

# طراحی و ساخت یک ردیاب چشم به منظور توانبخشی معلولین در برقراری ارتباط با کامپیوتر

دیاکو مردانبگی<sup>۱\*</sup>، محمد رضا ملاک زاده<sup>۲</sup>

دانشجوی کارشناسی ارشد بیومکانیک، دانشکده مکانیک، دانشگاه علم و صنعت ایران<sup>۱</sup>

استادیار دانشکده مهندسی مکانیک، گروه بیومکانیک، دانشگاه علم و صنعت ایران<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> dmardanbeigi@mecheng.iust.ac.ir، <sup>۲</sup> mmallak@iust.ac.ir

چکیده - ارتباط به کمک چشم برای دسته‌ای از معلولین حرکتی تنها راه ارتباط با دیگران به شمار می‌رود. پیش از این، نخستین سیستم ردیاب حرکتی چشم آنلاین در ایران ساخته شده که امکان برقراری ارتباط معلولین حرکتی را با رایانه برقرار می‌سازد. در این مقاله، هدف ارزیابی کارایی و عملکرد این سیستم بر روی نمونه‌های واقعی یعنی معلولین حرکتی می‌باشد. همچنین میزان رضایت کاربران از سخت‌افزار و نرم‌افزار این سیستم نیز در این آزمایش مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. بدین منظور چند فعالیت در نظر گرفته شده است که افراد مورد نظر می‌بایستی آنها را به کمک ردیاب حرکات چشم و با چشمشان انجام بدهند. در این ارزیابی از ۱۰ معلول حرکتی استفاده شده است. ارزیابی بر اساس بررسی نحوه انجام این فعالیت‌ها، سرعت عمل، میزان خطا و همچنین به کمک پرسش‌نامه‌هایی انجام خواهد پذیرفت.

کلید واژه - ارتباط با کامپیوتر، تعقیب حرکات چشم، توانبخشی، ردیابی حرکات چشم (Eye tracking)

## ۱- مقدمه

یا عارضی در قوای جسمانی یاروانی فرد می‌باشد. علل اصلی و شایع معلولیت را می‌توان بصورت زیر دسته‌بندی نمود:

۱. بیماری‌های عصبی
۲. بیماری‌های استخوانی، عضلانی
۳. حوادث و تصادفات
۴. سایر بیماری‌ها

در برخی معلولیت‌های ناشی از سکنه‌های مغزی و یا بیماری‌هایی چون ای.ال.اس (ALS)، شخصی که ممکن است سالها همانند افراد عادی زندگی کرده و فعالیت‌های اجتماعی و حتی علمی خود را از طریق زبان، دست و ابزارهایی چون کامپیوتر انجام می‌داده، دچار عارضه شده و کنترل عضلات خود را از دست می‌دهد و این در حالیست که عضلات چشم او هنوز عادی بوده و او قادر به کنترل چشم خود می‌باشد. ارتباط به کمک چشم برای این دسته از معلولین حرکتی تنها راه ارتباط با دیگران به شمار می‌رود.

پیش از این اولین سیستم ردیاب حرکتی چشم بلادرنگ در ایران ساخته شده که هدف اصلی آن نیز توانبخشی معلولین بوده و از ویژگی‌های بارز آن طراحی مناسب سخت‌افزاری و نرم‌افزاری آن است [۳]. به منظور ارزیابی کارایی این سیستم و همچنین ارزیابی میزان رضایت کاربران از سخت‌افزار و نرم‌افزار ردیاب چشم ساخته شده چند فعالیت در نظر گرفته شده است که از ۱۰ فرد معلول خواسته شده آنها را به کمک دستگاه انجام بدهند. این فعالیت‌ها در محیط‌های

ردیابی حرکات چشم (Eye Gaze Tracking , EGT) به فرایندی گفته می‌شود که طی آن بتوان حرکات چشم شخص نسبت به سر او را اندازه‌گیری نمود و متعاقباً نقطه دید ناظر را پیدا کرد. وسیله‌ای را که بتوان با آن به این امر نایل آمد، ردیاب حرکات چشم و یا اختصاراً ردیاب چشم (Eye Tracker) گویند.

امروزه ردیاب‌های چشم هر چند هنوز در مرحله تحقیقاتی به سر می‌برند اما با این وجود کاربردهای فراوانی در زمینه‌های صنایع نظامی، پزشکی و توانبخشی، ارگونومی، بازاریابی و... پیدا کرده‌اند.

از مهمترین کاربردهایی که می‌توان به آن اشاره نمود، استفاده از ردیاب‌های چشم در Human-Computer Interaction (HCI) به عنوان یک ابزار ارتباط با کامپیوتر همچون موس و صفحه‌کلید است. برای مثال ردیابی چشم امکان ارتباط با کامپیوتر و کنترل آن توسط چشم را فراهم می‌نماید [1]. یکی از کاربردهای آن انجام سریع‌تر کارها با یک ردیاب چشم در کنار ماوس و صفحه‌کلید می‌باشد. بدیهی است که چنین ابزاری می‌تواند نقش مهمی در توانبخشی معلولین حرکتی ایفا نماید [2]. امکان برقراری ارتباط فرد ناتوان با کامپیوتر و با دیگران به کمک یک ردیاب حرکات چشم، می‌تواند بسیار حائز اهمیت باشد. معلولیت به ناتوانی در انجام تمام یا قسمتی از ضروریات عادی زندگی فردی یا اجتماعی گفته می‌شود که علت آن وجود یک نقص مادرزادی

عینکی نیز قابل استفاده می باشد.

## ۲-۲- نرم افزار

در نرم افزاری که برای این سیستم طراحی گردیده عملیات گرفتن کردن تصویر (Capturing) و پردازش آن انجام شده و خروجی اصلی آن منتقل کردن نشانگر (کرسر) در صفحه نمایش به نقطه دید شخص است.

قابلیت کلیک کردن توسط چشم نیز در نرم افزار برای معلولینی که کلیک کردن توسط دست نیز برای آنها مقدور نمی باشد در نظر گرفته شده است. این کار با چهار متد مختلف امکان پذیر می باشد که دو متد آن در این ارزیابی استفاده گردیده است:

۱. متد مکث (Dwell Time)
۲. متد پلک زدن و مکث

در متد مکث، نگهداشتن چشم بر روی نقطه مورد نظر برای یک مدت زمان مشخص و قابل تنظیم و در متد دیگر پلک زدن بر روی یک نقطه و اندکی مکث پس از آن به منزله کلیک فرض می شود.

در اینجا سه بخش از نرم افزار که در ارزیابی استفاده شده است، معرفی می گردد. صفحه مربوط به تایپ که حروف الفبا در آن چیده شده و با کلیک بر روی هر کدام حرف مربوطه تایپ می شود. صفحه مربوط به زبان فارسی در شکل ۲ نشان داده شده است. شایان ذکر است که در صفحه مربوط به تایپ انگلیسی، امکان خوانده شدن متن تایپ شده نیز توسط رایانه وجود دارد.



شکل ۲: صفحه مربوط به تایپ فارسی نرم افزار

بخش دیگر مربوط به بازی و سرگرمی بوده که در این بخش تعداد زیادی بازی و سرگرمی در رابطه با هوش، حافظه و غیره که همگی تنها با کمک چشم قابل اجرا می باشند گنجانده شده است. با کمک منوی اصلی این صفحه کاربر می تواند به بازی قبل و بعد رفته و یا از این بخش خارج گردد.

چندسائنه ای، تایپ و سرگرمی انجام می شود و ارزیابی بر اساس بررسی نحوه انجام این فعالیت ها، سرعت عمل، میزان خطا و همچنین به کمک پرسش نامه هایی انجام خواهد پذیرفت. یک فرم پرسش نامه الهام گرفته از پرسش نامه (NASA Task Load Index (TLX) [4] بوده و برای ارزیابی میزان پیچیدگی محیط نرم افزار از آن استفاده می کنیم. همچنین به کمک دو فرم پرسش نامه دیگر که آنها نیز بر پایه Q.U.I.S interface evaluation [5] و Psychometric Evaluation [6] بوده به ارزیابی میزان رضایت کاربر از سیستم و میزان کارایی آن برای فرد معلول، از دیدگاه خود او می پردازیم.

## ۲- ردياب چشم ساخته شده

ردیاب ساخته شده از نوع قابل نصب بر روی سر بوده و بر اساس تصاویر ویدئویی گرفته شده از چشم و متد بازتاب قرنیه-مردمک کار می کند. (برای آشنایی بیشتر با این متد به مرجع [7] مراجعه شود). در اینجا بصورت خلاصه سخت افزار و نرم افزار سیستم مذکور را معرفی می نماییم.

## ۲-۱- سخت افزار

تصویر توسط یک دوربین بی سیم در فاصله مشخصی از چشم گرفته شده و به کامپیوتر ارسال می گردد. امکان نصب این دوربین کوچک و سبک با چند نوع مکانیزم مختلف بر روی سر کاربر وجود دارد.



شکل ۱: دو طراحی مختلف جهت سخت افزار دستگاه، در تصویر بالا نوع همدند و در تصویر پایین نوع عینکی آن دیده می شود.

ساده به بدنه یک عینک سبک متصل بوده و منبع تغذیه آن یک باتری کتابی ساده می باشد. مکانیزم ذکر شده چند درجه آزادی برای دوربین فراهم نموده تا براحتی بتوان موقعیت دوربین را تنظیم نمود. تصویر از پایین چشم گرفته می شود بطوریکه دوربین در میدان دید شخص قرار نمی گیرد. شایان ذکر است که این سیستم براحتی توسط افراد

رندوم انتخاب شده و امکان حرکت نشانگر در صفحه با چشم فعال می‌گردد.

گام نخست رفتن به صفحه تایپ و تایپ جمله "به نام خداوند بخشنده مهربان" می‌باشد.

پس از آن کاربر از محیط تایپ خارج شده و از او خواسته می‌شود تا به پرسش‌نامه اول پاسخ دهد. تایپ جمله و پاسخ به پرسش‌نامه اول را یک بار دیگر با متد دوم کلیک انجام می‌دهیم.

پس از آن شخص با متد کلیک به کمک پلک که در دو محیط دیگر قابل کنترل تر می‌باشد، دو فعالیت دیگر را انجام می‌دهد. به محیط بازی رفته و تا چند مرحله یک بازی خاص را انجام می‌دهد و پس از آن به محیط چندرسانه‌ای رفته و در این محیط ابتدا یک آلبوم صوتی و یک آهنگ را انتخاب کرده، ولوم را زیاد نموده، سپس یک آلبوم تصویر انتخاب نموده و در آلبوم مربوطه به دیدن چند عکس می‌پردازد.

پس از خروج از این محیط نیز به دو پرسش‌نامه دیگر پاسخ می‌دهد.

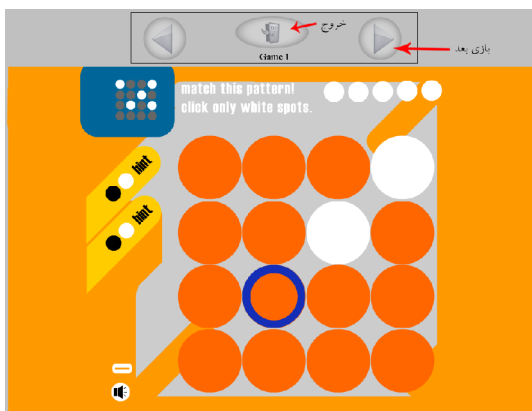
#### ۴- نتایج و جمع بندی

افراد مورد نظر هر سه فعالیت تعیین شده را بخوبی انجام دادند. تایپ جمله هر چند که در برخی موارد کند بوده و یا نیاز به پاک کردن اشتباهات می‌بود اما در مجموع قابل قبول بود. محیط بازی و چندرسانه‌ای نرم افزار نیز برای افراد بسیار جذاب می‌نمود.

مدت زمان مکث برای کلیک در محیط تایپ ۱۵۰۰ میلی‌ثانیه تنظیم شده بود که برخی افراد آن را بسیار کند می‌دانستند. سرعت تایپ با پلک زدن بطور میانگین ۳۰ حرف در دقیقه و با مدت زمان مکث ۱۵۰۰ میلی‌ثانیه ۴۰ حرف در دقیقه می‌باشد.

در ۲ مورد به دلیل حرکت زیاد سر نیاز به چندین مرحله کالیبراسیون داشته و در یک مورد به دلیل باریک بودن چشم و تصویر نامناسب مردمک، تنظیمات اولیه حدود ۱۰ دقیقه به طول انجامید.

پاسخ افراد مورد آزمایش به پرسش‌نامه‌ها بصورت نمودار جعبه‌ای (Box and Whisker Plot) در زیر آورده شده است. نمودار جعبه‌ای نموداری است که به کمک معیارهای مرکزی و پراکندگی، موقعیت مجموعه داده‌ها را به شکلی بسیار گویا و مفید ارائه می‌دهد. در این نمودار با یک مستطیل (باکس) و یک خط در داخل آن، چارکهای اول و سوم و میانه رسم نشان داده می‌شود. همچنین کمترین و بیشترین اندازه مشاهده شده با استفاده از دو خط (ویسکر) در دو طرف مستطیل نشان داده می‌شود. در هر نمودار سوال و پاسخ افراد به آن دیده می‌شود.



شکل ۳: محیط مربوط به بازی و سرگرمی

بخش دیگری که در نرم‌افزار گنجانده شده است، یک محیط چندرسانه‌ای بوده که در آن امکان استفاده از فایل‌های صوتی و تصویری توسط کاربر وجود دارد. در این محیط کاربر می‌تواند آلبوم‌های تصویری و صوتی و فایل‌های موجود در آنها را انتخاب نماید.

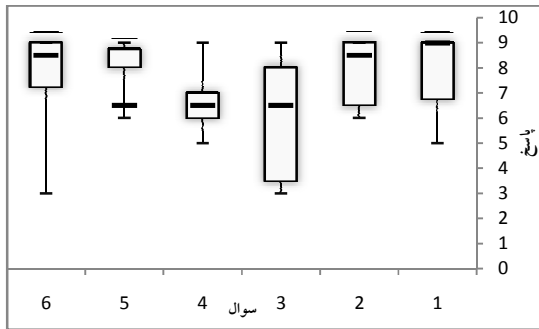


شکل ۴: محیط چندرسانه‌ای نرم‌افزار

#### ۳- ارزیابی

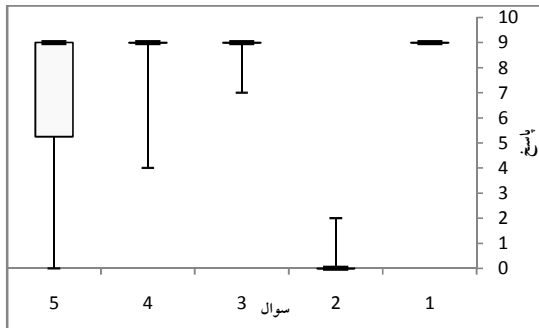
در این آزمایش از ۱۰ نفر معلول استفاده نموده‌ایم که این افراد رده سنی ۱۵ تا ۳۵ سال داشته و همگی با کامپیوتر آشنایی حداقل جزئی داشته و با مفاهیم اولیه آن آشنا بودند. ۳ نفر از آنها مشکل تکلم داشته و برخی دیگر از ناحیه گردن نیز دچار مشکل بوده و به سختی سر خود را در مقابل صفحه نمایش بدون حرکت و یا صاف نگه می‌داشتند. ارزیابی در طول سه روز در یکی از مراکز توانبخشی تهران صورت پذیرفته و روند آن بصورت زیر می‌باشد.

ابتدا شخص را با سیستم مذکور، عملکرد آن و سه بخش مورد نظر در ارزیابی آشنا نموده و ترتیب انجام مراحل را به او آموزش می‌دهیم. سپس او را در مقابل صفحه نمایشگر و در صورت تمایل بر روی یک صندلی پشتی بلند که بتواند سر خود را راحت به آن تکیه دهد می‌نشانییم. پس از تنظیمات اولیه دوربین و نرم‌افزار، مرحله کالیبراسیون را انجام داده، بگونه‌ای که ۱۶ نقطه در صفحه نمایش ظاهر شده و کاربر می‌بایستی به آنها نگاه کند. پس از آن یکی از دو متد کلیک بصورت



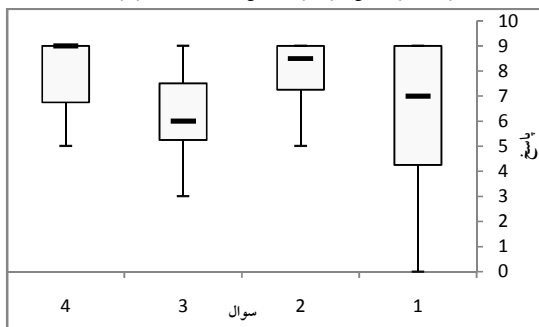
شکل ۷: پاسخ کلی دربارهٔ نرم‌افزار در پرسش‌نامهٔ دوم

۱. حروف موجود در صفحه (خوانا/ناخوانا) (۰/۱۰)
۲. برجسته شدن اجزاء با تغییر رنگ آنها به انجام بهتر فعالیت (کمک نمی‌کند/کمک می‌کند) (۰/۱۰)
۳. ترتیب و چینش اجزاء و اطلاعات در صفحه (واضح/گمراه کننده) (۰/۱۰)
۴. یادگیری کار با سیستم (راحت/دشووار) (۰/۱۰)
۵. یادگیری بخش‌های مختلف با سعی و خطا (راحت/دشووار) (۰/۱۰)



شکل ۸: پاسخ کلی دربارهٔ ظاهر نرم‌افزار و یادگیری آن در پرسش‌نامهٔ دوم

۱. سرعت سیستم (به اندازهٔ کافی سریع/کند) (۰/۱۰)
۲. قابلیت اعتماد (قابل اطمینان/غیر قابل اطمینان) (۰/۱۰)
۳. درست کردن اشتباهات (ساده/دشووار) (۰/۱۰)
۴. نیاز کاربران باتجربه و بی‌تجربه برآورده می‌شود (همیشه/هرگز) (۰/۱۰)

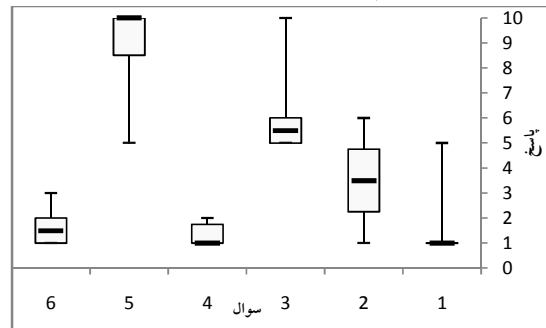


شکل ۹: پاسخ کلی دربارهٔ قابلیت‌های نرم‌افزار در پرسش‌نامهٔ دوم

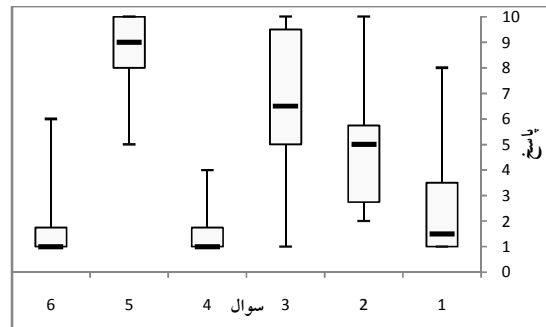
### پرسش‌نامه اول با سؤالاتی مشابه سولات پرسش‌نامهٔ

#### : NASA Task Load Index (TLX)

۱. کار با نرم افزار ساده است یا دشوار؟ (دشووار/ساده) (۱/۱۰)
۲. چه مقدار فعالیت جسمی برای کار با نرم افزار نیاز است؟ (زیاد/کم) (۱/۱۰)
۳. برای انجام یک فعالیت عملکرد نرم افزار کند بود یا سریع؟ (سریع/کند) (۱/۱۰)
۴. کار با نرم‌افزار و یادگیری درست یک فعالیت در آن چقدر دشوار به نظر می‌رسد؟ (دشووار/ساده) (۱/۱۰)
۵. در انجام اهدافی که برای شما تعیین شده بود، چقدر موفق بودید؟ (موفق/ناموفق) (۱/۱۰)
۶. در حین انجام یک فعالیت چه مقدار احساس نارضایتی، هل شدن و فشار روحی می‌کردید؟ (زیاد/کم) (۱/۱۰)



شکل ۵: پاسخ به پرسش‌نامهٔ اول در حالت کلیک با پلک



شکل ۶: پاسخ به پرسش‌نامهٔ اول در حالت کلیک با مگت

### پرسش‌نامهٔ دوم با سؤالاتی مشابه سولات پرسش‌نامهٔ

#### : Q.U.I.S interface evaluation

۱. خیلی خوب / ۹ / بیخود
۲. آسان / ۹ / دشوار
۳. راضی کننده / ۹ / خسته کننده
۴. توانمندی بالا / ۹ / توانمندی کم
۵. مهیج / ۹ / بیحال
۶. قابل انعطاف / ۹ / خشک

you look at is what you get”, ACM Transactions on Information Systems, vol. 9, no. 2, pp. 152.169, 1991.

- [2] P. Majaranta and K. Raiha, “Twenty years of eye typing: systems and design issues”, in Proceedings of the symposium on Eye tracking research and applications, New Orleans, Louisiana, USA, pp. 15. 22, March 2002.

[۳] دیاکو مردان‌بگی، محمدرضا ملاکزاده، " طراحی و ساخت یک ردیاب چشم به منظور توانبخشی معلولین در برقراری ارتباط با کامپیوتر"، پانزدهمین کنفرانس مهندسی پزشکی ایران، دانشگاه آزاد مشهد، ایران (ارائه فارسی)

- [4] Human Performance Research Group, *NASA TASK LOAD INDEX (TLX)*, NASA Ames Research Center, Moffett Field, California

- [5] Chin, J. P., Diehl, V. A, Norman, K. (Sept. 1987) Development of an instrument measuring user satisfaction of the human-computer interface, Proc. ACM CHI '88 (Washington, DC) 213-218. CSTR- 1926, CAR-TR-328

- [6] Lewis, J. R. (1995) IBM Computer Usability Satisfaction Questionnaires: Psychometric Evaluation and Instructions for Use. International Journal of Human-Computer Interaction, 7:1, 57-78.

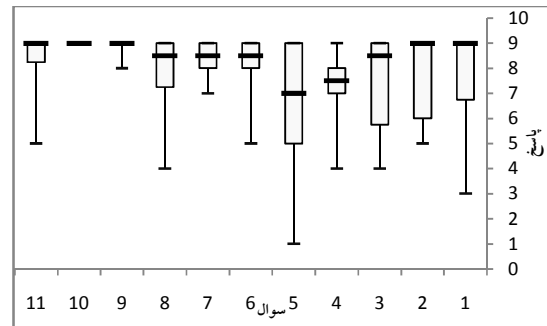
- [7] C.H. Morimoto, Marcio R.M. Mimica, " Eye gaze tracking techniques for interactive applications", Computer Vision and Image Understanding 98, pp. 4-24, 2005.

پرسش‌نامه سوم با سوالاتی مشابه سوالات پرسش‌نامه

### : IBM Psychometric Evaluation

۱. در مجموع من از سادگی کار با دستگاه ساخته شده راضی هستم.
۲. کار با دستگاه بسیار راحت است.
۳. من فعالیت‌های مورد نظر را می‌توانم بصورت موثر با این سیستم به انجام برسانم.
۴. من می‌توانم با این سیستم به سرعت کارم را به اتمام برسانم.
۵. من در هنگام استفاده از دستگاه احساس راحتی می‌نمایم.
۶. یادگیری کار کردن با سیستم راحت است.
۷. در صورت بروز اشتباه به سرعت می‌توانم آن را برطرف سازم.
۸. چیتش اطلاعات در صفحه بسیار واضح است.
۹. محیط نرم‌افزار خوشایند و جذاب است.
۱۰. من از کار کردن با این دستگاه لذت می‌برم.
۱۱. در مجموع من از سادگی کار با دستگاه ساخته شده راضی هستم.

پاسخ به این سوالات به صورت ( به شدت موافق /۱۰ به شدت مخالف ) می‌باشد.



شکل ۱۰: پاسخ کلی درباره سیستم ساخته شده با پرسش‌نامه سوم

## ۵- نتیجه‌گیری

با توجه به پاسخ افراد به پرسش‌های بالا، اجمالاً از لحاظ سادگی و دشواری، افراد کار با سیستم مذکور را ساده ارزیابی نموده‌اند.

از لحاظ رضایت آنها از سیستم و مفید بودن دستگاه برای معلولین نیز طبق پاسخ افراد به سوالات مطرح شده در هر سه پرسش‌نامه، شاهد هستیم که سیستم ردیاب حرکات چشم ساخته شده در رابطه با توانبخشی معلولین حرکتی در برقراری ارتباط با رایانه و محیط اطراف، نقش بسیار مفید و کارآمدی خواهد داشت.

## ۶- سپاسگزاری

در اینجا جای دارد که از آقای رضایی مدیر محترم مجتمع توانبخشی ملانک که امکانات مرکز را بی‌دریغ برای انجام این کار پژوهشی در اختیار ما قرار دادند صمیمانه تشکر نماییم.

## ۷- مراجع

- [1] R. Jacob, “The use of eye movements in humancomputer interaction techniques: what