DOI: 10.22122/jrrs.v15i1.3445

Published by Vesnu Publications

تنظیم سختی پویای یک بازی شناختی مبتنی بر نوروفیدبک با هدف کمک به درمان اختلال نقص توجه– بیش‌فعالی

مینا مسعودی[۱]، جواد راستی[۲]، امین مهنام[۳]، احمد عابدی[۴]، محمدعلی نظری[۵]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: اختلال نقص توجه- بیش‌فعالی (Attention deficit hyperactivity disorder یا ADHD)، یکی از شایع‌ترین اختلالات عصبی در میان کودکان و نوجوانان می‌باشد. تمرینات مبتنی بر نوروفیدبک به عنوان روش جدیدی در بین درمان‌های غیر دارویی، با اصلاح ناهنجاری‌های موجود در برخی از باندهای فرکانسی مغز این کودکان، می‌تواند به بهبود عملکرد آن‌ها کمک کند. هدف از انجام پژوهش حاضر، توسعه و طراحی یک بازی رایانه‌ای به عنوان بستری برای تمرینات نوروفیدبک و به کارگیری تنظیم سختی پویا در طراحی بازی بود.

مواد و روش‌ها: این مطالعه به منظور ارزیابی تنظیم سختی پویا در بازی و سنجش میزان رضایتمندی از بازی با سختی پویا نسبت به بازی با سختی ایستا، طی چهار جلسه بر روی ۶ شرکت‌کننده ۲۰ تا ۲۶ ساله انجام شد و از آن‌ها درخواست گردید که در هر جلسه بسته به میزان لذت و رضایتی که از بازی داشته‌اند، عددی بین ۱ تا ۱۰ را انتخاب کنند. سپس جهت سنجش میزان اثربخشی روش درمانی مبتنی بر بازی طراحی شده، دو کودک پسر ۱۲ و ۱۳ ساله مبتلا به ADHD طی ۱۰ جلسه تحت تمرینات این بازی قرار گرفتند.

یافته‌ها: تفاوت معنی‌داری در میزان رضایتمندی شرکت کنندگان از بازی با سختی پویا نسبت به بازی با سختی ایستا مشاهده شد (P = ۰/۰۰۲). همچنین، بازی تأثیر مثبتی در بهبود عملکرد مغزی کودکان داشت.

نتیجه‌گیری: استفاده از بازی، روش جذابی برای درمان کودکان می‌باشد و متناسب کردن چالش‌های بازی با مهارت‌های فردی، می‌تواند انگیزه کاربر را از ابتدا تا انتهای بازی حفظ کند و علاوه بر این، موجب افزایش لذت از بازی شود.

کلید واژه‌ها: اختلال نقص توجه- بیش‌فعالی، بازی رایانه‌ای، نوروفیدبک، تنظیم سختی پویا

ارجاع: مسعودی مینا، راستی جواد، مهنام امین، عابدی احمد، نظری محمدعلی. **تنظیم سختی پویای یک بازی شناختی مبتنی بر نوروفیدبک با هدف کمک به درمان اختلال نقص توجه- بیش‌فعالی.** پژوهش در علوم توانبخشی ۱۳۹۸؛ ۱۵ (۱): ۳۶-۲۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۱۰ تاریخ چاپ: ۱۳۹۸/۱/۱۵

مقدمه

اختلال نقص توجه- بیش‌فعالی (Attention deficit hyperactivity disorder یا ADHD)، یکی از رایج‌ترین اختلالات عصبی با نقایصی در مهارت‌های اجرایی در دوران کودکی است (۱). بر اساس تحقیقات جهانی، میانگین نرخ شیوع ADHD در جامعه، ۳ تا ۵ درصد کل کودکان در سن مدرسه می‌باشد که البته این آمار برای پسران بیشتر از دختران است (۲). از جمله بارزترین علایم این اختلال می‌توان به کم‌توجهی (Attention deficit)، بیش‌فعالی (Hyperactivity) و تکانشگری (Impulsivity) اشاره کرد که به علت وجود نقص در کارکردهای اجرایی (Executive function) می‌باشد (۱). همچنین، اغلب این کودکان مشکلات انگیزشی دارند که به علت وجود نقص در انتقال دهنده دوپامین (Dopamine) می‌باشد (۳). دوپامین، یک ترکیب آلی در مغز است که نقش پیام‌رسان عصبی را دارد و داروهای مورد استفاده برای این

۱- کارشناس ارشد، گروه مهندسی پزشکی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
۲- استادیار، گروه مهندسی پزشکی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
۳- دانشیار، گروه مهندسی پزشکی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
۴- دانشیار، گروه روان‌شناسی کودکان با نیازهای خاص، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
۵- دانشیار، گروه علوم اعصاب شناختی، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
نویسنده مسؤول: مینا مسعودی؛ کارشناس ارشد، گروه مهندسی پزشکی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
Email: massoudi.mina@yahoo.com

Proof Version

کودکان، نقش محرک را در آزادسازی این پیام‌رسان ایفا می‌کنند (۴). از این‌رو، کودکان مبتلا به ADHD، در معرض مشکلات مختلفی همچون عملکرد تحصیلی ضعیف، اضطراب و افسردگی و مشکلاتی در روابط اجتماعی در بزرگسالی قرار دارند (۵).

از سوی دیگر، نتایج مطالعات نشان داده است که کورتکس پیش‌پیشانی و سیستم‌های مجاور آن، نقش نسبتاً برجسته‌ای در ارتباط میان ساختار مغز و کارکردهای اجرایی بر عهده دارند (۱). همچنین، پژوهش‌های زیادی به این نتیجه دست یافته‌اند که افراد مبتلا به این اختلال، دارای سیگنال الکتریکی مغزی متفاوتی نسبت به افراد همسال خود می‌باشند (۹-۵). از این‌رو، درمانی برای آن‌ها در نظر گرفته می‌شود که بتواند امواج مغزی آن‌ها را تغییر دهد و به حالت طبیعی نزدیک کند. این امر با استفاده از نوروفیدبک انجام می‌شود. نوروفیدبک، نوعی فرایند یادگیری با کاربرد فن‌آوری رایانه‌ای، با هدف آموزش خودتنظیمی به مغز است و سعی می‌کند به مغز یاد دهد که چگونه خود را تنظیم کند (۱۰).

تمرینات نوروفیدبک، یک راه درمانی غیر دارویی و بدون عوارض جانبی و یکی از مؤثرترین راه‌های درمان ADHD می‌باشد که اثر درمانی آن می‌تواند تا شش ماه پس از درمان ادامه پیدا کند (۱۱). تمرینات نوروفیدبک زمانی می‌تواند تأثیر مطلوب داشته باشد که حداقل ۲۰ تا ۳۰ جلسه و در هر جلسه حداقل ۲۰ تا ۳۰ دقیقه اجرا شود (۱۲). با توجه به طولانی بودن جلسات درمان و وجود مشکلات انگیزشی در کودکان مبتلا به ADHD، ممکن است کودک به نوروفیدبک علاقه‌ای نشان ندهد و از درمان دوری کند. از آن‌جایی که بازی‌های رایانه‌ای، از جمله ابزارهای سرگرمی و مورد علاقه کودکان و نوجوانان می‌باشد و توانایی افزایش تعامل فرد با برنامه‌های آموزشی را دارد، ابزار مفیدی برای تکمیل روند درمان به شمار می‌رود (۱۳).

اگرچه تکنولوژی در بازی‌های رایانه‌ای به صورت پیوسته در حال تکامل یافتن است، اما یک نارضایتی از طرف کاربران وجود دارد که به دلیل محدودیت در سطح چالشی است که به آن‌ها ارایه می‌شود (۱۴). کاربران انتظار دارند سطح مطلوبی از چالش‌ها که با ویژگی‌های فردی هر شخص سازگار باشد، به آن‌ها ارایه شود؛ چرا که برای کاربران با مهارت بالا، یک بازی آسان ممکن است خسته‌کننده و برای کاربران با مهارت کم، یک بازی دشوار ممکن است ناامیدکننده باشد (۱۵، ۱۴). به منظور مدیریت تجربه بازیکن در حین بازی و تطبیق سطح مهارت‌های فردی با سطح چالش‌ها در بازی، در سال‌های اخیر تحقیقات زیادی انجام شده است (۱۸-۱۴). تنظیم سختی پویا (Dynamic difficulty adjustment یا DDA)، فرایندی است که در آن پارامترها، ویژگی‌های بازی، سناریوها و رفتارها به صورت خودکار تغییر می‌کند که این تغییر می‌تواند بر اساس عملکرد فرد در بازی و یا بر اساس یک سیگنال فیزیولوژی باشد (۱۴). با توجه به مطالعات انجام شده، یک ساز و کار DDA تطبیق‌پذیر، باید جنبه‌های مختلفی را در نظر بگیرد و بر اساس یک حالت خاص نباشد. هدف از به کارگیری این ساز و کار، حفظ علاقه و انگیزه کاربر از ابتدا تا انتهای بازی و ارایه سطح مناسبی از چالش‌ها در بازی می‌باشد (۲۰-۱۸).

هدف از انجام پژوهش حاضر، طراحی بازی مبتنی بر بازخورد عصبی بود. با توجه به ماهیت کسل‌کننده جلسات درمانی نوروفیدبک، لزوم تکرار جلسات جهت تثبیت آن در درازمدت و همچنین، وجود مشکلات انگیزشی کودکان مبتلا به ADHD، از سیستم DDA در طراحی بازی جهت ایجاد و حفظ انگیزه استفاده گردید. انتظار می‌رود با به‌کارگیری DDA، انگیزه کودکان برای مشارکت در درمان از ابتدا تا انتهای درمان حفظ شود.

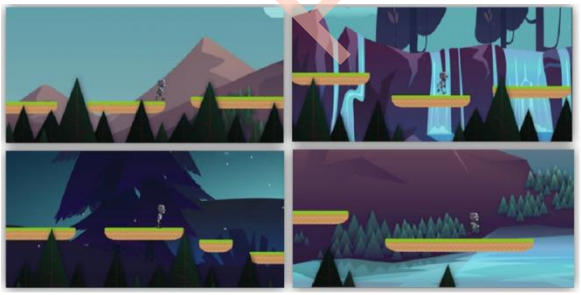
مواد و روش‌ها

اولین چالشی که در این مطالعه وجود داشت، طراحی و توسعه یک بازی رایانه‌ای و چالش بعدی، استفاده از پارامتر استخراج شده از سیگنال مغزی متناسب با الگوی درمانی کودکان مبتلا به ADHD در طراحی بازی بود. در عین حال، مهم‌ترین چالش، به کارگیری ساز و کار DDA در توسعه بازی بود.

بازی طراحی شده در تحقیق حاضر، یک سبک دونده دوبعدی بود و تنها از یک کلید به عنوان کنترل‌کننده در بازی استفاده گردید. این بازی بر روی کامپیوتر یا لپ‌تاپ اجرا می‌شود. در محیط بازی از سکوهای مختلف که در فاصله‌های متفاوت و در ارتفاعات مختلف قرار می‌گیرند، استفاده شد. این سکوها بزرگی متفاوتی دارند و بر روی برخی از آن‌ها دشمنانی قرار گرفتند که خود در دو مدل متفاوت هستند؛ اول دشمنی که بر روی سکو حرکت می‌کند و دوم دشمنانی که تیر پرتاب می‌کنند. این قسمت به عنوان طراحی اولیه و بخش سرگرم‌کننده بازی بود.

کاربر باید با استفاده از کلید فاصله (Space key)، از روی سکوهای مختلف و بدون برخورد با دشمنان پرش کند. تعداد پرشی که برای کاراکتر در نظر گرفته شده بود، ۲ بار بود و در واقع، پرش در این بازی از نوع دو پرشی (Double jumping) تعریف گردید. علاوه بر این، جهت افزایش صبر و توانایی انتظار در کودکان، سکه‌ها در فاصله زیادی از کاراکتر بازی تولید می‌شوند و کاربر در همان ابتدا و به راحتی نمی‌تواند آن‌ها را به دست آورد، بلکه به گذر زمان، کفش آهنی و یا جت‌پک (Jet pack) نیاز دارد. بنابراین، لازم است کاربر صبر کند تا کفش و جت‌پک به دست آورد.

از دیگر ویژگی‌های بالینی کودکان مبتلا به ADHD، نداشتن انگیزه است. بنابراین، جهت حفظ و افزایش انگیزه در آنان، بازی به چهار قسمت تقسیم گردید که در هر قسمت پشت صحنه متفاوت می‌باشد (شکل ۱). بین قسمت‌های بازی، کاربر وارد فروشگاهی می‌شود که می‌تواند با سکه‌های خود که در طول بازی جمع آوری کرده است، از جوایز موجود خریداری کند.



شکل ۱. پشت صحنه‌های مختلف طراحی شده در بازی

یکی دیگر از ویژگی‌های بالینی کودکان مبتلا به ADHD، نداشتن صبر و تمایل به پاسخ‌های آنی به نیازهایشان است (۱). به منظور پوشش این مشکل در بازی، فروشگاهی در نظر گرفته شد که شامل جوایزی بود. لازمه رسیدن به فروشگاه، طی شدن مدت زمان مشخصی می‌باشد که کاربر باید تا به پایان

Proof Version

http://jrrs.mui.ac.ir

رسیدن این زمان و بدون این که بازی را ببازد، بازی کند تا به فروشگاه برسد و بتواند از بین جوایز در نظر گرفته شده با استفاده از سکه‌هایی که در طول مسیر جمع‌آوری کرده است، برای خود جایزه‌ای را خریداری نماید و سپس به بخش بعدی برود. این کار نیازمند صبر و تلاش است.

به کارگیری بازخورد عصبی در بازی: بازی‌های رایانه‌ای مبتنی بر بازخورد عصبی، نیازمند یک پارامتر استخراج شده از سیگنال مغزی جهت استفاده در بازی می‌باشند. با توجه به مطالعات صورت گرفته و پس از بررسی اثربخشی الگوهای درمانی متفاوت در سطح رفتاری و عصبی، مشخص شد که الگوی درمانی کاهش نسبت توان باند تتا به توان باند بتا، منجر به کاهش مشکلات رفتاری و بهبود در کارکردهای اجرایی می‌شود (۲۲، ۲۱، ۸-۶). علاوه بر این، در پژوهش Lubar و همکاران مشخص شد که بهترین نقاط برای ارزیابی این شاخص، نقاط مرکزی روی کمربند میانی جمجمه یعنی نقاط FZ، CZ و PZ می‌باشد (۶). از این‌رو، این پارامتر استخراج شده از سیگنال مغزی متناسب با الگوی درمانی در کودکان مبتلا به ADHD جهت ادغام در بازی استفاده شد.

بازخورد عصبی در نظر گرفته شده در تحقیق حاضر به این صورت بود که به فرد امکاناتی می‌داد که بتواند راحت‌تر و سریع‌تر بازی را به جلو هدایت کند. این امکانات در سه حالت مجزا «زره یا سپر، کفش آهنی و جت‌پک» در نظر گرفته شد.

با در اختیار داشتن سپر، در اطراف کاراکتر هاله زرد رنگی به وجود می‌آید که می‌تواند با دشمنان برخورد داشته باشد، بدون این که از سلامت کاراکتر بازی کاسته شود (شکل ۲، قسمت الف).

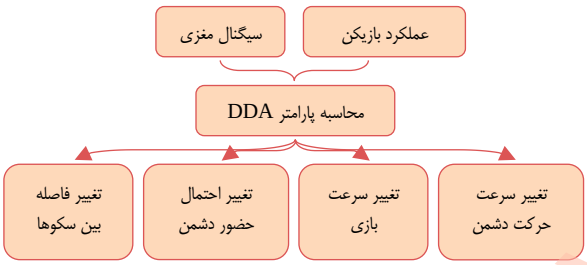
با در اختیار داشتن کفش، کاراکتر می‌تواند پرش‌های بزرگ‌تری داشته باشد و در صورت وجود یک شکاف عریض، به راحتی می‌تواند از روی شکاف عبور کند. علاوه بر این، کفش دارای خاصیت آهنربایی می‌باشد و باعث می‌شود که سکه‌هایی را که در آسمان وجود دارد به سمت خود جذب کند (شکل ۲، قسمت ب).

چنانچه فرد صاحب جت‌پک شود، کاراکتر بازی به حالت پرواز در می‌آید. در این صورت، کاربر می‌تواند با فشردن دکمه سمت بالا (↑) و یا دکمه سمت پایین صفحه کلید (↓)، کاراکتر بازی را در آسمان بالا و پایین ببرد و سکه‌هایی که آن‌جا قرار داده شده است را به دست آورد (شکل ۲، قسمت ج).

شکل ۲. امکانات مختلف ارایه شده در بازی شامل سپر (الف)، کفش (ب) و جت‌پک (ج)

نکته مهمی که در مطالعه حاضر در نظر گرفته شد، این بود که تنها رساندن سیگنال مغزی به حالت مطلوب کافی نیست و کاربر باید بتواند حالت مغزی خود را در آن حالت مطلوب حفظ کند. این موضوع در امکاناتی که برای کاراکتر در نظر گرفته شد، پیاده‌سازی گردید؛ به این صورت که چنانچه کاربر بتواند ۱ ثانیه حالت مغزی خود را در حالت مطلوب حفظ کند، یک سپر، اگر ۳ ثانیه نگه دارد، یک کفش و اگر بتواند حداکثر میزان مطلوب (۵ ثانیه) را حفظ کند، یک جت‌پک به دست می‌آورد. این سه مورد به صورت زمان‌دار برای کاراکتر باقی می‌مانند و پس از به پایان رسیدن زمان در نظر گرفته شده برای هر کدام از آن‌ها، کاراکتر بازی آن‌ها را از دست می‌داد. هدف از این طراحی، آموزش نگه داشتن سطح توجه در حالت مطلوب می‌باشد. با توجه به استفاده از الگوی درمانی، منظور از حالت مطلوب سیگنال مغزی در تحقیق حاضر، کاهش مقدار نسبت تتا به بتا از سطح آستانه در نظر گرفته شده در بازی می‌باشد. با توجه به پروتکل‌های معمول در درمان مبتنی بر نوروفیدبک با سیستم‌های تجاری، این آستانه ۸۰ درصد میانگین نسبت تتا به بتا در بازه ۳۰ ثانیه‌ای قبلی در نظر گرفته شد. این آستانه هر ۳۰ ثانیه یک‌بار به‌روز گردید. بنابراین، یک آستانه‌گذاری پویا انجام شد.

به کارگیری DDA در بازی: ساز و کار DDA در بازی طراحی شده به این صورت بود که عملکرد و وضعیت ذهنی کاربر در حین بازی، منجر به تغییر در تعدادی از پارامترهای بازی می‌شود. بلوک دیاگرام کلی DDA در بازی به صورت شکل ۳ مشاهده می‌شود.



شکل ۳. بلوک دیاگرام Dynamic difficulty adjustment (DDA)

به منظور ارزیابی عملکرد کاربر در هر زمان، مدت زمان طی شده توسط کاربر نسبت به کل زمان بازی و میزان سلامتی کاربر در آن زمان نسبت به مقدار کلی سلامت در نظر گرفته شده در بازی محاسبه می‌شود. بدیهی است که هرچه کاربر مدت زمان بیشتر و سلامتی بیشتری داشته باشد، عملکرد بهتری داشته است. وضعیت ذهنی کاربر نیز بر اساس مقدار تتا به بتای استخراج شده از سیگنال مغزی فرد مشخص می‌گردد.

پس از نرمال‌سازی، هر یک از پارامترها با یکدیگر جمع شد و در متغیری به نام DDA قرار گرفت که حاصل آن با توجه به نرمالیزه بودن پارامترها و سپس نرمالیزه شدن خود متغیر، مقداری بین صفر و ۱ بود. در این بازی، سه سطح سختی در نظر گرفته شد که بر اساس مقدار پارامتر DDA، یکی از این سه سطح انتخاب می‌شود. بر اساس قرارگیری در هر یک از سطوح، فاصله بین سکوها، احتمال حضور دشمنان، سرعت حرکت دشمنان و سرعت بازی تعیین می‌شود.

جهت ارزیابی طراحی DDA در بازی، یک نسخه دیگر از بازی که کاملاً مشابه نسخه اول آن می‌باشد، توسعه داده شد. با این تفاوت که در آن سختی بازی در طول بازی تغییری نمی‌کرد و به صورت ایستا (ثابت) در نظر گرفته شد. در این حالت، سطح ۲ سختی به صورت پیش‌فرض در بازی قرار داده شد و از ابتدا تا انتها در همین سطح باقی می‌ماند و تغییری نمی‌کرد.

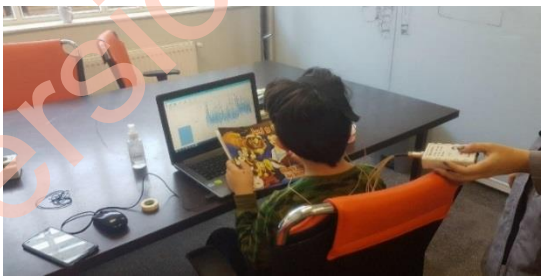
شرکت‌کنندگان: پروتکل پژوهش حاضر با شماره IR.UI.REC.1396.021 مورد تأیید کمیته اخلاق دانشگاه اصفهان قرار گرفت. پس از توضیح مختصری درباره هدف و نحوه انجام مطالعه برای افراد و والدین کودکان مبتلا به

Proof Version

http://jrrs.mui.ac.ir

ADHD، فرم رضایت‌نامه شرکت در تحقیق توسط آن‌ها تکمیل و امضا گردید.

شرکت‌کنندگان شامل دو گروه بود. گروه اول از ۴ دختر و ۲ پسر دانشجو در رده سنی ۲۰ تا ۲۶ سال تشکیل شد. این گروه به منظور ارزیابی میزان رضایتمندی و لذت‌بخش بودن بازی پویا نسبت به بازی ایستا در پژوهش حاضر شرکت داده شدند. سپس گروه دیگری به منظور بررسی اثربخشی مطالعه بر روی کودکان مبتلا به ADHD در نظر گرفته شد. شرکت‌کنندگان گروه دوم از دانش‌آموزان رده سنی ۸ تا ۱۳ سال تشکیل شد که به علت عملکرد تحصیلی ضعیف، نداشتن تمرکز و بیش‌فعالی در مدرسه، به مرکز اختلالات یادگیری (مرکز مشاوره ناحیه ۳ آموزش و پرورش اصفهان) ارجاع شده بودند. سپس این کودکان به متخصص اعصاب و روان کودکان در همان مرکز ارجاع شدند و ابتلای آنان به ADHD از نظر بالینی تأیید گردید. با توجه به محدودیت‌هایی که در خصوص یافتن کودکان مبتلا به ADHD وجود داشت، تحقیق حاضر فقط بر روی دو پسر ۱۲ و ۱۳ ساله مبتلا به ADHD انجام گرفت. شکل ۴ یک کودک مبتلا به ADHD را حین انجام آزمایش و هنگام دریافت جایزه از فروشگاه بازی نشان می‌دهد.



شکل ۴. شرکت‌کننده مبتلا به Attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) هنگام دریافت جایزه از فروشگاه بازی

ثبت سیگنال مغزی و تعیین خط مبنا (Base line): جهت بررسی پارامتر تتا به بتا در پژوهش حاضر، از یک سیستم ثبت دوکاناله که تنها از یک کانال آن استفاده می‌شد (شرکت ذهن‌افزار رایان، ایران)، استخراج گردید (۲۳). دستگاه مورد نظر در شکل ۵، قسمت الف و مشخصات آن در قسمت ب نشان داده شده است. الکترود قطب مثبت مطابق استاندارد ۲۰-۱۰ بر روی جمجمه در ناحیه Cz، قطب منفی به گوش چپ و الکترود درایو پای راست به گوش راست متصل می‌شد (۲۴). در ابتدای هر جلسه، به مدت ۹۰ ثانیه از سیگنال مغزی شرکت‌کننده خط مبنا اخذ می‌گردید و به عنوان سطح آستانه اولیه در نظر گرفته شد. علاوه بر این، در انتهای بازی نیز از فرد به مدت ۹۰ ثانیه خط مبنا جهت بررسی اثر کوتاه‌مدت بازی گرفته شد.

شرکت توسعه دهنده	ذهن افزار رایان
تعداد کانال	۲
انتقال اطلاعات	بلوتوث (بدون سیم)
نرخ نمونه برداری	۲۵۰ نمونه بر ثانیه
تغذیه	باتری لیتیومی قابل شارژ
ابعاد	۸/۵cm × ۵cm
وزن	۴۵gr
رزولیشن مبدل آنالوگ به دیجیتال	۲۴ بیت
محدوده ولتاژ	۴/۲ ~ ۴/۲-
نویز اتصال کوتاه ورودی	۴uV
وضعیت قرار گیری	قابل نصب بر روی لباس

شکل ۵. سیستم ثبت (الف) و جدول مشخصات آن (ب)

جهت ارزیابی و بررسی تفاوت سختی پویا و ایستا، امتیاز شرکت‌کنندگان در نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ (version 16, SPSS Inc., Chicago, IL) در دو گروه مجزا بازی با سختی پویا و بازی با سختی ایستا وارد شد. با توجه به این که پیروی داده‌ها از توزیع نرمال با استفاده از نمودار Q-Q تعیین و تأیید شد، از آزمون Independent t به منظور بررسی معنی‌دار بودن تفاوت بین دو نسخه از بازی استفاده گردید.

یافته‌ها

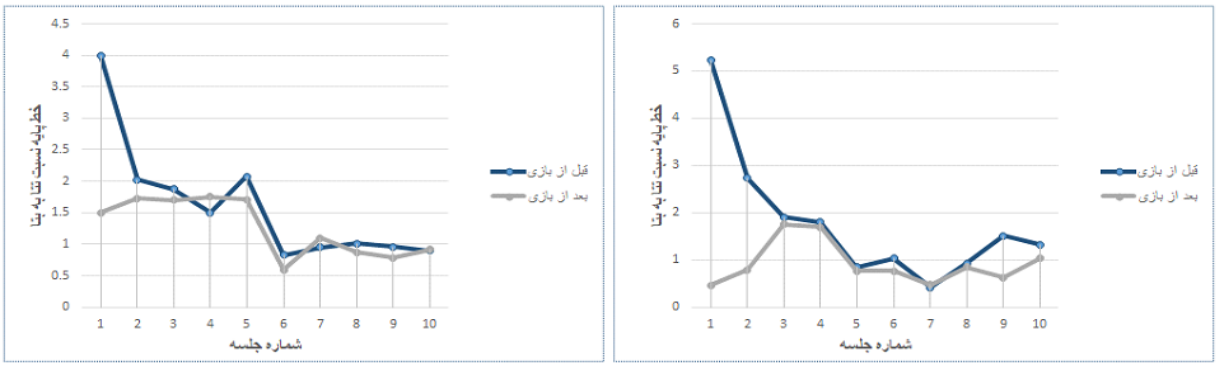
ارزیابی سختی پویای بازی در گروه بزرگسالان: قبل از شروع بازی و پس از پایان بازی در جلسات نوروفیدبک، از شرکت‌کنندگان به مدت ۹۰ ثانیه سیگنال خط پایه گرفته شد. این گروه پس از انجام بازی در هر جلسه، بسته به میزان رضایت و لذت خود از بازی، امتیاز بین ۱ تا ۱۰ به بازی دادند. مقادیر خط پایه‌ها قبل و بعد از بازی و همچنین، امتیاز شرکت‌کنندگان در هر چهار جلسه در جدول ۱ ارایه شده است.

جدول ۱. مقادیر خط پایه ابتدا و انتهای بازی و امتیاز داده شده در هر بازی برای هر شرکت‌کننده

شماره شرکت‌کننده	بازی با سختی پویا			بازی با سختی ایستا		
	خط پایه قبل از بازی	خط پایه بعد از بازی	امتیاز	خط پایه قبل از بازی	خط پایه بعد از بازی	امتیاز
۱	۱/۰۸۷	۱/۰۱۲	۷/۵	۱/۰۲۵	۰/۷۶۲	۸/۰
۱	۱/۰۶۲	۰/۴۷۵	۹/۰	۰/۹۶۲	۰/۹۰۰	۸/۵
۲	۰/۹۵۰	۰/۸۱۲	۸/۵	۱/۰۱۲	۱/۱۲۵	۷/۵
۲	۰/۹۳۷	۰/۷۸۷	۹/۰	۰/۸۸۷	۰/۸۵۰	۶/۵
۳	۰/۶۱۲	۰/۲۶۲	۷/۵	۰/۵۶۲	۰/۵۲۵	۶/۵
۳	۰/۵۸۷	۰/۴۷۵	۹/۰	۰/۷۲۵	۰/۶۸۷	۸/۰
۴	۰/۴۰۰	۰/۲۷۵	۱۰/۰	۰/۹۵۰	۰/۷۷۵	۸/۰
۴	۰/۷۲۵	۰/۶۲۵	۸/۵	۰/۷۵۰	۰/۷۰۰	۹/۰
۵	۰/۶۸۷	۰/۶۷۵	۱۰/۰	۰/۷۸۷	۰/۶۸۷	۸/۰
۵	۰/۷۵۰	۰/۶۷۵	۹/۵	۰/۸۱۲	۰/۸۰۰	۸/۵
۶	۰/۶۳۷	۰/۴۵۰	۹/۰	۰/۷۲۵	۰/۶۱۲	۶/۰
۶	۰/۸۶۲	۰/۶۳۷	۹/۰	۰/۵۶۲	۰/۷۵۰	۷/۰

Proof Version

http://jrrs.mui.ac.ir



شکل ۶. میزان خط پایه در جلسات مختلف؛ شرکت‌کننده شماره ۱ (پسر ۱۳ ساله) در بازی پویا (الف)، آزمودنی شماره ۲ (پسر ۱۲ ساله) در بازی ایستا (ب)

نتایج این آزمایش به صورت مجموع امتیازات و میانگین در هر نسخه از بازی در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲. نتایج نظرسنجی در گروه اول شرکت‌کنندگان

نوع بازی	تعداد	مجموع امتیازات	میانگین
بازی با سختی پویا	۱۲	۱۰۶/۶	۸/۸۷۵ ± ۰/۸۰۱
بازی با سختی ایستا	۱۲	۹۱/۵	۷/۶۲۵ ± ۰/۹۳۲

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، شرکت‌کنندگان امتیاز بیشتری را به بازی با سختی پویا اختصاص دادند. بر اساس نتایج آزمون Independent t، تفاوت معنی‌داری بین دو گروه وجود داشت (P = ۰/۰۰۲).

ارزیابی اثربخشی بازی در گروه کودکان: در گروه کودکان نیز قبل و پس از انجام بازی، از شرکت‌کنندگان به مدت ۹۰ ثانیه سیگنال خط پایه گرفته شد که مقدار آن برای دو شرکت‌کننده طی ۱۰ جلسه به صورت مجزا در شکل ۶ آورده شده است.

بر اساس داده‌های شکل ۶، در اغلب موارد خط پایه در پایان جلسات، کمتر از ابتدای جلسات بود.

بحث

مشکلات مشاهده شده در کودکان مبتلا به ADHD، با وجود نقایصی در کارکردهای اجرایی مرتبط می‌باشد. از طرف دیگر، بررسی سیگنال‌های Electroencephalography (EEG) این کودکان در مقایسه با کودکان عادی تغییرات زیادی مانند افزایش فعالیت باند تتا و کاهش فعالیت باند آلفا و بتا را نشان می‌دهد. از این‌رو، تمرینات نوروفیدبک با اصلاح امواج مغزی نابهنجار، می‌تواند جزء بهترین انتخاب‌های درمانی برای این کودکان به شمار رود؛ چرا که به طور اختصاصی روی عملکرد مغز تأثیر می‌گذارد. لازمه اثرگذاری مطلوب این روش درمانی، دنبال کردن دوره‌های طولانی‌مدت درمان می‌باشد. بنابراین، حفظ انگیزه در طول درمان اهمیت فراوانی دارد. بازی‌های رایانه‌ای با توجه به این که یکی از ابزارهای سرگرمی و مورد علاقه کودکان محسوب می‌شوند، بستر مناسبی برای پیاده‌سازی تمرینات مبتنی بر بازخورد عصبی می‌باشند.

هدف از انجام پژوهش حاضر، طراحی بازی مبتنی بر بازخورد عصبی بود که با توجه به طولانی بودن دوره درمان از DDA که یک ساز و کار انگیزشی در طراحی بازی‌ها می‌باشد، جهت حفظ و افزایش انگیزه کودکان در توسعه بازی استفاده گردید. انتظار می‌رفت این بازی علاوه بر بهبود عملکرد مغز کودکان مبتلا به ADHD، موجب بهبود در رفتارهای بالینی این کودکان مانند افزایش صبر و توجه پایدار شود و با توجه به این که سطح دشواری بازی با عملکرد بازیکنان سازگار است، شرکت‌کنندگان از روند بازی لذت ببرند. نتایج به دست آمده از مطالعه نشان داد که بازی پویا نسبت به بازی ایستا، در افراد احساس لذت و رضایت بیشتری را به وجود آورد و همچنین، موجب بهبود عملکرد مغزی کودکان مبتلا به ADHD شد.

پایین تر بودن خط پایه در پایان اغلب جلسات نسبت به ابتدای آن جلسه، حاکی از آن است که فرد در طول بازی تلاش می‌کند تا تمرکز خود را افزایش دهد و این امر منجر به کاهش خط پایه کاربر در انتهای بازی می‌شود. همچنین، در برخی از جلسات مشاهده می‌شود که خط پایه در انتهای جلسه نسبت به ابتدای جلسه افزایش یافته است. به طور مثال، این مورد در جلسات ۴ و ۷ شرکت‌کننده شماره ۱ و در جلسه ۷ شرکت‌کننده شماره ۲ مشاهده می‌شود. با توجه به این که در بیشتر مواقع این نسبت کاهشی بوده است، می‌توان چنین برداشت کرد که این اتفاق به علت خستگی و کسالت کاربر و شرایطی که کاربر در طول روز داشته و یا جابه‌جایی مکان آزمایش که منجر به حواس‌پرتی کاربر شده است، روی داده است. علاوه بر این، هرچند شکل ۶ به صورت نوسانی بود، اما روند خط پایه در طول جلسات شیب منفی و کاهشی داشت.

محدودیت‌ها

از آن‌جا که هدف از انجام تحقیق حاضر، بررسی جنبه کاربردی آن بود. تعداد جلسات درمان کم و تنها بر روی دو کودک مبتلا به ADHD و به صورت تک جنسیتی انجام شد.

پیشنهادها

پیشنهاد می‌شود که مطالعه حاضر بر روی جامعه بزرگ‌تری از کودکان مبتلا به ADHD و با تعداد جلسات بیشتر انجام شود تا اثر درمانی این روش مورد ارزیابی قرار گیرد.

Proof Version

http://jrrs.mui.ac.ir

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بازی پویا نسبت به بازی ایستا، در افراد احساس لذت و رضایت بیشتری را به وجود می‌آورد. همچنین، ارزیابی اولیه استفاده از بازی برای کودکان مبتلا به ADHD نشان داد که این رویکرد می‌تواند اثر کمک‌کننده‌ای بر عملکردهای اجرایی کودکان داشته باشد؛ هرچند انجام بررسی‌های جامع‌تر برای اثبات علمی این موضوع ضروری به نظر می‌رسد.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر از میان مقالات ارسال شده به دبیرخانه پنجمین کنفرانس بین‌المللی «بازی‌های رایانه‌ای؛ فرصت‌ها و چالش‌ها» با نگاه ویژه به بازی‌های درمانی (بهمن ماه ۱۳۹۸، اصفهان)، از سوی هیأت تحریریه مجله پژوهش در علوم توان‌بخشی مورد تقدیر قرار گرفت. بدین وسیله نویسندگان از پژوهشگاه فضای مجازی مرکز ملی فضای مجازی به جهت حمایت از انتشار این مقاله قدردانی به عمل می‌آورند.

مطالعه حاضر برگرفته از پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی با کد اخلاق IR.UI.REC.1396.021، مصوب دانشگاه اصفهان می‌باشد. بدین وسیله نویسندگان از مرکز مشاوره ناحیه ۳ آموزش و پرورش اصفهان که با در اختیار گذاشتن کودکان مبتلا به ADHD با این تحقیق همکاری نمودند، تشکر و قدردانی به عمل می‌آورند.

نقش نویسندگان

مینا مسعودی، طراحی و ایده‌پردازی مطالعه، خدمات پشتیبانی و اجرایی و علمی مطالعه، جمع‌آوری داده‌ها، تحلیل و تفسیر نتایج، خدمات تخصصی آمار، تنظیم دست‌نوشته، تأیید دست‌نوشته نهایی جهت ارسال به دفتر مجله، مسؤولیت حفظ یکپارچگی فرایند انجام مطالعه از آغاز تا انتشار و پاسخگویی به نظرات داوران، جواد راستی، طراحی و ایده‌پردازی مطالعه، خدمات پشتیبانی و اجرایی و علمی مطالعه، فراهم کردن تجهیزات و نمونه‌های مطالعه، تحلیل و تفسیر نتایج، ارزیابی تخصصی دست‌نوشته از نظر مفاهیم کلی، تأیید دست‌نوشته نهایی جهت ارسال به دفتر مجله، مسؤولیت حفظ یکپارچگی فرایند انجام مطالعه از آغاز تا انتشار و پاسخگویی به نظرات داوران، امین مهنام، طراحی و ایده‌پردازی مطالعه، جذب منابع مالی برای انجام مطالعه، خدمات پشتیبانی و اجرایی و علمی مطالعه، فراهم کردن تجهیزات و نمونه‌های مطالعه، تحلیل و تفسیر نتایج، خدمات تخصصی آمار، ارزیابی تخصصی دست‌نوشته از نظر مفاهیم کلی، تأیید دست‌نوشته نهایی جهت ارسال به دفتر مجله، مسؤولیت حفظ یکپارچگی فرایند انجام مطالعه از آغاز تا انتشار و پاسخگویی به نظرات داوران، احمد عابدی، طراحی و ایده‌پردازی مطالعه، خدمات پشتیبانی و اجرایی و علمی مطالعه، فراهم کردن تجهیزات و نمونه‌های مطالعه، تأیید دست‌نوشته نهایی جهت ارسال به دفتر مجله، مسؤولیت حفظ یکپارچگی فرایند انجام مطالعه از آغاز تا انتشار و پاسخگویی به نظرات داوران، محمدعلی نظری، طراحی و ایده‌پردازی مطالعه، خدمات پشتیبانی و اجرایی و علمی مطالعه، خدمات تخصصی آمار، تأیید دست‌نوشته نهایی جهت ارسال به دفتر مجله، مسؤولیت حفظ یکپارچگی فرایند انجام مطالعه از آغاز تا انتشار و پاسخگویی به نظرات داوران را به عهده داشتند.

منابع مالی

این پژوهش بر اساس تحلیل ثانویه اطلاعات مستخرج از پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی با کد اخلاق IR.UI.REC.1396.021 و حمایت مالی دانشگاه اصفهان و ستاد توسعه علوم و فن‌آوری‌های شناختی تنظیم گردید. بررسی و انتشار این مقاله در مجله پژوهش در علوم توانبخشی با حمایت مالی پژوهشگاه فضای مجازی مرکز ملی فضای مجازی، حامی پنجمین همایش بین‌المللی بازی‌های کامپیوتری با رویکرد بازی‌های درمانی صورت گرفت. این پژوهشگاه در طراحی، تدوین و گزارش این مطالعه نقشی نداشت.

تعارض منافع

نویسندگان دارای تعارض منافع نمی‌باشند.

References

1. Dawson P, Guare R. Executive Skills in children and adolescents: A practical guide to assessment and intervention. 2nd ed. New York, NY: The Guilford Press; 2010.
2. Zuberer A, Brandeis D, Drechsler R. Are treatment effects of neurofeedback training in children with ADHD related to the successful regulation of brain activity? A review on the learning of regulation of brain activity and a contribution to the discussion on specificity. Front Hum Neurosci 2015; 9: 135.
3. Volkow ND, Wang GJ, Newcorn J, Fowler JS, Telang F, Solanto MV, et al. Brain dopamine transporter levels in treatment and drug naive adults with ADHD. Neuroimage 2007; 34(3): 1182-90.
4. Jones SR, Gainetdinov RR, Wightman RM, Caron MG. Mechanisms of amphetamine action revealed in mice lacking the dopamine transporter. J Neurosci 1998; 18(6): 1979-86.
5. Lubar JF, Shouse MN. EEG and behavioral changes in a hyperkinetic child concurrent with training of the sensorimotor rhythm (SMR): A preliminary report. Biofeedback Self Regul 1976; 1(3): 293-306.
6. Lubar J, Swartwood M, Swartwood J, Timmermann D. Quantitative EEG and Auditory Event-Related Potentials in the Evaluation of Attention Deficit/Hyperactivity Disorder: Effects of methylphenidate and implications for neurofeedback training. J Psychoeduc Assess 1994; 34: 143-60.
7. Lubar JO, Lubar JF. Electroencephalographic biofeedback of SMR and beta for treatment of attention deficit disorders in a clinical setting. Biofeedback Self Regul 1984; 9(1): 1-23.
8. Lubar JF. Discourse on the development of EEG diagnostics and biofeedback for attention-deficit/hyperactivity disorders. Biofeedback Self Regul 1991; 16(3): 201-25.
9. Clarke AR, Barry RJ, McCarthy R, Selikowitz M. EEG analysis in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: Acomparative

Proof Version

study of two subtypes. Psychiatry Res 1998; 81(1): 19-29.
10. G. Start, Started with.
11. Van DJ, Arns M, Heinrich H, Vollebregt MA, Strehl U, Loo K. Sustained effects of neurofeedback in ADHD: a systematic review and meta-analysis. Eur Child Adolesc Psychiatry 2019; 28(3): 293-305.
12. Sterman MB, Wyrwicka W, Howe R. Behavioral and neurophysiological studies of the sensorimotor rhythm in the cat. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 1969; 27(7): 678-9.
13. Granic I, Lobel A, Engels RCME. The benefits of playing video games. Am Psychol 2014; 69(1): 66-78.
14. Zohaib M. Dynamic Difficulty Adjustment (DDA) in computer games: A review. Advances in Human-Computer Interaction 2018; 2018: 5681652.
15. Chen J. Flow in games (and everything else). Commun ACM 2007; 50: 31-4.
16. Stein A, Yotam Y, Puzis R, Shani G, Taieb-Maimon M. EEG-triggered dynamic difficulty adjustment for multiplayer games. Entertain Comput 2018; 25: 14-25.
17. Hunicke R. The case for dynamic difficulty adjustment in games. Proceedings of the International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology (ACE 2005); 2005 Jun 15; Valencia, Spain. p. 429-33.
18. van der Pal J, Roos C, Sewnath G. Exploring adaptive game-based learning using brain measures. In: Sampson D, Ifenthaler D, Spector JM, Isaias P, editors. Digital Technologies: Sustainable Innovations for Improving Teaching and Learning. Cham, Switzerland: Springer International Publishing; 2018. p. 161-71.
19. Chowdhury MI, Katchabaw M. Bringing auto dynamic difficulty to commercial games: A reusable design pattern based approach. Proceedings of the18th International Conference on Computer Games: AI, Animation, Mobile, Interactive Multimedia, Educational and Serious Games (CGAMES); 2013 Jul 30-Aug 1; Louisville, KY, USA. p. 103-10.
20. Csikszentmihalyi M. Creativity: Flow and the psychology of discovery and invention. New York, NY: Harper Collins; 1996.
21. Shouse MN, Lubar JF. Physiological basis of hyperkinesis treated with methylphenidate. Pediatrics 1978; 62(3): 343-51.
22. Monastra VJ, Lynn S, Linden M, Lubar JF, Gruzelier J, LaVaque TJ. Electroencephalographic biofeedback in the treatment of attention-deficit/hyperactivity disorder. Appl Psychophysiol Biofeedback 2005; 30(2): 95-114.
23. Vidal JJ. Real-time detection of brain events in EEG. Proceedings of the IEEE 1977; 65(5): 633-41.
24. Jasper HH. Report of the committee on methods of clinical examination in electroencephalography. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 1958; 10(2): 370-5.

Proof Version

DOI: 10.22122/jrrs.v15i1.3445 Published by Vesnu Publications

Dynamic Difficulty Adjustment of a Cognitive Game Based on Neurofeedback in Order to Help Treat Attention Deficit Hyperactivity Disorder

Mina Masoudi[1], Javad Rasti[2], Amin Mahnam[3], Ahmad Abedi[4], Mohammad Ali Nazari[5]

Original Article

Abstract

Introduction: Attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) is one of the most prevalent neurological disorders among the children and adolescents. Neurofeedback-based exercises, as a new method in non-pharmacological treatments, can help to improve their performance by modifying existing abnormalities in some of the brain frequency bands of these children. The aim of the present study was to develop and design a computer game as a platform for neurofeedback exercises by employing dynamic difficulty adjustment in the game design.

Materials and Methods: This study was carried out to evaluate the dynamic difficulty setting in the game and measuring the satisfaction of play with dynamic difficulty versus static difficulty in 4 sessions on 6 participants of 20 to 26 years. They graded their experience in each session from 1-10 depending on the amount of enjoyment. Then, 2 boys of 12 and 13 years with ADHD participated by playing the game for 10 sessions.

Results: There was a significant difference between the participants' satisfaction with dynamic difficulty versus static difficulty (P = 0.002). Moreover, the game had a positive impact on improving brain function in children with ADHD.

Conclusion: The results showed that children were attracted and motivated to use the game for treatment. Adjusting the challenges based on the individual skills maintained the user's motivation from the beginning to the end of the game, and enhanced user's enjoyment and motivation to continue the therapy.

Keywords: Attention deficit hyperactivity disorder (ADHD), Computer games, Neurofeedback, Dynamic difficulty adjustment (DDA)

Citation: Masoudi M, Rasti J, Mahnam A, Abedi A, Nazari MA. **Dynamic Difficulty Adjustment of a Cognitive Game Based on Neurofeedback in Order to Help Treat Attention Deficit Hyperactivity Disorder.** J Res Rehabil Sci 2019; 15(1): 28-36.

Received: 27.01.2019 Accepted: 01.03.2019 Published: 04.04.2019

Proof Version

1- Department of Biomedical Engineering, School of Engineering, University of Isfahan, Isfahan, Iran
2- Assistant Professor, Department of Biomedical Engineering, School of Engineering, University of Isfahan, Isfahan, Iran
3- Associate Professor, Department of Biomedical Engineering, School of Engineering, University of Isfahan, Isfahan, Iran
4- Associate Professor, Department of Psychology of Children with Special Needs, School of Education and Psychology, University of Isfahan, Isfahan, Iran
5- Associate Professor, Department of Cognitive Neuroscience, School of Educational Sciences and psychology, University of Tabriz, Tabriz, Iran
Corresponding Author: Mina Masoudi; Department of Biomedical Engineering, School of Engineering, University of Isfahan, Isfahan, Iran; Email: massoudi.mina@yahoo.com