نشریه مهندسی مکانیک امیرکبیر

نشریه مهندسی مکانیک امیرکبیر، دوره ۵۲، شماره ۸، سال ۱۳۹۹، صفحات ۲۳۲۹ تا ۲۳۵۴
DOI: 10.22060/mej.2019.15434.6121

تأثیر ربات‌های اجتماعی در آموزش و توانبخشی کودکان طیف اُتیسم در ایران

علیرضا طاهری[1*]، علی مقداری[1]، مینو عالمی[2]، حمیدرضا پوراعتماد[3]

[1] دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران
[2] دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران-غرب، تهران، ایران
[3] پژوهشکده علوم شناختی و مغز، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

خلاصه: هدف از پژوهش حاضر، به‌کارگیری عملی ربات‌های انسان‌نما به عنوان دستیار درمانگر در ارتقای مهارت‌های اجتماعی و شناختی کودکان مبتلا به اتیسم به عنوان یکی از اولین گروه‌های به کارگیرنده‌ی این فن‌آوری در ایران است. جهت نیل به این مقصود، بازی‌های آموزشی-درمانی متنوعی تدوین شده و در چند قالب بر روی کودکان اتیستیک پیاده‌سازی شده است: الف) بررسی مقبولیت ربات‌ها در میان کودکان و مطالعه عملکرد آن‌ها در بازی تقلیدهای حرکتی درشت و ریز، ب) بررسی تأثیر حضور ربات به عنوان دستیار معلم در آموزش موسیقی به کودکان طیف اتیسم (در برنامه مداخلات انفرادی) با هدف ارتقای مهارت‌های اجتماعی و شناختی آن‌ها، و پ) مطالعه‌ی اثربخشی استفاده از ربات‌ها در افزایش مهارت‌های اجتماعی کودکان عملکرد بالا (در برنامه‌ی مداخلات گروهی دو نفره). مجموعه نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش، حاکی از مقبولیت ۷۰ درصدی ربات‌ها در اولین تعامل کودکان اتیستیک با آن‌ها بوده است. ارتقای هر دو گروه کودکان عملکرد بالا و پایین در زمینه‌ی مهارت‌های تقلیدی ریز، توجه اشتراکی و ارتباط؛ کاهش نشانگان اتیسم شرکت‌کنندگان، ارتقا و ماندگاری مهارت‌های اجتماعی کودکان عملکرد بالا؛ و کاهش رفتارهای ناسازگارانه در کودک با عملکرد پایین از اهم یافته‌های این پژوهش است. ه

تاریخچه داوری:
دریافت: ۲۰-۰۹-۱۳۹۷
بازنگری: ۱۱-۰۱-۱۳۹۷
پذیرش: ۲۵-۰۱-۱۳۹۸
ارائه آنلاین: ۱۵-۰۲-۱۳۹۸

کلمات کلیدی:
تعامل انسان-ربات
طیف اختلالات اتیسم
ربات‌های اجتماعی
تقلید
توجه اشتراکی

۱ - مقدمه

اتیسم[1]، نوعی اختلال در رشد مغز است که باعث عدم پردازش صحیح اطلاعات، ضعف یا ناتوانی کودک در یادگیری زبان، مشکل در ایجاد ارتباط کلامی و غیر کلامی و درک موقعیت‌های اجتماعی می‌شود [۱ و ۲]. بیماران مبتلا، رفتارها یا علاقه‌مندی‌هایی تکراری و الگوی تفکری انعطاف‌ناپذیری دارند. شدت این بیماری بسیار متغیر است [۳]. اتیسم بیماری تمام عمر است [۴]. هیچ‌گونه آزمایش خونی یا عکس رادیولوژی برای تشخیص این بیماری وجود ندارد [۵ و ۶]. در زمینه‌ی میزان شیوع اختلالات اتیستیک[2]، توافق چندانی وجود ندارد. آخرین آمارها، حاکی از مبتلا بودن ۱ کودک از هر ۶۸ کودک متولد شده در ایالات متحده می‌باشد [۷]. انتظار می‌رود بیش از ۳۰ هزار نفر از جمعیت زیر ۱۹ سال ایرانی مبتلا به اختلالات اتیستیک باشند [۶].

در سال‌های اخیر، استفاده از ربات‌های اجتماعی[3] در حوزه‌ی غربالگری[4] و توانبخشی[5] مبتلایان به اتیسم [۴ و ۷ و ۸] رشد چشمگیری داشته است. ممکن است این پرسش مطرح شود که «ربات‌ها چگونه ممکن است به افراد مبتلا به اتیسم کمک نمایند؟» تا به امروز، پاسخ قطعی و مورد پذیرش به این سؤال برای همه‌ی مهندسان، روانشناسان و پژوهشگران حوزه‌ی اتیسم وجود ندارد؛ اما گزاره‌های منتشر شده‌ی زیر در ادبیات موضوعی، مهم‌ترین انگیزه‌ی ما و سایر محققین دنیا در پیشبرد بهره‌گیری از ربات‌ها در حوزه‌ی آموزش و توانبخشی رفتاری کودکان دارای اتیسم بوده است:

-کودکان مبتلا به اتیسم بر خلاف عدم تواناییشان در ارتباط برقرار کردن با کودکان همسال، معمولاً به صورت طبیعی با تکنولوژی‌ها درگیر می‌شوند.

-ربات‌ها از اسباب‌بازی‌های غیرهوشمند و کم‌تحرک که قابلیت بروز رفتارهای اجتماعی ندارند، جذاب‌تر و توانمندتر بوده؛ و در عین حال از انسان‌ها و سایر موجودات اجتماعی به عنوان منابع ایجاد

1 Autism
2 Autism Spectrum Disorders (ASD)
3 Social robotics
4 Screening
5 Rehabilitation

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: artaheri@sharif.edu

حقوق مؤلفین به نویسندگان و حقوق ناشر به انتشارات دانشگاه امیرکبیر داده شده است. این مقاله تحت لیسانس آفرینندگی مردمی (Creative Commons License) در دسترس شما قرار گرفته است. برای جزئیات این لیسانس، از آدرس https://www.creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode دیدن فرمائید.

سردرگمی و استرس برای کودکان طیف اتیسم پیچیدگی کمتری دارند.

-محققین به‌کارگیرنده‌ی فناوری رباتیک، افزایش اشتیاق به درگیر شدن در فعالیت‌های آموزشی-درمانی، بروز رفتارهای اجتماعی بدیع و ارتقا در مهارت‌های شناختی کودکان مبتلا به اتیسم را گزارش نموده‌اند.

-در حالی که کودکان طیف اتیسم تمایل کمی به ایجاد برقراری ارتباط با کودکان عادی همسال خود دارند، شاید بتوان از ربات‌ها به عنوان دوست یا کمک-درمانگر، جهت آموزش مهارت‌های مختلف اجتماعی و شناختی (تقلیدی، توجه اشتراکی، نوبت‌گیری، نظریه‌ی ذهن و ...) استفاده کرد؛ مهارت‌هایی که کودک عادی به واسطه‌ی ارتباط با کودکان و بزرگسالان دیگر در سال‌های اولیه‌ی زندگی خود می‌آموزد.

از سال ۲۰۰۰، به صورت گسترده نشان داده شده است که استفاده از ربات‌های اجتماعی در توانبخشی اتیسم، به صورت معناداری اثربخشی جلسات مداخله‌ی بالینی برای کودکان مبتلا به اتیسم را افزایش می‌دهد [۴ و ۷ و ۸]. در این مطالعات، با بهره‌گیری از ابزارهای کمّی و کیفی گوناگون (نظیر تحلیل محتوای فیلم‌های جلسات، پرسشنامه‌های استاندارد و ...)، تأثیر بازی‌ها و سناریوهای مبتنی بر ربات بر روی عملکرد و مهارت‌های رفتاری کودکان شرکت‌کننده در طول زمان مورد بررسی قرار می‌گیرد [۴ و ۹ و ۱۰]. اهمّ یافته‌های پژوهش‌های گذشته، بهبود در مهارت‌های تقلیدی [۱۱]، توجه اشتراکی [۴ و ۸ و ۱۲]، ارتباط و تعاملات اجتماعی [۴ و ۱۳ و ۱۴] آزمودنی‌ها در حین مداخلات رباتیک (حتی در طول تعداد محدودی جلسه‌ی درمانی) می‌باشد.

این پژوهش، به بررسی تأثیر ربات‌های اجتماعی انسان‌نما به عنوان دستیار درمانگر در توانبخشی و آموزش کودکان مبتلا به اتیسم به عنوان یکی از اولین گروه‌های به‌کارگیرنده‌ی این فن‌آوری در ایران می‌پردازد. هدف از انجام این مطالعه، استفاده‌ی عملی از ربات‌های انسان‌نمای تجاری نائو و آلیس (با نام‌های ایرانی نیما و مینا) در مداخلات بالینی و تدوین آیتم‌های درمانی مناسب (در قالب بازی‌های آموزشی-درمانی با ربات) در جهت ارتقای مهارت‌های تقلیدی، توجه اشتراکی و اجتماعی کودکان مبتلا به اتیسم می‌باشد. ما در طول انجام پژوهش‌هایمان، با درگیرکردن کودکان اتیستیک در تک جلسات مقبولیت و یا مداخلات بالینی (با حضور ربات‌های انسان‌نما) در تلاش برای یافتن پاسخ اولیه به پرسش‌های پژوهشی زیر می‌باشیم:

شکل۱ : فهرست تصویری ساختار انجام این پژوهش شامل: طراحی سناریوهای درمانی، بررسی مقبولیت، و مطالعه‌ی اثربخشی استفاده از ربات‌ها در توانبخشی اجتماعی-شناختی کودکان طیف اتیسم

Fig. 1. An overview of the research structure including: design intervention scenrios, robots' acceptability, and invetsigation of the robot-assisted intervention sessions on social and cognitive skills of children with autism

الف

ب

شکل۲ . تصویری از ربات‌های انسان نمای به کاررفته در این پژوهش: الف) ربات نیما و ب) ربات مینا

Fig. 2. Snapshots of the robots used in this study: a) NAO (Nima) Robot, and b) Alice (Mina) Robot.

چه میزان از کودکان اتیستیک، حاضر به تعامل با ربات‌ها و انجام تکالیف ارائه شده توسط آن‌ها می‌باشند؟

عملکرد کودکان در انجام حرکات تقلیدی ریز[1] (تقلید حالت چهره) و درشت[2] (حرکات نرمشی) با ربات‌ها در مقایسه با درمانگر انسانی چه تفاوتی دارد؟

ربات‌های اجتماعی انسان‌نما به عنوان دستیار درمانگر در آموزش موسیقی به کودکان طیف اتیسم چه تأثیری بر مهارت‌های اجتماعی-شناختی کودکان دارند؟

آیا ربات‌های انسان‌نما قادر به ارتقای مهارت‌های اجتماعی کودکان طیف عملکرد بالای[3] اتیسم می‌باشند؟

جهت پاسخ به پرسش‌های پژوهشی مطرح شده، ساختار پژوهش در سه فاز کلی طراحی شده است. فاز اول شامل تهیه سخت‌افزارهای مورد نیاز، برنامه‌ریزی ربات‌ها، طراحی سناریوها و بازی‌های آموزشی-درمانی، آماده‌سازی اتاق درمان و تعیین ابزارهای سنجش مناسب می‌باشند. فاز دوم، بررسی مقبولیت ربات‌ها در اولین مواجهه با ربات‌های مینا و نیما و بررسی عملکرد کودکان مبتلا به اتیسم در بازی‌های تقلیدی حرکتی درشت و ریز از ربات‌هاست. ضرورت انجام این فاز، آگاهی از میزان تمایل کودکان دارای اتیسم شرکت‌کننده به برقراری تعامل و همبازی شدن با ربات‌هاست. فاز سوم نیز شامل انجام مداخلات بالینی با حضور ربات‌ها در قالب مداخلات انفرادی و مداخلات گروهی کودکان مبتلا به اتیسم به عنوان هدف اصلی این پژوهش است. فهرست تصویری شکل ۱، ساختار کلی انجام این پژوهش را به تصویر کشیده است.

بخش ۲ این مقاله، به بیان فازهای اجرایی پژوهش شامل معرفی ابزارهای آموزش و مداخله (ربات ها و سایر سخت‌افزارهای استفاده شده) و بازی‌های تدوین شده می‌پردازد. همچنین ابزارهای اصلی سنجش در این پژوهش معرفی می‌گردند. در بخش ۳، به بررسی حضور یک/دو جلسه‌ای و واکنش‌های تعدادی کودک اتیستیک و بهنجار (نرمال) در انجام تقلیدهای حرکتی درشت (تقلید در حرکات سر، دستان و پاها) و ریز (تقلید حالت چهره) از ربات‌های انسان‌نما پرداخته می‌شود تا به سؤالات پژوهشی اول و دوم پاسخ داده شود. در بخش ۴ مقاله، مراحل انجام مداخلات بالینی انفرادی بر روی تعدادی کودک اتیستیک طی یک دوره‌ی آموزشی-درمانی نواختن سازهای بلز و طبل توسط ربات انسان‌نما بیان شده و پرسش سوم بررسی خواهد گشت. بخش ۵ به بررسی اثربخشی مجموعه بازی‌های درمانی تقلیدی و توجه اشتراکی پس از انجام ۱۲ جلسه مداخله بالینی با کمک ربات‌های انسان‌نما بر روی تعدادی کودک اتیستیک پسر (در قالب گروه‌های دونفره) به منظور پاسخ به پرسش پژوهشی چهارم می‌پردازد. بخش ۶ به عوامل مؤثر در توسعه ربات‌های اجتماعی در زمینه توانبخشی شناختی از منظر شکل ظاهری می‌پردازد. در بخش ۷ و ۸ نیز به محدویت ها، کارهای آینده و جمع‌بندی مجموعه یافته‌های این پژوهش پرداخته می‌شود.

لازم به ذکر است در تمامی بخش‌های این پژوهش، خانواده‌های کودکان حاضر در مطالعه به صورت داوطلبانه شرکت داشته‌اند و هیچ

1 Fine
2 Gross
3 High functioning

جدول۱. لیست بازی‌های آموزشی-درمانی تدوین شده به منظور اجرا در جلسات مداخله بالینی

Table 1. List of the designed games to be conducted in the intervention sessions

شماره	عنوان بازی	مودهای مختلف اجرای بازی	نماد اختصاری	هدف درمانی از تدوین بازی
1	تقلید بلادرنگ ربات از کودک در حرکات دست و سر (در وضعیت ربات-کودک)		I/1	جلب توجه کودک به سمت ربات و درمانگر (و اینکه کودک حرکات خود را در شخص دیگری ببیند)، قرارگرفتن در موقعیت‌های تعامل تقلید متقابل (دو طرفه)
		تقلید آینه‌ای		
		تقلید مستقیم و معکوس		
2	آموزش تقلید حرکتی، رقص و نرمش‌های ساده/پیچیده ربات به کودک در قالب بازی‌های فردی، گروهی و نوبتی (در وضعیت‌های ربات-کودک و ربات-کودک-همگروهی/والد)		I/2	ارتقای تقلید و آموزش مهارت‌های حرکتی درشت، وقوع تعاملات دو و سه نفره، انجام بازی‌های نوبتی
		تقلید یک کودک از حرکات نرمشی ساده و پیچیده‌ی ربات		
		تقلید گروهی کودکان به صورت همزمان و یا نوبتی از حرکات نرمشی ساده و پیچیده‌ی ربات		
		تقلید کودک-والد از حرکات ربات		
		رقص زنده ربات با حرکات نسبتاً دشوار با اجرای موزیک		
		اجرای فیلمی از رقص گروهی ربات‌ها و تقلید توسط کودکان		
3	کنترل ربات‌های انسان‌نما توسط بازوی هپتیک به عنوان ریموت (در وضعیت‌های ربات-کودک و ربات-کودک-همگروهی/والد)		I/3	امکان به حرکت درآوردن دلخواه درجات آزادی ربات توسط درمانگر و یا کودک، وقوع تعاملات سه‌گانه، بازی‌های نوبتی، تقلید
		کنترل حرکت دست‌ها و سر ربات‌های انسان نما توسط کودک		
		حضور یک کودک جهت حرکت دادن ربات‌ها و کودک دیگر برای تقلید حرکات ربات		
		استفاده از والد جهت حرکت دادن ربات‌ها و فرزند برای تقلید حرکات ربات		
4	نواختن سازهای بلز و طبل واقعی توسط ربات (در وضعیت تعاملی ربات-کودک)		I/4	تقلید حرکتی (ریز)، اشاره، توجه اشتراکی و تناوب نگاه، بازی نوبتی، هماهنگی چشم و دست، آموزش نت‌شناسی و ریتم نوازی، ارتقای مهارت‌های شناختی (نظیر تقسیم توجه، چندتایی شدن حافظه‌ی کاری، مهارت تعمیم دادن، شناخت رنگ، تمیز شنیداری، تقویت حافظه‌ی شنیداری)
		نواختن یک بلز/طبل واقعی توسط ربات و آموزش الفبای موسیقی و ریتم شناسی به کودکان شرکت کننده		
		تقلید متقابل کودک و ربات از هم طی دستورالعمل‌های مختلف		
5	نمایش حالت‌های چهره و هیجانی مختلف توسط ربات آلیس (مینا) و تقلید و		I/5	وقوع تعامل تقلیدی متقابل (دوطرفه) ربات-کودک،
		واکنش هیجانی ربات به حالت چهره کودک		
	بازشناسی هیجان توسط کودک و ربات از همدیگر (در وضعیت تعاملی ربات-کودک)	تقلید کودک از حالت چهره ربات		تقلید حالت چهره و بروز احساسات متفاوت، شناخت و بازشناسی هیجانات
		بازشناسی هیجان و توصیف حالت چهره و احساس ربات از روی کلیپ‌هایی از تعاملات نیما و مینا		

6	اشاره به اشیاء دور و نزدیک توسط ربات و کودک (در وضعیت تعاملی ربات-کودک)		JA/1	شروع و پاسخ به توجه اشتراکی، تناوب نگاه، بازی‌های نوبتی
		اشاره به نقاط نزدیک و دور توسط ربات و درخواست از کودک برای قرار دادن جسمی در آنجا و یا بیان نام شیء مشاهده شده در آن نقطه		
		شروع توجه اشتراکی توسط کودک با اشاره به نقاط نزدیک و دور و درخواست از ربات برای بیان شیء مشاهده شده در نقاط اشاره شده		
7	طراحی بازی طبقه بندی میوه‌ها، حیوانات، اشیاء و مکان‌ها از همدیگر، مبتنی بر کینکت (در وضعیت‌های ربات-کودک و ربات-کودک-والد)		JA/2	طبقه بندی، اشاره و توجه اشتراکی، تناوب نگاه
		انجام بازی فردی توسط کودک (جهت یادگیری قوانین بازی) و حضور ربات به عنوان مشوق		
		بازی گروهی کودک-والد و حضور ربات به عنوان مشوق		
		بازی گروهی کودک-ربات		
8	نواختن ساز بلز مجازی توسط کودک با همکاری ربات (در وضعیت‌های ربات-کودک و ربات-کودک-والد)		JA/3	تقلید متقابل ربات و کودک از یکدیگر، توجه اشتراکی، بازی‌های نوبتی ، هماهنگی چشم و دست، توجه دیداری
		نواختن یک بلز مجازی مبتنی بر کینکت توسط کودک و استفاده از ربات به عنوان مشوق		
		نواختن ساز بلز توسط ربات و تقلید متقابل کودک و ربات از هم طی دستورالعمل‌های مختلف		
		نواختن بلز مجازی توسط والد و پیاده سازی نت‌های اجرا شده بر روی بلز واقعی توسط کودک و ربات در قالب بازی‌های گروهی و نوبتی		

هزینه‌ای دریافت/پرداخت نکرده‌اند و تعهدنامه‌ای از طرف پژوهشگران و والدین بیماران جهت حفظ تعهدهای اخلاقی متقابل در طول دوره و عدم انتشار فیلم‌های ضبط شده از جلسات، به امضا رسیده است.

۲- روش انجام پژوهش

۲-۱-ابزارهای مورد استفاده در پژوهش

با در نظر گرفتن اهداف اصلی پژوهش، ربات‌های مورد نیاز می‌بایست قابلیت بروز مهارت‌های تقلیدی و توجه اشتراکی از جمله قابلیت حرکات اعضای بدن، بروز حالات چهره، تعاملات کلامی و اجتماعی، و اشاره به دور و نزدیک را دارا باشند. در این پژوهش، از ربات‌های انسان‌نمای تجاری نائو[1] ساخت شرکت آلدباران[2] فرانسه (با نام ایرانی نیما) با ۲۱ درجه آزادی [۱۵] و آلیس[3] ساخت شرکت روبوکایندهانسون[4] (با نام ایرانی مینا) دارای ۳۲ درجه آزادی (۲۱ درجه در بدن و پاها و ۱۱ درجه در گردن و صورت) [۱۶] موجود در آزمایشگاه رباتیک اجتماعی و شناختی دانشگاه صنعتی شریف، سنسورهای کینکت[5] ۱ و ۲ و بازوی رباتیک هپتیک فانتوم امنی[6] به عنوان ابزارهای اصلی تحقیق استفاده شده است (شکل ۲). لازم به ذکر است نیما و مینا، علاوه بر دارا بودن ویژگی‌های مورد نیاز اشاره شده جهت حضور مؤثر در جلسات مداخلات بالینی، از لحاظ طراحی ظاهری و اندازه نیز متناسب با رده سنی کودکان بوده و همبازی جذابی برای آن طیف سنی هستند.

۲-۲-بازی‌های آموزشی-درمانی تدوین شده

با توجه به اهداف کلی پژوهش و همچنین کاستی‌های متداول و شناخته شده کودکان اتیستیک، با پیروی از تئوری‌های روانشناسی

1 NAO
2 Aldebaran
3 Alice

4 Robokind Hanson
5 Kinect
6 Haptic phantom omni

[۴ و ۶]، مجموعه‌ای از بازی‌های مختلف به منظور ارتقای تقلید، توجه اشتراکی، مهارت‌های اجتماعی، رعایت نوبت و ... تدوین گشته‌اند که در ادامه‌ی پژوهش در هر جلسه‌ی مداخله بالینی، یک یا برخی از آن‌ها بر روی کودکان اتیستیک پیاده شده‌اند. لازم به ذکر است برخی از بازی‌ها در چند مود مختلف و با حضور ربات، درمانگر، یک یا دو کودک، و گاه والد آن‌ها صورت می‌پذیرد. در جدول ۱، لیست بازی‌های طراحی شده به همراه اهداف قابل انتظار از هر بازی ارائه شده است. برنامه‌ریزی ربات‌ها توسط نرم افزارهای کروگرافه [۱۵]، ورک شاپ [۱۶]، پایتون، سی شارپ و جاوا صورت پذیرفته است.

نام اختصاری بازی‌های ارائه شده در جدول ۱، بسته به تمرکز رفتار هدف بر مهارت تقلید و یا توجه اشتراکی کودک، به ترتیب با حرف I و JA آغاز می‌شوند. البته در بعضی بازی‌ها و مودها، به صورت همزمان شرایط وقوع رفتارهای تقلید و توجه اشتراکی وجود دارد (نظیر بازی شماره ۴ و ۸) و اختصاص فقط یک مهارت هدف، به راحتی امکان‌پذیر نیست. بدین منظور در کدگذاری رفتاری کودکان از طریق فیلم‌ها، در تمامی بازی‌های اجرا شده، هر دو گونه‌ی رفتارهای تقلیدی و توجه اشتراکی نمره‌گذاری شده‌اند.

۲-۳-ابزارهای سنجش

در بخش‌های مختلف این پژوهش، بسته به شرایط، در پیش-آزمون، پس-آزمون و یا در طول جلسات، از ابزارهای سنجش مختلفی نظیر پرسشنامه (گارز و نیمرخ مهارت‌های اجتماعی)، ارزیابی‌های انسانی و تحلیل داده‌های کینکت استفاده شده است که در زیربخش‌های مربوطه به آن‌ها اشاره می‌گردد. با توجه به تعداد اندک شرکت‌کنندگان در بخش‌های مداخلات بالینی این مطالعه، نمی‌توان آزمون‌های آماری معتبری بر روی نتایج حاصل از پرسشنامه‌ها اعمال نمود؛ بدین منظور از اندازه اثر کوهن-دی[1] [۱۷] بر روی داده‌های پیش-آزمون و پس-آزمون مستخرج از پرسشنامه‌ها استفاده شده است.

۳-بررسی مقبولیت ربات‌ها

پژوهش‌ها نشان می‌دهند که کودکان طیف اتیسم در استفاده از تقلید اجتماعی دچار نقص هستند [۴ و ۶]. درگیرکردن آن‌ها در تعاملات دوطرفه و برنامه‌های آموزش تقلید متقابل[2] از راه‌های مناسب توانبخشی شناختی و اجتماعی این کودکان می‌باشد. روش آموزش تقلید متقابل، یک روش طبیعت گرایانه بوده و تمرکز آن بر نقش اجتماعی تقلید در ارتقای مهارت‌های کلامی و غیرکلامی می‌باشد [۱۸ و ۱۹].

در بخش ۳ مقاله، به مطالعه‌ی مقبولیت ربات‌های اجتماعی توسط نمونه‌های طیف اتیسم ایرانی پس از اولین مواجهه‌ی آن‌ها با ربات پرداخته شده و عملکرد تقلیدی آن‌ها در دو گونه بازی تقلید حرکات بدنی و حالت چهره از ربات‌ها بررسی می‌گردند. توجه به این نکته که ارتقای تقلید حرکتی ریز و درشت می‌تواند به صورت بالقوه مهارت‌های اجتماعی کودکان طیف اتیسم را در زندگی واقعی‌شان افزایش دهد [۶ و ۸ و ۲۲-۲۰]، تعامل از طریق حالت چهره و حرکات بدنی با ربات‌ها ممکن است یک کاربرد درمانی مناسب این گونه پژوهش‌ها باشد [۴ و ۲۳].

۳-۱- تقلید حالت چهره از ربات انسان نمای مینا

مشکلات افراد مبتلا به اختلال طیف اتیسم در بازشناسی هیجانات و حالات ذهنی که از مؤلفه‌های شناخت اجتماعی می‌باشند، در طول دو دهۀ گذشته به طور وسیعی مورد مطالعه قرار گرفته است [۲۴ و ۲۵]. عامل این مشکلات، نقص این افراد درنظریه ذهن[3] و همدلی[4] است [۲۶].

در گذشته، محققان استفاده از چهره‌های[5] کامپیوتری [۲۷ و ۲۸] و ربات‌های اجتماعی با پیچیدگی‌های چهره‌ی گوناگون [۱۰ و ۱۳] را برای آموزش حالات چهره‌ی مختلف به کودکان مبتلا به اتیسم گزارش نموده‌اند. به عنوان یک مطالعه اکتشافی و موردی[6]، سالوادور[7] و همکاران [۱۳]، از ربات زینو آر-۵۰[8] (نسخه مذکر ربات آلیس/ مینا) جهت مقایسه‌ی عملکرد شناسایی حالت چهره/هیجانی ۱۱ کودک مبتلا به اتیسم و ۱۱ کودک بهنجار (عادی) همسال استفاده نموده‌اند. در این مطالعه، نویسندگان ربات خود را برای اجرای ۱۳ حالت احساسی و هیجانی، برنامه‌نویسی کرده‌اند و از شرکت‌کنندگان

1 Cohen-d

2 Reciprocal imitation
3 Theory Of Mind (TOM)
4 Empathy
5 Avatars
6 Case Study
7 Salvador
8 Zeno R-50

خواسته‌اند که نام احساس اجرا شده توسط ربات را بیان کنند. در حالی که در این تحقیق، تفاوت معناداری میان عملکرد کلی کودکان طیف اتیسم و بهنجار مشاهده نشده است، پژوهشگران نقص مشخص آزمودنی‌های مبتلا به اتیسمشان را در تشخیص حالت ترس ربات (نسبت به گروه کودکان بهنجار) بیان داشته‌اند. در نهایت نیز به پتانسیل استفاده از چنین رباتی با قابلیت بروز حالت چهره در بهبود مهارت‌های اجتماعی کودکان طیف اتیسم اشاره نموده‌اند.

در زیرفصل ۳-۱، عملکرد کودکان در تکالیف تقلیدی حالت چهره مطالعه می‌شود. در این راستا، در مود تعاملی ساختاریافته در معماری کنترلی تدوین شده ما برای تعامل کودک-ربات [۲۹]، کاربر می‌بایست حالات چهره‌ی ربات مینا را تقلید کند. بدین ترتیب، چند کودک اتیستیک در ۸ بازی تقلید حالت چهره از ربات مینا (وضعیت ربات-کودک) شرکت می‌کنند. به علاوه، هر کودک در ۸ بازی تقلیدی یکسان از معلم (وضعیت معلم-کودک) نیز شرکت داده می‌شود. در نهایت عملکرد تقلیدی آن‌ها در مقیاس لیکرتی ۰، ۱، ۲، ۳ و ۴ توسط دو ارزیاب انسانی نمره‌گذاری می‌شود و مقایسه‌ای نیز بین حالت نمره‌دهی دستی و ارزیابی خودکار انجام می‌گیرد. در مود تعاملی ساختاریافته معماری کنترلی، هدف، مشاهده‌ی عملکرد کودکان طیف اتیسم در بازی‌های تقلیدی حالت چهره از ربات و مقایسه‌ی نمرات کسب شده آنها در دو وضعیت ربات-کودک و معلم-کودک است.

۳-۱-۱- آزمودنی‌ها

۱۴ کودک ایرانی مبتلا به اتیسم در رده‌ی سنی ۳ تا ۷ سال، شامل ۱۰ پسر و ۴ دختر، ۸ نفر با عملکرد بالا و ۶ نفر با عملکرد پایین، به صورت داوطلبانه در این برنامه شرکت کردند. میانگین سنی شرکت‌کنندگان ۵/۴ سال و انحراف معیار آن ۱/۵ سال می‌باشد. هر کودک طی یک جلسه ۱۰ تا ۱۵ دقیقه‌ای، در بازی‌های تقلیدی حالت چهره ربات-کودک و معلم-کودک شرکت داده شد.

۳-۱-۲- ساختار جلسه در مطالعه تقلید حالت چهره

در این زیرفصل، از ربات مینا و سنسور کینکت[1] ۲ به عنوان ابزارهای اصلی انجام پژوهش استفاده شده است. به کمک یک

شکل ۳. ربات مینا و یک آزمودنی مبتلا به اتیسم در مود تعامل ساختاریافته در وضعیت ربات-کودک

Fig. 3. Mina and a participant with ASD during the robot–child mode of the structured phase.

روانشناس بالینی کودک و با در نظر گرفتن محدودیت‌های حرکتی ربات، ۸ سناریوی حالت چهره طراحی شد که کودکان شرکت‌کننده می‌بایست آن‌ها را از ربات/معلم تقلید کنند. چینش تکالیف از ساده به دشوار بوده به گونه‌ای که تعداد اجزای درگیرشده صورت از حرکت اول تا آخر افزایش می‌یابد.

۳-۱-۳- نتایج و بحث بازی‌های تقلید حالت چهره

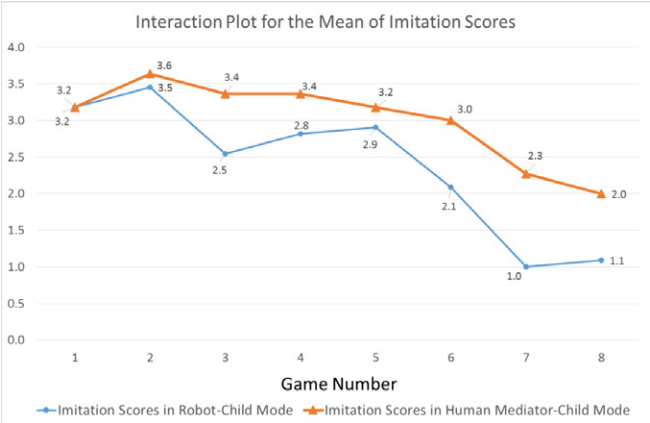
در ابتدا طی یک جلسه معارفه‌ی کوتاه، ربات مینا به کودکان شرکت‌کننده معرفی و نمایش داده شد. ۱۱ نفر از ۱۴ نفر کودک اتیستیک، جهت تعامل با مینا مشتاق بودند. هر سه کودک غیر همکار، از طیف عملکرد پایین اتیسم و دارای سن کمتر از ۵ سال بوده که ۲ نفر از آن‌ها نیز دختر بودند. بنابراین به عنوان یک تخمین اولیه جهت مقبولیت ربات مینا در انجام تکالیف حالت چهره، ۷۹ درصد از آزمودنی‌ها حاضر به شرکت شدند. به صورت تصادفی، نیمی از کودکان ابتدا در وضعیت ربات-کودک و سپس در وضعیت معلم-کودک و نیمه‌ی دیگر به صورت برعکس در بازی‌ها شرکت داده شدند. شکل ۳، یکی از کودکان اتیستیک را حین تقلید از مینا به تصویر کشیده است. جهت ارزیابی و نمره‌دهی عملکرد شرکت‌کنندگان، جلسات توسط دو دوربین (زوایای جلو و پشت) فیلمبرداری شده‌اند.

1 Kinect

جدول۲ . آنالیز واریانس نمرات عملکرد یازده کودک همکار در تکالیف تقلید حالت چهره با در نظر گرفتن دو عامل مود تقلید و شماره بازی

Table 2. Analysis of Variance for imitation scores of the eleven collaborating children considering two factors (i.e. Imitation Mode and Action Number)

عامل مورد بررسی	درجه آزادی *DOF*	*F-Value*	*P-Value*
عامل 1: وضعیت تعاملی	۱	۱۱/۸۱	۰/۰۰۱
عامل 2: شماره بازی	۷	۸/۴۵	۰/۰۰۰
اندرکنش میان وضعیت تعاملی و شماره بازی	۷	۰/۷۵	۰/۶۳۲



شکل۴ . میانگین نمرات حرکات تقلیدی کودکان اتیستیک همکار شرکت کننده در ۸ بازی تقلید حالت چهره در دو وضعیت ربات-کودک و معلم-کودک

Fig. 4. Interaction plot for the mean imitation scores of the subjects with ASD (out of 4) in the robot–child and human mediator-child modes for each action.

۳-۱-۴- نمره‌گذاری دستی عملکرد کودکان توسط ارزیاب‌های انسانی

با بهره‌گیری از فیلم‌های ضبط شده، دو ارزیاب انسانی کیفیت اجرای حرکات را در هر دو وضعیت (مجموعاً ۱۶ حرکت) به صورت دستی نمره‌دهی کردند. با بهره‌گیری از نرم‌افزار تحلیل آماری مینی‌تب[1]، ضریب همبستگی پیرسون[2] بین نمرات این دو نفر ۰/۹۲۴ محاسبه گردید که نشان از توافق مثبت بالا و معنادار نمرات دستی ثبت شده است. در ادامه جهت مطالعه‌ی اینکه آیا دو عامل مستقل شماره بازی و وضعیت تعاملی (و همچنین اندرکنش این دو عامل) اثر معنادار آماری بر نمرات تقلیدی کودکان مبتلا به اتیسم دارند، آنالیز واریانس دو طرفه[3] انجام شد. وضعیت تعاملی، یکی از دو حالت ربات-کودک و یا معلم کودک بوده؛ و شماره بازی دارای هشت سطح متفاوت می‌باشند. نتایج آنالیز واریانس در جدول ۲ ارائه شده‌است.

1 Minitab
2 Pearson's Correlation Coefficient (r)
3 Two-way ANOVA

همچنین میانگین نمرات ۱۱ کودک همکار در هر یک از بازی/وضعیت‌ها در شکل ۴ به نمایش در آمده‌اند.

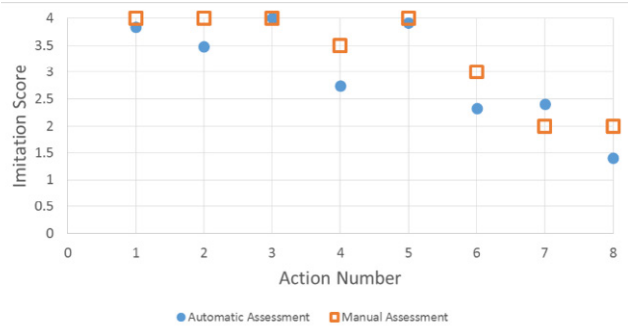
با توجه به نتایج جدول ۲، سطح معناداری پی[4] برای هر یک از عامل‌های شماره بازی و وضعیت تعاملی کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد؛ به عبارتی میان میانگین نمرات ثبت‌شده‌ی تقلیدی و هر یک از دو فاکتور ذکر شده، تفاوت معنادار مشاهده می‌شود. در نتیجه می‌توان نتیجه گرفت که در این پژوهش، عملکرد کودکان اتیستیک شرکت‌کننده در وضعیت معلم-کودک به شکل معناداری از وضعیت نمرات وضعیت ربات-کودک بهتر بوده است. از طرفی در این آزمون، میان نمرات تقلیدی و اندرکنش دو فاکتور ذکر شده ارتباط معناداری مشاهده نمی‌شود. مطابق پیش‌بینی، روند نزولی نمرات از حرکت اول به سمت هشتم نشان از تأثیر مستقیم تعداد اجزای درگیرشده‌ی صورت در کیفیت تقلید ثبت شده از کودکان اتیستیک دارد. لازم به ذکر است که در این مطالعه، ربات مینا هیچ تعامل کلامی با کاربر نداشته؛ که این عامل ممکن است یکی از عوامل تضاد نتایج این پژوهش و مشاهدات گزارش شده در مطالعات دیگران مبنی بر عملکرد بهتر کودکان اتیستیک در تقلید حالت چهره در وضعیت ربات-کودک نسبت به معلم-کودک باشد [۱۱ و ۳۰]. به عبارتی، ضعف موجود در برقراری ارتباط کلامی با ربات مینا، به صورت مستقیم بر روی دستورپذیری کودک از ربات و ایجاد انگیزه برای انجام صحیح بازی‌های تقلیدی تأثیر داشته‌است. بدین ترتیب فرضیه‌ی رایج مهندسان در عملکرد بهتر کودکان طیف اتیسم در بازی‌های تقلید حالت چهره از ربات نسبت به معلم انسانی در این پژوهش تأیید نشد. همچنین بایستی توجه داشت که کودکان شرکت‌کننده در این برنامه، تجربه شرکت در کلاس‌های آموزشی مراکز درمانی را نیز داشته‌اند و این عامل نیز ممکن است به همکاری بیشتر آن‌ها با معلم انسانی ارتباط داشته باشد. لازم به ذکر است به علت محدودیت جدی‌مان در دسترسی به

4 p

کودکان مبتلا به اتیسم، فاکتورهایی نظیر سن، جنسیت و یا ضریب هوشی به عنوان عوامل مستقل در این ارزیابی در نظر گرفته نشده‌اند.

۳-۱-۵- ارزیابی خودکار عملکرد تقلیدی شرکت کنندگان

در این بخش از پژوهش، با استفاده از سنسور کینکت ۲، الگوریتمی جهت شناسایی لحظه‌ای/خودکار حالت چهره تدوین و استفاده شده است. سه مرحله‌ی اصلی جهت پیاده‌سازی الگوریتم شناسایی حالت چهره عبارتند از: ۱) استخراج ویژگی‌های چهره از طریق واسط سنسور کینکت، ۲) جمع‌آوری و تهیه‌ی بانک داده از روانشناسان بالینی کودک، و ۳) انجام خوشه‌بندی از روش فازی سی-مین[1]. با استفاده از تکنیک مبتنی بر محاسبه‌ی فاصله بین نقاط صورت، ۲۱ نقطه و در نهایت ۱۷ بردار به منظور تشخیص حالت چهره کاربر استخراج می‌شوند. جهت مستقل سازی ویژگی‌ها از ابعاد صورت، هر ویژگی بر مقدار معادلش در حالت خنثی فرد تقسیم می شود. با توجه به عدم وجود بانک داده از داده‌های کینکت از نقاط مشخصه مد نظر ما از صورت افراد، از تعدادی روانشناس کودک (به عنوان مرجع صحیح قضاوت) خواسته شد تا هر یک، حداقل سه مرتبه، هر کدام از تکالیف تقلیدی را به صورت صحیح اجرا نمایند. بدین ترتیب، ۴۰۰ نمونه (نقطه) از حالت‌های مورد نظر چهره (۸ تکلیف تقلیدی) توسط روانشناسان بالینی کودک برای حرکات تقلیدی طراحی شده استخراج گشت تا خوشه‌بندی بر مبنای داده‌های آن‌ها انجام گیرد. سپس از این مقادیر به منظور آموزش الگوریتم خوشه‌بندی فازی [۳۱ و ۳۲] جهت تشخیص حالات هیجانی چهره‌ی انسان استفاده شد. جهت ارزیابی خودکار کیفیت تقلید حرکات کودکان در وضعیت ربات-کودک، پس از استخراج داده‌های کینکت و ویژگی‌های مطلوب، مطابق الگوریتم ارائه شده در [۲۱]، درجه تعلق مربوط به هر هشت حرکت μ_1 تا μ_8 (عددی در بازه ۰ تا ۱) محاسبه شده و بیشینه‌ی آن در زمان مربوط به هر حرکت پس از نگاشت خطی به بازه‌ی ۰-۴، به عنوان نمره‌ی عملکردی خودکار کودک برگزیده شد. با توجه به حرکات اضافی و غیر قابل پیش‌بینی کودکان اتیستیک شرکت‌کننده (به خصوص افراد با عملکرد پایین)، فقط برای ۴ نفر از ۱۱ نفر کودک همکار، موفق به ثبت کامل داده‌های کینکت شدیم. پس از محاسبه ضریب همبستگی پیرسون بر روی ۳۲ جفت داده‌ی قابل استخراج از



شکل۵ . مقایسه نمرات دستی و خودکار برای یکی از چهار کودک کاملاً همکار عملکرد بالا

Fig. 5. Scatter plot for the automatic versus manual assessment for a participant with high-functioning autism in the robot–child mode

بخش ارزیابی خودکار و نمرات معادل آن در بخش ارزیابی انسانی، مقدار همبستگی ۰/۸۹۴ با سطح معناداری بالا حاصل شد؛ که این امر نشان از عملکرد کاملاً قابل قبول الگوریتم ارزیابی خودکار حالت چهره (در وضعیت غیردینامیک) ارائه شده است (با فرض اینکه کاربران از دستورپذیری مناسبی برخوردار بوده و از انجام حرکات اضافی خودداری نمایند). شکل ۵ نمودار نمرات خودکار و دستی را برای یکی از ۴ شرکت‌کننده‌ی عملکرد بالایی که داده‌های آن‌ها به صورت کامل ثبت شده، نشان می‌دهد. مقادیر میانگین و انحراف معیار برای قدر مطلق اختلاف بین نمرات ارزیاب انسانی و سیستم ارزیابی خودکار به عنوان شاخص خطای سیستم، در هر یک از بازی‌ها در جدول ۳ گزارش شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، کمینه و بیشینه‌ی شاخص خطای بدست آمده برابر با ۰/۲۳ و ۰/۷۴ است که به ترتیب در بازی شماره دو و بازی شماره یک رخ داده‌اند. لازم به ذکر است که شاخص مذکور می‌تواند مقداری بین صفر تا چهار داشته باشد.

ما مشاهده نمودیم که در ۲۹ مورد از ۳۲ جفت نمره‌ی نشان داده شده (تقریباً ۹۱ درصد داده‌های موجود)، قدرمطلق تفاوت میان نمرات دستی و خودکار کمتر از ۱ واحد است. همچنین، برای ۲۰ جفت از ۳۲ جفت نمره (۶۲/۵ درصد از داده‌های موجود)، مقدار نمرات کدگذار انسانی بالاتر از نمرات سیستم ارزیابی خودکار بوده است. نکته‌ی قابل توجه این است که روانشناسان به منظور نمره‌دهی در مقیاس لیکرتی آموزش دیده‌اند و با توجه به مهارت‌های شناختی و سواد حرفه‌ای خود به صورت گسسته نمره‌دهی می‌کنند، در حالی که عملکرد نمره‌دهی در سیستم ارزیابی خودکار، مبتنی بر الگوریتم فازی بوده و ارزشیابی به صورت پیوسته صورت می‌گیرد.لازم به یادآوری

1 Fuzzy C-Means (FCM)

جدول ۳ . میانگین و انحراف معیار خطای مشاهده شده در نمرات ارزیابی خودکار نسبت به نمرات انسانی مرجع

Table 3. The Error mean and Standard Deviation (SD) of the automatic scores in comparison to the manual scores

	حرکت 1	حرکت 2	حرکت 3	حرکت 4	حرکت 5	حرکت 6	حرکت 7	حرکت 8
میانگین خطا (ErrorMean)	۰/۷۴	۰/۲۳	۰/۳۸	۰/۶۹	۰/۲۷	۰/۵۷	۰/۶۲	۰/۶۵
انحراف معیار خطا (Error SD)	۰/۵۳	۰/۲۲	۰/۳۳	۰/۱۵	۰/۴۹	۰/۰۹	۰/۲۴	۰/۱۷

است که نمره ارزیابی خودکار ضریبی از خروجی الگوریتم فازی ارائه شده است؛ بنابراین با توجه به ضریب بالای همبستگی نمرات ارزیابی دستی و خودکار، می‌توان نتیجه گرفت که الگوریتم پیشنهادی، عملکرد قابل قبولی دارد. در مجموع می‌توان گفت که در حال حاضر، ارزیابی انسانی (در عین وقت‌گیر بودن)، قابل اعتمادترین روش و عملی غیرقابل جایگزین جهت ارزشیابی کیفیت حرکات می‌باشد. با این وجود، در حالی که ارزیابی تقلیدی دستی بسیار دقیق و قابل اعتماد است، این روش زمان‌بر و پرمشقت بوده و با پذیرفتن حاشیه‌ای از خطا، احتمالاً می‌تواند به وسیله پلتفورم‌های تعامل ربات-انسان اداره شود.

۳-۲- مقایسه عملکرد کودکان بهنجار و اتیستیک در بازی‌های تقلید حرکتی با ربات نیما

در زیربخش ۳-۲ مقاله، هدف مطالعه‌ی میزان مقبولیت ربات نیما در بازی تقلیدی حرکتی درشت و مقایسه‌ی عملکرد تعدادی آزمودنی اتیستیک و تعدادی کودک بهنجار[1] (نرمال) در انجام تکالیف حرکتی الف) با ربات، ب) با معلم، و پ) همچنین با یکدیگر می‌باشد. مشابه قسمت ۳-۱، در این زیربخش نیز علاوه بر ارزیابی دستی کیفیت نمرات آزمودنی‌ها توسط کدگذار انسانی، تلاش شده است تا با استفاده از داده‌های سینماتیک مفاصل استخراج شده از سنسور کینکت، یک روش ارزیابی خودکار حرکات تقلیدی توسط ربات ارائه گردد.

۳-۲-۱- آزمودنی‌ها

جهت انجام این تحقیق، ۲۰ کودک مبتلا به اتیسم شامل ۱۴ پسر و ۶ دختر؛ و ۲۰ کودک بهنجار شامل ۱۰ پسر و ۱۰ دختر؛ در بازه‌ی سنی ۲-۸ سال؛ کودکان دارای اتیسم به ترتیب با میانگین سنی و انحراف معیار ۴/۹۵و ۲/۰۱ سال و کودکان بهنجار به ترتیب با میانگین سنی و انحراف معیار ۵/۳ و ۱/۹۵ سال، به همراه والدین خود داوطلبانه در برنامه‌ی تک جلسه‌ای ما در آزمایشگاه رباتیک اجتماعی و شناختی دانشگاه شریف حضور یافتند. لازم به ذکر است در زمان انجام این بخش از پژوهش، فقط ۶ خانواده‌ی دارای دختر مبتلا به اتیسم راضی به شرکت در این برنامه تحقیقاتی شدند و به همین دلیل از نظر تعداد آزمودنی‌ها از نظر جنسیت، در گروه اتیسم تقارن وجود ندارد.

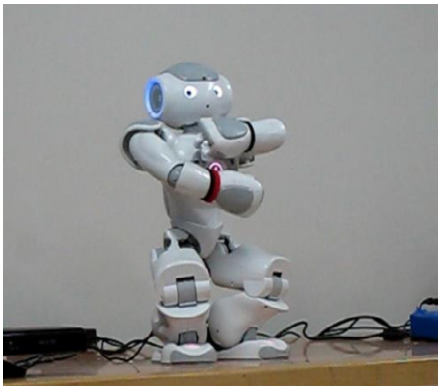
۳-۲-۲- بازی‌های تدوین شده تقلید حرکات بدنی

بازی‌های این بخش در سه قسمت طراحی شده است: الف) تقلید کودک از ربات (مود اول)، ب) تقلید کودک از معلم (مود دوم) و پ) تقلید همزمان کودک و والد از ربات (مود سوم). برای هر یک از این بخش‌ها، ده تکلیف حرکتی (دینامیکی) طراحی شده است که از حرکت‌های ساده‌ی متقارن شروع شده و در نهایت به حرکات غیر تقارنی دشوار نظیر تعادل بر روی تک‌پا (به مدت بیش از ۱۰ ثانیه) ختم می‌شود. کمینه و بیشینه زمان حرکات به ترتیب ۴ و ۱۵ ثانیه بوده‌است. برای هر کودک، ابتدا دو مود اول و دوم با ترتیب تصادفی اجرا شده‌اند و سپس مود سوم برگزار گردید. به عبارتی در مجموع برای هر آزمودنی، ۳۰ حرکت تقلیدی اجرا شده است.

۳-۲-۳- نتایج و بحث بازی‌های تقلیدی با نیما

در اولین گام، یک جلسه‌ی معارفه با ربات نیما به مدت ۱۵ دقیقه برای هر یک از شرکت‌کنندگان برگزار شد. در این جلسه، ربات خود را معرفی کرده و با خواندن شعر و تعامل با کودک سعی در برقراری ارتباط با او نموده است. پس از جلسه‌ی معارفه، بازی‌های تقلید حرکتی بر روی کودکان همکار اجرا شد. از میان کودکان بهنجار و اتیستیک، به ترتیب ۱۹ و ۱۴ نفر نسبت به برقراری ارتباط با ربات علاقه نشان دادند و یا حداقل حاضر شدند تا دستورات ربات را اجرا کنند (شکل ۶). مشابه بخش تقلید از مینا، نکته‌ی قابل توجه در مورد

1 Typically Developing (TD)



الف

ب

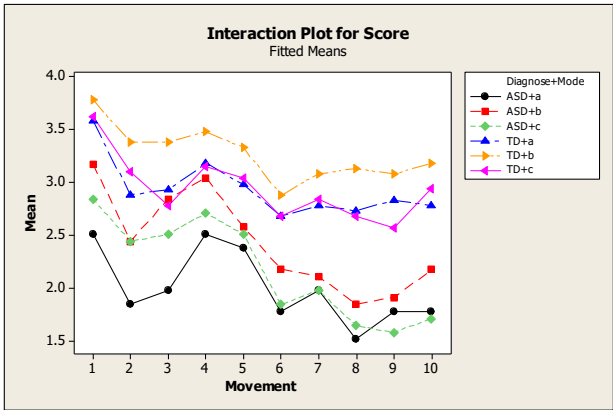
شکل ۶ . تصاویر نمونه از بازی تقلیدی با نیما

Fig. 6. The snapshots of imitation games with the Nima robot.

جدول ۴ . آنالیز واریانس نمرات عملکرد کودکان بهنجار و اتیستیک در مجموعه تکالیف تقلید حرکتی درشت از نیما در وضعیت‌های گوناگون با در نظر گرفتن دو عامل مود تقلید و شماره بازی

Table 4. Analysis of Variance for imitation scores of the typically developing children and children with autism in gross imitation tasks considering two factors (i.e. (Imitation Mode and Action Number

عامل مورد بررسی	درجه آزادی DOF	F-Value	P-Value
متغیر کمکی: سن	۱	۲۱۱/۰۷	۰/۰۰۰
عامل 1: مود تقلیدی	۵	۷۰/۳۶	۰/۰۰۰
عامل 2: شماره حرکت	۹	۱۰/۳۹	۰/۰۰۰
اندرکنش بین مود تقلیدی و شماره حرکت	۴۵	۰/۶۸	۰/۹۴۵



شکل ۷ . نمودار اندرکنش نمرات عملکرد کودکان بهنجار و اتیستیک در مودهای اول (a)، دوم (b) و سوم (c) بازی تقلید حرکتی بر حسب شماره حرکت

Fig. 7. Interaction plot for the mean imitation scores of the Typically Developing (TD) children and children with ASD (out of 4) in modes a, b, and c.

کودکان غیر همکار (اتیستیک و بهنجار) این بود که همگی کمتر از ۵ سال سن داشتند. در مجموع، در این مطالعه ۹۵ درصد کودکان بهنجار و ۷۰ درصد از کودکان اتیستیکی که برای اولین بار با ربات نیما مواجه شدند، نسبت به حضور در بازی‌های تقلید حرکتی با ربات تمایل نشان دادند.

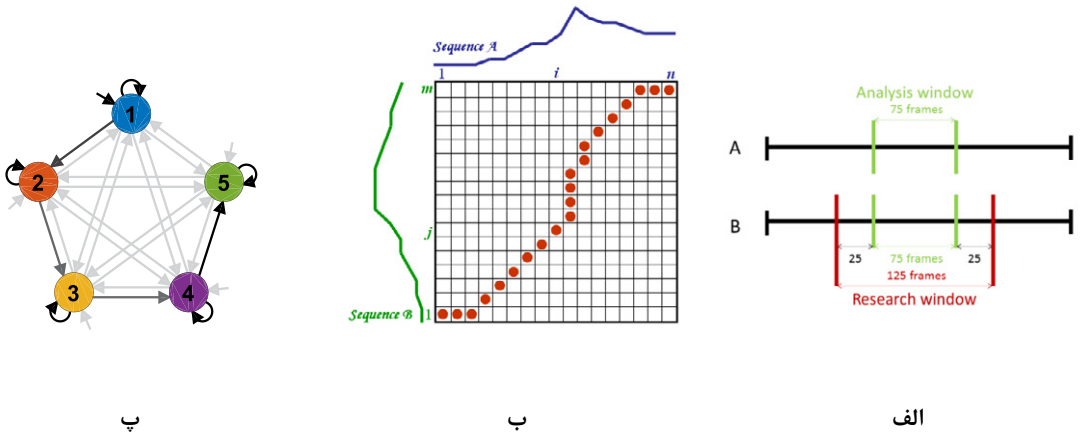
۳-۲-۴- نمره گذاری دستی بازی‌های تقلید حرکتی

یک ارزیاب انسانی، مسئولیت نمره‌دهی و تعیین کیفیت حرکات اجرا شده توسط کودکان/والدین را بر عهده داشته‌است. کدگذار، پس از بازنگری فیلم‌های ضبط شده از جلسات بازی، عملکرد کودک را در مودهای مختلف در هر یک از ۱۰ تکلیف ارائه شده با اعداد ۰، ۱، ۲، ۳ و یا ۴ نمره‌گذاری کرده است. معیار نمره‌دهی در این زیرفصل، اجرای حرکات اعضای اصلی (شامل دست‌ها، پاها و یا سر) به کار رفته در هر تکلیف تقلیدی توسط آزمودنی است به گونه‌ای که عدم توجه به حرکات هر عضو بدن (به خصوص در حرکات با ماهیت غیرمتقارن) می‌تواند سبب از دست دادن نمره شود.

پس از اعمال آنالیز واریانس دو طرفه بر روی نمرات ثبت شده کودکان توسط نرم‌افزار مینی‌تب با در نظر گرفتن دو فاکتور مستقل ۱) شماره حرکت (۱۰ تکلیف گوناگون) و ۲) وضعیت کودک+مود بازی (۶ وضعیت مختلف) و لحاظ کردن سن آزمودنی‌ها به عنوان متغیر کمکی[1]، نتایج جدول ۴ به‌دست‌آمد. در شکل ۷، میانگین نمرات کودکان همکار بهنجار و طیف اتیسم در هر یک از بازی‌ها نشان‌داده‌شده‌است.

آنچه از آنالیز واریانس جدول ۴ و شکل ۷ قابل مشاهده است، این که نمرات عملکرد کودکان نسبت به هر یک از عامل‌های شماره

1 Covariate



الف ب پ

شکل ۸ . شماتیک سه الگوریتم ارزیابی خودکار مورد استفاده برای نمره دهی تکالیف تقلید حرکتی درشت شرکت کنندگان: الف) محاسبه همبستگی [۳۳] ، ب) الگوریتم تابدهی پویای زمانی [۳۳] و پ) الگوریتم مدل مخفی مارکوف [۳۴]

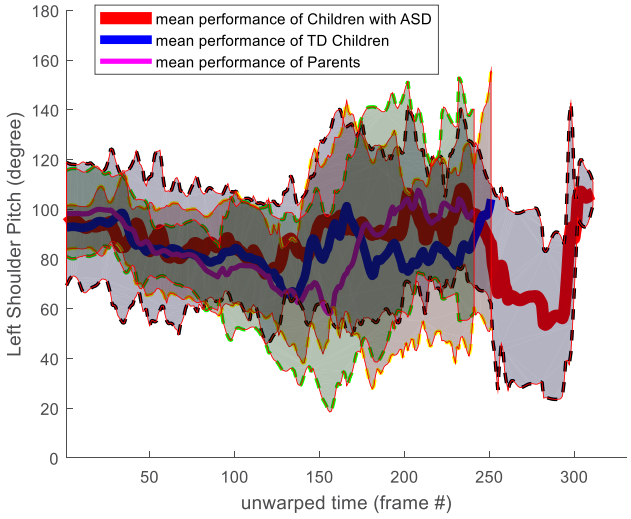
Fig. 8. The schematic of three automatic assessment algorithms used in this study for scoring the imitation performance: a) Correlation, b) DTW, and c) HMM

حرکت و مودها به صورت همزمان تفاوت معنادار دارد (اگرچه نسبت به اندرکنش آن‌ها اختلاف معناداری مشاهده نمی‌شود). مطابق پیش‌بینی، عملکرد کودکان بهنجار، به شکل معناداری از کودکان طیف اتیسم بالاتر می‌باشد [۸]. نکته جالب اینکه (مشابه حالت تقلید حالت چهره از مینا،) برای هر دو گروه کودکان اتیستیک و بهنجار، میانگین نمرات در مود تقلید از معلم (مود b)، بالاتر از مود تقلید از ربات (مود a یا c) می‌باشد و همچنان فرضیه‌ی عملکرد تقلیدی بهتر کودکان از ربات نسبت به انسان تأیید نمی‌گردد.

۳-۲-۵- ارزیابی خودکار کیفیت بازی‌های تقلید حرکتی

در این زیربخش در تلاش هستیم تا از ربات (ماشین) جهت ارزیابی خودکار کیفیت حرکات تقلیدی (دینامیکی) شرکت‌کنندگان استفاده نماییم و در نهایت مقایسه‌ای بین نتایج ارزیابی خودکار و ارزیابی دستی داشته باشیم. از جمله موارد مهم در انتخاب ویژگی‌های مناسب و روش‌های ارزیابی خودکار در این زیرفصل، ماهیت دینامیکی تکالیف تقلیدی درشت، عدم انطباق احتمالی زمان شروع و طول مدت اجرای حرکت توسط هر شرکت‌کننده، طول متفاوت قد افراد و همچنین فاصله‌ی متفاوت آن‌ها از سنسور کینکت می‌باشد. تمامی سیگنال‌های حرکتی مودهای a و c (تقلید از ربات) کودکان و والدین در این زیربخش، به صورت دستی توسط اپراتور انسانی از حدود یک ثانیه پیش از شروع حرکت ربات ذخیره گشته و پس از اتمام حرکت کودک به صورت دستی خاتمه یافته است. جهت نیل به هدف کلی این زیربخش، از موقعیت مفاصل بدن افراد در طول تکالیف تقلیدی توسط سنسور کینکت (در قالب سری‌های زمانی[1]) داده‌برداری شده و از آن‌ها جهت استخراج ویژگی‌های حرکتی استفاده شده است. در این راستا، موقعیت‌های x و y و z از ۲۱ مفصل (۶۳ داده سینماتیکی) با نرخ داده‌برداری ۳۰ فریم در ثانیه ذخیره گشته است. جهت حذف نویز از داده‌های استخراج شده از کینکت، در اولین گام، فیلتر پایین‌گذر باترورث با فرکانس گوشه‌ی ۶ هرتز بر روی داده‌ها اعمال شده است. با بهره‌گیری از موقعیت‌های مکانی ذخیره شده، ۱۷ زاویه بین مفاصل مختلف بدن (شامل زوایای رول و پیچ شانه‌ها، ساعدها و لگن‌ها، زاویه پیچ زانوها و زوایای اویلر بالاتنه) محاسبه گشته و به عنوان ویژگی‌های حرکتی (و یا زوایای جهت-ناوردا[2]/مستقل از جهت) مورد استفاده و آنالیز قرار می‌گیرند. سه معیار جهت نمره‌دهی خودکار حرکات تقلیدی در این پژوهش بررسی شده است (شکل ۸): الف) معیار اول؛ محاسبه‌ی همبستگی[3] سیگنال حرکتی هر آزمودنی با یک سیگنال مرجع در هر تکلیف تقلیدی (حاصل از ضرب داخلی دو بردار) با بهره‌گیری از پنجره‌های متحرک [۳۳]، ب) معیار دوم: بهره‌گیری از الگوریتم تابدهی پویای زمانی[4] به منظور شناسایی بیشترین مشابهت‌ها و همچنین هم‌طول‌سازی سیگنال‌های حرکتی و سپس محاسبه‌ی همبستگی سیگنال‌های بازتولید شده با سیگنال مرجع (مشابه قسمت الف) [۳۳]، و پ) معیار سوم: استفاده از الگوریتم مدل

1 Time Series
2 Direction Invariant Angles
3 Correlation
4 Dynamic Time Warping (DTW)

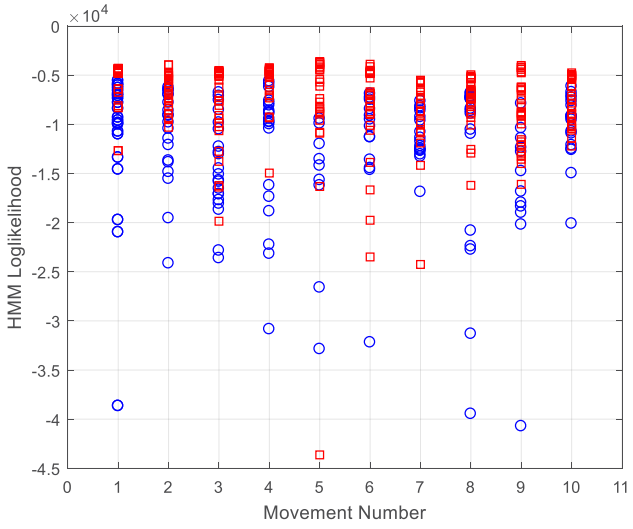


شکل ۹ . محدوده تغییرات زاویه پیچ شانه چپ ویژه سه گروه شرکت کننده در بازی شماره ۱

Fig. 9. The range of the left shoulder pitch angle for our three groups in game #1.

مخفی مارکوف[1] به عنوان ابزاری جهت بازشناسی الگوهای ترتیبی و در نهایت محاسبه‌ی درجه‌ی تعلق دنباله‌ی مشاهدات (سیگنال‌های حرکتی افراد) با مدل مخفی مارکوف استخراج شده از سری‌های زمانی مرجع در هر تکلیف [۳۴]. در این زیربخش از پژوهش، دو گونه اعمال الگوریتم مدل مخفی مارکوف لحاظ شده است: گونه‌ی اول، بهره‌گیری از معیار اطلاع بیزی[2] جهت تخمین تعداد وضعیت‌های بهینه؛ و گونه‌ی دوم، انتخاب تعداد وضعیت‌ها در حالت کمترین مقدار خطای خروجی الگوریتم از مقادیر مرجع می‌باشد. در گونه‌ی دوم، مقادیر خطا به ازای تعداد وضعیت از نعداد ۱ تا ۲۰ در هر یک از حرکات، محاسبه شده و کمینه‌ی مقدار خطا در این ۲۰ وضعیت به عنوان معیار انتخاب مقدار تعداد وضعیت مورد نیاز در آن حرکت برگزیده می‌شود. بدین ترتیب، هر یک از الگوریتم‌های اشاره شده بر روی داده‌های کودکان طیف اتیسم اعمال گردیدند. ابعاد سیگنال‌های حرکتی استخراج شده جهت استفاده در الگوریتم‌های ارزیابی خودکار الف تا پ، $T\times F$ می‌باشد که در آن T تعداد فریم‌ها و F تعداد ویژگی‌هاست (به عنوان نمونه، سیگنال یکی از ویژگی‌ها در شکل ۹ نمایش داده شده است). لازم به ذکر است در الگوریتم‌های معرفی شده، در هر تکلیف تقلیدی، میانگین حرکات کودکان بهنجار با نمره

1 Hidden Markov Model (HMM)
2 Bayesian Information Criterion (BIC)



شکل ۱۰. احتمال شباهت داده‌ها در مدل مخفی مارکوف ویژه هر ۱۰ تکلیف تقلیدی، مربع‌های قرمز و دایره‌های آبی به ترتیب ویژه کودکان عادی و اتیستیک می‌باشند.

Fig. 10. Logliklihood of the data according to the HMM algorithm for 10 imitation tasks (red squares and blue circles are showing the performance of typically developing children and children with autism, respectively).

کامل (نمره ۴ در ارزیابی دستی) به عنوان «داده مرجع» در نظر گرفته شده‌اند و سایر سیگنال‌های استخراج شده (نظیر حرکات کودکان طیف اتیسم) جهت مشاهده/بررسی عملکرد ربات در نمره‌دهی آن تکلیف تقلیدی، به عنوان ورودی به الگوریتم داده می‌شود.

در شکل ۹، به عنوان نمونه، محدوده‌ی تغییر زاویه‌ی پیچ شانه‌ی چپ والدین و کودکان در حین اجرای بازی شماره‌ی ۱ به تصویر کشیده شده است. نکات قابل استخراج از عملکرد شرکت‌کنندگان که در قالب یک مثال در گراف شکل ۹ (در حرکت شماره ۱) نشان داده شد و در سایر زوایا (ویژگی‌ها) و همچنین حرکات دیگر نیز به صورت کلی مشاهده شده است، عبارتند از: الف) وجود تفاوت آشکار در محدوده‌ی حرکتی کودکان طیف اتیسم در مقایسه با کودکان بهنجار و والدینشان، ب) عدم تفاوت آشکار میان عملکرد کودکان بهنجار و والدین، و پ) عدم تفاوت آشکار میان عملکرد والدین کودکان طیف اتیسم و والدین کودکان بهنجار.

در الگوریتم‌های ارزیابی خودکار محاسبه همبستگی و تابدهی پویای زمانی (روش‌های الف و ب)، خروجی توابع ضرب داخلی کوچکتر یا مساوی ۱ می‌باشند. جهت مقایسه نمودن خروجی این الگوریتم‌ها (نمره عملکردی توسط ماشین) با نمرات ارزیابی دستی، مقدار محاسبه شده در عدد ۴ ضرب می‌شوند.

شکل ۱۰، لگاریتم احتمال مشاهده کودکان عادی (با مربع‌های قرمز رنگ) و کودکان اتیستیک (دایره‌های آبی‌رنگ) را در ده تکلیف تقلیدی به تفکیک نشان می‌دهد. لازم به ذکر است، نزدیک بودن این عدد به صفر نشان‌دهنده‌ی شباهت و درجه‌ی تعلق بیشتر (احتمال بالاتر) مشاهده به مدل مارکوف می‌باشد. در هر یک از حرکات تقلیدی، این عدد برای بعضی آزمودنی‌ها منفی بی‌نهایت می‌باشد (که قابلیت نمایش در شکل ۱۰ را نداشته است) و بیانگر کمترین شباهت حرکت رخداده شده به حرکت مطلوب است. گزارش نمودن لگاریتم احتمال مشاهده در ادبیات موضوعی مدل مخفی مارکوف به خصوص در مسائل طبقه‌بندی بسیار رایج می‌باشد. با توجه به شکل ۱۰، (در میان داده‌هایی که احتمال شباهت آن‌ها منفی بی‌نهایت نشده است،) مشاهده می‌شود که عملکرد تعدادی کودک اتیستیک در هر یک از حرکات، کاملاً مطلوب بوده است. همچنین به صورت موردی می‌توان ملاحظه نمود که از منظر ماشین، برخی از کودکان عادی عملکرد نامطلوبی داشته و حتی از همسالان اتیستیک خود نیز ضعیف‌تر عمل کرده‌اند. این مشاهده، با نمرات دستی اختصاص یافته توسط ارزیاب انسانی نیز همخوان می‌باشد.

با توجه به ماهیت لگاریتمی داده‌های شکل ۱۰، تصمیم گرفتیم تا یک تابع نمایی را به فرم رابطه ۱ تعریف نماییم به گونه‌ای که (مشابه الگوریتم‌های الف و ب) خروجی مدل مارکوف برای هر داده تست، عددی در بازه‌ی ۰-۴ گردد تا بتوانیم میان نمرات ارزیابی خودکار از روش مدل مخفی مارکوف و نمرات دستی، مقایسه‌ای داشته باشیم. مقدار B در رابطه (۱) در هر یک از حرکات، با در نظر گرفتن داده‌های کودکان بهنجار با نمرات ۳ و ۴ در آن حرکت محاسبه شده‌اند.

$$Score_{HMM} = \min\left\{4\exp\left(\frac{\log likelihood_{test} - mean(\log likelihood_{train})}{B}\right), 4\right\} \quad (۱)$$

در جدول ۵، میانگین و انحراف معیار میزان خطای نمرات ماشین از نمرات ارزیابی دستی پس از اعمال چهار روش ۱) محاسبه همبستگی، ۲) تابدهی پویای زمانی، ۳) مدل مخفی مارکوف گونه‌ی اول و ۴) مدل مخفی مارکوف گونه‌ی دوم ارائه شده‌اند.

همانطور که ملاحظه می‌شود، خطای نمره‌گذاری ماشین در روش‌های به‌کارگرفته شده فعلی در مقایسه با دقت الگوریتم پیشنهادی در بررسی تقلید حرکات استاتیکی حالت چهره، زیاد مطلوب نمی‌باشند. از میان روش‌های استفاده شده، روش محاسبه‌ی همبستگی، خطای کمتری نسبت به سه روش دیگر داشته است. در روش‌های همبستگی، بیشترین خروجی الگوریتم در بازه‌ی ۲ تا ۳/۲ بود. همچنین با توجه به مجموعه مشاهداتمان از عملکرد مدل مخفی مارکوف در محاسبه‌ی احتمال شباهت و درجه تعلق به مدل، متوجه شدیم که این روش در بحث طبقه‌بندی (تصمیم بر اینکه سیگنال تست به مدل تعلق دارد یا خیر) بسیار مطلوب عمل می‌کند، اگرچه ارائه‌ی یک مقیاس مناسب جهت محاسبه‌ی میزان/درصد شباهت از پارامتر لگاریتم احتمال شباهت کار دشواری است. بایستی در نظر داشت که خروجی مدل مخفی مارکوف از ضرب چندین احتمال به دست آمده و الزاماً فیت‌کردن یک تابع نمایی ساده بر نتایج آن، راهکار بی اشکالی نیست. پیشنهاد می‌شود که جهت بهبود خروجی زیربخش ارزیابی خودکار دینامیکی حرکات، علاوه بر داده‌های موقعیت، از سرعت و شتاب مفاصل نیز به عنوان ویژگی بهره گرفت؛ یا از تعدادی داده برچسب دار در بخش آموزش استفاده کرده؛ یا از ابتدا از روش‌هایی نظیر شبکه‌های عصبی مصنوعی به عنوان الگوریتم یادگیری ماشین در فرآیند نمره‌دهی خودکار استفاده کرد؛ و یا از متدهای گوناگون رگرسیون، خروجی الگوریتم‌هایی نظیر مدل

جدول ۵ . مقایسه میانگین و انحراف معیار خطای چهار روش ارزیابی خودکار به کار رفته نسبت به مقادیر مرجع

Table 5. The Error mean and Standard Deviation (SD) of the automatic scores in comparison to the manual scores for the four algorithms used in this study

		میانگین (انحراف معیار) خطا									
شماره روش	توضیحات	حرکت 1	حرکت 2	حرکت 3	حرکت 4	حرکت 5	حرکت 6	حرکت 7	حرکت 8	حرکت 9	حرکت 10
روش 1	همبستگی	۱/۱ (۰/۸)	۱/۱ (۰/۸)	۱ (۰/۷)	۱ (۰/۷)	۱ (۰/۷)	۱ (۰/۷)	۰/۸ (۰/۷)	۱/۳ (۰/۸)	۰/۸ (۰/۶)	۱/۳ (۱/۱)
روش 2	همبستگی + تابدهی	۱/۲ (۰/۸)	۱/۲ (۰/۷)	۱ (۰/۸)	۱/۱ (۰/۷)	۰/۹ (۰/۷)	۱/۱ (۰/۷)	۰/۸ (۰/۸)	۱/۳ (۰/۸)	۰/۷ (۰/۶)	۱/۳ (۱)
روش 3	مخفی مارکوف گونه اول	۱/۵ (۱/۲)	۱/۵ (۱)	۱/۵ (۰/۹)	۱/۷ (۱)	۲/۲ (۱/۳)	۱/۲ (۰/۹)	۲/۳ (۰/۷)	۱/۴ (۱)	۲/۵ (۱/۲)	۱/۸ (۱/۲)
روش 4	مخفی مارکوف گونه دوم	۱/۲ (۱)	۱ (۱)	۱/۲ (۰/۸)	۱/۲ (۰/۸)	۱/۴ (۱/۲)	۰/۹ (۰/۵)	۰/۹ (۰/۸)	۱ (۰/۷)	۰/۹ (۰/۷)	۱/۱ (۰/۹)

مخفی مارکوف را با نمره‌های دستی ارزیاب انسانی منطبق نمود. بررسی و مقایسه موارد ذکر شده، خارج از بحث اصلی مقاله‌ی حاضر می‌باشد. در پژوهش حاضر با بهره‌گیری از سینماتیک مستقیم و معکوس، در مود تعاملی تقلید ربات از کودک (بازی I1 در جدول ۱)، فقط حرکات بالاتنه کاربر توسط ربات تقلید می‌شود؛ در حالی که در تحقیقات آینده می‌توان جهت بهبود عملکرد پلتفورم تعامل دوطرفه تقلیدی ربات-انسان، شرایط لازم جهت حفظ تعادل ربات را نیز در کنار محاسبات سینماتیک مستقیم و معکوس لحاظ کرده تا امکان تقلید خم شدن کمر و حرکت پاهای کاربر را هم برای ربات به وجود آورد. ارائه‌ی الگوریتم‌های ارزیابی خودکار توسط ماشین/ربات، از جمله مباحث جذاب در ادبیات پژوهشی رباتیک و اتیسم است که ما در این زیربخش تلاش نمودیم گامی رو به جلو در این حوزه برداریم.

۴-مداخلات بالینی انفرادی: تأثیر ربات‌ها در آموزش موسیقی و افزایش مهارت‌های اجتماعی و شناختی کودکان مبتلا به اتیسم

کودکان مبتلا به اتیسم معمولاً دارای رفتارهای کلیشه‌ای و مهارت محدود در ارتباط هستند [۶]. موسیقی می‌تواند یک روش مؤثر جهت درگیرکردن این کودکان در فعالیت‌های آهنگین و ارتباط غیرکلامی باشد و سبب آموزش و ارتقای مهارت‌های اجتماعی و ارتباط کلامی/غیرکلامی در آن‌ها شود [۳۵ و ۳۶]. امروزه، حداقل ۱۲ درصد توانبخشی‌های ارائه شده ویژه‌ی کودکان مبتلا به اتیسم از فعالیت‌های مبتنی بر موسیقی و موسیقی درمانی بهره می‌گیرند [۷].

هدف از اولین برنامه‌ی مداخلات بالینی آموزشی-درمانی این پژوهش، آموزش مقدماتی نواختن سازهای طبل و بلز و همچنین نت‌های موسیقی به کودکان مبتلا به اتیسم توسط ربات انسان‌نمای نیما در قالب یک مداخله‌ی انفرادی برای کودک و درحضور یک درمانگر انسانی است. هدف این بخش از پژوهش، یافتن پاسخ‌های اکتشافی مقدماتی برای پرسش پژوهشی زیر است:

«آیا مداخلات بالینی مبتنی بر ربات‌ها در آموزش موسیقی، می‌تواند بر مهارت‌های اجتماعی و شناختی کودکان اثرگذار باشد؟»

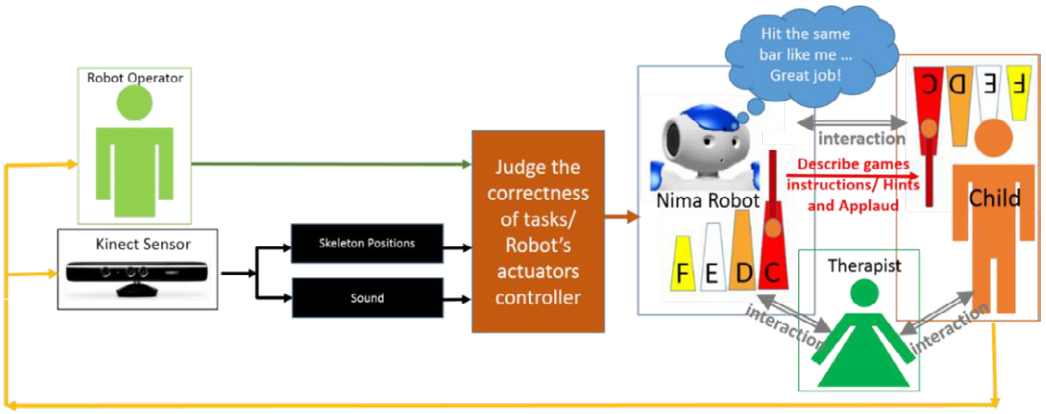
بدین منظور، یک سناریوی سیستماتیک نوین مبتنی بر موسیقی و ربات جهت ۱) آموزش مفاهیم اولیه/بنیادی نواختن سازهای بلز و طبل توسط ربات نائو به عنوان دستیار معلم/تسهیل‌گر و ۲) اثرگذاری بر مهارت‌های اجتماعی و شناختی و تقلید حرکتی کودکان طیف اتیسم تدوین گشته است که به نتایج اجرای آن در زیربخش‌های آتی ارائه شده است.

۴-۱- شرکت کنندگان

قیود ما بر روی کودکان اتیستیک جهت ورود به این برنامه، داشتن سن حداقل ۳/۵ سال، دارا بودن دستورپذیری، رشد شناختی حداقل ۳ سال، عدم داشتن پیشینه‌ی آموزشی در موسیقی، و توانایی تقلیدهای حرکتی ابتدایی بوده است. درابتدا ۷ خانواده تمایل خود را ابراز داشتند. یکی از این کودکان در جلسه‌ی معارفه از ربات ترسید و خانواده‌اش از ادامه‌ی شرکت دادن پسر ۴ ساله‌ی عملکرد پایین خود در این برنامه انصراف دادند. همچنین، خانواده‌ی یکی از آزمودنی‌های ۴/۵ ساله‌ی عملکرد پایین دیگر نیز پس از سه جلسه از شروع کلاس‌ها، با یک مشکل خانوادگی و شخصی مواجه شده و امکان ادامه‌ی شرکت در این برنامه برایشان وجود نداشت. یکی دیگر از کودکان پسر عملکرد پایین ۵ ساله نیز به هیچ عنوان تمایلی به همکاری با ربات نداشت، ولی به اصرار پدر جهت دیدن روانشناسان و کودکان دیگر این پژوهش، هر هفته به دانشگاه صنعتی شریف آورده می‌شد. در نهایت، ۳ کودک پسر اتیستیک با عملکرد بالا (با نام‌های اختصاری آ-۱ تا آ-۳) و یک پسر با اتیسم عملکرد پایین (با نام اختصاری آ-۴) با میانگین سنی ۶ سال و ۴ ماه و انحراف معیار ۲ ماه، در این برنامه‌ی آموزشی با حضور ربات شرکت نموده و تا پایان نیز همکاری داشتند. از منظر جذب آزمودنی‌ها، نزدیک به ۶۰ درصد داوطلبان در تمامی جلسات شرکت نمودند.

۴-۲-ساختار جلسات

انجام مداخلات رباتیک در حوزه‌ی آموزش اولیه موسیقی بر روی هر کودک، در حضور ربات انسان‌نما و معلم موسیقی به صورت انفرادی و طی ۱۰ جلسه‌ی آموزشی ۲۰ الی ۳۰ دقیقه‌ای در اتاق درمان صورت گرفته‌است. محل برگزاری این کلاس‌ها، آزمایشگاه رباتیک اجتماعی و شناختی دانشگاه صنعتی شریف و در اتاقی به ابعاد ۳×۵×۱۰ متر مکعب بوده است. این اتاق شامل دو قسمت: بخش مشاهده و بخش آزمایش می‌باشد. جلسات آموزش موسیقی همزمان توسط ۳ دوربین فیلمبرداری از نماهای جلو، عقب و کنار



شکل ۱۱. ساختار تعاملی ربات-کودک-درمانگر در برنامه‌ی آموزش موسیقی

Fig. 11. Protocol prompt design in music-education program.

الف

ب

شکل ۱۲. منتخبی از عکس‌های جلسات آموزش موسیقی با ربات (مداخلات انفرادی)

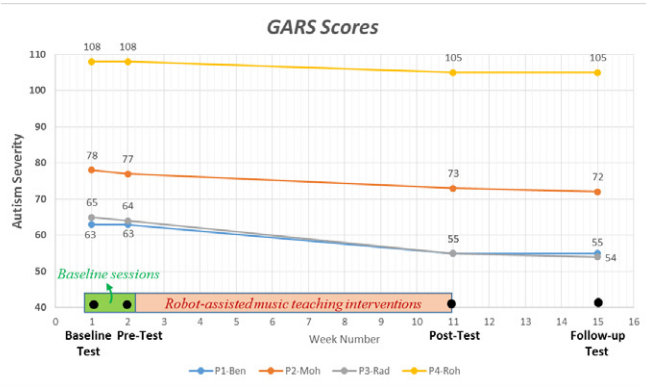
Fig. 12. Snapshots of the music-education program (individual clinical interventions)

تصویربرداری شده‌اند.

نحوه ارزیابی، مطالعه‌ی موردی و بررسی تکامل تعامل با گذشت جلسات شامل خط پایه (هفته اول؛ یک هفته پیش از شروع جلسات مداخله)، پیش-آزمون (هفته دوم؛ در ابتدای جلسه اول)، پس-آزمون (هفته یازدهم؛ در انتهای جلسه آخر)، و آزمون پیگیری (هفته پانزدهم؛ یک ماه پس از آخرین جلسه مداخله) می‌باشد. افراد حاضر در اتاق درمان در هر جلسه: یک یا دو درمانگر، و یک اپراتور ربات بوده‌اند. انجام بازی‌ها عمدتاً در مود ربات-درمانگر-کودک صورت پذیرفته است. کنترل حرکات و تصمیم‌گیری ربات از طریق اپراتور (و از روش جادوگر شهر اُز) بوده؛ بدین صورت که پس از مشاهده‌ی حرکات رخ داده توسط کودک، دستورات مناسب کلامی و حرکتی را برای ربات به صورت برخط ارسال می‌نموده‌است.

۴-۳- سناریوی طراحی شده آموزشی موسیقی

جهت انجام این برنامه آموزشی، منطبق بر مشکلات و کاستی‌های شناختی کودکان طیف اتیسم، سناریوها و بازی‌های آموزشی سلسله مراتبی طراحی و تدوین گردیده است که مبتنی بر معرفی و نحوه‌ی به صدا در آوردن سازهای موسیقی بلز و طبل، تقلید صحیح در نواختن‌های دو، سه و چند ضربی بر روی ساز، ریتم‌شناسی، آموزش نت‌های موسیقی، بازی‌های گروهی و تعمیم آموخته‌ها به ساز دیگر (بلز مجازی) در مودهای ربات-کودک، ربات-درمانگر-کودک و در نهایت جمله‌خوانی موسیقایی می‌باشد (جدول ۱). تمرکز اصلی فاز درمانی از طراحی چنین آیتم‌هایی، ارتقای مهارت‌های تقلیدی و توجه اشتراکی کودکان طیف اتیسم می‌باشد. در شکل ۱۱، نحوه‌ی ارتباط کودک با ربات و معلم در جلسات آموزش موسیقی به تصویر کشیده شده است.



شکل ۱۳. نتایج پرسشنامه گارز (شدت اتیسم) در جلسات بالینی آموزش موسیقی با ربات

Fig. 13. GARS scores (autism severity) of the participants in the Baseline-Test, Pre-Test, Post-Test, and Follow-up Test in the music-education program.

۴-۴- ابزارهای سنجش

در زمینه رصد شرایط بیماران در زمینه مهارت‌های اجتماعی و شناختی، از دو پرسشنامه نیمرخ مهارت‌های اجتماعی (نما) و گارز استفاده شده که هر یک توسط والدین کودکان شرکت‌کننده در چهار مرحله (خط پایه، پیش-آزمون، پس-آزمون و آزمون پیگیری) تکمیل گردیده است.

۴-۳- نتایج و بحث

شکل ۱۲، منتخبی از عکس‌های جلسات مداخله و آموزش موسیقی با ربات را به تصویر کشیده است.

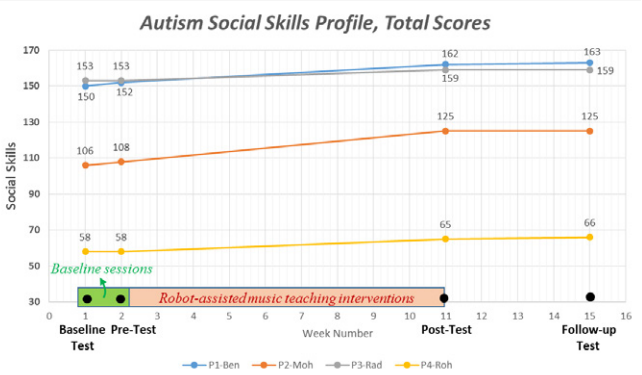
پرسشنامه گارز در ۴ نوبت توسط والدین کودکان اتیستیک تکمیل گردید و نتایج آن در شکل ۱۳ نمایش داده شده است. نمرات گارز نشانگر شدت اتیسم کودکان می‌باشد. در هر ۴ کودک همکار، کاهش شدت اتیسم از پیش-آزمون به پس-آزمون مشاهده می‌شود. نگاهی به نتایج پرسشنامه گارز هر یک از کودکان، نشان‌دهنده پیشرفت آ-۱ و آ-۴ در هر سه خرده مقیاس کاهش رفتارهای کلیشه‌ای، ارتباط و تعامل اجتماعی است. آ-۳ در بخش رفتارهای کلیشه‌ای و ارتباط، و آ-۲ در خرده مقیاس‌های ارتباط و تعاملات اجتماعی نسبت به پیش-آزمون خود، نمره بهتری را کسب کرده‌اند. نکته مشترک در میان هر چهار کودک، ارتقای آن‌ها در زمینه خرده مقیاس ارتباط می‌باشد. این یافته، منطبق بر گزارش‌های درمانگران از مشاهدات خود در طول کلاس‌های آموزشی و نیز پژوهش‌های [۷-۱۰] می‌باشد. احتمالاً وجود نیما به عنوان یک واسط ارتباطی جذاب، سبب افزایش مهارت‌های ارتباطی کودکان شده است. با توجه به جدول ۶، اندازه اثر نمره کل گارز و خرده مقیاس ارتباط و رفتارهای کلیشه‌ای، قابل توجه است. همچنین مقایسه مقادیر شدت و نشانگان اتیسم شرکت‌کنندگان در پس-آزمون و آزمون پیگیری، نشان از ماندگاری و پایداری نتایج مداخلات بالینی در مدت یک ماه دارد.

نتایج پرسشنامه نیمرخ مهارت‌های اجتماعی (نما) نیز در شکل ۱۴ ارائه شده‌اند. مشاهده می‌شود که به اذعان مادران، با توجه به سؤالات پرسشنامه نما، مهارت‌های اجتماعی هر ۴ کودک ارتقا یافته است. البته میزان پیشرفت ۴ کودک نسبت به هم متفاوت می‌باشد. این یافته با نتایج [۷, ۳۶, ۳۷] در تحقیقات غیر رباتیک مبتنی بر

جدول ۶ . اندازه اثر کوهن-دی بر روی نتایج پرسشنامه‌ها در پیش-آزمون و پس-آزمون در برنامه آموزش موسیقی (اعداد برجسته شده نشان دهنده اندازه اثرهای بزرگ می‌باشند)

Table 6. Cohen's d Effect Size measurement between Pre-Test and Post-Test of the questionnaires' results (the numbers that represent the large or close to being large effect size (i.e. ~ or > 0.8) are in bold in the table)

پرسشنامه	خرده مقیاس	اندازه اثر کوهن d بر روی نمرات پیش-آزمون و پس-آزمون	
		همه‌ی 4 شرکت‌کننده	3 کودک عملکرد بالا
گارز	نمره کلی	۰/۲۶۹	**۰/۷۶۲**
	رفتارهای کلیشه‌ای	۰/۱۹۹	**۱/۴۴۳**
	ارتباط	۰/۲۱۲	**۱/۲۳۱**
	ارتباط اجتماعی	۰/۳۳۸	۰/۳۶۲
نما	نمره کلی	۰/۲۲۲	۰/۴۷۳
	ارتباط اجتماعی	۰/۱۵۷	۰/۲۵۱
	اجتناب اجتماعی	۰/۳۹۴	**۱/۲۳۳**
	رفتارهای زیان بخش اجتماعی	۰/۱۶۷	۰/۷۱۵



شکل ۱۴. نتایج پرسشنامه نیمرخ مهارت‌های اجتماعی (نما) در مداخلات بالینی آموزش موسیقی با ربات

Fig. 14. Total ASSP scores of the participants in the Baseline-Test, Pre-Test, Post-Test, and Follow-up Test in the music-education program.

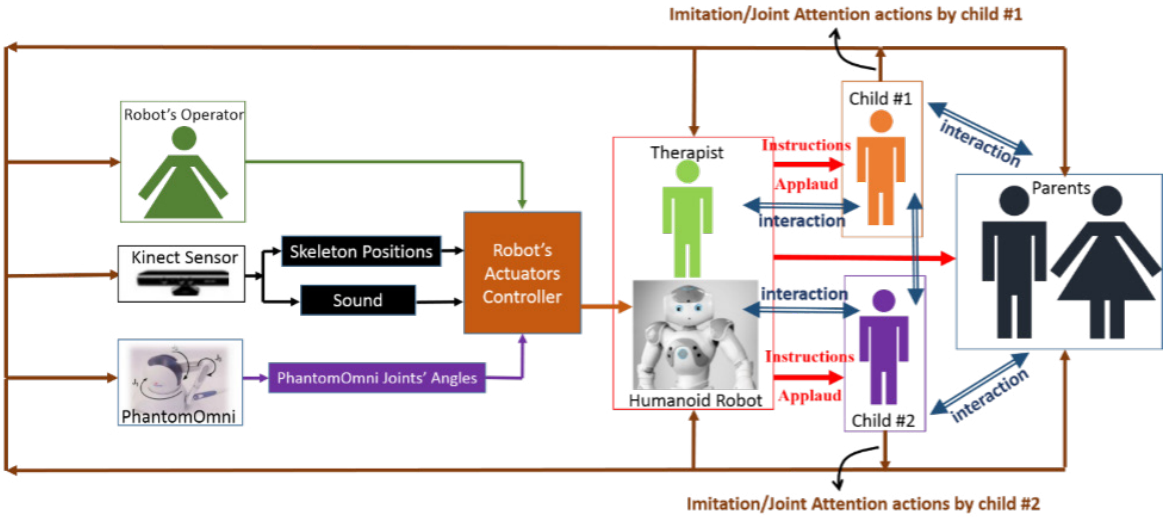
موسیقی و همچنین [۴ و ۸ و ۱۴] در مطالعات مبتنی بر ربات‌ها همخوان می‌باشد.

در جمع‌بندی کل یافته‌ها و جهت پاسخ به پرسش پژوهشی سوم، می‌توان بیان نمود که طبق مشاهدات ما در این مطالعه‌ی موردی، کلاس‌های آموزش موسیقی با ربات می‌تواند سبب ارتقای مهارت‌های اجتماعی و شناختی کودکان طیف اتیسم شود؛ اگرچه میزان اثربخشی برای کودکان با شدت اتیسم متفاوت (و قرار داشتن در نقاط مختلف طیف)، متفاوت خواهد بود. حتی کودکان عملکرد بالای حاضر در این مطالعه، ظرفیت‌های متفاوتی جهت پیشرفت مهارت‌های شناختی از خود بروز دادند و این امر احتمالاً به ماهیت ترکیبی بازی‌های تدوین شده مربوط می‌شود. این مطالعه، با هدف مشاهده بررسی ایده و ظرفیت اثربخشی بهره‌گیری از ربات‌ها در جلسات فعال آموزش موسیقی در یک دوره‌ی کوتاه و فشرده انجام گرفت و نتایج مثبت مشاهده شده در این مطالعه اکتشافی اولیه، نویدبخش مؤثربودن استفاده از ربات‌ها در توانبخشی کودکان مبتلا به طیف اتیسم می‌باشد.

۵- مداخلات بالینی گروهی: تأثیر بازی‌های تقلیدی و توجه اشتراکی در ارتقای مهارت‌های اجتماعی و شناختی کودکان طیف اتیسم

در زیرفصل ۵ مقاله، در قالب یک مطالعه‌ی موردی، به بررسی اثربخشی مداخلات بالینی توسط ربات‌های انسان‌نما به عنوان دستیار درمانگر بر روی سه جفت کودک پسر اتیستیک (یک جفت دوقلوی مبتلا به اتیسم، دو برادر از طیف اتیسم، و دو همکلاسی اتیستیک) پرداخته می‌شود. یکسان بودن عوامل محیطی برای برادران به علاوه فاکتورهای ژنتیکی ویژه دوقلوها، ما را قادر خواهد ساخت تا تأثیر این برنامه‌ی آموزشی-درمانی را بر روی آزمودنی‌ها به صورت انفرادی و همچنین در قالب گروه‌های دو نفره ارزیابی کنیم. موارد مورد بررسی در این بخش از پژوهش، بررسی تغییر شدت نشانگان اتیسم و مهارت‌های اجتماعی شرکت‌کنندگان است. به عبارتی «اثربخشی این برنامه‌ی درمانی بر مهارت‌های اجتماعی کودکان عملکرد بالا» را مطالعه خواهیم نمود.

در این بخش از پژوهش، مجموعه‌ای از بازی‌های تدوین شده مبتنی بر ربات (معرفی شده در جدول ۱) را طی یک دوره‌ی مداخلات بالینی ۱۲ جلسه‌ای بر روی ۳ جفت کودک مبتلا به اتیسم ایرانی در قالب یک مطالعه موردی پیاده‌سازی کرده‌ایم. آنچه که این بخش از مطالعه را متفاوت می‌سازد، وجود ۲ جفت شرکت‌کننده با شرایط خاص و نادر در جلسات آموزشی-درمانی ما می‌باشد: دو نفر از آزمودنی‌ها، یک جفت دوقلوی اتیستیک (شامل دو برادر ۷ ساله یکی با عملکرد بالا و دیگری با عملکرد پایین) هستند. جفت خاص دوم، دو برادر مبتلا به اتیسم هر دو با عملکرد بالا (یکی ۱۵ و دیگری ۱۰ ساله) می‌باشند. مزیت بررسی دوقلوها و برادران/خواهران در مقایسه با دیگر گزینه‌ها، یکسان بودن عواملی نظیر والدین، خوراک، پوشاک، آموزش، مرتبه اجتماعی و ... است که در سایر پژوهش‌ها به سختی قابل کنترل و همگن‌سازی می‌باشد. هدف اصلی این بخش از پژوهش، مطالعه‌ی تفاوت اثربخشی پروتکل درمانی طراحی شده بر روی هر یک از کودکان شرکت‌کننده به صورت انفرادی و همچنین در قالب گروه‌های دو نفره می‌باشد. بدین منظور، ما برآنیم تا مطالعه‌ای بر روی رفتارهای کودکان شرکت کننده درمحیط درمان داشته باشیم. این کار از طریق: ۱) تحلیل محتوای کمّی فیلم‌های جلسات، و ۲) جمع‌آوری نظرات والدین از رفتارهای فرزندانشان در طول دوره‌ی کلاس‌های مبتنی بر ربات، صورت پذیرفته است. همچنین، تغییرات نمرات کودکان در خرده مقیاس‌های مهارت اجتماعی کودکان مورد بررسی قرار خواهند گرفت. از طریق این مطالعه‌ی موردی، ما علاقه‌مند به یافتن ظرفیت‌های بالقوه و ابتدایی حضور ربات در کلاس‌های گروهی (دو نفره) کودکان طیف اتیسم می‌باشیم.



شکل ۱۵. شماتیک نحوه تعاملات کودکان، ربات، درمانگر/والد در جلسات مداخلات بالینی

Fig. 15. The modular structure of the interventions for the paired-groups in the group interventions

۵-۱- آزمودنی‌ها

شرکت‌کنندگان این برنامه، ۶ نفر از کودکان مبتلا به طیف اتیسم (در سه گروه ۲ نفره) بوده‌اند: ۱) یک جفت دوقلوی ناهمسان مبتلا به اتیسم با سن هفت سال؛ یکی با عملکرد بالا و دیگری با عملکرد پایین، ۲) دو برادر با اتیسم عملکرد بالا با سن‌های ۱۵ و ۱۰ سال، و ۳) دو همکلاسی با اتیسم عملکرد بالا با سن‌های ۷ و ۶ سال. آزمودنی‌های این زیربخش، به ترتیب اشاره شده با نام‌های اختصاری آ-۱ تا آ-۶ نامگذاری شده‌اند.

۵-۲- ساختار جلسات

بر خلاف عمده پژوهش‌های انجام شده در دنیا در حوزه استفاده از ربات‌ها در درمان اتیسم، ما تصمیم گرفتیم تا در این بخش از مطالعه، جلسات مداخله به صورت گروهی (و نه انفرادی) و در حضور همزمان هر جفت کودکان به همراه والد/ین آن‌ها در اتاق درمان صورت گیرد. توضیح بیشتر آنکه مطالعات درمانی می‌تواند بسته به تعداد کودکان درگیر به صورت همزمان، متغیر باشد. ارزیابی میزان تأثیر ربات‌ها در مطالعات تک نفره-تک نفره که در آن یک کودک با یک ربات تعامل می‌کند، حاوی متغیرهای اغتشاشی و گیج‌کننده‌ی کمتری (مثل رفتار و دخالت‌های دیگر کودکان) است و کنترل کردن نوع تعامل در این وضعیت به مراتب راحت‌تر است. اگرچه عمده‌ی تحقیقات صورت گرفته از این دسته می‌باشد، تعاملات همزمان بیش از یک کودک با ربات نیز به صورت ساخت‌یافته و یا تعامل آزاد در یک مدرسه نیز بررسی شده‌اند [۳۸]. به عنوان نمونه، در [۴] به تعامل همزمان دو کودک با ربات کسپر[1] اشاره شده است. این گونه تلاش‌ها، محققین را قادر می‌سازد تا تأثیر ربات را بر روی تعامل انسان-انسان به عنوان یکی از بخش‌های ضروری در توانبخشی اتیسم ارزیابی نمایند.

محل برگزاری دوره آموزشی-درمانی، آزمایشگاه رباتیک اجتماعی و شناختی در قطب علمی طراحی، رباتیک، و اتوماسیون، دانشگاه صنعتی شریف، در اتاقی به ابعاد ۳×۵×۵ مترمکعب بوده است. تجهیزات به کار رفته، ربات‌های انسان‌نمای نیما و مینا، سنسور کینکت ۱، بازوی فانتوم‌امنی، ویدئوپروژکتور، ۲ لپ تاپ، صندلی، وایت بورد و دو دوربین فیلم‌برداری بوده‌اند.

در مجموع در طول ۱۰ هفته، ۱۲ جلسه‌ی آموزشی-درمانی برای هر گروه برگزار شده که به طور میانگین هر جلسه، ۳۰ دقیقه به طول می‌انجامید. جلسات درمانی عمدتاً هفته‌ای دو بار انجام گرفته‌اند. با توجه به تعداد محدود کودکان اتیستیک (و همکاری‌کننده) در دسترس، مطالعات ما موردی و با هدف بررسی تکامل تعامل با گذشت جلسات بوده است. فاصله جلسات اول و دوم ۱ هفته، و جلسات یازدهم و دوازدهم ۳ هفته بوده است. نحوه‌ی تعامل با ربات در طول جلسات آموزشی-درمانی، ساخت‌یافته و از پیش تعیین شده، و به منظور دنبال کردن هدف خاص بوده و دستورالعمل بازی‌ها توسط

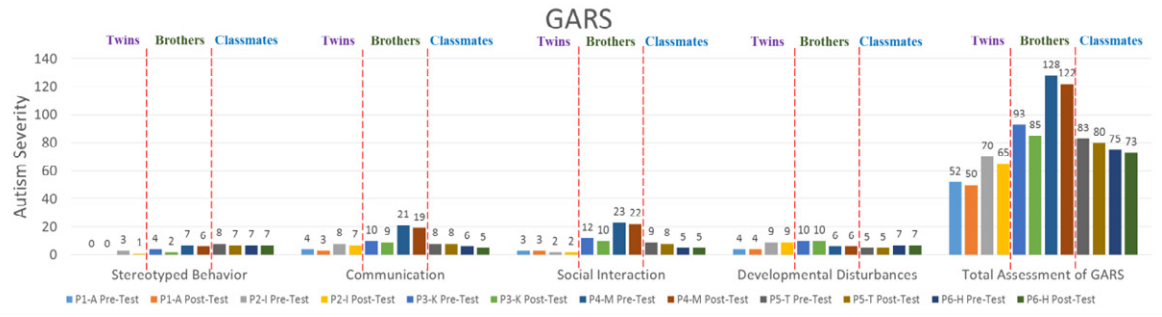
1 Kaspar

الف

ب

شکل ۱۶ . منتخبی از تصاویر جلسات درمانی با ربات‌ها در مداخلات گروهی دو نفره

Fig. 16. Snapshots of the intervention sessions



شکل ۱۷. نمرات خرده مقیاس‌ها و همچنین نمره کلی گارز (شدت اتیسم) هر شش آزمودنی در پیش-آزمون و پس-آزمون در مداخلات گروهی با ربات‌ها

Fig. 17. GARS' subscales and overall scores (autism severity) of all six participants in the Pre-Test and Post-Test in the group interventions progam.

ربات (معرفی کلیات) و درمانگر (سایر توضیحات و جزییات) ارائه می‌شده‌اند (شکل ۱۵). صحبت‌های ربات به زبان فارسی با بارگذاری فایل‌های صوتی از پیش ضبط شده صورت می‌گیرد. بر حسب اینکه کودک تکلیف خود را درست/نادرست انجام دهد، ربات پیغام‌های تشویقی و یا اصلاحی مناسب را از خود بروز می‌دهد.

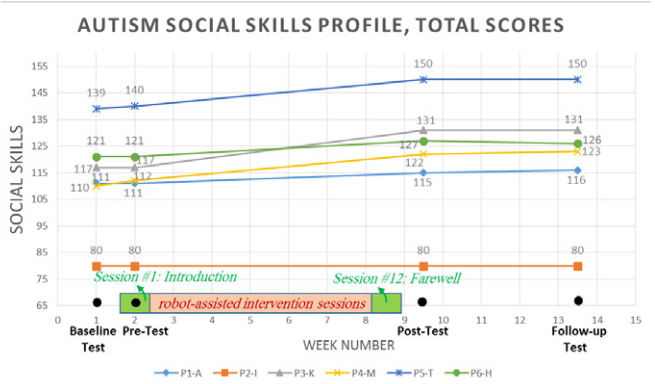
۳-۴-نتایج و بحث مداخلات گروهی با ربات‌ها

در جلسه اول، شرکت‌کنندگان با ربات‌های انسان‌نمای نیما و مینا و همچنین قابلیت‌های آن‌ها آشنا شدند. در این جلسه، ربات‌ها به احوال‌پرسی با کودکان و معارفه‌ی خود پرداخته و در ادامه با صداکردن کودکان، آوازخوانی، و رقصیدن در تلاش برای شروع ارتباط و تهییج شرکت‌کنندگان بودند. در انتهای جلسه‌ی معارفه نیز توضیحات مختصری از جزییات برنامه آموزشی برای جلسات بعدی معرفی شدند. در هر جلسه، هر آزمودنی در حداقل یکی از بازی‌های تقلیدی/توجه اشتراکی جدول ۱ شرکت داده شده‌اند (شکل ۱۶).

پرسشنامه گارز توسط مادر هر آزمودنی یک هفته قبل و یک هفته پس از جلسات مداخلات بالینی تکمیل گردید. شدت اتیسم هر یک از شرکت کنندگان در شکل ۱۷ نمایش داده شده است. لازم به ذکر است نمرات بالاتر این پرسشنامه نشانگر شدت اتیسم بالاتر است.

با توجه به نتایج گارز، برای هر شش شرکت‌کننده، نمره‌ی نشانگان و شدت اتیسم از پیش-آزمون به پس-آزمون کاهش یافته است. اگرچه میزان کاهش در نمرات گارز برای آزمودنی‌ها متفاوت بوده است؛ و برای گروه برادران بیش از دو جفت دیگر بوده است. با توجه به شکل ۱۷، آ-۳ و آ-۴ (برادران مبتلا به اتیسم شرکت‌کننده) در هر سه خرده مقیاس گارز شامل رفتارهای کلیشه‌ای، ارتباط، و تعامل اجتماعی در طول دوره پیشرفت نشان داده‌اند.

یک نکته‌ی جالب در مورد نتایج پرسشنامه‌ی شدت اتیسم، که ممکن است اتفاقی رخ نداده باشد، مشاهده‌ی پیشرفت در خرده مقیاس ارتباط (حتی در خارج از محیط درمان) برای همه‌ی آزمودنی‌هاست. این مشاهده با نتایج ارزیاب فیلم‌های جلسات در حوزه مهارت ارتباطی آزمودنی‌ها نیز همخوان می‌باشد. به نظر می‌رسد که جلسات



شکل ۱۸. نمرات کلی پرسشنامه نما در جلسات خط پایه، پیش-آزمون، پس-آزمون، و آزمون پیگیری در مداخلات گروهی با ربات‌ها

Fig. 18. Total ASSP scores of the participants in the Baseline-Test, Pre-Test, Post-Test, and Follow-up Test in the group interventions program.

بالینی مبتنی بر ربات، اثر امیدبخشی را بر مهارت‌های اجتماعی-شناختی کودکان شرکت‌کننده گذاشته و نتیجه‌ی آن، کاهش شدت اتیسم آن‌ها بوده است. این امر نشانه‌ای است که حضور ربات، به عنوان یک ابزار ارتباطی جذاب، و همچنین درگیرکردن کودکان در بازی‌های گروهی، می‌توانند راه‌های مناسبی برای اثرگذاری بر رشد مهارت ارتباطی کودکان طیف اتیسم (حتی) در زندگی واقعی‌شان باشند. پروتکل پیاده‌سازی‌شده در این برنامه‌ی آموزشی-درمانی حاوی تکالیف متنوع تقلیدی و توجه اشتراکی بوده است؛ در حالی که نشان داده شده است که ارتقای مهارت‌های تقلیدی و توجه اشتراکی کودکان مبتلا به اتیسم می‌تواند به شکل معناداری بر مهارت‌های اجتماعی و ارتباطی این کودکان اثر بگذارد [۱ و ۲ و ۳۹-۴۱].

با توجه به شکل ۱۷، نمره‌ی خام رفتارهای کلیشه‌ای برای آ-۲، آ-۳، و آ-۴ از پیش-آزمون به پس-آزمون کاهش یافته است. از طرفی، هیچ رفتار کلیشه‌ای برای آ-۱ گزارش نشده که این مسئله با مشاهدات نتایج کدگذاری فیلم‌های جلسات همراستا بوده است.

همچنین نتایج پرسشنامه نیمرخ مهارت‌های اجتماعی (نما) در شکل ۱۸ به تصویر کشیده شده است. با توجه به گزارش والدین، نمرات مهارت اجتماعی هر پنج کودک عملکرد بالای این مطالعه در طول این دوره‌ی توانبخشی، (حتی به مقدار جزئی) افزایش داشته است؛ در حالی که برای کودک عملکرد پایین آ-۲ (یکی از دوقلوها) تغییراتی گزارش نشده است. به علاوه، مقایسه نمرات کل آزمون نما از پس-آزمون به آزمون پیگیری، ماندگاری و پایداری تأثیر برنامه‌ی آموزشی مبتنی بر ربات بر مهارت‌های اجتماعی کودکان شرکت‌کننده را نشان می‌دهد. این برنامه‌ی آموزشی-درمانی موجب ارتقا در نمره‌ی کل مهارت اجتماعی، و خرده مقیاس‌های مشارکت/اجتناب اجتماعی و رفتارهای زیان‌بخش اجتماعی برای گروه کودکان عملکرد بالا با اندازه اثرهای بالا شده است که با یافته‌های برخی از پژوهش‌های این حوزه با ماهیت مشابه (در هر دو گونه‌ی تحقیقات مبتنی بر ربات و غیر رباتیک) [۴ و ۱۴]، همخوان است. مشابه یافته‌ی ما در این مطالعه، فیل سیفر و ماتاریک [۹]، با موفقیت از ربات بندیت به عنوان تسهیل‌کننده و کاتالیزور بروز رفتارهای اجتماعی در جلسات مداخله بالینی ویژه کودکان طیف اتیسم استفاده کرده و همچنین تعاملات آزمودنی‌هایشان را با ربات بررسی نموده‌اند.

۶- بررسی درجات آزادی مورد نیاز ربات‌ها در مهارت‌های تقلیدی و توجه اشتراکی

یک پرسش مورد توجه در این مسیر تحقیقاتی، توسعه ربات‌ها به منظور تأثیر بیشتر بر فرآیندهای توانبخشی است. بدین ترتیب مایل هستیم تا در این بخش از مقاله به اهمیت ظاهر فیزیکی و تعداد درجات آزادی ربات‌های استفاده‌شده در تحقیقات اتیسم بپردازیم. طراحی فیزیکی ربات‌ها شامل شکل ظاهری و قابلیت‌های آن‌ها می‌باشد. مفاهیمی نظیر میزان مشابهت ربات به انسان، اندازه‌ی ربات و قابلیت‌های حرکتی ربات، و یا سیار/ثابت بودن از این دست می‌باشند. بدین منظور، با مراجعه به پژوهش سایر محققین دنیا در این حوزه، ۲۶ ربات مطرح استفاده شده در توانبخشی اتیسم را ارزیابی نمودیم. اولین مشاهده‌ی ما این بود که ۵۴ درصد این ربات‌ها انسان‌نما، ۲۳ درصد حیوان‌گونه و ۲۳ درصد از گونه‌های دیگر (به عنوان نمونه شبیه شخصیت‌های کارتونی) هستند. تعداد درجات آزادی نزدیک به نیمی از ۲۶ ربات بررسی شده، کمتر یا مساوی ۵ می‌باشد. از دیدگاه تحرک، تقریباً نیمی از ربات‌های بررسی شده در حوزه اتیسم قابلیت جابجایی ندارند و از میان ربات‌هایی که قابلیت جابجاشدن دارند، اغلب آن‌ها به وسیله چرخ حرکت می‌کنند. دارا بودن قابلیت حرکتی ربات قدرت تعامل بالاتر انسان-ربات را فراهم می‌کند، اما سبب می‌شود که در حین کار در حضور انسان‌ها، نیاز به کنترل پارامترهای سیار بودن ربات هم باشد. مشاهده بعدی ما بیانگر این است که حدود ۲۶ درصد از ربات‌ها، قابلیت گرفتن (با حداقل یک درجه آزادی) را دارند و از این میان تنها ۱۳ درصد دارای انگشتان فعال (با درجات آزادی جداگانه) می‌باشند. در ارتقای مهارت‌های تقلیدی، وجود دست برای

ربات اجتناب‌ناپذیر است؛ اما محققان کمی از ربات با انگشتان فعال استفاده می‌نمایند و این مطلب بیانگر این است که فعالیت‌های تماسی نظیر گرفتن کودکان اتیستیک، بغل کردن آن‌ها و ... توسط ربات‌ها با محدودیت همراه بوده و یا کمتر توسط محققان این حوزه مورد توجه بوده است. تقریباً در یک سوم از ربات‌های مورد استفاده، هر دست، بیش از ۳ درجه آزادی دارد. یکی از موارد استفاده ربات‌ها در حوزه اتیسم، تلاش برای ارتقای ارتباط کلامی/غیرکلامی، تماس چشمی، تناوب نگاه، تقلید و بازشناسی هیجان شرکت‌کنندگان است. به عبارتی اکثر ربات‌های این حوزه دارای صورتی انسان‌گونه، شبیه‌حیوان و یا حتی شبیه شخصیت‌های کارتونی هستند. در زمینه وضعیت صورت (و نحوه بیان احساسات) ربات‌ها، بیشترین سهم مربوط به صورت-های با اجزای متحرک مکانیکی (۴۲ درصد) است و کمترین سهم به استفاده از پوست‌های سیلیکونی (۱۲ درصد) اختصاص دارد. شایان ذکر است که حدود ۳۷ درصد از ربات‌ها به نوعی از المان نوری برای بیان/بروز احساسات استفاده می‌کنند. میزان واقعی بودن حرکات یک ربات و درجات آزادی آن، به هدف تعیین شده از تعامل ربات-انسان و همچنین آموزش توانایی‌های مورد نظر طراح و سناریوهای درمانی بستگی دارد. در مجموع می‌توان بیان نمود که توافق چندانی بر روی ظاهر ربات‌های به کارگرفته شده در حوزه اتیسم وجود ندارد. تقریباً وجود سر در ربات‌ها اجتناب ناپذیر است و برای ارتقای مهارت‌های توجه اشتراکی، قابلیت حرکت گردن (و تا حدودی چشم‌ها) الزامی است. محققینی که سعی در ارتقای مهارت‌های تقلیدی کودکان اتیستیک دارند، حداقل باید در ربات‌های خود طراحی دست را در نظر بگیرند؛ اگرچه الزامی به وجود درجات آزادی بالا در هر دست نیست. محققین زیادی از طراحی/به کارگیری پا صرف نظر کرده‌اند. تقریباً همه ربات‌های این حوزه، قابلیت پخش صدا (و ارتباط کلامی با کاربران خود) را دارند.

۷ - محدودیت‌ها و کارهای آینده

اگرچه مهمترین محدودیت‌های این پژوهش، ۱) تعداد اندک کودکان شرکت‌کننده، ۲) بالغ‌تر شدن آزمودنی‌ها با گذشت زمان، ۳) تأثیرات احتمالی سایر کلاس‌ها خارج از برنامه‌ی آموزشی ما، ۴) رفتارهای غیرقابل پیش‌بینی آزمودنی‌ها (به خصوص کودکان عملکرد پایین) در طول جلسات، ۵) مشکلات فنی در حوزه‌ی رباتیک، و ۶) تعداد جلسات نسبتاً کم و درنتیجه داده‌های محدود برای اجرای آزمون آنالیز واریانس بودند، نتایج مثبت و ظرفیت‌های بالقوه‌ی مشاهده شده از این مطالعه‌ی اکتشافی/اولیه، امیدبخش ادامه‌ی چنین مسیر تحقیقاتی در توانبخشی کودکان مبتلا به اتیسم در کشور است.

بایستی در نظر داشت که پیشرفت‌های مشاهده شده در زمینه‌ی مهارت‌های اجتماعی-شناختی شرکت‌کنندگان بر اساس حضور همزمان دو عامل صورت گرفته است که در حال حاضر تأثیر جداگانه‌ی این دو عامل برای ما مشخص نمی‌باشد. این عوامل عبارتند از: ۱) نقش ربات به عنوان دستیار درمانگر در جلسات مداخله بالینی، و همچنین ۲) ماهیت درمانی بازی‌های تدوین شده. از طرفی جهت آنالیز جامع‌تر و پایه‌ای در مورد اینکه هر کدام از بازی‌ها و ربات چه میزان مؤثرند، می‌توان در تحقیقات آتی، جلسات مشابهی را با حذف ربات و یا جایگزین کردن آن با شخصیت‌های کارتونی/عروسک برای تعدادی شرکت‌کننده مبتلا به اتیسم انجام داد و نتایج را با یافته‌های فعلی مقایسه نمود.

پس از انجام این پژوهش، معتقدیم که جهت‌گیری فعالیت‌های مهندسی بهره‌گیری از ربات‌ها در آموزش و توانبخشی می‌بایست به سمت توانمندسازی ربات‌ها در دو مقوله‌ی ارزیابی خودکار و توانبخشی تطبیقی باشد. این‌که ربات (ماشین)، تا حد امکان قابلیت نمره‌دهی و ارزیابی خودکار فعالیت‌های کودک و گزارش آن به معلم/درمانگر انسانی در طول جلسات را داشته باشد و همچنین پروتکل درمانی را منطبق بر شرایط و پیشینه‌ی کودک تعیین نماید. در این راستا می‌توان از ربات‌های توانمندتر و به‌روزتر (نظیر پپر) و همچنین ربات‌های اجتماعی طراحی و ساخته شده درایران (نظیر آرش و رسا) نیز بهره برد.

۸ - نتیجه‌گیری

یافته‌های این مطالعه نشان داد که ربات‌های نیما و مینا تقریباً برای ۷۰ درصد آزمودنی‌های طیف اتیسم مقبولیت داشتند. این یافته، یک قدم ابتدایی در جهت مطالعه‌ی میزان مقبولیت ربات‌ها برای کودکان در حوزه‌ی آموزش و درمان بود. در هر دو بخش تقلید حالت چهره و حرکات بدنی در شرایط آزمایشی ما، کیفیت عملکرد کودکان طیف اتیسم از ربات در مقایسه با معلم به شکل معناداری ضعیف‌تر بود و این فرضیه/انگیزه‌ی رایج در ادبیات موضوعی که

کودکان اتیستیک در مواجهه با ربات‌ها در بازی‌های تقلیدی بهتر از انسان عمل می‌کنند، نیازمند بازنگری/مطالعات گسترده‌تری است. در زمینه‌ی کمک-درمان، جمع‌بندی یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که استفاده‌ی بالینی از ربات‌ها در توانبخشی کودکان مبتلا به اتیسم می‌تواند برای هر دو گروه کودکان عملکرد بالا و عملکرد پایین تأثیر مثبتی داشته باشد؛ اگرچه احتمالاً تأثیرهای متفاوتی بر روی هر طیف خواهد داشت و حتی کودکان با عملکرد بالا نیز نتایج متفاوتی را تجربه کنند. یافته‌ی کلی این پژوهش بسیار مشابه نتایج [۴۲] است که در آن هیچ تغییر معنادار واحد و مشترکی برای کل شرکت‌کنندگان مبتلا به اتیسم گزارش نشده است؛ در حالی که ظرفیت بالقوه‌ی برنامه‌های مبتنی بر ربات جهت ارتقای شروع و پاسخ به تعاملات کودکان مبتلا به اتیسم در آن تحقیق گزارش شده است. بر اساس نتایج پرسشنامه‌ی گارز، نشانگان و شدت اتیسم در تمامی شرکت‌کنندگان مطالعات بالینی ما کاهش یافت. به علاوه، نتایج پرسشنامه‌ی نما نشان می‌دهد که نمره‌ی کل مهارت‌های اجتماعی و همچنین سه خرده مقیاس آن برای آزمودنی‌های با اتیسم عملکرد بالا در طول برنامه‌ی تقریباً سه ماهه‌ی مداخلات رباتیک ارتقا یافته است. همچنین نشان داده شد که پلتفورم های رباتیک قادرند در زمینه ارزیابی رفتاری کودکان مفید باشند.

آنچه از ابتدای این پژوهش مد نظر قرار گرفته شد، این بود که ربات‌ها به عنوان دستیار درمانگر (و نه جایگزین درمانگر) استفاده شوند [۴۳ و ۴۴]. نیما و مینا دستیارهای جذاب کلاس‌های ما بودند. دانش، تجربه و احساس پارامترهایی است که نیروی انسانی، با کیفیت بیشتری آن‌ها را دارد. درک احساس، موضوعی است که در حال حاضر از توانایی ربات‌ها خارج است. ربات‌ها نمی‌توانند نحوه ارتباط‌گیری این کودکان و رفتارهایشان را پیش‌بینی کنند و سرعت عکس‌العمل ربات‌ها طبیعتاً کندتر از نیروی انسانی است. اما آن‌چه که ما مشاهده نمودیم، این بود که جاذبه‌ی ربات‌ها در کنار نیروی انسانی توانست انگیزه کودکان اتیستیک را برای شرکت در کلاس‌ها افزایش دهد.

آزمایشگاه رباتیک اجتماعی و شناختی دانشگاه صنعتی شریف به عنوان یکی از پیشگامان این حوزه تحقیقاتی در کشور، از سال ۱۳۹۲ بهره‌گیری از ربات‌ها و تکنولوژی‌های هوشمند را در حوزه‌های آموزش و توانبخشی به کودکان به صورت مستمر در دستور فعالیت‌های پژوهشی خود داشته و دارد [۵۲-۴۵]. انتظار می‌رود این تلاش‌ها منجر به بازشدن فضای پژوهشی بین رشته‌ای به منظور یافتن مؤثرترین راه‌های آموزشی، توانبخشی و درمانی برای کودکان با نیازهای ویژه (نظیر افراد مبتلا به طیف اتیسم) در دنیا شود. تمامی مراحل این پژوهش تحت حمایت مادی و معنوی ستاد توسعه علوم و فن‌آوری‌های شناختی صورت گرفته است.

تشکر و قدردانی

با تشکر ویژه از «ستاد توسعه علوم و فناوری‌های شناختی»، «بنیاد ملی نخبگان» و «صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور» جهت حمایت‌های مادی و معنوی این پژوهش و همچنین قدردانی از «مرکز ساماندهی درمان و توانبخشی اختلالات اتیستیک» بابت همکاری در تست‌های کلینیکی بر روی کودکان اتیستیک.

مراجع

[1] W. Edwards, O. Chatham, Autism physician handbook, A. Roozbeh, Trans.). Tehran: Qatre publication, (2011).

[2] B. Scassellati, Quantitative metrics of social response for autism diagnosis, in: ROMAN 2005. IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication, 2005., IEEE, 2005, pp. 585-590.

[3] C. Quinn, 100 Questions & Answers about Autism: Expert Advice from a Physician/parent Caregiver, Jones & Bartlett Learning, 2005.

[4] B. Scassellati, H. Admoni, M. Matarić, Robots for use in autism research, Annual review of biomedical engineering, 14 (2012) 275-294.

[5] A. Klin, J. Lang, D.V. Cicchetti, F.R. Volkmar, Brief report: Interrater reliability of clinical diagnosis and DSM-IV criteria for autistic disorder: Results of the DSM-IV autism field trial, Journal of autism and Developmental disorders, 30(2) (2000) 163-167.

[6] H. Pouretemad, Diagnosis and treatment of joint attention in autistic children, Tehran, Iran: Arjmand Book, (2011). (in Persian)

[7] A.N. Bhat, S. Srinivasan, A review of "music and movement" therapies for children with autism: embodied interventions for multisystem development,

Frontiers in integrative neuroscience, 7 (2013) 22.

[8] L.I. Ismail, T. Verhoeven, J. Dambre, F. Wyffels, Leveraging robotics research for children with autism: A review, International Journal of Social Robotics, (2018) 1-22.

[9] D. Feil-Seifer, M.J. Mataric, B 3 IA: A control architecture for autonomous robot-assisted behavior intervention for children with Autism Spectrum Disorders, in: RO-MAN 2008-The 17th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, IEEE, 2008, pp. 328-333.

[10] A. Taheri, A. Meghdari, M. Alemi, H. Pouretemad, P. Poorgoldooz, M. Roohbakhsh, Social Robots and Teaching Music to Autistic Children: Myth or Reality?, in: International Conference on Social Robotics, Springer, 2016, pp. 541-550.

[11] A. Duquette, F. Michaud, H. Mercier, Exploring the use of a mobile robot as an imitation agent with children with low-functioning autism, Autonomous Robots, 24(2) (2008) 147-157.

[12] A. Taheri, M. Alemi, A. Meghdari, H. PourEtemad, N.M. Basiri, Social robots as assistants for autism therapy in Iran: Research in progress, in: 2014 Second RSI/ISM International Conference on Robotics and Mechatronics (ICRoM), IEEE, 2014, pp. 760-766.

[13] M.J. Salvador, S. Silver, M.H. Mahoor, An emotion recognition comparative study of autistic and typically-developing children using the zeno robot, in: 2015 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), IEEE, 2015, pp. 6128-6133.

[14] I. Werry, K. Dautenhahn, B. Ogden, W. Harwin, Can social interaction skills be taught by a social agent? The role of a robotic mediator in autism therapy, in: International Conference on Cognitive Technology, Springer, 2001, pp. 57-74.

[15] Aldebaran CO. https://www.aldebaran.com/en in, 2016.

[16] Robokind Hanson CO. http://www.hansonrobotics.com/ in, 2017.

[17] J. Cohen, Statistical power analysis for the behavioral sciences, Routledge, 2013.

[18] B. Ingersoll, S. Gergans, The effect of a parent-implemented imitation intervention on spontaneous imitation skills in young children with autism, Research in developmental disabilities, 28(2) (2007) 163-175.

[19] P. Moghim Islam, M. Pourmohamadreza-Tajrishi, H. Haghgoo, The Effect of Reciprocal Imitation Training on Social Skills of Children with Autism, Journal of Rehabilitation, 14(6) (2014) 59-67 (in Persian).

[20] B.A. English, A. Coates, A. Howard, Recognition of Gestural Behaviors Expressed by Humanoid Robotic Platforms for Teaching Affect Recognition to Children with Autism-A Healthy Subjects Pilot Study, in: International Conference on Social Robotics, Springer, 2017, pp. 567-576.

[21] A. Meghdari, M. Alemi, A.G. Pour, A. Taheri, Spontaneous human-robot emotional interaction through facial expressions, in: International Conference on Social Robotics, Springer, 2016, pp. 351-361.

[22] A. Taheri, M. Alemi, A. Meghdari, H. Pouretemad, N.M. Basiri, P. Poorgoldooz, Impact of humanoid social robots on treatment of a pair of Iranian autistic twins, in: International Conference on Social Robotics, Springer, 2015, pp. 623-632.

[23] H. Kumazaki, T. Muramatsu, Y. Yoshikawa, Y. Matsumoto, M. Miyao, H. Ishiguro, M. Mimura, Y. Minabe, M. Kikuchi, Tele-operating an android robot to promote the understanding of facial expressions and to increase facial expressivity in individuals with autism spectrum disorder, American Journal of Psychiatry, 174(9) (2017) 904-905.

[24] G. Dawson, S.J. Webb, J. McPartland, Understanding the nature of face processing impairment in autism: insights from behavioral and electrophysiological studies, Developmental neuropsychology, 27(3) (2005) 403-424.

[25] C. Tardif, F. Lainé, M. Rodriguez, B. Gepner, Slowing down presentation of facial movements and vocal sounds enhances facial expression recognition and induces facial–vocal imitation in children with autism,

Journal of Autism and Developmental Disorders, 37(8) (2007) 1469-1484.

[26] S. Baron-Cohen, Theory of mind in normal development and autism, Prisme, 34(1) (2001) 74-183.

[27] I.M. Hopkins, M.W. Gower, T.A. Perez, D.S. Smith, F.R. Amthor, F.C. Wimsatt, F.J. Biasini, Avatar assistant: improving social skills in students with an ASD through a computer-based intervention, Journal of autism and developmental disorders, 41(11) (2011) 1543-1555.

[28] J.W. Tanaka, J.M. Wolf, C. Klaiman, K. Koenig, J. Cockburn, L. Herlihy, C. Brown, S. Stahl, M.D. Kaiser, R.T. Schultz, Using computerized games to teach face recognition skills to children with autism spectrum disorder: the Let's Face It! program, Journal of Child Psychology and Psychiatry, 51(8) (2010) 944-952.

[29] A.G. Pour, A. Taheri, M. Alemi, A. Meghdari, Human–robot facial expression reciprocal interaction platform: case studies on children with autism, International Journal of Social Robotics, 10(2) (2018) 179-198.

[30] I. Giannopulu, V. Montreynaud, T. Watanabe, PEKOPPA: a minimalistic toy robot to analyse a listener-speaker situation in neurotypical and autistic children aged 6 years, in: Proceedings of the second international conference on Human-agent interaction, ACM, 2014, pp. 9-16.

[31] J.C. Bezdek, R. Ehrlich, W. Full, FCM: The fuzzy c-means clustering algorithm, Computers & Geosciences, 10(2-3) (1984) 191-203.

[32] M. Popescu, J. Keller, J. Bezdek, A. Zare, Random projections fuzzy c-means (RPFCM) for big data clustering, in: 2015 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE), IEEE, 2015, pp. 1-6.

[33] S. Michelet, K. Karp, E. Delaherche, C. Achard, M. Chetouani, Automatic imitation assessment in interaction, in: International Workshop on Human Behavior Understanding, Springer, 2012, pp. 161-173.

[34] S. Calinon, F. Guenter, A. Billard, On learning, representing, and generalizing a task in a humanoid robot, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics), 37(2) (2007) 286-298.

[35] M. Geretsegger, U. Holck, Ł. Bieleninik, C. Gold, Feasibility of a trial on improvisational music therapy for children with autism spectrum disorder, Journal of music therapy, 53(2) (2016) 93-120.

[36] J. Kim, T. Wigram, C. Gold, The effects of improvisational music therapy on joint attention behaviors in autistic children: a randomized controlled study, Journal of autism and developmental disorders, 38(9) (2008) 1758.

[37] V. Pasiali, The use of prescriptive therapeutic songs in a home-based environment to promote social skills acquisition by children with autism: Three case studies, Music Therapy Perspectives, 22(1) (2004) 11-20.

[38] H. Kozima, C. Nakagawa, Social robots for children: Practice in communication-care, in: 9th IEEE International Workshop on Advanced Motion Control, 2006., IEEE, 2006, pp. 768-773.

[39] P. Mundy, M. Sigman, C. Kasari, Joint attention, developmental level, and symptom presentation in autism, Development and Psychopathology, 6(3) (1994) 389-401.

[40] G. Pioggia, M. Sica, M. Ferro, R. Igliozzi, F. Muratori, A. Ahluwalia, D. De Rossi, Human-robot interaction in autism: FACE, an android-based social therapy, in: RO-MAN 2007-The 16th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, IEEE, 2007, pp. 605-612.

[41] S. Shamsuddin, H. Yussof, L.I. Ismail, S. Mohamed, F.A. Hanapiah, N.I. Zahari, Humanoid robot NAO interacting with autistic children of moderately impaired intelligence to augment communication skills, Procedia Engineering, 41 (2012) 1533-1538.

[42] B. Huskens, A. Palmen, M. Van der Werff, T. Lourens, E. Barakova, Improving collaborative play between children with autism spectrum disorders and their siblings: The effectiveness of a robot-mediated intervention based on Lego® therapy, Journal of autism and developmental disorders, 45(11) (2015)

3746-3755.

[43] P. Pennisi, A. Tonacci, G. Tartarisco, L. Billeci, L. Ruta, S. Gangemi, G. Pioggia, Autism and social robotics: A systematic review, Autism Research, 9(2) (2016) 165-183.

[44] A. Taheri, M. Alemi, A. Meghdari, H. Pouretemad, S. Holderread, Clinical application of humanoid robots in playing imitation games for autistic children in Iran, Procedia-Social and Behavioral Sciences, 176 (2015) 898-906.

[45] M. Alemi, A. Ghanbarzadeh, A. Meghdari, L.J. Moghadam, Clinical application of a humanoid robot in pediatric cancer interventions, International Journal of Social Robotics, 8(5) (2016) 743-759.

[46] M. Alemi, A. Meghdari, M. Ghazisaedy, Employing humanoid robots for teaching English language in Iranian junior high-schools, International Journal of Humanoid Robotics, 11(03) (2014) 1450022.

[47] M. Alemi, A. Meghdari, M. Ghazisaedy, The impact of social robotics on L2 learners' anxiety and attitude in English vocabulary acquisition, International Journal of Social Robotics, 7(4) (2015) 523-535.

[48] A. Meghdari, M. Alemi, M. Zakipour, S.A. Kashanian, Design and realization of a sign language educational humanoid robot, Journal of Intelligent & Robotic Systems, (2018) 1-15.

[49] A. Meghdari, A. Shariati, M. Alemi, A.A. Nobaveh, M. Khamooshi, B. Mozaffari, Design performance characteristics of a social robot companion "Arash" for pediatric hospitals, International Journal of Humanoid Robotics, 15(05) (2018) 1850019.

[50] A. Meghdari, A. Shariati, M. Alemi, G.R. Vossoughi, A. Eydi, E. Ahmadi, B. Mozafari, A. Amoozandeh Nobaveh, R. Tahami, Arash: A social robot buddy to support children with cancer in a hospital environment, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine, 232(6) (2018) 605-618.

[51] A. Taheri, A. Meghdari, M. Alemi, H. Pouretemad, Clinical interventions of social humanoid robots in the treatment of a pair of high-and low-functioning autistic Iranian twins, Scientia Iranica. Transaction B, Mechanical Engineering, 25(3) (2018) 1197-1214.

[52] A. Taheri, A. Meghdari, M. Alemi, H. Pouretemad, Human–robot interaction in autism treatment: a case study on three pairs of autistic children as twins, siblings, and classmates, International Journal of Social Robotics, 10(1) (2018) 93-113.