دریافت مقاله: ۹۲/۰۹/۰۹
پذیرش نهایی: ۹۳/۰۷/۲۶
http: //jte.srttu.edu
ISSN: 2345 – 5462

پژوهشی _ نشریه علمی
فنـــاوری آمـــوزش
جـــلـد ۹، شـــماره ۴، تابستان ۱۳۹۴ صص ۲۶۵ الی ۲۷۲

دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی

استفاده از فناوری واقعیت مجازی و یک ربات هپتیکی جهت آموزش به دانش‌آموزان نابینا

سمیه حسین خانی[۱]، محمدرضا ارباب‌تفتی[۲] و غلامحسن پایگانه[۳]

چکیده: در این مقاله به ارائه یک نرم‌افزار جهت آموزش الفبا و اشکال به دانش‌آموزان نابینا از طریق یک ربات هپتیکی(فنتوم) پرداخته شده است. با استفاده از این فناوری مربی می‌تواند با فشردن کلیدهای تعریف شده‌ای از صفحه کلید، حروف و اشکال مختلف را روی یک لوح مجازی ایجاد کند. پس از ایجاد هر حرف یا شکل کاربر نابینا قادر است، از طریق ربات هپتیکی و به کمک نیروی ایجاد شده در آن، سطح لوح و حروف و اشکال را احساس کرده و در مسیر حروف و یا اشکال حرکت کند. این روش بر روی تعدادی از دانش‌آموز یک مدرسه نابینایان آزموده شده و نتایج آن در مقاله گزارش داده شده است. نتایج نشان دهنده سودمندی محیط مجازی به عنوان یک وسیله کمک آموزشی نابینایان از نظر هزینه و زمان یادگیری است. به طوری که نتایج نشان می‌دهد یک دانش‌آموزان نابینا با بهره هوشی متوسط حداکثر با ۱۵ مرتبه تکرار روی لوح مجازی، به طریقه رسم شکل یا حرف پی برده و پس از آن قادر است با قلم آن حرف یا شکل را روی کاغذ ترسیم کند.

واژگان کلیدی: واقعیت مجازی، ربات هپتیکی، هپتیک، آموزش به نابینایان، فنتوم.

Using Virtual Reality Technology and a Haptic Robot for Teaching Blind Students

Somayye Hoseinkhani [1], Mohammadreza Arbabtafti [2] and Gholamhasan Payeganeh [3]

[1]Master Student, Department of Mechatronics Engineering , Islamic Azad Uni., Qazvin Branch
[2]Assistant Prof., Department of Mechanical Engineering, Shahid Rajaee Teacher Training Uni.
[3]Asociate Prof., Department of Mechanical Engineering, Shahid Rajaee Teacher Training Uni.

Abstract: A virtual reality platform is presented for teaching simple shapes and alphabetic letters to blind students. By using this technology the teacher could be able to present special letters and shapes on a virtual plate. A virtual plate displays shapes and letters that the blind user can "feel" using a haptic robot that display force from the computer to him/her. This method has been tested in a blind school and the result presented in a paper. Results showed that the virtual environment is a useful educational tool for blind students in case of money and time. As the results showed a blind student with a an average IQ can learn the letter or shape by up to 15 times of repetition and after that he/she can write or draw the shape or letter on the paper.

Keywords: Virtual Reality, Haptic, Haptic Robot, Blind Student's Teaching.

Archive of SID

[۱] **دانشجوی کارشناسی ارشد،** گروه مکاترونیک، دانشگاه آزاد اسلامی
[۲] **استادیار،** گروه مکانیک، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، (نویسنده مسئول)، پست الکترونیکی: mr.tafti@gmail.com
[۳] **دانشیار،** گروه مکانیک، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی

www.SID.ir

1 - مقدمه

بر طبق برآوردهای سازمان جهانی بهداشت در دنیا تقریبا 314 میلیون نفر دچار مشکلات بینایی هستند. در هر 5 ثانیه یک نفر به تعداد نابینایان افزوده شده و در هر دقیقه یک کودک و طی یک سال یک تا 2 میلیون نفر دچار مشکلات بینایی می‌شوند، [1]. بدیهی است با در نظرگرفتن این آمار، توجه به آموزش این افراد و ارائه راه‌کارهای بهینه در آموزش آنها یک امر ضروری است.

به طور معمول آموزش به نابینایان به یک از روش‌های درشت نویسی و درشت‌خوانی، برجسته‌نمایی، ضبط و کاست، لوح و قلم، خط بریل، لوح حساب و نرم‌افزار Jaws صورت می‌گیرد، [2]. اکثر روش‌های آموزش سنتی مانند خط بریل و برجسته‌سازی نیازمند صرف وقت، هزینه و انرژی زیادی بوده و می‌توان گفت هریک از این روش‌های آموزشی با مشکلات و کاستی‌هایی همراه هستند. مثلا در آموزش به وسیله خط بریل، می‌توان به طولانی بودن دوره آموزش بریل و نیز حجیم و سنگین بودن کتب درسی که به وسیله بریل به رشته تحریر درآمده‌اند به عنوان مشکلات این روش اشاره کرد.

با ورود رایانه‌ها به زندگی بشری به عنوان ابزارهای یاری‌رسان و همچنین مطرح شدن محیط واقعیت مجازی، راه نوینی برای آموزش علوم و دانش‌های مختلف ازجمله آموزش مفاهیم مختلف پزشکی گشوده شده است، [3]. در مورد آموزش افرادی با ناتوانی‌هایی خاص مانند افراد نابینا، استفاده از فناوری هپتیک (حس نیرو) و محیط واقعیت مجازی می‌تواند بسیار راه‌گشا باشد. زیرا کاربر نابینا از طریق احساس نیرو و با کمک یک ربات واسط بین انسان و کامپیوتر، می‌تواند با مفاهیم شبیه سازی شده در یک محیط مجازی ارتباط برقرار کرده آنها را فرا گیرد. سهولت در یادگیری، کم هزینه بودن، کم حجم بودن و تنوع در مفاهیم قابل ایجاد، از جمله مزایای استفاده از این روش نوین آموزشی است.

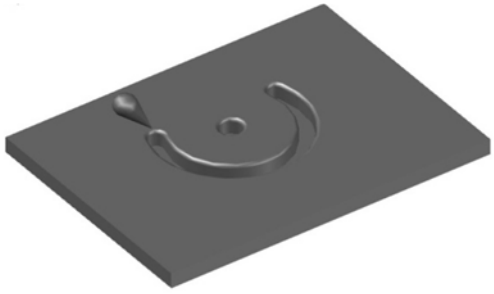
تئو و همکارانش در دانشگاه بین‌المللی سنگاپور ربات آموزگار خط چینی را که یک واسطه هپتیک قوی با 6 درجه آزادی بود ارائه دادند، [4]. همچنین در مورد دیگری محققان در رویال انستیتو سوئد به آموزش مفاهیم هندسی در بین دانش‌آموزان بینا و نابینا در مقطع دبستان با استفاده از واسطه‌های هپتیکی پرداختند[5]. در واقع در این تحقیق درک زاویه در گوشه اشکال و درک محدودی اشکال سه بعدی مانند مکعب و تعامل یادگیری همزمان دانش‌آموزان بینا و نابینا مورد بررسی محققان قرار گرفته و آموزش الفبا و اشکال و سپس تست آن روی کاغذ مانند آنچه در تحقیق حاضر و خاص دانش‌آموزان نابینا انجام شده مورد بررسی قرار نگرفته است. پیکارد و همکارانش در تحقیقی با استفاده از فناوری واقعیت مجازی و هپتیک به بررسی حس کردن خطوط برجسته در بزرگسالان نابینای مادرزاد و بینایان و مقایسه آنها پرداختند، [6]. در تحقیقی در سال 2013 میلادی به بررسی احساس هپتیکی سطوح برجسته در غیاب حس بینایی پرداخته شد و نتایج این تحقیق نشان داد که حتی در غیاب حس بینایی، حس هپتیکی می‌تواند یک تصویر ذهنی دقیق از شیئ مورد نظر در انسان ایجاد کند، [7]. این تحقیق برروی افراد نابینا انجام نشد و همچنین هدف از آن آموزش نبود. در واقع هدف از این تحقیق درک میزان کارایی احساس لامسه انسان در غیاب حس بینایی جهت درک یک سطح برجسته و تشخیص آن بود. همچنین در تحقیق دیگری در سال 2013 به ارائه روشی جهت نمایش هپتیکی رنگ‌های اصلی قرمز و سبز و آبی به افراد نابینا پرداخته شد، تا این افراد بتوانند بعضی مفاهیم مانند نقاشی‌ها که در آنها رنگ اهمیت زیادی دارد را راحتر درک کنند، [8]. در این تحقیق آموزش الفبا و اشکال مورد نظر نبود و در واقع اختلاف رنگ‌های مختلف در رایانه با برجستگی‌های متفاوتی که توسط یک وسیله متصل به رایانه ایجاد شده و توسط دست کاربر نابینا قابل لمس است برای او شبیه-سازی شده است. اما متأسفانه همان طور که از بررسی‌ها بر می‌آید تاکنون کار چشم‌گیری در زمینه استفاده از ربات-های هپتیک برای آموزش به دانش‌آموزان نابینا انجام نگرفته است و این فناوری بیشتر در خدمت آموزش پزشکی و انواع جراحی‌ها بوده است، [9]. اما قابلیت و قدرت حس نیرویی و لمسی (هپتیکی) در آموزش حتی در غیاب حس بینایی مشهود است، [10] و استفاده از فناوری واقعیت مجازی و هپتیک می‌تواند در آموزش به افراد از نظر صرفه جویی در هزینه و زمان راه‌گشا بوده و همچنین کیفیت آموزش را افزایش دهد، [11 و 12].

Archive of SID
www.SID.ir

2 - روش تحقیق

در این تحقیق به طراحی یک بستر نرم‌افزاری برای آموزش اشکال و الفبا به دانش‌آموزان نابینا به وسیله ابزار ربات هپتیکی فنتوم که در شکل 1 نمایش داده شده، پرداخته شده است. در واقع در این بستر نرم‌افزاری یک لوح مجازی نیرویی در محیط مجازی برای کاربر نابینا فراهم شده و او می‌تواند با در دست گرفتن این ربات هپتیکی با لوح مجازی و حروف و اشکالی که بر روی آن ایجاد شده است ارتباط نیرویی برقرار کرده و روی لوح حروف و اشکال را حس کند. لوح مجازی به همراه حرف "ن" در شکل 2 نمایش داده شده است. برای این لوح قابلیت چرخش و قرار گرفتن در هر زاویه و موقعیت دلخواه فراهم شده و کاربر نابینا یا مربی با استفاده از موشواره می‌تواند لوح را در هر زاویه و موقعیت که برای آموزش مناسب‌تر است قرار دهد. در پایان آموزش برای تعدادی از دانش‌آموزان یک مدرسه نابینایان انجام شده و نحوه تعامل دانش‌آموزان نابینا با ربات هپتیکی، نحوه یادگیری آنها، و کارایی روش آموزشی مورد بررسی قرار گرفته است.

شکل 1- ربات (واسط) هپتیکی فنتوم به عنوان یک نمونه از واسط‌های نیرویی-حرکتی بین انسان و محیط مجازی در رایانه

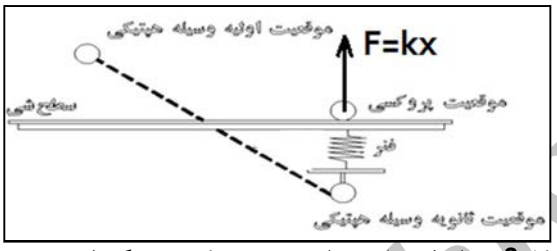


شکل 2- لوح هپتیکی و نمایش حرف "ن" روی آن

2-1- ایجاد لوح هپتیکی و حروف و اشکال مجازی

در این مقاله منظور از یک لوح هپتیکی صفحه مجازی تختی است که بر روی آن اشکال و حروف به صورت مجازی ایجاد یا در واقع حک شده‌اند و آن را می‌توان توسط ربات هپتیکی احساس کرد.

ابتدا برای آنکه کاربر با در دست گرفتن قلم ربات هپتیکی فنتوم سطح صفحه مجازی را احساس کند، سطح صفحه مانند یک سطح فنری صیقلی شبیه‌سازی شده است. مانند اینکه فردی قلمی واقعی را روی سطح یک میز صیقلی حرکت دهد. در واقع قلم کاربر روی میز واقعی و یا صفحه مجازی حرکت کرده و اجازه نفوذ به میز یا صفحه از طریق اعمال یک نیروی عمودی به سمت بیرون به او داده نخواهد شد. در شبیه سازی (صفحه مجازی) هرچه کاربر بیشتر قلم را به سمت داخل صفحه بفشارد مطابق شکل 3 متناسب با عمق نفوذ در صفحه فنری نیروی بیشتری به سمت بالا به دستش وارد می‌شود.



شکل 3- سطح فنری لوح مجازی و نقش پروکسی در نگه داشتن گرافیکی نوک قلم کاربر روی سطح لوح

به طورکلی یک الگوریتم اعمال نیروی هپتیکی از دو بخش تشکیل می‌گردد: 1) تشخیص برخورد[1] 2) پاسخ برخورد[2]، [13و14]. هنگامی که کاربر، وسیله هپتیکی را در دست دارد، زاویه چرخش و موقعیت جدید انتهای کارگیر بدست می‌آید و سپس تشخیص برخورد با سطح لوح مجازی انجام می‌شود. اگر برخورد وجود داشته باشد، یک نیروی متناسب همانطور که در شکل 3 نشان داده شد، به عنوان پاسخ برخورد محاسبه شده و از طریق ربات هپتیکی به دست کاربر اعمال می‌شود.

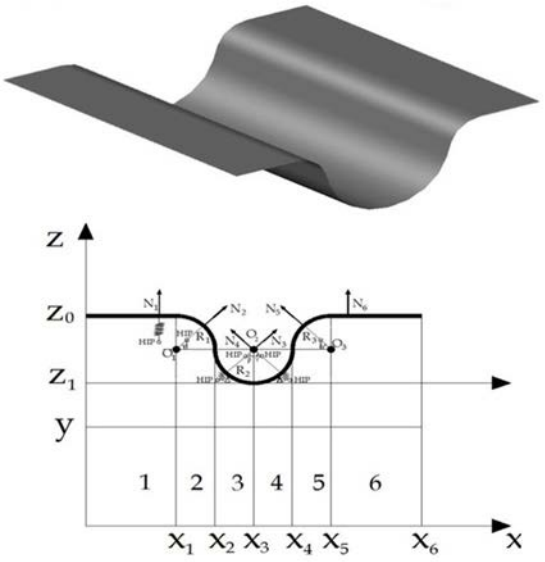
حال برای ایجاد الفبا و اشکال روی لوح می‌توان از از دو رویکرد مختلف برنامه نویسی هپتیکی استفاده کرد. در رویکرد اول (رویکرد الف) می‌توان حروف و اشکال را با مسیرهای گودی روی صفحه ایجاد کرد (مانند حرف "ن"

Archive of SID

www.SID.ir

در شکل 2) و به این ترتیب زمانی که کاربر قلم خود را در مسیر قرار می‌دهد، گودی مسیر مانع از خروج قلم از مسیر می‌شود. در رویکرد دوم (رویکرد ب) می‌توان در مسیر حروف و اشکال یک حس چسبندگی (جاذبه) ایجاد کرد و با یک نیروی قابل کنترلی اجازه خروج از مسیر به کاربر نداد.

در رویکرد اول برای ایجاد یک شکل یا حرف بر روی لوح، ترکیبی از دیواره‌ها، چاله‌ها، شیارها و اشکال تیوب مانند استفاده می‌شود. هر بخش مستلزم بررسی موقعیت قلم کاربر در محیط مجازی است. در هر بخش پس از بررسی برخورد بین سر قلم و صفحه مجازی، محاسبه نیروها و سپس اعمال نیرو به کاربر انجام می‌شود. به عنوان مثال برای ساختن یک خط صاف روی صفحه که می‌تواند بیانگر حرف "آ" یا قسمتی از حروف و اشکال باشد می‌توان مطابق شکل 4 یک شیار (گودال صاف) هپتیکی روی سطح لوح مجازی ایجاد کرد. لذا برای اینکه این شیار روی سطح لوح مجازی تشخیص داده شود، باید در نواحی مختلف آن نیروها محاسبه، و توسط ربات به دست کاربر اعمال گردد.



شکل 4- نمایش یک شیار هپتیکی روی یک لوح مجازی و طریقه تقسیم نواحی مختلف آن جهت محاسبه نیروی هپتیکی

همانطور که مشخص است، در رویکرد الف ایجاد گودال در مسیر حروف و اشکال نیازمند انجام محاسبات برای تک‌تک اجزا و صرف زمان و انجام محاسبات طولانی و وقت‌گیر است. این محاسبات با افزایش تعداد حروف و اشکال می‌تواند کار بسیار دشواری باشد. لذا با در نظر گرفتن این مسأله، در این تحقیق از رویکرد ب برای ایجاد حروف و اشکال روی لوح مجازی استفاده شده است. رویکرد ب از انعطاف پذیری بیشتری نسبت به رویکرد الف برخوردار است.

در رویکرد ب همان طور که گفته شد یک حس جاذبه به مسیر حروف و اشکال داده می‌شود و لذا گودال در مسیر حروف و اشکال تشکیل نمی‌شود. به محض اینکه نوک قلم کاربر از یک فاصله مشخصی به مسیر حروف یا اشکال نزدیک‌تر شود یک نیروی جاذبه قلم را به سمت مسیر کشیده و تنها اجازه حرکت در راستای مسیر به نوک قلم داده می‌شود.

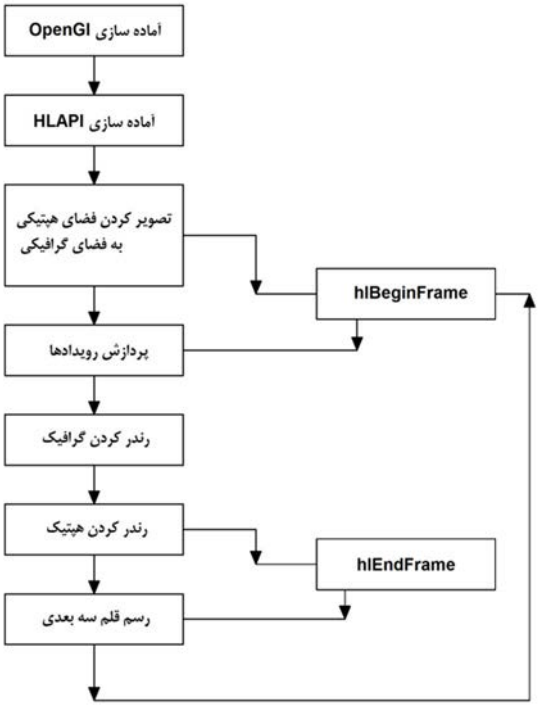
در رویکرد ب که در این مقاله از آن استفاده شده است از ساختار کلی HLAPI که در واقع یک رویکرد سطح بالای نرم‌افزاری در برنامه نویسی هپتیک است استفاده شده است. در این ساختار همان‌طور که مراحل آن در شکل 5 توضیح داده شده است، ابتدا گرافیک اشکال و حروف مورد نظر به کمک OpenGl ترسیم می‌شود (رندر کردن گرافیک) سپس به مسیر اشکال و حروف حس نیرویی (رندر کردن هپتیک) اضافه می‌گردد. در واقع در این روش به هرمسیری به صورت گرافیکی نمایش داده شود یک حس جاذبه اضافه می‌گردد که نوک قلم کاربر را به خود جذب می‌کند. از آنجایی‌که قلم کاربر در حال حرکت است و موقعیت آن نسبت به حروف و اشکال ایجاد شده تعییر می‌کند، همان‌طور که در شکل 5 مشخص است عملیات دائما در یک حلقه تکرار می‌شود. سرعت تکرار این حلقه جهت جلوگیری از ایجاد لرزش در نیروی اعمالی به دست کاربر حداقل باید 300 هرتز باشد و افزایش این سرعت تا 1000 هرتز باعث افزایش کیفیت نیروی اعمالی و پایداری خواهد شد.

2-2-کاربری نرم‌افزار

نرم‌افزار کاربرپسند طراحی شده و کار کردن با آن ساده است. به طوری که مربی و یا والدین شخص نابینا به سادگی و در مدت چند دقیقه می‌توانند کارکردن با نرم‌افزار را فرا گیرند. حتی شخص نابینا خود نیز می‌تواند در صورت آشنایی و توانایی کارکردن با دکمه‌های صفحه کلید رایانه، حروف و اشکال را روی لوح مجازی تغییر دهد.

Archive of SID
www.SID.ir

پس از اجرای نرم‌افزار یک منوی کاربری به کاربر نمایش داده می‌شود که به او در انتخاب و نمایش حروف و اشکال مختلف بر روی لوح مجازی کمک می‌کند.

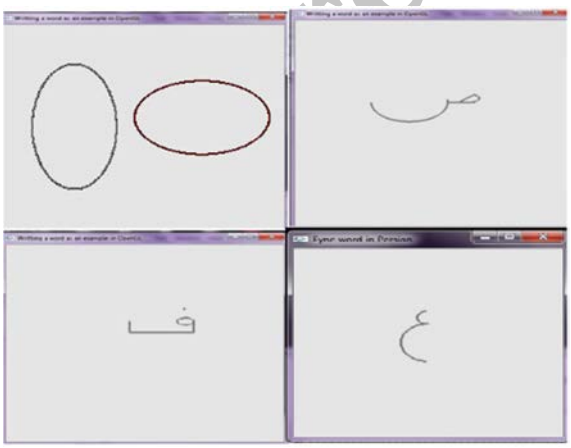


شکل 5- ساختار و سلسله مراتب انجام عملیات در شبیه سازی هپتیکی گرافیکی به کمک روش HLAPI

این منو در زیر آورده شده است. به عنوان مثال همان طور که در منوی کاربری ذکر شده است با فشردن کلید" t"، حرف "ط" بر روی صفحه نمایش داده می‌شود و یا با فشردن کلید "C" صفحه کلید دایره و با فشردن کلید "V" و "H" به ترتیب بیضی عمودی و افقی روی لوح مجازی نمایش داده می‌شود. در تمامی موارد با دو بار فشرده شدن هر کلیدی که نمایانگر یک حرف یا شکل است، آن حرف یا شکل از روی لوح پاک خواهد شد. منوی کاربری که در ابتدای اجرای نرم‌افزار به کاربر نمایش داده می‌شود به صورت زیر است.

```
-----------------------------------------------\n\
*** Alphabet And Shapes List For Selection ***\n\
==============================================
\n\
MENU LIST:\n\
================\n\
[m] : press m to show persian mim\n\
[t] : press t to show persian t(t daste dar)\n\
[C] : \n\
[a] : press a to show persian aa\n\
[j] : press j to show persian jim\n\
[b] : press b to show persian bi\n\
[e] : press e to show persian eyn\n\
[l] : press l to show persian laam\n\
[d] : press d to show persian daal\n\
[n] : press n to show persian noun\n\
[T] : with pressing T,you will have a triangle\n\
[R] : with pressing R,you will have a rectangular\n\
[C] : with pressing C,you will have a circle\n\
[O] : with pressing O,you will have Vertical oval\n\
[V] : with pressing V,you will have a Right-Angle Triangle\n\
[D] : with pressing D,you will have a Scalene Triangle\n\
[Q] : with pressing Q,you will have a Quad\n\
[H]:with pressing E,you will have a Horizontal Oval\n\
\n\
\n\
With Pressing Twice The Specified Key,That Word Or Shape
Will Vanished"
```

در هر بار شروع بعد از اجرای نرم‌افزار و نمایش شکل یا حرف مورد نظر، مربی قلم فنتوم را به دست دانش‌آموز داده و دست او را در یک نقطه دل‌خواه به عنوان نقطه شروع برای طی مسیر قرار می‌دهد. اعمال نیرو به‌دست کاربر، سبب می‌شود که دست او فقط در مسیر شکل یا حرف حرکت کند و از آن مسیر خارج نشود. کاربر می‌تواند به هر تعداد دلخواه مسیر حرف را شکل را طی کند و در صورت نیاز آن را روی لوح مجازی تغییر دهد. همچنین برای تعامل بهتر مربی و آموزگار با لوح مجازی، لوح و حروف آن به همراه قلم به صورت گرافیکی در مانیتور نمایش داده می‌شود. برای ایجاد گرافیک لوح و اشکال از دستورات OpenGL در محیط Visual Stadio استفاده شده است. نمونه‌هایی از حروف (الفبا و اشکال) ایجاد شده در شکل 6 نمایش داده شده است. همچنین در شکل 7 یک دانش‌آموز نابینا هنگام کار با ربات فنتوم و در حال آموزش سه دایره با قطرهای مختلف نمایش داده شده است .



شکل 6- نمونه ای از الفبا و اشکال ایجاد شده

www.SID.ir

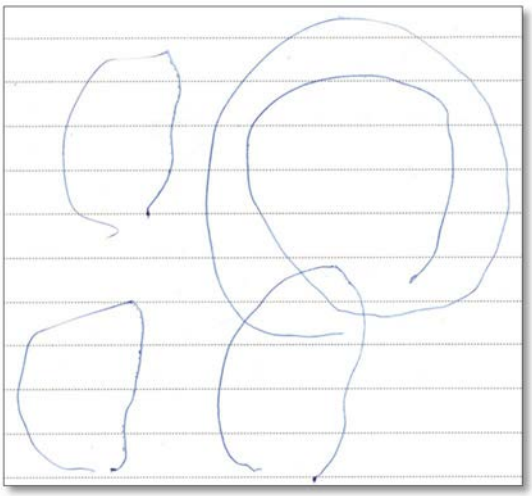
شکل 7- یک دانش آموز نابینا با ربات فنتوم در حال آموزش سه دایره با قطرهای مختلف است؛ همزمان دایره‌ها روی صفحه مانیتور برای مربی و یا والدین نمایش داده شده است.

3 - نتایج و بحث

جهت ارزیابی و بررسی نرم‌افزار و سخت‌افزار آموزشی با استفاده از ربات هپتیکی فانتوم در یک مدرسه نابینایان به آموزش چند حرف و چند شکل مختلف پرداخته شد. تعداد 6 دانش آموز شامل 4 دانش آموز نابینای مطلق و 2 دانش-آموز نیمه بینا برای آزمایش‌ها در نظر گرفته شد. آزمایش‌ها بر پایه آموزش تعدادی از حروف فارسی شامل "م"، "ن"، "د"، "ل" و تعدادی از اشکال شامل مثلث، دایره، بیضی افقی و عمودی و شش ضلعی برنامه ریزی شدند. به هر دانش‌آموز و در مورد هر شکل یا حرف 5 بار اجازه تکرار داده شد و پس از هر 5 بار از او خواسته شد که شکل یا حرف را روی کاغذ با قلم ترسیم کند. در انجام آزمایش ابتدا مربی قلم ربات فنتوم را به دست دانش‌آموز داده و دست او را در یک نقطه دل‌خواه بعنوان نقطه شروع طی مسیر قرار می‌داد. اعمال نیرو به‌دست دانش آموز اور را کمک می‌کند، در مسیر شکل یا حرف حرکت کند و از آن مسیر خارج نشود. در صورتی که بعد از 5 مرتبه قادر به رسم شکل یا حرف نبود، این عمل را برای 5 مرتبه دوم تکرار کند و این روند همچنان ادامه می‌یابد تا به یک نتیجه کلی از تعداد تکرارهای لازم به دست آید. دانش‌آموزان در مقطع ابتدایی و در رده سنی بین 10 سال تا 14 سال انتخاب شدند. شکل 8 یک دانش‌آموز را در حال ارتباط از طریق فنتوم با لوح مجازی و یک دانش‌آموز را در حال ترسیم اشکال و حروف روی کاغذ نمایش می‌دهد.

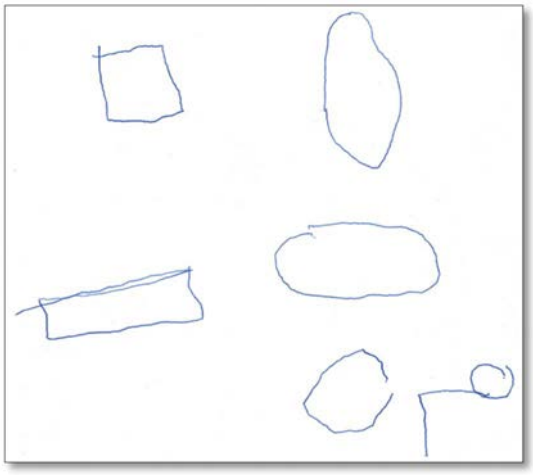
شکل8- تصویر دو دانش‌آموز نابینا در حال استفاده از ربات فنتوم و ترسیم اشکال

در مورد حروف فارسی از آنجایی‌که دانش‌آموزان حروف را نمی‌شناختند، ابتدا نام آن حروف به آنها گفته می‌شد و پس از 5 بار تکرار از آنها خواسته می‌شد که روی کاغذ به نوشتن حروف بپردازند. در مورد اشکالی که دانش‌آموزان از قبل به آنها آشنایی داشتند پس از ارتباط دانش‌آموز با لوح و تکرار شکل از او خواسته می‌شد که شکل را تشخیص دهد. تمام دانش‌آموزانی که با اشکال ساده مانند مثلث و مربع و دایره آشنایی داشتند، پس از تکرار اولیه قادر به تشخیص و بیان شکل بودند. در مورد اشکالی مانند بیضی افقی و عمودی و شش ضلعی که دانش‌آموزان اکثرا با آنها آشنا نبودند، مطابق حروف به آنها نوع شکل بیان می‌شد. در اشکال 9 و 10 تعدادی از نتایج ترسیم دانش‌آموزان آورده شده است.



شکل 9- دانش‌آموز نابینای مطلق پس از 15 بار تمرین بوسیله فنتوم بیضی عمودی را رسم نمود و تفاوت آنرا با بیضی افقی تشخیص داد.

www.SID.ir



شکل10- دانش‌آموز کم بینا پس از 5 مرتبه تکرار حروف و اشکال زیر را رسم کرد.

با توجه به اینکه مربیان و آموزگاران در کنار دانش‌آموزان در زمان آزمایش حضور داشتند، از آنها سؤالاتی در مورد روش آموزش مطرح شد و پاسخ آنها ثبت شد. در جدول 1 چهار نفری که در ارزیابی شرکت کردند و در جدول 2 نتایج ارزیابی آنها به همراه سؤالات مطرح شده گزارش شده است.

جدول 1- افراد، شرایط و وضعیت آنان

	وضعیت	سابقه تدریس و تحصیلات
مورد 1	اولیای دانش‌آموز نابینای مطلق	کارشناس نرم‌افزار
مورد 2	آموزگار	4 سال سابقه تدریس
مورد 3	آموزگار	13 سال سابقه تدریس
مورد 4	آموزگار(نابینای مطلق)	5 سال سابقه تدریس

جدول 2- دیدگاه دبیران و والدین نسبت به پرسشهای مطرح شده

سؤالات	عالی	خوب	متوسط	ضعیف	بی اثر
سطح دقت در آموزش		موارد 1و3و4		مورد 2	
بهروری زمانی آموزش	مورد 4	موارد 1و3	مورد 2		
ارزیابی کلی از روش آموزش	موارد 1و4	موارد 2و3			

5 - نتیجه‌گیری

از انجام این تحقیق نتایج زیر قابل بیان است:

1-تعامل دانش‌آموز و فنتوم در سطح بسیار خوب و قابل قبولی بود، نابینایان از کار کردن با فنتوم لذت می‌بردند.

2-زمان آموزش نسبت به زمان مورد نیاز برای انجام روش‌های آموزشی متداول به اذعان مربیان مدرسه کوتاه‌تر شده بود.

3- آزمایش‌ها نشان داد، تعداد دفعات تکرار لازم برای فراگیری اولیه حرف یا شکل برای نابینایان با ضریب هوشی بالاتر حدود 10 بار و برای اکثریت آنان که از ضریب هوشی متوسطی دارند، بالاتر (در بعضی موارد تا 35 تکرار) بود.

4-با توجه به نوع ارتباط دانش‌آموزان، نظرات مربیان و نتایج حاصل از انجام آزمایش، این مسأله مشخص شد که استفاده از این روش تا حد زیادی می‌تواند در آموزش نابینایان به ویژه در آموزش ریاضیات مفید باشد. این روش آموزشی حتی در زمینه آموزش خط بریل نیز می‌تواند به کار گرفته شود.

5- دانش‌آموزان نابینا پیش از این با خودکار یا ماژیک کار نکرده بودند و گرفتن قلم و نوشتن و کشیدن برایشان دشوار بود. هرچند با اندکی تمرین، این مشکل مرتفع‌تر می‌شد.

6- آنچه که به طور مشترک در تمامی نظرات وجود داشت درخواست تلفیق حس شنوایی با حس لامسه بود.

سپاس‌گزاری

محققان این تحقیق برخود لازم می‌دانند از معلمان، مربیان و دانش آموزان روشن‌دل مدرسه بیاضیان استان قزوین که در این انجام آزمایشات این تحقیق کمک شایانی کردند سپاس‌گزاری کنند.

پی‌نوشت

[1] Collision Detection
[2] Collision Response
[3] Master-Slave

مراجع

[1] http://www.who.int/blindness

[2] Leibs A., A field guide for the sight-impaired reader: A comprehensive resource for students, teachers, and librarians, Greenwood Publication Group, 1999.

[3] Schout B. M. A., Hendrikx A. J. M., Scheele F., Bemelmans B. L. H. and Scherpbier A. J. J. A., Validation and implementation of surgical simulators: a critical review of present, past, and future. Surgical Endoscopy, Vol.24, No.3, 2010, pp.536–546.

Archive of SID
www.SID.ir

[4] Teo C.L., Burdet E. and Lim H.P., A robotic teacher of chinese handwriting, Proceedings of 10th symposium on haptic interfaces for virtual environment and tele-operator systems, 2002, pp.335–341.

[5] Sallnäs E. L., Moll J. and Severinson-Eklundh, K., Group work about geometrical concepts among blind and sighted pupils using haptic interfaces, Second joint EuroHaptics conference and symposium on haptic interfaces for virtual environment and teleoperator systems, 2007, pp.330–335.

[6] Picard D., Jouffrais C. and Lebaz S., Haptic recognition of emotions in raised-line drawings by congenitally blind and sighted adults, IEEE Transactions on Haptics, Vol.4, No.1, 2011, pp.67–71.

[7] Evreinova T.V., Evreinov G. and Raisamo R., Virtual sectioning and haptic exploration of volumetric shapes in the absence of visual feedback, Advanced in Human-Computer Interaction,Vol.2013, 2013, pp.1–15.

[8] Mohamed S., Adam H. and Nahavandi S., Haptic-based color representation framework, The 8th international conference on information technology and applications (ICITA), 2013, pp.73–75.

[9] Seymour N. E., VR to OR, A review of the evidence that virtual reality simulation improves operating room performance, World Journal of Surgery, 2008, Vol.32, No.2, pp.182–188.

[10] Kennedy J. M. and Juricevic I., Blind man draws using diminution in three dimensions, Psychonomic Bulletin and Review, 2006, Vol.13, No.3, pp.506–509.

[11] Minogue J. and Jones M. G., Haptics in education: Exploring an untapped sensory modality, Review of Educational Research, 2006, Vol.76, No.3, pp317–348.

[12] Paterson M., The sense of touch, haptics, affects and technologies, Berg Publisher, 2007.

[13] Hayward V., Astley O.R., Cruz-Hernandez M., Grant D. and Robles-De-La-Torre G., Tutorial: Haptic interfaces and devices, Sensor Review, 2004, Vol.24, No.1, pp.16–29.

[14] Basdogan C. and Srinivasan M., Haptic rendering in virtual environments, In: Stanney K (ed.) Handbook Of Virtual Environments, London, 2002, pp.117–134.

Archive of SID

www.SID.ir