصیلات متفاوت توزیع شد. انتخاب این تعداد نفر به‌منظور امکان مقایسه با تحقیقات مشابه خارجی می‌باشد. در میان این افراد، از هر سه نمونه توان‌پذیر و کم‌توان، کارشناس و متخصص و افراد عادی به‌عنوان نمونه شاهد انتخاب شدند، که طبیعتاً افراد توان‌پذیر با تحصیلات پایین‌تر و سنین کمتر به‌عنوان نمونه غالب جامعه و افراد متخصص با تحصیلات بالاتر و سنین بیشتر به‌عنوان نمونه غالب کمک کاربر سامانه در نظر گرفته شده‌اند. همچنین انتخاب متخصصین مربوطه امکان ارزیابی و رفع ایرادات و تأیید کارایی سامانه را فراهم کرد.

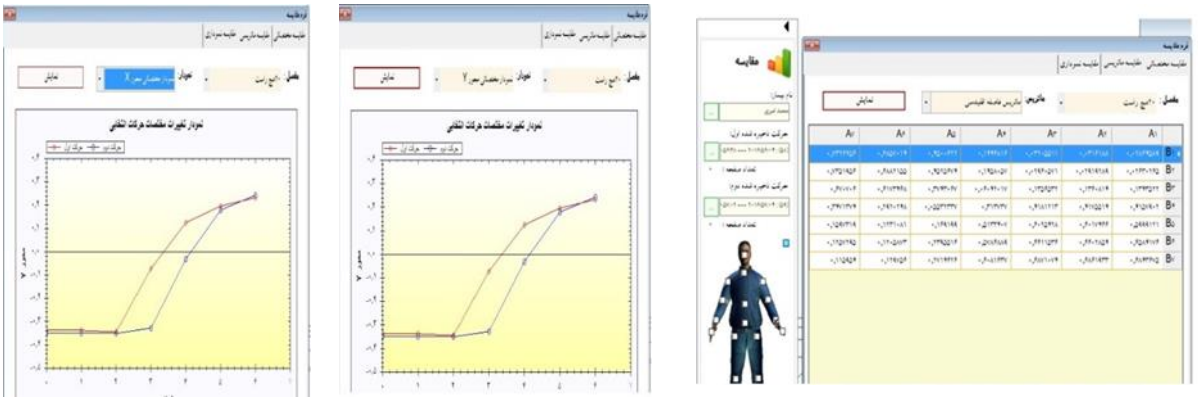
نتایج

جهت تحلیل کمّی، نمونه خروجی نرم‌افزار در تحلیل دو حرکت ذخیره شده قبلی بیمار در شکل ۵ آمده است. بدین‌منظور باید این دو حرکت و مفصلی که قرار است عمل مقایسه بر روی آن انجام شود، انتخاب شوند.

شکل ۵: فرم مقایسه دو حرکت

سپس با انتخاب عمل مقایسه، فرم مقایسه شکل ۶ -الف نشان داده شد که حاوی اطلاعات مقایسه مختصاتی دو حرکت و میزان دقت ردیابی حس‌گر کینکت است. برای سادگی تحلیل، می‌توان این اطلاعات را به صورت نمودارهای گرافیکی در راستای x و y ترسیم کرد (شکل ۶ ب و ج)

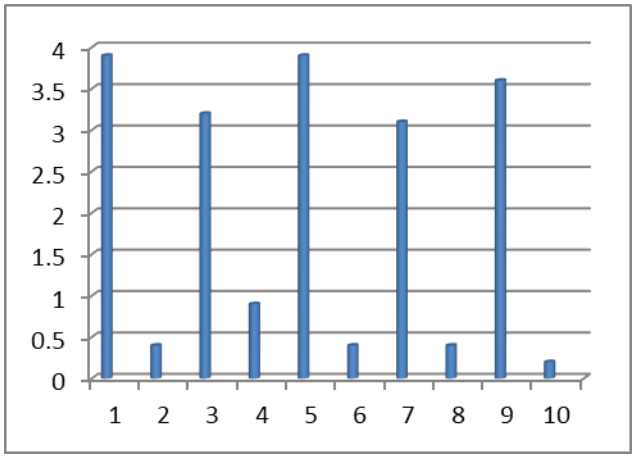
[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-07-05]



(الف) (ب) (ج)

شکل ٦: فاصله اقلیدسی دو حرکت. الف- به صورت ماتریسی، ب- در راستای محور y، ج- در راستای محور x

پس از بررسی کمی سامانه پیاده‌سازی شده، نتایج پرسشنامه که مشخصات آن در بخش قبلی آورده شد نیز در شکل ۷ آورده شده است.



شکل ۷: نتایج پرسشنامه

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه، به معرفی سامانه‌ای جهت کمک به بازتوانی افراد مبتلا به اختلال‌شناختی و سایر اختلالات ذهنی حرکتی با استفاده از حس‌گر کینکت پرداخته شد و پژوهش با هدف کمک به توان‌بخشی از راه دور بیماران در خانه و در مناطق دور از دسترسی به مراکز توان‌بخشی دنبال گردید، که بتوان با استفاده از امکانات مخابراتی و با کمک پزشکی از راه دور امکان ارسال نتایج ردیابی حرکات و تمرین‌های بیماران را به پزشک و متخصص میسر نمود. یکی از اهداف این تحقیق امکان تحلیل حرکات بیماران توسط متخصصین جهت برنامه‌ریزی و اصلاح حرکات بود که در نرم‌افزار طراحی شده این امکان فراهم گردید. کارایی و کیفیت این روش و نرم‌افزار مربوطه بر اساس نمودارها و مقایسه با تحقیقات مشابه قبلی که در آن تأثیر در عملکرد حرکتی، جامعه‌پذیری و شناخت را مورد تأیید قرار داده‌اند و همچنین نظر متخصصین شرکت‌کننده در آزمایش‌های عملی، موردقبول قرار گرفت. همچنین، افزایش کیفیت و اثربخشی این روش که ترکیبی از روش‌های قبلی است هم در مقایسه نموداری و هم ازنظر کاربران و هم ازنظر متخصصین مربوطه مورد تأیید قرار گرفت؛ بنابراین، نرم‌افزار بازی- ورزش مورد تأیید واقع‌شده و به‌عنوان ابزار حمایتی در

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-07-05]

مداخلات درمانی حرکتی و انجام تمرین‌های هماهنگی حرکت عمل می‌کند. استفاده از بحث واقعیت افزوده یعنی اضافه‌کردن افزونه‌های گرافیکی به تصویر بدن کاربر به‌منظور افزایش جذابیت صحنه‌های بازی–ورزش و نیز استفاده از عینک واقعیت مجازی به‌منظور حذف نیاز به مانیتورهای عریض و گران‌قیمت و همچنین استفاده از فنّاوری نوین واقعیت ترکیبی یعنی ایجاد امکان یک محیط تعاملی ترکیبی از آواتار به همراه تصویر واقعی کاربر و ایجاد امکان رقابت و تمرین هم‌زمان بین آن دو، از پیشنهادهای آینده در این طرح می‌باشد.

تعارض منافع

نویسندگان اظهار می‌دارند که با هم هیچ‌گونه تعارض منافعی ندارند.

References

1. Sarsak H. Telerehabilitation services: A successful paradigm for occupational therapy clinical services. International Physical Medicine & Rehabilitation Journal 2020;5(2):93-8. doi:10.15406/ipmrj.2020.05.00237

2. Wen D, Fan Y, Hsu SH, Xu J, Zhou Y, Tao J, et al. Combining brain–computer interface and virtual reality for rehabilitation in neurological diseases: A narrative review. Annals of Physical and Rehabilitation Medicine 2020; 64(1): 101404. https://doi.org/10.1016/j.rehab.2020.03.015

3. World Health Organization (WHO). World report on disability 2011 [cited 2021 Jun 3]. Available from: https://www.who.int/disabilities/world_report/2011/report.pdf

4. Domingo MC. An overview of the Internet of Things for people with disabilities. Journal of Network and Computer Applications 2012;35(2):584-96. https://doi.org/10.1016/j.jnca.2011.10.015

5. Caro K, Tentori M, Martinez-Garcia AI, Zavala-Ibarra I. FroggyBobby: An exergame to support children with motor problems practicing motor coordination exercises during therapeutic interventions. Computers in Human Behavior 2015; 71: 479-98. https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.05.055

6. Gabriele W, Renate S. Work loss following stroke. Disability and Rehabilitation. 2009;31(18):1487-93. https://doi.org/10.1080/09638280802621432

7. Kleim JA, Jones TA, Schallert T. Motor enrichment and the induction of plasticity before or after brain injury. Neurochem Res 2003;28(11):1757-69. doi: 10.1023/a:1026025408742

8. Yim J, Graham TN. Using games to increase exercise motivation. Proceedings of the 2007 Conference On Future Play; 2007 Nov 14; New York: Association for Computing Machinery; 2007. p. 166-73. https://doi.org/10.1145/1328202.1328232

9. Prvu Bettger J, Resnik LJ. Telerehabilitation in the age of COVID-19: an opportunity for learning health system research. Phys Ther 2020;100(11):1913-6. doi: 10.1093/ptj/pzaa151

10. Eslami M, Mokhtarian A, Pirmoradian M, Seifzadeh SA, Rafiaei SM. Designing and Creating a Virtual Reality Environment and a Wearable Glove with Control and Evaluation Capability to Rehabilitate Patients. Journal of Health and Biomedical Informatics 2020;7(2):161-70. [In Persian]

11. Altanis G, Boloudakis M, Retalis S, Nikou N. Children with motor impairments play a kinect learning game: first findings from a pilot case in an authentic classroom environment. Interaction Design and Architecture(s) Journal 2013;19:91-104.

12. Kitsunezaki N, Adachi E, Masuda T, Mizusawa JI. KINECT applications for the physical rehabilitation. International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA); 2013 May 4-5; Gatineau, QC, Canada: IEEE; 2013. p. 294-9. doi: 10.1109/MeMeA.2013.6549755

13. Pedraza-Hueso M, Martín-Calzón S, Díaz-Pernas FJ, Martínez-Zarzuela M. Rehabilitation using kinect-based games and virtual reality. Procedia Computer Science 2015;75:161-8. https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.12.233

14. Zhang Z. Microsoft kinect sensor and its effect. IEEE MultiMedia 2012;19(2):4-10. doi: 10.1109/MMUL.2012.24

15. Wang P, Kreutzer IA, Bjärnemo R, Davies RC. A Web-based cost-effective training tool with possible application to brain injury rehabilitation. Comput Methods Programs Biomed 2004;74(3):235-43. doi: 10.1016/j.cmpb.2003.08.001

16. Chang YJ, Han WY, Tsai YC. A Kinect-based upper limb rehabilitation system to assist people with cerebral palsy. Res Dev Disabil 2013;34(11):3654-9. doi: 10.1016/j.ridd.2013.08.021

17. Mubin O, Alnajjar F, Al Mahmud A, Jishtu N, Alsinglawi B. Exploring serious games for stroke rehabilitation: A scoping review. Disability and Rehabilitation: Assistive Technology 2020:1 https://doi.org/10.1080/17483107.2020.1768309

18. Shahmoradi L, Almasi S, Ahmadi H, Bashiri A, Azadi T, Mirbagherie A, et al. Virtual reality games for rehabilitation of upper extremities in stroke patients. Journal of Bodywork and Movement Therapies 2021;26:113-22. https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2020.10.006

19. Chang Q, Xiong Z. Vision-aware target recognition toward autonomous robot by Kinect sensors. Signal Processing: Image Communication. 2020;84:115810. https://doi.org/10.1016/j.image.2020.115810

20. Oudah M, Al-Naji A, Chahl J. Elderly Care Based on Hand Gestures Using Kinect Sensor. Computers 2021;10(1):5. https://doi.org/10.3390/computers10010005

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-07-05]

21. Gonzalez RC, Woods RE. Digital Image Processing. 3rd ed. United States: Prentice-Hall, Inc.; 2002.
22. Chang YJ, Chen SF, Huang JD. A Kinect-based system for physical rehabilitation: A pilot study for young adults with motor disabilities. Res Dev Disabil 2011;32(6):2566-70. doi: 10.1016/j.ridd.2011.07.002
23. Tannous H, Istrate D, Tho MH, Dao TT. Feasibility study of a serious game based on Kinect system for functional rehabilitation of the lower limbs. European Research in Telemedicine/La Recherche Européenne en Télémédecine. 2016;5(3):97-104. https://doi.org/10.1016/j.eurtel.2016.05.004
24. Su CJ, Chiang CY, Huang JY. Kinect-enabled home-based rehabilitation system using Dynamic Time Warping and fuzzy logic. Applied Soft Computing 2014;22:652-66. https://doi.org/10.1016/j.asoc.2014.04.020
25. Zhou H, Hu H. Human motion tracking for rehabilitation—A survey. Biomedical Signal Processing and Control 2008;3(1):1-18. https://doi.org/10.1016/j.bspc.2007.09.001
26. Helten T, Muller M, Seidel HP, Theobalt C. Real-time body tracking with one depth camera and inertial sensors. IEEE International Conference on Computer Vision; 2013 1-8 Dec; Sydney, NSW, Australia: IEEE; 2013. p. 1105-12. doi: 10.1109/ICCV.2013.141

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-07-05]

Original Article

Journal of Health and Biomedical Informatics
Medical Informatics Research Center
2021; 8(1):94-104

Design and Implementation of an Exergame Using Image Processing Techniques for Telerehabilitation of Patients with Physical Disabilities

Parvin Alireza[1], Nasri Mehdi[2]*, Eslami Majid[3]

• **Received:** 2 Mar 2021 • **Accepted:** 25 May 2021

Introduction: In recent years, due to physical problems of patients or restrictions on social interactions in COVID-19 pandemic, telerehabilitation based on virtual reality (VR) attracted the attention of many researchers.
Method: In this applied research, a Kinect sensor and an image processing software were used to design and implement a motion simulator for rehabilitation of patients with physical problems in upper or lower limb. To do this, the patient was supposed to touch or catch moving objects such as a bee. The movement of objects was based on physician's decision and while comparing patients' movements with reference ones in the designed system, the patient was encouraged to correct his/her movements to finally be able to do them in the desired manner. In the designed system, it is possible to monitor the patient' movements outside the clinical environment and based on telerehabilitation.
Results: The efficiency of the designed system in patients with physical disabilities was investigated based on quantitative analysis (via motion charts) and qualitative analysis (through questionnaire).
Conclusion: The results showed the high efficiency of this system in analysis of patients' movements (through comparing it with reference ones), and the possibility to practically use it in rehabilitation centers especially in recent situation of covid-19 pandemic

Keywords: Virtual Reality, Telerehabilitation, Image Processing, Exergame

• **Citation:** Parvin A, Nasri M, Eslami M. Design and Implementation of an Exergame Using Image Processing Techniques for Telerehabilitation of Patients with Physical Disabilities. Journal of Health and Biomedical Informatics 2021; 8(1): 94-104. [In Persain]

1. M.Sc. in Electrical Engineering, Electrical Engineering Dept., Sirjan Branch, Islamic Azad University, Sirjan, Iran
2. Assistant Professor, Biomedical Engineering Dept., Khomeinishahr Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran
3. Ph.D. in Mechanical Engineering, Biomedical Engineering Dept., Khomeinishahr Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

***Corresponding Author:** Mehdi Nasri
Address: Faculty of Engineering, Khomeinishahr Branch, Islamic Azad University, Daneshjoo Blvd., Manzarieh, Khomeinishahr, Isfahan, Iran
• **Tel:** 031-33660011 • **Email:** nasri_me@iaukhsh.ac.ir

[Downloaded from jhbmi.ir on 2026-07-05]