مقاله پژوهشی

مجله انفورماتیک سلامت و زیست پزشکی
مرکز تحقیقات انفورماتیک پزشکی
دوره هفتم شماره سوم. ص ۳۰۳-۲۹۳، ۱۳۹۹

بررسی تأثیر به‌کارگیری محیط واقعیت مجازی و تابلو کنترل هوشمند بر توانبخشی بالاتنه

مجید اسلامی[۱]، مصطفی پیرمرادیان[۲]*، علی مختاریان[۳]، سیدعلیرضا سیف‌زاده[۴]، سیدمسعود رفیعائی[۵]

• دریافت مقاله: ۹۸/۸/۱۸ • پذیرش مقاله: ۹۸/۱۰/۲۱

مقدمه: کاردرمانی و انجام تمرینات حرکتی خاص یکی از فرآیندهای بهبود در افراد آسیب دیده است که پس از تجویز پزشک، بایستی بیماران نیازمند این روش درمانی را دنبال نمایند. هدف از این پژوهش ارزیابی تأثیر استفاده از محیط واقعیت مجازی (Virtual reality) و تعامل با تجهیزات سخت‌افزاری طراحی شده بر درمان و توانبخشی بیماران دچار آسیب در ناحیه بالاتنه می‌باشد.

روش: در این پژوهش، فرآیند طراحی و ساخت شامل دو بخش نرم‌افزار و سخت‌افزار است. در بخش نرم‌افزار به منظور دسترسی به محیط واقعیت مجازی تحت سیستم عامل ویندوز محیط واقعیت مجازی طراحی و کدهای لازم نوشته شد و سپس ارتباط با بخش سخت‌افزار و میکروکنترلر موجود در برد آردوینو (Arduino) فراهم گردید تا بتوان فرامین صادر شده از جعبه فرمان را به محیط واقعیت مجازی صادر کرد و متناسب با اندازه حرکت موس، حرکتی در محیط مجازی داشت.

نتایج: با توجه به ماهیت پژوهش، به‌منظور ارزیابی نرم‌افزار از معیار مارتیلا و جیمز استفاده شد. هم‌چنین به‌منظور اندازه‌گیری تأثیر این روش در کاهش سطح درد بیمار از مقیاس عددی نرخ‌بندی درد (Numeric Pain Rating Scale) استفاده گردید و عملکرد محیط واقعیت مجازی در کاهش سطح درد مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان می‌دهد که استفاده از واقعیت مجازی در توانبخشی، با توجه به نوع گرافیک ارائه شده و سخت‌افزار طراحی شده، علاوه بر این‌که سبب کاهش زمان درمان و سطح درد می‌شود، به ترغیب بیمار در استفاده از نرم‌افزار و ادامه فعالیت در مکانی غیر از کلینیک نیز می‌انجامد.

کلید واژه‌ها: واقعیت مجازی، توانبخشی، کاردرمانی، آردوینو، گرافیک رایانه‌ای

•ارجاع: اسلامی مجید، پیرمرادیان مصطفی، مختاریان علی، سیف‌زاده سیدعلیرضا، رفیعائی سیدمسعود. بررسی تأثیر به‌کارگیری محیط واقعیت مجازی و تابلو کنترل هوشمند بر توانبخشی بالاتنه. مجله انفورماتیک سلامت و زیست‌پزشکی ۱۳۹۹؛ ۷(۳): ۳۰۳-۲۹۳.

۱. دانشجوی دکتری تخصصی مکانیک، گروه مکانیک، واحد خمینی‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، خمینی‌شهر، اصفهان، ایران
۲. دکتری تخصصی مهندسی مکانیک، استادیار، گروه مکانیک، واحد خمینی‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، خمینی‌شهر، اصفهان، ایران
۳. دکتری تخصصی مهندسی مکانیک، استادیار، گروه مکانیک، واحد خمینی‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، خمینی‌شهر، اصفهان، ایران
۴. دکتری تخصصی مهندسی مکانیک (بیومکانیک)، استادیار، گروه مهندسی پزشکی، واحد خمینی‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، خمینی‌شهر، اصفهان، ایران
۵. دکتری تخصصی ارتز و پروتز، استادیار، گروه اعضاء مصنوعی و وسایل کمکی، دانشگاه علوم پزشکی، اصفهان، ایران

*** نویسنده مسئول:** مصطفی پیرمرادیان
آدرس: دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی‌شهر، گروه مکانیک
• شماره تماس: ۰۳۱۳۳۶۶۰۰۱۲
• Email: pirmoradian@iaukhsh.ac.ir

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]

مقدمه

یکی از معضلاتی که در اثر وقوع حوادثی از جمله سکته مغزی و آتروفی عضلانی (Muscular atrophy) و یا تصادفات و صدمات ناشی از محیط کاری، باعث ایجاد آسیب حرکتی و حتی روحی بر روی بیمار می‌شود، ناتوانی و یا کاهش توان حرکتی در بخش بالاتنه است. این صدمات می‌تواند در زندگی روزانه بیمار و انجام نیازهای اولیه نیز مؤثر واقع شود. از جمله معضلات بیماران نیازمند توانبخشی انجام تمریناتی است که با تجویز پزشک بایستی برای بازتوانی توان حرکتی اولیه دنبال شود و طی چندین جلسه انجام گردد. این تمرینات در روش‌های سنتی گاهی اوقات با مشکلاتی از جمله درد یا حتی اختلالات روحی همراه هست که باعث می‌شود بیمار از ادامه تمرینات منصرف شده یا با رغبت لازم تمرینات را دنبال ننماید [۱]. در سال‌های اخیر، پژوهشگران تلاش زیادی در عرصه رباتیک و واقعیت مجازی جهت ساخت ربات‌های توانبخشی [۲] با قابلیت انجام کاردرمانی و تمرینات مورد نیاز در محیط واقعیت مجازی انجام داده و نشان داده‌اند که واقعیت مجازی به‌طور ذاتی چه تأثیری بر فرآیند درمان دارد [۳]. واقعیت مجازی به معنای واقعی خود، تکنولوژی است که اجازه می‌دهد انسان با یک محیط شبیه‌سازی شده رایانه‌ای ارتباط برقرار کند [۴] که شروع تکامل آن را می‌توان به انتهای قرن بیستم و هم‌زمان با ورود انواع پروسسورها و پردازشگرهای رایانه‌ای ارتباط داد [۵]. استفاده از واقعیت مجازی در شاخه‌های گوناگون علوم و به‌خصوص علم روان‌پزشکی به‌عنوان یک ابزار در کنار پزشک جهت درمان و کمک به بیماران دچار عارضه فوبیا، توانست نقش بسزایی در روند بهبود بیماران داشته باشد که این موضوع توسط Horváthová و همکاران مورد ارزیابی و استفاده قرار گرفت [۶]. هم‌چنین در درمان و بهبود مبتلایان به عارضه اوتیسم این روش به‌عنوان یک ابزار کمک درمانی توانست نقش مناسب و اثر قابل‌توجهی در درمان بیماران داشته باشد که این موضوع توسط Bellani و همکاران مورد تأیید قرار گرفت [۷]. در کنار این پژوهش‌ها، این دانش نوین در حوزه توانبخشی توسط Lucca استفاده شده است و به تأثیر شگفت‌انگیز و موفقیت‌آمیز آن در روند بهبود و درمان بیماران مبتلا به سکته مغزی اشاره شده است [۸].

ترکیب ربات و واقعیت مجازی به‌عنوان یک دستاورد کاربردی و علمی در توانبخشی بیماران در بخش بالاتنه، تجربه کاری چندین گروه تحقیقاتی است. در این خصوص Rose و همکاران نشان دادند که واقعیت مجازی می‌تواند بر کاهش طول دوره درمان مؤثر واقع شود [۹]. همچنین تلاش Boian و همکاران در استفاده از محیط واقعیت مجازی در فرآیند درمان و توانبخشی دست بیماران با استفاده از سنسورهای لمسی به‌صورت دستکش پوشیدنی و تشخیص حرکات انگشتان دست و اجرای فرمان‌ها در محیط مجازی بسیار کاربردی ارزیابی شد [۱۰]. شاید بتوان در کنار اصطلاح علمی و دو طرفه ربات با واقعیت مجازی از تجهیزات گرافیکی دیگری نام برد که به اصطلاح، بازی درمانی گرافیکی نامیده می‌شوند. این موضوع در برخی از پژوهش‌ها از جمله تحقیقات Nef و همکاران نیز استفاده شده است [۱]. آن‌ها از ترکیب ربات پوشیدنی و بازی درمانی در فرآیند توانبخشی بیماران دچار سکته مغزی استفاده نموده و از سه روش در درمان استفاده کردند. یکی از این روش‌ها، بهره‌برداری از بازی درمانی در فرآیند توانبخشی بود و بنابر ادعای طراحان آن، این روش در بهبود بیماران مناسب ارزیابی شد. اهمیت استفاده از واقعیت مجازی جهت توانبخشی و کمک به بیماران دچار عارضه سکته مغزی به این دلیل است که یکی از سه عامل اصلی مرگ‌ومیر و ناتوانی در دنیا سکته مغزی است [۱۲]. این عامل باعث شد تا Krabben و همکاران بتوانند در روش درمان خود از بازی درمانی به‌صورت گرافیک رایانه‌ای بهره‌برداری نموده و از قابلیت‌های ویژه این تکنولوژی نوین در بهبود شرایط درمان بیماران استفاده کنند [۱۳]. جهت انجام پژوهش در زمینه به‌کارگیری واقعیت مجازی بر توانبخشی بایستی از یک پردازنده الکترونیکی برای دسترسی سخت‌افزاری به نرم‌افزار استفاده نمود که در بیشتر تحقیقات دانشگاهی از برد آردینو استفاده می‌شود. در پژوهش انجام شده Herianto و همکاران از آردینو در مدل‌سازی و طراحی و کنترل ربات توانبخشی استفاده شد [۱۴]. نیاز به بهره‌برداری از تکنولوژی و فناوری نوینی چون واقعیت مجازی به‌خصوص برای طیفی از بیماران که در ناحیه بالاتنه یا حرکات دست خود دچار عارضه ناتوانی شده‌اند باعث شد تا فرآیند پژوهش حاضر اجراء گردد و شرایط استفاده از واقعیت مجازی به صورت نرم‌افزاری با قابلیت تعامل بیمار و نرم‌افزار فراهم گردد.

هدف از اجرای پژوهش حاضر استفاده از واقعیت مجازی به‌عنوان یک تکنولوژی جدید جهت کمک به بیماران نیازمند در بخش توانبخشی بالاتنه جهت بازتوانی و توانبخشی در ناحیه دست می‌باشد. نوآوری و مزایای این پژوهش شامل طراحی محیط مجازی و دست‌یابی به این تکنولوژی نوین با توجه به نوع فعالیت‌ها و تمرینات کلینیکی توسط پزشکان متخصص

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]

داخلی در درون کشور و طراحی و ساخت مدارات کنترل و فرمان هوشمند جهت دسترسی سریع‌تر پزشک به نرم‌افزار است. با توجه به بررسی انجام شده، از نظر سطح رضایت‌مندی پس از طراحی محیط واقعیت مجازی و ساخت تابلوی کنترل و فرمان، این پژوهش می‌تواند در ترغیب بیمار به ادامه فرآیند درمان مفید واقع گردد و به نوعی باعث بازگشت سریع‌تر بیمار به شرایط عادی زندگی شود.

روش

بر اساس مطالعات انجام شده و ارزیابی‌های علمی، آن‌چه که در طراحی محیط مجازی جهت استفاده بیماران از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است طراحی گرافیک مناسب و متناسب با شرایط واقعی و ساخت تجهیزات سخت‌افزاری جهت ارسال و دریافت داده‌های محیط مجازی به محیط واقعی است. برای این منظور مدل‌ها پس از بررسی تحت نظارت و نظر پزشک، با ابعاد و مشخصات نزدیک به واقعیت در نرم‌افزار 3DMAX طراحی و سپس وارد محیط یونیتی (Unity) گردید. در این نرم‌افزار با کدنویسی شرایط حرکتی و ارتباطی مدل‌ها جهت تغییر و جابه‌جایی و داشتن شرایط فیزیکی نزدیک به واقعیت فراهم شد. به‌منظور سهولت در استفاده و ارتباط سخت‌افزاری می‌توان از بردهای آردوینو (Arduino) که دارای یک ساختار منبع باز (Open source) است، بهره گرفت و با برنامه‌نویسی جهت این سخت‌افزار، از طریق پایه‌ها و درگاه‌های ارتباطی به تجهیزات دیگر از جمله ربات یا هر نوع وسیله حرکتی دیگر متصل شده و فرامین را صادر و آن را تحت کنترل و نظارت قرار داد. جهت شروع هر طرح در حیطه واقعیت مجازی، بایستی چندین موضوع مهم را مورد نظر قرار داد و بر اساس این اصول خاص، ایده و طرح را جلو برد.

۱–طراحی سناریوی درمانی با نظر پزشک متخصص

۲–طراحی مدل‌های سه‌بعدی در نرم‌افزار، با توجه به نوع سناریو

۳– وارد نمودن مدل‌های سه‌بعدی به نرم‌افزار یونیتی

۴– کدنویسی در محیط برنامه‌نویسی نرم‌افزار یونیتی

۵–استخراج فایل اجرایی با توجه به نوع سخت‌افزار و محیط اجرایی نرم‌افزار (اندروید – ویندوز)

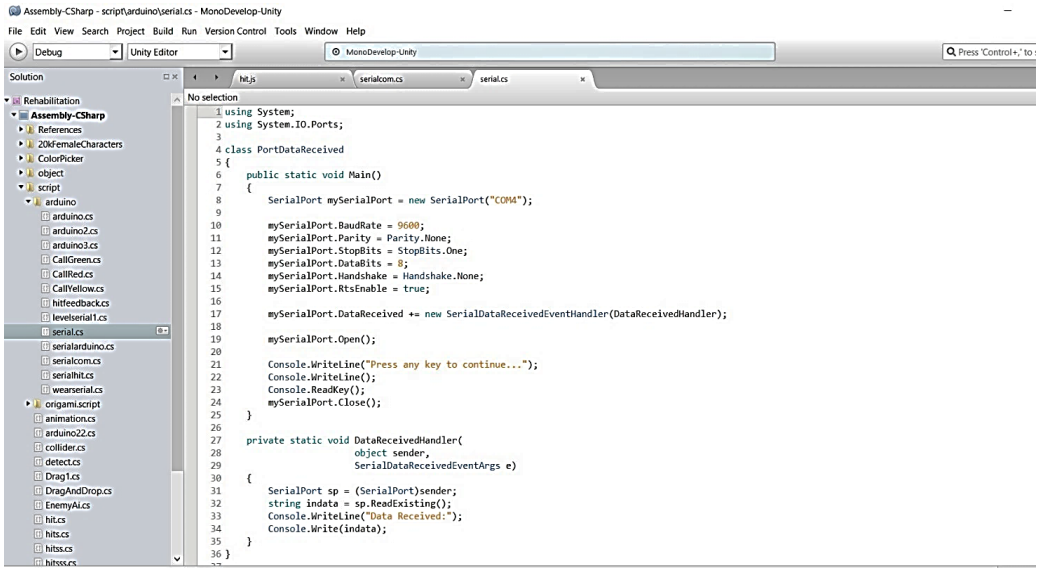
پس از طراحی محیط مجازی و وارد نمودن مدل‌های طراحی شده به محیط نرم‌افزار، کدهای اجرایی به زبان‌های سی‌شارپ (C#) نوشته شد و در نهایت فایل اجرایی نرم‌افزار با توجه به نوع سخت‌افزار آماده بهره‌برداری کاربر شد. در پژوهش حاضر، نرم‌افزار تحت سیستم عامل ویندوز و بر روی رایانه همراه اجرا گردید. نرم‌افزار یونیتی با قابلیت‌های ویژه خود از جمله بهره‌گیری از الگوریتم‌های هوش‌مصنوعی و نیز استفاده از شرایط ویژه فیزیکی خاص از جمله ایجاد تأثیرات جاذبه زمین بر روی یک جسم یا تعریف وزن یا اسم و یا هر نوع مشخصه خاص خود می‌تواند در تعریف یک محیط واقعیت مجازی نقش بسزایی داشته باشد. هم‌چنین از قابلیت‌های دیگر این نرم‌افزار می‌توان به امکان تعریف برخوردهای فیزیکی اشاره کرد که می‌تواند با توجه به حرکت دادن هر شی در محیط مجازی، واکنش ویژه‌ای را در خروجی سیستم تعریف نماید. محیط واقعیت مجازی طراحی شده، قابل اتصال به انواع بردها و سخت‌افزارهای الکترونیکی از طریق پورت‌های مختلف می‌باشد که می‌توان با برنامه‌نویسی در محیط نرم‌افزار، یک سخت‌افزار را از طریق پورت سریال تحت کنترل درآورد. با توجه به نوع پژوهش، سناریوی استفاده شده شامل طراحی اشیاء و یک محیط کلینیکی است که هدف از طراحی آن (محیط کلینیکی)، نزدیک بودن شرایط گرافیکی محیط به واقعیت، جهت ایجاد جاذبه گرافیکی برای کاربر است. اشیاء طراحی شده توسط نرم‌افزار تری‌دی‌مکس (3DMAX) شامل لیوان، توپ و یک وزنه است که در ابتدای اجرای برنامه درمحیط حضور ندارند و کاربر بایستی در این محیط با کمک فرامین کیبورد رایانه یا پنل کنترل اقدام به وارد نمودن این اشیاء در محیط واقعیت مجازی نماید. سپس فرآیند به گونه‌ای است که در این محیط پس از کلیک بر روی موس، هر شی به دست مجازی موجود در محیط واقعیت مجازی اتصال پیدا کرده و کاربر با کمک موس رایانه اقدام به جابه‌جایی دست و در نهایت اشیاء و قرار دادن آن‌ها در محل طبقات موجود در محیط واقعیت مجازی نماید. میزان جابه‌جایی و سطح حرکت موس می‌تواند با تغییرات در محیط تنظیمات اندازه حرکت موس (تنظیمات محیط ویندوز) تغییر کند بدین معنی که می‌توان سطح جابه‌جایی دست کاربر را جهت جابه‌جا نمودن یک شی در محیط مجازی در اختیار داشت و با این روش نسبت به سطح توانمندی کاربر، این تنظیمات را اعمال نمود. نمونه محیط طراحی شده توسط این نرم‌افزار جهت اجرای فرآیند توانبخشی بالاتنه در شکل ۱ نشان داده شده است.

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]



شکل ۱: محیط طراحی شده واقعیت مجازی جهت اجرای توانبخشی

تعریف درگاه ارتباطی در نرم‌افزار یونیتی باعث شد که بتوان اتصال این نرم‌افزار را با سخت‌افزار در نظر گرفته شده برقرار نمود و فرامین را به‌طور دوطرفه بین سخت‌افزار و نرم‌افزار ارسال نمود که نمونه کد نوشته شده در محیط یونیتی جهت تعریف درگاه ارتباطی در شکل ۲ نشان داده شده است.



```
using System;
using System.IO.Ports;

class PortDataReceived
{
    public static void Main()
    {
        SerialPort mySerialPort = new SerialPort("COM4");

        mySerialPort.BaudRate = 9600;
        mySerialPort.Parity = Parity.None;
        mySerialPort.StopBits = StopBits.One;
        mySerialPort.DataBits = 8;
        mySerialPort.Handshake = Handshake.None;
        mySerialPort.RtsEnable = true;

        mySerialPort.DataReceived += new SerialDataReceivedEventHandler(DataReceivedHandler);

        mySerialPort.Open();

        Console.WriteLine("Press any key to continue...");
        Console.WriteLine();
        Console.ReadKey();
        mySerialPort.Close();
    }

    private static void DataReceivedHandler(
                        object sender,
                        SerialDataReceivedEventArgs e)
    {
        SerialPort sp = (SerialPort)sender;
        string indata = sp.ReadExisting();
        Console.WriteLine("Data Received:");
        Console.Write(indata);
    }
}
```

شکل ۲: نمونه کد نوشته شده جهت ارتباط بین سخت‌افزار و نرم‌افزار در محیط یونیتی

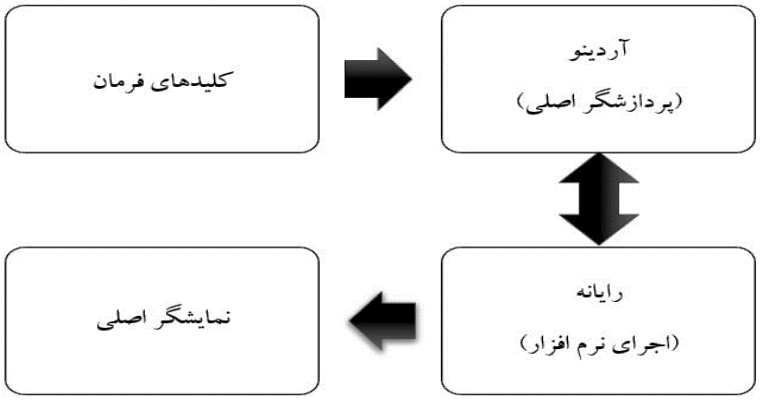
همچنین با کدنویسی در محیط نرم‌افزار یونیتی و آردوینو امکان تغییر زوایای دوربین‌ها و روشن و خاموش نمودن نور محیط توسط تابلو کنترل و یا صفحه کلید رایانه فراهم گردید و با نوشتن کدهای مناسب کنترل یک رایانه از طریق برد آردوینو در اختیار کاربر یا پزشک قرار داده شد. این تابلو به‌منظور سهولت در دسترسی پزشک و کاربر به فرامین جهت اتصال به رایانه طراحی شده است تا بتوانند با فشردن تنها یک کلید به‌راحتی به محیط نرم‌افزار دسترسی داشته باشند. تابلو طراحی شده در شکل ۳ نشان داده شده است.

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]



شکل ۳: تابلوی کنترل طراحی شده

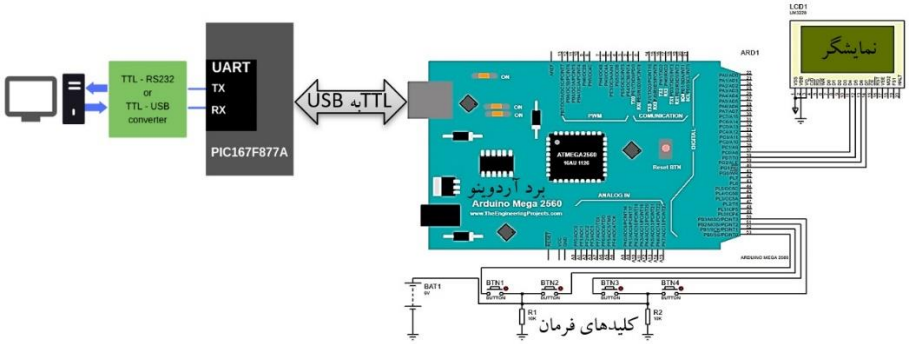
همان‌گونه که بیان شد جهت برقراری اتصالات و اجرای فرامین از برد الکترونیکی آردوینو مدل MEGA2560 استفاده شد. این برد قابلیت اتصال تمامی سنسورهای اندازه‌گیری و تشخیص حرکت یا دما یا انواع کلیدها را دارد و در اجرای فرمان کاربر جهت اتصال به رایانه بسیار کاربردی محسوب می‌گردد. این برد دارای پایه‌های ورودی اطلاعات جهت اتصال به هرگونه کلید یا فرامین خارجی بوده و همچنین از پایه‌های خروجی جهت اتصال به انواع نمایشگر یا رله برخوردار است که با برنامه‌نویسی می‌توان بسته به نوع پژوهش از این پایه‌ها استفاده نمود که در پژوهش حاضر از پایه‌های ورودی برد جهت اتصال به کلیدهای فشاری استفاده گردید و پایه‌های خروجی نیز به نمایشگر گرافیکی متصل شد. همچنین از خروجی سریال این برد برای اتصال پنل به رایانه برای ارسال فرامین و اجرای برنامه متناسب با هر فرمان بهره‌برداری گردید. کدهای مورد نیاز و فرامین لازم در بردهای آردوینو که دارای یک محیط نرم‌افزاری جهت دسترسی به پایه‌های پردازشگر است، نوشته شد و کلیدها با توجه به نوع پایه و شماره آن تعریف گردید. پس از برنامه‌نویسی در این محیط سخت‌افزاری نیاز به ارتباط بین رایانه و برد الکترونیکی است که با توجه به این که فاصله می‌تواند در اُفت ولتاژ مؤثر باشد از روش سریال استفاده شد تا بتوان تابلو را از فاصله چندمتری نیز کنترل نمود. به‌طورکلی دستگاه از یک برد آردینو تشکیل شده است که ساختار این برد نیز داری یک پردازنده اصلی است که به کمک برنامه واسط آن می‌توان به پایه‌های ورودی و خروجی آن دسترسی داشت و بنابر نیاز از این پایه‌ها برای فرمان یا کنترل استفاده نمود. در فرآیند ساخت با برنامه‌نویسی که در محیط نرم‌افزار آردینو نوشته شد کلیدهای کنترل و فرمان به‌گونه‌ای تعریف شدند که با فشار بر روی هر کلید فرامین لازم از طریق پورت سریال به رایانه جهت اجرای دستورات لازم در محیط واقعیت مجازی صادر شد. در شکل ۴ نمودار جعبه‌ای ساختار اجرای فرمان از آردینو به رایانه نشان داده شده است.



شکل ۴: نمودار جعبه‌ای کنترل و فرمان نرم‌افزار به‌صورت گرافیکی

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]

هم‌چنین شماتیک و مدار الکترونیکی جعبه کنترل و فرمان که با استفاده از برد آردوینو طراحی و برنامه‌نویسی شده است در شکل ۵ نشان داده شده است که در این مدار ساختار مدار فرمان جهت اجرای فرامین کاربردی از پنل کنترل به رایانه جهت اجرای فرمانی متناسب در محیط واقعیت مجازی مشخص شده است که با توجه به سطح ولتاژ و فاصله پنل کنترل تا رایانه از یک مبدل تی‌تی‌ال (TTL) به یواس‌بی (USB) جهت دسترسی سریع‌تر نیز استفاده گردید که وظیفه این مبدل به بیان ساده ارتباط رایانه با آردوینو از طریق پورت یواس‌بی است.



شکل ۵: شماتیک مدار فرمان و کنترل

پس از طراحی مدارالکترونیکی و محیط مجازی، با نظر پزشک متخصص، تجهیزات جهت استفاده بیمار با کمک موس رایانه فراهم شد. در پژوهش حاضر، موس توسط بیمار با جابه‌جایی محدود دست و فشار کلیدهای حرکتی و ترکیبی فرامین لازم را صادر می‌کند. در این روش با محدودسازی یا تغییر اندازه جابه‌جایی موس در بخش تنظیمات رایانه میزان جابه‌جایی یا حرکت دست بیمار، کنترل و بر آن نظارت شد. با توجه به ماهیت حرکتی و نیاز به توانمندی حرکت دادن موس توسط بیمار، آن دسته از بیمارانی می‌توانند از پژوهش طراحی شده استفاده نمایند که توانمندی حداقلی برای در دست گرفتن موس رایانه را داشته باشند و انگشتان دست بیمار دچار اسپاسم (Spasm) یا هر نوع تغییر حالت نشده باشد.

به‌منظور ارزیابی سطح توانمندی حرکتی بیمار در مراحل ابتدایی استفاده از این روش درمانی، می‌توان از معیار باردل (Barthel Index) [۱۵] و تست‌های واکنش زمانی – حرکتی (Wolf Motor Function Test) [۱۶] و دستورالعمل جعبه و بلوک (Box and Block Test) [۱۷] استفاده نمود. با انجام تست و ارزیابی سامانه طراحی شده بر روی تعداد ۵ بیمار طی ۱۰ جلسه درمانی و تحت نظارت پزشک متخصص، نتایج مطلوبی از رضایت‌مندی بیماران هم از لحاظ کاهش سطح درد بر اساس معیار NRS (Numeric Rating Scale) و هم از نظر افزایش سطح رغبت به ادامه فرآیند درمان بر اساس معیار مارتیلا و جیمز حاصل شد.

نتایج

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که استفاده از واقعیت مجازی در امر توانبخشی بیماران با مشکل حرکتی بالاتنه، به نوع چارچوب ارائه شده توسط پزشک و تطابق محیط گرافیکی طراحی شده با محیط واقعی و تابلو طراحی شده بستگی دارد. سادگی در استفاده کاربری و طراحی محیط گرافیکی روان و جذابیت محیطی موجود از تفاوت‌های اساسی این پژوهش با سایر پژوهش‌های انجام شده است که باعث می‌شود بتوان شرایط توانبخشی را در مکانی غیر از کلینیک دنبال نمود. نتایج اساسی به دست آمده در فرآیند طراحی و اجراء شامل بخش‌های زیر می‌باشد:

۱- طراحی سناریو یکی از اصول اساسی در محیط واقعیت مجازی است به‌ویژه وقتی این محیط برای شرایط خاص پزشکی تعریف و اجراء می‌گردد چرا که نداشتن سناریو به معنی شروع و انتهای کار و نحوه عمل، ممکن است باعث آسیب جدی در فرآیند توانبخشی شود.

۲- وجود مدل‌های سه‌بعدی با مشابهت بالا می‌تواند در نوع بازخورد مؤثر باشد چرا که در جذابیت کار و عملکرد کاربر تأثیر دارد.

۳- نحوه کدنویسی و ساخت ابزار کاربری (Graphical User Interface)GUI مهم بوده و در استفاده سریع‌تر کاربر به‌خصوص با هدف خاص تعریف شده جهت استفاده از

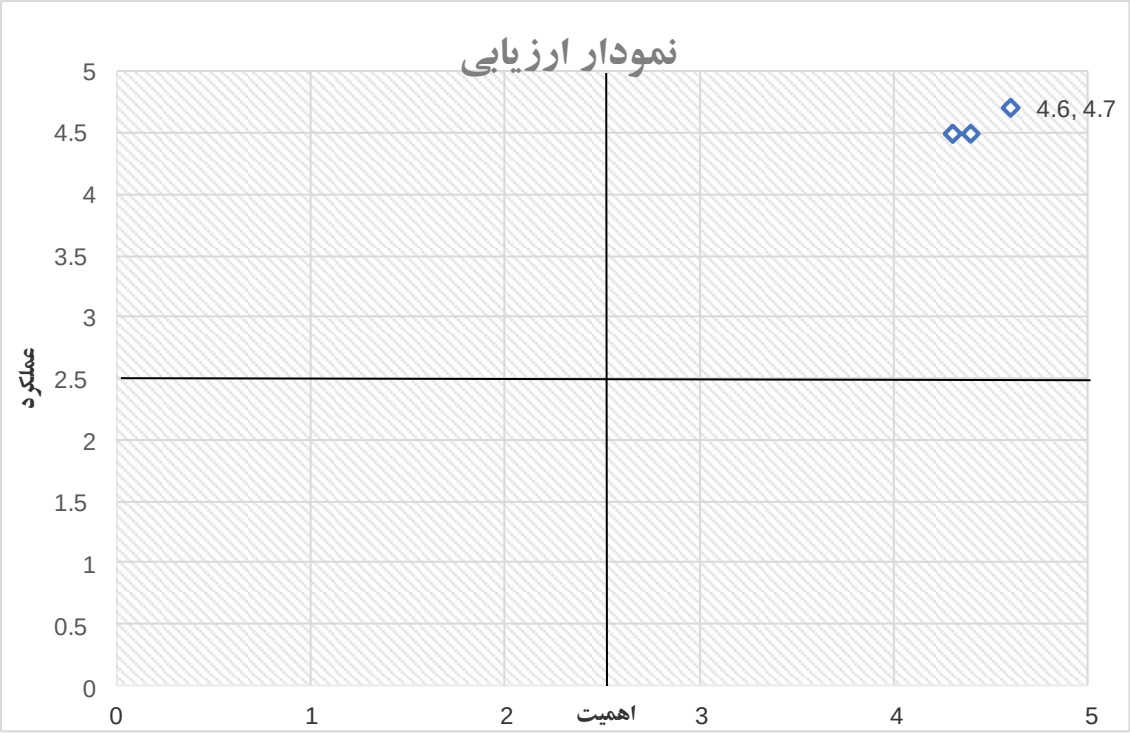
[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]

واقعیت مجازی در مکانی غیر از کلینیک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

۴- سخت‌افزار استفاده شده و پروتکل ارتباطی مهم بوده و تأخیرات موجود در محیط برنامه‌نویسی آردوینو به‌دلیل ارتباط با محیط واقعیت مجازی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

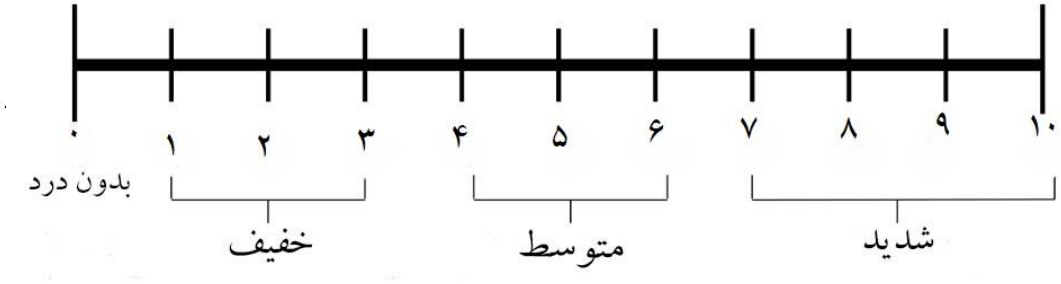
آزمایش و ارزیابی نرم‌افزار و تابلو کنترل، یا سخت‌افزار طراحی شده در یکی از کلینیک‌های تخصصی و تحت نظارت پزشک طی ۱۰ جلسه و بر اساس معیار مارتیلا و جیمز [۱۸] مورد بررسی و سنجش قرار گرفت و نتایج در میزان مؤثر بودن نرم‌افزار و تأثیر آن بر شرایط روحی بیمار ارزیابی و شکل ۳ با تست بر روی ۵ بیمار، از نمره پایه ۵ به دست آمد. با توجه به بررسی انجام شده و نظرسنجی از بیمار این روش درمانی از نظر روحی به‌دلیل جذابیت گرافیکی موجود در ساختار تجهیزات واقعیت مجازی و نوع تصاویر ارائه شده مناسب ارزیابی شد و در ترغیب بیمار به ادامه فرآیند درمان و حتی کاهش سطح درد مفید واقع گردید. برای ارزیابی سطح درد در بیمار معمولاً از مقیاس NRS استفاده می‌شود (شکل ۵) که در ارزیابی انجام شده ، بیمار به سطح درد خود یک شماره از ۰ تا ۱۰ اختصاص داد که نتایج، نشان دهنده وضعیت مطلوب سیستم و کاهش نسبی سطح درد بیمار بود (شکل ۶).

برای ارزیابی کیفیت خدمات با توجه به این که در تجهیزات ارائه شده از ساختار واقعیت مجازی استفاده شده است و به نوعی خدمات به بیمار ارائه می‌شود بهترین معیار برای ارزشیابی خدمات ارائه شده، معیار مارتیلا و جمیز می‌باشد که در این نوع از ارزیابی سطح رضایت‌مندی بیمار از خدمات ارائه شده مورد سنجش قرار می‌گیرد و همان‌گونه که بیان شد در انتخاب نوع بیمار با توجه به این که بایستی حداقل توانمندی جهت به‌کارگیری موس رایانه وجود داشته باشد، طیف خاصی از بیماران که در این سطح توانمندی قرار دارند انتخاب و مورد ارزیابی قرار گرفتند. در معیار مارتیلا و جیمز چهار ناحیه مجزا وجود دارد که ناحیه اول دارای رضایت و اهمیت بالا و ناحیه دوم شامل رضایت کم و اهمیت زیاد است. ناحیه سوم نیز اهمیت کم و رضایت کم و در نهایت ناحیه چهارم اهمیت کم و رضایت زیاد را شامل می‌شود. بر اساس این معیار می‌توان میزان رضایت بیمار از کاربردی بودن محصول و خدمات ارائه شده را سنجید و ادامه دادن فرآیند درمان یا چشم‌پوشی از این روش درمانی را مورد ارزیابی قرار داد.

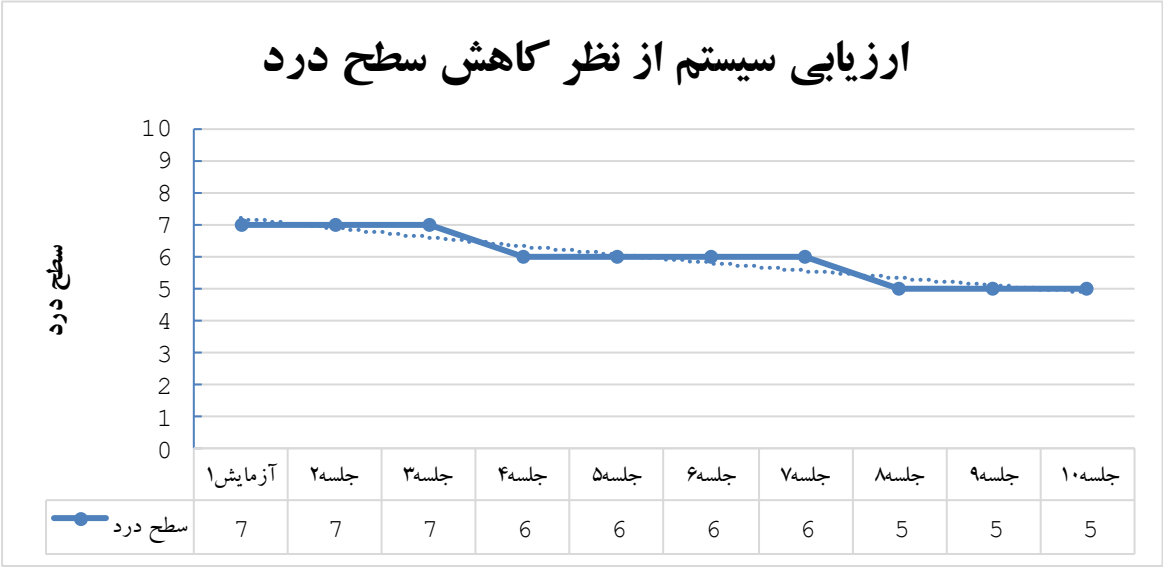


شکل ۶: نمودار ارزیابی سطح رضایت‌مندی بیمار

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]



شکل ۷: الگوی ارزیابی سطح درد بیمار



شکل ۸: نتایج ارزیابی سطح درد بیمار

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه به بررسی تأثیر به‌کارگیری محیط واقعیت مجازی و تابلو کنترل هوشمند بر توانبخشی بالاتنه پرداخته شد. این پژوهش در دو حوزه فناورانه با سایر پژوهش‌های انجام شده متفاوت می‌باشد.

۱- طراحی محیط گرافیکی در فناوری واقعیت مجازی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است چراکه شرایط گرافیکیِ نزدیک به محیط اجتماعی و فرهنگی و بومی در محصولاتی که کاربر با تصویر بایستی روبه‌رو شود از جنبه روانی پژوهش بسیار مهم می‌باشد.

۲- غالب پژوهش‌های انجام شده تاکنون کلینیک محور بوده و بایستی با توجه به پیچیدگی محصولات، فرآیند درمان تحت مراقبت و در یک کلینیک درمانی انجام شود [۶،۱۷،۱۸]. در این پژوهش سادگیِ استفاده و دسترسی بیمار در هر مکانی به فرآیند تمرین، یکی از اهداف اساسی پژوهش است که کاربر بتواند با کمک پنل کنترل هوشمند و استفاده از صفحه کلید و فرامین رایانه‌ای در هر مکانی فرآیند درمان را دنبال نماید.

نتایج حاصل از طراحی محیط و به‌کارگیری آن نشان داد که استفاده از واقعیت مجازی در توانبخشی بیماران دچار معضل و نیازمند، بسیار کاربردی است. واقعیت مجازی به عنوان یک فناوری نوین با جذابیت گرافیکی مناسب خود توانست با توجه به نوع خدمات ارائه شده نقش مناسبی در ترغیب بیماران جهت به‌کارگیری تجهیزات داشته باشد و با توجه به ارزیابی انجام شده که بر اساس معیار مارتیلا و جیمز بود با استقبال بیمار همراه باشد. با بررسی سوابق می‌توان یکی از کاربردی‌ترین شرایط استفاده از واقعیت مجازی را در توانبخشی دانست. به‌طور کلی این حوزه تخصصی (توانبخشی) با توجه به محدودیت‌های بیماران به‌دلیل شرایط خاص فیزیکی و همچنین گستردگی و نرخ بالای تعداد بیماران به‌خصوص

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]

بیماران دچار عارضه سکته مغزی (سومین عمل ناتوانی) از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [۱۰]. واقعیت مجازی به‌عنوان یک فناوری نوین هم در بهبود شرایط توانبخشی و هم در کاهش دردهای ناشی از اجرای فرآیند توانبخشی [۱]. مؤثر است که این موضوع در ارزیابی‌های کلینیکی مورد تأیید قرار گرفته است [۶].

نقاط قوت این پژوهش در مقایسه با سایر پژوهش‌ها را می‌توان دستیابی به دانش تخصصی تولید یک محصول فناورانه در حوزه واقعیت مجازی برای بخشی از بیماران دچار آسیب درناحیه بالاتنه دانست که علاوه بر صرفه اقتصادی، تولید محتوای گرافیکیِ متناسب با شرایط فرهنگی و فرآیند توانبخشی متناسب با نوع تمرینات داخل کشور از مزایای آن می‌باشد. در این روش برخلاف پژوهش‌های موجود کاربر نیاز به تخصص خاصی نداشته و به‌دلیل استفاده از موس و کیبورد رایانه برای اجرای تمرینات، می‌توان به‌راحتی بعد از گذراندن یک جلسه آموزشی تحت نظر پزشک، در منزل فرآیند درمان را ادامه داد.

کاهش درد و افزایش روحیه بیماران و رغبت به ادامه تمرینات با توجه به جذابیت گرافیکی و نرم‌افزاری، عاملی شد تا هم پزشک و هم بیمار علاقه بیشتری به این روش درمانی نشان دهند. نمودار ارزیابی شده توسط بیماران و نمرات اخذ شده نشان دهنده میزان بالای کارایی این روش و سطح علاقه بیمار و پزشک در استفاده از واقعیت مجازی در توانبخشی است.

این نمودار که از چهار بخش تشکیل می‌شود به نوعی بر اساس عملکرد و اهمیت بیمار را از نظر سطح رضایت‌مندی برای ادامه یا انصراف از روش یک نوع خدمات ارئه شده مورد ارزیابی قرار می‌دهد که بر اساس ارزیابی انجام شده از نمره ۵ واقعیت مجازی و نوع تجهیزات ارئه شده از نمره مناسبی در این خصوص برخوردار بود. هم‌چنین این ساختار به کاهش زمان درمان و بازگشت سریع‌تر بیمار به زندگی عادی خود می‌انجامد. محدودیت‌های پژوهش را می‌توان به دسته‌بندی نوع بیماران مرتبط دانست چراکه بایستی با توجه به سطح تواتمندی حرکتی هر بیمار نوع و اندازه حرکت تغییر نماید که برای این منظور نیز گروه پژوهشی در حال حاضر در خصوص اجرای پژوهشی که می‌تواند هم در حوزه نرم‌افزاری و هم در بخش سخت‌افزاری این مشکلات را رفع نماید در حال پژوهش می‌باشد نتایج پژوهش می‌تواند در توانبخشی بالاتنه به‌ویژه جهت بیماران دچار آسیب‌های حرکتی و سکته مغزی کاربرد داشته و در نهایت امید به استفاده از این روش در سایر فرآیندهای درمانی از جمله استفاده از آن در کنار ربات‌های توانبخشی جهت استفاده کلینیکی (در حال حاضر تیم مجری پژوهش در مراحل ساخت و ارزیابی این محصول است) نیز در آینده وجود دارد.

تعارض منافع

نویسندگان با یکدیگر تعارض منافع نداشتند.

References

1. Teasell R, Meyer MJ, McClure A, Pan C, Murie-Fernandez M, Foley N, Salter K. Stroke rehabilitation: an international perspective. Top Stroke Rehabil 2009;16(1):44-56. doi: 10.1310/tsr1601-44

2. Eslami M, Mokhtarian A, Pirmoradian M, Seifzadeh A, Rafiaei M. Design and fabrication of a passive upper limb rehabilitation robot with adjustable automatic balance based on variable mass of end-effector. Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering 2020;42(12):1-8.

3. Eslami M, Mokhtarian A, Pirmoradian M, Seifzadeh SA, Rafiaei S M. 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]

2. Mandal S. Brief introduction of virtual reality & its challenges. International Journal of Scientific & Engineering Research 2013;4(4):304-9.

5. Mazuryk T, Gervautz M. History, Applications, Technology and Future. Virtual Reality; 1996.

6. Horváthová D, Siládi V, Lacková E. Phobia treatment with the help of virtual reality. 13th International Scientific Conference on Informatics; 2015 Nov 18-20;. Poprad, Slovakia: IEEE; 2015. p. 114-19. doi: 10.1109/Informatics.2015.7377818

7. Bellani M, Fornasari L, Chittaro L, Brambilla P. Virtual reality in autism: state of the art. Epidemiol Psychiatr Sci 2011;20(3):235-8. doi: 10.1017/s2045796011000448

8. Lucca LF. Virtual reality and motor rehabilitation of the upper limb after stroke: a generation of progress?. J Rehabil Med 2009;41(12):1003-100. doi: 10.2340/16501977-0405

9. Rose T, Nam CS, Chen KB. Immersion of virtual reality for rehabilitation-Review. Appl Ergon 2018;69:153-61. doi: 10.1016/j.apergo.2018.01.009

10. Boian R, Sharma A, Han C, Merians A, Burdea G, Adamovich S, et al. Virtual reality-based post-stroke hand rehabilitation. Stud Health Technol Inform 2002;85:64-70.

11. Nef T, Mihelj M, Kiefer G, Perndl C, Muller R, Riener R. ARMin-Exoskeleton for arm therapy in stroke patients. 10th International Conference on

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]

Rehabilitation Robotics; 2007 Jun 13-15; Noordwijk, Netherlands: IEEE; 2007. p. 68-74. doi: 10.1109/ICORR.2007.4428408

12. Lo CL, Tseng HT. Predicting rehabilitation treatment helpfulness to stroke patients: A supervised learning approach. Artificial Intelligence Research 2017;6(2):1-9. doi: 10.5430/air.v6n2p1

13. Krabben T, Prange GB, Molier BI, Stienen AH, Jannink MJ, Buurke JH, Rietman JS. Influence of gravity compensation training on synergistic movement patterns of the upper extremity after stroke, a pilot study. J Neuroeng Rehabil 2012;9:44. doi: 10.1186/1743-0003-9-44

14. Herianto WY, Saryanto WY, Cahyadi AI. Modeling and design of low cost lower limb rehabilitation robot control system for post-stroke patient using PWM controller. International Journal of Mechanical & Mechatronics Engineering 2016; 16(1): 101–8.

15. Duncan PW, Wallace D, Lai SM, Johnson D, Embretson S, Laster LJ. The stroke impact scale version 2.0: evaluation of reliability, validity, and sensitivity to change. Stroke 1999;30(10):2131-40. doi: 10.1161/01.str.30.10.2131

16. Wolf SL, Lecraw DE, Barton LA, Jann BB. Forced use of hemiplegic upper extremities to reverse the effect of learned nonuse among chronic stroke and head-injured patients. Exp Neurol 1989;104(2):125-32. doi: 10.1016/s0014-4886(89)80005-6

17. Carey JR, Kimberley TJ, Lewis SM, Auerbach EJ, Dorsey L, Rundquist P, Ugurbil K. Analysis of fMRI and finger tracking training in subjects with chronic stroke. Brain 2002;125(4):773-88. doi: 10.1093/brain/awf091

18. Silva FH, Fernandes PO. Importance-performance analysis as a tool in evaluating higher education service quality: the empirical results of ESTiG (IPB). In the 17th International Business Information Management Association Conference; 2011. p. 306-15.

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]

Original Article

Journal of Health and Biomedical Informatics
Medical Informatics Research Center
2020; 7(3): 293-303

Investigating the Effect of Virtual Reality Environment and Intelligent Control Panel on the Rehabilitation of Upper Limb

Eslami Majid[1], Pirmoradian Mostafa[2*], Mokhtarian Ali[3], Seifzadeh Seyed AliReza[4], Rafiaei Seyed Masoud[5]

• **Received:** 9 Nov 2019 • **Accepted:** 11 Jan 2020

Introduction: Occupational therapy and performing specific motor activities are among the healing processes for injured people that should be followed by patients in need after the doctor's prescription. The objective of this study was to evaluate the effect of using virtual reality environments and interacting with hardware designed for the treatment and rehabilitation of patients with upper limb injuries.

Method: In this study, the design and manufacturing process consisted of two parts: software and hardware. In the software section, in order to access the virtual reality environment under the Windows operating system, the virtual reality environment was designed and coded and then the connection to the hardware and microcontroller section of the Arduino board was provided so that commands could be exported from the controller to the virtual reality environment and depending on the mouse motion, a movement in the virtual environment would be made.

Results: Given the nature of this research, the criteria proposed by Martilla and James were used to evaluate the software. Moreover, Numeric Pain Rating Scale (NRS) was used to measure the effect of this method on reducing pain and the performance of virtual reality environment in reducing pain was evaluated.

Conclusion: The results showed that using virtual reality for rehabilitation, with accordance to the type of graphics provided and the hardware designed, in addition to reducing treatment time and pain level, encourages the patients to use the software and continue the activities in a place other than the clinic.

Keywords: Virtual Reality, Rehabilitation, Occupational Therapy, Arduino, Computer Graphics

• **Citation:** Eslami M, Pirmoradian M, Mokhtarian Ali3, Seifzadeh Seyed A, Rafiaei SM. Investigating the Effect of Virtual Reality Environment and Intelligent Control Panel on the Rehabilitation of Upper Limb. Journal of Health and Biomedical Informatics 2020; 7(3): 293-303. [In Persian]

1. Ph.D. Student in Mechanical Engineering, Mechanical Engineering Dept., Khomeinishahr Branch, Islamic Azad University, Khomeinishahr, Isfahan, Iran
2. Ph.D. in Mechanical Engineering, Assistant Professor, Mechanical Engineering Dept., Khomeinishahr Branch, Islamic Azad University, Khomeinishahr, Isfahan, Iran
3. Ph.D. in Mechanical Engineering, Assistant Professor, Mechanical Engineering Dept., Khomeinishahr Branch, Islamic Azad University, Khomeinishahr, Isfahan, Iran
4. Ph.D. in Mechanical Engineering (Biomechanics), Assistant Professor, Biomedical Engineering Dept., Khomeinishahr Branch, Islamic Azad University, Khomeinishahr, Isfahan, Iran
5. Ph.D. in Orthotics and Prosthetics, Assistant Professor, Orthotics and Prosthetics Dept., Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
***Corresponding Author:** Mostafa Pirmoradian
Address: Mechanical Engineering Dept., Khomeinishahr Branch, Islamic Azad University, Khomeinishar, Isfahan, Iran
•**Tel:** 00983133660012 •**Email:** pirmoradian@iaukhsh.ac.ir

[Downloaded from jhbmi.com on 2026-11-17]