

بسمه تعالی



فراخوان توسعه فناوری:

توانبخشی هوشمند

دانشگاه صنعتی شریف – مرکز موفقیان

دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی

آذر ۹۷

۱ مقدمه

منظور از توانبخشی هوشمند در این فراخوان، بکارگیری فناوریهای نوین مانند واقعیت مجازی، بیوفیدبک، پردازش سیگنال، هوش ماشینی و در راستای افزایش میزان کنترل، نظارت، اندازه گیری و انطباق با بیمار در فرایندهای توانبخشی حسی-حرکتی شناختی است.

در این راستا مرکز موفقین در چند سال گذشته اقدام به توسعه یک زیرساخت فناورانه برای پیاده سازی طیف وسیعی از فرایندهای توانبخشی حرکتی شناختی بصورت هوشمند نموده است. این زیر ساخت متشکل است از مجموعه ای از سخت افزارها و نرم افزارهاست که قابلیت برنامه ریزی و تدوین بسته های تمرین درمانی متنوع برای بیماریهای مختلف را دارد.

در حال حاضر، طرحی بصورت مشترک با دانشگاه علوم پزشکی ایران در دست انجام است تا از این سامانه برای توانبخشی حرکتی-شناختی بیماران پارکینسون استفاده گردد.

در انتهای این متن گزارشی کوتاه از قابلیتهای این سامانه و برخی از فعالیتهایی که قبلا بر روی این سامانه پیاده سازی شده است ارائه گردیده است.

۲ هدف

هدف از این فراخوان، حمایت از پروژه هایی است که با بهره گیری از قابلیتهای این سامانه بتوانند برنامه های جامعی برای تمرین درمانی و ارزیابی بیماری های مختلف ارائه نمایند. پروژه های پیشنهادی شامل دو بخش اصلی خواهند بود:

- تدوین و طراحی پروتکلهای ارزیابی و درمان در چارچوب توانمندیهای فنی این سامانه و در صورت نیاز ایجاد نرم افزارهای جدید و یا اعمال تغییر در نرم افزارهای فعلی.
- ارزیابی بالینی پروتکلهای تدوین یافته و ارائه شواهد آماری مبنی بر اثر بخشی آنها

با انجام دو مرحله فوق، میتوان امید داشت که محصول پروژه در آستانه ورود به بازار قرار گیرد.

۳ چارچوب همکاری دانشگاه و مرکز موفقیان

پروژه ها بصورت مشترک از طرف دانشگاه و مرکز موفقیان حمایت خواهد شد. تامین تجهیزات نرم افزاری و سخت افزاری مربوط به سامانه و پیاده سازی پروتکلهای طراحی شده از جانب مرکز موفقیان تامین اعتبار خواهد شد و بخش طراحی و تدوین پروتکل و ارزیابی بالینی آن از جانب دانشگاه حمایت خواهد گردید.

انتظار می رود نتیجه هر پروژه یک بسته نرم افزاری شامل برنامه ارزیابی ها و تمرین درمانی برای یک دوره درمانی معین (مثلا ۱۸ هفته) باشد که بر روی بستر سخت افزاری سامانه فوق الذکر اجرا خواهد شد. حقوق و مالکیت معنوی این بسته متعلق به دانشگاه علوم بهزیستی خواهد بود که طبق مقررات خود با مجری طرح تقسیم خواهد نمود.

۴ مدت اجرای طرح و

۵ شرح مختصری از اجزاء سامانه توانبخشی هوشمند

۵,۱ سامانه های سنجش، ارزیابی و تمرین دهی تعادل

سامانه های استاتیکی (میزان) و دینامیکی (سوبار) هوشمند سنجش و ارزیابی تعادل بدن انسان در توانبخشی با هدف نظارت بر تمرینات اندام تحتانی بیمار، تقویت حفظ تعادل وی و کمک به بازیابی حس انتقال وزن در پای ضعیف بیمار ساخته شده است. در سامانه میزان، از یک دستگاه بالانس بورد جهت تعیین موقعیت مرکز فشار (COP) و در سامانه سوبار از یک دستگاه تیلت بورد جهت تعیین موقعیت مرکز تعادل (COB) کاربر استفاده شده است. در طول انجام این تمرینات بیمار با حرکت بدن و یا اندام تحت درمان، وزن خود را به جهات مختلف سخت افزار منتقل کرده و با این انتقال وزن، دایره قرمز رنگی را که روی صفحه مانیتور نشان داده می-شود (مکان نما) در جهتهای مورد نظر به حرکت در می آورد.

در سامانه های میزان و سوبار و نحوه استفاده از آنها نشان داده شده است.



شکل ۱: سامانه میزان و نحوه استفاده از آن



شکل ۲: سامانه سوبار و نحوه استفاده از آن

کاربردها

افرادی که به دلیل بیماری‌هایی نظیر نوروپاتی، سکته مغزی، پارکینسون، ام اس یا سایر بیماری‌هایی که وضعیت تعادل افراد را در تحت تأثیر قرار می‌دهد، می‌توانند از این دستگاه استفاده کنند.

همچنین به دلیل آنکه هنگام کار با این دستگاه مفاصل و عضلات متعددی در اندام تحتانی فعال می‌شوند، از این وسیله با اهداف ورزشی و درمان آسیب‌ها و صدمات نیز استفاده می‌شود.

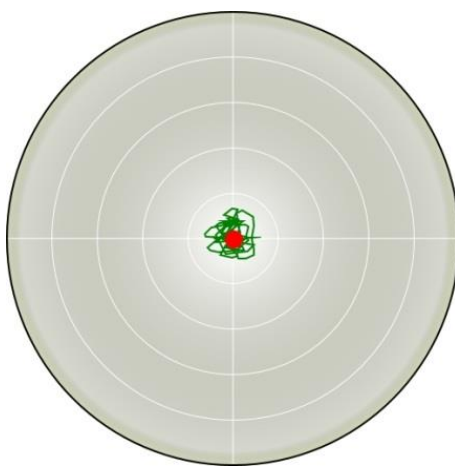
لازم به ذکر است که به دلیل طراحی سبک سخت افزار و نیز سهولت نرم‌افزار و واسط کاربری، این دستگاه هم در کلینیک و هم در منزل بیماران قابل استفاده می‌باشد.

فعالیت‌های توانبخشی پیاده سازی شده

ماژول‌های پیش‌بینی شده در نرم‌افزار این دستگاه به دو گروه تعادل استاتیکی و تعادل دینامیکی تقسیم‌بندی می‌شوند. در گروه اول، هدف ارزیابی توانایی کاربر در حفظ وضعیت تعادل خود و بهبود آن می‌باشد. تست‌ها و تمرین‌های طراحی شده در این بخش، بگونه‌ای است که انتظار می‌رود کاربر مرکز تعادل خود را در مدت زمان مشخصی در یک نقطه ثابت نگه‌دارد. گروه دوم شامل تست‌ها و تمرین‌هایی است که توانایی فرد را در کنترل مرکز تعادل خود هنگام جابجایی آن از یک نقطه به نقطه دیگر مورد ارزیابی می‌دهد.

Postural Stability

در این تست، مرکز تعادل کاربر بصورت یک نقطه قرمز رنگ روی تصویر نسان داده می‌شود (مطابق شکل زیر) و از وی درخواست می‌شود که این نقطه را تا حد امکان و با کمترین میزان جابجایی در مدت زمان تست در مرکز دایره نگه‌دارد.



شکل ۳: تست Postural Stability

نتایج این تست در قالب پارامترهای زیر ارائه می‌شود:

۱- Overall Stability Index: این پارامتر، شاخص تعادل استاتیکی فرد در تمامی جهات می‌باشد. این

پارامتر، عدد مثبتی بوده و کوچکتر شدن آن، به معنای بهبود در وضعیت تعادل فرد می‌باشد.

$$\sqrt{\frac{\sum (X_0 - X_n)^2 + \sum (Y_0 - Y_n)^2}{N}}$$

در فرمول این پارامتر، (X_0, Y_0) مختصات نقطه هدف و (X_n, Y_n) مختصات لحظه ای COB یا COP است. N، تعداد کل داده‌ها در تست می‌باشد.

۲- Anterior/Posterior Stability Index: این پارامتر، شاخص تعادل استاتیکی فرد در جهت جلو-عقب می‌باشد. این پارامتر، عدد مثبتی بوده و کوچکتر شدن آن، به معنای بهبود در وضعیت تعادل فرد می‌باشد.

$$\sqrt{\frac{\sum (Y_0 - Y_n)^2}{N}}$$

۳- Medial/Lateral Stability Index: این پارامتر، شاخص تعادل استاتیکی فرد در جهت چپ-راست می‌باشد. این پارامتر، عدد مثبتی بوده و کوچکتر شدن آن، به معنای بهبود در وضعیت تعادل فرد می‌باشد.

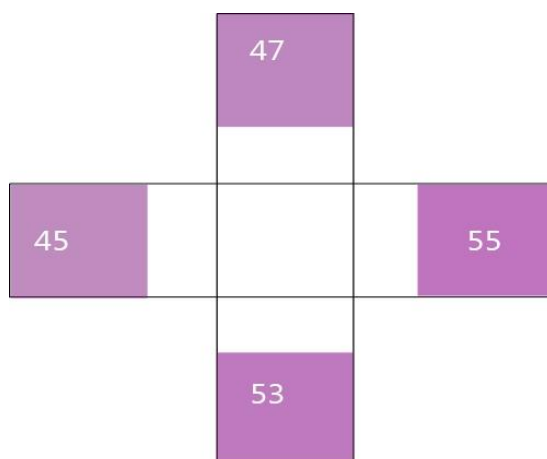
$$\sqrt{\frac{\sum (X_0 - X_n)^2}{N}}$$

۴- Quadrant Percent: این پارامتر که در قالب چهار عدد از صفر تا ۱۰۰ بیان می‌شود، درصد زمانی که مرکز تعادل در هریک از ربع‌های مختصات بوده است را نشان می‌دهد.

۵- Circular Zone Percent: این پارامتر که در قالب پنج عدد از صفر تا ۱۰۰ بیان می‌شود، درصد زمانی که مرکز تعادل درون هریک از دوایر متحدالمرکز بوده است را نشان می‌دهد.

Weight Bearing

در این تست، درصد وزن اندازی کاربر در چهار جهت جلو، عقب، چپ و راست در قالب یک عدد نمایش داده می‌شود (مطابق شکل زیر) و از وی درخواست می‌شود که درصد وزن خود را در هریک از جهات جلو-عقب و چپ-راست بصورت ۵۰-۵۰ تقسیم کند.



شکل ۴: تست Percent Weight Bearing

درصد وزن اندازی در این تست در هریک از جهات به پنج ناحیه تقسیم‌بندی می‌شود که در جدول زیر آمده است.

جدول ۱

شماره ناحیه	درصد وزن سمت راست	درصد وزن سمت چپ	درصد زمانی COP در هر ناحیه
۱	۴۵ تا ۵۰	۵۰ تا ۵۵	A
۲	۳۵ تا ۴۵	۵۵ تا ۶۵	B
۳	۲۵ تا ۳۵	۶۵ تا ۷۵	C
۴	۱۵ تا ۲۵	۷۵ تا ۸۵	D
۵	صفر تا ۱۵	۸۵ تا ۱۰۰	E

همچنین می‌توان امتیازی بر اساس زمان وجود COP در هر ناحیه ارائه کرد به این صورت که برای هریک از نواحی ضربی در نظر گرفت. مثلاً برای ناحیه ۱ ضرب ۵، برای ناحیه ۲ ضرب ۴، برای ناحیه ۳ ضرب ۳، برای ناحیه ۴ ضرب ۲ و برای ناحیه ۵ ضرب ۱ در نظر گرفت. به این ترتیب می‌توان زمان‌ها را نرمال کرده و تبدیل به یک امتیاز نمود.

$$\text{Score} = \frac{A \times 5 + B \times 4 + C \times 3 + D \times 2 + E \times 1}{5}$$

نتایج این تست در قالب پارامترهای زیر ارائه می‌شود:

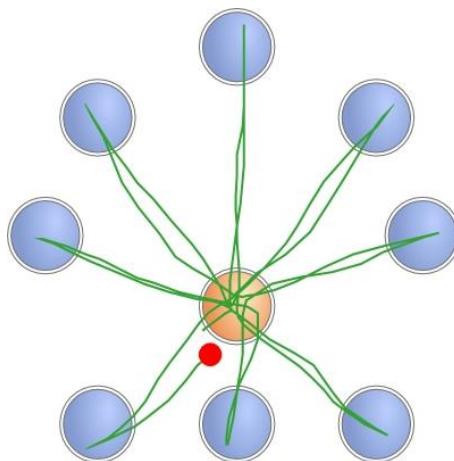
۱- Anterior/Posterior Stability Index: این پارامتر، شاخص تعادل استاتیکی فرد در جهت جلو-عقب می‌باشد. این پارامتر از ۲۰ تا ۱۰۰ متغیر بوده و بزرگتر شدن آن به معنای بهبود در وضعیت تعادل فرد می‌باشد.

۲- Medial/Lateral Stability Index: این پارامتر، شاخص تعادل استاتیکی فرد در جهت چپ-راست می‌باشد. این پارامتر از ۲۰ تا ۱۰۰ متغیر بوده و بزرگتر شدن آن به معنای بهبود در وضعیت تعادل فرد می‌باشد.

۳- درصد زمانی مربوط به نواحی وزن اندازی در هریک از جهات Anterior/Posterior و Medial/Lateral در قالب یک نمودار میله‌ای نشان داده می‌شود.

Limits of Stability

در این تست، هشت نقطه در راستاهای مختلف در نظر گرفته شده است (مطابق شکل زیر) که بصورت تصادفی به حالت چشمک زن درآمده و از کاربر درخواست می‌شود تا مرکز تعادل خود را بگونه‌ای به سمت آن نقاط حرکت دهد که مسیر طی شده توسط مرکز تعادل وی، به خط مستقیمی که هدف کنونی را به هدف بعدی متصل می‌کند، نزدیک باشد.



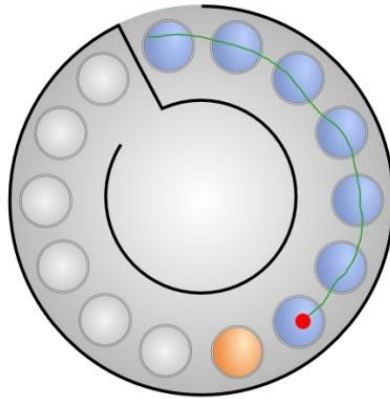
شکل ۵ تست Limits of Stability

نتایج این تست در قالب پارامترهای زیر ارائه می‌شود:

۱- Overall Stability Index: این پارامتر، شاخص تعادل دینامیکی فرد در تمامی جهات می‌باشد. این پارامتر، عدد مثبت و بزرگتر از یک بوده و کوچکتر شدن آن، به معنای بهبود در وضعیت تعادل فرد می‌باشد. این شاخص بصورت نسبت مجموع فواصل مستقیم هدف مرکزی با سایر اهداف به طول مسیر پیموده شده توسط فرد محاسبه می‌گردد.

Maze Control

در این تست، چهارده نقطه در بر روی محیط یک دایره در نظر گرفته شده است (مطابق شکل زیر) که یکی پس از دیگری به حالت چشمک زن درآمده و از کاربر درخواست می‌شود تا مرکز تعادل خود را بگونه‌ای به سمت آن نقاط حرکت دهد که مسیر طی شده توسط مرکز تعادل وی، به دایره‌ای که مرکز این دایره روی آنها قرار دارد، نزدیک باشد.



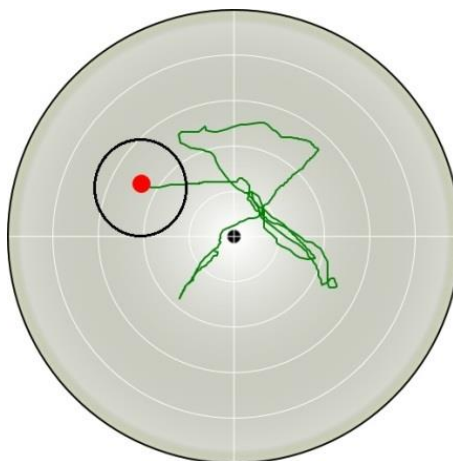
شکل ۶: تست Maze Control

نتایج این تست در قالب پارامترهای زیر ارائه می‌شود:

۱- Overall Stability Index: این پارامتر، شاخص تعادل دینامیکی فرد در تمامی جهات می‌باشد. این پارامتر، عدد مثبت و بزرگتر از یک بوده و کوچکتر شدن آن، به معنای بهبود در وضعیت تعادل فرد می‌باشد. این شاخص بصورت نسبت مسیر ایده‌آل به مسیر پیموده شده توسط مرکز تعادل بیمار محاسبه می‌شود. منظور از مسیر ایده‌آل محیط دایره‌ای است که نقاط هدف روی آن قرار دارند.

Random Control

در این تست، دایره متحرکی بر روی صفحه بصورت تصادفی در حال حرکت است و از کاربر درخواست می‌شود که مرکز تعادل خود را در درون این دایره نگه‌دارد.



شکل ۷: تست Random Control

نتایج این تست در قالب پارامترهای زیر ارائه می‌شود:

۱- Overall Stability Index: این پارامتر، شاخص تعادل دینامیکی فرد در تمامی جهات می‌باشد. این پارامتر، عدد مثبتی بوده و کوچکتر شدن آن، به معنای بهبود در وضعیت تعادل فرد می‌باشد. این شاخص به کمک همان فرمولی که در تست Postural Stability ارائه شد محاسبه می‌شوند با این تفاوت که مختصات نقطه هدف، بجای نقطه (۰،۰) مرکز دایره متحرک می‌باشد.

۵،۲ سامانه تصویری سنجش و ارزیابی حرکات بدن

این محصول، یک سامانه توانبخشی مبتنی بر تصاویر دریافتی از دوربین دستگاه است. در صورتی که بیمار در مقابل دوربین دستگاه بایستد، حرکات اندام‌های فوقانی و تحتانی وی توسط دستگاه شناسایی می‌شود و بر اساس برنامه‌ای از قبل تنظیم شده تمرینات مورد نظر را به فرد می‌دهد. نرم افزار محصول قابلیت پیاده سازی تمرینهای متنوعی جهت بازتوانی و توانبخشی را داشته و علاوه بر آن قابلیت اندازه‌گیری محدوده حرکتی مفاصل را نیز دارا می‌باشد. این سیستم بر اساس دستورات پزشک، بیمار را به وسیله پیام‌های صوتی و تصویری در راستای انجام صحیح حرکات توانبخشی راهنمایی می‌کند. در شکل‌های صفحه بعد تصویری از دستگاه و سیستم در هنگام عملکرد نشان داده شده است. این دستگاه تمامی داده‌های حرکتی بیمار را ضبط و تحلیل می‌کند و در اختیار بیمار و درمانگر قرار می‌دهد. با استفاده از این داده‌ها وضعیت و روند بهبودی بیمار را می‌توان مورد بررسی قرار داد.

در شکل ۸ سامانه روناک و نحوه استفاده از آنها نشان داده شده است.



شکل ۸: سامانه روناک و نحوه استفاده از آن

این دستگاه برای بیماران ارتوپدیک و بیماران نورولوژیک (ام اس، پارکینسون، سکته مغزی) قابل استفاده می‌باشد. این سیستم برای بیماری‌هایی که دوره درمان بلندتری دارند به دلیل ایجاد جذابیت برای تمرینات

توانبخشی مزیت کاربردی بیشتری دارد. علاوه بر این، از این دستگاه می‌توان برای توانبخشی آسیب‌های ورزشی و پروژه‌های تحقیقاتی مختلف در حوزه توانبخشی استفاده نمود.

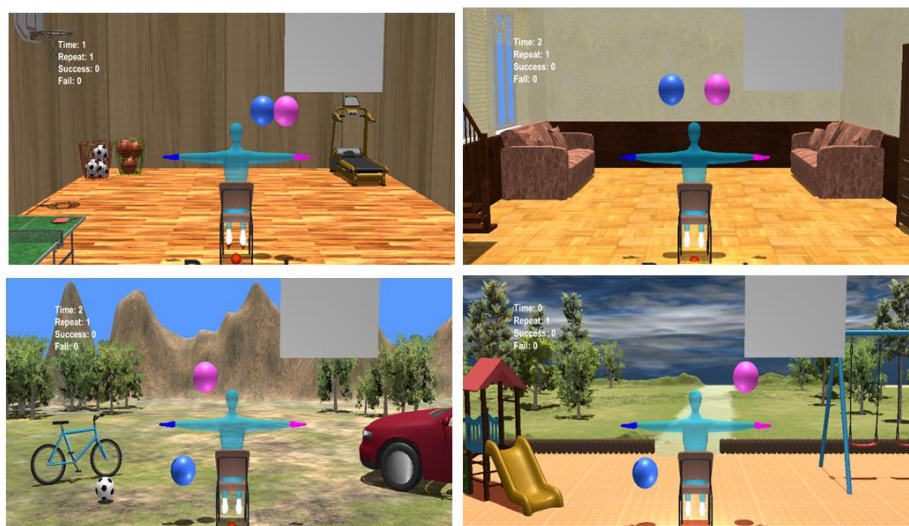
یکی از بزرگترین قابلیت‌های این دستگاه استفاده از آن در منزل بیمار و انجام تمرینات توانبخشی مورد نظر پزشک، در منزل توسط بیمار با نظارت دستگاه می‌باشد. انتقال این دستگاه به منزل بیمار و انجام تمرینات در منزل می‌تواند علاوه بر کاهش هزینه و زمان رفت و آمد بیمار به کلینیک، به دلیل افزایش مقدار تمرینات توانبخشی مزیت‌هایی در بهبود بیمار نیز داشته باشد.

نرم‌افزار کاربردی پیاده سازی شده

داده‌های گرفته شده توسط سیستم کینکت توسط یک رابط کاربری گرافیکی به بیمار نشان داده می‌شود و با استفاده از قابلیت‌های گرافیکی ایجاد شده و فیدبک‌هایی که به بیمار داده می‌شود بیمار در راستای انجام تمرینات مورد نظر درمانگر هدایت می‌شود. این نرم‌افزار به صورت کلی برای دو دسته از تمرینات شامل ریچینگ و ترکیب طراحی شده است. در تمرینات ریچینگ هدف رسیدن دست بیمار به یک نقطه خاص می‌باشد و در تمرینات ترکیب هدف دنبال کردن یک هدف توسط بیمار با سرعت ثابت و در مسیری تعیین شده است.

Reach

در این سری از فعالیتها توپ‌هایی به سمت بیمار آمده و در یک نقطه‌ی مشخص قرار می‌گیرند. بیمار باید با دستی که هم‌رنگ توپ است، به آن ضربه بزند. این تمرین که به صورت بازی طراحی شده است باعث افزایش دامنه‌ی حرکتی، تقویت عضلات و اعصاب حرکتی بیمار می‌شود. در این بازی مواردی مثل سرعت حرکت توپ‌ها، موقعیت قرارگیری آن‌ها، تعداد توپ‌ها، مدت زمان و میزان سختی بازی قابل تنظیم است علاوه بر این امکان ترکیب این فعالیت بصورت یک دستی، دو دستی، اضافه نمودن فعالیت‌های شناختی، و... وجود دارد.



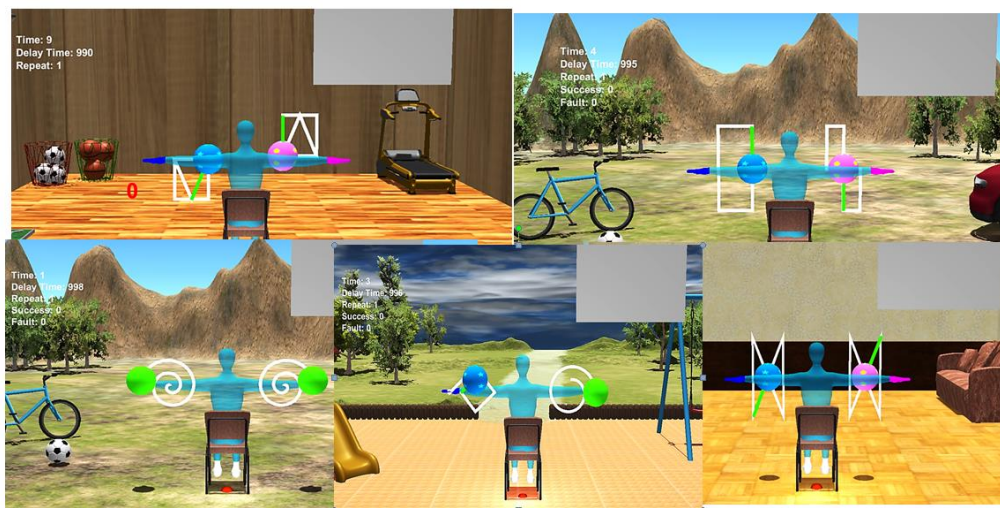
شکل ۹: نماهایی از صفحه بازی Reach

Random Reach

این فعالیت مانند فعالیت Reach است با این تفاوت که موقعیت قرارگیری توپ‌ها به صورت تصادفی توسط خود نرم‌افزار انتخاب می‌شود.

One Track

در این فعالیت، بیمار باید یک یا دو توپ رنگی را که در فضا نشان داده می‌شوند، با دست دنبال کند و مسیر رفت و برگشتی آن را طی کند. هر توپ با دست هم‌رنگ خود باید دنبال شود. در این فعالیت توپ‌ها تا وقتی حرکت می‌کنند که دست روی آن‌ها قرار داشته باشد و در صورتی که دست روی توپ نباشد، توپ‌ها متوقف شده و مسیر را طی نمی‌کنند. در این فعالیت، مواردی مثل تعداد توپ‌ها (یک یا دو که نشان می‌دهد هر دو دست در بازی شرکت دارند یا فقط با یک دست باید بازی را انجام داد)، اندازه و سرعت حرکت توپ‌ها، نوع مسیر حرکت و مدت زمان بازی، حجم فعالیت شناختی و... قابل تنظیم است.



شکل ۱۰: نماهایی از صفحه بازی One Track

Two Track

این فعالیت نیز مانند فعالیت OneTrack است با این تفاوت که وقتی دست‌ها برای اولین بار با توپ‌ها برخورد می‌کنند، توپ‌ها شروع به حرکت کرده و تا اتمام فعالیت متوقف نمی‌شوند، حتی اگر تماس دست و توپ قطع شود.