Archive of SID

مجله مهندسی مکانیک، شماره پیاپی ۸۴، جلد ۴۸، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۷، صفحه ۲۹-۳۵

تعامل انسان و ربات‌های دستیار اجتماعی جهت بهبود توجه اشتراکی در کودکان مبتلا به اتیسم

مجید جگریان فارغ التحصیل کارشناسی ارشد، پژوهشکده رباتیک، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران
فاطمه باکویی استادیار، پژوهشکده علوم شناختی و مغز، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
محسن بهرامی* استاد، گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران
حمیدرضا پوراعتماد استاد، پژوهشکده علوم شناختی و مغز، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

چکیده
استفاده از ربات، و به صورت خاص ربات‌های انسان‌نما ، در بسیاری از حوزه‌ها از جمله حوزه درمان، رشد روزافزونی را تجربه کرده است. در این پژوهش از ربات انسان‌نما برای بهبود توجه اشتراکی در کودکان مبتلا به اتیسم استفاده شده است. از جمله چالش‌های این رویکرد این است که اولاً این بیماری شرایط خاصی برای بیمار به وجود می‌آورد که حضور درمان‌گر و هر شئ خارجی دیگری را به راحتی پذیرا نیست؛ چالش دوم مربوط به انتخاب الگوریتم‌ها و روش‌های مناسب ردیابی سر و مردمک چشم در کودکان مبتلا به اتیسم است، که یکی از ویژگی‌های آن‌ها حرکات غیر ارادی و کنترل نشده سر و چشم به طرفین می‌باشد. سومین چالش روال درمان و پژوهش است، روند درمان و انجام تست‌های طراحی شده نباید باعث ایجاد تحریک بیش از حد در کودک شود، برای غلبه بر چالش های ذکرشده، علاوه بر الگوریتم ردیابی مردمک چشم بلادرنگ با مقاومت بالا، بدون استفاده از سخت افزارهای تجاری، با استفاده از درخت تصمیم‌گیری فازی برای ترکیب اطلاعات پزشکی و مهندسی در طول درمان استفاده شده‌است، و نهایتاً مفهوم درمان تعاملی برای بهبود کودکان اتیستیک معرفی گردیده است..
واژه‌های کلیدی: ربات‌های دستیار اجتماعی، اتیسم، ردیابی مردمک چشم، تعامل انسان و ربات، تصمیم‌گیری فازی.

Human-Socially Assistive Robot Interaction for Improving Joint Attention in Children with Autism

M. Jegarian Amirkabir Robotic Center, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran
F. Bakuoie Institute for Cognitive and Brain Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
M. Bahrami Mechanical Engineering, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran
H. R. Pouretemad Institute for Cognitive and Brain Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Abstract
Robots, especially humanoid robot are going to be used in various fields, among them therapy fields. A new approach was emerged which utilized robots to improve the social skill, not physical skill. This approach was dealing with three challenges: firstly, autism creates a special condition that the patient dose not easily accept a therapist, so in the first step the researcher had to find a solution for interacting with autistic children, the second challenge was selecting appropriate algorithms and methods for eye tracking and head pose detection with these children who have inaccurate eye center localization as well. The third one included the treatment and research process which should not over stimulate the children. To overcome the mentioned challenges, a real time eye gaze tracking algorithm with high robustness as well as a fuzzy decision making tree for interacting the medial and engineering information were utilized during the treatment that were implemented on a humanoid robot. Whereas none of the commercial hardware used.
Keywords: Socially assistive robots, Autism, Eye gaze tracking, Human-Robot interaction, Fuzzy decision making.

۱- مقدمه

در این پژوهش از ربات انسان‌نما برای بهبود توجه اشتراکی در کودکان مبتلا به اتیسم استفاده شده است. بیماری اتیسم یکی از بیمارهای شناختی می‌باشد، که در اثر برخی نارسایی‌های رشدی در مغز به وجود می‌آید. توجه اشتراکی یکی از پارامترهای اساسی این بیماری بوده و بهبود آن رابطه مستقیمی با درمان کلی بیماری، و عدم توجه به آن تاثیر به سزایی در پیشرفت بیماری دارد. در دهه اخیر ابتلا به اتیسم در جهان رشد قابل ملاحظه‌ای داشته است، به طوری که در آمار سال ۲۰۱۲ امریکا بیان شده است که از هر ۸۸ تولد یک نفر مبتلا به اتیسم می‌باشد[۱]. با توجه به عدم وجود درمان مشخص و قطعی این بیماری، و ویژگی‌های خاص بیماران مبتلا به آن، نظیر عدم پذیرش درمان و عدم توانایی در تعامل با محیط؛ بهره‌گیری از فناوری‌هایی نظیر کامپیوتر و علوم رباتیک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار شده‌است، زیرا می‌توان سناریوهای درمانی مختلفی را با کمک آن‌ها برنامه‌ریزی و آزمایش کرده و اثرات آن‌ها را تحلیل نمود. در نتیجه می‌توان با توجه به نوع اختلال، برای درمان بیماری‌های شناختی، روش مناسبی را ارائه و در درمان بیماران استفاده کرد.

روش‌های مفیدی که در پژوهش‌های قبلی برای درمان توجه اشتراکی مبتلایان به اتیسم استفاده شده، بازی‌های کامپیوتری و یا طراحی سناریوی بازی با ربات‌های دستیار اجتماعی می‌باشد. در

* نویسنده مکاتبه کننده، آدرس پست الکترونیکی: mbahrami@aut.ac.ir
www.SID.ir
تاریخ دریافت: ۹۵/۱۱/۲۶
تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۳/۱۶

Archive of SID

مقایسه با پژوهش‌های پیشین، از نقاط قوت این پژوهش می‌توان به این نکته اشاره کرد که برای درمان و ارائه راهکار مناسب از هر دو روش ذکرشده در بالا استفاده شده‌است، تا بتوان خروجی روش ارائه شده در این پژوهش را با هر دو روش پیشین مقایسه کرد. در این پژوهش دو سناریو طراحی شده است؛ سناریوی اول واقعیت مجازی است و سناریوی دوم از ربات نائو بهره می‌برد. نتایج نشان می‌دهند که علاوه بر بهبود روند درمانی بیماران، توانستیم ارزیابی دقیقی از استفاده‌ی رباتیک و واقعیت مجازی در تعامل با افراد اتیستی داشته باشیم و روش مناسب‌تر برای درمان این بیماری را گزارش کنیم.

بازی واقعیت مجازی، به این صورت است که پس از اجرا در رایانه، به وسیله ویدئو پروژکتور روی پرده نمایش داده می‌شود، کودک، پرنده-ای که بین سلول‌های یک جدول در حال حرکت است را دنبال می‌کند و به صورت هم‌زمان، مردمک چشم توسط دوربین تعبیه شده در روبروی کودک به صورت بلادرنگ ردیابی می‌شود، در پایان نتایج آزمایش در قالب نمودارهایی ارائه شده و با ارزیابی تاریخچه بازی‌های انجام شده توسط کودک، مراحل بازی برای تسریع روند بهبود بیماری، تغییر داده می‌شود.

سناریوی دوم با بهره‌گیری از ربات انسان‌نمای نائو[1] در محیط واقعی و حسگر کینکت[2] انجام می‌شود. پس از آغاز سناریو، ربات با اشاره دست، هدف مشخصی را به کودک نشان می‌دهد و از او می‌خواهد که به آن نگاه کند، به صورت هم‌زمان اطلاعات چرخش سر و بدن توسط حسگر کینکت استخراج می‌شود. به منظور اینکه راه حل ارائه شده تعاملی باشد (یعنی ربات با توجه به عملکرد کودک واکنش نشان دهد)، از درخت تصمیم‌گیری فازی استفاده شده است. در این راستا، مقدار چرخش زاویه سر و بدن کودک، نسبت به هدف و هم‌چنین تاریخچه بیماری کودک که از قبل در یک سیستم خبره فازی تعبیه شده‌است برای انتخاب تصمیم بعدی توسط ربات مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲- مرور ادبیات

تعاملات اجتماعی نقش به‌سزایی در زندگی اغلب مردم ایفا می‌کنند، اما برخی از افراد جامعه به دلایل خاصی مانند اختلالات روانی، عصبی نمی‌توانند با جامعه به خوبی تعامل داشته باشند. به عنوان نمونه طیف بیماران اتیسم به دلیل اختلالات عصبی در برقراری ارتباط با دنیای خارج دچار مشکل هستند. اتیسم یا درخودماندگی، نوعی اختلال رشدی از نوع روابط اجتماعی است که با رفتارهای ارتباطی و کلامی غیرطبیعی مشخص می‌شود. علائم این اختلال پیش از سه سالگی بروز می‌کند و علّت اصلی آن ناشناخته‌است. هسته مرکزی اختلالات در اتیسم، ناتوانی در برقراری ارتباط است. با توجه به این علائم، و ویژگی‌های علوم رباتیک، متخصصان هر دو حوزه بر آن شدند تا با همکاری یکدیگر راه‌های جدیدی برای درمان این بیماری بیابند. ربات‌های اجتماعی یکی از زیرشاخه‌های مورد توجه علم رباتیک هستند و شامل ربات‌هایی می‌شوند که با انسان تعاملات اجتماعی گسترده‌ای دارند، دسته‌ای دیگر ربات‌های دستیار هستند، که نیازهای خاص را مورد هدف قرار می‌دهند. از ترکیب قابلیت‌های ربات‌های اجتماعی و ربات های دستیار، ربات‌های دستیار اجتماعی پدید آمده‌است که هدف آن‌ها کمک به انسان‌ها در جهت تعاملات اجتماعی می‌باشد.

با توجه به تنوع ربات‌ها و از آنجا که استاندارد مشخصی مخصوص طراحی ربات‌های درمان اتیسم وجود ندارد، ظاهر این ربات‌ها دارای تنوع بسیار زیادی است؛ انسان‌نما، شبه حیوان و ربات‌های غیرزیستی با الهام گرفتن از شخصیت‌های کارتونی از جمله این انواع هستند. رباتی که بیشتر شبیه انسان باشد و ویژگی‌های حرکتی و حیاتی آن را داشته باشد، به افراد اتیستی در تشخیص عملکرد اجتماعی مورد نظر کمک بیشتری می‌کند. هم‌چنین به وسیله‌ی این ربات‌ها، انتقال مهارت‌ها به یک انسان دیگر راحت‌تر صورت می‌گیرد[۲]. رباتی که کمتر شبیه انسان باشد، می‌تواند با ظاهر فیزیکی جذاب و بزرگ‌نمایی نشانه‌های اجتماعی، بیشتر روی یک مهارت و حس خاص تمرکز کرده و آن را به طور خاص بهبود بخشد. برای خلق یک ربات مهیج و در عین حال ساده، طراحان اغلب از مدل‌های کارتونی با ویژگی‌های اصلی بزرگ و اغراق‌آمیز، مثل چشم‌ها و بدون ویژگی‌های فرعی مانند پلک پایین استفاده می‌کنند. بعضی ربات‌ها شبیه حیوانات می‌باشند، ربات تجار Pleo[۳] و ربات AIBO[۴] ربات‌هایی با ظاهر حیوانی هستند که اغلب برای بیان ساده‌تر نشانه‌های اجتماعی، استفاده می‌شوند.

سیلوا و همکارانش از ربات انسان‌نما برای بهبود توجه اشتراکی در کودکان مبتلا به اتیسم استفاده کرده‌اند. رفتار ربات به تدریج با بازخوردی که از کودک می‌گیرد، پیچیده‌تر می‌شود. برای تشخیص هدف، حرکت سر کودک را به صورت بلادرنگ با استفاده از الگوریتم GMM[3] بدون نظارت ردیابی کرده‌اند. ربات به سمت یک جسم مشخصی اشاره می‌کند، هنگام انجام این عمل، بردار جهت نگاه کودک ذخیره می‌شود، پس از تحلیل این بردار اگر تشخیص داده شود که کودک به سمت جسم جذب شده است، ربات ابراز خوشحالی می‌کند[۵]. پوگیا و همکارانش با استفاده از دو ربات عروسکی و ربات انسان‌نما تعامل تقلیدی و احساسی کودک‌های اتیستی را مورد بررسی قرار داده‌اند، و با طراحی یک بازی، بهبود کودکان را در طول دوره‌ی درمانی توسط ربات ارزیابی نموده‌اند. برای تشخیص بهبود، از اطلاعات تست کارز استفاده شده‌است. آنها بعد از انجام تست‌های پاراکلینیکی به این نتیجه رسیدند که با استفاده از ربات‌های انسان‌نما، که دارای ویژگی‌های شبه‌انسانی بارزتری مانند پوست و مو هستند، می‌توان عملکردهای شناختی مبتلایان به اتیسم را مورد درمان و بهبود قرار داد[۶]. در گزارش محققانی که از رباتیک برای درمان اتیسم استفاده کرده‌اند، اشاره شده است که سطح تعامل اجتماعی، میزان توجه و رفتارهای اجتماعی مانند جلب توجه، در تعامل با ربات افزایش یافته است. علیرغم سودمند بودن استفاده از ربات در درمان افراد مبتلا به اتیسم، ربات می‌تواند مضراتی برای فرد مبتلا به همراه داشته باشد. انزالون و همکارانش در پژوهش خود، بازخورد و تعامل کودکان مبتلا به اتیسم و کودکان عادی را در مواجه با انسان و ربات مورد بررسی قرار

[1] NAO

[2] Kinect

[3] Gaussian model mixture

www.SID.ir

Archive of SID

داده‌اند. در این پژوهش ۱۶ کودک مبتلا به اتیسم با درجه اتیسم یکسان و ۱۶ کودک عادی به عنوان جامعه هدف در نظر گرفته شده‌اند، توسط الگوریتم‌های ردیابی صورت، مدلی از زوایای پیچ[4]و یا[5]در هر لحظه به دست می‌آید[۷].

با توجه به روش پیشنهادی برای درمان توجه اشتراکی در این پژوهش، باید روش مناسبی برای موقعیت یابی سر، تشخیص مردمک چشم و ردیابی آن به صورت بلادرنگ ارائه می‌گردید. پین و همکارانش، برای تخمین موقعیت سر، ناحیه آناتومی سر را با استفاده از یک توصیف‌گر چهره جدا می‌کنند. کاندیدها برای این نواحی از یک نقشه انرژی، مبتنی بر ویژگی‌های شبیه ها آر[6] استخراج می‌شوند[۸]. خان یک روش جدید و ساده برای تخمین مکان سر با استفاده از مدل‌سازی هندسه سه بعدی ارائه داده‌اند. یک نقطه‌ی محوری با استفاده از فاصله اندازه گیری شده که با فاصله فیزیولوژی معمول تصحیح می‌شود، بر پایه‌ی دو ناحیه‌ی چشم روی صورت، مدل می‌گردد. این روش هندسی ساده بر ویژگی‌های ساختاری صورت انسان در صفحه دید دوربین، برای تخمین زوایای یا، پیچ و رول[7]سر انسان، پایدار است[۹]. در پژوهش والنتی یک طرح ترکیبی ارائه شده است که اطلاعات مکانی سر و چشم را برای تخمین بهینه جهت خیره شدن، ترکیب می‌نماید. ماتریس تبدیل که از مکان سر گرفته می‌شود برای نرمال کردن ناحیه چشم به کار می‌رود و برعکس، ماتریس تبدیل مکان چشم بدست آمده برای تصحیح مکان سر به کار برده می‌شود. این طرح ترکیبی کمک می‌کند که در ویدیوهای با تفکیک پایین نیز دقت تخمین مناسبی برای مکان چشم وجود داشته باشد. این تخمین بهینه، یک نوآوری در سیستم‌های تخمین مکان خیره شدن بوده و باعث افزایش دقت شده‌است[۱۰].

۳- رویکرد ارائه شده

همان‌طور که در مقدمه گفته شد، برای حل صورت مساله دو سناریو در نظر گرفته شده‌است. در سناریوی اول توسط تکنیک واقعیت مجازی و ردیابی بلادرنگ مردمک چشم کودک با استفاده از روش ارائه شده، میزان توجه اشتراکی فرد مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و همچنین با پیشبرد بازی در مراحل بعد سعی بر بالابردن میزان توجه اشتراکی در وی می‌شود. در سناریوی دوم که با استفاده از ربات انسان‌نما صورت می‌گیرد، کودک درگیر تعامل فیزیکی و ذهنی با ربات می‌شود و حین بازی با آن، داده‌های موقعیت سر و بدن دریافت و به تصمیم گیری فازی سپرده می‌شود. درخت تصمیم گیری با هدف افزایش توجه اشتراکی، بازی‌های مختلف را انتخاب کرده و ربات را به بازی با کودک وا می‌دارد.

۳-۱- سناریوی واقعیت مجازی

واقعیت مجازی[8]نوعی از فناوری است که در آن محیطی مجازی در جلوی چشمان کاربر قرار می‌گیرد و به وسیله حرکات سر و بدن با آن محیط تعامل برقرار می‌کند. سناریوی اول این پژوهش که تعامل کودک با کامپیوتر مورد بررسی قرار گرفته‌است، با استفاده از فناوری واقعیت مجازی به توسعه یک نرم افزار پرداخته‌ایم.

۳-۱-۱- الگوریتم تشخیص و ردیابی مردمک چشم

روش‌هایی برای تشخیص مرکز چشم پیشنهاد شده است که به طور کلی به زیربخش‌های زیر قابل تقسیم هستند:

روش‌های مبتنی بر ویژگی

روش‌های مبتنی بر مدل

روش‌های ترکیبی

در این پژوهش یک مدل مبتنی بر ویژگی، برای تشخیص موقعیت مرکز چشم و ردیابی مردمک در تصاویر و ویدئوهایی که توسط دوربین وب‌کم با کیفیت پایین ضبط شده‌اند، پیشنهاد و پیاده سازی شده است.

هدف نهایی روش ارائه شده، ردیابی مردمک چشم است که چندین مرحله را طی می‌کند:

برای موقعیت یابی مرکز چشم، مرکز یک الگوی شبه دایره به عنوان مکانی که بیشترین گرادیان عکس در آن تلاقی پیدا می‌کند، تعریف می‌شود. بنابراین از یک عملگر ریاضی که بیشینه آن را در مرکز الگوی دایره‌ای بدست می‌آورد، استفاده شده است.

روش‌های پس‌پردازشی با هدف کاهش مشکلات ناشی از عینک و بازتاب چشم در ابرو و همچنین مقاوم‌سازی الگوریتم ارائه‌شده در نورهای مختلف؛ انجام شده است.

در شکل۱ در سمت چپ، بردار جابه‌جایی $\boldsymbol{d_i}$ و بردار گرادیان $\boldsymbol{g_i}$ جهت گیری یکسانی ندارند، در حالی که در سمت راست هر دو جهت گیری‌ها یکسان هستند.

از دید هندسی، مرکز یک شیء دایره‌ای را می‌توان به وسیله‌ی آنالیز میدان بردار گرادیان تصویر بدست آورد. همچنین میدان بردار گرادیان‌های تصویر را آنالیز می‌کنند، با این تفاوت که برای انجام این کار ویژگی‌های خاص میدان بردار به شکلی فرموله‌بندی شده‌است که رابطه بین مرکز احتمالی چشم و جهت‌گیری‌های تمام گرادیان‌های تصویر را توصیف کند. این کار با هدف موقعیت‌یابی مرکز چشم انجام گرفته‌است. در این فرموله‌بندی مرکز احتمالی با C و گرادیان بردار در موقعیت x_i با g_i نمایش داده شده‌است. در نتیجه بردار جابه‌جایی نرمال شده‌ی d_i باید به اندازه‌ی گرادیان g_i دوران داشته باشد، که در شکل۱ تشریح شده‌است. اگر از میدان بردار گرادیان تصویر استفاده کنیم، قادر خواهیم بود این بردار را از محاسبه ضرب داخلی بین بردار جابه‌جایی نرمال شده و بردار گرادیان g_i به دست آوریم. مرکز بهینه‌ی c^* یک شیء دورانی در یک تصویر، با موقعیت پیکسل‌های x_i به شکل رابطه (۱) محاسبه می‌شود:

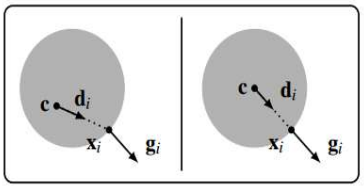
$$= \arg\max \{ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} (d_i^T g_i)^2 c^* \quad (۱)$$

$$d_i = \frac{x_i - c}{\|x_i - c\|_2} \quad , \quad \forall i : \|g_i\|_2 = 1 \quad (۲)$$

[4] Pitch
[5] Yaw
[6] Haar-like
[7] Roll
[8] Virtual Reality

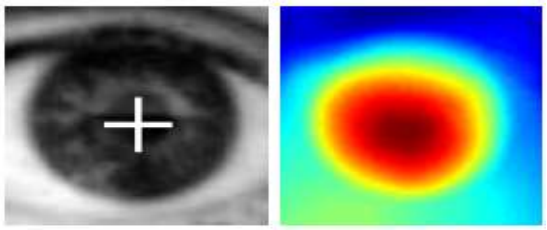
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- نمونه‌ی مصنوعی با یک دایره تاریک روی پس زمینه روشن، شبیه عنبیه و صلبیه چشم

به منظور دستیابی به وزن مساوی برای موقعیت همه پیکسل‌ها، بردار جابه‌جایی d_i به طول یکه مقیاس بندی شده‌است و برای بهبود پایداری در برابر تغییرات خطی در نورپردازی و تباین، بردارهای گرادیان نیز باید به طول یکه مقیاس بندی شوند. یک نمونه‌ی ارزیابی از جمع ضرب‌های داخلی برای مراکز مختلف در شکل۲ نشان داده‌شده‌است. تابع هدف یک بیشینه‌ی قوی را در مرکز مردمک به دست می‌آورد.



شکل ۲- مردمک با یک مرکز تشخیص داده شده که به رنگ سفید نشانه گذاری شده است

اگر فقط بردارهای گرادیانی که مقدار قابل توجهی دارند را در نظر بگیریم، پیچیدگی محاسباتی را می‌توان تا حد قابل توجهی کاهش داد. این معنی است که گرادیان‌های نواحی همگن را نادیده بگیریم. برای دستیابی به گرادیان‌های تصویر، مشتقات جزئی زیر را محاسبه می‌کنیم،

$$g_i = \left(\frac{\partial I(x_i, y_i)}{\partial x_i}, \frac{\partial I(x_i, y_i)}{\partial y_i}\right)^T \qquad (۳)$$

در حالی که روش‌های دیگر برای محاسبه‌ی گرادیان‌های تصویر، تغییر قابل توجهی در رفتار تابع هدف به وجود نمی‌آورند. در شکل۲ در سمت چپ تابع هدف یک بیشینه قوی را در مرکز مردمک به دست می‌آورد و پلات دوبعدی در سمت راست قابل مشاهده می‌باشد.

پس از تشخیص صورت در مرحله اول، گوشه‌ی چشم‌ها در تصویر تشخیص داده می‌شوند و از طریق محل گوشه‌ی چشم‌ها، آن‌ها را مکان‌یابی می‌کند. در نهایت مردمک چشم تشخیص داده می‌شود. پس از این‌که در فریم اول، گوشه‌ی چشم‌ها و در نهایت مردمک چشم‌ها استخراج شدند، برای کاهش نرخ محاسباتی و بالا بردن سرعت پردازش، از پیدا کردن مجدد گوشه‌ها در فریم‌های بعدی صرف نظر می‌کنیم و در فریم‌های بعدی مردمک تشخیص داده شده در فریم‌های قبلی را ردیابی می‌کنیم.

۲-۱-۳- ارزیابی الگویتم توسعه داده شده

برای ارزیابی روش ارائه شده، از مجموعه داده بایو ایدی[۱] استفاده شده‌است. علاوه بر تغییرهایی که در شرایط نوری اتفاق می‌افتد، موقعیت و وضعیت سوژه‌ها نیز تغییر می‌کند. همچنین تعدادی از سوژه‌ها عینک به چشم می‌زنند و برخی نیز موهای سرشان چشم‌هایشان را می‌پوشاند. در برخی از تصاویر چشم‌ها نیمه باز هستند و حالت طبیعی خود را ندارند[۱۱]. مراکز چشم چپ و راست نشانه-گذاری شده‌اند، در این‌جا سناریوی چند مرحله‌ای توصیف شده در شکل ۱ را اجرا می‌کنیم. در این سناریو، ابتدا موقعیت چهره تشخیص داده و بر اساس آن نواحی خام چشم‌ها را با توجه به نسبت‌های موجود بین چشم و اندازه‌ی چهره‌ی تشخیص داده شده، استخراج می‌کنیم.

خطای نرمال شده را به عنوان یک معیار صحت برای مراکز چشم-ها که تخمین زده شده‌اند، ارزیابی می‌کنیم، این خطا از تخمین هر دو چشم به دست آمده‌است. جزورسکی[۲] این معیار را معرفی کرده که به صورت زیر تعریف شده‌است[۱۲]:

$$e \le \frac{1}{d}\max(e_1, e_r) \qquad (۴)$$

e_1 و e_r فواصل اقلیدسی بین مراکز چشم راست و چپ هستند و d فاصله بین مراکز چشم واقعی است. هنگامی که در مورد کارایی یک رویکرد برای مکان‌یابی چشم صحبت می‌کنیم، این معیار ویژگی‌های ذیل را دارا است:

الف) $e \le 0.25$ ≈ فاصله بین مرکز و گوشه های چشم،

ب) $e \le 0.10$ ≈ قطر عنبیه،

ج) $e \le 0.05$ ≈ قطر مردمک.

بنابراین، رویکردی که باید برای تعقیب چشم استفاده شود نه‌تنها باید کارایی بالایی برای $e \le 0.25$ فراهم کند، بلکه باید نتایج خوبی برای $e \le 0.05$ نیز بدهد. خطای معادل 0.25 یا اندکی کمتر از آن نشان می‌دهد که مرکز تخمین زده شده ممکن است که درون چشم قرار گیرد ولی این تخمین را نمی توان برای اجرای صحیح تعقیب چشم استفاده کرد.

۳-۱-۳- طراحی بازی برای انجام سناریوی واقعیت مجازی

این سناریو با حرکت یک پرنده به صورت تصادفی در سلول‌های یک جدول انجام می‌شود. کودک با چشم خود این پرنده را دنبال می‌کند. برای آن‌که بتوان حرکت دقیق مردمک را بررسی کرد و مورد تحلیل قرار داد، حرکت سر باید مقید شده باشد، که برای این منظور از وسیله‌ی نگهدارنده چانه[۳] چشم‌پزشکی استفاده شده‌است. پس از شروع تست، سرور اطلاعات حرکتی مردمک چشم کودک را توسط دوربین شبکه استخراج می‌کند. برای نرمال کردن حرکت مردمک و اطمینان از درستی آن، اطلاعات در هر ثانیه ۱۰۰ مرتبه خوانده می‌شوند و برای نمایش هدف نهایی بین آنها میانگین گرفته می‌شود. جهت نگاه کودک بین سلول‌های جدول با رنگ زرد مشخص می‌گردد.

[۱] BioID data set

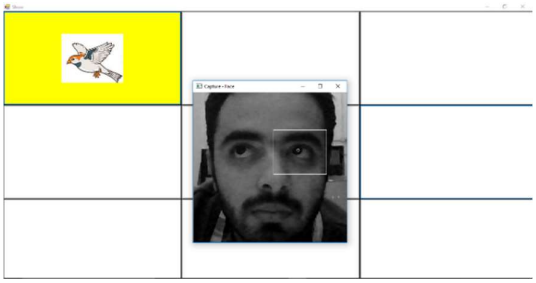
[۲] Jesorsky

[۳] Chinrest

www.SID.ir

Archive of SID

اگر کودک پرنده را نگاه کند و توجه اشتراکی مورد نظر درست انجام گیرد، سلولی که حاوی پرنده است زرد رنگ خواهد شد(شکل ۳).



شکل ۳- مراحل انجام سناریو واقعیت مجازی

۳-۲- سناریوی تعامل انسان و ربات

سناریوی طراحی شده برای بازی فرد با ربات دارای چندین مرحله است. قبل از شروع تست، درمان‌گر اطلاعات اولیه‌ی مورد نیاز از قبیل نام، نام خانوادگی و سطح آخرین تست کارز گرفته شده را به منظور تهیه‌ی پرونده برای بیمار به سیستم اعلام می‌کند. در این سناریو ما سه مرحله بازی خواهیم داشت که هرکدام از آن‌ها به سه بخش تقسیم می‌شوند، سیستم فازی مراحل و زمان‌بندی آن‌ها را انتخاب کرده و برای ربات ارسال می‌کند. برای محاسبه‌ی خطا و دریافت داده از روند اجرای سناریو، تمامی مراحل اجرا در یک موتور بازی شبیه سازی شده‌اند، که در ادامه توضیح داده می‌شود.

۳-۲-۱- ربات انسان‌نمای نائو

شرکت رباتیک آلدباران[1]ربات انسان‌نمایی با نام تجاری نائو را به بازار عرضه نموده‌است. این ربات دوپا، که ۵۸ سانتی‌متر ارتفاع دارد با برخورداری از طراحی و ترکیب مناسب نرم‌افزار و سخت‌افزار، از پیشتازان علم رباتیک به حساب می‌آید. از خصوصیات این ربات می‌توان به قابلیت برنامه‌نویسی، وجود انواع حسگرها، برخورداری از رایانه‌ی داخلی، کنترل از راه دور و بدنه‌ی سبک و زیبای آن اشاره نمود[۱۳].

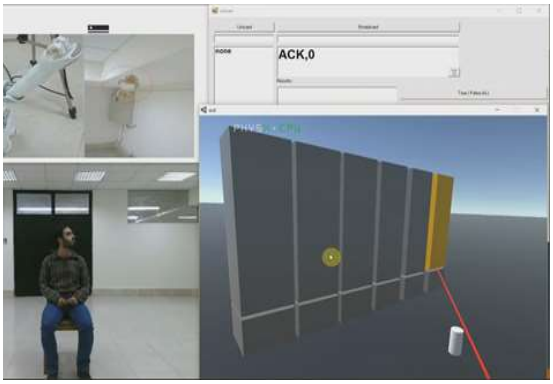
۳-۲-۲- موتور بازی یونیتی[2]

موتور بازی یونیتی، نرم‌افزاری برای ساخت و توسعه‌ی بازی‌های ویدئویی است. از مهم‌ترین قابلیت‌هایی که معمولاً توسط موتورهای بازی پیاده‌سازی می‌شوند، می‌توان به موتور رندر برای گرافیک سه‌بعدی و دوبعدی، موتور فیزیکی یا تشخیص برخورد، صدا، اسکریپت نویسی، انیمیشن، هوش‌مصنوعی، شبکه، مدیریت حافظه، سیستم تردینگ[3] و رسم گراف برای اجزای صحنه اشاره کرد.

۳-۲-۳- طراحی بازی سناریوی تعامل فرد با ربات

در اتاق آزمایش، عروسک و یا هر وسیله‌ای که برای کودکان جذاب باشد وصل می‌شود. ربات در مرحله‌ی اول به سمت یکی از عروسک‌ها رفته و پس از قرار گرفتن در زیر عروسک دست‌های خود را به طرف آن می‌گیرد. در مرحله‌ی دوم، ربات در نقطه‌ای ثابت می‌ماند و با دست خود به سمت یکی از عروسک‌ها اشاره می‌کند و از کودک می‌خواهد که به آن توجه کند. در مرحله‌ی سوم، ربات زیر یکی از عروسک‌ها رفته و با دستان خود به عروسک مخالف اشاره می‌کند. با شروع تست، ربات با توجه به سطح تست کارز، از یکی از مراحل شروع به بازی می‌کند. در تمامی مدت زمان تست، الگوریتم پیاده‌سازی شده اطلاعات حسگر بینایی را دریافت می‌کند و موقعیت سر کودک و بدن او را نسبت به موقعیت ثانویه استخراج کرده و آن را به سرور برمی‌گرداند. پس از اتمام سه قسمت از یک مرحله؛ مقدار خطا در هر بخش مشخص می‌شود. با توجه به سطح تست کارز درخت تصمیم‌گیری فازی، مرحله بازی را انتخاب می‌کند، سیستم می‌تواند بازی را در همین سطح نگه دارد و یا با توجه به خروجی تست انجام شده، مرحله‌ای سخت‌تر و یا ساده‌تر را آغاز نماید. هم‌چنین برای آنکه اطلاعات دقیق‌تری از روند انجام تست داشته باشیم تمامی مراحل انجام‌شده در نرم‌افزار یونیتی شبیه‌سازی شده‌است.

پس از آن که ربات هدف را به کودک نشان داد، سرور به مدت ۱۰ ثانیه شروع به خواندن اطلاعات از حسگر کینکت می‌کند. اطلاعات دریافتی را برای موقعیت‌یابی سر و ردیابی آن استفاده می‌کند. با استفاده از حسگر سه بعدی کینکت، ابتدا اسکلت بدن تشخیص داده می‌شود و سپس قسمت سر را جدا کرده و در نهایت به دنبال نقاط خاصی از صورت می‌گردد. این نقاط در شکل۴ به صورت ماسک نشان داده شده‌اند. سیستم شبیه‌سازی، تشخیص برخورد را به موتور بازی یونیتی ارسال می‌کند. موتور بازی یونیتی، برداری از موقعیت سر و جهت نگاه رسم می‌کند، و محیط را که هدف‌ها در آن قرار دارد را به یک دیوار دوبعدی، در شش سلول تبدیل می‌کند. نقطه‌ی برخورد بردار با دیوار، با رنگ زرد مشخص می‌گردد، سیستم طراحی شده می‌داند که هدف مورد نظر در کدام سلول قرار دارد و آن را در صفحه نمایش می‌دهد. در شکل ۴ نمایی از شبیه سازی محیط آزمایش در نرم‌افزار یونیتی مشاهده می‌شود.

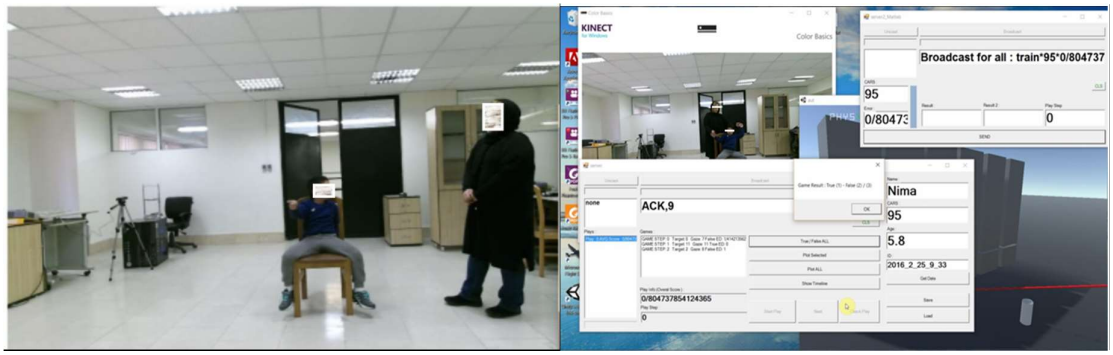


شکل ۴- نمای از سیستم شبیه سازی شده در موتور بازی یونیتی

[1] Aldebaran
[2] Unity
[3] Threading

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- مراحل انجام سناریوی تعامل کودک اتیستیک با ربات

برای پیاده‌سازی منطق فازی از روش ممدانی[1] استفاده شده‌است. در سیستم فازی، برای تصمیم‌گیری، دو طیف اطلاعات وارد سیستم می‌شود، طیف اول اطلاعات پزشکی یا همان تست استاندارد کارز کودکان می‌باشد که به هفت دسته تقسیم شده است، و دارای بازه‌ی عددی مشخصی است، طیف دوم خطای محاسبه شده است، که از اختلاف موقعیت هدف مورد نظر و نگاه فرد به دست می‌آید. از ترکیب این دو ورودی ۳۵ قانون سیستم منطق فازی تشکیل شده است، با توجه به بازی‌های طراحی شده، سرور خروجی درخت تصمیم‌گیری را دریافت می‌کند. با توجه به سطح بازی قبلی، بازی مرحله بعد را به ربات فرمان می‌دهد. برای فازی‌سازی مقدار خطا، از منطق تحلیلی استفاده شده‌است. در شکل۵ نمایی از تست کودک مبتلا به اتیسم در حال اجرای سناریوی تعامل با ربات نائو، مشاهده می‌شود که در آن با توجه به نتیجه‌ی مرحله‌ی اول تست و تعداد خطاها، سرور سطح بازی مرحله‌ی بعد را انتخاب می‌کند و به ربات دستور انجام آن را می‌دهد.

۴-آزمایشات

آزمایش‌ها بر روی دو گروه شامل یک گروه از کودکان عادی و یک گروه سه نفره از کودکان مبتلا به اتیسم در رده‌ی سنی سه تا شش سال انجام گرفته‌است. برای ارزیابی جامع بودن راهکار ارائه شده، کودکان اتیستی با درجات اتیسم مختلف انتخاب شده‌اند. تست انجام گرفته با کودکان عادی به این منظور صحت‌سنجی عملکرد سیستم و سناریو انجام شده است. برای تحلیل الگوریتم‌های ارائه شده، بررسی سناریوها و عملکرد افراد اتیستیک، آزمایش‌هایی طراحی شده است که در ادامه به بررسی آن‌ها می‌پردازیم.

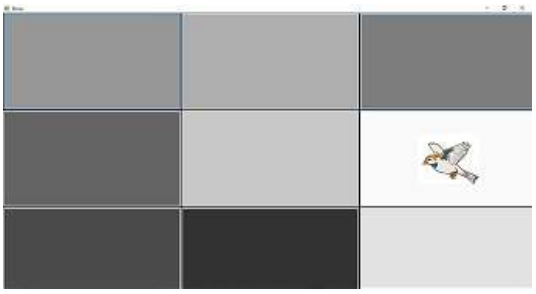
۴-۱- تحلیل جهت نگاه فرد و موقعیت هدف

هدف مورد نظر در کل زمان بازی در هر ۱۰ ثانیه در یکی از سلول‌های زمینه ظاهر می‌شود که یک نمودار از موقعیت‌های مختلف آن تشکیل داده می‌شود. همچنین پس از انجام پردازش‌ها در هر ۱۰ ثانیه، یک سلول به عنوان سلولی که کودک بیشترین نگاه را به آن داشته است نمایش داده می‌شود، و برای آن نیز نموداری رسم می‌شود.

[1] Mamdani

۴-۲-تولید نقشه‌ی گرما[2] از نگاه فرد

در حین انجام سناریوی اول، هر بار که پرنده در یکی از سلول‌ها ظاهر می‌شود، علاوه بر تشخیص جهت نگاه کودک و اینکه به کدام سلول خیره شده است، نقشه‌ی انرژی مربوط به نگاه کودک نسبت به بقیه‌ی سلول‌ها نیز به منظور انجام تحلیل‌های پیشرفته‌تر ثبت می‌شود. نقشه‌ی گرمایی، از طیف رنگی مشکی به سفید استفاده شده‌است. هرچه خانه روشن‌تر باشد نشان می‌دهد کودک نگاه بیشتری به آن سلول داشته است، همان طور که در شکل۶ مشاهده می‌شود، رنگ سلولی که پرنده درآن قرار دارد سفید است که نشان دهنده‌ی جهت نگاه درست فرد به پرنده می‌باشد.



شکل ۶- نمای از سیستم شبیه سازی شده در موتور بازی یونیتی

۵-نتیجه‌گیری

استفاده از ربات‌ها برای ایجاد تعامل و درمان پارامترهای پایه‌ای نظیر توجه اشتراکی، چالشی است که بسیاری از دانشگاه‌های معتبر جهان آن را به عنوان زمینه‌ی تحقیقاتی خود برگزیده‌اند. در این تحقیق نیز سعی شده است گامی در جهت پیش‌برد آن برداشته شود. ربات‌های دستیار اجتماعی برای آن‌که بتوانند مفید واقع شوند باید با توجه به نیازهای درمانی طراحی و ساخته شوند. با توجه به پیشینه‌ی موضوع، نیاز به طراحی ربات‌های پیچیده‌تر نسبت به ربات‌های فعلی محسوس است، ربات‌هایی که بتوانند روند درمان را تسهیل کنند. همچنین متخصصان حوزه‌ی درمان باید در طراحی الگوریتم‌ها و طراحی ربات‌ها نقش داشته باشند. اما تاکنون در ربات‌ها و الگوریتم‌های توسعه داده

[2] Heat Map

www.SID.ir

Archive of SID

شده چنین قابلیتی دیده نشده است، در این پژوهش با بکارگیری درخت تصمیم‌گیری فازی، تعاملی دو طرفه بین ربات و بیمار برقرار شد. در این تعامل، بهبود سطح بیماری توسط ربات تشخیص داده می‌شود و ربات تصمیمات خود را با در نظر گرفتن اینکه بیمار بهبود یافته است اتخاذ می‌کند.

در این پژوهش به طور خاص بر روی درمان توجه اشتراکی بیماران تمرکز شده‌است. در این راستا، دو الگوریتم برای تشخیص و ردیابی بلادرنگ چشم و سر توسعه داده شد. پس از توسعه‌ی این دو الگوریتم سناریوهایی برای تست طراحی شد. همان طور که نتایج نشان می‌دهد کودکان مبتلا، در ابتدا از ارتباط با ربات خودداری می‌کردند، ولی پس از انجام حرکاتی از سوی ربات به سوی آن جذب شده و حاضر به شرکت در تست‌ها شدند. به طور کلی استفاده از ربات‌های دستیار اجتماعی به خصوص نمونه‌هایی که توانایی کنترل رفتار آنها توسط کودکان وجود دارد، می‌تواند تاثیر به سزایی در بهبود رفتارهای اجتماعی کودکان مبتلا به اتیسم، و ارائه راه حلی درمانی برای رفع مشکلات ارتباطی آنها داشته باشد.

۶-سپاسگزاری

از اعضای محترم مرکز ساماندهی درمان و توانبخشی اختلالات اتیستی و خانواده‌های محترم کودکان اتیستیک که با فداکاری و صبوری در تست‌ها شرکت کرده‌اند کمال تشکر را دارم.

۷-مراجع

[1] Scassellati B., Henny A., Maja M., *Robots for use in autism research*, Annual review of biomedical engineering, Vol. 14, pp. 275-294, 2012.

[2] Pioggia G., Sica M. L., Ferro M., Igliozzi R., Muratori F., Ahluwalia A., De Rossi D., *Human-Robot Interaction in Autism: FACE, an Android-based Social Therapy*, RO-MAN 2007 - The 16th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, Jeju, pp. 605-612, 2007.

[3] Kim E. S., Paul R., Shic F., Scassellati B., Bridging the research gap: Making HRI useful to individuals with autism, *Journal of Human-Robot Interaction* 1.1, 2012.

[5] De Silva R. S., Tadano K., Higashi M., Saito A., Lambacher S.G., *Therapeutic-assisted robot for children with autism*, 2009 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, IEEE, 2009.

[6] Pioggia G., Igliozzi R., Sica M. L., Ferro M., Muratori F., Ahluwalia A., De Rossi D., *Exploring emotional and imitational android-based interactions in autistic spectrum disorders*, Journal of CyberTherapy & Rehabilitation 1, No. 1, pp. 49-61, 2008.

[7] Anzalone S. M., Tilmont E., Boucenna S., Xavier J., Jouen A. L., Bodeau N., Maharatna K., Chetouani M., Cohen D., MICHELANGELO Study Group, How children with autism spectrum disorder behave and explore the 4-dimensional (spatial 3D+ time) environment during a joint attention induction task with a robot, *Research in Autism Spectrum Disorders 8*, No 7, pp. 814-826, 2014.

[8] Pyun N. J., Halima S., Nicole V., Adaptive haar-like features for head pose estimation, *International Conference Image Analysis and Recognition, Springer International Publishing*, pp. 94-101, 2014.

[9] Sikandar Lal Khan M., Zhihan L., Haibo L., Head orientation modeling: Geometric head pose estimation using monocular camera, *The 1st IEEE/IIAE International Conference on Intelligent Systems and Image Processing 2013*, 2013.

[10] Valenti R., Sebe N., Gevers T., Combining head pose and eye location information for gaze estimation, IEEE Transactions on Image Processing 21, No. 2, pp. 802-815, 2012.

[11] Jesorsky O., Klaus J. K., Robert W. F., Robust face detection using the hausdorff distance. *International Conference on Audio-and Video-Based Biometric Person Authentication. Springer Berlin Heidelberg*, 2001.

[12][SoftBank Robotics]: [1]2017. [Online]. Available: https://www.bioid.com/about/bioid-face-database. [Accessed: 01- Jan- 2017].

[13][S]: [1]2017.[Online]. Available: https://ww.ald.softbankrobotics.com/en. [Accessed: 01- Jan- 2017].

www.SID.ir