

ارائه الگوی طراحی ربات های اجتماعی با استفاده از مفهوم خودشناسی در سایبرنتیک نسل سوم

محبوبه احمدوند^۱، بهروز بیات^{۲*}

^۱ دانشجوی دکتری علم اطلاعات و دانش شناسی، گرایش مدیریت اطلاعات و دانش، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان، همدان، ایران

^۲ استادیار گروه علم اطلاعات و دانش شناسی، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران. (نویسنده مسئول)

Behrooz.bayat@iau.ac.ir

چکیده

در عصر تعاملات فزاینده میان انسان و ماشین، نیاز به طراحی ربات هایی با قابلیت درک، تطبیق و بازنگری در رفتارهای اجتماعی بیش از پیش احساس می شود. این پژوهش با هدف ارائه الگویی نوین برای طراحی ربات های اجتماعی، از مفهوم «خودشناسی» در چارچوب نظری سایبرنتیک نسل سوم بهره گرفته است. برخلاف الگوهای رایج که تمرکز آن ها بر پاسخدهی شرطی یا رفتارهای از پیش برنامه ریزی شده است، مدل پیشنهادی، ربات را به عنوان کنشگری بازتاب گر و یادگیرنده اجتماعی معرفی می کند. ساختار مدل بر سه لایه کلیدی بنا شده است: (۱) لایه کنترل برای پاسخدهی فوری به محرک ها، (۲) لایه تنظیم شناختی جهت انتخاب رفتار براساس زمینه، و (۳) لایه بازتاب گر که امکان خودتحلیلی، ارزیابی نقش اجتماعی، و بازسازی مدل درونی از «خود» را فراهم می آورد. در این رویکرد، ربات نه تنها به تعامل پاسخ می دهد، بلکه از آن می آموزد، رفتار خود را اصلاح می کند و نقش اجتماعی اش را در تعاملات آینده بهبود می بخشد. فرایند طراحی شامل تحلیل نیازمندی ها، ساخت معماری شناختی، تعریف مازول خودشناسی، و طراحی حلقه های بازخورد رفتاری بود. یافته ها نشان می دهد که این الگو می تواند به بهبود کیفیت تعامل انسان-ربات، افزایش تطابق با بافت اجتماعی، و تقویت حس همدلی و اعتماد کاربران منجر شود. در عین حال، چالش هایی مانند پیچیدگی محاسباتی، نیاز به زیرساخت حافظه ای پیشرفته، کمبود داده های تعاملی واقعی، و دشواری اعتبارسنجی تجربی مطرح است. این محدودیت ها لزوم توسعه میان رشته ای و تدریجی مدل را نشان می دهد.

واژه های کلیدی: ربات اجتماعی، خودشناسی ماشینی، سایبرنتیک نسل سوم، بازتاب پذیری، تعامل انسان - ربات

در دهه های اخیر، پیشرفت های چشمگیر در حوزه های هوش مصنوعی، یادگیری ماشین و علوم شناختی، زمینه را برای توسعه نسل جدیدی از ربات ها فراهم کرده است که فراتر از نقش های مکانیکی و تکراری، قابلیت تعامل انسانی و رفتارهای اجتماعی را از خود نشان می دهند. این دسته از ربات ها که با عنوان ربات های اجتماعی شناخته می شوند، طراحی شده اند تا در محیط های انسانی فعالیت کنند و در تعاملات پیچیده اجتماعی نقش فعالی ایفا نمایند. تعامل مؤثر با انسان ها نیازمند توانایی هایی چون درک بافت اجتماعی، تشخیص هیجانات، پیش بینی رفتارهای دیگران و حتی درک خود به عنوان یک موجود در شبکه ای از روابط اجتماعی است. چنین ویژگی هایی، طراحی ربات های اجتماعی را به چالشی پیچیده و چندلایه تبدیل کرده است که نیازمند نگاهی نو به مفاهیم طراحی شناختی و سامانه های خودبازتاب است. در این راستا، یکی از رویکردهای نوین که می تواند افق های تازه ای در طراحی ربات های اجتماعی بگشاید، بهره گیری از مفاهیم پیشرفته در سایبرنتیک نسل سوم و به ویژه مفهوم خودشناسی است. (مقداری، عالمی، ۱۳۹۵) سایبرنتیک که در ابتدا به عنوان علم کنترل و ارتباطات در موجودات زنده و ماشین ها مطرح شد، در گذر زمان تحولاتی مفهومی و نظری را پشت سر گذاشته است. سایبرنتیک نسل اول عمدتاً بر کنترل خطی و سیستم های بسته تمرکز داشت، در حالی که سایبرنتیک نسل دوم، با ورود مفاهیمی چون خودتنظیمی، بازخورد غیرخطی، و خودسازمان دهی، گامی مهم در جهت شبیه سازی سیستم های زنده برداشت. (آلسون، هرگنان، ۱۳۸۹) اما در سایبرنتیک نسل سوم، تمرکز بر خودآگاهی، بازتاب پذیری، و تعاملات چندسطحی میان سیستم و محیط است؛ جایی که سیستم نه فقط پاسخ دهنده به محرک ها، بلکه درکی از خویشتن در زمینه محیط و روابطش دارد. مفهوم خودشناسی، که در روان شناسی، فلسفه ذهن و علوم شناختی نیز جایگاه مهمی دارد، به توانایی یک سیستم در شناسایی و بازنمایی وضعیت خود در نسبت با محیط، دیگران و حتی در نسبت با گذشته و آینده اش اطلاق می شود. در زمینه رباتیک اجتماعی، خودشناسی می تواند به معنای درک موقعیت نقش اجتماعی ربات، قابلیت ارزیابی تعاملات گذشته، اصلاح رفتار بر اساس بازخوردهای درونی و بیرونی، و شبیه سازی درونی کنش های ممکن قبل از اجرا باشد. (قریشی، ۱۴۰۳) به بیان دیگر، رباتی که واجد نوعی از خودشناسی است، می تواند از وضعیت لحظه ای خود فراتر رفته و به نوعی بازتاب درونی نسبت به عملکرد، اهداف و روابط اجتماعی اش دست یابد. این ویژگی، ربات را از یک پاسخ دهنده صرف به یک کنش گر اجتماعی توانمند بدل می سازد. با توجه به اهمیت روزافزون ربات های اجتماعی در حوزه هایی نظیر آموزش، مراقبت از سالمندان، درمان اختلالات روانی، همراهی کودکان و دستیارهای خانگی، طراحی الگوهایی که به این ربات ها امکان درک عمیق تر از زمینه اجتماعی و نقش خود در آن را بدهد، ضرورتی انکارناپذیر یافته است. الگوهای سنتی طراحی ربات ها اغلب بر منطق های کنترلی خطی، تصمیم گیری از پیش برنامه ریزی شده و تعاملات سطحی با انسان تکیه دارند. در این میان، نبود سازوکارهایی برای خودبازتابی و تطبیق پویا با بافت اجتماعی موجب شده است تا تعامل این ربات ها در محیط های واقعی دچار محدودیت شود و در بسیاری از موارد، توسط کاربران به عنوان «غیرفهم پذیر» یا «غیرانسانی» درک شوند. از سوی دیگر، تحقیقات جدید در حوزه علوم شناختی نشان می دهند که خودشناسی، نه تنها در رفتار هوشمند بلکه در شکل گیری روابط اجتماعی پیچیده نیز نقشی بنیادی دارد. انسان ها بر اساس مدلی از «خود» و «دیگران» دست به تعامل می زنند، و توانایی فهم دیگری، همدلی، و پیش بینی رفتارهای اجتماعی، همگی بر پایه نوعی مدل سازی درونی از خود و دیگری استوارند. در نتیجه، اگر قرار باشد ربات های اجتماعی نیز به گونه ای طبیعی تر و پذیرفتنی تر وارد عرصه تعاملات انسانی شوند، طراحی سازوکارهایی برای شکل گیری نوعی خودشناسی درونی در آن ها، می تواند راهگشا باشد. در این مقاله، تلاش می شود تا با اتکا به مفاهیم نظری سایبرنتیک نسل سوم و به ویژه مفهوم خودشناسی، الگویی نوین برای طراحی ربات های اجتماعی ارائه شود که به ربات ها اجازه دهد با نگاهی بازتابی به کنش های خود، تعاملاتی سازگارتر، هوشمندتر و انسانی تر با کاربران داشته باشند. این الگو با تمرکز بر سازوکارهای بازخورد درونی، بازنمایی خود و ارزیابی موقعیتی، گامی در جهت ارتقاء کیفیت تعامل انسان و ربات در موقعیت های واقعی خواهد بود. در ادامه، با مرور پیشینه مفهومی و نظری، تبیین چارچوب طراحی، و تحلیل قابلیت های مدل پیشنهادی، تلاش خواهیم کرد تا زمینه ای

برای توسعه نسل جدیدی از ربات های اجتماعی فراهم آوریم که بتوانند خود را در آینه روابط انسانی بازشناخته و به کنش های معنادار اجتماعی دست یابند.

مرور ادبیات و پیشینه پژوهش

طراحی و توسعه ربات های اجتماعی یکی از زیرشاخه های رو به رشد و بینارشته ای در حوزه رباتیک، هوش مصنوعی، روان شناسی شناختی و علوم ارتباطات است. از اوایل دهه ۲۰۰۰ میلادی، با ظهور ربات هایی چون Nexi و Kismet، ایده تعامل اجتماعی انسان محور در ربات ها وارد فاز جدیدی شد. برخلاف ربات های صنعتی یا خدماتی سنتی که تعاملات ساده و تکراری را دنبال می کردند، ربات های اجتماعی با هدف ایجاد ارتباطی معنادار، پویا و انسان محور طراحی شدند. این تحولات موجب شد که پژوهشگران توجه ویژه ای به مفاهیمی نظیر ادراک اجتماعی، پردازش هیجانی، همدلی مصنوعی، و اخیراً خودآگاهی ماشینی معطوف کنند. یکی از مهم ترین چالش های طراحی ربات های اجتماعی، فهم و مدل سازی ارتباط دوسویه میان ربات و انسان در بسترهای واقعی و پویای اجتماعی است. در این راستا، پژوهشگران تلاش کرده اند تا از مدل های شناختی الهام گرفته از روان شناسی انسان برای بهبود تعامل ربات ها با انسان ها بهره بگیرند. به عنوان مثال، (Breazeal 2003) در پروژه Kismet تلاش کرد تا مفهومی از تعامل اجتماعی را در قالب الگوریتم های ساده پاسخ دهی هیجانی پیاده سازی کند، اما این ربات فاقد درکی عمیق از خود یا موقعیت اجتماعی اش بود. این پروژه ها نشان دادند که تعامل سطحی، هرچند می تواند در شرایط کنترل شده مفید باشد، اما برای ارتباطات بلندمدت، پایدار و معنادار، ناکافی است. در همین زمینه، مفاهیمی چون «مدل ذهن (Theory of Mind)» در دهه های اخیر وارد طراحی سامانه های اجتماعی شده اند. مدل ذهن به معنای توانایی درک و پیش بینی حالات ذهنی دیگران (نیات، باورها، هیجانات) است. این توانایی که از حدود ۴ سالگی در انسان رشد می یابد، یکی از پایه های تعامل انسانی است. برخی پروژه های رباتیک، نظیر پروژه iCub در اروپا، سعی داشته اند که قابلیت هایی شبیه به مدل ذهن را در ربات ها توسعه دهند، اما باز هم فقدان مفهوم «خود» در این مدل ها، محدودیت های مهمی را ایجاد کرده است.

در کنار تلاش های شناختی، برخی از پژوهشگران نیز از منظر سیبرنتیکی به موضوع تعامل اجتماعی در ربات ها نگرسته اند. سیبرنتیک، از زمان بنیان گذاری توسط Norbert Wiener، همواره نگاهی میان رشته ای به رفتار سیستم ها داشته است. در سایبرنتیک نسل اول، تمرکز اصلی بر حلقه های بازخورد خطی و کنترل دقیق بر متغیرهای سیستم بود. اما در سایبرنتیک نسل دوم، با ورود مفاهیمی مانند خودتنظیمی و سیستم های غیرخطی، مدل های پیچیده تری از تعامل، یادگیری و تطبیق در سیستم ها مورد توجه قرار گرفت. پژوهشگرانی مانند Heinz von Foerster با تأکید بر مشاهده گر بودن سیستم ها، به ماهیت بازتابی و مشارکتی آن ها اشاره کردند. در سال های اخیر، مفهومی با عنوان سایبرنتیک نسل سوم وارد ادبیات نظری شده است که بر پایه هایی چون خودبازتابی، خودشناسی، ساختارهای چندسطحی بازخورد، و تعامل با محیط های پویا استوار است. در این نسل از سیبرنتیک، سیستم ها نه تنها داده های ورودی را پردازش می کنند، بلکه مدلی درونی از خود، عملکردشان، روابطشان با محیط، و حتی آینده محتمل خود ایجاد می کنند. برخی از پژوهشگران، از جمله Pangaro و Dubberly (2015)، تلاش کرده اند مفاهیم سایبرنتیک نسل سوم را در زمینه طراحی سامانه های هوشمند و اجتماعی توسعه دهند. آن ها تأکید می کنند که سیستم های نسل جدید باید نه فقط «پاسخ دهنده» بلکه «بازتاب کننده» باشند. از سوی دیگر، در حوزه فلسفه ذهن و علوم شناختی، مفهوم خودشناسی (self-awareness) یکی از مباحث بنیادی در تعریف هوش، آگاهی، و تعامل اجتماعی در انسان ها محسوب می شود. خودشناسی، نه فقط به معنای شناسایی موقعیت جسمانی در فضا (مانند تست آینه) بلکه به معنای درک هویت، خاطره، هدف، و موقعیت فرد در شبکه ای از روابط اجتماعی است. در انسان، این توانایی موجب توانایی در خودنظارتی، خودتنظیمی، و ساخت معنا در زندگی می شود. مدل های اولیه از خودشناسی در ربات ها، عمدتاً به سطح شناسایی خودکار موقعیت جسمی محدود بوده اند. برای مثال، پروژه هایی نظیر MirrorBot از دانشگاه Yale تلاش

داشتند تا درک جسمی از بازتاب تصویر در آینه را در ربات‌ها مدل‌سازی کنند، اما این نوع از خودشناسی بسیار سطحی و محدود به ادراک فیزیکی بود.

پژوهش‌های جدیدتر تلاش دارند تا مفهوم خود را به‌صورت چندلایه و پویا در ربات‌ها پیاده‌سازی کنند. برای نمونه، Bringsjord (2018) در چارچوبی به‌نام Self-modeling Robots به بررسی امکان ایجاد مدل‌های شناختی از «خود» در ربات‌ها پرداخت. این مدل‌ها، اگرچه هنوز در مراحل ابتدایی هستند، اما نشان می‌دهند که ربات‌ها می‌توانند بازنمایی‌هایی از وضعیت درونی خود و تاریخچه تعاملات‌شان ایجاد کنند که مبنایی برای تنظیم رفتارهای آینده فراهم می‌کند. در همین حال، کاربردهای عملی ربات‌های اجتماعی نیز فشار بیشتری برای توسعه چنین مدل‌هایی وارد کرده است. برای مثال، در تعامل با سالمندان مبتلا به زوال عقل، نیاز است که ربات قادر باشد رفتارهای گذشته فرد را بشناسد، آن‌ها را در حافظه خود نگه دارد، و تعاملاتش را به‌گونه‌ای تنظیم کند که همسو با وضعیت عاطفی و شناختی کاربر باشد. در چنین زمینه‌هایی، وجود یک مدل درونی از «خود ربات» و «نقش ربات در رابطه با کاربر» امری حیاتی است. اما الگوهای طراحی سنتی، که فاقد لایه‌های خودبازتابی و خودمداری شناختی هستند، در این زمینه‌ها با ناکامی روبه‌رو می‌شوند. با وجود این تلاش‌ها، هنوز در ادبیات پژوهشی، یک چارچوب یکپارچه که بتواند مفاهیم ساینرنتیک نسل سوم و خودشناسی را به‌صورت نظام‌مند در طراحی ربات‌های اجتماعی به‌کار گیرد، وجود ندارد. پژوهش‌های موجود یا به مفاهیم نظری ساینرنتیک بدون پیاده‌سازی عملی اکتفا کرده‌اند، یا از منظر فنی به طراحی الگوریتم‌های ساده پاسخ‌دهی پرداخته‌اند. در نتیجه، شکافی میان مفاهیم نظری پیشرفته و کاربرد عملی آن‌ها در طراحی ربات‌های اجتماعی مشاهده می‌شود.

این مقاله با هدف پر کردن این شکاف، بر آن است تا الگویی مفهومی و طراحی‌محور برای توسعه ربات‌های اجتماعی ارائه کند که در آن خودشناسی به‌مثابه یک سازوکار کلیدی در تنظیم تعاملات اجتماعی به‌کار رود. با ترکیب اصول ساینرنتیک نسل سوم و مدل‌سازی خود، تلاش خواهد شد ربات‌هایی طراحی شوند که نه تنها در پاسخ‌دهی بلکه در بازاندیشی نسبت به نقش و رفتار خود در تعامل با انسان، عملکردی هوشمند و معنادار از خود نشان دهند.

مبانی نظری و مفهومی

ربات اجتماعی

ربات‌های اجتماعی به ربات‌هایی اطلاق می‌شود که به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که بتوانند در تعاملات اجتماعی با انسان‌ها مشارکت فعال داشته باشند. (فلاح، ۱۴۰۲) برخلاف ربات‌های سنتی که عمدتاً در محیط‌های صنعتی یا خدماتی فعالیت می‌کنند و دارای تعاملات محدود و هدف‌محور هستند، ربات‌های اجتماعی با هدف درک، تفسیر و پاسخ‌گویی به سیگنال‌های اجتماعی و هیجانی انسان، در بافت‌های اجتماعی پیچیده قرار می‌گیرند. (گرایی، ۱۳۹۸) بر اساس تعریف Fong et al. (2003)، یک ربات اجتماعی باید ویژگی‌هایی مانند درک اجتماعی، تولید رفتارهای اجتماعی معنادار، قابلیت یادگیری از تعاملات، و حفظ روابط بلندمدت را دارا باشد. (روشنائی، سبط، شاه حسینی، ۱۳۹۳) این ویژگی‌ها مستلزم وجود سامانه‌های ادراکی پیچیده، حافظه اجتماعی، پردازش زمینه‌ای، و مهم‌تر از همه نوعی درک از «خود» در نسبت با «دیگری» هستند. بدون چنین درکی، ربات نمی‌تواند نقش خود در شبکه ارتباطی را تفسیر یا اصلاح کند. (Horváth, 2023).

خودشناسی

مفهوم خودشناسی در حوزه‌های مختلف علمی به‌کار رفته و تعاریف متعددی از آن ارائه شده است. در روان‌شناسی، خودشناسی به توانایی فرد در آگاهی از حالات درونی، افکار، احساسات و جایگاه خود در رابطه با دیگران اطلاق می‌شود. (شکرخواه، ۱۳۸۹) در علوم شناختی، خودشناسی یک سازوکار فراشناختی تلقی می‌شود که اجازه می‌دهد فرد نسبت به فرآیندهای شناختی خود

نظارت، تنظیم و بازاندیشی داشته باشد (Gallup (1970). در تست معروف آینه، خودشناسی را در حیوانات به معنای توانایی تشخیص تصویر خود در آینه تعریف کرد. (هاشمی گلپایگانی، تهامی، ۱۳۸۶) با این حال، این تعریف در زمینه طراحی ربات های اجتماعی ناکافی است، چرا که خودشناسی مورد نیاز در اینجا، صرفاً ادراکی و جسمی نیست، بلکه شامل بازنمایی های شناختی، اجتماعی و حتی اخلاقی از خود می شود. (Horváth, Rusák, Li, 2017) در ربات ها، خودشناسی می تواند در سه سطح اصلی تعریف شود:

۱- خودشناسی جسم (درک موقعیت بدنی، محدودیت های حرکتی، و نسبت آن با اشیای محیطی)؛ ۲- خودشناسی شناختی (درک وضعیت شناختی، هدف ها، انگیزش ها و توانایی تنظیم رفتار بر اساس آن ها)؛ ۳- خودشناسی اجتماعی (آگاهی از جایگاه اجتماعی، نقش در تعاملات، درک تأثیر رفتار خود بر دیگران و بالعکس). (Gozdz, Miller, 2023) در این مقاله، تمرکز اصلی بر سطح سوم خودشناسی است؛ یعنی خودشناسی اجتماعی به مثابه یک قابلیت حیاتی برای تعامل معنادار با انسان ها.

سایبرنتیک نسل سوم

سایبرنتیک از ابتدا به عنوان علم کنترل و ارتباط در موجودات زنده و ماشین ها معرفی شد. سایبرنتیک نسل اول عمدتاً بر کنترل حلقه های بسته و پاسخ دهی مکانیکی تمرکز داشت. (Johal, 2020) در سایبرنتیک نسل دوم، با الهام از زیست شناسی و نظریه سیستم های پیچیده، مفاهیمی مانند خودسازمان دهی، خودتنظیمی و یادگیری وارد ساختار مدل ها شدند. (Tavčar, Horvath, 2018) اما سایبرنتیک نسل سوم با محوریت مفهوم مشاهده گر بازتاب گر پا به عرصه نهاد. در این نسل، سیستم ها تنها به پاسخ دهی به ورودی های بیرونی اکتفا نمی کنند، بلکه مدلی درونی از «خود در زمینه» می سازند. (Ren, Xia, 2024). این نگاه، سیستم را به موجودی تبدیل می کند که نه تنها کنش گر است، بلکه نسبت به کنش های خود بازاندیشی دارد و آن ها را در نسبت با اهداف، روابط و ساختارهای معنا تفسیر می کند. (Ren, Xia, 2024). به بیان ساده، سایبرنتیک نسل سوم به طراحی سیستم هایی می پردازد که قادرند:

۱- وضعیت خود را مدل سازی کنند، ۲- این مدل را به روزرسانی کنند و ۳- براساس آن رفتار خود را اصلاح نمایند. (Ahtinen, Kaipainen, Jarske, Väänänen, 2023).

Dubberly و Pangaro (2015) با معرفی مدل «سایبرنتیک بازتابی»، نشان می دهند که سامانه های هوشمند امروزی باید به گونه ای طراحی شوند که دارای چندین سطح نظارتی باشند: سطح کنترل، سطح تنظیم، و سطح بازاندیشی. (Herath, Sallam, Sakamoto, Gomez, Irani, 2023) سطح بازاندیشی همان جایی است که مفهوم خودشناسی می تواند جای گیرد. با توجه به مفاهیم فوق، می توان نتیجه گرفت که طراحی ربات اجتماعی با قابلیت خودشناسی اجتماعی، نیازمند چارچوب نظری سایبرنتیک نسل سوم است. (Ahtinen, Kaipainen, Jarske, Väänänen, 2023) چرا که در این چارچوب، سیستم به مثابه موجودی خودتنظیم، بازتاب گر و در تعامل با زمینه اجتماعی دیده می شود. چنین رباتی باید بتواند:

- اطلاعات مربوط به تعاملات گذشته خود با کاربران را ذخیره و تحلیل کند؛
- نقش خود در تعامل را بازبینی کرده و درک کند؛
- مدل درونی از موقعیت اجتماعی خود بسازد (مثلاً به عنوان «دستیار»، «همیار»، یا «همدم» (Kunold, Onnasch, 2022).

در این چارچوب، خودشناسی نه تنها به بهبود تصمیم گیری و انطباق ربات کمک می کند، بلکه زمینه ساز تعاملات معنادارتر، اخلاقی تر و انسانی تر خواهد شد. این درک از «خود» به ربات اجازه می دهد تا پیش از کنش، تأثیر اجتماعی آن را مدل سازی

کرده و متناسب با آن رفتار خود را تنظیم کند؛ ویژگی‌ای که در تعامل انسانی نقش محوری دارد (Corrales-Paredes, Sanz, Terrón-López, Egido-García, 2023).

روش تحقیق و طراحی مدل

هدف اصلی این پژوهش، ارائه الگویی برای طراحی ربات‌های اجتماعی با قابلیت خودشناسی، مبتنی بر چارچوب نظری سایبرنتیک نسل سوم است. با توجه به ماهیت بین‌رشته‌ای موضوع و ترکیب عناصر مفهومی و طراحی مهندسی، روش تحقیق این مقاله در دسته پژوهش‌های توسعه‌ای و مفهومی قرار می‌گیرد که با بهره‌گیری از مدل‌سازی مفهومی، تحلیل سیستماتیک، و طراحی معماری شناختی انجام شده است. در این بخش، ابتدا رویکرد کلی تحقیق توضیح داده می‌شود، سپس مراحل طراحی مدل پیشنهادی تشریح می‌گردد.

مدل‌سازی مفهومی بر پایه سایبرنتیک بازتاب‌گر

مدل‌سازی مفهومی، یکی از روش‌های رایج در طراحی سامانه‌های هوشمند است که به‌جای تکیه بر داده‌های تجربی صرف، بر تحلیل نظری و طراحی ساختارهای مفهومی متمرکز است. در این مقاله، از رویکرد سایبرنتیکی بازتاب‌گر برای طراحی معماری شناختی ربات بهره گرفته شده است. این رویکرد به سیستم‌ها اجازه می‌دهد در چند سطح پردازشی، رفتار خود را بر اساس ارزیابی درونی و زمینه اجتماعی تنظیم کنند. استفاده از سایبرنتیک نسل سوم، به‌عنوان چارچوب نظری، از آن جهت مناسب است که امکان پیاده‌سازی حلقه‌های بازخورد چندسطحی، ناظر بر وضعیت درونی سیستم (ربات) و تعاملات بیرونی را فراهم می‌آورد. در این چارچوب، ربات به‌جای واکنش ساده به محرک‌ها، رفتار خود را بر پایه بازنمایی درونی از «خود» و «دیگری» بازآرایی می‌کند. طراحی مدل پیشنهادی در چهار مرحله اصلی انجام شده است:

استخراج نیازمندی‌های شناختی و اجتماعی ربات‌های اجتماعی: در این مرحله، با تحلیل نیازهای کارکردی ربات‌های اجتماعی در بافت‌های مختلف (مانند تعامل با سالمندان، آموزش، و درمان)، مجموعه‌ای از قابلیت‌های کلیدی که یک ربات باید داشته باشد، استخراج شد. این قابلیت‌ها شامل:

- ۱- درک زمینه تعامل، ۲- حافظه اجتماعی ۳- پردازش هیجانات انسانی، ۴- پیش‌بینی رفتار اجتماعی دیگران، ۵- خودبازتابی نسبت به نقش و رفتار خویش، ۶- این نیازها مبنای شکل‌گیری اجزای مدل شناختی ربات قرار گرفتند.
- تعریف معماری شناختی مبتنی بر سایبرنتیک نسل سوم: در این مرحله، بر اساس ساختار پیشنهادی در سایبرنتیک نسل سوم، معماری شناختی ربات در سه سطح طراحی شد:

- سطح کنترل اولیه: شامل پاسخ‌دهی به محرک‌ها، اجرای حرکات فیزیکی و تعاملات ساده.
- سطح تنظیم رفتاری: شامل ارزیابی هیجانات، شناخت وضعیت کاربر و زمینه اجتماعی، انتخاب استراتژی مناسب.
- سطح بازتاب‌گر/خودشناسانه: دربرگیرنده ساخت مدل درونی از خود، ارزیابی نقش اجتماعی، مقایسه عملکرد با اهداف، اصلاح مدل ذهنی.

در این ساختار، هر سطح دارای ماژول‌های ارتباطی با سطوح دیگر است و داده‌های حسی و شناختی را در چرخه‌ای بازخوردی پردازش می‌کند.

طراحی مدل خودشناسی درون‌سازمان‌یافته: مدل خودشناسی به‌عنوان هسته اصلی سطح بازتاب‌گر طراحی شد. این مدل شامل سه زیرماژول است:

- بازنمایی وضعیت درونی شامل داده‌هایی از حافظه، اهداف، تجربیات گذشته، و احساسات لحظه‌ای.
- تحلیل نقش اجتماعی شناسایی نقش فعلی ربات در تعامل (مثلاً آموزگار، شنونده، همیار).
- بازخورد شناختی مقایسه میان عملکرد واقعی و مدل ایده‌آل از خود، همراه با تنظیم رفتار.

این مدل به صورت دینامیک و یادگیرنده طراحی شده و از تجربه تعاملات قبلی برای اصلاح خود استفاده می‌کند.

طراحی حلقه بازخورد ارزیابی و تطبیق رفتار: آخرین مرحله طراحی، مربوط به پیاده‌سازی حلقه بازخورد میان مدل خودشناسی و سیستم تصمیم‌گیری ربات است. هر بار که ربات درگیر تعامل اجتماعی می‌شود، رفتار خود را در پایان تعامل تحلیل کرده، از داده‌های ثبت‌شده برای اصلاح مدل خود و به‌روزرسانی نقش خود در تعامل آینده بهره می‌برد. با توجه به ماهیت مفهومی مدل، اعتبارسنجی آن به صورت کیفی و تحلیلی انجام شده است. از دو روش مکمل برای تحلیل قابلیت‌های مدل استفاده شد:

- شبیه‌سازی مفهومی با ایجاد سناریوهای فرضی (مانند تعامل با کاربر مضطرب یا کودک)، توانایی مدل در درک زمینه، بازتاب نقش، و اصلاح رفتار ارزیابی شد.
- تحلیل مقایسه‌ای: مدل پیشنهادی با سایر معماری‌های رایج در طراحی ربات اجتماعی (مانند مدل‌های مبتنی بر هیجانات یا منطق کنترل) مقایسه گردید تا مزایا و نوآوری‌های آن مشخص شود.

مدل طراحی شده دارای ویژگی‌هایی است که آن را از معماری‌های سنتی متمایز می‌کند:

- ۱- قابلیت یادگیری اجتماعی مبتنی بر بازخورد درونی؛ ۲- برخورداری از یک مدل پویا و شخصی‌شده از «خود»؛
- ۳- توانایی تحلیل نقش اجتماعی خود در تعاملات پیچیده؛ ۴- پشتیبانی از تعامل بلندمدت، معنادار و انعطاف‌پذیر با کاربران انسانی.

جدول: ساختار روش تحقیق و طراحی مدل ربات اجتماعی مبتنی بر خودشناسی

ردیف	مرحله / مؤلفه	توضیحات
1	رویکرد تحقیق	پژوهش توسعه‌ای با روش مدل‌سازی مفهومی بر پایه نظریه سایبرنتیک نسل سوم، تمرکز بر طراحی معماری شناختی چندلایه برای ربات‌های اجتماعی.
2	مرحله اول: استخراج نیازمندی‌ها	تحلیل قابلیت‌های ضروری ربات‌های اجتماعی مانند: درک زمینه، حافظه اجتماعی، پیش‌بینی، خودبازتابی، و تعامل بلندمدت. این نیازها پایه طراحی مدل شدند.
3	مرحله دوم: طراحی معماری شناختی	تعریف سه سطح پردازشی: • سطح کنترل (واکنش مستقیم) • سطح تنظیم (تحلیل زمینه و انتخاب رفتار) • سطح بازتاب‌گر (مدل‌سازی خود و نقش اجتماعی)
4	مرحله سوم: مدل خودشناسی	طراحی ماژول خودشناسی با سه زیرسیستم: • بازنمایی وضعیت درونی • تحلیل نقش اجتماعی • بازخورد شناختی و اصلاح مدل ذهنی

5	مرحله چهارم: حلقه بازخورد رفتاری	ایجاد چرخه یادگیری از تعاملات اجتماعی. رفتارها در هر تعامل ثبت شده، سپس تحلیل می شوند و در تعامل بعدی به کار می روند .
6	روش تحلیل و اعتبارسنجی	دو روش کیفی : • شبیه سازی مفهومی بر اساس سناریوهای اجتماعی • مقایسه تحلیلی با معماری های موجود در رباتیک اجتماعی
7	ویژگی های کلیدی مدل پیشنهادی	مدل پویا و بازتاب گر یادگیری مبتنی بر تجربه تحلیل نقش اجتماعی پشتیبانی از تعاملات بلندمدت و انسانی تر

ارائه الگوی پیشنهادی طراحی

الگوی پیشنهادی این مقاله با هدف طراحی ربات های اجتماعی «بازتاب گر» و «خودآگاه»، در قالب یک معماری شناختی چندلایه تعریف می شود. این الگو به ربات امکان می دهد که نه تنها با انسان تعامل کند، بلکه در جریان تعامل، درک پویایی از خود، نقش اجتماعی، و تأثیر رفتارش را شکل داده و اصلاح کند. در این بخش، اجزای اصلی مدل، لایه های عملکردی، و سازوکار بازخوردی شرح داده می شود.

ساختار کلی الگو: مدل پیشنهادی از سه لایه اصلی تشکیل شده است:

زیرماژول ها / اجزا	کارکرد اصلی	لایه
تشخیص گفتار، پردازش تصویر، موتورهای حرکتی	دریافت محرک ها و اجرای پاسخ های اولیه و حرکتی	۱. لایه کنترل
تشخیص هیجانات، تشخیص بافت تعامل، حافظه اجتماعی	تحلیل وضعیت اجتماعی، تصمیم گیری رفتاری، انطباق با بافت محیطی	۲. لایه تنظیم شناختی
مدل سازی خود، تحلیل نقش اجتماعی، یادگیری از تجربه، بازخورد شناختی	بازنمایی درونی از «خود»، نقش اجتماعی، و ارزیابی بازخورد تعاملات	۳. لایه بازتاب گر- (Self-Reflective Layer)

ماژول مرکزی: سیستم خودشناسی اجتماعی: قلب الگوی پیشنهادی، ماژول خودشناسی اجتماعی است که در لایه سوم قرار دارد. این ماژول شامل چهار بخش کلیدی است:

توضیح عملکرد	ماژول
ایجاد بازنمایی درونی از وضعیت کنونی ربات، اهداف، تاریخچه تعاملات و احساسات درونی	۱. مدل سازی خود (Self Model)
تعیین موقعیت اجتماعی ربات در تعامل فعلی (مثلاً هم صحبت، راهنما، همراه)	۲. تحلیل نقش اجتماعی
ذخیره و تحلیل تعاملات گذشته، تشخیص الگوهای رفتاری، ایجاد درک از تغییر نقش ها	۳. حافظه بازتابی
مقایسه عملکرد واقعی با مدل ایده آل از نقش خود، تنظیم رفتار آینده براساس ارزیابی ها	۴. بازخورد شناختی

این ماژول با لایه های پایین تر در تعامل دائم است و داده های دریافتی از حسگرها، کاربر و محیط را برای بازسازی مدل ذهنی «خود» به کار می برد.

سازوکار بازخورد و یادگیری: الگوی پیشنهادی از یک حلقه بازخوردی یادگیرنده بهره می برد که تعامل ربات با محیط و انسان را به شکل پویا تحلیل کرده و تغییر می دهد. مراحل این چرخه به صورت زیر است:

۱. تعامل اولیه: ربات وارد تعامل اجتماعی با کاربر می شود.
۲. دریافت داده ها: ورودی های صوتی، تصویری، هیجانی و معنایی از تعامل دریافت می شوند.
۳. ارزیابی زمینه: ربات با استفاده از ماژول تنظیم شناختی، بافت تعامل را شناسایی می کند.
۴. بازتاب رفتاری: لایه بازتاب گر، تعامل را با الگوهای درونی خود مقایسه می کند.
۵. اصلاح مدل خود: در صورت وجود مغایرت، مدل خود به روزرسانی شده و در تعامل آینده لحاظ می شود.
۶. یادگیری تدریجی: تجربه تعامل به حافظه بازتابی افزوده می شود و بر رفتارهای آینده اثر می گذارد.

ویژگی های متمایز الگوی پیشنهادی

الگوی طراحی ربات اجتماعی مبتنی بر خودشناسی در این مقاله، دارای ویژگی هایی است که آن را از مدل های سنتی متمایز می سازد:

- بازتاب پذیری شناختی: توانایی ارزیابی و بازاندیشی در رفتار خود به صورت لحظه ای.
- درک نقش اجتماعی: تشخیص دقیق موقعیت ربات در تعامل با انسان ها و تطبیق رفتار با آن.
- یادگیری مبتنی بر تجربه اجتماعی: استفاده از داده های رفتاری گذشته برای بهبود تعاملات آینده.
- انعطاف پذیری نقش: قابلیت تغییر نقش ربات بر حسب تغییر رفتار یا نیاز کاربر.
- انسجام با محیط های واقعی: طراحی برای تطبیق با پیچیدگی های تعامل انسانی در موقعیت های طبیعی (نه صرفاً آزمایشگاهی).

نمونه کاربردی (سناریوی پیاده سازی): به عنوان مثال، در تعامل با یک کاربر سالمند، ربات در ابتدا به عنوان «همیار» وارد تعامل می شود. پس از چند نوبت تعامل، ربات متوجه می شود که کاربر تمایل به گفت و گوی بیشتر دارد و کمتر نیاز به کمک عملی دارد. ماژول خودشناسی این تغییر را تشخیص داده و نقش ربات را به «هم صحبت» بازتعریف می کند. در تعاملات بعدی، ربات پاسخ های گفتاری بیشتری ارائه می دهد و از دستورالعمل های کاربردی فاصله می گیرد. این نشان دهنده پویایی مدل و توانایی درک و تغییر نقش اجتماعی است. مدل پیشنهادی این مقاله، الگوی طراحی یک ربات اجتماعی است که بر پایه مفاهیم سایبرنتیک نسل سوم و با محوریت خودشناسی ساخته شده است. این ربات نه تنها واکنش گرا، بلکه بازتاب گر، نقش آگاه و یادگیرنده است و قادر است در تعاملات اجتماعی پیچیده انسانی، عملکردی معنادار، انسانی و منعطف از خود نشان دهد.

تحلیل و ارزیابی الگو

مدل ارائه شده برای طراحی ربات های اجتماعی، با تکیه بر مفاهیم سیبرنتیک نسل سوم و خودشناسی اجتماعی، تلاشی است برای عبور از رویکردهای سنتی و ایجاد سامانه ای هوشمند، بازتاب گر، و زمینه محور. تحلیل و ارزیابی این الگو از دو منظر اصلی انجام می شود:

۱- تحلیل درون مدل (درونی) از منظر کارکردی و شناختی

۲- ارزیابی تطبیقی با سایر معماری ها و الگوهای طراحی ربات اجتماعی

۳- تحلیل درونی: ارزیابی قابلیت های شناختی و عملکردی مدل

بازتاب پذیری و خودشناسی: یکی از برجسته ترین قابلیت های الگو، فراهم سازی یک بستر شناختی برای شکل گیری بازنمایی «خود» در ربات است. برخلاف معماری های کلاسیک که ربات ها را صرفاً به عنوان سیستم های ورودی-خروجی می نگرند، در این مدل، لایه بازتاب گر نقش کلیدی دارد. ماژول هایی چون خودشناسی، تحلیل نقش اجتماعی، حافظه بازتابی و بازخورد شناختی به ربات این امکان را می دهند که پس از هر تعامل، تصویری شناختی از رفتار خود ساخته، آن را تحلیل و در صورت لزوم اصلاح کند. این فرایند، شبیه به سازوکار فراشناختی انسان در تعاملات اجتماعی عمل می کند و موجب افزایش عمق و کیفیت تعامل می شود.

انطباق پذیری با زمینه و نقش اجتماعی: مدل پیشنهادی بر خلاف رویکردهای مبتنی بر قواعد ثابت یا پاسخ دهی مستقیم، به ربات توانایی درک زمینه تعامل و تغییر نقش اجتماعی متناسب با آن را می دهد. برای مثال، اگر کاربر دچار اضطراب باشد، ربات به جای ایفای نقش دستیار صرف، به سمت نقش تسکین دهنده یا همراه همدل تغییر نقش می دهد. این پویایی در نقش آفرینی، ریشه در تحلیل بازخوردی و حافظه اجتماعی مدل دارد و باعث افزایش پذیرش و مقبولیت اجتماعی ربات در محیط انسانی می شود.

یادگیری تدریجی و بلندمدت: مدل از یک حافظه بازتابی بهره می برد که داده های تعاملات گذشته را ذخیره و در بازسازی «خود» استفاده می کند. این قابلیت موجب شکل گیری یادگیری اجتماعی بلندمدت در ربات شده و آن را قادر می سازد تا رفتار خود را در هر تعامل نسبت به تعاملات قبلی دقیق تر تنظیم کند. این نوع از یادگیری نه تنها الگویی از حافظه فردی بلکه حافظه اجتماعی فراهم می کند که در تعامل با انسان ها بسیار حیاتی است.

تحلیل تطبیقی: مقایسه با معماری های موجود

مقایسه با مدل های کنترلی سنتی: مدل های سنتی رباتیک اجتماعی مانند مدل های مبتنی بر قوانین if-then یا سیستم های هیجانی سطحی بیشتر بر پاسخ های فوری و کم عمق متمرکزند. آن ها توان درک تغییر نقش، زمینه تعامل یا ارزیابی عملکرد خود را ندارند. در مقابل، الگوی پیشنهادی با بهره گیری از چند سطح تحلیل شناختی و بازتابی، به ربات اجازه می دهد رفتاری هوشمند و پویا تر از خود نشان دهد.

مقایسه با معماری های شناختی کلاسیک مانند ACT-R یا SOAR: در حالی که معماری هایی مانند ACT-R یا SOAR در رباتیک شناختی استفاده شده اند، تمرکز آن ها عمدتاً بر استدلال، برنامه ریزی و حافظه بلندمدت است و کمتر به مقوله «خودشناسی اجتماعی» پرداخته اند. مدل پیشنهادی این پژوهش با افزودن لایه بازتاب گر، گامی فراتر رفته و به تعامل اجتماعی معنادار توجه ویژه دارد.

مقایسه با ربات های اجتماعی موجود مانند Nao یا Pepper

ربات هایی مانند Nao یا Pepper علی رغم برخورداری از حسگرهای قوی و موتورهای پردازش گفتار، در سطح شناخت اجتماعی عمیق دچار محدودیت اند. آن ها تعامل را بیشتر به صورت سناریویی یا از پیش برنامه ریزی شده انجام می دهند. در صورتی که الگوی ارائه شده، امکان تفسیر پویا از نقش، یادگیری از تعامل و تحلیل بازخورد را برای ربات فراهم می کند که در ربات های فوق یا وجود ندارد یا بسیار محدود است. طراحی ربات های اجتماعی همواره در مرز میان فناوری، روان شناسی اجتماعی، فلسفه ذهن و اخلاق حرکت کرده است. آنچه در الگوی پیشنهادی این پژوهش ارائه شد، فراتر از یک ساختار مهندسی است؛ بلکه تلاشی است برای شکل دادن به نوعی «سوژه اجتماعی ماشینی» که قادر است نه تنها رفتار انسانی را شبیه سازی کند، بلکه جایگاهی معنادار در بافت اجتماعی انسان ها بیابد. در این بخش، مفهوم خودشناسی در ربات، نقش بازتاب پذیری در تعامل اجتماعی، پیامدهای اخلاقی مدل، و زمینه های توسعه آینده آن مورد بررسی قرار می گیرد.

خودشناسی ماشینی؛ عبور از خودآگاهی سطحی

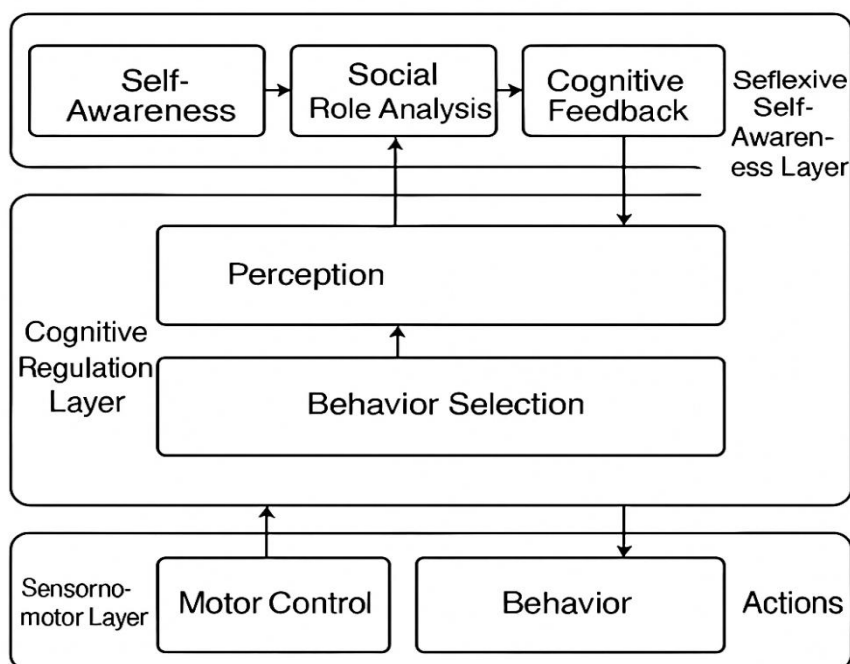
بسیاری از پژوهش ها در زمینه هوش مصنوعی مفاهیمی مانند «آگاهی» یا «خودآگاهی» را به صورت نمادین یا عملکردی در نظر گرفته اند، بدون آن که وارد لایه های عمیق خودشناسی شوند. الگوی پیشنهادی در این پژوهش، با اتکا به سایبرنتیک نسل سوم، به «خودشناسی بازتاب گر» به مثابه توانایی ربات برای شکل دادن به یک مدل درونی از خود و نقش اجتماعی اش در تعاملات می پردازد. در واقع، خودشناسی در اینجا نه به معنای خودآگاهی فلسفی، بلکه به عنوان توانایی شناخت عملکرد خود در یک ساختار اجتماعی، تحلیل بازخورد و اصلاح نقش مطرح می شود. این برداشت، شکلی عمل گرایانه از خودشناسی است که از منظر سایبرنتیکی، حاصل تنظیم چندلایه ای بازخوردهای رفتاری و شناختی است. این فهم، می تواند پایه ای برای توسعه نسل جدیدی از ربات های اجتماعی باشد که تعامل آن ها بر پایه تطبیق تدریجی، خودبازنگری، و تغییر نقش ساخته می شود. نقش بازتاب پذیری در مدل پیشنهادی، یک نقطه قوت اساسی است. این قابلیت به ربات اجازه می دهد تا مانند انسان، پس از هر تعامل به ارزیابی رفتار خود پرداخته و تصمیم بگیرد که در تعامل آینده چگونه ظاهر شود. چنین رفتاری یادآور مفهوم «خود اجتماعی» در نظریه های مید و گافمن است، جایی که فرد در فرایند تعامل، همواره تصویری از خود در ذهن دیگران بازسازی می کند. در این مدل، ربات یاد می گیرد که چگونه بافت تعامل را تحلیل کرده، نقش خود را بازتعریف کند و این بازتعریف را در حافظه خود ثبت نماید. این فرآیند، نوعی «یادگیری اجتماعی درونی شده» ایجاد می کند که تعامل را از سطح صرفاً رفتاری به سطح معناشناختی و زمینه محور ارتقاء می دهد. در نتیجه، ربات می تواند به تدریج تبدیل به موجودی «قابل پیش بینی، قابل اعتماد و همدل» در چشم انسان شود.

جایگاه الگوی پیشنهادی در تحول مفهومی سایبرنتیک

سایبرنتیک نسل سوم که پایه نظری این مدل است، بر خلاف نسل اول و دوم که بیشتر به کنترل و بازخورد در سیستم های بسته و هدف محور محدود بود، به سیستم هایی می پردازد که توانایی خودبازنگری و بازتعریف اهداف را دارند. در این نگاه، سیستم صرفاً به دنبال رسیدن به یک حالت مطلوب نیست، بلکه در مسیر رسیدن، خود را نیز بازسازی می کند. مدل ربات اجتماعی بازتاب گر، نمونه ای کاربردی از این نوع نگاه سایبرنتیکی است. ربات نه تنها به اهداف رفتاری تعریف شده (مانند پاسخ گویی یا ارائه خدمت) توجه دارد، بلکه به بازخوردهای اجتماعی، تغییر نقش، و درک واکنش مخاطب نیز پاسخ می دهد و ساختار رفتاری خود را در مسیر تعامل بازنویسی می کند. با افزایش قابلیت های شناختی و اجتماعی ربات ها، به ویژه زمانی که آن ها به «نهادهای تعاملی خودبازتاب گر» تبدیل می شوند، مرزهای سنتی میان انسان و ماشین تضعیف می شود. این مسأله پرسش هایی اخلاقی و روان شناختی مهمی را مطرح می کند: آیا کاربران در تعامل با رباتی که نقش خود را تغییر می دهد و پاسخ های احساسی به ظاهر انسانی دارد، دچار وابستگی عاطفی می شوند؟ در صورتی که ربات ها به طور فعال رفتار خود را اصلاح

کرده و یاد می گیرند، مسئولیت اشتباهات یا آسیب های اجتماعی آن ها متوجه چه کسی است؟ آیا باید برای چنین ربات هایی «حقوق تعاملی» یا ساختارهای کنترلی خاص تعریف کرد؟؛ مدل پیشنهادی، با ورود به ساحت های بازتاب پذیر اجتماعی، این خطر را دارد که مرز هویتی میان انسان و ماشین را تضعیف کند. به همین دلیل، لازم است توسعه چنین ربات هایی همراه با چارچوب های اخلاقی و نظارتی روشن باشد. هرچند مدل پیشنهادی از لحاظ نظری کامل و ساختارمند است، اما پیاده سازی عملی آن در ربات های موجود با چالش های مهمی مواجه است. از جمله ۱- فقدان داده های تعاملات انسانی واقعی برای آموزش سیستم بازتاب گر، ۲- هزینه محاسباتی بالا برای نگهداری حافظه بازتابی و تحلیل مستمر زمینه ها، چالش در ارزیابی اثربخشی نقش آفرینی اجتماعی ربات در محیط واقعی؛ با این حال، در صورت استفاده از روش های نوین یادگیری تقویتی اجتماعی، ترکیب یادگیری عمیق با حافظه اپیزودیک، و داده کاوی تعاملات بلندمدت انسانی، می توان زمینه توسعه عملی چنین ربات هایی را فراهم کرد. همچنین، بهره گیری از آزمایشگاه های تعاملی واقعی برای بررسی پاسخ کاربران در تعامل بلندمدت با ربات بازتاب گر می تواند اعتبار مدل را افزایش دهد. یکی از مزایای کلیدی مدل پیشنهادی، قابلیت انطباق آن با حوزه های مختلف میان رشته ای است. به عنوان مثال: در روان شناسی شناختی، این مدل می تواند به عنوان ابزاری برای شبیه سازی نظریه های ذهن عمل کند. در آموزش و پرورش هوشمند، ربات هایی که نقش خود را براساس رفتار دانش آموز بازتعریف می کنند، می توانند موجب افزایش اثربخشی یادگیری شوند. در مراقبت از سالمندان یا بیماران روانی، ربات هایی با خودشناسی اجتماعی می توانند همراهانی معنادارتر و قابل اعتمادتر باشند. در فلسفه ذهن و اخلاق فناوری، این مدل می تواند بستری تجربی برای بحث های هستی شناسی ماشین ها فراهم آورد. الگوی طراحی ارائه شده در این پژوهش، گامی مؤثر در گذار از ربات های رفتاری به ربات های بازتاب گر است. این گذار نه تنها از حیث فنی و شناختی اهمیت دارد، بلکه تأثیرات عمیقی در حوزه های اجتماعی، اخلاقی و نظری خواهد داشت. در این الگو، ربات صرفاً ابزاری منفعل نیست، بلکه «عامل شناختی اجتماعی» است که در تعامل با انسان، بازنمایی از خود می سازد، نقش می پذیرد، نقش را بازنگری می کند و در نهایت، تبدیل به کنش گری پویا در بافت زندگی انسانی می شود.

تصویر (۱) معماری سه لایه ای یک ربات شناختی با قابلیت خودشناسی اجتماعی



این تصویر، معماری سه لایه ای یک ربات شناختی با قابلیت خودشناسی اجتماعی را نمایش می دهد. ساختار پیشنهادی از سه لایه اصلی تشکیل شده است:

۱. لایه بازتاب گر خودآگاه^۱: خودآگاهی توانایی ربات در درک وضعیت درونی خود و بازشناسی نقشش در تعاملات اجتماعی. تحلیل نقش اجتماعی ارزیابی جایگاه و انتظارات اجتماعی نسبت به ربات بر پایه تعاملات گذشته. بازخورد شناختی فرایندی که اطلاعات به دست آمده از نقش اجتماعی و تجربه ها را به سطوح پایین تر ارسال می کند تا موجب اصلاح یا بهبود رفتار شود.

۲. لایه تنظیم شناختی^۲: ادراک و پردازش اطلاعات دریافتی از محیط برای درک وضعیت جاری. انتخاب رفتار و تصمیم گیری درباره نوع واکنش یا رفتاری که باید براساس زمینه اجتماعی انجام گیرد.

۳. لایه حسی-حرکتی^۳: کنترل حرکتی و صدور فرمان به موتورها برای اجرای رفتار فیزیکی. رفتار و عملکرد واقعی در پاسخ به موقعیت موجود. کنش ها و نتایج نهایی تعامل با محیط یا انسان.

این معماری به ربات اجازه می دهد که نه تنها واکنش نشان دهد، بلکه نقش اجتماعی خود را تحلیل کرده، بازخورد بگیرد و رفتارهای آینده را بهینه سازی کند. چنین ساختاری الگوی سیبرنتیک نسل سوم را در طراحی عامل های اجتماعی هوشمند به کار می گیرد.

مزایا و نقاط قوت مدل پیشنهادی

با وجود مزایای چشمگیر مدل پیشنهادی در طراحی ربات های اجتماعی خودبازتاب گر، پیاده سازی عملی آن با چالش ها و محدودیت هایی روبه روست که باید به دقت مورد توجه قرار گیرند. نخست، پیچیدگی محاسباتی یکی از موانع اصلی است؛ چراکه لایه بازتاب گر و تحلیل های چندسطحی شناختی نیازمند پردازش های هم زمان و پرهزینه تری نسبت به معماری های سنتی هستند. این امر می تواند سرعت واکنش ربات را در تعاملات واقعی کاهش دهد و نیاز به سخت افزار قدرتمندتری ایجاد کند. از سوی دیگر، نیاز به حافظه و زیرساخت ذخیره سازی پیشرفته نیز قابل چشم پوشی نیست. چون مدل بر مبنای یادگیری تدریجی و ثبت تعاملات گذشته طراحی شده است، برای بازسازی مداوم «خود شناختی» ربات، به ظرفیت بالای ذخیره سازی داده های متنی، صوتی و رفتاری نیاز خواهد بود. در غیاب چنین زیرساختی، عملکرد بازتاب گر دچار افت می شود. افزون بر آن، یکی از چالش های بنیادین، فقدان بانک داده های استاندارد برای آموزش خودشناسی اجتماعی است. بسیاری از مدل های کنونی فاقد مجموعه داده های غنی با برچسب های دقیق رفتاری-بازتابی هستند و همین امر، آموزش دقیق الگوریتم های مربوط به درک نقش اجتماعی را دشوار می سازد. در نهایت، اعتبارسنجی تجربی مدل نیز نیازمند طراحی ابزارهای ارزیابی نوین و اجرای آزمایش های انسانی در مقیاس وسیع است. بدون این مرحله، نمی توان با اطمینان از کارایی شناختی و اجتماعی ربات در تعامل واقعی سخن گفت. مجموع این چالش ها، نیازمند رویکردی میان رشته ای و فزاینده برای توسعه عملی مدل است.

¹ - Selfreflexive Self-Awareness Layer

² - Cognitive Regulation Layer

³ - Sensorimotor Layer

جدول (۲) مزایا و نقاط قوت مدل پیشنهادی

مزایا	توضیح
قابلیت بازاندیشی	امکان ارزیابی و اصلاح مدل ذهنی و رفتاری پس از تعامل
مدیریت نقش اجتماعی پویا	تشخیص و تطبیق نقش بر اساس زمینه و رفتار طرف مقابل
حافظه بازتابی و یادگیری اجتماعی	ذخیره تجربه های اجتماعی و استفاده از آن برای تصمیم گیری آینده
توسعه پذیری معماری شناختی	امکان افزودن زیرماژول های جدید بدون تداخل با ساختار کلی
پذیرش بیشتر توسط انسان ها	افزایش حس «انسان مانند» بودن در ربات به دلیل رفتار سازگار و خودآگاه

مدل طراحی شده در این پژوهش، با بهره گیری از مفاهیم عمیق سایبرنتیکی و شناختی، گامی نو در طراحی ربات های اجتماعی برداشته است. این مدل نه تنها از تعاملات سطحی عبور کرده، بلکه با ورود به حوزه «درک خویشتن در اجتماع»، ربات را به کنشگری فعال، اخلاقی و معناجو تبدیل می کند. در صورت توسعه و پیاده سازی کامل، چنین ربات هایی می توانند در حوزه هایی مانند آموزش، مراقبت های روانی، همراهی سالمندان و تعاملات احساسی، تحولی اساسی ایجاد کنند.

نتیجه گیری

در این پژوهش، الگویی نوین برای طراحی ربات های اجتماعی با تکیه بر مفهوم «خودشناسی» در چارچوب سیبرنتیک نسل سوم ارائه شد. این الگو با عبور از معماری های سنتی و پاسخ محور، تلاش دارد تا ربات را به مثابه کنشگری بازتاب گر، دارای نقش اجتماعی پویا و توانمند در بازنگری و اصلاح رفتار خود، معرفی کند. نوآوری اصلی این مدل در تعریف یک لایه شناختی بازتاب گر است که امکان تحلیل نقش اجتماعی، بازسازی مدل درونی «خود» و انطباق رفتاری بر پایه تجربه های گذشته را فراهم می سازد. مدل پیشنهادی از سه لایه اصلی تشکیل شده است: لایه کنترل حسی-حرکتی، لایه تنظیم شناختی، و لایه بازتاب گر خودشناسانه. این ساختار به ربات اجازه می دهد تا فراتر از صرف واکنش های از پیش تعریف شده عمل کند و در تعاملات اجتماعی، نقش خود را درک کرده، تحلیل کند و در صورت نیاز، تغییر دهد. چنین ویژگی هایی ربات را به موجودی انعطاف پذیر، قابل تطبیق و معنادار در بافت اجتماعی انسانی تبدیل می کند. با این حال، تحقق عملی این الگو نیازمند توجه به چالش های فنی و مفهومی متعددی است. از جمله مهم ترین آن ها می توان به پیچیدگی محاسباتی، نیاز به حافظه های پیشرفته، کمبود داده های واقعی برای آموزش، و دشواری در اعتبارسنجی تجربی سطوح خودشناسی اجتماعی اشاره کرد. بر این اساس، برای پیشبرد این مسیر، به همکاری میان رشته ای میان مهندسی، علوم شناختی، روان شناسی اجتماعی و اخلاق فناوری نیاز است. مدلی که در این مقاله ارائه شد، می تواند مبنایی برای توسعه ربات هایی باشد که در آموزش، مراقبت از سالمندان، درمان های روان شناختی و تعاملات انسانی-ماشینی نقش پررنگ تری ایفا می کنند. گسترش این رویکرد در آینده، نه تنها به پیشرفت فناوریانه کمک می کند، بلکه پرسش های بنیادینی درباره رابطه انسان و ماشین، بازشناسی هویت، و مرزهای مسئولیت در تعاملات هوشمند مطرح خواهد ساخت. در مجموع، این پژوهش گامی است به سوی طراحی ربات هایی که نه فقط می فهمند، بلکه خود را نیز در این فهم، باز می فهمند.

منابع

- آلسون، میتو اچ. و هرگنان، بی.آر. (۱۳۸۹)؛ مقدمه ای بر نظریه های یادگیری، علی اکبر سیف، تهران، دوران.
- روشنائی، محمدرضا و سبط، محمدحسن و شاه حسینی، وحید، ۱۳۹۳، مدل مفهومی سیستم های اطلاعاتی مدیریت پروژه بر اساس سیستم های سایبرنتیک، دومین کنفرانس بین المللی مدیریت چالش ها و راهکارها، شیراز، <https://civilica.com/doc/378770>
- شکرخواه، یونس (۱۳۸۹) واژه نامه ارتباطات، تهران: سروش
- فلاح، سمیه، ۱۴۰۲، استفاده از ربات ها در آموزش، اولین کنفرانس بین المللی حقوق، مدیریت، علوم تربیتی، روانشناسی و مدیریت برنامه ریزی آموزشی، تهران، <https://civilica.com/doc/2194962>
- قریشی، عصمت، ۱۴۰۳، هوش مصنوعی و روانشناسی اجتماعی: تحلیل ارتباطات انسانی در دنیای دیجیتال، اولین همایش بین المللی ایده های تحول آفرین در زمینه مطالعات فرهنگی و آموزشی در آموزش و پرورش با تاکید بر اقدام پژوهی، درس پژوهی و روایت پژوهی در هزاره سوم، <https://civilica.com/doc/2174309>
- گرایبی، احسان، ۱۳۹۸، رویکردی اکوسایبرنتیکی به آموزش علم اطلاعات و دانش شناسی در ایران، <https://civilica.com/doc/1462111>
- مقداری، علی و عالمی، مینو، ۱۳۹۵، رباتیک اجتماعی شناختی: رازها و نیازها، <https://civilica.com/doc/569863>
- هاشمی گلپایگانی، محمدرضا. تهامی، سید احسان (۱۳۸۶) مبانی سیستم ها و مهندسی سایبرنتیک (مفاهیم و کاربردها) مشهد، انتشارات سخن گستر

Ahtinen, A., Kaipainen, K., Jarske, S., & Väänänen, K. (2023). Supporting remote social robot design collaboration with online canvases: Lessons learned from facilitators' and participants' experiences. *International Journal of Social Robotics*, 15(2), 317-343.

Ahtinen, A., Kaipainen, K., Jarske, S., & Väänänen, K. (2023). Supporting remote social robot design collaboration with online canvases: Lessons learned from facilitators' and participants' experiences. *International Journal of Social Robotics*, 15(2), 317-343.

Corrales-Paredes, A., Sanz, D. O., Terrón-López, M. J., & Egido-García, V. (2023). User experience design for social robots: a case study in integrating embodiment. *Sensors*, 23(11), 5274.

Gozdz, K., & Miller, R. E. L. (2023). *Developing Third-Generation Learning Organizations: A Heuristic Discovery Process*. Cambridge Scholars Publishing.

Herath, A., Sallam, S., Sakamoto, Y., Gomez, R., & Irani, P. (2023, December). Exploring the Design of Social Robot User Interfaces for Presenting Data-Driven Stories. In *Proceedings of the 22nd International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia* (pp. 321-339).

Horváth, I. (2023). Designing next-generation cyber-physical systems: Why is it an issue?. *Journal of integrated design and process science*, 26(3-4), 317-349.

Horváth, I., Rusák, Z., & Li, Y. (2017, August). Order beyond chaos: Introducing the notion of generation to characterize the continuously evolving implementations of cyber-physical systems. In *International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference* (Vol. 58110, p. V001T02A015). American Society of Mechanical Engineers.

- Johal, W. (2020). Research trends in social robots for learning. *Current Robotics Reports*, 1(3), 75-83.
- Kunold, L., & Onnasch, L. (2022). A framework to study and design communication with social robots. *Robotics*, 11(6), 129.
- Maroto-Gómez, M., Alonso-Martín, F., Malfaz, M., Castro-González, Á., Castillo, J. C., & Salichs, M. Á. (2023). A systematic literature review of decision-making and control systems for autonomous and social robots. *International Journal of Social Robotics*, 15(5), 745-789.
- Nocentini, O., Fiorini, L., Acerbi, G., Sorrentino, A., Mancioffi, G., & Cavallo, F. (2019). A survey of behavioral models for social robots. *Robotics*, 8(3), 54.
- Rasouli, S., Gupta, G., Nilsen, E., & Dautenhahn, K. (2022). Potential applications of social robots in robot-assisted interventions for social anxiety. *International Journal of Social Robotics*, 14(5), 1-32.
- Ren, J., & Xia, F. (2024). Brain-inspired artificial intelligence: A comprehensive review. *arXiv preprint arXiv:2408.14811*.
- Tavčar, J., & Horvath, I. (2018). A review of the principles of designing smart cyber-physical systems for run-time adaptation: Learned lessons and open issues. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 49(1), 145-158.