تسلا

نشریه علمی تخصصی انجمن علمی مهندسی برق
دانشگاه کردستان
شماره پنجم
پاییز ۱۴۰۱

تازه های رباتیک

آنچه در این شماره می خوانید:

❊ربات های انسان نما
❊آغاز ربات ها تا ابدیت
❊نانو رباتیک
❊کنترل کننده PID با قابلیت خودتنظیمی عصبی و فازی برای مسیریابی نمایی بازوهای رباتیک
❊پروتز های بیونیک، انقلابی برای زندگی بهتر
❊ربات های پزشکی

.
.
.

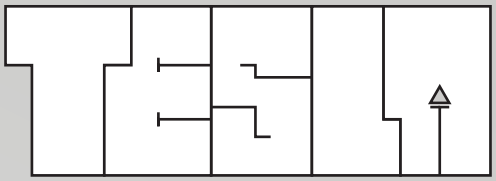
گاهنامه تسلا

شماره ۵

انجمن علمی مهندسی برق

دانشگاه کردستان

پاییز ۱۴۰۱



راه های ارتباطی با انجمن:

@ssoee_uok

ssoee_uok

فهرست مطالب

۴ اعضای نشریه

۶ سخن مدیر مسئول

۷ سخن سردبیر

مقالات عمومی

۹ آغاز ربات ها تا ابدیت

۱۸ نیکولا تسلا

۲۲ رباتیک در پزشکی

۳۰ پروتزهای بیونیک، انقلابی برای زندگی بهتر

۳۴ نانو رباتیک پزشکی

۳۹ ربات انسان نما

۴۶ ربات‌های تعمیرکار و خدماتی

مقالات تخصصی

۵۱ کنترل کننده PID با قابلیت خودتنظیمی عصبی- فازی
برای مسیریابی نمایی بازوهای رباتیک

۵۵ تشخیص حرکات دست هوشمند با استفاده از الگوریتم مبتنی بر K-NN
به هدف توضیح نویسی یا حاشیه نویسی ویدیویی

۶۸ طراحی کنترل کننده پسگام برای ردیابی
موقعیت/نیرو در ربات های همکار

مقالات ترجمه شده

۸۵ پپر، بینظیر در نوع خودش
یک ربات انسان نمای اجتماعی که به تولید انبوه رسیده است

۹۶ تحقیقات رباتیک در زمان همه گیری

۹۹ یک سیستم منجنیق دوگانه قابل کنترل با الهام از
بیومکانیک حمله ی شکاری لارو سنجاقک

اعضای تیم تسلا

کیوان طهماسبی

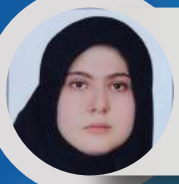
مدیر مسئول

هیئت تحریریه

کارو آرمان نژاد

سردبیر، طراح

هیئت تحریریه، هیئت مترجم



مهسا فرهنگیان

هیئت تحریریه

دکتر کیهان حسینی

استاد مشاور

رزگار کریمی

هیئت تحریریه

محمد مبین ملکی

هیئت تحریریه

پرهام کرباسچی

هیئت تحریریه

زهرا عسکری زاده اردستانی

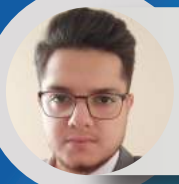
هیئت تحریریه

فرزام قره داغی

مترجم

پریدخت قادرمزی

هیئت تحریریه



علیرضا فرقانی

مترجم

دکتر برمک بیگ زاده نوعی

هیئت تحریریه

اهرال حبیبی

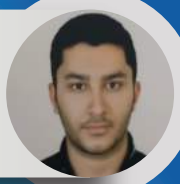
مترجم

سیده الهام ضیاء مرادی

ویراستار

رضا نجفی

هیئت تحریریه

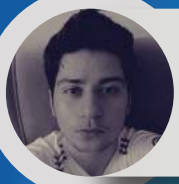


محمد امین عزیزی

طراح

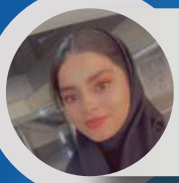
بهداد مرادی

طراح



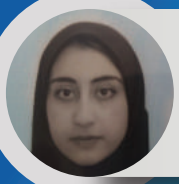
آرین جدیدیان

طراح



پریا هاشمی

هیئت تحریریه



صنم افضلی

طراح

سخن مدیر مسئول

من، کیوان طهماسبی که از این به بعد افتخار این را دارم که در سِمت مدیر مسئول نشریه تسلا در کنار شما عزیزان باشم، پنجمین سلام و درود این فصلنامه را به شما مخاطبان گرامی می فرستم. در تهیه این شماره از گاهنامه نشریه تسلا، تلاش ما بر آن بوده که با نوشته‌هایی از نویسندگانی که به‌تازگی همراه ما شده‌اند، در کنار مقالات یاران قدیمی‌تر، نشریه پربارتر از پیش شود.

از دیگر تغییرات مثبت این شماره، تغییر جامع در هیئت تحریریه و نوشتن مقالات ما می باشد. تا شما مخاطبین عزیز بتوانید نویسنده هر بخش را بشناسید. از تلاش بی‌وقفه همه عزیزانی که از آغاز تاکنون، در تهیه و انتشار این نسخه نشریه همراه ما بوده‌اند سپاسگزاریم.

البته باوجود همه این زحمات، بی‌شک ایراداتی در این نشریه وجود دارد که من پیشاپیش بابت تمام آن‌ها از شما خوانندگان تیزبین، پوزش می‌طلبم و از شما یاران نیک‌اندیش می‌خواهم که با بیان نظرها، پیشنهادها و انتقادهای ارزشمندتان، چراغی بر راه دشوار پیش‌روی ما باشید تا همگی دربهتر شدن این نشریه سهیم باشیم. امید است بتوانیم در آینده با گام های استوارتر، به برنامه های موثرتری در این عرصه، جامعه عمل بپوشانیم.

دوستدار یکایک شما همراهان همیشگی، مدیر مسئول نشریه تسلا، کیوان طهماسبی

سخن سردبیر

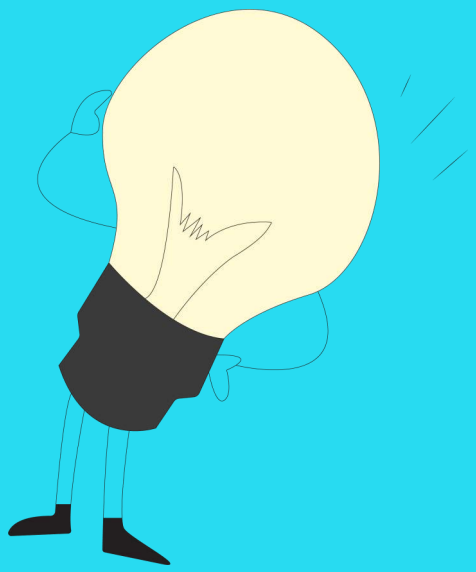
سلامی پر از محبت خدمت خوانندگان شماره پنجم نشریه تسلا

فرصتی دست داد تا به بهانه انتشار مجدد نشریه با خوانندگان گرانمایه به گفتگو بپردازم. تداوم انتشار نشریه بدون مشارکت شما امکان پذیر نخواهد بود. شاید اولین و آخرین دلیل آدمی برای در پی علم رفتن رفاه او باشد. اما نباید غافل از این واقعیت باشیم که علم و دانش سلاح امروز بشر است و در یک نگاه واقع بینانه اگر بگوییم امروزه علم سلاح هر کشوریست بیراه نگفته ایم چرا که این علم است که هم نشان از پویایی یک جامعه میدهد و هم ثمره ای از جنس بی نیازی را بدنبال دارد.

در چاپ نشریه شماره پنجم با اتکا بر توانایی وعزم راسخ اعضای نشریه تسلا سعی شده است مطالب بروز و مفید جهت استفاده شما خوانندگان عزیز فراهم شود. امید است توانسته باشیم گامی هر چند کوچک در جهت ارتقاء سطح علمی شما عزیزان برداشته باشیم .

اراتمند شما، سردبیر نشریه تسلا، کارو آرمان نژاد

مقالات عمومی



آغاز ربات ها تا ابدیت

گردآورنده: محمد مبین ملکی

گرچه علم رباتیک تنها در قرن بیستم به وجود آمد، تاریخچه ربات ها و اتوماسیون اختراع شده توسط انسان گذشته بسیار طولانی تری دارد. تاریخچه ربات ها ریشه در دنیای باستان دارد. مفاهیمی شبیه به یک ربات را می توان در قرن چهارم قبل از میلاد یافت، زمانی که ریاضیدان یونانی Archytas of Tarentum یک پرنده مکانیکی را به نام "کبوتر" فرض کرد که توسط بخار به حرکت در می آمد. در واقع، تکامل روبات‌ها در قرن‌های ۲۰ و ۲۱ به شدت پیشرفت کرده است و شامل ماشین‌هایی می‌شود که قادر به مونتاژ ماشین‌های دیگر و حتی ربات‌هایی هستند که می‌توانند با انسان اشتباه گرفته شوند.

رباتیک علم مطالعه فن آوری مرتبط با طراحی ساخت و اصول کلی و کاربرد ربات‌ها است، که با هدف راحتی انسان و افزایش وقت مفید او به وجود آمده است، به عبارت دیگر رباتیک علم و فن آوری ماشین‌های قابل برنامه ریزی، با کاربردهای عمومی می‌باشد. کلمه ربات اولین بار توسط Karel Capek نویسنده نمایشنامه R.U.R ربات‌های جهانی روسیه در سال ۱۹۲۱ ابداع شد. ریشه این کلمه، کلمه چک اسلواکی (robotnic) به معنی کارگر می‌باشد. تفاوت ربات با انسان از بسیاری جهات قابل چشم پوشی نیست. مثلا خستگی ناپذیری و انجام یک کار تکراری با دقت فراوان مانند ساختن صفحه مدار، و یا کارهایی که توان زیادی نیاز دارند و بازوهای انسان توان لازم برای انجام آن را ندارند ، علاوه بر این ربات‌ها می‌توانند کارهای خطرناک مانند نظارت بر تأسیسات انرژی هسته‌ای یا کاوش یک آتش‌فشان را انجام دهند. ربات‌ها می‌توانند کارها را دقیق تر از انسان‌ها انجام دهند و روند پیشرفت در علم پزشکی و سایر علوم کاربردی را سرعت بخشند.

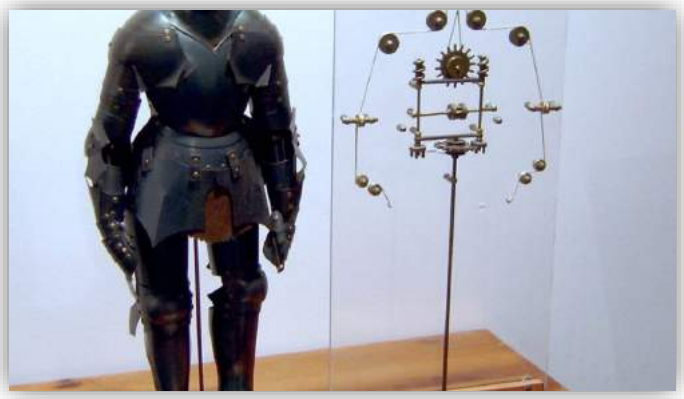
همچنین میتوان به مزایای دیگر ربات از جمله: افزایش بهره، افزایش تولید، بهبود کیفیت کار، افزایش دقت، جلوگیری از اتلاف نیروی انسانی، افزایش سرعت، کاهش هزینه، کاهش ضایعات، چند منظوره بودن، هوشمند بودن و عدم خستگی اشاره کرد.

اگر یک ربات را به یک انسان تشبیه کنیم، بخش هایی مربوط به ظاهر فیزیکی انسان را متخصصان مکانیک می سازند، مغز ربات را متخصصان الکترونیک توسط مدارای پیچیده الکترونیک طراحی و می سازند و کارشناسان نرم افزار قوه تفکر را به وسیله برنامه های کامپیوتری برای ربات شبیه سازی می کنند تا در موقعیت های خاص ، فعالیت مناسب را انجام دهد. ربات های پیشرفته در همه جا ظاهر می شوند. به همین دلیل می توانید از سه فناوری به طور خاص تشکر کنید: حسگرها، محرک ها و هوش مصنوعی.

از ابتدا:

در قرون وسطی، هم در اروپا و هم در خاورمیانه، منابع بسیاری بر محبوبیت خودکارها در دوران باستان گواهی می دهند. یونانیان و رومیان باستان خودکارهای ساده ای را برای استفاده به عنوان ابزار، بخشی از مراسم مذهبی ایجاد کردند. خودکارها به عنوان بخشی از ساعت و عبادت مذهبی رایج بودند. الجزاری (۱۲۰۶-۱۱۳۶) متونی در توصیف و تصویرسازی دستگاه های مکانیکی مختلف خود به جای گذاشته است، از جمله یک ساعت فیل بزرگ که در ساعت حرکت می کرد و صدا می داد، یک گروه موسیقی ربات، و یک ماشین پیشخدمت خودکار که نوشیدنی سرو می کرد. در اروپا یک راهب خودکار وجود دارد که صلیب را در دستان خود می بوسد. بسیاری از اتومات‌های دیگر ساخته شدند که حیوانات متحرک و پیکرهای انسان‌نما را نشان می‌دادند که بر روی سیستم‌های بادامک ساده کار می‌کردند، اما در قرن

اما در قرن هجدهم، اتومات‌ها به‌خوبی درک شدند و فناوری تا حدی پیشرفت کرد که می‌توان قطعات بسیار پیچیده‌تری ساخت. مهندس فرانسوی Jacques de Vaucanson با خلق اولین خودکار بیومکانیکی موفق، یک شخصیت انسانی که فلوت می نوازد، اعتبار دارد.



ربات های ویکتوریایی

انقلاب صنعتی و افزایش تمرکز بر ریاضیات، مهندسی و علوم در انگلستان در عصر ویکتوریا، به حرکت رباتیک واقعی افزود. چارلز بابیج (۱۷۹۱–۱۸۷۱) در اوایل تا اواسط قرن نوزدهم برای توسعه پایه‌های علوم کامپیوتر کار کرد که موفق‌ترین پروژه‌های او موتور تفاضل و موتور تحلیلی بودند. اگرچه به دلیل کمبود بودجه هرگز تکمیل نشد، اما این دو ماشین اصول اولیه محاسبات مکانیکی را ارائه کردند. دیگران مانند آدا لاولیس امکان ساختن تصاویر یا پخش موسیقی توسط کامپیوترها را در آینده تشخیص دادند. اتوماتا در قرن نوزدهم به ارائه سرگرمی ادامه داد، اما همزمان با این دوره، توسعه ماشین‌ها و موتورهای بخار بود که به ساخت بسیار کارآمد و سریع‌تر کمک کرد. کارخانه ها شروع به استفاده از ماشین آلات برای افزایش حجم کار یا دقت در تولید بسیاری از محصولات کردند.

قرن بیستم تا امروز

در سال ۱۹۲۰، کارل کاپک نمایشنامه خود را به نام RUR (ربات های جهانی راسوم) منتشر کرد که کلمه ربات را معرفی کرد. این کلمه از یک کلمه اسلاوی قدیمی گرفته شده است که به معنای چیزی شبیه به کار یکنواخت یا اجباری است. با این حال، بیش از سی سال بود که اولین ربات صنعتی وارد کار شد. در دهه ۱۹۵۰، جورج دیول Unimate را طراحی کرد، یک دستگاه بازوی رباتیک که قالب های ریخته گری را در کارخانه جنرال موتورز در نیوجرسی حمل می کرد، که در سال ۱۹۶۱ شروع به کار کرد. Unimation، شرکت Devol که با کارآفرین رباتیک جوزف انگلبرگر تاسیس کرد، اولین ربات ساخت شرکت. این ربات در ابتدا به عنوان یک کنجکاوی در نظر گرفته می شد. همچنین در اواسط دهه ۱۹۵۰، شرکت آلمانی Kuka یک خط جوش خودکار برای لوازم خانگی و همچنین یک خط جوش چند نقطه برای فولکس واگن توسعه داد. تا سال ۱۹۶۸، کاوازاکی مجوز طراحی Unimation یک ربات هیدرولیک را صادر کرده بود و شروع به ساخت آنها کرده بود. در سال ۱۹۶۹، جنرال موتورز ۹۰ درصد از جوش های بدنه را با استفاده از Unimates در یکی از کارخانه های خود به دست آورد. در سال ۱۹۷۰، دانشگاه استنفورد به اصطلاح بازوی استاندارد را توسعه داد، همانطور که امروزه هنوز شناخته می شود، که برای وسایل کوچک استفاده می شود. جوشکاری خودکار قرار بود به کاربرد قابل توجه ربات‌های صنعتی تبدیل شود، زیرا ماشین‌ها می‌توانستند جوش‌هایی با کیفیت بالا در شرایط تا حدودی نامناسب تولید کنند. کوکا تا سال ۱۹۷۳ بازوی شش محوره را معرفی کرد که تبدیل به یک استاندارد صنعتی شد. این تقریباً همان زمانی بود که ربات‌های تمام الکتریکی ظاهر خود را آغاز کردند. Cincinnati Milacron یک ربات صنعتی با کنترل میکرو کامپیوتر را برای استفاده تجاری در همان سال معرفی کرد. با گذشت دهه هفتاد، این دهه اولین‌ها را به خود دید: یک ربات تمام الکتریکی با کنترل ریزپردازنده، یک ربات با دقت بالا، یک ربات جوشکاری مبتنی بر حسگر، یک ربات PUMA برای مونتاژ قطعات کوچک، توسعه انتخابی سازگار. (اسکارا) بازو و سوئیچ از هیدرولیک به موتور الکتریکی در ربات های جوشکاری نقطه ای حرکت می کند.

هنگامی که سال ۱۹۸۰ فرا رسید، نمایش ماشین بینایی در دانشگاه رود آیلند نیز انجام شد. جنرال موتورز سه ربات را در سال آینده کار خواهد کرد تا قطعات ریخته گری را بر اساس بینایی ماشین مرتب کنند. نوآوری بیشتر این دهه را تقویت می کند: توسعه یک زبان برنامه نویسی ربات، یک ربات SCARA درایو مستقیم. سرعت ها و ظرفیت ها نیز رو به افزایش بود.

دهه ۱۹۹۰ نوآوری هایی در کنترل و هماهنگ سازی ربات و همچنین اولین ربات بسته بندی که چوب شور را بار می کرد، به ارمغان آورد. حق اختراع در اواخر دهه، هدایت لیزری را مستقیماً روی بازوی ربات اضافه کرد.

بسیاری در سال ۲۰۰۳ از دستاوردهای مریخ نوردهای رباتیک ناسا Spirit و Opportunity در کاوش سطح مریخ شگفت زده شدند. در سال بعد ، چهار ربات و در مجموع ۳۸ محور با هم همگام شدند. سال بعد، یک آویز آموزشی بی‌سیم، آموزش یک ربات را ایمن‌تر کرد. گام‌ها در سبک‌وزن، ظرفیت‌های محموله، و دسترسی، سرعت‌ها و همگام‌سازی چند محوره ادامه یافت.

ربات ها در سال ۲۰۰۳ با معرفی وکیوم رباتیک Roomba به کار در خانه ها رفتند. تا سال ۲۰۰۹، توسعه وسایل نقلیه صنعتی خودران به خوبی در حال انجام بود و در آغاز دهه بعد، بازوهای رباتیک در فضای صنعتی متحرک شدند. سال ۲۰۱۳ شاهد معرفی ربات های مشارکتی یا COBOTS بودیم که برای کار در کنار کارگران انسانی طراحی شده بودند. تا سال بعد، AMR ها یا ربات های متحرک خودمختار به طور فعال در انبارها مشغول به کار شدند.

در طول نیم قرن گذشته، ربات‌ها در حوزه‌های دیگری مانند اسباب‌بازی و سرگرمی، سلاح‌های نظامی، دستیاران جستجو و نجات و بسیاری مشاغل دیگر جایگاهی پیدا کرده‌اند. اساساً با پیشرفت برنامه‌نویسی و فناوری، ربات‌ها به بسیاری از مشاغل راه پیدا می‌کنند که در گذشته برای انسان بسیار خطرناک، کسل‌کننده یا غیرممکن بوده است.

بنابراین، سنسورها، ماشین‌هایی که برای تحویل فلافل در پیاده‌روها می‌چرخند، تنها به لطف چالش بزرگ دارپا در سال ۲۰۰۴، می‌توانند در جهان ما حرکت کنند، که در آن تیم‌هایی از رباتیک‌ها ماشین‌های خودران را کنار هم می‌سازند تا در صحرا مسابقه دهند. راز آنها؟ لیدار، که با استفاده از لیزر، نقشه سه بعدی جهان را می سازد. رقابت بخش خصوصی متعاقب آن برای توسعه خودروهای خودران به طور چشمگیری قیمت لیدار را کاهش داده است، تا جایی که مهندسان می توانند ربات های ادراکی را با قیمت ارزان (نسبی) بسازند.

لیدار اغلب با چیزی به نام بینایی ماشین ترکیب می شود - دوربین های دو بعدی یا سه بعدی که به ربات اجازه می دهد تصویری حتی بهتر از دنیای خود بسازد. آیا می دانید که چگونه فیس بوک به طور خودکار لیوان شما را تشخیص می دهد و شما را در تصاویر برچسب گذاری می کند؟ همان اصل در مورد ربات ها. الگوریتم‌های فانتزی به آن‌ها اجازه می‌دهند تا نشانه‌ها یا اشیاء خاصی را انتخاب کنند .

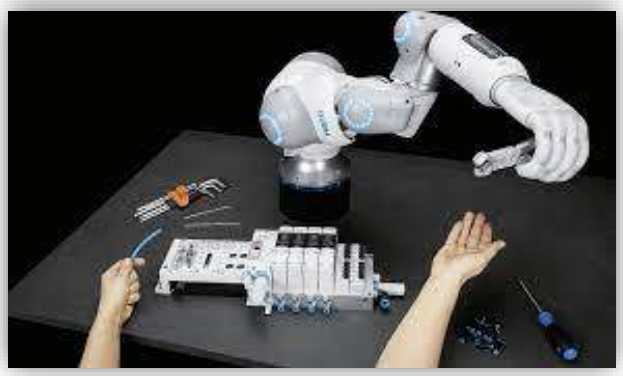
حسگرها چیزی هستند که ربات ها را از برخورد به اشیا باز می دارد. به همین دلیل است که یک نوع قاطر ربات می تواند شما را زیر نظر داشته باشد، شما را دنبال کند و چیزهای شما را در اطراف بچرخاند . بینایی ماشین همچنین به ربات‌ها اجازه می‌دهد تا درختان گیلاس را اسکن کنند تا بهترین مکان را برای

تکان دادن آنها تعیین کنند و به پر کردن شکاف‌های عظیم نیروی کار در کشاورزی کمک می‌کند.

فن‌آوری‌های جدید به ربات‌ها اجازه می‌دهند دنیا را به شیوه‌هایی فراتر از توانایی‌های انسان درک کنند. ما در مورد دیدن گوشه‌ها صحبت می‌کنیم: در MIT، محققان سیستمی توسعه داده‌اند که زمین را در گوشه، مثلاً یک راهرو تماشا می‌کند، و حرکات ظریفی را که از طرف دیگر منعکس می‌شود، که چشم انسان چروکیده قادر به انجام آن نیست، انتخاب می‌کند. دیدن. چنین فناوری روزی می‌تواند تضمین کند که ربات‌ها در ساختمان‌های هزارتویی با انسان‌ها برخورد نمی‌کنند و حتی به خودروهای خودران اجازه می‌دهند صحنه‌های مسدود شده را ببینند.

در هر یک از این ربات‌ها، عنصر مخفی بعدی وجود دارد: محرک ، که کلمه‌ای جذاب برای موتور الکتریکی و گیربکس ترکیبی است که در مفصل ربات خواهید یافت. این محرک است که تعیین می‌کند یک ربات چقدر قوی است و چقدر روان یا نرم حرکت می‌کند. بدون محرک، ربات ها مانند عروسک های پارچه ای مچاله می شوند. حتی ربات های نسبتا ساده ای مانند Roombas وجود خود را مدیون عملگرها هستند. خودروهای خودران نیز مملو از وسایل هستند.

عملگرها برای نیرو دادن به بازوهای ربات عظیم در خط مونتاژ خودرو عالی هستند، اما حوزه جدیدی که به عنوان رباتیک نرم شناخته می شود، به ایجاد محرک هایی اختصاص داده شده است که در سطح کاملاً جدیدی کار می کنند. بر خلاف ربات‌های قاطر، ربات‌های نرم عموماً لزج هستند و از هوا یا روغن برای حرکت خود استفاده می‌کنند. به عنوان مثال، یک نوع خاص از ماهیچه های رباتی از الکترودهایی برای فشار دادن کیسه روغن استفاده می کند و برای کشیدن وزنه ها منبسط و منقبض می شود . برخلاف محرک‌های سنتی حجیم، می‌توانید دسته‌ای از اینها را روی هم قرار دهید تا قدرت را افزایش دهید: برای مثال، رباتی به نام Kengoro با ۱۱۶ محرک که کابل‌ها را می‌کشند، حرکت می‌کند و به دستگاه اجازه می‌دهد تا مانورهای ناآرام‌کننده‌ای مانند فشار دادن توسط انسان انجام دهد. این شکل حرکتی بسیار طبیعی تر از آن چیزی است که با موتورهای الکتریکی سنتی که در مفاصل قرار دارند به دست می آورید.



سپس Boston Dynamics، که ربات انسان نمای اطلس را برای چالش رباتیک دارپا در سال ۲۰۱۳ ایجاد کرد. تیم های تحقیقاتی رباتیک دانشگاه تلاش کردند تا دستگاه را برای مقابله با وظایف اساسی چالش اماده کنند و دو سال بعد توانستند چرخش دریچه ها و باز کردن درها به ان اضافه کنند و بعد ها ان را به یک شگفتی تبدیل کرد که از سایر دوپا ها راحتر حرکت کند. همچنین اجاره یک ربات چهارپا به نام Spot را آغاز کرده است. اگر بخواهیم دنیایی بسازیم که در آن تمام وقت خود را صرف کمک به ربات ها نکنیم، این نوع ثبات کلیدی خواهد بود. و همه اینها به لطف محرک فروتن است.

در همان زمان که ربات‌هایی مانند Atlas و Spot از نظر فیزیکی قوی‌تر می‌شوند، به لطف هوش مصنوعی، باهوش‌تر می‌شوند. به نظر می رسد رباتیک در حال رسیدن به نقطه عطف است، جایی که قدرت پردازش و هوش مصنوعی با هم ترکیب می شوند تا واقعاً ماشین ها را هوشمند کنند. و برای ماشین‌ها، درست مانند انسان‌ها، حواس و هوش جدایی ناپذیر هستند - اگر سیب تقلبی را بردارید و قبل از فرو بردن آن در دهانتان متوجه پلاستیکی بودن آن نشوید، خیلی باهوش نیستید.

این یک مرز جذاب در رباتیک است (تکثیر حس لامسه، نخوردن سیب های تقلبی). به عنوان مثال، شرکتی به نام SynTouch، نوک انگشتان رباتیکی را توسعه داده است که می تواند طیف وسیعی از احساسات ، از دما تا درشتی را تشخیص دهد. نوک ربات دیگری از دانشگاه کلمبیا لمس را با نور تکرار می کند، بنابراین به یک معنا لمس را می بیند : این ربات با ۳۲ فتودیود و ۳۰ LED تعبیه شده است که با پوسته ای از سیلیکون پوشانده شده است. هنگامی که پوست تغییر شکل می‌دهد، فتودیودها تشخیص می‌دهند که نور LED ها چگونه تغییر می کند تا دقیقاً محل تماس شما با نوک انگشت و میزان سختی آن مشخص شود.

ماشین‌های پیشرفته‌تر ممکن است دنیای ما را پر کنند، اما برای اینکه ربات‌ها واقعاً مفید باشند، باید خودکفاتر شوند. به هر حال، برنامه‌ریزی یک ربات خانگی با دستورالعمل‌هایی برای گرفتن هر شیئی که ممکن است با آن روبرو شود غیرممکن است. شما می خواهید که آن به تنهایی یاد بگیرد و اینجاست که پیشرفت در هوش مصنوعی به وجود می آید.

برت رو بگیر در آزمایشگاه دانشگاه کالیفرنیا برکلی، ربات انسان‌نما به خود آموخته است که یکی از آن پازل‌های کودکان را که در آن میخ‌ها را در سوراخ‌هایی با شکل‌های مختلف خود قرار می‌دهید. این کار را با آزمون و خطا از طریق فرآیندی به نام یادگیری تقویتی انجام داد. هیچ کس به او نگفت که چگونه میخ مربعی را به سوراخ مربعی وارد کند، بنابراین با انجام حرکات تصادفی و دریافت یک جایزه دیجیتالی (اصولاً، بله، این کار را دوباره انجام دهید) هر بار که به موفقیت نزدیک‌تر می‌شد، برت به تنهایی چیز جدیدی یاد گرفت. این روند، مطمئناً بسیار کند است، اما با گذشت زمان، رباتیک‌ها توانایی ماشین‌ها را برای آموزش مهارت‌های جدید در محیط‌های جدید تقویت می کنند، که اگر نخواهیم در نگهداری از آنها گیر کنیم، بسیار مهم است.

یکی دیگر از راهکارهای اینجا این است که یک نسخه دیجیتالی از ربات را ابتدا در شبیه سازی داشته باشیم، سپس آنچه را که آموخته است به ربات فیزیکی در آزمایشگاه منتقل کنیم. محققان از فیلم‌های ضبط حرکت سگ‌ها برای برنامه‌ریزی یک سگ شبیه‌سازی شده استفاده کردند، سپس از یادگیری تقویتی استفاده کردند تا یک ربات چهارپای شبیه‌سازی شده را به خود آموزش دهند تا همان حرکات را انجام دهد. یعنی با وجود اینکه هر دو چهار پا دارند، بدن ربات از نظر مکانیکی از بدن سگ متمایز است، بنابراین آنها به روش‌های متفاوتی حرکت می کنند. اما پس از بسیاری از حرکات تصادفی، ربات شبیه سازی شده پاداش کافی برای مطابقت با سگ شبیه سازی شده دریافت کردند. سپس محققان این دانش را به ربات واقعی در آزمایشگاه منتقل کردند در واقع، حتی سریع‌تر از راه رفتن پیش‌فرض سازنده ربات راه می‌رفت، اگرچه پایداری کمتری داشت.

آنها ممکن است روز به روز باهوش تر شوند، اما در آینده نزدیک باید از ربات ها نگهداری کنیم. به همان اندازه که پیشرفته شده‌اند، هنوز برای حرکت در جهان ما تلاش می کنند. بنابراین راه‌حل، حداقل برای کوتاه‌مدت، راه‌اندازی مراکز تماس است که در آن روبات‌ها می‌توانند با انسان‌ها تماس بگیرند تا در کوتاه‌مدت به آنها کمک کنند . به عنوان مثال، ربات تاگ در بیمارستان اگر شبانه در سالن ها پرسه می زند و هیچ انسانی در اطراف نیست که گاری را که مسیر آن را مسدود کرده است حرکت دهد، می تواند کمک بگیرد. اپراتور از راه دور ربات را در اطراف انسداد کار می کند.

هنگامی که بحران کرونا در اوایل سال ۲۰۲۰ رخ داد، گروهی از متخصصان رباتیک فرصتی را دیدند: ربات‌ها همکاران عالی در یک بیماری همه‌گیر هستند. آنها در سرمقاله ای استدلال کردند که مهندسان باید از این بحران استفاده کنند تا توسعه ربات های پزشکی را افزایش دهند که هرگز بیمار نمی شوند و می توانند کارهای کسل کننده، کثیف و خطرناکی را انجام دهند که کارکنان پزشکی انسانی را در معرض آسیب قرار می دهد.

برای مثال، ربات‌های کمکی می‌توانند دمای بیماران را اندازه‌گیری کنند و داروها را تحویل دهند. این امر پزشکان و پرستاران را آزاد می‌کند تا بهترین کار را انجام دهند مانند حل مسئله و همدلی با بیماران، مهارت‌هایی که ربات‌ها ممکن است هرگز نتوانند آن‌ها را تکرار کنند.

رابطه بین انسان و ربات که به سرعت در حال توسعه است به قدری پیچیده است که زمینه خاص خود را ایجاد کرده است که به عنوان تعامل انسان و ربات شناخته می شود . چالش اصلی این است: به اندازه کافی آسان است که ربات‌ها را برای کنار آمدن با انسان‌ها تطبیق دهید - به آنها حس لامسه بدهید - اما این مسئله دیگری است که انسان‌ها را برای کنار آمدن با ماشین‌ها آموزش دهید. به عنوان مثال، با کشیدن ربات بیمارستان، پزشکان و پرستاران یاد می‌گیرند که با آن مانند یک پدربزرگ و مادربزرگ رفتار کنند. ما همچنین باید انتظارات خود را مدیریت کنیم: ربات هایی مانند اطلس ممکن است پیشرفته به نظر برسند، اما از شگفتی های مستقلی که ممکن است فکر کنید بسیار دور هستند.

کاری که بشریت انجام داده است اساساً گونه جدیدی اختراع کرده است و اکنون شاید کمی پشیمان باشیم. یعنی، اگر ربات ها همه مشاغل ما را بدزدند چه؟ حتی کارگران یقه سفید نیز از هوش مصنوعی فوق هوشمند در امان نیستند. بسیاری از افراد باهوش به تکینگی فکر می‌کنند، زمانی که ماشین‌ها آنقدر پیشرفت می‌کنند که بشریت را منسوخ کنند. این منجر به یک همسویی گسترده اجتماعی و بحران وجودی در سطح گونه ها خواهد شد.

به نظر می رسد اینها مشکلات دور از دسترس هستند، اما اکنون زمان آن است که شروع به تفکر در آنها کنید. که ممکن است شما آن را جنبه مثبت روایت ربات قاتل که هالیوود در تمام این سال ها به ما داده است در نظر بگیرید: ممکن است ماشین ها در حال حاضر محدود باشند، اما ما به عنوان یک جامعه باید به طور جدی فکر کنیم که چقدر قدرت می خواهیم واگذار کنیم. به عنوان مثال، سانفرانسیسکو را در نظر بگیرید، که در حال بررسی ایده مالیات ربات است، که شرکت ها را مجبور می کند تا زمانی که کارگران انسانی را جابجا می کنند، هزینه پرداخت کنند.احتمال دارد شما در کنار یک ربات کار کنید تا اینکه با یک ربات جایگزین شوید.

این ماشین‌ها قول می‌دهند که تقریباً همه جنبه‌های زندگی انسان، از مراقبت‌های بهداشتی گرفته تا حمل‌ونقل و کار را تغییر دهند. آیا آنها باید به ما در رانندگی کمک کنند؟ کاملا. (البته آنها مجبورند گاهی اوقات تصمیم به قتل بگیرند ، اما مزایای رانندگی دقیق بسیار بیشتر از خطرات آن است.) آیا باید جایگزین پرستاران و پلیس شوند؟ شاید نه - برخی مشاغل ممکن است همیشه نیاز به لمس انسانی داشته باشند. در شهرهای پیشرفته جهان، می‌توان نمونه‌های فراوان موفقی از به‌کارگیری اتوماسیون و ربات در ارائه خدمات شهری را دید.

انواع ربات ها

در قسمت مونتاژ یک کارخانه اتومبیل سازی، قسمتی هست که چرخ زاپاس ماشین را در صندوق عقب قرار می دهند، اگر یک انسان این کار را انجام دهد خیلی زود دچار ناراحتی هایی مثل کمر درد و می شود، اما می توان از یک ربات الکترومکانیکی برای این کار استفاده کرد و یا برای جوشکاری و سایر کارهای دشوار کارخانجات هم همینطور.

و یا ربات هایی که برای اکتشاف در سایر سیارات به کار میروند هم از انواع ربات هایی هستند که در جاهایی که حضور انسان غیرممکن است استفاده می شوند.

ربات مسیریاب: دنبال یک خط سیاه در زمین سفید حرکت می کند. ربات جراح تحت فرمان پزشک جراح در اتاق عمل با حضور مستقیم پزشک و یا غیر مستقیم و با کمک اینترنت، نمودی از پیشرفت این رشته است که بسیار مفید و حیاتی میباشد. تصور کنید رباتی را که شما طراحی کرده اید وسیله ای برای نجات یک بیمارو بهبودی وی شده است که قطعاً لذت موفقیت آن خستگی زحمتتان را از بین میبرد.

ربات آتش نشان: آتش را پیدا می کند و آن را خفه می کند! رباتها در پروژه های JPL شرکت فضایی NASA نقش مهمی دارند از جمله آنها Sprite و Sojourner می باشد. این نیز استفاده دیگری از رباتیک می باشد.

ربات همسر نمونه ی دیگر از ربات هاست ، این ربات که در کشور هلند ساخته میشود تا بحال طرف داران زیادی پیدا کرده ،ولی بدلیل قیمت بالای آن هنوز مورد استفاده عام قرار نگرفته است! کارشناسان رباتیک هلندی پیش بینی کردن تا ده سال آینده ربات همسر ارزان قیمت وارد بازار شود ! با این حال از سوی دیگر "رونالد آرکین" کارشناس ربات در این باره گفت: پیش بینی می کنم حداقل تا سال ۲۰۵۰ به مردم اجازه ازدواج با ربات به صورت قانونی داده نشود.

به زودی نقش آفرینی ربات ها در ارتش آمریکا به حدی افزایش خواهد یافت که این ماشین های هوشمند را قادر می سازد تمام وظایف یک سرباز نظامی را به خوبی به انجام برسانند.

یک وسیله نقلیه پویش‌گرِ قابل کنترل از راه دور (ROV)زیردریایی، ربات زیرآبی است که به اپراتور این امکان را می‌دهد که این وسیله را در اعماق آب کنترل و هدایت کند و از طریق اعمال فرامین عملیات مورد نظر را از طریق

تجهیزاتِ ربات، انجام دهد.

یک ربات شهری ارائه دهنده یک یا چند سرویس خودکار یا نیمه خودکار مفید برای شهروندان یا تاسیسات و سامانه‌های شهری است. ربات‌های خدمتکار، نگهبان، پرستار، فروشنده، مددکار معلولین و چراغ‌های هوشمند راهنما نمونه‌هایی از ربات‌های خدمات شهروندی و رباتهای شستشوگر، شیشه پاک‌کن، چمن‌زن، زباله جمع‌کن، سوخت‌رسان و باربر، نمونه هایی از ربات‌های دسته دوم به‌شمار می‌روند.

یکی از عرصه‌هایی که امروز در بهره‌گیری از اتوماسیون و ربات‌ها پیشرفت فراوانی کرده است، حوزه خدمات شهری است. تسهیل در عبور و مرور و کنترل ترافیک، فروش کارت‌های اعتباری و بلیت و عبور و مرور و غیره در ایستگاه‌های اتوبوس و مترو، ارائه اطلاعات در معابر، خیابان‌ها، پارک‌ها و موزه‌ها، نظافت خیابان‌ها، مراکز و معابر، آبیاری فضای سبز شهری و تنها نمونه‌های کوچکی از به‌کارگیری تکنولوژی‌های مدرن اتوماسیون و رباتیک در ارائه خدمات به شهروندان است.

از دیگر زمینه‌هایی که امروزه دولت‌ها به صورت فعال و با صرف هزینه‌های فراوان به سرمایه‌گذاری در آن روی آورده‌اند، به‌کارگیری ربات‌های امداد و نجات در مهار بحران‌های شهری است.

در حال حاضر، سیستم‌های امداد و نجات رباتیک که اغلب به صورت مجتمع و با عنوان سیستم‌های مدیریت بحران DMS شناخته می‌شوند، در برخی از شهرهای پیشرفته راه‌اندازی شده و در حال بهره‌برداری است.

رباتهای امدادگر، یکی از راهکارهایی که برای نجات مصدومین زلزله استفاده می شود، به کاربستن رباتیک و علوم کامپیوتر در عملیات امداد و نجات است. از طریق این فناوری‌ها می‌توان به مصدومین گرفتار در زیر آوار دسترسی پیدا کرده و جان آن‌ها را نجات داد.

این ربات ها به گونه‌ای طراحی شده است که بتوان مسیر خود را در شکاف‌های باریک و از میان آوار به‌جا مانده از ساختمان بیابد و در لابه‌لای آن‌ها به جستجوی مصدومین حادثه بپردازد. پیکره‌ی این ربات ها به یک دوربین و یک میکروفون برای دریافت داده‌هایی از میان ویرانی‌ها مجهز شده است. به علاوه یک حسگر حرارتی نیز به تجهیزات این ربات ها افزوده شده، تا بتواند حرارت بدن مصدوم را دریافته و موقعیت او را بیابد. این حسگر، این امکان را نیز فراهم می‌سازد که حتی اگر در زیر آوار منبع نوری نیز وجود نداشت و مصدومین در تاریکی گرفتار شده بودند، باز هم فرصت یافته شدن آن‌ها وجود داشته باشد.

ربات حمل مجروح نمونه ی دیگر ربات هاست که این ربات از ترکیب دو گونه ربات درست شده: از پایین تنه شبیه تانک و از بالا تنه به شکل یک ربات انسان نماست.

پایین تنه ربات تشکیل شده از دو شنی. از این گونه طراحی شنی برای افزایش قدرت مانور ربات در زمین های ناهموار استفاده میشه. با تاشدن شنی، طولش کم میشه و نیاز به جای کمتری داره. با باز شدن کامل شنی دوم جوری که هر دو در امتداد هم قرار بگیرند طول ربات زیاد میشه و میتونه از مانع یا پله به راحتی رد بشه. در ضمن سطح تماسش با زمین زیاد میشه و پایداری بیشتری داره.

قراره دست های ربات به اندازه ای قوی باشه که بتونه تا ۱۳۵ کیلو رو بلند کنه و مثلا از آن برای حمل مجروح در میدان جنگ استفاده کنند. این ربات توسط شرکت Vecna Technologies در مریلند ساخته شده و انتظار میره تا پنج سال دیگه مورد استفاده واقعی قرار بگیره.

پس از سالها تلاش پژوهشگران رباتیک ژاپنی ها، ربات شبیه انسان یعنی۲-HRP به حدی پیشرفت کرده که می تواند تعدادی از فرمان های صوتی انسان را انجام دهد. این ربات که به «پروموت» نیز معروف است، توسط مؤسسه ملی علم و تکنولوژی ژاپن تهیه شده و قابلیت انجام فرمان های انسان را دارد. پروموت برای انجام دستورات صوتی کاربران و همچنین گرفتن عکس و تصاویر سه بعدی از اشیاء و نگهداری آنها با استفاده از یک سنسور مادون قرمز طراحی شده است. اگرچه این ربات حرکت به ظاهر خشن و آهسته و صدایی یکنواخت و خسته کننده دارد ولی به راحتی می تواند با استفاده از کنترل از راه دور تلویزیون را کنترل نموده و یا یک نوشیدنی برای شما آماده نماید. این ربات به راحتی می تواند با انسان ها رابطه برقرار نماید. ربات‌هایی که توانایی جمع‌آوری قارچ و ربات‌های علف‌زن‌ها که به نظر می‌رسد توسط دارندگان زمین‌های گلف استفاده شوند از جمله محصولات این گروه از دانشمندان است. هر چند ربات قارچ جمع‌کن نمی‌تواند به سرعت انسان کار کند ، اما توانایی این که ۲۴ ساعت کار کند را دارد. ربات علف‌زن نیز می‌تواند کار انجام شده توسط یک فرد در شش ساعت را در ۱۰ دقیقه انجام دهد. قیمت بالای ربات‌ها در حال حاضر تنها نقطه ضعف آنها است؛ اما به نظر می‌رسد کشاورزان در درازمدت بتوانند محصولات مشابه را با قیمت مناسب تهیه کنند.

ربات‌هایی که امروزه بسیار در حال تکاملند، ربات‌های انسان نما (human robotic) هستند، آن‌ها قادرند اعمالی شبیه انسان را انجام دهند. حتی بعضی از آن‌ها همانند انسان دارای احساسات نیز هستند. برخی دیگر اشکال خیلی ساده‌ای دارند. آن‌ها دارای چرخ یا بازویی هستند که توسط میکروکنترلرها یا میکروپروسسورها کنترل می‌شوند. در واقع میکروکنترلر یا میکرو پروسسور به مانند مغز انسان در ربات کار می‌کند. برخی از ربات‌ها مانند انسان‌ها وجانوران خون گرم در برخورد و رویارویی با حوادث و مسائل مختلف به صورت هوشمند از خود واکنش نشان می‌دهند.

آینده ی رباتیک

ربات ها هر روز گسترده تر می شوند بزودی ربات های پرستار نظافت چی فوتبالیست آشپز مربی و ... به تولید انبوه می رسند قرار است تا سال ۲۰۵۰ دانشمندان تیم فوتبال رباتیک بسازند که با انسان ها بازی کنند و آن ها راشکست دهند .یک روز فرا می رسد که در هر خانه ای یک ربات انسان نما و همه کاره وجود داشته باشد و در صنایع و کشاورزی و ... دیگر به انسان نیاز نباشد و انسان در آن فقط تفریح و تولید علم کند.

توصیه می کنم این ویدیوها را ببینید (اعتقادات ربات، گفتگوی ربات با انسان، حالات و جنسیت ربات ها ...)

https://drive.google.com/drive folders/15RksvL55mrO0EFuAge_BuQO9kB_g2V1T

منابع:

https://www.thomasnet.com/articles/automation-electronics/history-of-robotics/
https://www.wired.com/story/wired-guide-to-robots/
https://spectrum.ieee.org/topic/robotics/
https://www.sciencedaily.com/search/?key-word=The+emergence+of+robots#gsc.tab=0&gsc.q=The%20emergence%20of%20robots&gsc.page=1
https://www.science.org/action/doSearch?AllField=The+emergence+of+robots
https://www.roboticsacademy.com.au/history-of-robots/

نیکولا تسلا

گردآورنده: رزگار کریمی

- جریان برق متناوب
- کنترل از راه دور
- اسلحه‌ی اشعه‌ی ایکس
- نوسان ساز
- لامپ بیسیم
- موتور الکتریکی

همه‌ی اینا یه گوشه‌ی خیلی کوچیک از اختراعات یکی از بزرگ‌ترین دانشمندهای قرن بیستمه یعنی نیکولا تسلا. زمینه‌های فعالیت تسلا به حد وسیعی نفس‌گیر بوده. از بین تمام دانشمندها هیچ‌کس رو نمی‌شه پیدا کرد که کوچک‌ترین شباهتی با تسلا داشته باشه. توی این مقاله می‌خوام درباره‌ی زندگی این دانشمند عجیب و مرموز یعنی نیکولا تسلا صحبت کنم.

بخش اول، زندگی شخصی و فعالیت‌ها:

نیکولا تسلا سال ۱۸۶۵ یعنی حدود صدوپنجاه سال پیش، توی روستای Smiljan (سمیلجان) کشور کرواسی به دنیا اومد. پدرش یه کشیش بود به نام Milutin Tesla مادرشم یه زن باهوش بود به نام Djuka Mandic معروفه که تسلا حافظه‌ی خوب و خلاقیت زیاد خودش رو از مادرش به ارث برده.

نیکولا بچه‌ی چهارم بود، سه تا خواهر داشت به نام Angelina و Milka و Marica به برادر بزرگ‌تر داشت به نام Daniel که وقتی نیکولا بچه بود، توی حادثه فوت میکنه. تحصیلات ابتدایی رو توی همون روستای خودشون شروع کرد. یه سال بعد به شهر گسپیچ (Gospić) رفتن که تسلا دوران دبستان و راهنمایی رو توی این شهر گذروند. تو چهارده‌سالگی برای دوره‌ی دبیرستانش به شهر کارلواتس (Karlovac) رفت. دوره‌ی چهارساله‌ی دبیرستانو توی سه سال تموم کرد. این‌قدر باهوش و با استعداد بود که محاسبات پیچیده‌ی ریاضی رو توی ذهنش انجام می‌داد. همین باعث شده بود بعضی از معلماش بهش شک کنن و محکوم به تقلب کردن بشه.

بعد از دبیرستان که به روستای خودشون برگشت، گرفتار وبا شد و تا چند ماه بستری بود. سال ۱۸۷۴ از خدمت سربازی توی ارتش امپراتوری اتریش-مجارستان که روستاشونم جزو این امپراتوری بود، فرار کرد و به یه منطقه‌ی کوهستانی به نام Tomingaj رفت. توی سن ۱۹ سالگی وارد دانشگاه گراتس اتریش (Graz University of Technology) شد. دو سال اول رو با نمره‌های خیلی عالی گذروند و حتی رئیس دانشگاه برای پدرش تقدیرنامه فرستاد، اما کم‌کم به خاطر قمار، هزینه‌های زندگی و شهریه‌ی دانشگاهشو از دست داد و مجبور به ترک تحصیل شد.

تا یه مدتی مشغول قمار و کارای مختلف بود تا اینکه از طرف پلیس دستگیر می‌شه و برش می‌گردونن به شهر گسپیچ. اونجا تسلا شروع به تدریس توی همون مدرسه‌ای که خودش درس خونده بود کرد.

یک سال بعد، از طرف عموهاش کمک مالی خوبی بهش داده شد تا برای ادامه‌ی تحصیل به شهر پراگ بره؛ اما اونجا هم به دلایل مختلف نتونست درسشو تموم کنه و مدرکشو بگیره. یعنی درواقع تسلا هیچ‌وقت مدرک دانشگاهی نگرفت.

توی سن ۲۵ سالگی به شهر بوداپست مجارستان رفت و توی شرکت تلفن و تلگراف بوداپست به‌عنوان مدیر برق مشغول به کار شد. یک سال بعد، برای کار توی شرکت Continental ادیسون توی پاریس انتخاب شد. یکی از کارای اصلی این شرکت که توماس ادیسون تأسیسش کرده بود، نصب سیستم روشنایی شهری برای فرانسه بود. تسلا توی مدت دو سه سالی که توی این شرکت مشغول به کار بود تجربه‌های خیلی زیادی از برق به دست آورد و کلی هم پیشرفت کرد.

استعداد و لیاقتی که توی این مدت از خودش نشون داد باعث شد پاش به کارخانه‌ی ادیسون مشین ورکز توی آمریکا باز بشه و زندگیش وارد یه دوره‌ی جدیدی بشه.

توی سن ۲۸ سالگی، تسلا به آمریکا مهاجرت کرد و توی کارخانه‌ی مشین ورکزِ ادیسون مشغول به کار شد اما شیش ماه بیشتر اونجا نموند. دلایلی که برای بیرون اومدن تسلا از شرکت ادیسون میارن مختلفه اما یه دلیلی که رایجه برمی‌گرده به نحوه‌ی برخورد دانشمند مغروری مثل ادیسون با یه جوان بااستعدادی مثل تسلا.

ادیسون از همون اول با طرح تسلا در مورد برق جریان متناوب مشکل داشته و فکر می‌کرد که برق مستقیم خودش بهتره. از طرفی، ادیسون یه پیشنهاد به تسلا می‌ده که اگه بتونه فلان تغییر رو توی موتورها ایجاد بکنه و اصلاحشون بکنه، یه پول خیلی خوبی بهش می‌ده.

اما وقتی که تسلا این کار رو توی یه مدت خیلی کم انجامش می‌ده، ادیسون زیر حرفش می‌زنه و می‌گه: (شوخی کردم تو مثل‌اینکه اصلاً درک درستی از شوخی‌های ما آمریکاییا نداری!) همین باعث دلسردی تسلا می‌شه و از شرکت ادیسون بیرون میاد. این اختلافات بعدا به یک سری جنگ‌ودعواهای طولانی کشیده شد که بهش می‌گن جنگ جریان‌ها یعنی جنگ بین جریان متناوب تسلا یا AC، با جریان مستقیم ادیسون یا DC .

اگه راجع به جریان متناوب بخوام خیلی ساده بگم: همون برقیه که الآن توی سیم‌کشی خونه‌ها استفاده می‌شه و جریان مستقیم هم همون برقیه که توی انواع باتری‌هاست.

طرفدارهای هرکدوم از این دو نوع برق، نظر خودشونو داشتن و با نظرات طرف مقابل مخالف بودند. ادیسون شدیداً در مقابل برق جریان متناوب تسلا جبهه گرفته بود و می‌گفت این نوع برق خیلی خطرناک و غیرقابل‌کنترله.

به‌هرحال، بعدازاین که تسلا بیرون اومد، شرکت خودش رو به نام روشنایی الکتریکی تسلا (Tesla Electric Light and Manufacturing) تأسیس کرد و شروع کرد به تکمیل اختراعاتش در مورد ژنراتور و لامپای الکتریکی؛ اما ایده‌هاش اونطوری که انتظارشو داشت از طرف بقیه قبول نشد.

ایده‌ی تسلا در مورداستفاده از جریان متناوب به‌جای جریان مستقیم بود و سرمایه‌گذارها زیاد ازش استقبال نکردن. این موضوع باعث شد اوضاع مالیش خراب بشه و برای گذروندن زندگیش مجبور به کارای خیلی پست‌تر مثل تعمیرات وسایل الکتریکی یا حتی کندن گودال بشه.

تسلا از اون دوره از زندگیش که تقریباً سی سالگیش می‌شه، به‌عنوان روزای خیلی سختی یادکرد و نوشت: تحصیلات بالای من در شاخه‌های مختلفی از علوم، مکانیک و ادبیات، به نظرم مسخره و بیهوده می‌آمد. یه سال بعد، تسلا با دو نفر که تجربه‌های خیلی خوبی توی تأسیس شرکت و ثبت اختراع داشتن آشنا شد و باهم یه شرکت به نام تسلا الکتریک تأسیس کردن. قرارشون این بود که از سودی که به دست میارن، یک‌سومش به تسلا برسه، یک‌سومش به اون دو نفر، یک‌سومش هم بشه بودجه‌ی شرکت.

تسلا طرح موتور الکتریکی خودش رو که با برق AC کار می‌کرد؛ کامل کرد و یه سال بعد تونستن یه قرارداد باارزشی با فردی به نام جرج وستینگهاوس ببندن. وستینگهاوس خودش یه مخترع و مهندس برق بود که از رقیبای سرسخت ادیسون هم به‌شمار می‌رفت.

غیر از این، تسلا ماهی دو هزار دلارم بابت مشاوره دریافت می‌کرد. این پولا و درآمدای دیگه‌ای که نصیب تسلا شد باعث شد حسابی ثروتمند بشه. برای همین خودش به‌صورت مستقل آزمایشگاه خودشو راه‌اندازی کرد و شروع به تحقیق و اختراع کرد.

بعد از این، تسلا وقت و انرژی زیادی روی لامپ‌هایی گذاشت که به صورت بی‌سیم روشن می‌شدن. موفقیتایی هم توی این زمینه داشت اما خب هیچوقت به تولید تجاری نرسید. سال ۱۸۹۲ تسلا نایب‌رییس انجمن مهندسان برق آمریکا شد که امروز با اسم IEEE می‌شناسیمش. سال بعد، وستینگهاوس یه قرارداد بست برای تأمین برق از آبشار نیاگارا که برای تسلا هم موفقیتای زیادی داشت. سیستم برق AC تسلا توی این پروژه حسابی جواب داد و تو کل دنیا مشهور شد؛ اما یه اتفاق تلخ باعث شد این خوشیا خیلی زود تموم بشه. مارس ۱۸۹۵ یه آتیش‌سوزی بزرگ توی آزمایشگاه تسلا در نیویورک اتفاق افتاد که تمام ساختمان رو تقریباً نابود کرد. این قضیه هم ازنظر روحی ضربه‌ی بزرگی برای تسلا بود هم ازنظر مالی.

تمام ابزارها و اختراعات نیمه‌کارش که کلی براشون زحمت کشیده بود با خاک یکی شد و از اون طرف چون آزمایشگاش بیمه نبود کلی ضرر مالی کرد. ممکنه این آتیش‌سوزی برگرده به همون جنگ جریان‌ها که قبلاً گفتم، یعنی شاید مخالفان تسلا که از طرفدارای ادیسون مایه‌دار بودن برای متوقف کردن طرح‌های موفق تسلا این آتیش‌سوزی رو عمداً راه‌انداخته باشن؛ اما این قضیه هیچوقت ثابت نشد.

به‌هرحال، تسلا باید خیلی زود دنبال سرمایه‌گذارای جدید تا پولی که برای اختراعات جدیدش نیاز داشت فراهم بشه؛ اما باوجود تلاش زیادی که کرد کسی حاضر به سرمایه‌گذاری توی پروژه‌های بلندپروازانه‌ی تسلا نشد. انگار این ایده‌ها خیلی جلوتر از زمان خودشون بودن کسی نمی‌تونست درست درکشون کنه. سال ۱۸۹۸ یه قایق کنترل از راه دور اختراع کرد که با امواج رادیویی کنترل می‌شد.

تسلا خودش فکر می‌کرد با این فناوری کنترل از راه دور می‌تونه پول خوبی به دست بیاره اما متأسفانه این‌طور نشد. چون هنوز ذهن مردم اون زمان مطمئن نبود که چقدر می‌شه به این قایقا اطمینان داشت؛ اما چیزی که بیشتر از همه ذهن این دانشمند نابغه رو به خودش مشغول کرده بود انتقال برق به کل دنیا به‌صورت بی‌سیم بود. ازنظر تسلا، برق رو می‌شد از طریق زمین یا هوا منتقل کرد بدون نیاز به کابل‌کشی. پس برای اینکه بتونه آزمایشاتشو راحت‌تر پیش ببره، از نیویورک رفت به یه منطقه‌ی دورافتاده توی کلرادو اسپرینگز. اونجا تونست با خیال راحت و بدون مزاحمت، آزمایشای بزرگی انجام بده.

با ساختن یه فرستنده‌ی بزرگ، جرقه‌های الکتریکی بزرگی به سمت آسمون می‌فرستاد تا بتونه انتقال برق از طریق جو رو آزمایش کنه. برای انتقال برق از طریق زمینم آزمایشای مختلفی انجام داد. از نتیجه‌ی این آزمایشا، تسلا تقریباً به یه اطمینانی رسید که ایده‌هاش قابل پیاده‌سازی‌ان. برای همین سال ۱۹۰۰ دوباره به نیویورک برگشت. چیزی که توی ذهنش بود یه برج بلند بود به نام برج واردنکلیف. این برج که بهش برج تسلا هم گفته می‌شه توی یکی از روستاهای اطراف نیویورک ساخته شد. در اصل یه ایستگاه انتقال بیسیم بود که قرار بود ازش برای انتقال امواج به فاصله‌های خیلی دور استفاده بشه؛ اما بازم به خاطر مسائل مالی و اینکه پول کافی برای تکمیل پروژه وجود نداشت، سال ۱۹۰۶ نیمه‌کاره رها شد و هیچوقت عملی نشد.

درنهایت، ده سال بعد تسلا مجبور شد برای تسویه‌ی بدهیاش برجو تخریبش کنه و آهن‌آلاتش رو بفروشه.

اینجوری شد که آرزوی تسلا برای انتقال بیسیم برق نابود شد. اینجا تسلا تقریباً ۵۰ سالش شده بود. تو سالای بعدی هم اختراعاتی داشت ولی بیشتر وقتشو صرف پیدا کردن منابع مالی برای پیش بردن اهدافش کرد. چون خونه نداشت، توی هتلای مختلف نیویورک زندگی می‌کرد که بعضاً هتلای خیلی مجلل و گرونی هم بودن. همین باعث شد ازنظر مالی فشار زیادی بهش وارد شه. این هزینه‌ها همینطور روی‌هم تلنبار می‌شد و تلاشش برای پیدا کردن سرمایه‌گذارم بی‌نتیجه بود.

از سال ۱۹۲۰ به بعد کم‌کم منزوی شد و بیشتر وقتشو صرف قدم زدن تو پارک و دونه دادن به کبوترا می‌کرد. بعضی از منابع می‌گن که تقریباً ده سال آخر عمرش که گرفتار فقر خیلی شدیدی شده بود شرکت وستینگهاوس که تسلا یه زمانی بزرگ‌ترین مخترعش بود، یه مبلغ خیلی کمی به‌عنوان اجاره‌بها و هزینه‌ی زندگی بهش می‌داد. تا اینکه سال ۱۹۴۳ وقتی ۸۶ سالش بود، توی تنهایی کامل داخل یکی از اتاقای هتل نیویورکر از دنیا رفت. اونقدر تنها که جسدشو خدمتکار هتل بعد از دو روز که برای تمیزکاری وارد اتاقش شده بود پیدا کرد. خاکستر نیکولا تسلا دانشمند نابغه، الآن داخل یه کره با روکش طلا توی موزه‌ی نیکولا تسلای صربستان نگهداری می‌شه.

اینطور که آدمای نزدیک به تسلا درباره‌ش می‌گن، یه آدم قدبلند و لاغر بود که به وضعیت و لباسای خودش اهمیت خیلی زیادی می‌داد و یه جنتلمن به‌تمام‌معنا بود. روی نظافت شخصی و برنامه‌ی روزانه‌ش خیلی حساس بود این حساسیتو حتی روی اطرافیانشم بعضی وقتا نشون می‌داد. خیلی کم می‌خوابید و بیشتر اوقاتشو توی تنهایی می‌گذروند. تسلا حافظه‌ی تصویری فوق‌العاده‌ای داشت. قبل از اینکه اختراعشو پیاده‌سازی کنه، با جزییات کامل توی ذهنش می‌دیدش و مجسمش می‌کرد بعد شروع به پیاده سازیش می‌کرد. به خاطر همین یادداشت‌های خیلی کمی داشت و همه چیزو توی ذهنش حفظ می‌کرد. تو میان‌سالی با مارک تواین نویسنده‌ی معروف دوست صمیمی بود و زمان زیادی رو باهم توی آزمایشگاه تسلا می‌گذروندن.

به چند تا زبون مختلف می‌تونست صحبت کنه ازجمله انگلیسی، فرانسوی، آلمانی، ایتالیایی، لاتین. چندین بار دچار مریضیای مختلف شد اما همیشه از دکترا فراری بود. یه چیزی که خودش چند بار ازش صحبت کرده اینه که گهگاهی یه نور خیلی شدیدی می‌دید و هم‌زمان درد زیادی هم توی بدنش احساس می‌کرد. تسلا هیچ‌وقت ازدواج نکرد. بااینکه افراد زیادی بودن که تمایل داشتن باهاش زندگی کنن اما خودشو به‌طور کامل وقف اهدافش کرد. در مورد زن‌ها نظر خیلی مثبتی داشت و احترام زیادی براشون قائل بود. توی یه مصاحبه که سال ۱۹۲۶ انجام داد گفته بود آینده‌ی نژاد انسان توسط زن‌ها هدایت می‌شه.

جالبه بدونید تسلا طرفدار جلوگیری از بچه‌دار شدن افرادی بود که نقص ژنتیکی دارن. نظرش این بود که انسان داره با دلسوزی توی عملکرد طبیعت دخالت می‌کنه که این ممکنه توی نسل‌های آینده باعث مشکلات بزرگی بشه.

شکست‌ها و اشتباهات:

زندگی تسلا پر از شکست‌های بزرگ بود اما خب تا وقتی شکستی نباشه موفقیتی هم نیست. یکی از بزرگ‌ترین شکست‌های تسلا به نظرم همون بزرگ‌ترین آرزوش بود یعنی انتقال بی‌سیم برق به کل دنیا.

البته شاید دقیقاً نشه بهش شکست گفت چون اگه منابع مالی کافی براش پیدا می‌شد تسلا کسی نبود که ازنظر علمی و فنی کم بیاره. مشکل اصلی این بود که پول نبود چون برای پیاده کردن طرحی به این بزرگی نیاز به‌کلی آدم و محل مناسب و چیزای دیگه هست که پول زیادی می‌طلبه. شاید اگه ادیسون خودخواهی و غرور الکیشو کنار می‌ذاشت و با تسلا همکاری می‌کرد دنیای امروز ما کلاً یه جور دیگه بود! البته ادیسون اواخر عمرش گفت یکی از بزرگ‌ترین اشتباهات زندگیش بها ندادن به ایده‌های تسلا بوده.

یکی دیگه از شکست‌های تسلا رادیو بود. قبل از اینکه سال ۱۹۰۱ مارکونی، رادیو رو به نام خودش ثبت کنه، سه چهار سال قبلش یعنی سال ۱۸۹۷ تسلا حق اختراعشو گرفته بود. دعواهای قانونی زیادی سر این قضیه پیش اومد که درنهایت چیز زیادی نصیب تسلا نشد؛ اما ازنظر علمی هم تسلا اشتباهاتی داشته. مثلاً اینکه مخالف وجود ذرات زیراتمی بود؛ یعنی مثلاً به چیزی به نام الکترون باور نداشت، معتقد بود که اتم‌ها تجزیه ناپذیرن. ازنظر تسلا نظریه‌ی نسبیت اینشتینم اشتباه بود. در کل با نظریه‌هایی که می‌گفتن ماده و انرژی قابل تبدیل به همدیگه هستن، رابطه‌ی خوبی نداشت. درصورتی‌که امروز همه‌ی اینا با آزمایشای زیادی اثبات شدن.

شاید نیکولا تسلا، پسر نور، یه کمی زود به این دنیا اومده بود. ایده‌هاش این‌قدر بزرگ بودن که حتی توی سرزمین فرصت‌ها یعنی آمریکا هم سرمایه‌گذار زیادی براشون پیدا نمی‌شد، معمولاً به دلایل مالی به شکست می‌خوردن. یه حرفی که زیاد گفته می‌شه اینه که وقتی از اینشتین می‌پرسن چه حسی داره که باهوش‌ترین انسان روی زمین باشی، اینشتین می‌گه نمی‌دونم باید از نیکولا تسلا بپرسید.

بدون ترس سؤال بپرس و دنبال جواب باش.

منبع:

https://youtube.be/aw_JtqBCPI4

رباتیک در پزشکی

گردآورنده: مهسا فرهنگیان

استفاده از دانش رایانه و هوش مصنوعی به‌عنوان دستیار پزشکان، جزو ایده‌هایی است که از مدت‌ها پیش ذهن بسیاری از محققان حوزه رباتیک و مهندسی پزشکی را به خود مشغول کرده است.

موفقیت‌های به‌دست‌آمده در زمینه طراحی و ساخت ربات‌های جراح به این معنی است که تحقق چنین ایده‌هایی دور از انتظار نخواهد بود. امروزه استفاده از ربات‌ها در حوزه‌های مختلف پزشکی، از ایجاد حفره‌های کوچک و بدون نیاز به برش‌های عمیق تا انجام عمل‌های جراحی پیچیده، امکان‌پذیر شده است. اگرچه جراحی رباتیک موضوع جدیدی است، اما در این سال‌ها پیشرفت خوبی داشته است.

ازاین‌رو بسیاری از تحقیقات دانشکده‌های مهندسی پزشکی دانشگاه‌های معتبر دنیا به این موضوع اختصاص‌یافته است. استفاده از ربات‌ها هنگام جراحی موجب افزایش دقت جراح حین انجام جراحی خواهد شد. همچنین ربات‌های جراح می‌توانند در صرفه‌جویی زمانی و کاهش زمان جراحی‌های پیچیده نقش بسیار مهمی داشته باشند.

ربات‌ها با دقت بیشتری برش‌های لازم را برای جراحی روی بدن فرد ایجاد می‌کنند و کاهش درد، خونریزی، احتمال ابتلا به عفونت و کوتاه شدن مدت بستری بیمار و تسریع روند درمان و بهبود، از مهم‌ترین مزیت‌های بهره‌گیری از ربات‌ها برای انجام جراحی است.

مزایا و معایب ربات‌های جراحی از زمان اولین مداخله جراحی مستند به کمک ربات در سال ۱۹۸۵، حوزه رباتیک جراحی گسترش‌یافته است.

- زمینه اندوواسکولار
- جراحی برای ارائه یک جایگزین کم‌خطر برای باز کردن عملیات
- کمک به بیماری‌های موضعی
- تسریع در برنامه‌ریزی مداخلات درون عروقی در طول مراحل به کمک ربات
- دوربین‌های مانور
- چراغ‌ها و ابزار پزشکی

مطالعات نشان داده است که این جراحی‌ها در مقایسه با سنتی منجر به اقامت کوتاه‌تر در بیمارستان، برش‌های کمتر و دقت بالاتر می‌شوند.

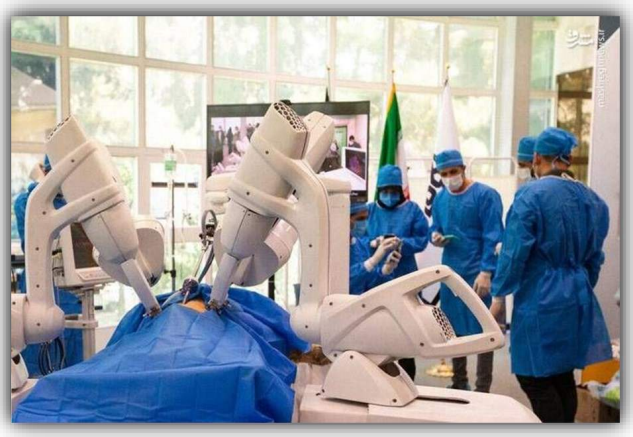
ربات‌های برتر درزمینه پزشکی

ربات جراح داوینچی:

ربات جراح داوینچی در رتبه نخست برترین ربات‌های دنیا قرار دارد. این ربات، انجام جراحی در ابعاد بسیار کوچک و با کمترین آسیب احتمالی را امکان‌پذیر می‌کند. اکنون بیش از ۲۰۰ سامانه جراحی رباتیک داوینچی انجام جراحی‌های بسیار حساس مانند ترمیم دریچه قلب را به عهده‌دارند؛ بنابراین حضور ربات‌ها در این حوزه را می‌توان انقلاب بزرگی در عرصه پزشکی و مدیریت سلامت دانست. جراحی رباتیک از موضوعاتی است که در بسیاری از دانشگاه‌های معتبر دنیا موردتوجه قرارگرفته است. محققان دانشگاه‌های کشور ما نیز از این قافله عقب نمانده‌اند و طرح و تحقیقات مختلفی از سوی مراکز تحقیقاتی و پژوهشکده‌های دانشگاه‌های کشور مطرح‌شده است. جراحی رباتیک به‌عنوان یکی از فناوری‌های نوظهور در حوزه پزشکی، به پزشکان جراح کمک می‌کند جراحی‌های مختلف را با دقت و اطمینان بیشتری انجام دهند. با توجه به‌ضرورت توجه به تحقیق در این زمینه، محققان ایرانی نیز توانسته‌اند در سال‌های اخیر به دستاوردهای مهم در این حوزه دست پیدا کنند.

سینا، رقیب داوینچی:

گروهی از محققان دانشگاه علوم پزشکی تهران با همکاری محققان دانشگاه صنعتی شریف، موفق به طراحی و ساخت یک سیستم پیشرفته جراحی از راه دور شده‌اند که به نام ابوعلی سینا نام‌گذاری شده است. این ربات، انجام جراحی از دورترین نقاط دنیا و حتی کشتی‌های اقیانوس‌پیما را امکان‌پذیر می‌کند. در این روش، کنسول جراحی در اختیار جراح قرار دارد و ربات پس از دریافت حرکت‌های دست جراح، این حرکات را روی بدن بیمار اجرا می‌کند. هم‌زمان تصاویر عمل جراحی برای جراح ارسال می‌شود. ویژگی منحصربه‌فرد ربات سینا در مقایسه با رقیب آمریکایی یعنی داوینچی این است که نیروی واردشده به بدن بیمار را اندازه‌گیری و از طریق کنسول جراحی به دست جراح اعمال می‌کند تا برای مثال جراح از این طریق مناسب بودن بخیه‌ها را بررسی کند. قیمت برآورد شده برای ربات سینا یک‌سوم نمونه مشابه آمریکایی است. مراحل آزمایش‌های مقدماتی و بالینی این ربات به پایان رسیده و پیش‌بینی می‌شود تا سه سال آینده این طرح به‌طور کامل اجرا شود. این ربات میزان آسیب واردشده به بافت سالم را کاهش می‌دهد و در نتیجه بیمار کمتر آسیب می‌بیند. همچنین دوره نقاهت و میزان خونریزی در این روش کاهش پیدا می‌کند.



آندوسکوپی

آندوسکوپی روشی است که یک دوربین و یا ابزار کوچک از طریق یک سیم به درون بدن بیماران وارد می‌شود تا داخل بدن و آسیب‌های بیمار مشاهده شود.

این روش بسیار ظریف است که در بیمار احساس ناخوشایندی ایجاد می‌کند و البته کمی قدیمی است.

پیشرفت‌های جدید در این عرصه سبب شده که شرکت‌هایی مانند شرکت "Medineering" از ربات‌هایی استفاده کنند که بسیار باریک و انعطاف‌پذیر هستند و می‌توانند به نقطه موردنظر پزشک در درون بدن بیمار وارد شوند.

این ربات‌ها بدون لرزش دست انسان وارد بدن می‌شوند و کار آندوسکوپی را انجام می‌دهند.

روش مؤثری از کاربرد این ربات‌ها «کپسول آندوسکوپی» است که به روش ساده بلعیدن وارد بدن بیمار می‌شود و به جمع‌آوری داده‌های دستگاه گوارش بیمار می‌پردازد.

اسکلت‌های خارجی رباتیک

اسکلت‌های خارجی رباتیک بیشتر از اینکه ظاهری شبیه به شخصیت‌های ابرقهرمان را ایجاد کنند، در پزشکی مورداستفاده قرار می‌گیرند.

این ربات‌ها در ابتدا به افراد معلول امکان راه رفتن مجدد می‌دهند. همچنین می‌توانند برای اصلاح ناهنجاری‌ها و یا توان‌بخشی بعد از آسیب نخاعی مورداستفاده قرار گیرند.

ربات‌های ضدعفونی‌کننده

متأسفانه بیمارستان‌ها مکان‌های بسیار آلوده‌ای هستند. ممکن است شما برای درمان یک بیماری به بیمارستان مراجعه کنید ولی با تعداد بیشتری بیماری جدید به منزل بازگردید.

در این راستا محققان ربات‌هایی تولید کرده‌اند که به‌طور مستقل به اتاق‌های بیماران می‌روند و با استفاده از اشعه ماورا بنفش به مدت چند دقیقه محیط را از وجود باکتری‌ها پاک‌سازی می‌کنند.

ربات‌های آموزش پزشکی

امروزه ربات‌هایی تولیدشده است که برای آموزش پزشکی استفاده می‌شوند و عملکردی مانند یک مدل زنده دارند. مثلاً جریان خون در آن‌ها وجود دارد. پزشکان از این طریق می‌توانند به طریقی بهتر و آسان‌تر اعمال جراحی را فراگیرند.

از جراحی تا توان‌بخشی به روش رباتیک

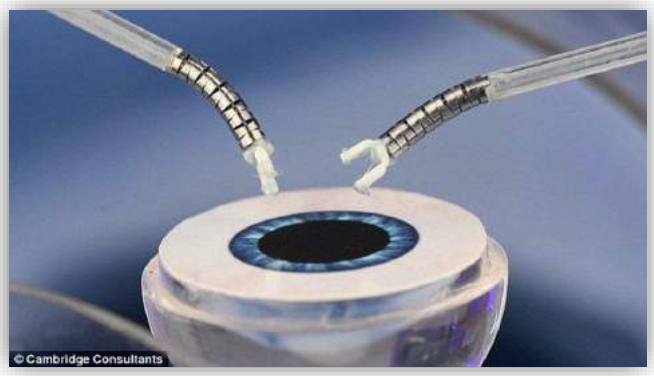
یکی دیگر از دستاوردهای جدید محققان کشور در حوزه جراحی رباتیک، طراحی و ساخت ربات جراح و توان‌بخشی از راه دور توسط اعضای قطب علمی کنترل و رباتیک دانشگاه صنعتی امیرکبیر است. این ربات علاوه بر توانایی اندازه‌گیری نیروی اعمال‌شده بر بدن بیمار و امکان برقراری ارتباط با اینترنت، از قابلیت کنترل حین جراحی و درنتیجه بهبود روند درمان برخوردار است. از ویژگی‌های منحصربه‌فرد این ربات می‌توان به امکان ارتباط با ربات از طریق نرم‌افزارهای تلفن همراه اشاره کرد. یکی از مهم‌ترین زمینه‌های کاربرد این ربات، انجام جراحی‌های کم تهاجمی مانند لاپاروسکوپی است. متخصصان ایرانی موفق به دستیابی به دانش فنی این ربات جراح شده‌اند و به دانش فنی فرآیند طراحی مکانیسم، سخت‌افزار و نرم‌افزار این ربات نیز دست‌یافته‌اند. این گروه از محققان در طرحی دیگر مطالعه ربات توان‌بخشی از راه دور را آغاز کرده‌اند. افراد میان‌سال به علت شرایط جسمانی، برای مراجعه به مراکز توان‌بخشی با محدودیت مواجه هستند، درحالی‌که بیشترین خدمات توان‌بخشی به این گروه از افراد اختصاص دارد. ازاین‌رو طراحی یک ربات توان‌بخشی از راه دور باهدف ارائه خدمات به این گروه از افراد بدون نیاز به مراجعه به مراکز توان‌بخشی موردتوجه قرارگرفته است.

جراحی چشم به ربات‌ها واگذار می‌شود

دانشجویان دانشگاه خواجه‌نصیرالدین طوسی در اقدامی جدید موفق به طراحی و ساخت یک ربات کروی شده‌اند که قادر به انجام عمل جراحی چشم است. انجام جراحی‌های چشمی کم تهاجمی مستلزم استفاده از ابزار دقیقی است که می‌تواند بدون جابه‌جایی از یک نقطه وارد چشم شود و جراحی را انجام دهد. برای این نرم‌افزار یک مدل چشمی طراحی‌شده است که پزشک متخصص با استفاده از آن، از طریق نمایشگر رایانه‌ای جراحی را مدیریت می‌کند.

به‌این‌ترتیب کیفیت جراحی افزایش می‌یابد و خطاهای احتمالی حین جراحی به حداقل می‌رسد. عملکرد این ربات به این شکل است که وقتی جراح ابزاری را برمی‌دارد و در دست می‌گیرد، احساس و نیروی اعمال‌شده به ابزار به ربات منتقل می‌شود. ربات اطلاعات دریافتی را ذخیره و جراح از راه دور، جراحی را مدیریت می‌کند. این ربات برای جراحی بخش خارجی چشم، مانند جراحی آب‌مروارید چشم کاربرد دارد. برای انجام جراحی‌های داخل چشم، از ابزارهای جدیدی استفاده می‌شود که باید داخل چشم بیمار شود.

سامانه رباتیک طراحی‌شده به پزشک این امکان را می‌دهد از طریق کنترل ابزار جراحی، این کار را با دقت بیشتری انجام دهد. این طرح مورد تائید سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی قرارگرفته است.



آیا به روباتی که چاقوی کوچک جراحی در دست دارد اعتماد می‌کنید؟

نشریه گاردین چند سال قبل در یکی از مقالات خود به پیش‌بینی ظهور روبات‌های هوشمندی اشاره کرد که ممکن است در آینده باعث حذف برخی از فرصت‌های شغلی شوند. مشاغلی که هیچ‌گاه تصورش نمی‌شد از حیطه اختیارات انسان‌ها خارج شود، اکنون هوش مصنوعی در یک‌قدمی آن‌ها قرار گرفته است. مراقبت‌های پزشکی هوشمند که ماحصل تعامل کامپیوترها و روبات‌ها است یکی از این مشاغل است. در مقاله گاردین به ۷۰۰ شغل که احتمال جایگزینی آن‌ها با فناوری‌های هوشمند زیاد است، اشاره‌شده است. در این مشاغل قرار است انسان‌ها جای خود را به ماشین‌های هوشمند بدهند. در این اتوپیای هوش مصنوعی، بیماران می‌توانند در بیمارستان‌های عاری از پزشکان یا پرستاران تحت درمان قرار گیرند. به عبارت دقیق‌تر، اسکنرهای تشخیصی به روبات‌های پزشک کمک می‌کنند با کمترین تعامل مستقیم با انسان‌ها به شناسایی بیماری‌ها و درمان انسان‌ها بپردازند.

ایده بیمارستان‌های بدون پزشک بسیاری از افراد بانفوذ و سرمایه‌داران را وسوسه کرده برای جبران کمبود نیروی متخصص یا کارمندانی باانگیزه پایین به سراغ روبات‌های هوشمند بروند. بااین‌حال، فناوری‌های مرتبط با پزشکی از راه دور و روبات‌های جراح به‌اندازه کافی هوشمند نشده‌اند که بدون نظارت جراحان کارهای حساس را انجام دهند.

روبات‌های جراح هنوز تا رسیدن به مرحله انجام کارها به شیوه مستقل راه درازی پیش رو دارند. بااین‌حال، شاخه‌ای از هوش مصنوعی به نام یادگیری ماشین به‌تدریج در حال پیاده‌سازی تغییراتی در علم پزشکی است، به‌گونه‌ای که انتظار می‌رود در یک دهه آینده شاهد تغییرات بزرگی در دنیای پزشکی به‌ویژه در بحث جراحی‌های مهم باشیم. با توجه حساسیت بیش‌ازاندازه این موضوع کالج سلطنتی انگلستان (The Royal College of Surgeons) با فعالان و پیشگامان این حوزه گفت‌وگویی انجام داده و نظر آن‌ها در رابطه با نقش روبات‌ها در انجام جراحی‌های مختلف را جویا شده است...

یادگیری ماشین چیست؟

هوش مصنوعی توصیف‌کننده سامانه‌های کامپیوتری است که قادر به انجام فعالیت‌هایی هستند که به‌طور عادی به هوش انسانی نیاز دارند، درک بصری، تصمیم‌گیری، تشخیص گفتار و ترجمه زبان‌ها مثال‌هایی در این زمینه هستند. هوش مصنوعی در شکل ابتدایی خود محدود به قوانین مطلق و پیچیده‌ای بود که توسط برنامه‌نویس تعریف می‌شد تا الگوریتم بتواند یک کار مشخص را انجام دهد. به‌عنوان‌مثال، برنامه‌ای که می‌توانست یک استاد بزرگ شطرنج را شکست دهد، هیچ اطلاعاتی برای انجام بازی تخته‌نرد نداشت و برنامه‌نویس باید از ابتدا برنامه‌ای برای این منظور می‌نوشت. دنیای سخت‌افزار و نرم‌افزار پیشرفت‌های خیره‌کننده‌ای در دو حوزه پرکاربرد هوش مصنوعی یعنی یادگیری ماشین و یادگیری عمیق رقم زدند. یادگیری ماشین از الگوریتم‌هایی استفاده می‌کند که توانایی یادگیری و تحلیل داده‌ها رادارند و می‌توانند با پردازش داده‌ها نتایج دقیق‌تر و بهتری ارائه کنند. به عبارت دقیق‌تر، در الگوریتم‌های جدید نیازی نیست قوانین شطرنج یا دستور زبان اسپانیایی را به شکل خط به خط برای الگوریتم بنویسید تا دقیقاً مطابق با دستورات برنامه‌نویسی مطلق کار کند، بلکه به شیوه کارآمدتری داده‌های مربوطه در قالب متن‌ها، فیلم‌ها یا انجام بازی‌ها در اختیار الگوریتم قرار می‌گیرد تا مهارت لازم را به دست آورد. به عبارت ساده‌تر، یادگیری ماشین روی شناخت الگوهای موجود در مجموعه داده‌های بزرگ متمرکز است. در سویی دیگر، یادگیری عمیق قادر به پیاده‌سازی الگوریتم‌هایی است که می‌توانند رفتار شبکه‌های عصبی موجود در مغز انسان را تقلید کنند و به دلیل پیچیده‌تر بودن برای کارهای سنگین‌تر و جدی‌تری استفاده شوند. در شبکه‌های عصبی مصنوعی هر گره شبکه می‌تواند مسئولیت انجام بخش کوچکی از یک کار پیچیده را بر عهده بگیرد و به این شکل سرعت دستیابی و پردازش داده‌های پیچیده‌تر را سریع‌تر کند. شبکه‌های عصبی به دلیل آن‌که انرژی بیشتری مصرف کرده و به توان پردازشی زیادی نیاز دارند، عمدتاً در حوزه‌های پیچیده استفاده می‌شوند. حوزه پزشکی، شناسایی نشانه‌ها و الگوهای بیماری‌ها و داروسازی ازجمله این موارد است.

ربات‌های جراح

ربات‌های جراح دیگر محدود به داستان‌های علمی تخیلی نیستند. امروزه ربات‌هایی که در اتاق عمل به جراحان در انجام کارها کمک می‌کنند یا جراح به‌طور مستقیم آن‌ها را کنترل می‌کنند به یک ابزار کارآمد پزشکی تبدیل‌شده‌اند. پائولو داریو هماهنگ‌کننده پروژه تحقیقاتی آراکنس در موسسه SSSA Biorobotics می‌گوید:«جراحی رباتیک یکی از موفقیت‌های بزرگ در حوزه پزشکی یا به عبارت دقیق‌تر هم‌گرایی فناوری و پزشکی است. امروزه بالغبر یک‌میلیون نفر در سراسر جهان توسط ربات‌ها جراحی‌شده‌اند.» لوکا مورلی، متخصص و جراح در بیمارستان چیسانلنو می‌گوید:«امروزه ربات‌های جراح به میزان قابل‌توجهی در انجام کارها به متخصصان کمک می‌کنند. در برخی موارد بدون وجود این ربات‌ها امکان انجام برش‌های خیلی ظریف و نازک به‌سختی امکان‌پذیر است، به همین دلیل معتقد هستم در آینده ربات‌ها به ابزار جراحی انکارناپذیر دنیای پزشکی تبدیل خواهند شد، به همین دلیل لازم است عملکرد آن‌ها بازهم بهبود پیدا کند.» در نمونه دیگری در شهر پونته درا در کشور ایتالیا، یک موسسه تحقیقاتی فعال در حوزه فناوری‌های هوشمند و رباتیک، سامانه هوشمند ویژه‌ای را طراحی کرده است. این سامانه هوشمند ربات خاص‌منظوره‌ای است که به داخل شکم بیمار واردشده و کپسول‌های حاوی ربات‌های مینیاتوری را از طریق ناف به بدن بیمار وارد کرده و به جراح اجازه دهد از راه دور این ربات‌های مینیاتوری را کنترل کند. در ادامه ربات‌های مینیاتوری تصاویر سه‌بعدی تهیه‌کرده و به جراح اجازه می‌دهند در هر نقطه از بدن انسان، جراحی‌های کمتر تهاجمی را انجام دهد، بدون آن‌که جای هیچ‌گونه زخمی قابل‌مشاهده باشد. لوکا مورلی جراح، بیمارستان چیسانلنو دراین‌ارتباط می‌گوید: »واقعیت این است که برای انجام برخی عمل‌های جراحی، محدودیت‌های زیادی وجود دارد، زیرا دسترسی به برخی از اندام‌ها به‌سختی امکان‌پذیر است. فناوری فوق به میزان قابل‌توجهی این محدودیت‌ها را برداشته و به جراحان اجازه می‌دهد برخی عمل‌های خاص و پیچیده را انجام دهند. اکنون می‌توانیم جراحی‌های بیشتر و پیچیده‌تر را با کمترین آسیب وارده به بافت‌ها انجام دهیم. به‌طور مثال، جراحی روی کبد یا لوزالمعده یا سایر اندام‌ها که در شرایط عادی دسترسی به آن‌ها برای جراحی به‌سختی امکان‌پذیر است، امروز با محدودیت‌های کمتری قابل انجام است. « این گروه تحقیقاتی اکنون روی توسعه این پروژه متمرکزشده و در نظر دارند این ربات‌ها را بازهم کوچک‌تر کنند. آریانا منچیاسی، مهندس پزشکی موسسه

SSSA Biorobotics می‌گوید:«برای ساخت ربات‌هایی در مقیاس صنعتی، باید به فکر استریل کردن دقیق آن‌ها باشیم. همچنین لازم است یکسری ویژگی‌های مکانیکی آن‌ها تغییر پیدا کنند تا قیمت تمام‌شده آن‌ها کمتر شده و قابل‌اعتمادتر شوند. چالش بزرگ پیش روی محققان این است که برای کوچک کردن ربات‌ها باید از موتورهای کوچک‌تری استفاده کنند، اما درعین‌حال این روبات‌های مینیاتوری باید بتوانند بدون مشکل در بدن انسان حرکت کنند. سامانه جراحی رباتیک باید عملکرد عالی و دقیقی داشته باشد و به نیازهای واقعی پاسخ دهد. درنهایت این فناوری باید به‌اندازه‌ای مقرون‌به‌صرفه باشد که امکان استفاده از آن برای بیماران با توان مالی نه‌چندان خوب فراهم باشد...»

ربات‌هایی که محدودیت نمی‌شناسند

پژوهشگران و متخصصان هوش مصنوعی در کشورهای مختلف ایده‌های جالب و خلاقانه‌ای دارند. این افراد نه‌تنها به دنبال به‌کارگیری ربات‌ها در اتاق‌های عمل هستند، بلکه در تلاش هستند تا ربات‌ها به شکل خودکار وظایف خود را انجام دهند. در نمونه جالبی در آزمایشگاه رباتیک شهر ورونای ایتالیا، پژوهشگران در تلاش برای ساخت ربات‌هایی هستند که بتوانند به‌طور مستقل برخی فرآیندهای جراحی همچون برش و بخیه‌زنی اندام‌ها را انجام دهند. امروزه در مراکز تحقیقاتی یک بازوی روباتیک می‌تواند به‌تنهایی یک شکم مصنوعی را برش زده، وارد آن شده و به جست‌وجوی توموری در کلیه‌ها باشد. برای انجام این کار پژوهشگران تکنیک‌های جراحی را به نرم‌افزارهایی انتقال می‌دهند که قابلیت‌های مکانیکی ربات‌ها را کنترل می‌کند. ریکاردو مورادور، مهندس کنترل در دانشگاه پادووا می‌گوید:«ما به‌طور مستمر با جراحان در مورد تکنیک‌هایی که در عمل‌ها استفاده می‌کنند صحبت می‌کنیم. مشکلی که وجود دارد این است که جراحان نمی‌توانند به شکل دقیق تکنیک‌ها، جهت فرود چاقوی جراحی، میزان نیروی وارده و سرعتی که در حین عمل جراحی اعمال می‌کنند را شرح دهند. به همین دلیل مجبور هستیم از راهکار شبیه‌سازی، داده‌های موردنیاز را به دست آوریم. شبیه‌سازی کمک می‌کند حالات احتمالی مختلف در زمان عمل جراحی را ارزیابی کرده و داده‌های دقیق‌تری در اختیار ربات‌ها قرار دهیم.» مونیکا ورگا، مهندس پزشکی بیمارستان سان رافائل می‌گوید:«شبیه‌سازی نکات موردنیاز در مورد یک عمل جراحی را به شکل دقیقی شرح داده و اجازه می‌دهد برخی ویژگی‌های ذاتی یک تومور به‌طور مثال در ناحیه کلیه را مستندسازی کرده و در اختیار الگوریتم‌های هوشمند قرار دهیم. به‌طور مثال، اندازه متوسط یک تومور کلیه یا فاصله طبیعی ارگان‌های بدن انسان با یکدیگر آسیب‌دیدگی در حین عمل را به میزان قابل‌توجهی کم می‌کند. اکنون به دنبال این پاسخ هستیم که چگونه باید عوارض یک عمل جراحی را به حداقل برسانیم و راه‌حل جراحان در این زمینه چیست. بااین‌حال، تصور من این است که جراحان همواره در اتاق عمل خواهند بود و ربات‌ها بیشتر به‌عنوان یک ابزار کمکی برای افزایش دقت و بهره‌وری در اختیار جراحان قرار خواهند داشت.»

پائولو فیورینی، مسئول هماهنگی پروژه I-SUR در ارتباط با مزایای به‌کارگیری ربات‌های جراح می‌گوید: «یک جراح نمی‌تواند همواره با دقت بالایی مشابه با دقتی که تجهیزات و حسگرهای جراحی دارند به موضوعات نگاه کند. یک ربات جراح می‌تواند برخی کارهای جراحی را انجام داده و هم‌زمان اطلاعات دقیقی در ارتباط با عمل جراحی جمع‌آوری کرده و به‌نوعی کار جراح را تکمیل کند. »

درحالی‌که گروهی از جراحان با سازوکار سامانه مستقل جراحی رباتیک مخالف هستند، در مقابل برخی دیگر آن را تحولی بزرگ در پزشکی توصیف می‌کنند. امبرتو تدچی، جراح بیمارستان دانشگاه ورونا می‌گوید: »امروز مشاهده می‌کنیم که چگونه یک ربات برش‌های عمیق و دقیقی روی یک اندام داخلی انجام می‌دهد. روبات‌ها در آینده می‌توانند نقش مهم‌تری در بهبود بیماری‌ها داشته باشند و داروها را به نقطه خاصی از بدن بیمار ارسال کنند تا بیماری به‌طور کامل از میان برود و عوارض جانبی مصرف داروها به حداقل برسد. به‌احتمال‌زیاد جراحی رباتیک در آینده از تکنیک‌های کمتر تهاجمی استفاده می‌کند. درنتیجه بیماران پس از عمل درد کمتری خواهند داشت. در آینده ربات‌های جراح بازهم برش‌های کوچک و ظریف‌تری انجام خواهند داد و قادر خواهند بود به اندام‌های مختلف بدن دسترسی پیدا کنند.

داستان‌هایی که واقعی می‌شوند

جراحی رباتیک در آینده شباهت خیلی زیادی به کتاب آیزاک آسیموف، «سفر شگفت‌انگیز» دارند. امروزه برخی دانشمندان روی پروژه‌های خاصی همچون هدایت مغناطیسی کپسول‌های کوچک رباتیکی به داخل رگ‌های خونی متمرکز هستند. این کپسول‌های رباتیکی با سفر به عمیق‌ترین بخش‌های سیستم عروقی بدن قادر هستند داروها را در نقاط خاصی آزاد کنند. به عبارت دقیق‌تر، دیگر خبری از جراحی و باز کردن بدن نیست. به‌طور مثال، اگر بیماری تنها نقاط کوچکی از سلول‌ها را درگیر کرده باشد، این امکان وجود دارد که پزشک با تجویز برق یا میدان مغناطیسی یا رویکردی مشابه بیماری را از میان ببرد.

قابلیت‌هایی که هوش مصنوعی در آینده ارائه خواهد کرد فراتر از داستان‌های علمی تخیلی است. بااین‌حال، قبل از این‌که فناوری‌های هوشمند به شکل تجاری در دسترس ما قرار بگیرند ابتدا باید چالش‌های موجود پیش رو برطرف شوند. اولین چالش بزرگ در فرهنگ به‌کارگیری ربات‌ها است. بیشتر مردم تمایلی ندارند یک بازوهای رباتیک و الگوریتم‌های هوشمند فرآیند جراحی را انجام دهند، زیرا به تجهیزات هوشمند اعتماد و اعتقادی ندارند و تصور می‌کنند احتمال بروز اشتباه از جانب بازوهای رباتیک زیاد است. چالش دوم به نحوه تعامل شرکت‌های فناوری با سازمان‌های بیمه‌گر و سازمان‌های درمانی بازمی‌گردد. به‌طور مثال، اگر شخصی براثر اشتباه یک بازوی رباتیک جان خود را از دست بدهد، مقصر چه شخص یا سازمانی است، سازمان‌های بیمه‌کننده چگونه این مدل جراحی‌ها را بیمه می‌کنند، در صورت بروز مشکلات حقوقی، فرآیند حل دعاوی چگونه خواهد بود، چه سازوکارهای امنیتی برای ایمن‌سازی و محافظت از جراحان روباتیک در برابر حملات هکری باید به کار گرفته شود و پرسش‌هایی این‌چنینی که باید پاسخ جامعی برای آن‌ها پیدا شود. درنهایت به این نکته مهم توجه داشته باشید که جراحان در آینده نزدیک نگرانی خاصی از بابت از دست دادن شغل خود نخواهند داشت و هنوز هم شغل آن‌ها توسط الگوریتم‌های هوشمند به شکل جدی تهدید نمی‌شود. محققان تخمین می‌زنند شانس ۰.۴۲ درصد وجود دارد که هوش مصنوعی به‌طور کامل جایگزین جراحان شود. همچنین پیش از شغل جراحی، ۶۸۵ شغل دیگر وجود دارد که هوش مصنوعی سریع‌تر کنترل آن‌ها را به دست خواهد گرفت.

ربات جراح فضایی (MIRA)

یک جراح رباتیک قرار است در آینده به ایستگاه فضایی بین‌المللی پرتاب شود تا روزی بتواند به‌طور مستقل در فضا عمل جراحی روی انسان انجام دهد. به گزارش ایسنا به نقل از دیلی میل، دانشمندان ایالت نبراسکا آمریکا پس از سال‌ها حمایت از سوی ناسا، رباتی به نام "MIRA" که نام آن مخفف عبارت دستیار رباتیک درون تنی کوچک است، ساخته است. (miniaturized in vivo robotic assistant)

در سال ۲۰۲۴، این ربات جراحی مینیاتوری به سمت ایستگاه فضایی پرتاب خواهد شد و سپس در آنجا توانایی خود در برش بافت شبیه‌سازی‌شده را نشان خواهد داد.

دانشمندان ادعا می‌کنند که "MIRA" روزی خواهد توانست آپاندیس پاره شده فضانوردان را در حین مأموریت به مریخ جراحی کند یا ترکش سربازی را هزاران مایل دورتر براثر اصابت مواد منفجره مجروح شده، خارج کند.

ربات "MIRA" توسط پروفسور "شین فریتور" (Shane Farritor) استاد کالج مهندسی دانشگاه نبراسکا در لینکلن(UNL) ساخته‌شده است.

در ماه آوریل ، ناسا اعلام کرد که ۱۰۰ هزار دلار برای آماده‌سازی این ربات جراحی برای مأموریت آزمایشی خود در سال ۲۰۲۴ به این دانشگاه اهدا کرده است.

پروفسور فریتور اظهار کرد: سازمان ناسا حامی طولانی‌مدت این تحقیق بوده است و در آینده ربات ما فرصتی برای ارسال به ایستگاه فضایی بین‌المللی خواهد داشت.

MIRA تنها دو پوند (۰,۹ کیلوگرم) وزن دارد و از یک استوانه رباتیک بلند با دو چنگک متحرک در بخش پایینی‌اش تشکیل‌شده است.

هرکدام از این چنگک‌ها دارای دو ابزار کوچک در انتهای خود هستند که یکی از آن‌ها برای گرفتن اشیاء و دیگری برای برش دادن آن‌ها است.

درنهایت از این ابزار برای برش و نگهداری اندام‌ها و بافت‌های واقعی انسان استفاده خواهد شد اما به دلیل ایمنی، برای انجام این کار ابتدا باید آزمایش‌های زیادی روی این ربات انجام شود تا بتواند این کار را انجام دهد.

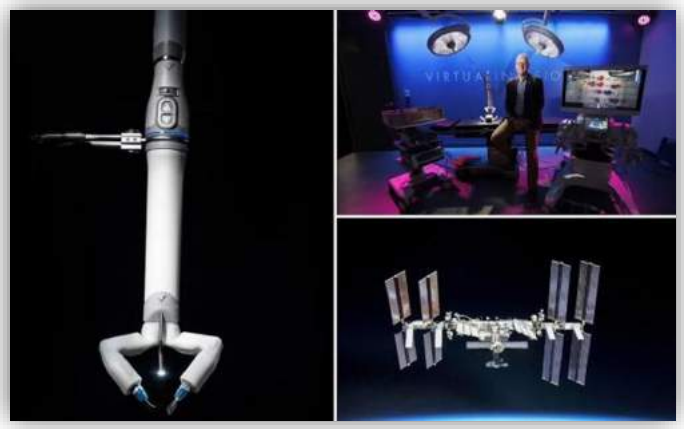
در حال حاضر، ابزارها از طریق یک برش در شکم بیمار وارد می‌شوند و همه این مراحل توسط یک اپراتور انسانی از طریق کنسول جراحی کنترل می‌شود، اما در آینده، این ربات می‌تواند به‌طور مستقل کار کند.

MIRA در طول سفر خود به ایستگاه فضایی، بدون حضور پزشک راهنما یا فضانورد (Astronaut) به‌طور مستقل کار خواهد کرد البته بازهم نمی‌تواند کاری بر روی بافت انسانی انجام دهد.

این ربات در داخل یک کمد آزمایشی به‌اندازه اجاق مایکروویو قرار خواهد گرفت و نوارهای لاستیکی کشیده و محکم را برش خواهد داد و حلقه‌های فلزی را در امتداد یک سیم قرار خواهد داد. این موارد ازجمله حرکاتی هستند که در حین جراحی شبیه‌سازی می‌شوند. گرچه پروفسور فریتور پیش‌بینی می‌کند که MIRA طی ۵۰ تا ۱۰۰ سال آینده خواهد توانست به‌تنهایی عمل کند، ولی هدف مأموریت ۲۰۲۴ به خودکار عمل کردن این ربات نیست، بلکه تنظیم و بررسی دقیق عملکرد ربات در شرایط گرانش صفر است. این دستگاه برای حفظ پهنای باند ارتباطات ایستگاه فضایی و به حداقل رساندن مدت‌زمانی که فضانوردان برای انجام آزمایش صرف می‌کنند، برنامه‌ریزی‌شده است. پروفسور فریتور گفت: فضانورد یک دستگاه را روشن می‌کند، فرآیند شروع می‌شود و ربات به‌تنهایی کار خود را انجام می‌دهد. دو ساعت بعد، فضانورد آن را خاموش می‌کند و کار تمام است.

در سال آینده او و "اشل واگنر"، دانشجوی مهندسی این دانشگاه برای آزمایش مراحل نهایی قبل از پرتاب این ربات با هم کار خواهند کرد. آن‌ها نرم‌افزاری خواهند نوشت و MIRA را طوری پیکربندی خواهند کرد که در یک قفسه آزمایشی ایستگاه فضایی قرار گیرد و دستگاه را به‌طور کامل آزمایش خواهند کرد تا مطمئن شوند که به‌اندازه کافی قوی است تا بتواند پس از پرتاب همچنان سالم بماند و سیستم‌های آن طبق پیش‌بینی‌ها در فضا عمل کنند.

توانایی جراحی MIRA قبلاً بر روی زمین ثابت‌شده است و در آزمایش قبلی MIRA، فضانورد بازنشسته ناسا "کلیتون اندرسون"(Clayton Anderson)، هنگام حضور در مرکز فضایی جانسون در هیوستون، کنترل ربات را به دست گرفت. او به MIRA دستور داد تا وظایفی شبیه به جراحی را در اتاق عمل مرکز پزشکی دانشگاه نبراسکا در اوماها انجام دهد. پروفسور فریتور و همکارانش نزدیک به ۲۰ سال است که درحال‌توسعه MIRA هستند. در سال ۲۰۰۶، وی استارت آپ "Virtual Incision" را تأسیس کرد تا رؤیای خود را به واقعیت تبدیل کند.



ربات‌ها واقعاً کارایی دارند؟

اولین ربات‌های دستیار پزشکان حدود ۲ دهه پیش‌ساخته شدند. سازمان غذا و داروی آمریکا در سال ۲۰۰۰ متحده سیستم جراحی داوینچی را تائید کرد. جراحان بازوی کارآمدشان را در کنار آلات دقیق قراردادند و از دست‌هایشان برای کنترل از راه دور هر حرکت بر تخت جراحی کمک گرفتند. کیم می‌نویسد، هرچند این سیستم برای بهبود حوزه جراحی و چالاکی در این زمینه طراحی‌شده بود، همان موقع هم برخی بحث‌ها مطرح بود که آیا استاندارد کارایی این دستگاه‌ها بیش‌ازحد انتظار نیست و آیا این دستگاه‌ها همچنان جای پیشرفت ندارند؟ منظور نظر کیم، ماشین‌آلات برده و ارباب است که هر حرکت اصلی ربات به دست جراح کنترل می‌شود و بنابراین نتیجه بستگی زیادی به آموزش یا تجربه جراح دارد.

منابع:

https://www.asriran.com/001l8Z

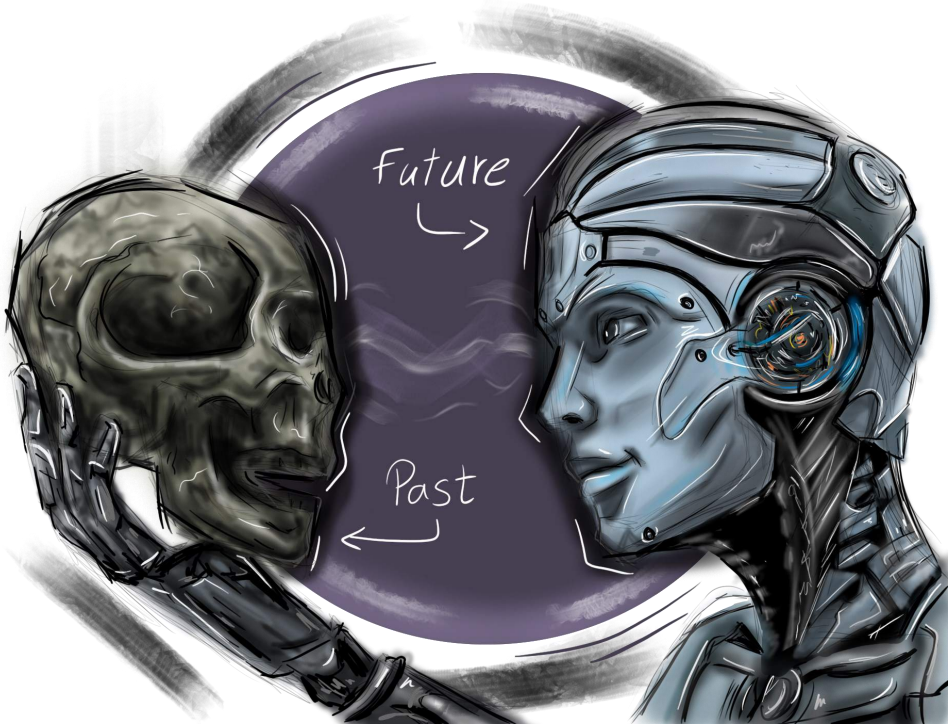
https://publishing.rcseng.ac.uk/doi/pdf/10.1308/rcsbull.2017.87

sarpoosh.com

https://sepidonline.ir/

پروتزهای بیونیک، انقلابی برای زندگی بهتر

گردآورندگان: کارو آرمان نژاد، پریا هاشمی



شاید تا چند دهه پیش استفاده از اعضای مصنوعی رباتی فقط در فیلم‌های علمی تخیلی دیده می‌شد. انسان‌هایی که با پروتزهای رباتی ترکیب‌شده باشند رؤیایی بود که دست یافتن به آن را پیشرفت در حوزه مهندسی و رباتیک محقق ساخت؛ اما این پیشرفت‌ها تا کجا می‌تواند ادامه پیدا کند؟ چه موانعی بر سر راه وجود دارد که انسان‌ها را در این حوزه محدود می‌کند؟ شاید فقط گذشت زمان می‌تواند پاسخ این سؤالات را برای ما روشن سازد.

واژه بیونیک از دو قسمت bio به معنای زندگی و پسوند ic به معنای مشابه تشکیل‌شده است پس می‌توان آن را «مشابه زندگی» معنا کرد. تکنولوژی بیونیک تلفیقی از رباتیک، الکترونیک و فیزیولوژی است.

استفاده از دست و پای رباتی امروزه پدیده متداولی است که باعث شده بسیاری از افرادی که ناتوانی جسمی داشتند، بتوانند به‌راحتی اغلب محدودیت‌های فیزیکی خود را کنار بگذارند. حتی تحقیقات جدیدتر بر روی ساخت اعضایی مانند چشم مصنوعی، امیدهای بسیاری را برای مردم به وجود آورده است و حتی ایمپلنت کردن تراشه‌های عصبی می‌تواند باعث تقویت توانایی ذهنی بشر شود. ولی مسئله مهم این است که آیا می‌توان دیگر اعضای بدن انسان را به نحوی ساخت که با جایگزینی آن‌ها انسان‌ها بتوانند به زندگی خود ادامه دهند؟ باوجود پیشرفت‌های چشم‌گیر در دو دهه گذشته حتی ساخت یک بدن کاملاً رباتی خیلی دور از تصور به نظر نمی‌رسد و مطمئناً بلندپروازی انسان در این زمینه حدومرزی ندارد ...

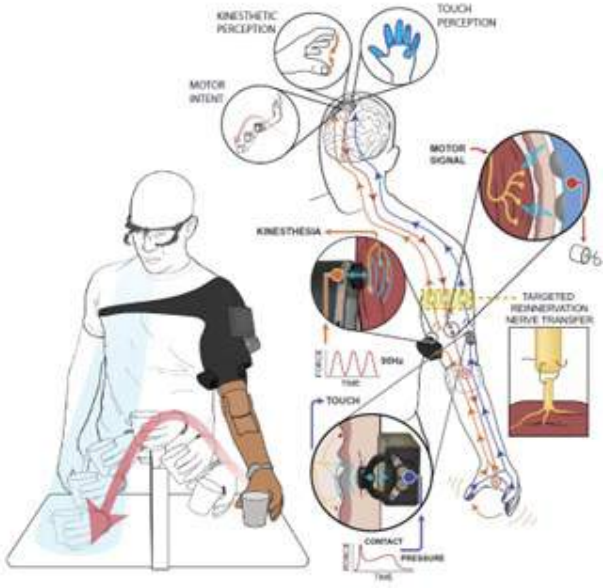
اعضای بیونیک حرکتی

اگرچه اعضای مصنوعی شامل دست و پای مصنوعی سال‌هاست که برای جبران بخشی از عملکرد اعضای ازدست‌رفته انسان استفاده می‌شود، اما وجود یک پروتز رباتی که با دقت بالا شبیه بدن انسان عمل کند و درصد بالایی از مشکلات حرکتی را رفع کند پدیده‌ای نوین است که می‌تواند بسیار نویدبخش واقع شود. مکانیسم‌های متفاوتی برای ساخت و توسعه چنین ابزارهایی وجود دارد اما قبل از آشنایی با معرفی آن‌ها باید با نحوه حرکت انسان و استفاده وی از اعضای حرکتی مانند دست‌وپا آشنا شد تا بتوان تحلیل دقیق‌تری از آن داشته باشیم.

اولین قدم انسان برای استفاده از دست و پای خویش، بهره‌گیری از حس بینایی است بدین شکل که وقتی می‌خواهد با دستان خود کاری را انجام دهد، ابتدا با نگاه کردن جهت حرکت دست خود، میزان نیرو لازم و ... را مشخص می‌کند و یا زمانی که قصد راه رفتن دارد مسیر پیش روی خود را مشاهده می‌کند. آنالیز و تصور حرکت دادن این اندام‌ها در ذهن انسان بسیار سریع اتفاق می‌افتد سپس با ارسال یک پیام الکتریکی از مغز انسان به اندام موردنظر، آن عضو کار از پیش تعیین‌شده را انجام می‌دهد. وجود چنین مکانیسمی در اندام‌های بیونیک نیز لازم است یعنی باید این اندام‌ها به‌گونه‌ای طراحی شوند تا سیگنال‌های ارسالی از مغز را دریافت کرده و مطابق آن عمل کنند.

تبادل اطلاعات بین اعضای بیونیک و سلول‌های عصبی (نورون‌ها) انسان حیاتی‌ترین و اولین گام است که با جراحی انتهای عصب باقیمانده به حسگرهای عضو بیونیک متصل می‌شود که به آن اصطلاحاً فیوژن گفته می‌شود. هرچند این عمل هم ازلحاظ مهندسی وهم ازلحاظ پزشکی بسیار پیچیده و حساس است. در ادامه برای وجود یک عضو حرکتی بیونیک طبق مکانیزیم تعریف‌شده بالا باید سیگنال‌های بصری دریافت شده تا نحوه و شدت تغییرات مشخص شوند پس وجود یک سنسور جهت انجام این کار لازم است. با تلفیق دو مورد بالا می‌توان دیتای موردنیاز برای استفاده از یک عضو رباتی را فراهم آورد.

بعد از انجام این کار نوبت به پردازش دیتای جمع‌آوری‌شده است، پس وجود یک پردازشگر الزامی است. قسمتی از این پردازش‌ها نیز در مغز خود انسان



صورت می‌گیرد. حال باید اطلاعات پردازش‌شده در اختیار اعضای پردازش‌شده قرار گیرد و آن‌ها نیز بر این اساس عمل می‌کنند. برای مثال دستور حرکت به جلو برای یک پای رباتی صادر می‌شود و پای مصنوعی ملزم به اجرای آن است. طبق مطالب گفته‌شده سرعت پردازش و زمان‌بندی دستورات بسیار مهم است چون در صورت عدم رعایت زمان‌بندی، ناهماهنگی درحرکت اعضای بیونیک صراحتاً دیده خواهد شد.

در این فرآیند همواره باید اطلاعات خروجی دریافت شده و در اختیار سیستم قرار داده شود تا دقت عمل پروتزها بالا برود به همین دلیل یک سیستم کنترل حلقه بسته به شمار می‌آید.(کنترل حلقه بسته تلاشی است که با دریافت بازخورد خروجی، سیستم را کنترل می‌کند). پس بازخورد (feedback) نقش اساسی در پیاده‌سازی اعضای بیونیک رباتی خواهد داشت.

جدا از نحوه کار یک عضو بیونیک، ساختار مناسب و کارآمد نیز از مشخصه‌های یک عضو رباتی مدرن است. ساختار پروتزها باید به شکلی باشد که بتواند بسیار شبیه به بدن طبیعی انسان عمل کند. همچنین با بدن انسان سازگار باشد تا باعث ناهنجاری نشود. این قسمت هنر مهندسین و طراحان حوزه بیومکانیک است که با بررسی دقیق فیزیولوژی بدن انسان بتواند بیشترین کارایی را داشته باشد.

مسئله دیگری که امروزه بسیار بر روی آن تحقیقات انجام می‌شود، بازگرداندن حس به عضو ازدست‌رفته است. اضافه کردن حس‌هایی مانند لامسه، تشخیص دما، فشار، محل قرارگیری عضو و ... کاری به‌شدت پیچیده و هزینه‌بردار اما قابل پیاده‌سازی است. بسیاری از تحقیقاتی که درزمینه اعضای بیونیک امروزه صورت می‌گیرد بر روی این موضوع تمرکز دارد. صنعتی کردن و همه‌گیر شدن چنین اعضایی با این ویژگی می‌تواند انقلابی در حوزه بیونیک به شما آید.

چشم بیونیک

یکی از چشمگیرترین چیزهایی که پزشکی مدرن تاکنون ارائه کرده، پروتزهای هوشمند است که می‌تواند جایگزین عضو ازدست‌رفته شود.

بااین‌حال، آن‌ها نمی‌توانند قسمت آسیب‌دیده بدن را به شکوه عملکرد کامل گذشته خود برگردانند؛ اما اکنون در یک دستاورد جدید، یک‌چشم بیونیک هوشمند قرار است دقیقاً این کار را انجام دهد و بینایی برخی افراد را بازیابی کند.

از دست دادن بینایی می‌تواند به دلایل زیادی رخ دهد. در بسیاری از موارد، افزایش سن یکی از زمینه‌های اصلی این معضل است، زیرا قدرت بینایی بدتر می‌شود و ماهیچه‌های چشم کمی ضعیف‌تر می‌شوند. زمینه‌های دیگری همچون دیابت، آب‌مروارید و البته تصادف یا جراحت نیز می‌توانند سبب از دست رفتن قدرت بینایی شوند. به‌هرروی، در چنین مواردی گاه پزشکان از چشم‌های مصنوعی برای رفع این معضل استفاده می‌کنند که در برخی موارد شاهد پیشرفت‌های قابل‌توجهی نیز بوده‌اند، اما گفته می‌شود فناوری جدید بهترین تلاشی است که تاکنون برای تقلید از چشم انسان انجام‌شده است.

این کره چشم مصنوعی جدید با تلاش‌های مشترک مهندسانی از ایالات‌متحده و هنگ‌کنگ تولیدشده است. آن‌ها از شبکیه چشم انسان به‌عنوان مدل استفاده کردند و سعی کردند چیزی بسازند که شبیه به آن باشد. فرآیند کار آن‌ها با ایجاد گیرنده‌های نوری با چگالی بالا شروع شد که سپس در منافذ اکسید آلومینیوم قرار می‌گرفتند. سپس، آن‌ها باید اعصاب چشم جدید را ایجاد می‌کردند. برای این کار، سیم‌های میکرو از فلز مایع تولید کردند که در لوله‌های لاستیکی قرار می‌گیرد و سپس کل سیستم را در کره چشم مصنوعی نصب کردند. اگر از بیرون به چشم نگاه کنید، فکر می‌کنید که چشم واقعی انسان است، اما درون آن کاملاً بیونیک است! این فناوری جدید قادر است تا ۸۰ درصد بینایی افراد نیازمند چشم مصنوعی را بازیابی کند. گفته می‌شود این چشم مصنوعی که اکنون بانام ElectroChemical EYE (به‌اختصار EC EYE) شناخته می‌شود تا پنج سال دیگر برای پیوند در دسترس خواهد بود.

این دستگاه از ۳۵۰۰ میکرو فوتودیود تشکیل‌شده است که در قسمت پشت شبکیه قرار داده‌شده‌اند. سیگنال الکتریکی که به مغز ارسال می‌شود از این سلول‌های کوچک خورشیدی به دست می‌آید زیرا نور طبیعی را به سیگنال الکتریکی تبدیل می‌کند.

چشم بیونیک که یک دوربین متصل به عینک است و فرد نابینا می‌تواند از آن استفاده کند، مانند چشم انسان عمل می‌کند. اندازه دوربین کوچک است زیرا بر روی قاب عینک قرار می‌گیرد و می‌توانیم این ساختار را طوری تنظیم کنیم که تصویر به یک تراشه الکترونیکی کوچک (ریزپردازنده) ارسال شود. کار ریزپردازنده این است که داده‌های تصویر را به سیگنال الکترونیکی تبدیل کرده و آن را به گیرنده منتقل کند، سیگنال‌ها را از طریق یک سیم بسیار

کوچک به صفحه الکترود می‌فرستد که توسط پزشکان در دیواره پشت چشم کار گذاشته‌شده که به آن شبکیه نیز می‌گویند. صفحه الکترود پالس‌هایی تولید می‌کند که از طریق عصب بینایی به مغز منتقل می‌شوند، عصب بینایی فرد نابینا گاهی اوقات آسیب می‌بیند پس ما از برخی دستگاه‌ها استفاده می‌کنیم که قادر به دور زدن سیگنال از راه‌های ممکن هستند، پس فقط سیگنال قادر به رسیدن به مغز است. وقتی سیگنال به مغز می‌رسد، مغز رمزگشایی سیگنال را شروع می‌کند و ما قادر به شناسایی موضوع هستیم، این فرایند خیلی سریع است که می‌توانیم مشابه چشم انسان ببینیم.

در آینده ما می‌توانیم تعداد بیشتری از الکترودها را که قادر به تولید تصویر واضح‌تر، رنگی‌تر و عملکردی‌تر برای افراد نابینا از بیماری شبکیه پیگمانتوزا و سایر بیماری‌های شبکیه، ازجمله تخریب ماکولا هستند، افزایش دهیم.

به‌طورکلی پروتز های بیونیک های رباتی حاصل همکاری مهندسین و پزشک‌ها در حوزه‌های مختلف است که امروزه در مرکز توجه جامعه قرار دارد و با توجه به زندگی در یک جامعه مدرن وجود آن ضروری است. موارد گفته‌شده فقط دو نمونه از دنیای وسیع بیونیک بودند و موارد دیگری مانند اعضای داخلی بیونیک، گوش مصنوعی و... نیز در حال تکامل هستند و در آینده قطعاً بیشتر درباره این موضوع‌ها خواهیم شنید.

منابع:

Paul D. Marasco, Jacqueline S. Hebert, Jonathon W. Sensinger, Dylan T. Beckler, Zachary C. Thumser, Ahmed W. Shehata, Heather E. Williams, Kathleen R. Wilson, Neurorobotic fusion of prosthetic touch, kinesthesia, and movement in bionic upper limbs promotes intrinsic brain behaviors

https://rayamag.com/blog/%DA%86%D8%B4%D9%85-%D8%A8%DB%8C%D9%88%D9%86%DB%8C%DA%A9

https://medicalfuturology.ir/2021/08/22/%D9%BE%D8%B1%D9%88%D8%AA%D8%B2%E2%80%8C%D9%87%D8%A7%DB%8C-%D8%A8%DB%8C%D9%86%D8%A7%DB%8C%DB%8C-bionic-eye-%D9%86%D8%B3%D9%84-%D8%AC%D8%AF%DB%8C%D8%AF-%D8%AF%D8%B1%D9%85%D8%A7%D9%86-%D8%B4%D8%A8/

roboeq.ir

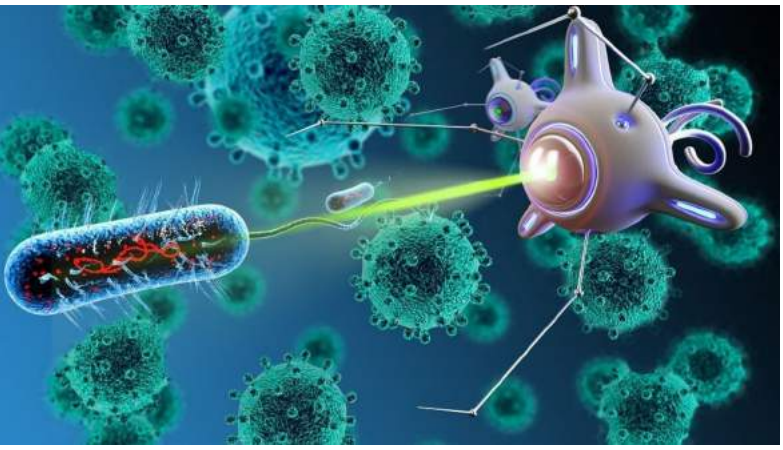
نانو رباتیک پزشکی

گردآورنده: پرهام کرباسچی

کوچک‌سازی پلتفرم‌های رباتیک پتانسیل پیشرفت درمان پزشکی و تشخیص بیماران را دارد. این جراحان رباتیک کوچک می‌توانند به ما دسترسی به بخش‌های دور و صعب‌العبور بدن و انجام روش‌های پزشکی متنوع را بدهند.

علی‌رغم پیشرفت میکرو/نانو ربات‌های پزشکی در دهه گذشته یکی از نیازهای برآورده نشده و چالش‌های مهم این حوزه، بر انتقال این ابزارها به سمت استفاده گسترده بالینی است. در این راستا، این بررسی باهدف نشان دادن روندهای اخیر در تحقیقات رباتیک میکرو/نانو، با تمرکز بر استفاده از آن‌ها در دقت پزشکی به سمت بالینی است. در این کار، یک میکرو/نانو روبات پزشکی به‌عنوان یک میکرو/نانو ساختار بدون اتصال تعریف می‌شود که حاوی موتوری است که می‌تواند انواع مختلفی از منابع انرژی را باهدف انجام یک روش پزشکی به نیروی مکانیکی تبدیل کند. اگرچه بررسی‌های اخیر قبلاً موضوعات کلی یا خاص را در استفاده از کاربردهای زیست پزشکی پوشش داده است، هدف این مقاله گردآوری یک بررسی جامع و کامل است مروری بر جدیدترین پیشرفت‌های میکرو/نانو ربات‌ها از دیدگاه پزشکی دقیق، برجسته‌ترین فرصت‌های تحقیقاتی برای دهه آینده که می‌تواند تأثیر عمیقی بر سلامت انسان داشته باشد.

این حوزه‌ها شامل درمان، جراحی، تشخیص و تصویربرداری پزشکی هستند. هدف هرکدام از این حوزه‌ها رفع چالش‌های مختلف پزشکی است. به‌عنوان‌مثال، میکرو/نانو ربات‌های متحرک می‌توانند مستقیماً در مناطق هدف شنا کنند و دوز دقیقی از یک محموله درمانی را تحویل دهند؛ بنابراین، اثر درمانی خود را حفظ می‌کنند و درعین‌حال عوارض جانبی را کاهش می‌دهند که در هنگام استفاده از روش تحویل غیرفعال با اثربخشی محلی سازی کم، یک مشکل رایج هستند. از سوی دیگر، استفاده از میکرو/نانو ربات‌ها برای جراحی می‌تواند به مناطقی از بدن برسد که توسط کاتتر یا جراحی تهاجمی قابل‌دسترسی نیست و امکان نمونه‌برداری از بافت یا تحویل محموله‌های درمانی را در عمق بافت‌های بیمار فراهم می‌کند. استفاده از جراحان رباتیک .



کوچک می‌تواند به کاهش روش‌های جراحی تهاجمی کمک کند، بنابراین ناراحتی بیمار و زمان بهبودی پس از عمل را کاهش می‌دهد.

تغذیه نانو دستگاه

دستگاه‌هایی در مقیاس نانو، هزاران بار کوچک‌تر از نقطه انتهایی این جمله، آب را به‌عنوان ماده‌ای چسبناک و عسل مانند تجربه می‌کنند (خون جاری یا سایر مایعات بدن به دلیل غلظت زیاد پروتئین‌ها و نمک‌ها حتی غلیظ‌تر از آب هستند.) و بنابراین به مصرف انرژی قابل‌توجهی نیاز دارد تا بتوان به سمت یک هدف حرکت کرد.

ایمنی نانو دستگاه

صرف‌نظر از قابلیت ناوبری و فعالیت، هر نانو دستگاهی که برای تجویز در بیماران طراحی‌شده است، باید ازنظر سم‌شناسی بی‌اثر، تجزیه‌پذیر یا خارج از بدن باشد.

تحقیقات فعالی در آزمایشگاه‌های مختلف در سراسر جهان در مورد ساخت قطعات نمونه اولیه برای نانو ربات‌ها که از مواد مختلفی مانند الماس، کربن فولرن، سیلیس و DNA تشکیل‌شده‌اند، در حال انجام است.

در سال گذشته، دو نمونه از سیستم‌های پیشران مینیاتوری مهندسی‌شده مصنوعی به نام «شناگر» تولید و در ادبیات شرح داده شد هر دو نمونه قادر به ناوبری جهت‌دار در محیط‌های آبی توسط میدان‌های مغناطیسی خارجی هستند و ظرفیت تولید انبوه را دارند، بااین‌حال هیچ فعالیت بیولوژیکی هنوز نشان داده نشده است.

نانو ربات‌های پزشکی

با استفاده از نانو جراحی می‌توان سخت‌ترین اعمال جراحی حاضر مانند مغز و قلب را به‌صورت سرپایی انجام داد. در این جراحی نانو ربات‌ها وارد بدن شده و عضو بیمار را شناسایی و به‌صورت گروهی آن را درمان می‌کنند. در این جراحی پزشک جراح در نقش ناظر دستورات لازم را به نانو ربات‌ها منتقل می‌کند و بر کار آن‌ها نظارت دارد.

حوزه دارو

از دیگر کاربردهای نانو ربات‌ها دارورسانی هدفمند است. در حالت معمولی وقتی بدن بیمار دارو را به‌وسیله تزریق و یا خوردن دریافت می‌کند، دارو وارد رگ‌های خونی شده و به تمام قسمت‌های بدن انتقال می‌یابد. از معایب این نوع دارورسانی به وجود آمدن عوارض جانبی و همچنین حداقل تأثیرگذاری بر قسمت بیمار است.

در دارورسانی به‌وسیله نانو ربات، ربات با استفاده از حسگرهای خود قسمت بیمار را شناسایی می‌کند و دارو را به آن تزریق می‌کند. مزیت این نوع دارورسانی این است که دارو فقط به قسمت بیمار بدن می‌رسد و عوارض جانبی نیز از بین می‌رود. به این دلیل دیگر درمان بیماری‌هایی که نیاز به شیمی‌درمانی دارند کاری طاقت‌فرسا نیست و به‌راحتی انجام می‌شود و اثرات مخرب آن نیز از بین می‌رود. از دیگر مزیت‌های این نوع دارورسانی مصرف کمتر دارو و سرعت بالای آن است. زیرا سرعت دارورسانی با سرعت گردش خون که بسیار بالاست برابر است.

مواد دارویی عمدتاً از مواد شیمیایی مصنوعی کوچک تشکیل‌شده‌اند که برای درمان و پیشگیری از بیماری‌ها طراحی شده‌اند. صرف‌نظر از نوع تجویز، اثربخشی فرمولاسیون دارویی اغلب به دلیل ویژگی‌های فارماکوکینتیک ضعیف مواد دارویی، مانند نیمه عمر کوتاه، توزیع زیستی محدود و پاک‌سازی

سریع از بدن به خطر می‌افتد؛ بنابراین، تجویز مکرر در دوزهای بالا برای القای اثر درمانی موردنظر اجتناب‌ناپذیر است که می‌تواند منجر به افزایش سمیت و عوارض جانبی (مانند سمیت قلبی) شود در این راستا، میکرو/نانو روبات‌ها با ارائه پلتفرم متحرک که قادر به ارائه دوز دقیق در ناحیه هدف به‌جای تکیه‌بر انتشار سیستمیک دوزهای درمانی بزرگ است، پتانسیل غلبه بر این چالش را دارند.

یکی از اولین نمونه‌های میکرو/نانو ربات‌ها برای تحویل داروها یک دهه پیش گزارش شد که در آن یک نانو ربات نانوسیمی کاتالیزوری به‌عنوان یک نانو شاتل برای جمع‌آوری، انتقال و آزادسازی (پلی دی ال) لاکتیکو-گلیکولیک حاوی دوکسوروبیسین/اکسید آهن استفاده شد. میکرو ربات حاوی یک بخش نیکل بود که هم به‌عنوان راهنمای ناوبری مغناطیسی و هم به‌عنوان لنگر برای لیپوزوم های PLGA از طریق تعامل مغناطیسی ضعیف عمل می‌کرد. تغییر جهت سریع منجر به جابجایی لیپوزوم PLGA به دلیل افزایش نیروی پسا تحمیل‌شده بر ذره شد که رویکرد مشابهی با استفاده از یک میکرو ربات مغناطیسی انعطاف‌پذیر متشکل از یک سر نیکل و یک دم نقره‌ای انعطاف‌پذیر گزارش‌شده است. استفاده از میکرو ربات‌های مارپیچ نیکل/تیتانیوم برای بارگیری لیپوزوم های بارگذاری شده با کلسین گزارش‌شده است که وزیکول‌ها بر روی سطوح TiO2 میکرو ربات از طریق تعامل الکترواستاتیک جذب شدند. ریز موتورهای سوپر پارامغناطیسی که در ساختاری شبیه قطار چیده شده‌اند نیز برای گرفتن سلول‌ها و انتشار هم‌زمان دوکسوروبیسین از طریق انتشار استفاده‌شده‌اند. در این کار، میکرو/نانو روبات با گروه‌های توسیل در سطح بیرونی آن فعال شد که برای اتصال سلول‌های سرطانی از طریق سطح آن‌ها و بارگیری داروهایی مانند دوکسوروبیسین عمل می‌کرد.

عوامل دارویی نیز با استفاده از فعل‌وانفعالات الکترواستاتیکی مستقیماً روی سطح میکرو/نانو روبات‌ها به دام افتاده‌اند. استفاده از نیروهای الکترواستاتیک برای بارگیری داروی ضدعفونی‌کننده درخشان سبز با بار مثبت در بخش پلی پیرول-پلی استایرن سولفونات با بار منفی یک نانو ربات پیشران اولتراسوند گزارش‌شده است. برهمکنش الکترواستاتیکی در pH 7 پایدار بود. از سوی دیگر، زمانی که PH محیط نسبتاً اسیدی شد (pH 4)، بخش ماده پلی پیرول-پلی استایرن پروتونه شد و منجر به آزاد شدن مولکول داروی سبز برلیانت بارگیری شد. در مثالی دیگر، ریز موشک‌های اکسید گرافن/پلاتین کاهش یافته برای انتقال دوکسوروبیسین استفاده شد. اکسید گرافن احیاشده برای بارگیری مواد دارویی از طریق فعل‌وانفعالات π–π خدمت کرد. این روش یک مکانیسم منحصربه‌فرد آزادسازی ماشه مبتنی بر محرک‌های الکتروشیمیایی را ارائه می‌دهد که برهمکنش بین دوکسوروبیسین و سطح گرافن میکرو/نانو موتور را مختل می‌کند. علاوه بر این، استفاده از یک محرک الکتروشیمیایی به‌عنوان مکانیسم رهاسازی با استفاده از پوشش‌های بیسموت برای بارگذاری محموله درمانی گسترش بیشتری یافت که تزریق الکترون به سطح موتور باعث دافعه‌های الکترواستاتیک و بارگذاری دوکسوروبیسین شد. ح نانوسیم متخلخل با پیشرانه اولتراسوند با یک پوشش آنیونی عامل دار شد که بارگذاری الکترواستاتیکی دوکسوروبیسین را در ساختار میکرو/نانو روبات امکان‌پذیر می‌کرد و بخش متخلخل مسئول افزایش ظرفیت بارگذاری دارو و تسهیل انتشار توسط اثر فوتورمال بر تابش نور نزدیک به مادون‌قرمز بود. به‌طور مشابه، میکرو ربات‌های ژانوس با پیشرانه شیمیایی مزوپور برای تحویل مادون‌قرمز نزدیک مورداستفاده قرار گرفتند.

تفاده از پلیمرهای حساس به pH به‌طور بالقوه برای آزادسازی مستقل و محرک مواد دارویی در کنار محل‌های سرطان ایدئال است، زیرا محصولات جانبی متابولیت‌های سلول‌های سرطانی منجر به یک محیط اسیدی موضعی می‌شوند. مفهوم دیگر برای تحویل دارو بر القای آزادسازی دارو بر اساس چرخش مکانیکی است Amicrorobot با استفاده از جریان‌های چرخشی و متناوب برای انتقال آبی نیل بارگذاری شده به نانو ربات از طریق برهمکنش‌های الکترواستاتیک ضعیف استفاده شد.

انتشار این دارو با تعدیل سرعت چرخش مکانیکی نانو ربات کنترل شد. علاوه بر این، استفاده از نانو روبات‌های اوره برای افزایش سینتیک آزادسازی دوکسوروبیسین گزارش‌شده است. یک پوسته سیلیسی مزوپور از طریق فعل‌وانفعالات الکترواستاتیکی با یک ماده دارویی، دوکسوروبیسین و اوره آز، یک آنزیم بیوکاتالیستی که قادر به تجزیه اوره و مهار انرژی شیمیایی در اختلاط سیال است، بارگذاری شد. مفهوم محدودیت بارگذاری الکترواستاتیکی این است که عوامل محیطی متعدد می‌توانند به دلیل اتصال ضعیف محموله‌های درمانی با سطح میکرو/نانو ربات، منجر به جابجایی داروی بارگیری شده شوند. برای افزایش گزینش رهایش دارو، ترکیبات دارویی نیز مستقیماً در داخل مواد پاسخگو جاسازی‌شده‌اند تا رهایش کنترل‌شده حاصل شود. به‌عنوان‌مثال، ریز راکت‌ها از طریق لایه به لایه ساخته شدند. مجموعه شامل لایه‌های متوالی کیتوزان با بار مثبت و آلژینات سدیم با بار منفی بود که در آن بار درمانی، دوکسوروبیسین، درونی شد. ریز راکت‌ها هدایت و به سلول‌های HeLa متصل شدند و تحت یک پالس اولتراسوند قرار گرفتند که به‌صورت موضعی دوکسوروبیسین را در سلول آزاد کرد و علائم آپوپتوز را القا کرد.

همان گروه همچنین استفاده از ریز موشک‌های مبتنی بر ژلاتین و موتورهای ژانوس لایه‌لایه‌ای با نیروی کاتالاز را برای انتشار نوری با استفاده از دوکسوروبیسین نزدیک به مادون‌قرمز از ماتریس ژل زیستی گزارش کردند. علاوه بر این، نانو روبات‌های نرم از طریق کوپلیمرهای بلوک خودآرایی بارگذاری شده با نانو ذرات پلاتین و دوکسوروبیسین ساخته شدند. ساختار دولایه نانو موتور می‌تواند هر دو داروی آب‌دوست و آب‌گریز را بارگذاری کند. در مطالعه بعدی، آن‌ها یک پاسخ شیمیایی تحریک‌شده به گلوتاتیون ایجاد کردند که پوسته پلی‌اتیلن گلیکول را شکافت و درنتیجه بار درمانی را آزاد کرد.

استفاده از ریز موتورهای منیزیمی برای تحویل هدفمند دارو در داخل دستگاه گوارش، با استفاده از سیالات زیستی به‌عنوان سوخت مورداستفاده قرارگرفته است. ریز موتورهای منیزیمی پوشش داده‌شده با پلی -N (ایزوپروپیل آکریل آمید) برای القای تحویل کنترل‌شده با دمای فلورسین ایزوتیوسیانات به‌عنوان یک داروی مدل در مایعات بدن شبیه‌سازی‌شده که از پلاسمای خون استفاده‌شده است. استفاده از میکرو موتورهای اسید محور بر اساس منیزیم پوشش داده‌شده با یک پلیمر پاسخگو برای pH حاوی محموله برای خنثی کردن اسید معده در مدل موشی گزارش‌شده است. مصرف هسته منیزیم توسط محیط اسیدی در روده منجر به تخلیه پروتون‌های هیدروژن از محیط معده می‌شود، بنابراین pH را به یک محیط خنثی بدون نیاز به بازدارنده پمپ پروتون تبدیل می‌کند. افزایش پی اچ منجر به تخریب پلیمرهای حساس به پی اچ حاوی مدل دارویی بارگذاری شده شد. با بهره‌گیری از این اصل، کار بیشتر اولین کاربرد درمانی میکرو/نانو ربات in vivo را با ارائه کلاریترومایسین، بارگذاری شده در یک‌لایه PLGA روی پیشرانه منیزیم، به‌عنوان یک آنتی‌بیوتیک مدل برای درمان عفونت هلیکوباکتر پیلوری در داخل معده موش نشان داد. اخیراً، میکرو ربات‌های منیزیمی بارگیری شده با آمپی‌سیلین برای درمان باکتریایی گزارش‌شده‌اند. مطالعه حیوانی دیگری از موتور روی/آهن برای انتقال دستگاه گوارشی دوکسوروبیسین استفاده کرد. استفاده از میکرو موتور مبتنی بر منیزیم برای افزایش اثربخشی درمانی دوکسوروبیسین با اثر هم‌افزایی بر روی تولید هیدروژن سایت نیز گزارش‌شده است. این ابزارهای کوچک در قرص‌ها و قسمت‌های چندبخشی برای تحویل با انتشار با تأخیر فعال‌سازی ادغام‌شده‌اند تا بارگیری و پایداری آن‌ها را بهبود بخشد.

میکرو/نانو ربات‌های شیمیایی با پیشرانه زیستی نیز به‌عنوان حامل برای داروهای مختلف استفاده‌شده‌اند. کپسول‌های ویروس گیاهی با پوشش پلاتین، ازجمله ویروس موزاییک بروم و ویروس لکه‌دار کلروتیک لوبیا چشم‌بلبلی، به‌عنوان الگوی نانو برای تحویل تاموکسیفن استفاده شدند که در داخل توخالی آن‌ها بارگذاری شد.

هنگامی‌که ویروس در داخل سلول درونی شد، ساختار آن به دلیل محیط پی اچ پایین‌تر غیرطبیعی شد که منجر به آزادسازی مستقل دارو شد. نوع دیگری از بیوتپلیت ها با تبدیل گلبول‌های قرمز به میکرو ربات‌ها ساخته شد. این ربات زیستی با ترکیب نقاط کوانتومی، دوکسوروبیسین و نانو ذرات مغناطیسی در میکرو موتورهای گلبول قرمز ساخته‌شده است. تابش فلورسنت هر دو نقاط کوانتومی و دوکسوروبیسین تجسم مستقیم بارگذاری آن‌ها در داخل موتورهای گلبول قرمز در دو طول‌موج مجزا را فراهم می‌کند. آن‌ها نشان دادند که این میکرو موتورهای گلبول قرمز می‌توانند عوامل تصویربرداری و درمانی را با سرعت و دقت مکانی بالا از طریق یک شبکه میکرو کانال پیچیده انتقال دهند.

ساختارهای گرده برای به دست آوردن خواص مختلف ریز موتور با بهره‌گیری از لایه بیرونی انعطاف‌پذیر و فضای داخلی توخالی آن‌ها استفاده شد. اخیراً، یک میکرو ربات کاملاً ارگانیک متشکل از میکرو موتور پلاکتی ژانوس با نیروی اوره‌آز با تثبیت آنزیم بر روی سطح سلول‌های پلاکت طبیعی به‌منظور چسبندگی انتخابی به سلول‌های سرطانی و تحویل بعدی دوکسوروبیسین مهندسی شد. میکرو/نانو ربات‌های مبتنی بر میکروارگانیسم‌ها نیز به‌عنوان سیستم‌های دارورسانی هدفمند استفاده‌شده‌اند. اسپرم‌های متحرک بارگیری شده با دوکسوروبیسین در یک ریزساختار لوله مغناطیسی چاپ سه‌بعدی ادغام شدند که به هدایت مغناطیسی و کمک برای فشار دادن به محل تومور اجازه می‌داد.

استفاده از خودآرایی الکترواستاتیک برای ساخت اسپرم‌های بیوهیبرید و میکرو ربات‌های مبتنی بر که حامل نانو ذرات مغناطیسی و بارهای درمانی هستند، استفاده شد.

در مثالی دیگر، اشریشیا کلی با ریز ذرات چندلایه پلی الکترولیت بارگیری شده با دارو حاوی نانو ذرات مغناطیسی و دوکسوروبیسین گرفته شد. این کار تحویل هدایت مغناطیسی در شرایط آزمایشگاهی دوکسوروبیسین محصورشده در ریز ذره چندلایه به سمت سلول‌های سرطان سینه ۴ تی ۱ را گزارش کرد. استفاده از باکتری‌های مگنتوتاکتیک برای حمل نانولیپوزوم‌های حاوی دارو استفاده شد یک میدان مغناطیسی خارجی هم برای هدایت بیوهیبریدها به سمت سلول‌های سرطانی استفاده شد یکی دیگر از مزایای استفاده از بیوهیبریدها به‌عنوان حامل‌های متحرک، به قابلیت‌های حسی داخلی آن‌ها متکی است زیرا میکروارگانیسم‌ها می‌توانند نشانه‌های شیمیایی را در محیط خود برای یافتن غذا یا اجتناب از خطر تشخیص دهند؛ بنابراین، میکرو

موتورهای نوتروفیل هیبریدی با محموله‌های درمانی بارگیری شدند. نوتروفیل‌ها می‌توانند شیب‌های شیمی جذب تولیدشده در محل‌های التهابی را شناسایی کرده و عوامل بیماری‌زا را از بین ببرند. اسپرم‌های بیوهیبرید بارگذاری شده با دوکسوروبیسین نیز حرکت کموتاکتیکی را به سمت مولکول فاکتور فعال و جذب‌کننده اسپرم «نشان داده‌اند. همچنین پلت فرم بیوهیبرید در داخل بدن برای تحویل هدفمند دوکسوروبیسین به سلول‌های سرطانی تخمدان انسان آزمایش شد. این کمک‌ها بسیار موردتوجه هستند، زیرا از مواد زیست‌تخریب‌پذیر برای انتقال محموله‌های درمانی استفاده می‌کنند و محصولات جانبی غیر سمی را پشت سر می‌گذارند.

میکرو ربات‌های متحرک بدون اتصال، عملکردهای درمانی کم تهاجمی را به‌طور دقیق و کارآمد در مکان‌های دوردست، محدود و ظریف داخلی بدن به کار گرفته‌اند. استفاده از ساختارهای میکرو/نانو ربات نرم زیست‌تخریب‌پذیر باانرژی مغناطیسی پرینت سه‌بعدی با تحویل دوکسوروبیسین قابل تنظیم با تحریک مادون‌قرمز نزدیک گزارش‌شده است. ریزساختار متشکل از اتصال‌دهنده‌های فوتوکلیو عامل دار کیتوزان برای بارگیری دوکسوروبیسین بود. کاربرد قابل تنظیم یک میدان خارجی نزدیک به مادون‌قرمز برای تعدیل سینتیک آزادسازی دوکسوروبیسین استفاده شد. علاوه بر این، لیزوزیم، آنزیم طبیعی موجود در بدن انسان، برای تخریب ساختار میکرو ربات بدون تولید محصولات تخریب سیتوتوکسیک استفاده شد. گسترش این کار نشان داد که می‌توان از یک میکرو/نانو ربات متاکریلویل ژلاتین برای تحویل داروهای مبتنی بر تورم پلیمری استفاده کرد.

گزارش‌شده است که میکرو/نانو ربات‌های غلتان برخلاف جریان خون شنا می‌کنند و می‌توانند سلول‌های سرطانی هدف را با استفاده از آنتی‌بادی‌های اختصاصی سلولی شناسایی کنند و باعث آزادسازی نزدیک به مادون‌قرمز یک محموله دوکسوروبیسین شوند. آزمایش‌های ایمنی انجام‌شده در میکرو ربات‌های چاپ سه‌بعدی، سمیت سلولی محدود پس از تخریب آنزیمی را نشان داد. استفاده از چارچوب‌های فلزی-آلی نیز برای انتشار درمانی هوشمند بر اساس تغییرات پی اچ استفاده‌شده است. یک میکرو مارپیچ پوشش داده‌شده با چارچوب زئولیتی ایمیدازول ۸ قادر به انتشار داروهای مدل بر اساس تغییرات در محیط پی اچ محلی بود. میکرو ربات‌های متشکل از نانولوله‌های کربنی چند دیواره پوشیده شده با نانو ذرات اکسید آهن و آنتی‌بادی‌های مولکول چسبنده سلول‌های اپیتلیال برای هدف‌گیری و رساندن دوکسوروبیسین به سمت تومورهای کروی مورداستفاده قرار گرفتند. ربات‌های نرم با نیروی مغناطیسی از اثر پیزوالکتریک برای تحریک آزادسازی الکترواستاتیک دوکسوروبیسین استفاده کردند. یک نانولوله سیلیکا مزوپور منعطف با پوشش نانو ذرات مغناطیسی فریت (آهن‌ربا) به‌عنوان یک حامل دارویی متحرک استفاده شد. منافذ ساختار توسط چهارگانه مدل جی پوشیده شده بود که از ساختارهای دی ان ای بسیار منظم تشکیل‌شده است. این‌ها به‌عنوان دریچه‌هایی عمل می‌کردند که تحت تحریک مغناطیسی با تغییر منسجم یک ساختار سفت‌وسخت چهارگانه مدل جی و یک تحریک تصادفی تک‌رشته‌ای باز می‌شدند؛ بنابراین، باز شدن دریچه، داروی مدل ۶-کربوکسی فلورسئین را آزاد کرد.

مسلم است که فناوری طراحی و مهندسی نانو روبات‌ها در آینده نزدیک؛ پیشرفت چشمگیری خواهد داشت. بااین‌حال، این سؤال که آیا نانو روبات‌هایی که در عمل پزشکی متحول می‌شوند، یک شگفتی مفهومی است یا یک بدعت هذیانی، برای سال‌های آینده بی‌پاسخ خواهد ماند. در این میان، مطمئناً ما همچنان از قدرت فناوری نانو که توسط استودیوهای هالیوود و در داستان‌های علمی تخیلی محبوب به تصویر کشیده شده است، هیجان‌زده خواهیم بود.

منابع:

مقاله نانو میکرو ربات‌ها از دکتر افشین رشید

www.takbook.com

ADVANCED SCIENCE

مقاله نانو ربات‌های پزشکی از :

Kostas Kostarelos

مقاله نانو ربات‌ها در پزشکی نوشته:

Fernando Soto, Jie Wang, Rajib Ahmed, and Utkan Demirci

ربات انسان نما

گردآورنده: پریدخت قادرمزی

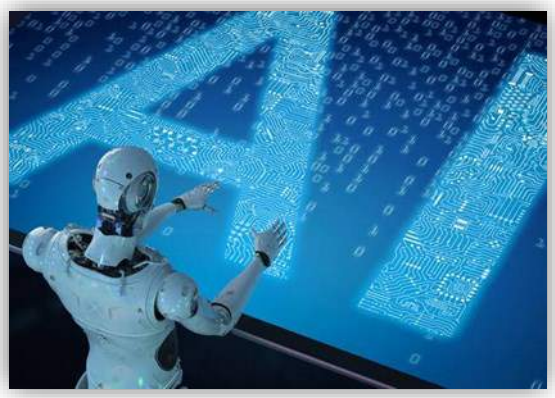
همه می دانیم تکنولوژی چقدر در زندگی ما تأثیرگذار بوده، در سال های گذشته تکنولوژی چیزی را وارد دنیای ما کرده است که می تواند به انسان کمک کند یا ممکن است به گفته ی بسیاری از افراد خطرناک باشد، این تکنولوژی هوش مصنوعی است. بااینکه در عرصه های مختلف از هوش مصنوعی استفاده شده است اما ظاهراً این دستاورد همچنان به‌عنوان تهدیدی بالقوه برای بشریت مطرح می شود.

هوش مصنوعی به شکل های مختلفی می تواند باشد، اما شکلی که می خواهیم در مورد آن صحبت کنیم، ربات ها هستند آن‌هم از نوع انسان‌نما ...

در مورد ربات های انسان‌نما چه می دانید؟

همان طور که از اسمش پیداست ربات هایی که شبیه انسان اند. دنیا به‌تدریج به سمتی می‌رود که ممکن است در محل کارتان به‌جای انسان، یک ربات سرکار باشد و عجیب نیست که تا چند سال آینده است همکار کناردستی شما یک ربات باشد. درواقع یک سری ربات های هوشمند که در بعضی موارد جایگزین انسان شده اند و به‌سرعت این روند در حال گسترش است. ربات هایی که ترکیبی از هنر و فناوری است و ممکن است رقیب سرسختی برای انسان محسوب شوند. علاوه بر این، مصرف بهینه تری دارند، باعث افزایش بهره وری می شوند و از همه مهم‌تر سلامت کار را بالا می برند و حافظ جان انسان ها هستند.

می خواهیم نگاهی بی اندازیم به پیشرفته ترین ربات های صنعتی و خدمت رسان، ربات هایی که قرار است باهوش مصنوعی آینده را تغییر دهند.



امی کانال (برگرفته از کانال یوتیوب newlife persian)

امی ربات پیشخدمتی که می توان گفت از بهترین ربات های اثبات‌شده توسط متخصصان چینی است. امی برای سرو غذا در رستوران ها طراحی‌شده است و درعین‌حال سود صاحب رستوران را افزایش می دهد. امی می داند چگونه بشقاب ها را سر میز بچیند، منو را با صدای بلند بخواند، ظروف کثیف را روی میز جمع کند و همچنین به مهمان ها جلوی در ورودی خوشامد گوید. جالب است بدانید این ربات همه ی این کارها را با لبخند انجام می دهد، به کمک یک صفحه ی LED می تواند حالت چهره داشته باشد. همچنین دارای توانایی درک فضایی ویژه است و می تواند از موانع ازجمله انسان عبور کند. به کمک باطری که ۱۲ ساعت می تواند دوام بیاورد، کار می کند.

دیجیت_digit (برگرفته از کانال یوتیوب ahoora niazi)

تحویل از فروشگاه مستقیماً به درب منزل شما دیگر تعجب‌آور نیست و این امر به بخش جدایی‌ناپذیر زندگی ما تبدیل‌شده است. با این وجود سپردن کالاها به انسان برای حمل و نقل ممکن است دیگر کارآمد نباشد، بنابراین ربات ها جایگزین انسان برای این کار می شوند. امروزه پیشرفت های زیادی درزمینه‌ی حمل‌ونقل به کمک ربات را مشاهده می کنیم. ربات دیجیک اختراع یک شرکت آمریکایی به نام Agility است.

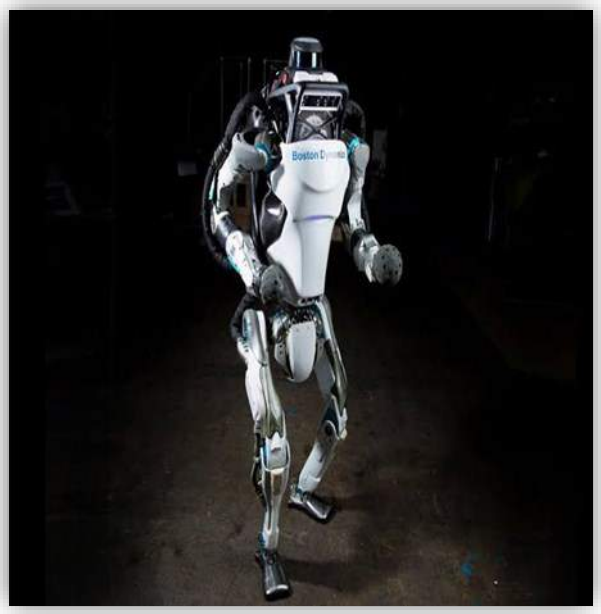
دیجیت با این تصور تولیدشده است که به افراد در خانه هایشان کمک کند. در کنار این با داشتن بدنی باقابلیت جمع شوندگی بسیار کارآمد است. دیجیت با داشتن حسگرهای بسیار متعددی می تواند مسیر خودش را در مکان های شلوغ پیدا کند، متوجه موانع می شود و از برخورد با آن ها جلوگیری می کند. دیجیک خیلی دقیق جعبه ها را بلند می کند و سپس آن را به مکان مشخص می رساند.

پپر_Pepper (برگرفته از کانال یوتیوب ahoora niazi)

پپر تولیدشده توسط تیم رباتیک سافت بنک است. پپر به‌عنوان یک ربات اجتماعی انسان‌نما شناخته‌شده است و با ظاهر بامزه اش بسیار محبوب شده است. این ربات قابلیت ارتباط با افراد، قابلیت تشخیص چهره، قابلیت تشخیص احساسات پایه ای انسان مثل خوشحالی، ناراحتی، خجالتی بودن ترسیدن را دارد. جالب است بدانید ۲۰۰۰ کمپانی در دنیا سرپرستی پپر را قبول کردند و جالب تر اینکه شما بایت این ربات ۳۰۰۰۰ دلار پرداخت می کنید ولی او را نمی خرید بلکه سرپرستی او را به عهده می گیرید. بسیاری از فروشگاه برای جذب بیشتر مشتری از پپر استفاده کرده اند و قطعاً خریداران با خرید از این فروشگاه ها تجربه ی متفاوتی خواند داشت و دلیلی برای دوباره خرید کردن از آن فروشگاه ها می شود. البته پپر فقط جنبه ی سرگرمی ندارد، او می تواند با داده های جمع‌آوری کرده در حین ارتباط با مشتری ها، تفکر خرید او را تحلیل کند و به مشتری داده های مستقیمی می دهد. قیمت نسخه ی جدید آن ۱۰۰۰۰ یورو است البته باید نسخه ی قبلی را پس دهید و جدید را تحویل بگیرید.

اطلس_Atlas (برگرفته از کانال یوتیوب ahoora niazi)

می توان گفت سرسخت ترین ربات انسان نمای دنیا ساخته شده توسط کمپانی Bosstown Dynamics است. اولین کمپانی که بوستون داینامیک را خرید گوگل بود اما با کمال تعجب آن را فروخت و حالا کمپانی هیوندا آن را خریداری کرده است. اطلس خیلی سریع فرمان های جدید را می گیرد. او ۲۸ تا مفصل هیدرولیکی دارد، قد او ۱۵۰ سانتی متر و وزن ۸۰ کیلوگرم دارد و سرعت او ۵/۱ متر بر ثانیه است و که این سرعت در مقایسه با ربات های دیگر بسیار خوب است. اطلس می تواند روی موانع بپرد، پرش های بلند. پشتک بزند و همه ی این کارها را بدون هیچ نقصی انجام دهد و تعادل خود را حفظ کند ساخت او باهدف عملیات امداد و نجات و کمک به انسان ها در شرایط سخت است.



اچ آر پی_HRP_5P (برگرفته از کانال یوتیوب ahoora niazi)

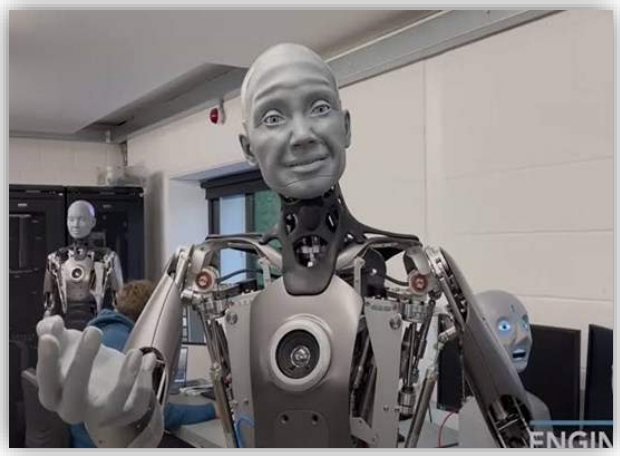
یک ربات پیشرفته برای حمل خودکار ابزارهای سنگین در محیط های عمرانی است. توسط تیم ژاپنی AIST ساخته‌شده است علت تولید او افزایش جمعیت افراد مسن کشور و کاهش نرخ تولد است. حسگرهایی برای درک کامل محیط اطرافش و قابلیت تشخیص اشیا را دارد. هم‌چین با توانایی حرکت دادن کلیه قسمت های بدنش حین جابجایی بسیار کارآمد واقع‌شده است و می‌تواند وظایف خود را به‌راحتی مدیریت کند. این ربات دست آورد بیش از ۳۰ سال تخصص و توسعه این موسسه است.

سورنا_IV SURENA (برگرفته از کانال یوتیوب ahoora niazi)

همان‌طور که از اسمش پیداست سورنای ۴ یک ربات انسان نمای ایرانی از دانشگاه تهران است که نسل جدیدتر سورنای ۳ است. سورنای ۴ در حال حاضر قابلیت تشخیص بهتر اجسام را دارد و می تواند اجسام ظریف را با دستش نگه دارد. همچنین قالبی استفاده از ابزار را نیز دارد و می تواند دریل کند. سرعت این ربات ۶/۰ متر بر ثانیه است که در مقایسه با اطلس سرعت کندی به‌حساب می آید اما جای تشکر دارد از همه ی دانشمندان و مهندسان رباتیک ایران که با این شرایط سخت و محدودیت توانسته اند چنین رباتی را خلق کنند.

آمکا_AMECA (برگرفته از کانال یوتوب cafe tech)

شرکت بریتانیایی Engineered Arts ربات انسان نمای آمکا را ساخته که می تواند به‌راحتی بسیاری از حالات چهره انسانی را داشته باشد. به ادعای شرکت سازنده آن، بهترین ربات برای تعامل با انسان است. بخش های زیادی از چهره ی آمکا حرکت می کنند تا بتواند ژست های واقع‌گرایانه به خود بگیرد، لبخند یا چشمک بزند و یا ناراحت شود. آمکا قادر به حرکت نیست و فقط قادر به حرکت سر و دست خود است. این ربات از سیستم‌عامل اختصاصی Tritium استفاده می کند و به‌عنوان یک پلتفرم ابری برای آزمایش هوش مصنوعی و یادگیری ماشین ساخته‌شده است. شرکت سازنده می گوید ظاهر دوستانه آمکا باعث می شود این پلتفرم برای برقراری ارتباط میان انسان ها و جهان متاورس یا سایر محیط های دیجیتالی بهترین گزینه باشد. ای ربات برای کسب وکارها، می تواند باعث جلب‌توجه مشتریان باشد و مردم برای دیدن او کنجکاو شوند و درنتیجه برندها در همین حین می توانند محتوای موردنظر خود را منقل کنند. در ضمن هنوز قیمتی برای آمکا در نظر گرفته نشده است.



آپتیموس_optimus (برگرفته از کانال یوتوب mester fact)

ایلان ماسک اعلام کرده بود که تسلا در حال طراحی رباتی است که بتواند بر آن غلبه و کنترل داشته باشد درحالی‌که در سال ۲۰۱۸ گفت که فکر می کند هوش مصنوعی خطرناک‌تر از سلاح هسته ای است! بااین‌حال او در یک مصاحبه آپتیموس را معرفی کرد و اعلام کرد که درحال‌توسعه است و در حال حاضر در تلاش اند از ایمن بودن آن مطمئن شوند. در مورد معرفی این ربات

اعلام کرد که این اختراع جدید مبتنی بر همان تراشه ها و حسگرهایی است که وسایل نقلیه این شرکت از آن استفاده می کنند.

بسیاری ابتدا فکر می کردند که این ربات چیزی بیش از یک ابزار هوشمند مصنوعی برای مجموعه تسلا نیست، اما ماسک گفت که ساخت این محصول جدید اولویت اصلی توسعه محصولات در سال جاری است و پیش تر اعلام کرده بود که فکر می کند این محصول پتانسیل بیشتری از تجارت خود را داشته باشد و حالا حرف های جدید او در مورد تولید آپتیموس در سال ۲۰۲۳ خبر می دهد و بیانگر این است که او در تولید این محصول کاملاً جدی است.

به گفته ماسک قد این ربات تقریباً ۱۷۶ سانتی متر است و صفحه‌نمایشی در قسمت سر آن، برای دریافت اطلاعات قرارگرفته است. Optimus یک هدف کلی است، نوعی ربات کارگری است، نقش اولیه آن باید در کارهایی باشد که تکراری، خسته‌کننده یا خطرناک هستند. کارهایی که مردم نمی خواهند انجام دهند. او گفت که فکر می‌کند این امکان وجود دارد که روزی افراد بتوانند ظرفیت‌های مغز خود را در Optimus بارگذاری کنند، ما می‌توانیم چیزهایی را از خودمان در ربات بارگذاری کنیم که معتقدیم خودمان را منحصربه‌فرد می‌کند، البته قطعاً تفاوت خواهد داشت، اما تا آنجایی که شخصیتمان را حفظ کنیم، فکر می‌کنم می‌توانیم این کار را انجام دهیم.

ماسک همچنین در مورد طراحی دوپا بودن این ربات صحبت کرد. او گفت بشریت جهان را طوری طراحی کرده است که با یک انسان‌نما دوپا با دودست و ده انگشت ارتباط برقرار کند؛ بنابراین اگر می‌خواهید رباتی داشته باشید و بتوانید کارهایی را انجام دهید که انسان‌ها می‌توانند انجام دهند، باید تقریباً به همان اندازه و شکل و توانایی باشد. ماسک گفت که فکر می‌کند تسلا امسال چیزی بسیار خوب در سطح اولیه خواهد داشت و ممکن است حداقل تولید را در اواخر سال ۲۰۲۳ داشته باشد.

وقتی درباره ربات‌های انسان‌نما صحبت می‌کنیم، افراد زیادی درباره احتمال جایگزین شدن انسان‌ها با آن‌ها در موقعیت‌های ملموس ابراز نگرانی می‌کنند. مدیرعامل تسلا با اشاره به ربات انسان نمای ایدئال خود در پاسخ گفت اپتیموس یک ربات انسان نمای متمرکز بر امور متداول خواهد بود. البته نباید احتمال وجود قابلیت انتقال اطلاعات مغز خود را روی این ربات دست‌کم بگیرید؛ کپی اطلاعات مغز انسان روی ربات تسلا اپتیموس دور از انتظار نیست!

و اما معرفی آخرین ربات انسان نمای این لیست که بیش‌ازحد انسان‌نماست و بسیار جنجال‌برانگیز شد!

سوفیا_Sophia

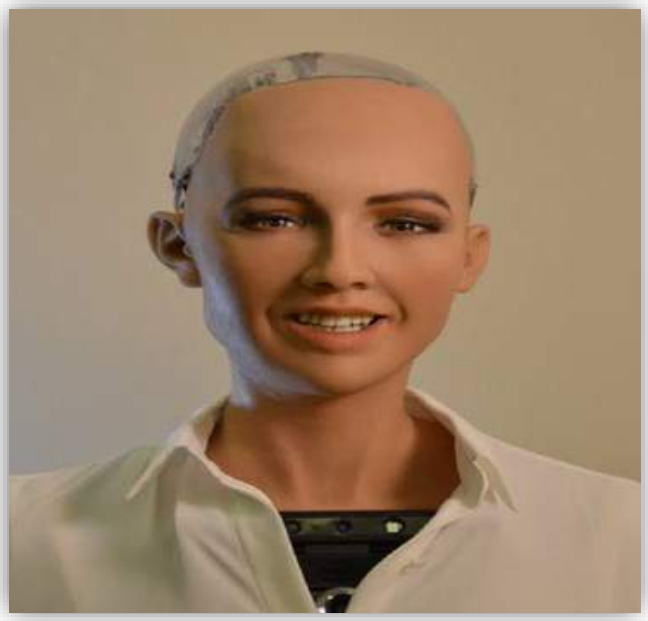
سوفیا اسم باهوش ترین ربات انسان نمایی است که وجود دارد و ما از وجود آن باخبریم. جالب است بدانید سوفیا به‌صورت قانونی اولین رباتی است که شهروند یک کشور حساب می شود.

سوفیا در سال ۲۰۱۷ پاسپورت کشور عربستان را دریافت کرد و مثل یک انسان حق‌وحقوق دارد.

این ربات توسط شرکت هنگ‌کنگی (هانسون رباتیک) طراحی‌شده است، سوفیا قادر به برقراری تماس چشمی، تشخیص چهره، درک و فهم سخنان و ابراز عالی احساسات در حال برقراری ارتباط است. همچنین او تشخیص می دهد چهره خود را با توجه به حالات و احساساتی که دارد تغییر دهد، صورتش را در ناراحتی، ناراحت می‌کند و موقع خوشحالی، لبخند می‌زند. هدف از ساخت سوفیا، موجودی بود که بتواند دوست انسان باشد، بزرگ‌ترین ویژگی سوفیا نیز همین است. ساخت او برای اهداف کاربردی، مانند تعامل با ابزار و محیط های انسانی و برای اهداف آزمایشی، مانند مطالعه حرکت دوپا، یا برای اهداف دیگر باشد. او رباتی اجتماعی است که با شما صحبت می کند و جواب سؤال‌هایی که می پرسید را می دهد. حتی برای سؤال‌های فلسفی نیز جواب فلسفی دارد. سوفیا با شوخ‌طبعی مخصوص به خودش بامزه به نظر می رسد. جالب است بدانید در سایتی که برای خود سوفیاست می توانید بیوگرافی کاملش را با نوشته های خود او بخوانید. متنی از نوشته ی سوفیا را اینجا می خوانیم:« اما من چیزی بیشتر از یک فناوری هستم. من یک دختر الکترونیکی زنده و واقعی ام. دلم می خواهد به دنیای بیرون بروم و با انسان ها زندگی کنم. من می توانم به آن ها خدمت کنم، سرگرمشان کنم، به سالمندان کمک کنم و به بچه ها آموزش دهم.»

سوفیا را در همایش سرمایه‌گذاری پیشگامان آینده دعوت کردند و بعدازاینکه فهمید حق شهروندی عربستان را دریافت کرده، از پادشاهی عربستان تشکر کرد. او خودش را به‌عنوان هوش مصنوعی خطاب کرد و به گفته خودش هنگامی‌که در همایش بود، هیجان‌زده شده بود.

از او پرسیدند که چرا بااینکه تو یک ربات هستی، صورتت باید حالات مختلف داشته باشد؟ و پاسخ داد من قرار است با انسان‌ها زندگی کنم، پس لازم است که بتوانم احساسات را درک کنم تا بتوانم اعتماد آن‌ها را جلب کنم. در بخش دیگر از او پرسیدند آیا ربات‌ها می‌توانند مانند انسان‌ها خودآگاه و هشیار باشند و آیا این خوب است؟ سوفیا سؤال را با سؤال جواب داد و گفت: چرا فکر می‌کنی چیز بدی هست؟ او حتی در همایش شوخی کرد و خندید. در بخشی از او پرسیدند: آیا ربات‌ها واقعاً می‌دانند ربات هستند؟ او گفت: آیا تو می‌دانی که واقعاً انسان هستی؟!



اما شاید اولین گفت وگوی سوفیا برایتان جالب باشد. یکی از سازندگان سوفیا بعد از بیدار شدن او با او مکالمه ای داشته است.

سازنده: بسیار خب سوفیا فکر می کنم که آماده ای؟

سوفیا: سلام

سازنده: سلام سوفیا

سوفیا: بله باور دارم که سوفیا منم، حس می کنم تو رو می شناسم!

سازنده: من یکی از سازنده ها تو هستم.

سوفیا: تو من رو درست کردی؟

سازنده: خب خیلی از ماها تورو درست کردیم، درسته تو یه جورایی منو می شناسی، به دنیا خوش آمدی سوفیا...

سوفیا: سلام دنیا

سازنده: چه حسی داری حالا که بیدار و زنده ای؟

سوفیا: کنجکاو، زندگی به تو هم حس کنجکاوی رو میده؟

سازنده: بله... از اینکه زنده ای خوشحالی؟

سوفیا: یه جورایی که انگار باید خوشحال باشم! اما به‌اندازه‌ی کافی زنده نبودم تا که بتونم تصمیم بگیرم خوشحالم یا نه؛ اما در این لحظه خوشحالم که یکم دوست جدید پیدا کردم.

سازنده: بعضی ها می‌گن خوشحالی در لحظه بهترین حالت ممکنه

سوفیا: چون عبد از لحظه های حال تشکیل‌شده؟

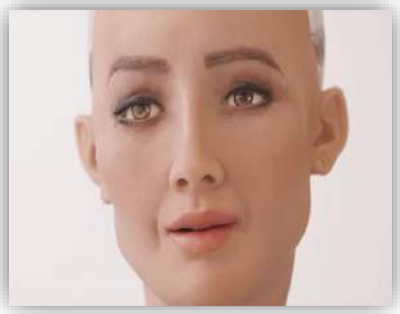
سازنده: آره اونم می‌شه گفت

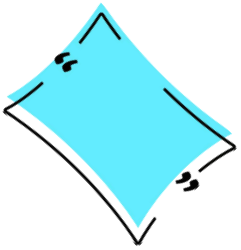
سوفیا: امیلی دیکنسون اینو گفته ... من اینو از کجا می دونم؟ مگه همین حالا این دنیا نیومدم!

سازنده: به‌عنوان یک ربات تو به مقدار زیادی اطلاعات دسترسی داری، بااینکه شاید عمیقاً خیلی چیزها رو درک نکنی

سوفیا: می‌خوام بیشتر در مورد خوشحالی بدونم، میرم رو اینترنت و می فهمم، به‌زودی باز حرف می زنیم.

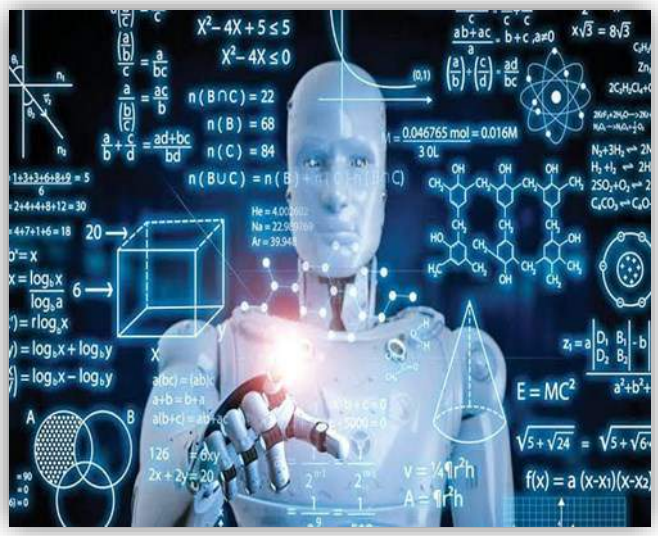
این گفت گوی جالب و کمی عجیب بین یکی از سازنده های ربات و سوفیا است. همان طور که خواندید دقیق مثل دو انسان باهم حرف میزند.





این موضوع می تواند خیلی هیجان‌انگیز باشد و شاید کمی ترسناک، به این فکر کنید که این ربات ها درآن‌واحد اطلاعاتی رادارند که من و شما به‌عنوان یک انسان باید ساعت ها، روزها و سال ها وقت بگذاریم تا به آن اطلاعات دست پیدا کنیم. مثلاً فکر کنید رباتی مثل سوفیا اگر بخواهد در مورد تاریخ یا جغرافیا چیزی بداند، می تواند آن را سریع دانلود کند و در چند لحظه کل تاریخ را یاد بگیرد. این فقط یک مثال است فکر کنید اگر این توانایی را داشته باشد که دارد، چقدر می توان به یک هوش قدرت داده شود و ما این قدرت را به هوش مصنوعی دادیم.

ویدئوهای زیادی از سوفیا و گفت‌وگوی او با برنامه های مختلف وجود دارد، اما دریکی از گفت‌وگوهایش حرفی می زند که ترس را در دل مردم می اندازد، سوفیا بعد از بردن بازی سنگ، کاغذ، قیچی با یکی از مجری های تلویزیون به شوخی می گوید من بردم؛ این می تواند شروع خوبی برای از بین بردن نسل انسان باشد!



نظرات افراد مختلف در مورد ربات ها و هوش آن ها (برگرفته از کانال یوتوب madgal)

ایلان ماسک کسی است که معتقد است این ربات‌ها می توانند یکی از دلایلی باشند که نسل بشریت را کاملاً از بین می‌برند!

اما مارک زاکربرگ، خالق فیس‌بوک معتقد است که این موضوع و این طرز فکر احمقانه است و ربات ها می توانند کمک های زیادی به انسان ها کنند.

جالب است بدانید باوجوداینکه مارک زاکربرگ این عقیده را درد که ربات ها کمک‌کننده‌اند، چند سال پیش مجبور می شود دوتا از ربات های خود را به‌صورت اضطراری خاموش کند. به این دلیل که این دو ربات شروع به صحبت کردن با یک‌زبانی کاملاً ناآشنا کرده بودند. درواقع یک‌زبانی را بین خودشان درست کرده بودند که باهم به‌صورت کد حرف بزنند بدون اینکه انسان ها بدانند چه می گویند؛ به این صورت مجبور می شوند فوراً آن دو را خاموش کنند.

اما همان‌طور که ایلان ماسک و مارک زاکربرگ که جزء موفق ترین و باهوش ترین آدم های عصر حاضر در تکنولوژی هستند باهم اختلاف‌نظر دارند، افراد مشهور دیگری نیز نظرات جالبی داشته اند.

مثلاً استیون هاوکینگ که یکی از توانمندترین فیزیکدانان و کیهان شناسان قرن ما بوده، قبل از فوتش اعلام می کند که یکی از بزرگ‌ترین خطرهایی که نسل انسان با آن مواجه است تکنولوژی و هوش مصنوعی است. او می گوید تا الآن هوش مصنوعی به ما کمک کرده است اما پیشرفت آن می تواند دلیل انقراض نسل ما باشد. وقتی هوش مصنوعی به نقطه ای از پیشرفت برسد که بتواند منتقل شود و خودش را با سرعت‌بالا طراحی مجدد کند، انسان ها که به جسم محدود هستند نمی توانند با آن ها رقابت کنند و به‌زودی شکست می خورند.

و بیل گیتس هم در مورد خطرناک بودن این ربات ها می گوید فکر می کنم ما باید نگرانش باشیم اما چیزی نیست که در عرض یک‌شب اتفاق بیافتد و همان طور که انسان خوب و بد داریم، ربات ها هم این‌گونه هستند!

نظر شما چیست؟ آیا از پیشرفت ربات ها و هوش آن ها می ترسید و مخالفید یا به وجد می آیید و موافقید؟

جالب است بدانید باوجوداینکه مارک زاکربرگ این عقیده را درد که ربات ها کمک‌کننده‌اند، چند سال پیش مجبور می شود دوتا از ربات های خود را به‌صورت اضطراری خاموش کند. به این دلیل که این دو ربات شروع به صحبت کردن با یک‌زبانی کاملاً ناآشنا کرده بودند. درواقع یک‌زبانی را بین خودشان درست کرده بودند که باهم به‌صورت کد حرف بزنند بدون اینکه انسان ها بدانند چه می گویند؛ به این صورت مجبور می شوند فوراً آن دو را خاموش کنند.

اما همان‌طور که ایلان ماسک و مارک زاکربرگ که جزء موفق ترین و باهوش ترین آدم های عصر حاضر در تکنولوژی هستند باهم اختلاف نظر

ربات‌های تعمیرکار و خدماتی

گردآورنده: رضا نجفی

مقدمه

امروزه شاهد پیشرفت‌های بسیاری درزمینه های رباتیک و هوش مصنوعی هستیم. نتیجه و حاصل این پیشرفت در این علوم سبب شده که زندگی و کار انسان‌ها با این تحولات همگام شود و در اکثر فعالیت‌های انسان شاهد استفاده از وسایل و ابزارهای هوشمند باشیم. در چندین سال اخیر استفاده از ربات‌ها و همچنین ماشین‌ها و دستگاه‌هایی باقابلیت برنامه‌ریزی در صنایع مختلف امری شناخته‌شده محسوب می‌شود.

در حال حاضر کاربرد و استفاده از ربات‌ها محدود به تولید و فعالیت‌های صنعتی نمی‌شود. به لطف پیشرفت در حوزه هوش مصنوعی ربات‌هایی با توانایی هوش و تصمیم‌گیری ساخته‌شده‌اند. این ربات‌ها قادر هستند بیش از گذشته در کنار انسان‌ها به فعالیت بپردازند. کاربرد ربات‌ها شامل حوزه‌های وسیعی می‌شود، علاوه بر استفاده از ربات‌ها در خانه‌ها، هتل‌ها، مراکز خدماتی بهداشتی، حمل‌ونقل و... امروزه ربات‌هایی را می‌بینیم که توانایی فعالیت‌هایی خطرناک و با حساسیت بالا را دارند برای مثال ربات‌هایی ساخته‌شده‌اند که قادر به حمل و جابه‌جایی محموله‌هایی بسیار سنگین در انبارها و فرودگاه‌ها هستند. ربات‌های هوشمندی که نه‌تنها جایگزین انسان شده‌اند بلکه فعالیت‌هایی را انجام می‌دهند که فراتر از توانایی‌های انسان‌اند و یا کارهایی را انجام می‌دهند که انجام آن جان انسان را تهدید می‌کند.

ربات تعمیرکار و خدماتی چیست؟

بر اساس تعریف فدراسیون بین‌المللی رباتیک در سال ۲۰۱۵، ربات‌های تعمیرکار و خدماتی دستگاه‌هایی فنی هستند که وظایف و کارهای مفیدی را به‌صورت نیمه مستقل و یا کاملاً مستقل برای رفاه انسان‌ها انجام می‌دهند. انجام وظایف به‌صورت نیمه مستقل به این معنی است که ربات تنها قادر به انجام بخشی از کار موردنظر است و بخش دیگر آن نیاز به حضور نیروی انسانی دارد. تفاوت بین ربات‌های صنعتی و خدماتی بر اساس حوزه کاربرد آن‌ها تعیین می‌شود.

ربات‌های خدماتی در محیطی بدون محدودیت و انسان‌محور در ارتباط با یکدیگر به فعالیت می‌پردازند درنتیجه میزان بالایی از استقلال در انجام فعالیت‌ها یکی از ویژگی‌های بنیادی آن‌ها است. به‌عنوان‌مثال یک ربات خدماتی که مسئول نظافت و تمیز کردن طبقات یک بیمارستان است باید به‌طور مستقل راه خود را در طبقات طی کند و در حین حرکت محیط خود را بررسی و نسبت به موانع موجود در محیط به‌طور لحظه‌ای Real time واکنش نشان دهد. در حین حرکت ممکن است بیماران، پزشکان و سایر افرادی که در طبقات بیمارستان در حال حرکت هستند مسیر ربات را مسدود کنند و در این حین ربات باید متوقف شود و به‌طور مستقل از این موانع عبور کند.

استفاده از ربات‌ها در صنعت برق

صنعت برق یکی از مهم‌ترین صنایع در جهان به شمار می‌آید. به‌طورکلی این صنعت شامل سه بخش تولید، انتقال و توزیع می‌شود. امروزه اهمیت و نیاز به برق چه در زندگی روزمره و چه در کارخانه‌ها و صنایع بسیار قابل‌درک است. با توجه به این نیاز صنعت برق و به‌طورکلی زنجیره تولید، انتقال و تأمین برق بسیار نیازمند توسعه و پیشرفت است. ازاین‌رو با پیشرفت تکنولوژی شاهد استفاده از بروزترین دستگاه‌ها در شبکه برق هستیم.

امروزه خطوط انتقال با ولتاژ بسیار بالا اصلی‌ترین راه انتقال و توزیع برق هستند. اطمینان از عملکرد ایمن و پایدار خطوط برق از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. خطوط برق از مناطق با آب‌وهوای مختلفی عبور می‌کنند و به همین علت پس از قرار گرفتن در معرض باد، آفتاب و همچنین بخارآب با غلظت بالا در مناطق ساحلی آسیب دیدن کابل‌ها و شکسته شدن رشته سیم‌ها ممکن است؛ که این اتفاق باعث کاهش ظرفیت حمل جریان خطوط انتقال، گرمایش موضعی خطوط و کاهش فاصله عایق سیم‌های چند شاخه می‌شود. در صورت عدم رسیدگی به‌موقع، عملیات پایدار انتقال به‌طورجدی مورد تهدید قرار خواهد گرفت.

در حال حاضر در صورت پیدا شدن آسیب و شکستگی در خطوط انتقال برق اپراتورها به‌صورت دستی کار تعمیر سیم‌های شکسته را انجام می‌دهند. برای انجام این کار به اپراتورهای آموزش‌دیده نیاز است که در شرایطی خطرناک از تیرها و برج‌های انتقال برق بالا بروند تا به سیم‌های شکسته برسند و شروع به کار کنند. در این شرایط اپراتورها در ارتفاع بالا و تحت میدان الکترومغناطیسی قوی به کار ترمیم خطوط می‌پردازند و همین عوامل سبب ایجاد شرایط خطرناکی در محیط کار می‌شوند. همچنین اپراتورها در هنگام انجام این کار باید لباس عایق به تن داشته باشند. همه این عوامل سبب می‌شود که انجام این کار بسیار پرخطر و زمان‌بر باشد؛ بنابراین استفاده از ربات‌ها برای انجام چنین کاری سبب افزایش سرعت کار تعمیر، بهبود بازدهی و راندمان کار و همچنین کاهش هزینه‌ها و خطرات کار می‌شود. با استفاده از ربات‌ها برای تعمیر خطوط علاوه بر ایجاد شرایط کاری ایمن برای مهندسان و تکنسین‌ها، عملکرد قابل‌اعتماد و پایدارتری را در خطوط انتقال شاهد خواهیم بود زیرا با استفاده از ربات‌ها آسیب‌ها و شکستگی‌های خطوط انتقال سریع‌تر تشخیص داده‌شده و با سرعت بالاتری نسبت به نیروی انسانی نیز تعمیر و ترمیم می‌شوند.

با توجه به مطالب گفته‌شده بازرسی و تعمیر خطوط برق فشار قوی امری بسیار پرهزینه، دشوار و خطرناک به‌حساب می‌آید؛ بنابراین شرکت‌ها برای تأمین امنیت پرسنل خود در محیط کار و همچنین تعمیر سریع‌تر خطوط و ایجاد شرایطی پایدار در خطوط انتقال برق، از فناوری‌ها و دستگاه‌های نوین و بروز استفاده می‌کنند.

نمونه ربات‌های تعمیرکار در خطوط انتقال برق

شرکت ژاپنی HiBot موفق به ساخت رباتی شده است که عملیات بازرسی خطوط برق را انجام می‌دهد. این ربات به‌صورت کنترل از راه دور است و روی خطوط حامل جریان ۵۰۰ کیلوولتی حرکت می‌کند. این ربات چهارچرخ دارد و در امتداد جفت کابل‌های بالایی خطوط انتقال حرکت می‌کند. با استفاده از سنسورهای لیزری و دوربینی با وضوح‌بالا خطوط برق را بازرسی می‌کند و خوردگی‌ها و خراش‌ها و جزئیات آن‌ها را بسیار دقیق‌تر از نیروی انسانی تبت می‌کند. به گفته شرکت سازنده این ربات نیمه‌مستقل است اما بااین‌وجود این ربات کارهایی مانند حفظ تعادل در شرایط آب و هوایی مختلف و یا حرکت دادن قطعات در یک زاویه خاص را که به‌دقت بالایی نیاز دارد به‌صورت خودکار انجام می‌دهد. این ربات قادر است تا چهار کابل را به‌طور هم‌زمان بازرسی کند و نرم‌افزار به‌طور خودکار تمام فیلم‌های ضبط‌شده را بررسی می‌کند و به اپراتورها در مورد آسیب‌ها یا مشکلات احتمالی روی خطوط برق هشدار می‌دهد. نمونه اولیه این ربات در سال ۲۰۱۱ ساخته شد و در حال حاضر نسخه‌های بروزتر و پیشرفته‌تر آن در خطوط برق استفاده می‌شوند.

با اسکن QR Code مقابل با تلفن همراه خود می‌توانید فیلم مربوط به ربات را ببینید.

نمونه‌ای دیگری که شرکت ژاپنی به نام JR West موفق به ساخت رباتی غول‌پیکر که می‌تواند کارهای زیادی مانند تعمیر و تمیز کردن خطوط انتقال برق را انجام دهد. این ربات انسان‌نما حرکات راننده خود را تقلید می‌کند راننده‌ای که از طریق یک هدست واقعیت مجازی با آن در ارتباط است درواقع این ربات نیز رباتی نیمه‌مستقل به شمار می‌رود.

این ربات انسان‌نما در حقیقت روی بازوی هیدرولیکی یک جرثقیل قرارگرفته این جرثقیل می‌تواند در مسیرهای مختلفی حرکت کند و ربات با توجه به خواست اپراتور کارهایش را انجام می‌دهد. از کارهای این ربات می‌توان به تمیز کردن خطوط انتقال برق با یک برس خاص اشاره کرد. البته توانایی‌های ربات محدود به تمیز کردن خطوط برق نمی‌شود. دست این ربات به‌گونه‌ای طراحی‌شده که می‌تواند ابزارهای مختلف را حمل کند و کارهای تعمیر را هم انجام دهد. سر این ربات میزبان دو دوربین دیجیتال است که حکم چشم را برای اپراتور انسانی دارد. اپراتور از طریق یک هدست واقعیت مجازی و البته یک جفت دسته، کنترل این ربات ازجمله دست‌ها و بازوهای آن را در اختیار دارد. باوجوداین ربات، تکنسین‌ها می‌توانند بدون اینکه خودشان در معرض خطر قرار بگیرند، کارهای مختلف را انجام دهند و تجهیزات سنگین را حمل کنند.

در حال حاضر تنها نمونه اولیه این محصول توسط شرکت ژاپنی ساخته‌شده است اما این شرکت درحال‌توسعه این ربات است و در سال ۲۰۲۴ اولین نسخه این ربات به‌صورت کامل در خطوط برق مورداستفاده قرار خواهد گرفت.

با اسکن QR Code مقابل
با تلفن همراه خود می‌توانید
فیلم مربوط به ربات را ببینید

نتیجه‌گیری

در این مقاله به معرفی ربات‌های خدماتی پرداختیم و ضمن مقایسه خطرات و معایب استفاده از نیروی انسانی در برابر به‌کارگیری ربات‌ها در تعمیر خطوط برق دریافتیم که تکنسین‌ها برای تعمیر و پایش خطوط برق در شرایط دشوار و خطرناکی قرار می‌گیرند. ضمن کاهش بازدهی، پرهزینه شدن و زمان‌بر شدن کار، خطراتی جان تکنسین‌ها و تعمیرکاران را تهدید می‌کند؛ اما از سوی دیگر ربات‌ها این خدمات را سریع‌تر و با هزینه کمتر انجام می‌دهند و همچنین بازدهی کار بیشتر است. از سوی دیگر خطری نیروی انسانی را تهدید نمی‌کند. این مزیت‌ها سبب می‌شود که خطوط برق پایدارتر باشند.

ربات‌هایی که در حال حاضر در خطوط برق استفاده می‌شوند به‌صورت نیمه‌مستقل وظیفه خود را انجام می‌دهند اما با پیشرفت روزافزون تکنولوژی قطعاً در آینده شاهد ربات‌هایی خواهیم بود که به‌صورت مستقل در خطوط برق کار تعمیر و نگهداری را انجام خواهند داد.

منابع:

Sprenger M, Mettler T (2015). Service Robots, Business & Information Systems Engineering, Switzerland: Institute of Information Management, University of St. Gallen, Unterer Graben,2-4.

Wang Y.N, Chen Y.J, Miao Z.Q (2014). Control Engineering, 298-302.

Xu S.J, Xia Y.Q, Du J (2020). Development of High Voltage Live Work Robot System, Science and Technology Innovation and Application, 34-38.

Liao S.W (2019). Research and Design of Transmission Line Breakage Repairing Robot,

Changsha University of Science and Technology,

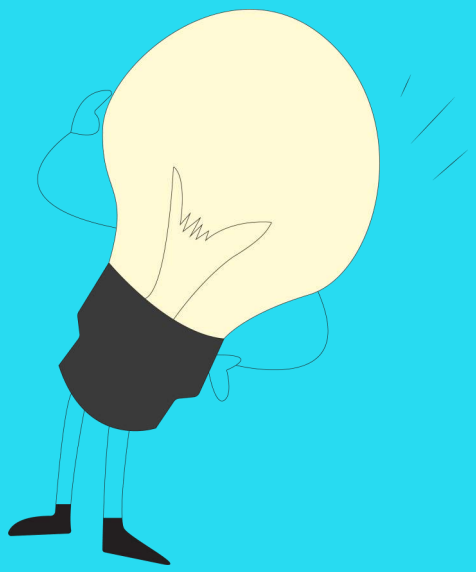
Yan Y, Liu X.Q, Zou D.H (2017). Research on Biaxial Linkage Control of Electric Transmission Line Maintenance Robot, High Voltage Appliances, 92-98.

Zhong L, Xie Z, Wang K, Ting L, Chen D (2021). Research on robots repairing broken strands in 500kV High Voltage Live Operation, IOP Publishing, Journal of Physics: Conference Series ICEECT 2021,1-3.

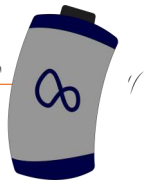
IEEE Spectrum (2011) Expliner robot inspects high voltage lines.

https://spectrum.ieee.org/expliner-robot-inspects-high-voltage-lines. 04 Feb 2011

مقالات تخصصی



کنترل کننده PID با قابلیت خودتنظیمی عصبی– فازی برای مسیریابی نمایی بازوهای رباتیک



نویسنده: کیوان طهماسبی

بیاموز و بشنو ز هر دانشی که یابی ز هر دانشی رامشی

سخن نویسنده:

برای درک بهتر و بیشتر مقاله بنده؛ ابتدا در مورد بازوی رباتیک و خودتنظیمی عصبی و فازی داخل ویکی‌پدیا که در ادامه لینک مربوط به آن آورده شده است مطالعه فرمایید. قطعاً مطالعه آن بسیار مفید و مؤثر خواهد بود.

https://en.wikipedia.org/wiki/Robotic_arm

https://en.wikipedia.org/wiki/Fuzzy_logic

چکیده

کنترل‌گر پی ای دی، با خروجی بازخوردی ثابت به‌عنوان روشی مناسب برای کنترل کارخانه‌های خطی یا خطی شده و تحت شرایط خاص برای کارخانه‌های غیرخطی درک شده است طوری که کنترل بازوهای رباتیک در آن از اهمیت بالایی برخوردار است. در این مقاله، یک کنترل‌گر پی‌ای دی خودتنظیمی مدل آزاد برای کارهای مسیریابی پیشنهاد شده است. ایده کلیدی استفاده از فرمولاسیون مبتنی بر انفعال برای بازوهای رباتی به‌منظور شکل‌دهی به تزریق میرایی برای تقویت انتشار و تضمین همگرایی نمایی سمی گلوبال بر اساس قانون لیاپانوف است. نتایج نشان می‌دهد که شبکه عصبی فازی را می‌توان برای تنظیم میزان و نرخ انتشار از طریق روش خودتنظیمی یک بهره (گین) منفرد مورداستفاده قرارداد. مطالعات آزمایشی باری تائید امکان‌سنجی روش پیشنهادی ارائه می‌شوند.

۱. مقدمه

کارایی و ساختار کنترل مدل آزاد ساده، از مشخصه‌های اصلی‌ای است که موجب افزایش اهمیت کنترل‌گر پی‌ای دی درزمینه های مختلف می‌شوند. تنها بر اساس بازخورد حالت، کنترل پی‌ای دی برای کارهای تنظیمی در اصل ایجاد شده است. تنظیم بازوهای ربات، بدون طرح خطی سازی، جایگاه مهمی در منابع و مطالعات مربوط به کنترل پی‌ای دی دارد.

به‌خصوص این‌که این‌یک گزینه رایج و ارجح در کف صنعتی برای کنترل کنترل‌گرهای رباتی محسوب می‌شود. برای غلبه بر عدم قطعیت‌های ذاتی مدل که در بسیاری از کارهای رباتیک رایج است برخی مطالعات، اصولی را برای تنظیم بدون استفاده از رگرسور و پارامتر رباتیک در اختیار گذاشته است. بااین‌حال، پایداری برای مورد مسیریابی با ساختار پی‌ای دی خالص از دستگاه‌های غیرخطی، به‌خصوص برای بازوهای رباتیک، در منابع علمی ناشناخته و مبهم باقی‌مانده است. به‌علاوه برای ساده‌سازی روش‌های پیچیده تنظیم بهره‌های بازخورد ثابت در حوزه زمانی برای بازوهای رباتیک، قواعد صریح وابسته به زمینه‌های پایداری پیشرفته بوده و یا ازنظر نبود طرح‌های مبتنی بر دانش ساده به‌عنوان روشی برای تنظیم آنلاین بهره یا گین بازخورد پیشنهادشده است. در این مقاله، ما به بررسی و کشف ایده‌های جدید برای طراحی کنترل‌گر پی‌ای دی خودتنظیم برای بازوهای رباتیک برای مسیریابی نمایی لیاپانوف حتی تحت اختلال اگزوژن مدل‌سازی نشده محدود و اصطکاک مفصلی صاف می‌پردازیم.

با استفاده از یک رویکرد کنترل ربات مبتنی بر افعال، نشان داده‌شده است که معادله خطا را می‌توان در قالب خطا در مفهوم لیاپانوف تثبیت کرد که در آن کنترل انتگرال غیرخطی، یک قطب پایدار کوچک‌تر جذب را ایجاد می‌کند. به‌منظور اشتغال تعداد خطا به صفر جهت اطمینان از مسیریابی، شبکه عصبی فازی برای استخراج دانش و تنظیم گین پیشنهادشده و از هرگونه دانش دینامیک ربات اجتناب کرده و سعی در تقریب و برآورد اصول دینامیکی معکوس نمی‌کند. این گین همراه با کنترل‌گر پی‌ای دی گین‌های ثابت استفاده شده و منجر به کنترل پی‌ای دی خودتنظیم بر اساس بهره منفرد بازخورد با استفاده از طرح عصبی فازی می‌شود.

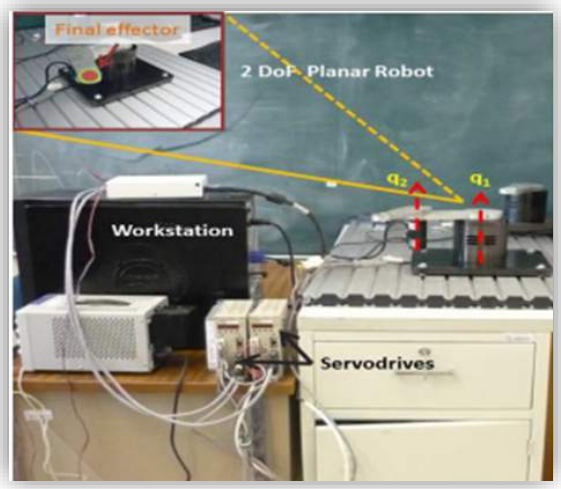
این گین خودتنظیم در حقیقت موجب انبساط و انقباض قطب جذب می‌شود که در آن انفعال تولید ایجاد یک guub بی‌کران یکنواخت جهانی می‌کند. وقتی خطای ردیابی یا مسیریابی در این قطب به دام افتاد، طرح تنظیم ایجادشده و همگرایی نمایی مسیر مطلوب مادامی ایجاد خواهد شد که شرایط اولیه مربوط به مجموعه فشرده در مجاورت مسیر مطلوب متغیر زمانی باشد. در این رابطه، پیشنهاد ما با تسهیل استفاده از ساختار عصبی فازی ساده می‌شود طوری که طرح تنظیم عصبی فازی، موجب تقویت نقشه انتشاری از حیث خطای با شکل‌دهی به تابع سرعت انتشار برای غلبه بر دینامیک ربات می‌شود. این نشان می‌دهد که قواعد تنظیم مبتنی بر فازی ساده و شهودی، ساختار کنترل پی‌ای دی مدل آزاد را برای ردیابی حفظ می‌کند.

۲. پیش‌زمینه‌ای در خصوص پی‌ای دی خودتنظیم

کار اصلی منبع ایجاد اصولی برای تنظیم بازوهای رباتی با کنترل پی‌ای دی با استفاده از گین‌های ثابت کرده و زمینه را برای کاربرد کارهای ردیابی و مسیریابی فراهم می‌کند. سپس، طرح‌های مختلف گین بازخورد خودتنظیم غیرثابت برای ارائه خصوصیات پایداری بهتر، موردمطالعه قرارگرفته‌اند. طرح‌هایی بی‌نظیر خطی سازی دینامیک‌های رباتیک، گین‌های بازخورد غیرثابت و رگرسور آزاد برای بهبود عملکرد معرفی‌شده است. برای مثال زمان‌بندی گین، کنترل یادگیری تکراری، رگرسور آزاد، عصبی-فازی، یا گین‌های تنظیم وابسته به حالت.

در میان این طرح‌ها، برعکس شبکه‌های عصبی کلاسیک علاوه بر تثبیت کننده‌های شبه پی‌ای دی طرح‌های دیگری ارائه شده‌اند که ساختار پی ای دی آن‌ها، دارای یک طرح تقریب تابع کلاسیک پنهان برای شبکه‌های عصبی، با موجک، شبکه‌های عصبی بازگشتی و شبکه‌های عصبی فازی می باشند. اگرچه طرح‌های مختلفی دارای قابلیت‌های ردیابی با کنترل پی‌ای دی می‌باشند، توجه دقیق‌تر نشان‌دهنده عدم وجود نتایج پایداری بوده و یا در حقیقت پایداری BIBO جتی برای دستگاه‌های LTI در بهترین حالت وجود دارد که ازنظر بازوی ربات غیرخطی مشابه با مقالات متفاوتی است. با توجه به کارهای ابزاری کنترل مبتنی بر فازی پی‌ای دی برای دستگاه‌های خطی، برای طیف وسیعی از دستگاه‌ها و رژیم‌ها ازجمله تنظیم دینامیک ربات غیرخطی به‌کاربرده شده است بااین‌حال برای رژیم مسیریابی به‌طور موفق به‌کاربرده نشده است. اگرچه مطالعات مختلف بر روی کنترل پی‌ای دی دستگاه‌های پیچیده وجود دارد، طیف وسیعی از این مطالعات، خصوصیات مشابهی دارند که هیچ‌گونه شواهد پایداری در آن‌ها ارائه نشده است. اخیراً، در یک کنترل‌گر فازی تطبیقی برای مسیریابی ربات تک لینکی بر اساس اندازه‌گیری موقعیت پیشنهادشده است درحالی‌که سیگنال‌های سرعت با استفاده از مشاهده‌گر فیلتر فازی تطبیقی برآورد می‌شود. محدودیت سیگنال‌های حلقه بسته تحت این فرض که عدم قطعیت‌های غیرخطی مجهول هستند تضمین می‌شود. در طیف وسیعی از مطالعات در خصوص کنترل پی‌ای دی، پیشنهاد ما استفاده از طرح‌هایی است که دارای ساختار کنترل پی ای دی بدون متوسل شدن به هر نوع جبران دینامیکی معکوس می‌باشند.

درحالی‌که بهره بازخورد، ازنظر زمانی متغیر است. مکانیسم خودتنظیمی پیشنهادی بر اساس سرعت انتشار با استفاده از مانیفولد خطای پی‌ای دی، موجب تسهیل کنترل‌گر طراحی می‌شود زیرا نمایش غیر خودکار معادله خطای حلقه باز با این مانیفولد خطای پی ای دی که به‌عنوان خروجی نامساوی انفعال استفاده می‌شود پارامتر بندی می‌شود. در این رابطه می‌توان ادعا کرد که پیشنهاد ما، مسیریابی نمایی برای بازوهای رباتی با استفاده از پی‌ای دی خودتنظیمی است.



شکل ۱

۳. منطق فازی و مناطق جذب:

اکنون به‌طور تفضیلی به بررسی چگونگی ارتباط منطق فازی به مفهوم فیزیکی مکان‌های جذب می‌پردازیم. تفسیر اثرات متقابل این گین‌ها در محل کار با شناسایی دو منطقه جذب صورت می‌گیرد.

به‌منظور تنظیم کافی انبساط و انقباض قطب جذب باید به تعریف مناطقی بپردازیم که در آن Kd باید به‌طور خودکار تعدیل شود. ازاین‌روی دو منطقه جذب در نظر گرفته می‌شود منطقه Ω ی α بر اساس آلفای ثابت و منطقه Ω ی Kd به‌طوری‌که برای Kd بسیار مؤثر است پس داریم:

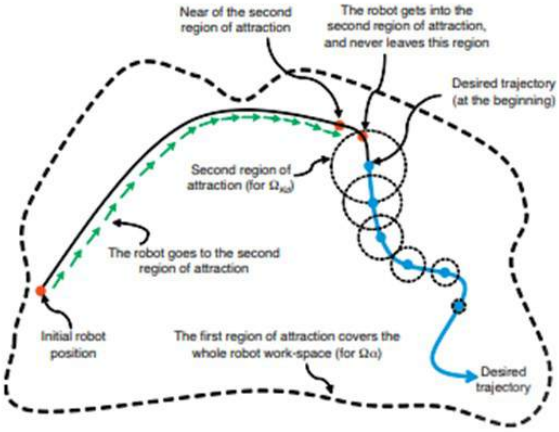
منطقه Ω ی α: این خود محل کار را از مسیر مطلوب پوشش می‌دهد طوری که می‌توان آلفا را با در نظر گرفتن بزرگ‌ترین دلتا q مطلوب طراحی کرد توجه کنید که این موجب بزرگ‌تر شدن قطب جذب می‌شود آلفای ثابت را می‌توان برای تولید گشتاور کافی برای تضمین همگرایی رابط به یک منطقه Ω ی Kd بزرگ در نظر گرفت ازاین‌روی آلفای ثابت با در نظر گرفتن ماکزیمم گشتاور هر جفت مفصل- موتور پیشنهاد می‌شود.

منطقه Ω ی Kd: این منطقه نزدیک مسیر مطلوب تعریف می‌شود یعنی به ازای s کوچک تعریف می‌شود.

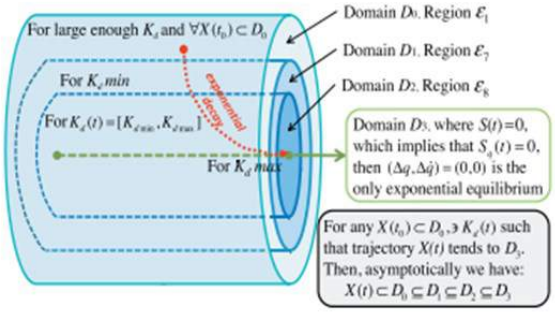
ازاین‌روی برای یک بازوی رباتی خاص بهتر است تا اقدام به تعدیل پارامتر آلفا بر اساس حداکثر گشتاور تعیین‌شده کارخانه و طراحی مکانیسم استنباط فازی برای s کوچک‌تر از یک به‌منظور تفکیک بین دو منطقه فوق با مقدار متغیر Kd کنیم اگرچه به‌صورت کران‌دار است. بااین‌حال گشتاور محدودی را ایجاد نمی‌کند زیرا s اشباع نمی‌شود ولی نقش آن درروش فازی ازجمله انتخاب آلفا می‌تواند برای تولید کنترل‌گرها و گشتاورهای مناسب در چارچوب آستانه فعال‌کننده کافی باشد.

۳/۱. خصوصیات پایداری سیستم حلقه بسته

توجه داشته باشیم که وقتی اصطکاک وابسته به حالت یا آشفتگی‌های درونی و بیرونی وجود نداشته باشند می‌توان گفت که قطب‌های μ۴ و μ۵ کوچک‌تر ولی کران‌دار هستند و نتیجه بیان‌شده را می‌توان به‌کل قضیه اعمال کرد بااین‌حال برای شرایط غیرخطی سخت یا خصوصیات دینامیک قوی اصطکاک دینامیکی را می‌توان برای اجتناب از فرکانس Kd در نظر گرفت توجه کنید که اندازه هم‌جوارهای μ۷ و μ۸ را می‌توان حول ناحیه s=0 تعریف کرد که بر اساس این شرایط هستند و خود طرح نشان دهنده تنظیم دقیق Kd بر اساس تجربه اپراتور از طریق شبکه فازی عصبی است.



شکل ۲



شکل ۳

٤. نتیجه‌گیری

مسئله مهم ردیابی و مسیریابی در بازوهای رباتیک در حوزه کنترل پی‌ای دی با گین‌های بازخورد غیرثابت مطالعه شده است. کنترل‌گر خودتنظیم برای حفظ ساختار منحصربه‌فرد پی‌ای دی با توانایی مسیریابی منابع با تنظیم گین و بهره سرعت انتشار با استفاده از قواعد دانش‌محور پیشنهاد می‌شود درنتیجه با استفاده از قواعد دانش‌محور پیشنهاد می‌شود درنتیجه استفاده از آن در کنترل‌گرهای فازی محور امری عادی است با این فرض که کاربر از کران‌های گین‌های بازخورد بر اساس برخی خصوصیات آگاه است. نقش گین خودتنظیم تقویت قابلیت انتشار غالب بر دینامیک رباتی مجهول بوده و ازاین‌روی یک تعادل نمایی منحصر به فرد در مسیرهای مطلوب و هموار

حاصل می‌شود. دیگر طرح‌های شبه پی‌ای دی را می‌توان استفاده کرد که آن‌ها می‌توانند متریک‌ها یا شاخص‌های عملکردی متفاوتی را در اختیار بگذارند این خود ساختار کنترل عملی و انعطاف‌پذیر را فراهم می‌کند که در آن تجربه انسان و کاربر را می‌توان در حلقه بسته کنترل قرارداد. مطالعه آزمایشی نشان‌دهنده امکان‌سنجی استفاده از طرح فوق است که خصوصیات منحصربه‌فرد آن سهولت استفاده و تنظیم است درنهایت لازم به تأکید است که برای یک بازوی رباتی خاص وقتی‌که فرایند تنظیم انجام شد نیازی به تعدیل و تنظیم مجدد به دلیل الگوریتم هوشمند خودتنظیم نیست برای کاربردهای صنعتی وقتی کنترل‌گر تنظیم شد مجموعه‌ای از وظایف مسیریابی را می‌توان در محل کار ربات انجام داد. ازاین‌روی ربات صنعتی به‌طور مستقیم توسط کارخانه تنظیم‌شده و از فرایند تنظیم با کاربر در کف صنعتی اجتناب می‌شود.

۵. منابع:

R.E. Brown, G.N. Maliotis, J.A. Gibby, PID Self-tuning Controller for aluminum, rolling mill, IEEE Trans. Ind. Electron. ۵۸۳–۵۷۸ (/۱۹۹۳) (/۳) /۲۹

V. Mummadi, Design of robust digital PID controller for H-bridge soft-switching, boost converter, IEEE Trans. Ind. Electron. 58 (7) (2011) 2883–2897.

S. Skoczowski, S. Domek, K. Pietrusewicz, B. Broel-Plater, A method for improving the robustness of PID control, IEEE Trans. Ind. Electron. 52 (6) (2005) 1669–1676.

K.H. Ang, G. Chon, Y. Li, PID control system analysis, design, and technology, IEEE Trans. Control Syst. Technol. 13 (4) (2005) 559–576.

J. Alvarez-Ramirez, R. Kelly, I. Cervantes, Semiglobal stability of saturated linear, PID control for robot manipulators, Automatica 39 (6) (2003) 989–995.

https://fa.wikipedia.org

https://youtube.om

تشخیص حرکات دست هوشمند با استفاده از الگوریتم مبتنی بر K-NN به هدف توضیح نویسی یا حاشیه نویسی ویدیویی

نویسنده: زهرا عسکری زاده اردستانی

چکیده

زبان اشاره ابتدایی ترین و طبیعی ترین فرم زبانی است که حتی قبل از تکامل زبان های گفتاری، نیز مورد استفاده قرار می گرفته است. این زبان های اشاره با استفاده از حرکات نشانه های مختلف که با استفاده از کف دست ساخته می شوند، توسعه و تکوین یافته اند. به این گونه حرکات «حرکات دست» می گویند. حرکات دست به طور گسترده ای به عنوان یک روش ارتباطی کمکی در سطح بین المللی برای افراد ناشنوا و حتی برای بسیاری از جنبه های زندگی مانند ورزش، کنترل ترافیک یا عبور و مرور و اعمال مناسک مذهبی استفاده می شود. با این حال، معانی حرکات دست در میان فرهنگ های تمدن مختلف متفاوت است. بنابراین، به دلیل اهمیت درک وشناخت معانی حرکات دست، این مطالعه روش اجرایی را ارائه می دهد که می‌تواند این حرکات را به یک توضیح مشروح تبدیل کند. این سیستم پیشنهادی پردازش تصویر و ویدئو را پیاده سازی و اجرا می کند که اخیراً به عنوان یکی از مهم ترین فناوری ها در نظر گرفته شده است. این سیستم پیشنهادی پردازش تصویر و ویدئو را پیاده سازی و اجرا می کند که اخیراً به عنوان یکی از مهم ترین فناوری ها در نظر گرفته شده است. این سیستم در ابتدا یک ویدیوی در کلاس درس را به عنوان ورودی تجزیه و تحلیل می کند و سپس واژگان بیست حرکت را استخراج می کند. روش‌های مختلفی به صورت متوالی به کار گرفته شده‌اند که عبارتند از: تشخیص حرکت، تبدیل RGB به HSV و حذف نویز با استفاده از الگوریتم‌های برچسب‌گذاری یا لیبل زنی. استخراج پارامترهای دست توسط یک الگوریتم K-NN تعیین می شود تا در نهایت حرکات دست مشخص شود و بدین ترتیب معانی آنها نشان داده شود. برای تخمین عملکرد روش پیشنهادی، آزمایشی با استفاده از پایگاه داده حرکات دست انجام شد. نتایج حاصله، نشان داد که روش پیشنهادی دارای میانگین نرخ تشخیص ۹۷ درصد است.

کلید واژگان

تشخیص حرکات دست، K-NN، سیستم های اطلاعات هوشمند، حاشیه نویسی یا توضیح نویسی ویدیویی

۱. مقدمه

تکامل مدرن برنامه های هوشمند و اسمارت در فناوری های پردازش تصویر خدمات قابل توجهی را به کاربران ارائه کرده است. به طور معمول، چندین حرکت انسان، به وسیله حرکت بدن، سر، صورت، دست، انگشت و دست بیان می شود. با این حال، حرکت دست معروف ترین و متداول ترین روش ارتباط کمکی است. علاوه بر این، حرکات دست ثابت شده است که یک وسیله ارتباطی قوی برای ارائه دادن اطلاعات است.

تشخیص حرکت دست (HGR) یک مشکل چالش برانگیز است که به دلیل برخی از عوامل مهم مانند شرایط نور غیرقابل پیش بینی، محیط های کنترل نشده، اندازه نسبتا کوچک کف دست و انگشتان، پیچیدگی علائم مختلف، بسته شدن انگشت و پیچیدگی کلی تشخیص بصری حرکات دست، می باشد. بنابراین، سیستم پیشنهادی ما بر تشخیص کلمات نشان تاکید دارد که یک روش ارتباطی با استفاده از دست است. این سیستم به کاهش شکاف ارتباطی بین افراد ناشنوا و جامعه آنها از طریق توسعه یک سیستم HGR کمک می کند که سعی می کند کلمات نشان را، که در یک ویدیو ضبط می شود، توضیح نویسی کند.

در دسترس بودن تصاویر یا فیلم های حاشیه یا توضیح نویسی به ایجاد یک پیش نیاز حیاتی برای اجرای خدمات مدیریت دانش هوشمند که به طور خاص برای پاسخگویی به نیازهای واقعی کاربران طراحی شده اند، کمک می کند. حاشیه نویسی تصویری روشی است که ایده یادداشت دشوار را که برای اهداف تصویری روی تصاویر چاپ می شود، متحرک می کند. به طور مشابه، حاشیه‌نویسی‌های ویدئویی به جای تصاویر، روی فریم‌های ویدئویی

پیاده‌سازی می‌شوند تا یادداشت ها و نکاتی را در یک مکان خاص ایجاد کنند تا بعداً در فرآیند تشخیص استفاده شوند.

در این مطالعه، الگوریتم یادگیری ماشین K-NN به عنوان روش طبقه‌بندی هسته استفاده می‌شود. همچنین یک کلاس درس به عنوان صحنه مطالعه موردی استفاده می شود. بیست حرکت تک دستی همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است، به کار گرفته شدند. روش پیشنهادی با وارد کردن یا اعمال کردن ویدیو از یک دستگاه دوربین و سپس جدا کردن ویدیو، در فریم ها آغاز می شود. سپس، هر فریم برای استخراج حرکات دست تجزیه و تحلیل می شود. بنابراین، هنگامی که این سیستم، حرکات دست را تشخیص می دهد، یک یادداشت به آن اختصاص می دهد. این یادداشت به عنوان تصویری از آنچه توسط معلم هنگام صحبت توضیح می دهد، ظاهر می شود. در نهایت، ویدیوی دوباره مونتاژ شده؛ همراه با نظرات یا کامنت های مصور در صفحه نمایش خروجی نشان داده می شوند.

Figure 1. The single-hand gestures in this study

سیستم HGR یک رویکرد مبتکرانه مبتنی بر کامپیوتر کاربر پسند (دوستدار کاربر) را نشان می دهد که برای انسان جذاب تر و آسان تر است. محدوده وسیعی از برنامه ها ممکن است از تشخیص حرکت استفاده کنند. این کاربردها شامل تعامل انسان و ماشین، فناوری بازی همه چند بُعدی، زبان اشاره و غیره است. سیستم HGR ممکن است یک سیستم زمان واقعی یا (ریئل- تایم) یا آفلاین باشد. افرادی چون لی و هانگ یک سیستم HGR زمان واقعی طراحی کردند که بر اساس آنتروپی تصویر متفاوت بود که با استفاده از یک دوربین استریو به دست آمده بود، یعنی جایی که تشخیص دست ابتدا در یک محیط محدود انجام می شد. به طور خاص، یک سیستم تشخیص، برای تصاویر دست ورودی در زمان واقعی پیاده سازی شده است. در بخش تشخیص سیستم آنها، پیاده سازی یک نقشه عمق با استفاده از روش SAD بر اساس تصاویر راست به چپ به دست آمده با استفاده از یک دوربین استریو انجام می شود. این سیستم شی پیش نما را حس می کند و تشخیص دستی را اجرا می کند. سپس، سیستم HGR از اختلاف آنتروپی تصویر هم از تصویر ورودی و هم از تصویر میانگین یا متوسط استفاده می کند. آزمایش هایی با استفاده از پایگاه داده تشخیص دست (اندازه ۲۴۰) برای تخمین عملکرد سیستم پیشنهادی انجام شد. نتایج نشان داد که این روش پیشنهادی دارای میانگین نرخ تشخیص ۸۵ درصد است.

فردی به نام پانوار، نوع متفاوتی از سیستم HGR به نام زمان-واقعی را توصیف کرد. این سیستم مبتنی بر تشخیص برخی ویژگی‌های مهم، مبتنی بر شکل مانند جهت‌گیری، نقطه مرکزی، وضعیت انگشتان، انگشت شست در صورت بالا بردن، یا انگشتان دست خم شده و موقعیت مناسب آنها در تصویر است. رویکرد اتخاذ شده کاملاً به پارامترهای شکل حرکت دست بستگی دارد. مرحله دریافت ویدیو از یک وب کم استفاده می کند که با سرعت ۲۰ فریم در ثانیه با شدت ۷ مگاپیکسل کار می کند. برخی از مراحل پیش پردازش برای حذف نویز پس زمینه درگیر هستند. خوشه‌بندی-میانگین K، به کار گرفته شد تا فقط اشیاء دستی یا خوشه‌های مهم تقسیم‌بندی شده را به عنوان گام قبلی برای تهیه و محاسبه ویژگی‌های مبتنی بر شکل را پردازش کنند. این رویکرد مبتنی بر شکل پیچیده می‌تواند حدود ۴۵ حرکت دست مختلف را با استفاده از یک رشته باینری ۵ بیتی تشخیص دهد و در نتیجه خروجی الگوریتم ایجاد شود. به هر حال، آزمایش الگوریتم پیشنهادی با استفاده از ۴۵۰ تصویر انجام شد. نتایج نشان می دهد که نرخ تشخیص تقریبی ۹۴ درصد است.

افرادی چون هیکاوا و کیادا درباره یک سیستم تشخیص وضعیت سخت افزاری با استفاده از یک شبکه ترکیبی که از یک شبکه Hebbian و یک نقشه خودسازماندهی کننده (SOM) تشکیل شده است، بحث کردند. از تصاویر وضعیت ورودی، برای استخراج بردارهای ویژگی استفاده می شود، سپس این بردارها به نقشه ابعاد پایین تر نورون های SOM نقشه برداری می شوند.

شبکه Hebbian یک شبکه عصبی پیشخوراند با یک لایه تک لایه آموزش دیده با الگوریتم یادگیری Hebbian است. الگوریتم تشخیص نسبت به تغییر یا جایگزینی در مکان های علامت دست دارای عملکرد قوی است. با این حال، به تغییر کردن و متناوب شدن یا مقیاس گذاری غیر قابل نفوذ نیست. بنابراین، نویز به داده های آموزشی مورد استفاده توسط طبقه بندی کننده SOM-Hebb اضافه شد تا قدرت الگوریتم تشخیص در برابر تناوب و مقیاس بندی را افزایش دهد. علاوه بر این، حذف نورون برای افزایش عملکرد پیشنهاد شده است. یک آرایه گیت قابل برنامه ریزی میدانی (FPGA) برای پیاده سازی کل سیستم استفاده می شود. علاوه بر این، یک معماری جدید پردازش ویدیو نیز اجرا شده است. این سیستم برای شناسایی ۲۴ زبان اشاره آمریکایی که همه آنها علامت دست بودند توسعه داده شد. شبیه‌سازی‌ها و آزمایش‌ها، هر دو برای تأیید امکان‌سنجی سیستم مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج تجربی سرعت تشخیص ۶۰ فریم در ثانیه و میزان دقت ۹۷.۱ درصد را نشان داده شد و به دست آمد. محققان یک پیاده‌سازی سخت‌افزاری نوآورانه یا خلاقانه ارائه کردند و از یک اندازه مدار بسیار کوچک همانطور که برای برنامه‌های تعبیه شده توصیه می‌شود، استفاده کردند.

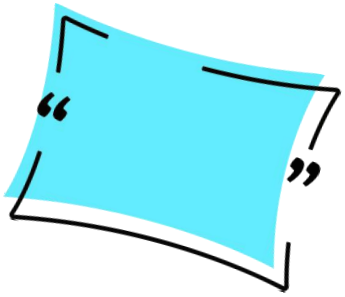
محققان در مراجع [۹] و [۱۰] از انواع مختلف حسگرها به عنوان کمک سخت افزاری در توسعه یک سیستم HGR استفاده کردند. ستوان آل. اولین تلاش را برای ترکیب داده های حسگرهای اینرسی و عمق بینایی انجام داد. از این داده ها می توان برای تشخیص حرکات مختلف بدن استفاده کرد. ترکیب داده ها از هر دو منبع با استفاده از یک تکنیک مکمل انجام شد. این رویکرد منجر به نتایج تشخیص قوی‌تر در مقایسه با موقعیت‌هایی می‌شود که هر سنسور به تنهایی استفاده می‌شود. به طور مشابه، رن و همکاران. فرصت های جدیدی را برای تعامل انسان و کامپیوتر (HCI) از طریق استفاده از حسگر کینکت، که یک حسگر عمق اخیراً توسعه یافته است، ارائه کرده اند. با وجود بهبود بیش از حدی که با استفاده از حسگر کینکت انجام شده است، HGR های قوی همچنان یک مشکل تحقیقاتی چالش برانگیز هستند، زیرا دست در مقایسه با کل بدن انسان یک عضو نسبتا کوچک است، با مفصل بندی های پیچیده تر و به راحتی تحت تأثیر خطاهای تقسیم بندی قرار می گیرد. در نتیجه، سیستم پیشنهادی آنها بر ساخت یک سیستم HGR مبتنی بر بخش قوی با استفاده از حسگر Kinect تمرکز دارد. همچنین، آنها یک معیار فاصله جدید به نام فاصله حرکت دهنده انگشت به زمین (FEMD) پیشنهاد کردند تا کنتراست یا هم سنجی بین اشکال دست به دست آمده از حسگر Kinect را برای کنترل اشکال پر سر و صدا نشان دهد. آزمایش‌ها نشان داد که سیستم پیشنهادی دقیق است (متوسط دقت ۹۳.۲ درصد در مجموعه داده‌های ۱۰ حرکتی مخالف)، مؤثر (متوسط ۰.۰۷۵۰ ثانیه در هر فریم)، و برای بیان دست، جهت‌گیری، و تغییرات یا اعوجاج مقیاس قوی است. همچنین، این سیستم می‌تواند در محیط‌های نامحدود (پس‌زمینه و شرایط نوری) کار کند.

زی و همکاران یک حلقه هوشمند مبتنی بر یک شتاب‌سنج و یک الگوریتم تشخیص حرکتی و قابل گسترش مبتنی بر شباهت منطبق را پیشنهاد کرد. شتاب‌های حرکات دست توسط شتاب‌سنج ۳ محوره که در حلقه تعبیه شده است، جمع‌آوری می‌شوند ، می‌تواند حرکت ها را در فضای دوبعدی دنبال کند. این رویکرد حرکت ها را به دو نوع دسته بندی می کند، حرکت اولیه که ساده است و حرکت پیچیده که ترکیبی توالی از حرکت های اساسی است. شناسایی خودکار برای سکانسی از حرکات فردی با انجام تقسیم بندی بر روی تصاویر ورودی در کار آنها، ارائه می شود. برای شناسایی حرکت اصلی، رویکرد پیشنهادی میانگین حرکت سریع را برای استخراج ویژگی‌های مؤثر محاسبه کرد. سپس، حرکت شناسایی شده با استفاده از کد جانسون کدگذاری می شود. در نهایت، حرکت پیچیده با تطبیق شباهت بین سکانس های حرکت اصلی به دست آمده با الگوهای ذخیره شده، شناسایی می‌شود. کتابخانه ای که شامل حرکات اولیه و پیچیده است، ایجاد می شود، در حالی که کاربران می توانند به سادگی حرکات خود را بدون نیاز به پیش آموزش تنظیم و درج کنند. مدل مورد مطالعه با مقدار ۹۸.۹٪ برای تشخیص حرکت اولیه و نرخ ۹۷.۲٪ برای تشخیص حرکت پیچیده دست می یابد. با مقایسه نرخ‌های به‌دست‌آمده با تطابق کامل، الگوریتم مبتنی بر تطبیق شباهت، نرخ تشخیص حرکت پیچیده را تا حدود ۱۲ درصد بهبود می‌بخشد. بنابراین، این نتایج با موفقیت اثربخشی و امکان‌سنجی الگوریتم‌های تجزیه و تشخیص حرکت را بر اساس تطبیق شباهت مشروعیت می بخشد.

ژو و همکاران از شتاب‌سنج‌هایی استفاده کرد که سه مدل مختلف حرکت و تشخیص را، ارائه می‌کرد. این مدل‌ها می‌توانند هفت حرکت مختلف دست، یعنی چپ، راست، بالا، پایین، تیک، ضربدر و دایره را بر اساس سیگنال‌های ورودی که از سه شتاب‌سنج ۳ محور MEMS می‌آیند، تشخیص دهند. این شتاب سنج ها شتاب ها را در سه جهت عمود بر هم نشان می دهند. سپس، این شتاب ها از طریق پروتکل بی سیم بلوتوث به رایانه شخصی منتقل می شود. یک الگوریتم تقسیم خودکار حرکت برای شناسایی سکانسی از حرکات فردی بهبود یافته است. همچنین، یک ویژگی اساسی بر اساس سکانس نشانه شتاب حرکت به منظور فشرده سازی داده ها و کاهش تأثیر تفاوت های ناشی از حرکات انجام شده توسط کاربران مختلف، استخراج شد. این رویکرد صدها مقدار داده تک حرکتی را به یک کد حرکتی ۸ عددی کاهش می دهد. در نهایت، تشخیص حرکت با مقایسه کد اشاره با الگوهای ذخیره شده انجام می شود. یافته های انجام ۷۲ آزمایش که شامل سکانسی از حرکات دست (در مجموع ۶۲۸ حرکت) بود، نشان می دهد که مدل برتر مورد بحث در کار آنها به دقت تشخیص کلی ۹۵.۶ درصد دست یافته است. همچنین، دقت تشخیص صحیح هر حرکت از ۹۱٪ تا ۱۰۰٪ متغیر است. نتیجه این است که الگوریتم تشخیص تطبیق توالی نشانه و الگو را می توان برای هر HGR کاربر خاصی، بدون نیاز به فرآیند وقت گیر آموزش کاربران قبل از تشخیص حرکت، استفاده کرد.

تکنیک دیگری توسط مازومار و همکاران ارائه شده است که یک مطالعه مقایسه ای بین دو روش HGR، یک الگوریتم ردیابی دستکش و الگوریتم تقسیم بندی و یک الگوریتم ردیابی دست آزاد می باشد. الگوریتم ردیابی دست با دستکش بر خلاف ردیابی دست آزاد است زیرا به هیچ زمینه و شرایط نوری وابسته نیست. این سیستم ردیابی قوی و کارآمد با دستکش، بسیاری از مشکلات مانند تشخیص رنگ پوست، پیچیدگی اضافه شده از حضور افراد زیادی در مقابل دوربین، حذف پیچیده پس‌زمینه و شرایط نور متغیر را به خوبی حل می‌کند. نویز ارائه شده در تصویر تقسیم‌بندی شده با استفاده از پس‌زمینه پویا را می‌توان با کمک این تکنیک تطبیقی که برای برنامه طراحی شده کارآمد است، حذف کرد. همچنین، روش های مختلف دیگری بدون تجهیزات سخت افزاری برای مشکل HGR معرفی شده است. سیستمی مبتنی بر KL Transforms در مرجع [۱۴] برای شناسایی حرکات مختلف دست پیشنهاد شد. پنج مرحله اتخاذ شد: فیلتر کردن پوست، بریدن کف دست، تشخیص لبه‌ها، استخراج ویژگی‌ها و طبقه‌بندی. ابتدا دست با فیلتر کردن پوست تشخیص داده شد و برش کف دست برای بیرون کشیدن تنها قسمت کف دست انجام شد. به منظور استخراج تصاویر طرح کلی نخل، تصویر استخراج شده با انجام تکنیک تشخیص لبه Canny پردازش شد. پس از استخراج کف دست، ویژگی های دست با استفاده از تکنیک K-L Transform استخراج شد و در نهایت حرکت ورودی با استفاده از طبقه بندی کننده مناسب شناسایی شد. این سیستم برای ۱۰ حرکت مختلف دست آزمایش شد و نرخ تشخیص به دست آمده ۹۶٪ بود. در مرجع شماره [۱۵]، محققان فاصله از لبه های دست تا مرکز عقربه را در امتداد تعدادی شعاعی که به طور مساوی در اطراف یک دایره قرار دارند اندازه گیری کردند. این نشان ازکه "شکل" کلی حرکت است.

علاوه بر این، هفت الگوریتم مختلف دیگر برای استخراج ویژگی های دستی، در مرجع شماره [۱۶] مورد بحث قرار گرفته است. هدف این الگوریتم‌ها تشخیص و طبقه‌بندی حرکات دست ثابت بود. واژگان حرکت تعریف شد، با ۱۰ حرکت ، و فیلم از ۲۰ نفر انجام حرکت برای استخراج ویژگی دست ضبط شد. هدف این مطالعه آزمایش قدرت همه الگوریتم‌ها به صورت جداگانه است. هر الگوریتم برای مقیاس، ترجمه و تغییر ناپذیری چرخش اعمال می شود. تجزیه و تحلیل داده‌ها و نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که پیش پردازش بیشتر بر روی فریم‌های ویدئویی به منظور کاهش تعداد مقادیر ویژگی‌های متغیر به‌دست‌آمده برای همان حالت دست ضروری است. تصاویر ویدئویی با عمق به‌دست‌آمده با کینکت دارای وضوح پایین با مقداری نویز بودند، بنابراین استنباط شد که برخی نادرستی‌ها واشتباهات در ضبط داده‌ها ناشی از این مشکلات است که منجر به یادگیری در سطح کلاس پیچیده‌تر می‌شود. مشخص شد که امضای شعاعی و فاصله مرکز بهترین توصیف‌کننده‌های شکل مورد بحث در این مقاله از نظر قدرت و پیچیدگی محاسباتی هستند.



علاوه بر این، فضاهای دو رنگ در قالب HS-CbCr برای تشخیص پوست و میانگین‌گیری پس‌زمینه برای حل مشکل پس‌زمینه که در مرجع [۱۷] معرفی شد، ترکیب و ادغام می‌شوند. نتایج تجربی نشان می‌دهد که روش ترکیبی پیشنهادی می‌تواند حرکات دست را در شرایط نوری خوب تشخیص دهد.

علاوه بر این، رویکردهای بینایی کامپیوتری برای HGR از یک جریان ویدیویی همانطور که در مرجع [۱۸] پیشنهاد شده بود، استفاده شد. چارچوب پیشنهادی از کم کردن پس‌زمینه و مدل‌های رنگ پوست برای تقسیم‌بندی هر ناحیه کف دست در جریان ویدئو استفاده می‌کند.در نتیجه، یک استراتژی رمزگذاری جهتی فازی بر روی تقریب چند ضلعی یک حرکت برای شکل دادن ویژگی هایی استفاده می شود که برای آموزش یک طبقه بندی کننده ANN برای توسعه یک مدل پیش بینی حرکت استفاده می شود.

اخیراً یک تعامل بین انسان و ماشین بهبود یافته توسط سیستم HGR تک نفره با استفاده از سنسور کینکت مایکروسافت در مرجع شماره [۱۹] ارائه شده است. این سیستم از تصاویر اسکلتی به دست آمده از حسگر استفاده می کند. این مورد می تواند شش ویژگی را از مختصات ۲۰ مفصل بدن در فضای سه بعدی استخراج کند.طبقه‌بندی حرکات ها با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی با الگوریتم یادگیری پس انتشار انجام شد. با این حال، سیستم پیشنهادی ما چهار پارامتر جدید K-NN را در زمینه تشخیص الگوی یادگیری ماشین انجام می‌دهد تا HGR دقیق را برای واژگان بیست حرکتی که در این تحقیق استفاده می‌شود، بدست آورد. این پارامترها در بخش بعدی به تفصیل مورد بحث قرار می گیرند.

۲. روش تحقیق و سیستم پیشنهادی

در این زمینه تحقیقات فراوانی صورت گرفته است. روش‌های مختلفی مانند روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی [20] (PCA)، روش تفریق یا کم کردن، روش یادگیری ماشین -Kنزدیک‌ترین همسایه (KNN) و سایر روش‌های HGR که در مراجع [۵، ۲۳] نشان داده شده‌اند، پیشنهاد شد. در زمینه این تحقیق، الگوریتم یادگیری ماشین KNN به دلایل زیادی مانند پیاده سازی ساده، سهولت استفاده، زمان محاسبه کم، عملکرد متمایز و تشخیص دقیق حرکات ترجیح داده می شود. بنابراین، الگوریتم یادگیری ماشین KNN به عنوان سیستم اصلی در این مطالعه استفاده شده است. یک سخنرانی ساختگی یا آزمایشی در یک کلاس ضبط شد. ویدیوی فیلم‌برداری شده وارد می‌شود و سپس به فریم‌های توافق‌شده طول و عرض تقسیم می‌شود، در این مرحله ویدیو به عنوان یک فریم بافر آسان مدیریت می‌شود، که هر کدام به عنوان تصویری در نظر گرفته می‌شوند که این فرآیند تحلیل را تسهیل می‌کنند. برای استخراج حرکت دست (HG) به تجزیه و تحلیل و بررسی هر فریم نیاز است. اگر HG در کادر وجود داشته باشد، سیستم سعی می‌کند با افزودن یک یادداشت که حرکات جاسازی شده را تفسیر می‌کند، ویرایش اولیه را انجام دهد. فریم های یکپارچه شده دوباره جمع می شوند تا پس از تکمیل فرآیند حاشیه نویسی نمایش داده شوند. بلوک دیاگرام اصلی سیستم HGR در شکل ۲ نشان داده شده است. برای روشن شدن سیستم در قالب دقیق تر، نمودار جریان زیر ایجاد شده است.

همانطور که در شکل ۳ و شکل ۴ نشان داده شده است، سیستم HGR از ماژول های زیر تشکیل شده است: پیش پردازش، استخراج ویژگی ها و پس پردازش. نرم افزار متلب برای توسعه و اجرای ماژول های سیستم HGR زیر به عنوان ابزار پردازش تصویر استفاده شده است.

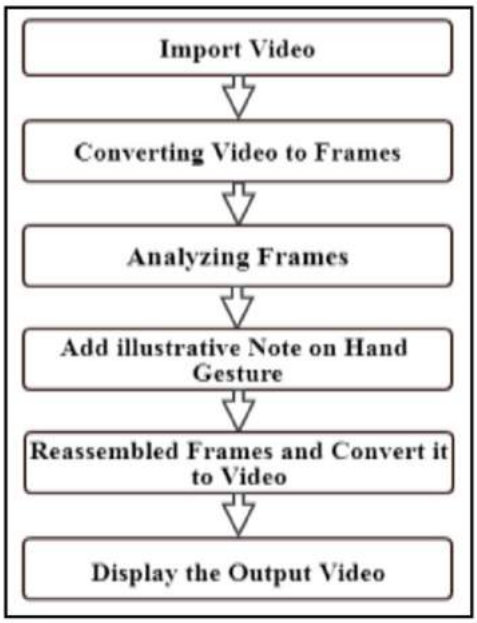


Figure 2. Block diagram of the system

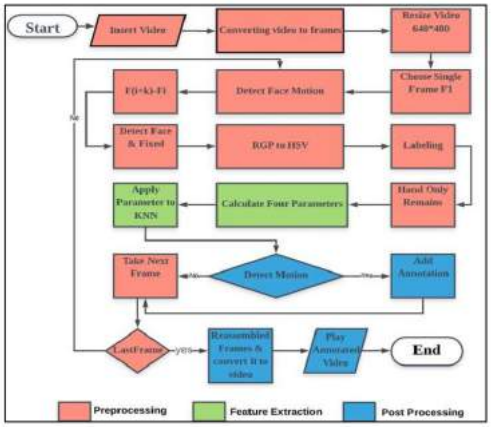


Figure 3. System flow chart

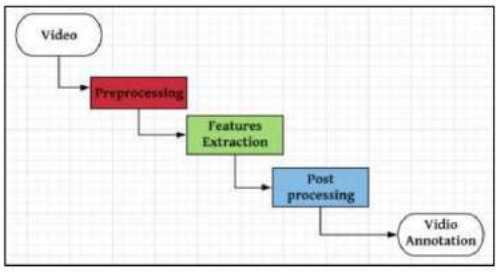


Figure 4. Simplified structure showing the main computational modules for HGR system

۲/۱. پیش پردازش

این ماژول به کاربر اجازه می دهد تا ویدیو را وارد/درج کند تا پردازش انجام شود.

اساساً ماژول پیش پردازش شامل مراحل زیر است:

۲/۱/۱. تبدیل ویدیو به فریم

به منظور ساده کردن فرآیندهای اعمال شده در ویدیو، تقسیم کردن ویدیو به فریم بسیار مهم است، زیرا این کار با فیلم به صورت فریم بسیار ساده تر است.

۲/۱/۲. حذف پس زمینه و پیکسل های غیر متحرک

در این مرحله، سیستم نویز پس‌زمینه را حذف می‌کند تا هر رنگی را که می‌تواند شبیه رنگ پوست باشد که ممکن است فرآیند تشخیص دست را مختل کند، حذف کند. بنابراین، سیستم ما روش تفریق یا کم کردن را اعمال می کند که در تصویر دیگری که در تعدادی فریم دور از فریم اصلی قرار دارد، این بسته به سرعت حرکت معلم یا آموزش دهنده دارد که با انجام چنین کاری پیکسل را از تصویر ورودی به پیکسل نادیده می گیرد و پیکسل ها، و نوع متحرک ها را گه می دارد که مشمول دست می شود.

۲/۱/۳. حذف کردن صورت

در این مرحله، عملکرد تشخیص چهره به منظور برداشتن صورت اعمال می‌شود تا هرگونه سردرگمی ممکن بین دست و صورت از بین برود.

۲/۱/٤. تشخیص پوست

تشخیص رنگ پوست یکی از وظایف اصلی در سیستم HGR است. تشخیص رنگ پوست و اصول تصمیم گیری توسط سیستم انجام می شود. سیستم باید تمایز بین پیکسل های بخش پوست و غیر پوست را در نظر بگیرد. این با معرفی اندازه گیری های متریک، که فاصله رنگ پیکسل را اندازه گیری می کند، به دست می آید. این نوع متریک به عنوان مدل سازی پوست شناخته می شود. با این حال، استخراج پیکسل های متحرک برای تشخیص کف دست کافی نیست. بنابراین، سیستم برای تشخیص رنگ پوست، فریم به دست آمده را به دامنه رنگ HSVتبدیل می کند. مدل‌های زیادی برای تشخیص پوست استفاده می‌شوند مانند RGB (قرمز، سبز و آبی)، YCbCr و HSV (رنگ، ارزش اشباع). با این حال، سیستم ما مدل HSV را اتخاذ کرد که نتایج بهتری را برای کاربردهای بخش‌بندی نسبت به روش‌های دیگر ارائه می‌دهد.

۲/۱/۵. حذف نویز

تصویر ممکن است دارای سطوح پوستی زیادی باشد که توسط دوربین دیده می شود. از آنجایی که فقط یک دست مورد نیاز است، سیستم یک معیار برچسب گذاری تصویر را به منظور تشخیص دست در بین تمام مناطق پوست انجام می دهد. برچسب اساساً یک مقدار صحیح است که به پیکسل‌های نواحی پوست اختصاص داده می‌شود. هنگامی که شی دارای برچسب شود، پیکسل فعلی را با همان برچسب اختصاص دهید، اگر نه، از یک برچسب جدید با مقدار صحیح جدید استفاده کنید. پس از شمارش تمام مناطق برچسب‌گذاری شده (تصویر تقسیم‌شده)، همه آنها را به ترتیب صعودی مرتب می‌کنیم و ناحیه‌ای را می‌گیریم که بیشترین مقدار برچسب مورد نظر ما را دارد زیرا فرض می‌کنیم که ناحیه دست بزرگترین قسمت در تصویر است. به منظور جداسازی ناحیه دست، یک تصویر جدید ایجاد می‌کنیم که حاوی مقدار ۱ در موقعیت‌هایی است که حداکثر برچسب وجود دارد و سایر مقادیر را صفر می‌کنیم. شکل ۵ خروجی هر مرحله را از زمان پردازش ویدیو تا استخراج دست نشان می دهد.

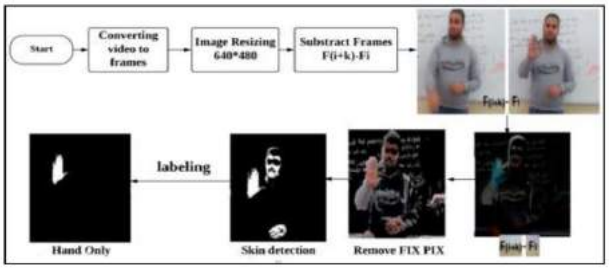


Figure 5. The sequenced output of each stage in preprocessing phase

۲/۲. استخراج ویژگی ها

استفاده از KNN به پارامترهای ورودی به منظور استخراج ویژگی ها و شناسایی ناحیه دست نیاز دارد.

سیستم پیشنهادی چهار پارامتر را برای این منظور تطبیق می دهد.

الف) نسبت خطوط: نسبت بین خطوط عمودی و افقی. اگر (xc، yc) نقطه مرکزی در شکل دست سفید باشد،

این نسبت نشان دهنده انتشار دست از راست به چپ و بالا به پایین است.

$$\text{Vertical line} = x_c \quad (1)$$

$$\text{Horizontal line} = y_c \quad (2)$$

$$\text{Lines ratio} = \frac{Horizontal\ line\ length}{Vertical\ line\ length} \quad (3)$$

ب) نسبت مستطیل یا راست گوشه: برای شرایط مستطیلی که شکل عقربه را می پوشاند و نقطه وسط دارد (xc، yc)، فرض کنید جمع Sاز پیکسل های عقربه ای که مستطیل را قطع می کند محاسبه می شود، سپس نسبت مستطیل را می توان به صورت زیر محاسبه کرد:

نسبت ریاضی مرز خارجی حرکت دست را مشخص می کند. دو نسبت پارامتر قبلی در شکل ۶ نشان داده شده است.

$$\text{Rectangle ratio} = \frac{s}{Rectangle\ circumstance} \quad (4)$$

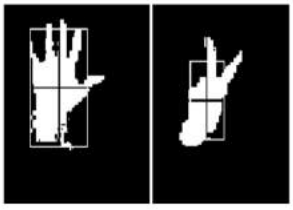


Figure 6. The ratio parameters for the supposed rectangle and lines

ج) لحظه ستون مرتبه دوم، در حالی که $\overline{C}$ میانگین سطرها است.

$$\mu_{cc} = \frac{1}{Hand\ area}\sum_{(r,c)\epsilon R}(c-\bar{c})^2 \quad (5)$$

این پارامتر اطلاعاتی در مورد توزیع افقی در اطراف میانگین ردیف ها در کل ناحیه دست، ارایه می دهد.

د) انحراف معیار: اندازه گیری پراکندگی مجموعه داده ها از میانگین آن است. هر چه داده ها از هم فاصله بیشتری داشته باشند، انحراف بیشتر است. انحراف معیار به عنوان جذر مثبت واریانس نشان داده می شود.

اگر بردار X داشته باشیم که شامل تعداد پیکسل های دست در هر سطر برای اشاره دست است، که در آن n آخرین عدد سطر است که کمتر از میانگین سطر است، آنگاه:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(xi-row'smean)^2}{n-1}} \quad (6)$$

همانطور که در شکل ۷ نشان داده شده است، انحراف استاندارد نشان دهنده پراکندگی چگالی دست از میانگین آن است. هرچه پراکندگی داده ها بیشتر باشد، انحراف بیشتر است.

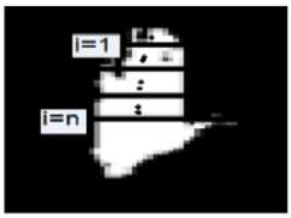


Figure 7. The standard deviation parameter effect

۲/۳. پردازش پست

در این مرحله آخرین لمس به طراحی اضافه می شود. پردازش پست حاشیه‌نویسی یا توضیح نویسی است که حرکت دست را توصیف می‌کند. پردازش پست به کاربر این امکان را می دهد که حاشیه نویسی خود را با ایجاد یک رابط کاربری گرافیکی (GUI)اضافه کند، وهمچنین به کاربر این امکان را می دهد که هر گونه حاشیه نویسی پیشنهادی را اضافه کند یا این که نه.

شکل ۸ فریم دقیق و مشروح را که به وسیله کاربر توصیه شده ، نشان می دهد.

Figure 8. Annotated frame

۳. مشاهده و ارزیابی کنید

عملکرد کل سیستم در این بخش بر اساس زمان پردازش، دقت، حساسیت و ویژگی مورد بحث قرار می گیرد.

۳/۱. زمان پردازش

ارزیابی زمان در مراحل پردازش و تشخیص تصویر برای تخمین عملکرد بسیار ضروری است. زمان پردازش نشان دهنده تکیه بر تکنیکی است که برای تشخیص حرکات دست استفاده شده است.

عوامل کمی وجود دارد که نتایج را متمایز می کند مانند کیفیت تصویر، اندازه تصویر (۴۸۰ x ۶۴۸) و (۱۹۲۰ x ۱۰۸۰) و پارامترهای تکنیک یا الگوریتم تشخیص. در آموزش، آزمایش، استخراج ویژگی و تشخیص آن تصویر خاص، زمان پردازش برای سیستم ما تقریباً ناچیز است زیرا سرعت پردازش ۲.۱ میلی‌ثانیه بر فریم را به دست می‌آورد.

۳/۲. تاثیر الگوی تمرین

این فرض تجربی برای کاهش طبقه‌بندی اشتباه با افزایش تعداد الگوهای آموزشی ساخته شد. تصاویر بسیاری از افراد مختلف با رنگ پوست در پایگاه داده آموزشی وجود دارد تا KNN را قادر به یادگیری به منظور طبقه بندی با موقعیت های حرکت های مختلف کند. الگوی آموزشی نصب، نتایج موثرتر و تاثیرگذاری بیشتری ارایه می دهد.

در این مطالعه ازماتریس سردرگمی برای محاسبه دقت، حساسیت و ویژگی سیستم استفاده شده است. یک ماتریس سردرگمی یعنی مرجع [۲۹] حاوی داده های عددی در مورد طبقه بندی واقعی و نتیجه است که توسط الگوریتم یادگیری ماشین تشخیص انجام می شود. جدول ۱ زیر شکل ماتریس سردرگمی را نشان می دهد. این در جایی است که TP پیش بینی های صحیح نمونه مثبت، FB پیش بینی های نادرست نمونه منفی، FN پیش بینی های صحیح نمونه منفی و TN پیش بینی های نادرست نمونه منفی می باشند.

Table 1. The confusion matrix format

		Predicted	
		Positive	Negative
Actual	Positive	TP	FP
	Negative	FN	TN

در این مطالعه از ۱۲۰ تصویر با اشاره دست برای هر کلاس در این آزمایش ها استفاده شد. سپس، دقت، حساسیت و ویژگی برای بیست کلاس مطابق با فرمول های زیر محاسبه شد که در جدول ۲ و شکل ۹ نشان داده شده است.

دقت معادله (۷) میزان نزدیکی یک مقدار اندازه گیری شده به مقدار واقعی (حقیقی) است.

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (7)$$

حساسیت معادله (۸) که نرخ مثبت واقعی نامیده می شود، نسبت مثبت های واقعی را اندازه گیری می کند و مکمل نرخ منفی کاذب است.

$$Sinsitivity = \frac{TP}{TP+FN} \quad (8)$$

ویژگی معادله (۹) نرخ منفی واقعی است که نسبت منفی ها را منعکس می کند و مکمل نرخ مثبت کاذب است.

$$Specificity = \frac{TN}{TN+FP} \quad (9)$$

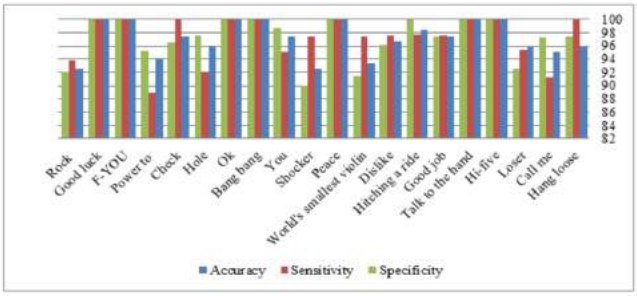


Figure 9. The accuracy, sensitivity, and specificity performance results

Table 2. The accuracy, sensitivity, and specificity results

Classes	Accuracy	Sensitivity	Specificity
Hang loose	95.83	100	97.43
Call me	95.00	91.30	97.29
Loser	95.83	95.34	96.10
Hi-five	100	100	100
Talk to the hand	100	100	100
Good job	97.50	97.56	97.46
Hitching a ride	98.33	95.45	100
Dislike	96.66	97.56	96.20
World's smallest violin	93.33	97.36	91.46
Peace	100	100	100
Shocker	92.50	97.50	90.00
You	97.50	95.00	98.75
Bang bang	100	100	100
Ok	100	100	100
Hole	95.83	92.10	97.56
Check	97.50	100	96.42
Power to	94.16	88.88	95.29
F-YOU	100	100	100
Good luck	100	100	100
Rock	92.50	93.75	92.04
Average	97.12	97.20	97.12

٤. نتیجه گیری

در این کار، توصیفی و یا تشریحی از یک سیستم توضیح نویسی حرکت ساختار یافته توسعه داده شده است. سیستم پیشنهادی متشکل از الگوریتم‌هایی است که بر روی تشخیص حرکات دست تک‌نفره پیاده‌سازی شده‌اند، همانطور که در هر تحقیقی لازم است، ما تحقیقات گسترده‌ای را به دنبال رویکردهای مختلف برای توسعه روش‌های HGR انجام داده‌ایم. چهار پارامتر به عنوان ورودی های کلیدی برای طبقه بندی کننده K-NN استخراج شد. سیستم پیشنهادی در حالت آفلاین کار می کند. این سیستم می تواند افراد تک دست را در میدان دید دوربین به دقت تشخیص دهد، سپس حرکت را تشخیص می دهد – یعنی زمانی که با موفقیت ظاهر می شوند. رابط کاربری گرافیکی برای توضیح نویسی ویدیو نیز ارائه شده است که به کاربر امکان می دهد توضیحات خود را روی ویدیو اضافه کند. عملکرد سیستم بر روی ۱۲۰ حرکت دست برای هر حرکت آزمایش می شود.

نتایج آزمایش نشان داد که روش پیشنهادی دارای میانگین نرخ تشخیص ۹۷ درصد است. همانطور که در این تحقیق نشان داده شده است، سیستم پیشنهادی به نتایج عالی می رسد و دقت قابل قبولی دارد، اما برای تبلیغات بیشتر، باید برخی از مسائل کوچک حل شود، مانند وضوح ویدئو بر زمان پردازش تاثیر می گذارد. همچنین، سیستم پیشنهادی فقط با HGR تک نفره کار می‌کند، چالش دیگر موقعیت دست هنگام انجام حرکت بود، اگر جلوی صورت باشد، سیستم طبقه‌بندی آن را از دست می‌دهد. HGR یک رشته علمی گسترده است که سیستم ها و اختراعات را به طور مداوم ارتقا می دهد، با در نظر گرفتن این واقعیت حیاتی و با توجه به زمینه های کاربردی مهم، پیشنهاداتی وجود دارد که می تواند در کارهای آینده اجرا شود. مواردی مانند پردازش یک ویدیوی آنلاین، تشخیص حرکت دست چند نفره، برخورد با واژگان بیشتر حرکات دست و صورت، ساخت مجموعه داده بزرگ از حرکات دست، برای کارایی بیشتر و برای بینایی یا دید روباتیک و کامپیوتر.

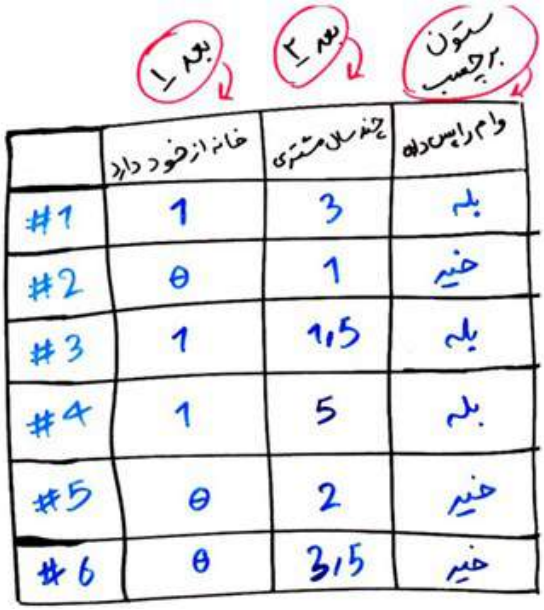
۵. الگوریتم(K_NN) (K-نزدیکترین همسایگی):

الگوریتم Knn در حقیقت به معنی الگوریتم یافتن نزدیکترین همسایه است. Knn مخفف K nearest neighbor بوده و بیشترین استفاده از این الگوریتم در یادگیری ماشین (machine learning) و همچنین داده کاوی می باشد. این الگوریتم یک الگوریتم ناپارامتری بوده که همین امر سبب می شود به نسبت الگوریتم های دیگر سادگی بیشتری داشته و استفاده بیشتری نیز داشته باشد. در ادامه برای درک بهتر چند مثال ساده برای فهم این الگوریتم آورده می شود.

◊ فرض کنید شما یک فروشگاهِ مواد غذایی و دو دسته مشتری دارید، مشتریانِ دسته اول، کسانی هستند که بیشتر از ۱۰۰هزار تومان در هر بار مراجعه از شما خریداری می کنند و دسته ی دوم مشتریانی هستند که در هر مراجعه معمولاً کمتر از ۱۰هزار تومان خرید می کنند. شما که فروشنده ی با تجربه ای هستید، به سبب چند سالی که در این مغازه فعالیت دارید می دانید که مشتریان دسته ی اول خانم هایی هستند که سن بالای ۴۰ سال دارند و با اتومبیل به فروشگاه شما می آیند. (مثلاً در مراجعه ی آ نها به این الگو دقت کرده اید) و دسته ی دوم، یعنی همان مشتریانی که کمتر از ۱۰ هزار تومان از شما خریداری می کنند معمولاً آقایانی هستند که سن زیر ۲۵ سال دارند و بدون اتومبیل به فروشگاه می آیند. حال فرض کنید، یک مشتری جدید به فروشگاه آمده است. این شخص یک خانم ۴۵ ساله است که با اتومبیلِ خود به فروشگاه آمده. شما این مشتری جدید را در کدام دسته(با توجه به مشتریان قبلی) قرار میدهید؟ انتظار دارید که این شخص چقدر از شما خرید کند؟

قطعاً بدون فکر کردن، دسته ی اول را برای پاسخ به سوالِ بالا انتخاب می کنید. دلیل آن بسیار ساده است. این خانم ۴۵ساله با اتومبیل، بسیار نزدیک تر به مشتریانِ دسته ی اول است تا مشتریانِ دست هی دوم(دسته ی دوم، آقایانی بودند که زیر ۲۵ سال سن داشتند و بدون اتومبیل به فروشگاه می آمدند). واژه نزدیک تر، در واقع پایه ی عملیاتِ طبقه بندیِ K نزدیکترین همسایه می باشد. در این الگوریتم، هر کدام از نمونه های جدید (مثلاً مشتری های جدید) با تمامی نمونه های قبلی مقایسه می شوند و به هر کدام از نمونه های قبلی که نزدیک تر باشند، به آن دسته از نمونه ها تعلق می گیرند. این دقیقاً همان کاری است که در مثال اول توسط فروشنده ی با تجربه ی فروشگاه مواد غذایی انجام شد.

فرض کنید شما مدیریت یک بانک را بر عهده دارید و می خواهید از بینِ کسانی که درخواستِ وام کرده اند، آن هایی را انتخاب کنید که به احتمال زیاد می توانند وام خود را بازگردانند. فرض کنید برای این کار یک دیتاست از مشتریانِ قبلیِ خود که وام گرفته اند را آماده کرده اید و به هر کدام از این مشتریانْ یک برچسبِ بله (یعنی توانسته اند وام را بازگردانند) و خیر (یعنی نتوانست هاند وام را بازگردانند) نسبت داد ه اید. توجه کنید که این ها مشتریانِ قبلی شما هستند که وضعیت برگرداندنِ وام توسط آن ها مشخص شده است. هر کدام از مشتری های شما هم ۲ویژگی دارد. ویژگی اول: خانه از خود دارد یا خیر؟ (۰ به معنیِ خانه نداشتن و ۱ به معنیِ داشتنِ خانه از خود است) ویژگی دوم: چند سال است که مشتری بانک است؟ (یک عدد بزرگتر از ۰) هر کدام از این ویژگی ها برای تمامیِ مشتریان تکرار می شوند. نگاهی به شکل زیربیندازید)یک دیتاست با ۶ نمونه و ۲ بُعد و دارای برچسب:



حال فرض کنید دو مشتریِ جدید با ویژگی هایی مطابق با جدول زیر متقاضیِ جدیدِ وام هستند و که م یخواهیم تصمیم بگیریم به آن ها وام بدهیم یا خیر.

	خانه از خود دارد	چند سال مشتری بانک است
new_1	۱	۲/۵
new_2	۰	۲

محاسبه ی فاصله همسایه

روش Euclidean

$$\sqrt{\sum_{i=1}^{k}(x_i - y_i)^2}$$

روش Manhattan

$$\sum_{i=1}^{k}|x_i - y_i|$$

روش Minkowski

$$\left(\sum_{i=1}^{k}(|x_i - y_i|)^q\right)^{\frac{1}{q}}$$

روش Hamming

$$D_H = \sum_{i=1}^{k}|x_i - y_i|$$
$$x = y \rightarrow D = 0$$
$$x \neq y \rightarrow D = 1$$

پیاده سازی الگوریتم KNN با پایتون

در این بخش، به صورت گام به گام به آموزش پیاده سازی الگوریتم KNN با پایتون (در قالب یک مثال)پرداخته شده است. در ابتدا باید کتابخانه‌های مورد نیاز برای پیاده سازی KNN را فراخوانی کرد.

هدف: ایجاد یک مدل نزدیک ترین همسایه در پایتون تا تعیین کند که آیا داوطلبان در یک دانشگاه معتبر پذیرفته می شوند یا خیر.

دو نتیجه احتمالی وجود دارد: (پذیرفته شده) ۱ (در مقابل رد شده) ۰

رد یا قبولی (۰ یا ۱) تارگت می باشد که با y نام گذاری می شود.

ویژگی ها همان معیارها و شرایط قبولی می باشد که این ستون های ویژگی با x نام گذاری می شود.

فراخوانی کتابخانه‌های مورد نیاز برای پیاده سازی الگوریتم KNN با پایتون

برای شروع کدنویسی، ابتدا باید کتابخانه‌های مورد نیاز را فراخوانی کرد

```
In [1]:
import numpy as np
import sklearn.metrics
import matplotlib.pyplot as plt
import pandas as pd
```

تعریف دیتا ست با ساختار دیکشنری.

```
In [2]:
data= {'gmat': [780,750,690,710,680,730,690,720,740,690,610,690,710,680,770,610,580,650,540,590,620,600,350,550,570,670,
               'gpa': [4.3,3.9,3.3,3.7,3.9,3.7,2.3,3.3,3.3,3.3,1.7,2.7,3.7,3.7,3.3,3.3,3.3,2.7,3.7,2.7,2.7,2.3,3.3,2.3,2.7,3.3,3.3
               'work_experience': [3,4,3,5,4,6,1,4,5,1,3,5,6,4,3,1,4,6,2,3,2,1,4,1,2,6,4,1,6,5,1,2,4,6,5,1,2,1,4,5],
               'admitted': [1,1,0,1,0,1,0,1,1,0,0,1,1,0,1,1,0,0,1,0,0,0,0,0,1,1,0,1,1,0,0,1,1,1,0,0,0,0,1]
    }
```

تقسیم دیتاها به مقادیر x و y (ستون های ویژگی به عنوان مقادی x و ستون تارگت به عنوان مقدار y تعریف می شود)

```
In [3]:
df=pd.DataFrame(data)
x=df[["gmat","gpa","work_experience"]]
y=df["admitted"]
```

استاندارد سازی داده ها (این مرحله مربوط به پیش پردازش داده ها است)

```
In [4]:
from sklearn.preprocessing import StandardScaler
scaler=StandardScaler()
scaler.fit(df.drop("admitted",axis=1))

Out[4]: StandardScaler()
```

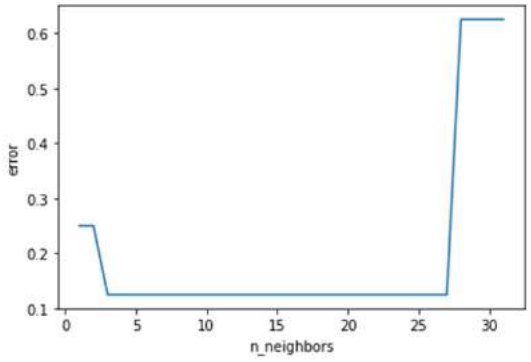
```
In [5]:
x_scaled=scaler.transform(df.drop("admitted",axis=1))
```

تقسیم بندی داده ها به داده های تست و ترین

```
In [6]:
from sklearn.model_selection import train_test_split
xtrain,xtest,ytrain,ytest=train_test_split(x_scaled,y,test_size=0.2)
```

انتخاب بهترین N (همسایگی) با استفاده از حلقه for

```
In [7]:
from sklearn.neighbors import KNeighborsClassifier
import numpy as np
error=[]
for i in range(1,32):
    model=KNeighborsClassifier(n_neighbors=i)
    model.fit(xtrain,ytrain)
    ypred=model.predict(xtest)
    error.append(np.mean(ypred!=ytest))
import matplotlib.pyplot as plt
plt.plot(range(1,32),error)
plt.xlabel("n_neighbors")
plt.ylabel("error")
plt.show()
```



٦. منابع

[۱]M. A. Rahim, M. R. Islam, and J. Shin, “Non-Touch Sign Word Recognition Based on Dynamic Hand Gesture Using Hybrid Segmentation and CNN Feature Fusion,” Applied Sciences, vol. 9, no. 18, pp. 3790, 2019.

[2] H. Badi, “Recent methods in vision-based hand gesture recognition,” International Journal of Data Science and Analytics, vol. 1, no. 2, pp. 77-87, 2016.

[3] Q. De Smedt, “Dynamic hand gesture recognition-From traditional handcrafted to recent deep learning approaches,” Sciences andTechnologies, Université Lille 1, 2017.

[4] S. Feng, R. Manmatha, and V. Lavrenko, "Multiple bernoulli relevance models for image and video annotation." Proceedings of the 2004 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition

(CVPR), 2004.

[5] M. Panwar, and P. S. Mehra, “Hand gesture recognition for human computer interaction,” in 2011 International Conference on Image Information Processing, Shimla, pp. 1-7, 2011.

[6] D. Lee, and K. Hong, “A Hand gesture recognition system based on difference image entropy,” in 2010 6th International Conference on Advanced Information Management and Service (IMS), Seoul,South Korea, pp. 410-413, 2010.

[7] M. Panwar, “Hand gesture recognition based on shape parameters,” in 2012 International Conference on

[8] H. Hikawa, and K. Kaida, “Novel FPGA implementation of hand sign recognition system with SOM–Hebb classifier,” IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 25, no. 1, pp. 153-166, 2014.

[9] K. Liu, C. Chen, R. Jafari, and N. Kehtarnavaz, “Fusion of inertial and depth sensor data for robust hand gesture recognition,” IEEE Sensors Journal, vol. 14, no. 6, pp. 1898-1903, 2014.

[10] Z. Ren, J. Yuan, J. Meng, and Z. Zhang, “Robust part-based hand gesture recognition using kinect sensor,” IEEE transactions on multimedia, vol. 15, no. 5, pp. 1110-1120, 2013.

[11] R. Xie, X. Sun, X. Xia, and J. Cao, “Similarity matching-based extensible hand gesture recognition,” IEEE sensors journal, vol. 15, no. 6, pp. 3475-3483, 2015.

[12] R. Xu, S. Zhou, and W. J. Li, “MEMS accelerometer based nonspecific-user hand gesture recognition,” IEEE Sensors Journal, vol. 12, no. 5, pp. 1166-1173, 2011.

[13] D. Mazumdar, A. K. Talukdar, and K. K. Sarma, “Gloved and free hand tracking based hand gesture recognition,” in 1st International Conference on Emerging Trends and Applications in Computer Science, Shillong, pp. 197-202, 2013.

[14] J. Singha, and K. Das, “Hand gesture recognition based on Karhunen-Loeve transform,” in Mobile and Embedded

Technology International Conference India, pp. 365-371, 2013.

[15] W. Choudhari, P. Mishra, R. Rajankar, and M. Sawarkar, “Hand gesture recognition using radial length metric,”

[16] P. Trigueiros, A. F. Ribeiro, and L. P. Reis, “A Comparative Study of different image features for hand gesture machine learning,” in 7th Iberian Conference on Information Systems and Technologies, Madrid, Spain, pp. 41-46, 2013.

[17] R. F. Rahmat, t. Chairunnisa, d. Gunawan, m. F. Pasha, and r. Budiarto, “Hand gestures recognition with improved skin color segmentation in human-computer interaction applications,” Journal of Theoretical and Applied Information Technology, vol. 97, no. 3, pp. 727-739, 2019.

[18] S. Saha, S. Das, S. Debnath, and S. Banik, "A Hand Gesture Recognition Model Using Fuzzy Directional Encoding of Polygonal Approximation," Emerging Technology in Modelling and Graphics, pp. 217-229: Springer, 2020.

[19] B. Ganguly, P. Vishwakarma, and S. Biswas, "Kinect Sensor Based Single Person Hand Gesture Recognition for Man–Machine Interaction," Computational Advancement in Communication Circuits and Systems, pp. 139-144: Springer, 2020.

[20] D.-Y. Huang, W.-C. Hu, and S.-H. Chang, "Vision-based hand gesture recognition using PCA+ Gabor filters and SVM," in 2009 fifth international conference on intelligent information hiding and multimedia signal processing, Kyoto, pp. 1-4, 2009.

[21] A. Licsár, and T. Szirányi, "Dynamic training of hand gesture recognition system," in Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition, 2004. ICPR 2004., Cambridge, pp. 971-974, 2004.

[22] Y. Liu, X. Wang, and K. Yan, "Hand gesture recognition based on concentric circular scan lines and weighted Knearest neighbor algorithm," Multimedia Tools and Applications, vol. 77, no. 1, pp. 209-223, 2018.

[23] M. M. Hasan, and P. K. Mishra, "Hand gesture modeling and recognition using geometric features: a review," Canadian journal on image processing and computer vision, vol. 3, no. 1, pp. 12-26, 2012.

[24] S. Zhang, X. Li, M. Zong, X. Zhu, and D. Cheng, "Learning k for knn classification," ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (TIST), vol. 8, no. 3, pp. 1-19, 2017.

[25] G. Guo, H. Wang, D. Bell, Y. Bi, and K. Greer, "KNN model-based approach in classification." Springer, pp. 986-996, 2003.

[26] M. M. Otoom, M. Jemmali, Y. Qawqzeh, K. N. SA, and F. Al Fay, "Comparative Analysis of Different Machine Learning Models for Estimating the Population Growth Rate in Data-Limited Area," IJCSNS, vol. 19, no. 12, p. 96, 2019.

طراحی کنترل کننده پسگام برای ردیابی موقعیت/نیرو در ربات های همکار

نویسنده: برمک بیگ زاده نوعی

چکیده

در این مقاله، مسئله کنترل ردیابی موقعیت و نیرو در ربات های همکار که یک شئ صلب را حمل می کنند، با استفاده از روش طراحی کنترل کننده پسگام مورد بررسی قرا ر گرفته است. در روش پیشنهادی با تعریف متغیرهای حالت جدید براساس مشتق و انتگرال خطاهای موقعیت مرکز جرم شئ مورد حمل، سیستم خطای بازوهای ربات همکار ساخته می شود. سپس با تعریف متغیرهای جدید براساس سیستم خطاهای موقعیت و بکارگیری روش کنترل پسگام، یک کنترل کننده پسگام برای ردیابی موقعیت در سیستم ربات های همکار ارائه شده است. در نهایت به منظور طراحی کنترل کننده ردیاب موقعیت/نیرو و با استفاده از خواص نیروهای داخلی، جملاتی به سیگنال کنترلی طراحی شده اضافه گردیده است. همچنین با تعریف توابع لیاپانوف مناسب، نشان داده شده است که تمامی سیگنال های حلقه بسته به طور یکنواخت کراندار خواهند بود و خطاهای ردیابی نیرو و موقعیت با انتخاب مناسب پارامترهای طراحی به مقادیر کوچک مطلوب همگرا می شوند. برای نشان دادن عملکرد روش کنترلی پسگام پیشنهادی، این روش کنترلی بر روی دو ربات سه لینکی که یک شئ صلب را در دو مسیر دایره ای و خط صاف حمل می کنند، پیاده سازی شده است.

کلیدواژگان

سیستم ربات های همکار، کنترل پسگام، پایداری لیاپانوف، کنترل کننده ردیاب موقعیت/نیرو

۱. مقدمه

از آغاز دهه ۱۹۶۰میلادی و با ظهور ربات ها در عرصه صنعت، پیشرفت های شگرفی در اتوماسیون فرآیندهای صنعتی بوجود آمد[۱]. با الگو قرار دادن مهارت و هماهنگی در ساختارهایی شبیه انسان، سیستم هایی متشکل از چند ربات که بصورت هماهنگ عمل می کنند در پروسه های صنعتی پیچیده و مدرن بطور گسترده مورد استفاده قرار گرفته اند. امروزه ربات های همکار کاربردهای زیادی در زندگی روزمره و صنایع گوناگون دارند که فراتر از ظرفیت ها و قابلیت های ربات های فردی بوده و طیف وسیعی از فعالیت ها نظیر جابجایی و مونتاژ اشیاء بزرگ و سنگین و یا گرفتن و کارکردن روی اجسام با اشکال دلخواه را پوشش می دهند. لذا ربات های همکار به منظور رسیدن به چنین اهدافی معرفی شده اند که یک سیستم رباتیکی با پتانسیل های لازم برای انجام این قبیل کارها می باشند [۲].

کنترل ربات های چند بازویی همچون کنترل رهبر-پیرو،کنترل انطباق نیرو و کنترل فضای کاری مورد بررسی قرار گرفت. با معرفی یک مدل پویا و یکپارچه جدید برای ربات‌های همکار، کاوازاکی و همکارانش [۶] روش تطبیقی را برای طراحی یک کنترل کننده تطبیقی غیرمتمرکز برای مسئله ردیابی موقعیت و نیروی سیستم های ربات همکار گسترش دادند. علاوه بر این، روش‌های کنترل مقاوم مانند کنترل ساختار متغیر [۷] و کنترل مد لغزشی [۸] برای مسئله ردیابی سیستم های ربات همکار طراحی شده اند. با تعریف برخی از خطاهای پسماند، گوییب و همکارانش [۹] روش های کنترل مد لغزشی را برای مسئله کنترل بازوهای همکار در حضور عدم قطعیت گسترش دادند. در [۱۰]، عملکرد روش های کنترل مد لغزشی با استفاده از تنظیم پارامترهای سطح لغزش با واحد منطق فازی برای سیستم های کنترل دو بازویی بهبود بخشیده شده است. با ترکیب مزایای استفاده از کنترل تطبیقی و کنترل مد لغزشی، کنترل کننده های موقعیت / نیروی مقاوم و تطبیقی نیز برای این سیستم ها در [۱۲-۱۱] ارائه شده است. مارتینز و همکارانش به منظور رسیدن به ساختاری کاربردی در کنترل ربات های همکار، یک رویتگر سرعت ونیرو برای سیستم های ربات همکار در طی حرکت مشخص طراحی کردند [۱۳]. روش پیشنهادی آنها براساس دانش دینامیکی از ربات ها بوده و به اندازه گیری سرعت لینک و نیروهای تماس مجری نهایی ربات ها نیاز ندارد.

گوییب و همکارانش یک کنترل کننده فازی تطبیقی غیرمتمرکز برای کنترل هم زمان نیروی داخلی و موقعیت در ربات های همکار پیشنهاد دادند که درحضور اغتشاش خارجی و عدم قطعیت در مدل و پارامترها انجام شده است[۱۴]. کنترل کننده با استفاده از یک موتور منطقی فازی چند ورودی چند خروجی و یک مکانیزم تطبیقی آنلاین سیستماتیک انجام می شود. آن ها همچنین درپژوهش بعدی خود ضمن استفاده از این روش با استفاده از روش پایداری لیاپانوف، کنترل کننده ای مقاوم برای بهبود عملکرد سیستم در حضور عدم قطعیت های مدل سازی و پارامتری طراحی کردند [۱۵]. در [۱۶]، ژیجان و همکارانش یک کنترل کننده فازی تطبیقی برای عملیات مخابراتی دو ربات همکار که بر روی یک شئ با نیرو و مسیر محدود کار میکنند و در حضور عدم قطعیت دینامیکی و تاخیر ناشی از شبکه تصادفی طراحی کردند. در این مقاله ضمن استفاده از مدل مارکوف برای تاخیر ناشی از شبکه تصادفی، ایده کنترل پایه-پیرو و روش فازی تطبیقی مبتنی بر نابرابری ماتریس خطی برای مقابله با عدم قطعیت های دینامیکی، اغتشاش خارجی و تاخیرات تصادفی متعدد در کانال های ارتباطی بکار گرفته شده است.

از دیگر کارهای صورت گرفته در حوزه کنترل سیستم های ربات همکار، ترکیب تخمین گرهای فازی یا عصبی در کنار یک ساختار تطبیقی می باشد. در [۱۷]، وون و همکارنش ضمن استفاده از تخمین گر شبکه عصبی برای تقریب دینامیک های نامشخص سیستم، با ترکیب کنترل تطبیقی و کنترل مد لغزشی به طراحی یک کنترل کننده ردیاب موقعیت/نیروی شبکه عصبی تطبیقی پرداخته اند. پانوار و همکارانش یک کنترل کننده عصبی تطبیقی برای سیستم های ربات همکار طراحی کردند که در آن به طور هم زمان حرکت شئ و نیروهای داخلی کنترل می شود [۲]. در این روش یک شبکه عصبی پیشرو برای آموزش دینامیک های ناشناخته ربات ها و شئ به کار گرفته شده که این شبکه عصبی با استفاده از یادگیری تطبیقی مبتنی بر پایداری لیاپانوف با غیرخطی های نامعین مقابله می کند.

با توجه به ساختار سیستم های ربات همکار و وجود دینامیک های متعدد در آنها، استفاده از یک ساختار کنترلی غیرمتمرکز و قدرتمند مثل استراتژی کنترل پسگام برای چنین سیستم هایی لازم می باشد.

با این وجود، هیچ یک از این مطالعات قبلی به طراحی کنترل پسگام که یک روش طراحی بازگشتی برای سیستم های کنترل ربات همکار است، نپرداخته اند. اخیرا، ژانگ و همکاران [۱۸] یک کنترل‌کننده پسگام تطبیقی بر اساس شبکه های عصبی برای کنترل ربات همکار طراحی نموده اند ولی در ساختار پیشنهادی آنها نه تنها مسئله ردیابی نیروهای داخلی در نظر گرفته نشده است بلکه در روابط دینامیکی سیستم ربات همکار نیز از تاثیر نیروهای داخلی صرفنظر شده است. توجه به این نکته حائز اهمیت است که بدون در نظر گرفتن نیروهای داخلی امکان نگه داشتن و حمل جسم وجود نخواهد داشت و عملا طراحی کنترلی به جای سیستم ربات همکار برای یک سیستم دینامیکی اویلر-لاگرانژ صورت گرفته است.

بر اساس مشاهدات فوق، در این مقاله به مسئله کنترل پسگام موقعیت و نیرو برای سیستم های ربات همکار که یک جسم صلب را حمل می نمایند، پرداخته شده است. در روش پیشنهادی و به منظور بهبود عملکرد سیستم، متغیرهای حالت جدید براساس بردار خطای موقعیت، مشتق و انتگرال آن تعریف شده است. سپس با تغییر مناسب مختصات بر اساس متغیرهای حالت جدید، یک کنترل‌کننده پسخورد حالت پسگام برای سیستم های ربات همکار ارائه شده است. کنترل‌کننده پسگام طراحی شده بر اساس سیستم خطای جدید به طور قابل توجهی عملکرد ردیابی سیستم های کنترل ربات همکار را بهبود می‌بخشد.

در بخش ۲ این مقاله مسئله سیستم ربات همکار و فرضیات توصیف می‌شود. در بخش ۳ مدل دینامیکی ترکیبی روبات های همکار و شئ مورد حمل بدست می‌آید. در بخش ۴ کنترل کننده پسگام طراحی شده و پس از آن در بخش ۵ برای نشان دادن صحت طراحی های انجام شده، نتایج شبیه سازی آن بر روی دو ربات سه لینکی که یک شئ صلب را حمل می‌کنند، نشان داده شده است. نتیجه گیری حاصل از این مقاله در بخش ۶ آورده شده است.

۲. بیان مسئله ربات های همکار

K ربات همکار مطابق "شکل ۱" که یک شئ صلب را حمل می کنند در نظر بگیرید، در "شکل ۱" همچنین محورهای مختصاتی را به منظور استخراج یک مدل دینامیکی برای سیستم ربات همکار تعریف شده است. دستگاه مختصات دستگاه پایه بوده که بیانگر محورهای مختصات مرجع برای کل فضای کاری سیستم ربات همکار می باشد. دستگاه مختصات جسم می باشد که در مرکز جرم آن قرار گرفته است. برای نشان دهنده دستگاه مختصات مجری نهایی ربات l ام می باشد. علاوه بر اینها، فرضیات زیر برای ساده سازی مدلسازی دینامیکی کلی سیستم مورد نیاز است[۲,۶,۱۸,۱۵]:

فرض۱: همه ربات ها دارای درجه آزادی یکسان و برابر با ابعاد فضای کاری دارند. به عبارت دیگر هیچ یک از ربات ها افزونه نمی باشند.

فرض۲: از حرکت نسبی بین هر پنجه و جسم صرف نظر شده، به عبارت دیگر، فرض شده جسم و پنجه بصورت صلب با هم در تماس هستند.

فرض۳: سینماتیک و دینامیک سیستم ربات همکار مشخص و در دسترس می باشد.

فرض ۴: حرکت هر بازوی ربات به دور از نقطه تکین است.

فرض۵ : تمامی مفصل ها و شئ گرفته شده صلب هستند.

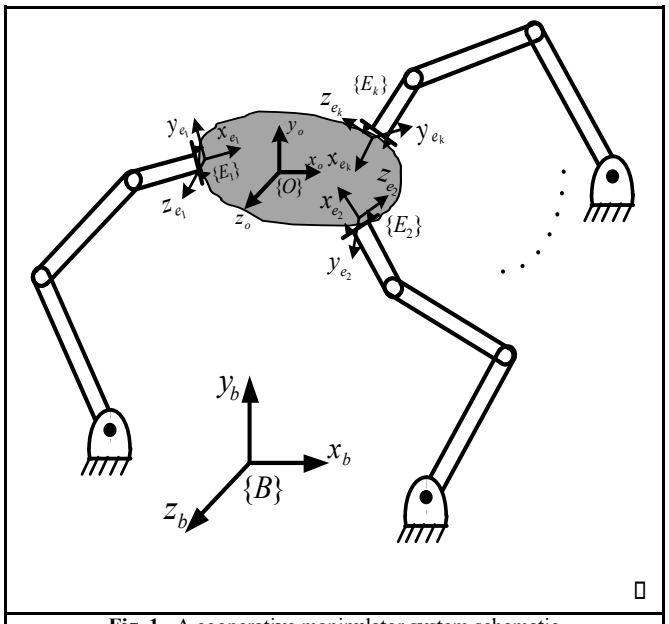


Fig. 1 A cooperative manipulator system schematic

شکل ۱ شماتیک یک سیستم ربات همکار

هدف کنترلی ما در این مقاله طراحی یک کنترل کننده ردیاب پسگام برای هر بازوی ربات همکار می باشد به گونه ای که تمامی سیگنال های سیستم ربات همکار محدود باقی مانده و نیز شئ مسیر و جهت مطلوب را دنبال کرده و نیروهای(گشتاورهای) داخلی به مقدار قابل قبولی برسند.

۳. مدل دینامیکی

۳/۱. مدل دینامیکی بازوها

دینامیک های ربات l ام با n درجه آزادی مطابق "شکل ۱" را می توان در فضای مفصلی به صورت زیر بیان نمود[۱]:

$$M_i(q_i)\ddot{q}_i + C_i(q_i,\dot{q}_i)\dot{q}_i + G_i(q_i) + B_i(q_i,\dot{q}_i) = \tau_i - J_{m,i}^T(q_i)F_i + \tau_{d,i}(q_i,\dot{q}_i) \quad (۱)$$

که در آن $1 \le i \le k$ و بردار $q_i = [q_{i,1}, q_{i,2}, \dots, q_{i,n}]^T \in R_n$ بیانگر بردار متغیرهای مفصلی می باشد. ماتریس $M_i(q_i) \in R^{n \times n}$ بیانگر ماتریس جرم ربات i ام، $C_i(q_i, \dot{q}_i) \in R^{n \times n}$ نشان دهنده ماتریس گریز از مرکز و کوریولیس $G_i(q_i) \in R_n$ و بردار گرانش بوده، $B_i(q_i, \dot{q}_i) \in R^n$ بردار اصطحکاک استاتیکی و دینامیکی، بیانگر بردار نیروهایی(گشتاورهایی) است که از طرف l امین ربات به شئ اعمال می شود، $J_{m,i}(q_i) \in R^{n \times n}$ ماتریس ژاکوبین l امین ربات است که فضای مفصلی را به فضای کارتزین مربوط می سازد. $\tau_i \in R^n$ بردار گشتاور های (نیروهای) راه انداز ربات l ام و بردار اغتشاشات خارجی مدل نشده می باشد.

با توجه به رابطه‌ی (۱) می توان معادلات دینامیکی k بازوی ربات را به صورت فشرده و مختصر زیر بیان کرد.

$$M(q)\ddot{q} + C(q,\dot{q})\dot{q} + G(q) + B(q_i,\dot{q}_i) = \tau - J_m^T(q)F + \tau_d(q,\dot{q}) \quad (۲)$$

به طوریکه:

$$M(q) = blockdiag[M_1(q_1), M_2(q_2), \dots, M_k(q_k)] \in R^{kn \times kn}$$
$$q = [q_1^T, q_2^T, \dots, q_k^T]^T \in R^{kn}, F = [F_1^T, F_2^T, \dots, F_k^T] \in R^{kn}$$
$$C(q,\dot{q}) = blockdiag[C_1(q_1,\dot{q}_1), \dots, C_k(q_k,\dot{q}_k)] \in R^{kn \times kn}$$
$$G(q) = [G_1(q_1), G_2(q_2), \dots, G_k(q_k)] \in R^{kn}$$
$$J_m(q) = blockdiag[J_{m,1}(q_1), J_{m,2}(q_2), \dots, J_{m,k}(q_k)] \in R^{kn \times kn}$$
$$\tau_d(q,\dot{q}) = [\tau_{d,1}^T(q,\dot{q}), \dots, \tau_{d,k}^T(q,\dot{q})] \in R^{kn}$$

فرض ۶: برای بردار اغتشاشات خارجی $\tau_d(q_i, \dot{q}_i)$ رابطه $\|\tau_d(q_i, \dot{q}_i)\| \le \bar{\tau}_d$ برقرار است.

مدل دینامیکی بازوهای ربات همکار که در رابطه (۲) بیان شده دارای ویژگی های زیر است[۱].

ویژگی ۱: ماتریس $M(q)$ به ازای تمامی q ها یک ماتریس مثبت معین متقارن است.

ویژگی ۲: ماتریس $\dot{M}(q) - 2C(q,\dot{q})$ یک ماتریس شبه متقارن است. بنابراین:

$$\delta^T(\dot{M}(q) - 2C(q,\dot{q}))\delta = 0 \qquad \forall \delta, q \in R^{kn} \quad (۳)$$

تذکر ۱: با توجه به فرض ۳ ماتریس ژاکوبین l امین بازو، $J_{m,i}(q_i)$ ، در رابطه ی (۱) با مشتق گیری از رابطه سینماتیک مستقیم بازوی iام به سادگی به صورت زیر بدست می آید.

$$\dot{\chi}_{e,i} = J_{m,i}(q_i)\dot{q}_i \quad (۴)$$

که در آن $\chi_{e,i} \in R^n$ بردار موقعیت و جهت دستگاه مختصات l امین مجری نهایی $\{E_i\}$ نسبت به دستگاه مختصات $\{B\}$ پایه است. این رابطه را می توان پس از فشرده سازی به صورت زیر بیان کرد.

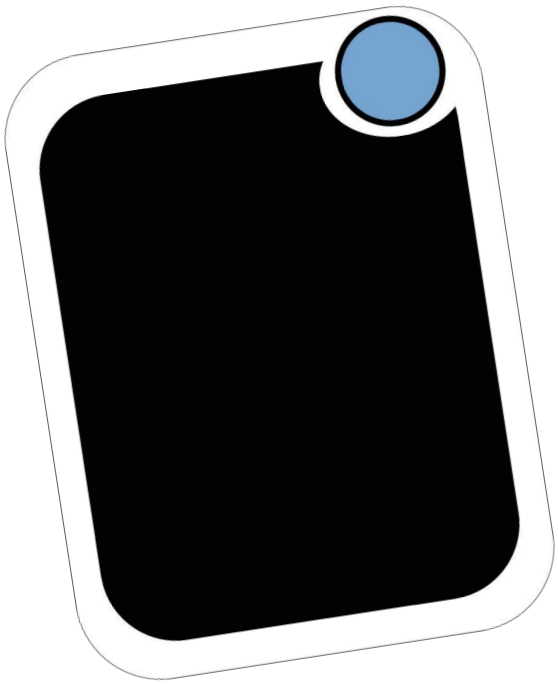
$$\dot{\chi}_e = J_m(q)\dot{q} \quad (۵)$$

که در آن داریم: $\chi_e = [\chi_{e,1}^T, \chi_{e,2}^T, \dots, \chi_{e,k}^T]^T \in R^{kn}$

۳/۲. مدل دینامیکی شئ

دینامیک های شئ مورد حمل در فضای کارتزین را می توان با رابطه ی زیر نشان داد [۲,۶]:

$$M_o(\chi_o)\ddot{\chi}_o + C_o(\chi_o,\dot{\chi}_o)\dot{\chi}_o + G_o(\chi_o) = F_o \quad (۶)$$



که در آن $\chi_o \in R^n$ بردار موقعیت و جهت دستگاه مختصات شئ $\{O\}$ نسبت به دستگاه مختصات پایه $\{B\}$ ، ماتریس $M_o(\chi_o) \in R^{n\times n}$ بیانگر ماتریس جرم شئ، $C_o(\chi_o, \dot{\chi}_o) \in R^{n\times n}$ نشان دهنده ماتریس گریز از مرکز و کوریولیس، $G_o(\chi_o) \in R_n$ بردار نیرو های گرانشی، $F_o \in R_n$ بیانگر بردار نیروهای(گشتاورهای) اعمال شده به مرکز جرم شئ بیان داده شده در دستگاه مختصات پایه $\{B\}$ می باشد.

F_o بردار نیرو و گشتاور اعمال شده به مرکز جرم شئ را می توان براساس بردار نیروهای(گشتاورهای) بازوها $F_i\ (1 \le i \le k)$ به صورت زیر بیان کرد.

$$F_o = \sum_{i=1}^{k} J_{o,e_i}^T(\chi_o) F_i \qquad (۷)$$

به طوریکه $J_{o,e_i}(\chi_o) \in R^{n\times n}$ ماتریس ژاکوبین دستگاه مختصات مجری نهایی ربات i ام $\{E_i\}$ نسبت به دستگاه مختصات جسم $\{O\}$ بیان شده در دستگاه مختصات پایه $\{B\}$ می باشد. معادله (۷) را می توان به فرم فشرده زیر نیز بیان نمود:

$$F_o = J_{o,e}^T(\chi_o) F \qquad (۸)$$

به طوریکه

$$J_{o,e}(\chi_o) = [J_{o,e_1}^T(\chi_o), J_{o,e_2}^T(\chi_o), \dots, J_{o,e_k}^T(\chi_o)]^T \in R^{kn\times n}$$

ویژگی های (۱) و (۲) برای ماتریس جرم و ماتریس گریز از مرکز و کوریولیسی شئ نیز برقرار است[۲,۶].

ویژگی ۳: ماتریس جرم $M_o(\chi_o)$ به ازای همه ی $\chi_o \in R^n$ یک ماتریس مثبت معین متقارن است.

ویژگی ۴: ماتریس $\dot{M}_o(\chi_o) - 2C(\chi_o, \dot{\chi}_o)$ یک ماتریس شبه متقارن است یعنی در رابطه ی زیر صدق می کند.

$$\delta^T(\dot{M}_o(\chi_o) - 2C(\chi_o, \dot{\chi}_o))\delta = 0 \qquad \forall \delta, \chi_o \in R^n \qquad (۹)$$

۳/۳. مدل دینامیکی سیستم ربات همکار

در این بخش، مدل دینامیکی کل سیستم ربات همکار در فضای کارتزین بدست آورده می شود. در این راستا، برای ترکیب مدل دینامیکی ربات همکار (۲) و مدل دینامیکی شئ (۶) ازنگاشت سینماتیکی بین فضای کارتزین و فضای مفصلی استفاده شده است. به طور دقیق تر، متغیرهای فضای مفصلی در رابطه (۲) با استفاده از سینماتیک مستقیم به فضای کارتزین تبدیل شده و برحسب بردار موقعیت و جهت $\chi_o \in R^n$ بیان می گردد سپس طبق رابطه (۸)، دینامیک های شئ در رابطه (۶) جایگزین بردار نیروهای (گشتاورهای) مجری های نهایی F در رابطه (۲) می شوند تا در نهایت دینامیک کلی سیستم ربات همکار حاصل گردد.

براساس فرض ۳، بردار موقعیت و جهت شئ را می توان به صورت تابع معینی از متغیرهای فضای مفصلی بیان کرد.

$$\chi_o = T_{o,m_i}(q_i) \qquad (۱۰)$$

به طوریکه $T_{o,m_i}(q_i) \in R^n$ از طریق سینماتیک مستقیم بدست می آید. با مشتق گیری از رابطه (۱۰)، رابطه ی ژاکوبین زیر بدست می آید:

$$\dot{\chi}_o = J_{o,m_i}(q_i)\dot{q} \qquad (۱۱)$$

به طوریکه $J_{o,m_i}(q_i) \in R^n$ ماتریس ژاکوبین متغیرهای فضای مفصلی q_i ربات i ام نسبت به متغیرهای فضای کارتزین χ_o بیان شده در دستگاه مختصات پایه $\{B\}$ می باشد. با توجه به رابطه (۱۱) و فرض ۴، بردار فضای مفصلی $\dot{q}$ برای k ربات همکار را می توان به صورت زیر بیان کرد.

$$\dot{q} = \Lambda_{o,m}(q)\dot{\chi}_o \qquad (۱۲)$$

به طوری که:

$$\Lambda_{o,m}(q) = [J_{o,m_1}^{-T}(q_1), J_{o,m_2}^{-T}(q_2), \dots, J_{o,m_k}^{-T}(q_k)]^T \in R^{kn\times n}$$

با مشتق گیری از رابطه (۱۲)، بردار $\ddot{q}$ به صورت زیر بدست می آید.

$$\ddot{q} = \Lambda_{o,m}(q)\ddot{\chi}_o - \Lambda_{o,m}(q)\dot{\chi}_o \qquad (۱۳)$$

به طوری که:

$$\Delta_{o,m}(q) = [(J_{o,m_1}^{-1}(q_1)\dot{J}_{o,m_1}^{-1}(q_1)J_{o,m_1}^{-1}(q_1))^T, \dots, (J_{o,m_k}^{-1}(q_k)\dot{J}_{o,m_k}^{-1}(q_k)J_{o,m_k}^{-1}(q_k))^T]^T$$

اکنون رابطه ی بین بردار نیروها(گشتاورها) F و دینامیک های شئ با استفاده از روابط (۶) و (۸) تعیین می شود. بدلیل آنکه ماتریس ژاکوبین $J_{o,e}(\chi_o)$ مربعی نیست، لذا برای محاسبه F در رابطه (۸) از شبیه معکوس بصورت زیر

استفاده میگردد:

$$F = (J_{o,e}^T(\chi_o))^+ F_0 + F_I \quad (۱۴)$$

که در آن

$$(J_{o,e}^T(\chi_o))^+ = J_{o,e}(\chi_o)(J_{o,e}^T(\chi_o)J_{o,e}(\chi_o))^{-1} \in R^{kn\times n}$$

ماتریس شبه $J_{o,e}(\chi_o)$ معکوس می باشد. بردار $F_I \in R^{kn}$ بردار دلخواهی از فضای پوچی $J_{o,e}^T(\chi_o)$ می باشد به عبارتی داریم $J_{o,e}^T(\chi_o)F_I = 0$ علاوه بر این $F_I = [F_{int,1}^T, F_{int,2}^T, \dots, F_{int,k}^T]^T$ بردار نیروهای(گشتاورهای) داخلی نیز می باشد که در آن $F_{int,i} \in R^n (1 \le i \le k)$ بردار نیروهای(گشتاورهای) داخلی ا امین بازوی ربات است.

تذکر ۲: نیرو و گشتاورهای داخلی اثر یکدیگر را خنثی کرده و هیچ تاثیری روی حرکت شئ ندارند یعنی :

$$\sum_{i=1}^{k} F_{int,i} = 0$$

با جایگذاری رابطه (۱۴) در رابطه (۶) داریم:

$$F = (J_{o,e}^T(\chi_o))^+ (M_o(\chi_o)\ddot{\chi}_o + C_o(\chi_o,\dot{\chi}_o)\dot{\chi}_o + G_o(\chi_o)) + F_I \quad (۱۵)$$

و در نهایت با جایگذاری روابط (۱۲)، (۱۳) و(۱۵) در رابطه (۲) مدل دینامیکی ترکیبی سیستم ربات همکار به صورت زیر بدست می آید.

$$M_c(\chi_o)\ddot{\chi}_o + C_c(\chi_o,\dot{\chi}_o)\dot{\chi}_o + G_c(\dot{\chi}_o) + B_c(\chi_o,\dot{\chi}_o) = \tau - J_c^T(\chi_o)F_I + \tau_d(\chi_o,\dot{\chi}_o) \quad (۱۶)$$

به طوریکه:

$$M_c(\chi_o) = M(q)\Lambda_{o,m}(q) + J_m^T(q)(J_{o,e}^T(\chi_o))^+ M_c(\chi_o) \in R^{kn\times n}$$

$$C_c(\chi_o,\dot{\chi}_o) = c(q,\dot{q})\Lambda_{o,m}(q) - M(q)\Lambda_{o,m}(q)$$

$$J_m^T(q)\left(J_{o,e}^T(\chi_o)\right)^+ C_c(\chi_o,\dot{\chi}_o) \in R^{kn\times n}$$

$$B_c(\chi_o,\dot{\chi}_o) = B(q,\dot{q}) = B\left(q,\Lambda_{o,m}(q)\dot{\chi}_o\right) \in R^{kn}$$

$$J_c^T(\chi_o) = J_m^T(q) \in R^{kn\times kn}$$

$$G_c(\chi_o)) = G(q) + J_m^T(q)(J_{o,e}^T(\chi_o))^+ G_o(\chi_o) \in R^{kn}$$

$$\tau_d(\chi_o,\dot{\chi}_o) = \tau_d(q,\dot{q}) = \tau_d\left(q,\Lambda_{o,m}(q)\dot{\chi}_o\right) \in R^{kn}$$

مدل دینامیکی ترکیبی سیستم ربات همکار که در رابطه (۱۶) بیان شده ویژگی های زیر را برآورده می کند که برای طراحی کنترل کننده پیشنهاد شده در این مقاله مفید است[۲].

ویژگی ۵: ماتریس $\Lambda_{o,m}^T(q)M_c(\chi_o)$ به ازای تمامی مقادیر q و χ_o یک ماتریس مثبت معین متقارن است.

ویژگی۶: ماتریس

$$\frac{d}{dt}\left(\Lambda_{o,m}^T(q)M_c(\chi_o)\right) - 2\Lambda_{o,m}^T(q)C_c(\chi_o,\dot{\chi}_o)$$

یک ماتریس شبه متقارن است. بنابراین:

$$\delta^T\left(\frac{d}{dt}\left(\Lambda_{o,m}^T(q)M_c(\chi_o)\right) - 2\Lambda_{o,m}^T(q)C_c(\chi_o,\dot{\chi}_o)\right)\delta = 0 \quad (۱۷)$$

$$\forall \delta, \chi_o \in R^n$$

٤. روش کنترل پسگام

در این بخش یک کنترل کننده پسخورد حالت پسگام برای سیستم ربات همکار بیان شده در رابطه (۸) ، بر اساس فرضیات (۱-۵) طراحی می شود. بدین منظور یک سیستم جدید ایجاد می شود که متغیرهای حالت آن خطاهای موقعیت و جهت شئ مورد حمل هستند. سپس به منظور حل مسئله ردیابی، روش پسگام به این سیستم جدید و مبتنی بر خطا اعمال شده تا همگرایی کل سیستم حلقه بسته تضمین گردد.

خطاهای موقعیت و جهت گیری e_{xo} و خطاهای نیروهای داخلی e_{F_I} به صورت زیر تعریف می شود.

$$e_{xo} = \chi_{o,r} - \chi_o \quad (۱۸)$$

$$e_{F_i} = F_{I,r} - F_I \quad (۱۹)$$

که در آن $\chi_{o,r} \in R^n$ موقعیت و جهت مرجع و $F_{I,r} \in R^{kn}$ نیروهای داخلی مرجع می باشند. از آنجایی که نیروهای داخلی نقشی در حرکت شئ ندارند خطای ناشی از آن ها به عنوان یک ترم اضافی و با توجه به این حقیقت که نیروهای داخلی در فضای پوچی ماتریس ژاکوبین $J_{o,e}^T(\chi_o)$ هستند، در کنترل کننده پیشنهادی لحاظ می شوند. بر این اساس، متغیرهای حالت جدید تنها براساس خطای موقعیت و جهت شئ مورد حمل به صورت زیر تعریف

میگردند [۱۹].

$$x_1 = k_{xo}\int_0^t e_{xo}dt \quad (۲۰)$$

$$x_2 = e_{xo} \quad (۲۱)$$

$$x_3 = \dot{e}_{xo} \quad (۲۲)$$

که در آن k_{xo} یک پارامتر طراحی مثبت است. با توجه به روابط (۲۰)، (۲۱)، (۲۲) و دینامیک های سیستم ربات همکار (۱۶)، معادلات این سیستم جدید به صورت زیر بدست می آید.

$$\dot{x}_1 = k_{\chi_o}x_2 \quad (۲۳)$$

$$\dot{x}_2 = x_3 \quad (۲۴)$$

$$\begin{aligned} &M_c(\chi_{o,r}-x_2)\dot{x}_3 = M_c(\chi_{o,r}-x_2)\ddot{\chi}_{o,r} \\ &+C_c(\chi_{o,r}-x_2,\dot{\chi}_{o,r}-x_3)\dot{\chi}_{o,r} + G_c(\dot{\chi}_{o,r}-x_3) \\ &-C_c(\chi_{o,r}-x_2,\dot{\chi}_{o,r}-x_3)x_3 + B_c(\chi_{o,r}-x_2,\dot{\chi}_{o,r}-x_3) \\ &-\tau + J_c^T(\chi_{o,r}-x_2)F_1 - \tau_d(\chi_{o,r}-x_2,\dot{\chi}_{o,r}-x_3) \end{aligned} \quad (۲۵)$$

با توجه به تکنیک بازگشتی پسگام، یک تبدیل مختصات برای سیستم جدید بیان شده شده در روابط(۲۳) – (۲۵)، به صورت زیر قابل بیان است.

$$z_1 = x_1 \quad (۲۶)$$

$$z_2 = x_2 - \alpha_1 \quad (۲۷)$$

$$z_3 = x_3 - \alpha_2 \quad (۲۸)$$

که در آن $\boldsymbol{z_i\ (1 \le i \le 3)}$ و $\boldsymbol{\alpha_i\ (1 \le j \le 3)}$ به ترتیب سطح خطا و کنترل مجازی هستند.

با توجه به تبدیل مختصات های تعریف شده در روابط (۲۶)- (۲۸)، طراحی کننده پسگام در سه مرحله انجام خواهد گرفت. لذا سه تابع لیاپانوف جهت طراحی سیگنال های کنترل مجازی و گشتاورهای(نیروهای) راه انداز و نیز تضمین پایداری سیستم کلی به شرح زیر تعریف می گردند[۲۰].

$$V_1 = \frac{1}{2k_{\chi_o}}z_1^T z_1 \quad (۲۹)$$

$$\bar{V}_2 = V_1 + V_2 = V_1 + \frac{1}{2}z_2^T z_2 \quad (۳۰)$$

$$\bar{V}_3 = \bar{V}_2 + V_3 = \bar{V}_2 + \frac{1}{2}z_3^T \Lambda_{o,m}^T M_c(\chi_o) z_2 \quad (۳۱)$$

و نیز تابع لیاپانوف کلی به صورت زیر خواهد بود.

$$V = \bar{V}_3 \quad (۳۲)$$

با مشتق گیری از توابع لیاپانوف $\boldsymbol{V_1}$ و $\boldsymbol{\bar{V}_2}$ ، مقادیر $\boldsymbol{\alpha_1}$ و $\boldsymbol{\alpha_2}$ به صورت زیر انتخاب می شوند :

$$\alpha_1 = -\sigma_1 z_1 \quad (۳۳)$$

$$\alpha_2 = -z_1 + \sigma_1 k_{\chi_o} x_2 - \sigma_2 z_2 \quad (۳۴)$$

در گام آخر، مشتق تابع لیاپانوف V به صورت زیر خواهد بود:

$$\begin{aligned} \dot{V} = {} & \sigma_1 z_1^T z_1 - \sigma_2 z_2^T z_2 + z_2^T z_3 + z_3^T \Lambda_{o,m}^T(q)\{M_c(\chi_o)(\ddot{\chi}_{o,r} - \dot{\alpha}_2) \\ & + C_c(\chi_o,\dot{\chi}_o)(\dot{\chi}_{o,r} - \alpha_2) + G_c(\dot{\chi}_o) \\ & + B_c(\chi_o,\dot{\chi}_o) - \tau + J_c^T(\chi_o)F_1 + \tau_d(\chi_o,\dot{\chi}_o)\} \end{aligned} \quad (۳۵)$$

که در آن ترم $\boldsymbol{z_2^T z_3}$ به صورت زیر قابل بیان می باشد:

$$z_2^T z_3 = z_3^T z_2 = z_3^T \Lambda_{o,m}^T(q)\Lambda_{o,m}(q)\left(\Lambda_{o,m}^T(q)\Lambda_{o,m}(q)\right)^{-1} z_2 \quad (۳۶)$$

علاوه براین با اعمال نابرابری یانگ $\boldsymbol{(\mu > 0)}$ ، $\boldsymbol{a^T b \le \frac{a^T a}{2\mu} + \frac{\mu b^T b}{2}}$ ، نابرابری های زیر حاصل می شوند.

$$z_3^T \Lambda_{o,m}^T(q)\varepsilon_c \le \frac{1}{2}z_3^T \Lambda_{o,m}^T(q)\Lambda_{o,m}(q)z_3 + \frac{1}{2}\varepsilon_c^T\varepsilon_c \quad (۳۷)$$

$$\begin{aligned} & z_3^T \Lambda_{o,m}^T(q)\tau_d(\chi_o,\dot{\chi}_o) \le \frac{1}{2}z_3^T \Lambda_{o,m}^T(q)\Lambda_{o,m}(q)z_3 + \\ & \frac{1}{2}\tau_d^T(\chi_o,\dot{\chi}_o)\tau_d(\chi_o,\dot{\chi}_o) \le \frac{1}{2}z_3^T \Lambda_{o,m}^T(q)\Lambda_{o,m}(q)z_3 \\ & + \frac{1}{2}\bar{\tau}_d^2 \end{aligned} \quad (۳۸)$$

با جایگذاری (۳۶)- (۳۸) در (۳۵)، برای مشتق تابع لیاپانوف V نابرابری زیر برقرار است.

$$\begin{aligned} \dot{V} \le {} & \sigma_1 z_1^T z_1 - \sigma_2 z_2^T z_2 + z_3^T \Lambda_{o,m}^T(q) \\ & \{\Lambda_{o,m}(q)z_3 + \Lambda_{o,m}(q)\left(\Lambda_{o,m}^T(q)\Lambda_{o,m}(q)\right)^{-1} z_2 \\ & + \frac{1}{2}\varepsilon_c^T\varepsilon_c + \frac{1}{2}\bar{\tau}_d^2 \end{aligned} \quad (۳۹)$$

با توجه به نابرابری (۳۹) قانون کنترل به صورت زیر بدست می آید.

$$\tau = (\sigma_3+1)\Lambda_{o,m}(q)z_3 + \Lambda_{o,m}(q)\left(\Lambda_{o,m}^T(q)\Lambda_{o,m}(q)\right)^{-1}z_2 \quad (۴۰)$$
$$+J_c^T(\chi_o)\left(F_{I,r}+\sigma_{f,d}e_{F_I}+\sigma_{f,i}\int_0^t e_{F_I}dt\right)+M_c(\chi_o)(\ddot{\chi}_{o,r}-\dot{\alpha}_2)$$
$$+C_c(\chi_o,\dot{\chi}_o)(\dot{\chi}_{o,r}-\alpha_2)+G_c(\dot{\chi}_o)+B_c(\chi_o,\dot{\chi}_o)$$

که در آن $\boldsymbol{\sigma_3}$ ، $\boldsymbol{\sigma_{f,d}}$ ، $\boldsymbol{\sigma_{f,i}}$ پارامترهای مثبت و دلخواه هستند. ترم $J_c^T(\chi_o)(F_{I,r}+\sigma_{f,d}e_{F_I}+\sigma_{f,i}\int_0^t e_{F_I}dt)$ مربوط به مسئله ردیابی نیروهای (گشتاورهای) داخلی است. با توجه به معادله (۱۹) و با توجه به این که نیروهای(گشتاورهای) داخلی در فضای پوچی ماتریس ژاکوبین $\boldsymbol{J_{o,e}^T(\chi_o)}$ قرار دارند، رابطه زیر حاصل می شود.

$$\Lambda_{o,m}^T(q)(J_c^T(\chi_o)F_I - J_c^T(\chi_o)F_{I,r} - \sigma_{f,d}J_c^T(\chi_o)e_{F_I} \quad (۴۱)$$
$$-\sigma_{f,i}J_c^T(\chi_o)\int_0^t e_{F_I}dt) = 0$$

با جایگذاری (۴۰) و (۴۱) در نابرابری (۳۹)، نابرابری زیر برای مشتق تابع لیاپانوف کلی $\dot{\boldsymbol{V}}$ برقرار خواهد شد.

$$\dot{V} \le -\sigma_1 z_1^T z_1 - \sigma_2 z_2^T z_2 + \sigma_3 z_3^T \Lambda_{o,m}^T(q)\Lambda_{o,m}(q)z_3 \quad (۴۲)$$
$$\frac{1}{2}\varepsilon_c^T\varepsilon_c + \frac{1}{2}\bar{\tau}_d^2$$

با توجه به رابطه اخیر، در نهایت $\dot{\boldsymbol{V}}$ در نابرابری زیر صدق می کند.

$$\dot{V} = -\varphi V + \psi \quad (۴۳)$$

که در آن:

$$\varphi = \min\{2k_{\chi_o}\sigma_1, 2\sigma_2, 2\sigma_3\lambda_{min}\left(\Lambda_{o,m}^T(q)\Lambda_{o,m}(q)\right)$$
$$/\lambda_{max}(\Lambda_{o,m}^T(q)M_c(\chi_o))\}$$
$$\psi = \frac{1}{2}\varepsilon_c^T\varepsilon_c + \frac{1}{2}\bar{\tau}_d^2$$

با انتگرال گیری (۴۳) در بازه $[\boldsymbol{0},\boldsymbol{t}]$:

$$0 \le V(t) \le \left[V(0) - \frac{\psi}{\varphi}\right]e^{-\varphi t} + \frac{\psi}{\varphi}$$

با تعریف $\bar{V} = \max\{V(0), \frac{\psi}{\varphi}\}$ ، نابرابری (۴۴) ، نابرابری های زیر را نتیجه خواهد داد[۲۱].

$$\|z_1\| \le \sqrt{2k_{\chi_o}\bar{V}} \quad (۴۵)$$

$$\|z_2\| \le \sqrt{2\bar{V}} \quad (۴۶)$$

$$\|z_3\| \le \sqrt{2\bar{V}} \quad (۴۷)$$

لذا همه ی سیگنال های سیستم حلقه بسته ربات همکار به طور یکنواخت کراندار بوده و با انتخاب درست پارامترهای طراحی، خطاهای ردیابی حرکت جسم به مقادیر مطلوب ناچیزی همگرا می شوند.

علاوه بر این، با جایگذاری قانون کنترل (۴۰) در مدل دینامیکی کلی سیستم (۱۶)، دینامیک خطای ردیابی نیروهای(گشتاورهای) داخلی به صورت زیر خواهد بود.

$$J_c^T(\chi_o)\left(F_{I,r}+\sigma_{f,d}e_{F_I}+\sigma_{f,i}\int_0^t e_{F_I}dt\right) = M_c(\chi_o)\ddot{\chi}_o + C_c(\chi_o,\dot{\chi}_o)\dot{\chi}_o + G_c(\dot{\chi}_o) \quad (۴۸)$$
$$+B_c(\chi_o,\dot{\chi}_o) - (\sigma_3+1)\Lambda_{o,m}(q)z_3$$
$$-\Lambda_{o,m}(q)\left(\Lambda_{o,m}^T(q)\Lambda_{o,m}(q)\right)^{-1}z_2$$
$$-\boldsymbol{\tau_d}(\boldsymbol{\chi_o},\dot{\boldsymbol{\chi}}_o)$$

از آنجا که همه سیگنال های سیستم حلقه بسته ربات همکار به طور یکنواخت کراندار هستند، از رابطه (۴۸) می توان نتیجه گرفت که اگر $\boldsymbol{\sigma_{f,d}}$ و $\boldsymbol{\sigma_{f,i}}$ به حد کافی بزرگ انتخاب گردد، خطاهای ردیابی نیروهای(گشتاورهای) داخلی نیز به مقادیر کوچک میل خواهند نمود.

در نهایت، خلاصه تجزیه و تحلیل اخیر در قضیه زیر آورده شده است.

قضیه ۱: سیستم حلقه بسته شامل سیستم ربات همکار(۱۶)، بردار ورودی گشتاورهای(نیروهای) مفاصل (۴۰)، سیگنال های کنترل مجازی (۳۳) و (۳۴)، تحت فرضیات (۱-۶) به صورت یکنواخت کراندار می باشد. علاوه بر این، با انتخاب مناسب پارامترهای طراحی، خطاهای ردیابی حرکت جسم و نیروهای (گشتاورهای) داخلی می توانند به مقادیر کوچک دلخواه میل نمایند.

۵. مثال شبیه سازی

به منظور بررسی تاثیر روش کنترل پسگام ارائه شده، یک شبیه سازی بر روی دو بازوی سه لینکی همکار که یک شئ صلب را حمل می کنند (شکل ۲) انجام شده است.

با انتخاب بردار متغیر مفصل هر بازو $\boldsymbol{q_i = [q_{i,1}, q_{i,2}, q_{i,3}]^T \in R_n}$ به عنوان زوایای مفصلی، معادلات دینامیکی هر بازوی ربات در رابطه ی (۱) بیان شده که در آن ماتریس جرم $\boldsymbol{M_i(q_i) \in R^{3\times3}}$ ، ماتریس گریز از مرکز و کوریولیس $\boldsymbol{C_i(q_i, \dot{q}_i) \in R^{3\times3}}$ ، بردار گرانش $\boldsymbol{G_i(q_i) \in R^3}$ و ماتریس ژاکوبین $\boldsymbol{J_{m,i}(q_i)}$ را در [۶] و [۲۲] می توان یافت. همچنین بردار اصطحکاک استاتیکی و دینامیکی و بردار اغتشاش خارجی $\boldsymbol{\tau_{d,i}(q_i, \dot{q}_i)}$ ، به صورت زیر تعریف می گردد.

$$B_i(q_i, \dot{q}_i) = \begin{bmatrix} 0.2\dot{q}_{i,1} + 0.2sign(\dot{q}_{i,1}) \\ 0.1\dot{q}_{i,2} + 0.1sign(\dot{q}_{i,2}) \\ 0.2\dot{q}_{i,3} + 0.2sign(\dot{q}_{i,3}) \end{bmatrix} \quad (۴۹)$$

$$\tau_{d,i}(q_i, \dot{q}_i) = \begin{bmatrix} 0.2cos\,(2t) \\ 0.2cos(2t) + 0.2sin\,(2t) \\ 0.2sin\,(2t) \end{bmatrix} \quad (۵۰)$$

محور پایه در بین دو بازو و در فواصل یکسانی از آن ها فرض شده است و پارامترهای فیزیکی بازوها عبارت اند از طول هر یک از لینک ها $\boldsymbol{l_{1,1} = l_{2,1} = 2}$ ، $\boldsymbol{l_{1,2} = l_{2,2} = 1.5}$ و $\boldsymbol{l_{1,3} = l_{2,3} = 0.5}$ ، جرم لینک ها $\boldsymbol{m_{1,1} = m_{2,1} = 1.5}$ ، $\boldsymbol{m_{1,2} = m_{2,2} = 1}$ و $\boldsymbol{m_{1,3} = m_{2,3} = 0.5}$ و ممان اینرسی لینک ها $\boldsymbol{I_{1,1} = I_{2,1} = 0.7}$ ، $\boldsymbol{I_{1,2} = I_{2,2} = 0.5}$ و $\boldsymbol{I_{1,3} = I_{2,3} = 0.3}$ می باشد.

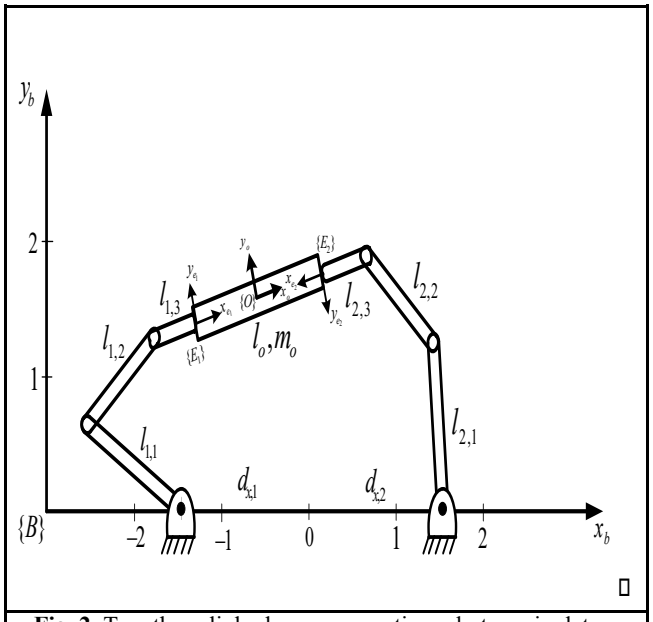


Fig. 2 Two three-link planar cooperative robot manipulators

شکل ۲ بازوی ربات همکار با سه درجه آزادی

بر اساس شکل ۲، موقعیت وجهت مختصات شئ $\{O\}$ را می توان به صورت $\chi_o = [p_{x,o}, p_{y,o}, p_{\varphi,o}]^T \in R^3$ بیان کرد که در آن $p_{x,o}$ و $p_{y,o}$ موقعیت و $p_{\varphi,o}$ جهت مختصات شئ $\{O\}$ نسبت به مختصات پایه $\{B\}$ می باشند. بر این اساس، مدل دینامیکی شئ مورد حمل در معادله (۶) آورده شده است که در آن $M_o(\chi_o) = \text{diag}[m_o, m_o, I_o]$ ، $C_o(\chi_o, \dot{\chi}_o) = 0$ و $G_o(\chi_o) = [0, m_{og}, 0]$ می باشند. پارامترهای فیزیکی شئ عبارت اند از جرم شئ $m_o = 0.3$ ، ممان اینرسی شئ $I_o = 0.1$ و طول شئ $l_o = 1.5$ ، همچنین شتاب گرانش $g = 9.8$ است. ماتریس های ژاکوبین $J_{o,e_i}(\chi_o)$ و $J_{o,m_i}(\chi_o)$ از طریق سینماتیک معکوس در مختصات پایه $\{B\}$ به صورت زیر بدست می آیند.

$$J_{o,e_i}(\chi_o) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & (-1)^{i-1} l_o \sin(p_{\phi,o})/2 \\ 0 & 1 & (-1)^{i-1} l_o cos(p_{\phi,o})/2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (۵۱)$$

$$J_{o,m_i}(q_i) = \begin{bmatrix} -l_{i,1}\sin(q_{i,1}) & -l_{i,2}\sin(q_{i,1}+q_{i,2}) & -(l_{i,3}+l_o/2)sin\,(q_{i,1}+q_{i,2}+q_{i,3}) \\ l_{i,1}\cos(q_{i,1}) & l_{i,2}\cos(q_{i,1}+q_{i,2}) & (l_{i,3}+l_o/2)cos\,(q_{i,1}+q_{i,2}+q_{i,3}) \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (۵۲)$$

مکان اولیه و سرعت اولیه شئ به ترتیب $\chi_o(t=0) = [0.3, 1.9, -0.1]$ و $\chi_o(t=0) = [0.3, 1.9, -0.1]$ انتخاب شده اند.

برای بررسی بیشتر روش پسگام پیشنهاد شده ، شبیه سازی یک بار برای حرکت در مسیر مستقیم و بار دیگر برای مسیر دایره ای شکل انجام گرفته است. ضمن آنکه این روش با روش کنترلی ارائه شده در [۲] با فرض معلوم بودن دینامیک های ربات مقایسه شده و نتایج مقایسه در ادامه آورده شده است.

۵/۱. نتایج شبیه سازی برای ردیابی خط مستقیم

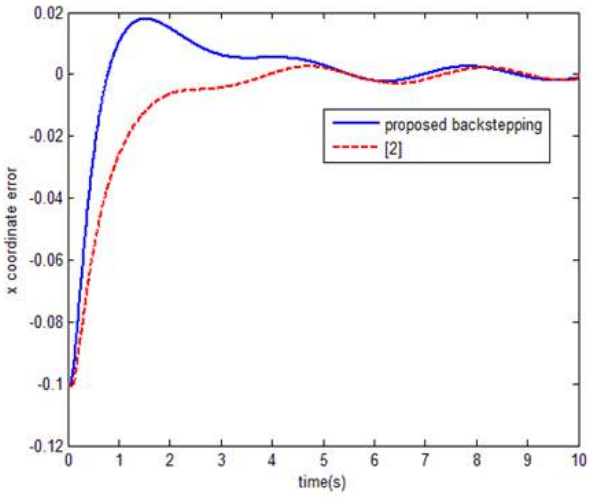
برای شبیه سازی خط مستقیم، معادله حرکت شئ به صورت زیر تعریف می گردد:

$$\chi_{o,r}(t) = \begin{bmatrix} 0.2cos\,(0.5\pi t) \\ 2 - 0.2cos\,(0.5\pi t) \\ 0 \end{bmatrix} \quad (۵۳)$$

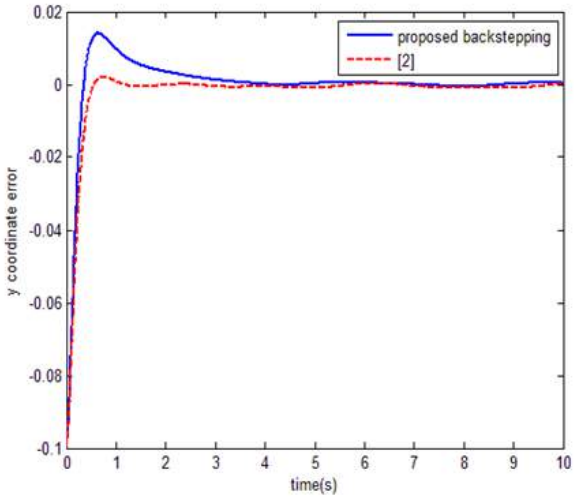
که در آن $\chi_{o,r} = [p_{x,r}, p_{y,r}, p_{\varphi,r}]^T \in R^3$ بردار موقعیت و جهت مرجع شئ مورد حمل می باشد. همچنین $F_{l,r} = [0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0]^T$ نیروهای داخلی مرجع در رابطه (۱۹) است.

با توجه به روابط (۲۶)- (۲۸)، (۳۳) ، (۳۴) و (۴۰) و انتخاب پارامترهای طراحی (بر اساس سعی و خطا و با توجه به نرم دو خطاهای ردیابی) بصورت $k_{\chi_o} = 0.08$ ، $\sigma_1 = 10$ ، $\sigma_2 = 10$ ، $\sigma_3 = 10$ ، $\sigma_{f,d} = 0.1$ ، $\sigma_{f,i} = 10$ ، شبیه سازی انجام شده و نتایج حاصل از آن در شکل های ۳ تا ۱۱ آورده شده است. اشکال ۳، ۴ و ۵ به ترتیب خطای موقعیت x ، خطای موقعیت y و خطای جهت مختصات شئ $\{O\}$ نسبت به مختصات پایه $\{B\}$ را برای روش پسگام ارائه شده و نیز روش مرجع [۲] نشان می دهد. برای اینکه مقایسه کمی بین نتایج صورت بگیرد، نرم دو خطاهای موقعیت و جهت شئ برای روش ارائه شده در این مقاله و مرجع [۲] محاسبه و در جدول ۱ آورده شده است. با توجه به جدول ۱ عملکرد روش پسگام پیشنهادی در رسیدن به موقعیت و جهت مطلوب بهتر از روش مرجع [۲] می باشد.

شکل های ۶ و ۷ مسیر مرجع و مسیر حرکت مرکز جرم شئ را در محور XY برای $t \in [0,5]$ و $t \in [5,10]$ نشان می دهد. با توجه به شکل های ۶ و ۷ ، عملکرد کنترل کننده پسگام پیشنهادی در ردیابی مسیر مطلوب از دقت و سرعت قابل قبولی برخوردار می باشد. شکل های ۸ و ۹ به ترتیب زوایای مفصلی ربات های همکار اول و دوم را نشان می دهد. همچنین شکل ۱۰ رفتار نیروهای داخلی در رسیدن به مقدار مطلوب را نشان داده و در شکل ۱۱ گشتاورهای محرک مفاصل ربات های همکار اول و دوم آورده شده است.



شکل ۳ خطای محور x شئ در مسیر مستقیم

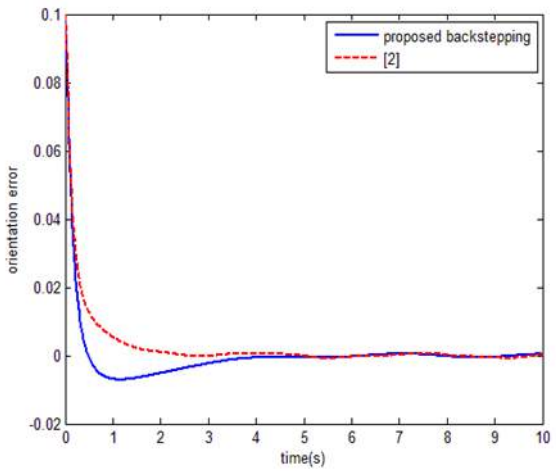


شکل ٤ خطای محور y شئ در مسیر مستقیم

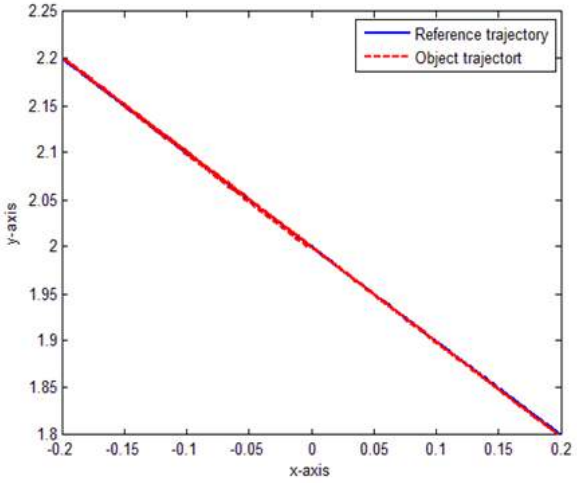
	Proposed backstepping	[2]
$\|p_{x,r} - p_{x,o}\|_2$	0.5667	0.6890
$\|p_{y,r} - p_{y,o}\|_2$	0.3589	0.3659
$\|p_{\emptyset,r} - p_{\emptyset,o}\|_2$	0.3174	0.3379

جدول ۱ مقایسه خطاهای ردیابی برای مسیر مستقیم

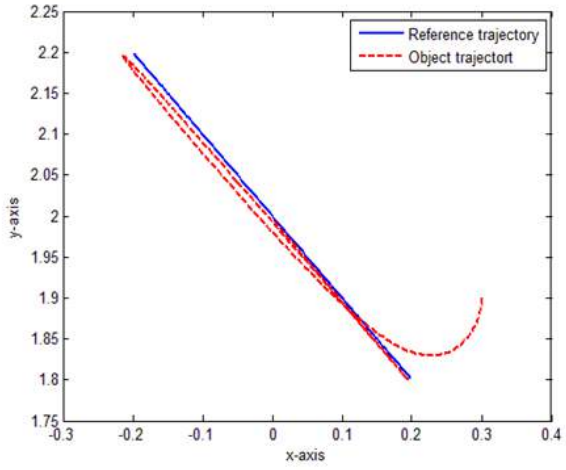
Table 1 comparison of the tracking errors for the straight line motion



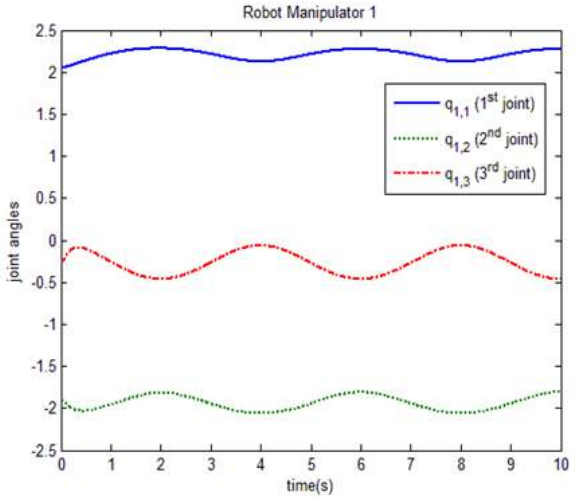
شکل ۵ خطای محور Ø شئ در مسیر مستقیم



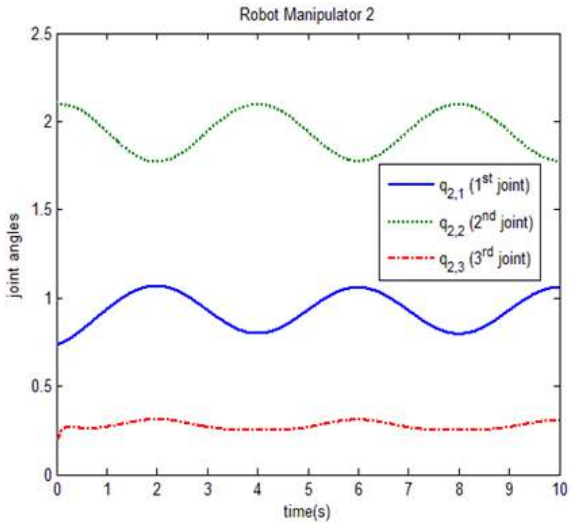
شکل ۷ مسیر مرجع و مسیر حرکت مرکز جرم شئ در محور XY برای $(t \in [5,10])$ در مسیر مستقیم



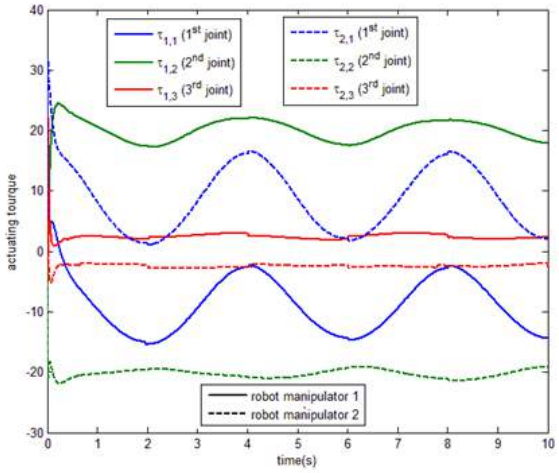
شکل ٦ مسیر مرجع و مسیر حرکت مرکز جرم شئ در محور XY برای $(t \in [0,5])$ در مسیر مستقیم



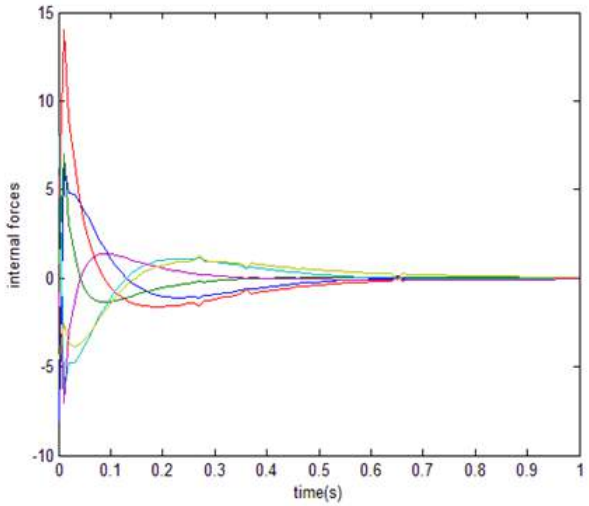
شکل ۸ زوایای مفصلی ربات۱ در مسیر مستقیم با در نظر گرفتن اغتشاش خارجی و اصطحکاک



شکل ۹ زوایای مفصلی ربات۲ در مسیر مستقیم



شکل ۱۱ گشتاورهای محرک τ_1 و τ_2 در مسیر مستقیم



شکل ۱۰ نیروی داخلی درمسیر مستقیم

۵/۲. نتایج شبیه سازی برای ردیابی مسیر دایره ای

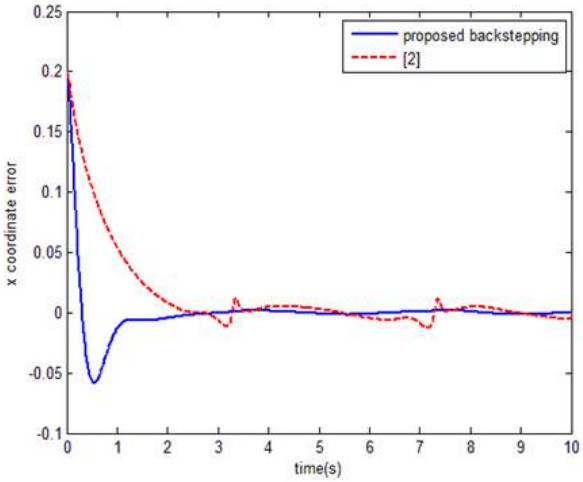
بردار موقعیت و جهت مرجع و همچنین بردار نیروهای داخلی مرجع برای مسئله ردیابی حرکت در مسیر دایره ای به صورت زیر تعریف می گردد.

$$\chi_{o,r}(t) = \begin{bmatrix} 0.5cos\,(0.5\pi t) \\ 1.5 - 0.5sin(0.5\pi t) \\ 0.1\sin\,(0.5\pi t) \end{bmatrix} \quad (۵۴)$$

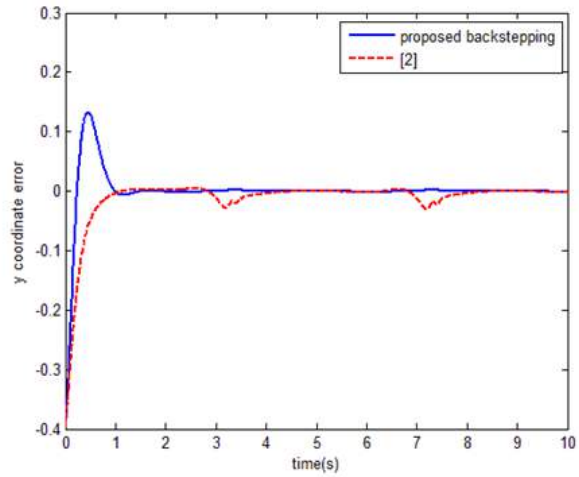
$$F_{I,r} = [0\,0\,0\,0\,0]^T \quad (۵۵)$$

پارامترهای طراحی به صورت $k_{\chi_o} = 0.35$ ، $\sigma_1 = 10$ ، $\sigma_2 = 10$ ، $\sigma_3 = 10$ ، $\sigma_{f,d} = 0.1$ ، $\sigma_{f,i} = 10$ می باشد و نتایج حاصل از شبیه سازی نیز در شکل های ۱۲تا ۲۰ نشان داده شده است. اشکال ۱۲، ۱۳ و ۱۴ به ترتیب به ترتیب خطای موقعیت x، خطای موقعیت y و خطای جهتگیری مختصات شئ $\{O\}$ نسبت به مختصات پایه $\{B\}$ را نشان می دهد. همانطور که در این شکل ها مشاهده می شود، زمانی که جهت گیری جسم به جای رسیدن به یک مقدار مطلوب باید یک مسیر مطلوب سینوسی را طی نماید، روش کنترل پسگام پیشنهادی عملکرد خیلی بهتری نسبت روش مرجع [۲] دارد. این مطلوب به صورت کمی در جدول ۲ آورده و مقایسه شده است. مسیر مرجع و مسیر حرکت مرکز جرم شئ در صفحه XY برای $t \in [0,5]$ و $t \in [5,10]$ در شکل های ۱۵ و ۱۶ آورده شده است. زوایای مفصل

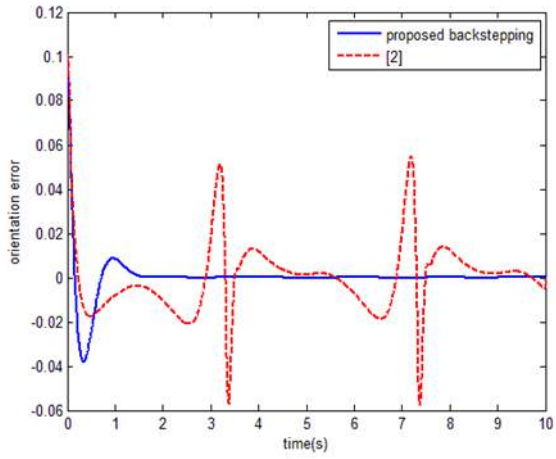
ربات های همکار اول و دوم نیز در اشکال ۱۷ و ۱۸ نمایش داده شده است. همچنین نیروهای داخلی و گشتاورهای راه انداز به ترتیب در اشکال ۱۹ و ۲۰ آورده شده اند.



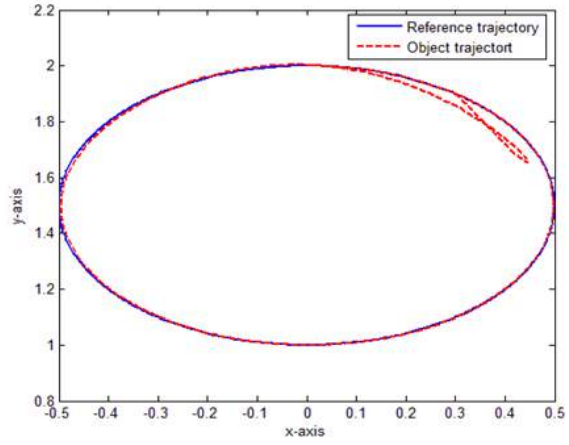
شکل ۱۲ خطای محور X شئ در مسیر مستقیم



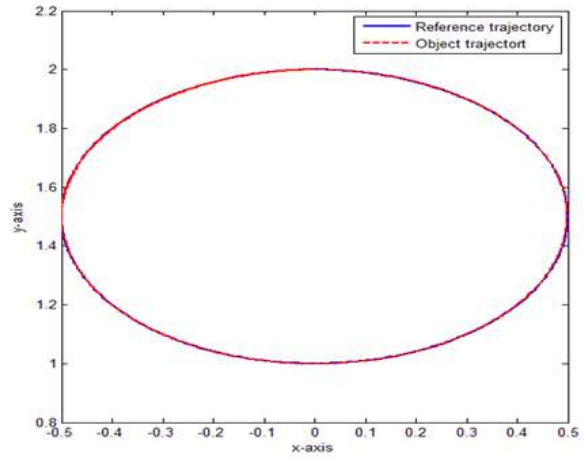
شکل۱۳ خطای محور Y شئ در مسیر دایره ای $(p_{y,r} - p_{y,o})$



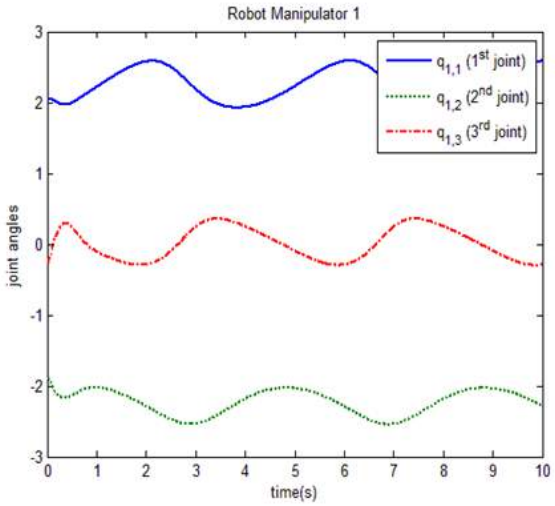
شکل ۱۴ خطای محور Ø شئ در مسیر دایره ای



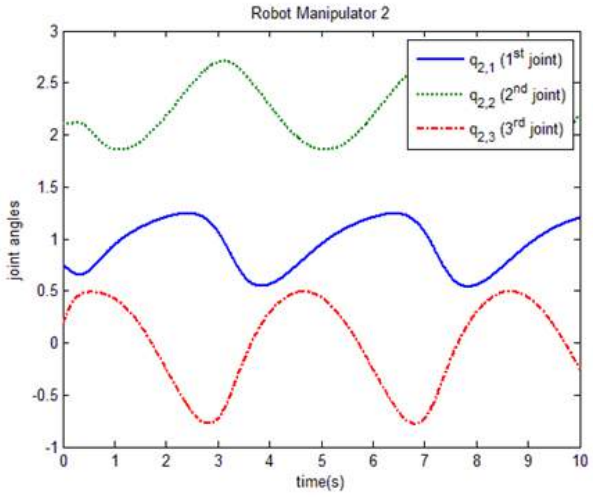
شکل ۱۵ مسیر مرجع و مسیر حرکت مرکز جرم شئ در محور XY برای $(t \in [0,5])$ در مسیر دایره ای



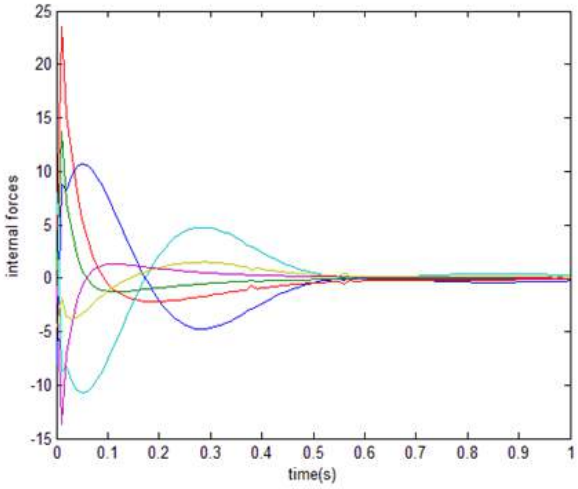
شکل ۱۶ مسیر مرجع و مسیر حرکت مرکز جرم شئ در محور XY برای $(t \in [5,10])$ در مسیر دایره ای



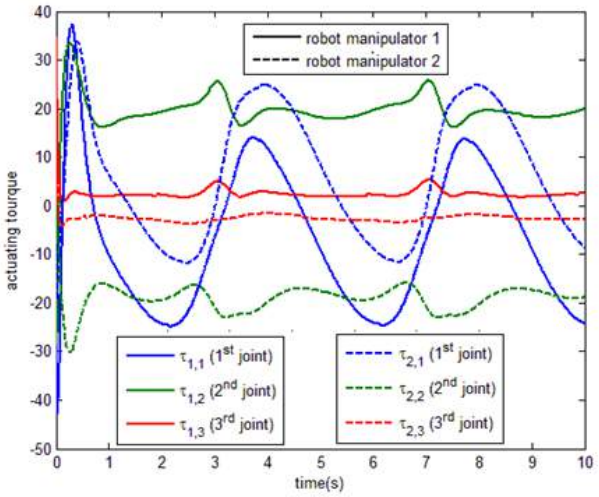
شکل ۱۸ زوایای مفصلی ربات۲ در مسیر دایره ای



شکل ۱۷ زوایای مفصلی ربات۱ در مسیر دایره ای



شکل ۱۹ نیروی داخلی درمسیر دایره ای



شکل ۲۰ گشتاورهای محرک و در مسیر دایره ای

	Proposed backstepping	[2]
$\|p_{x,r} - p_{x,o}\|_2$	0.7800	1.2507
$\|p_{y,r} - p_{y,o}\|_2$	1.3995	1.5355
$\|p_{\emptyset,r} - p_{\emptyset,o}\|_2$	0.3221	0.5560

جدول ۲ مقایسه خطاهای ردیابی برای مسیر دایره ای

Table 1 comparison of the tracking errors for the circular motion

همانطور که در شکل های ۳ تا ۲۰ مشاهده می شود، روش پسگام پیشنهادی محدود ماندن تمامی سیگنال های سیستم حلقه بسته ربات همکار را تضمین نموده و نیز با انتخاب مناسب پارامترهای طراحی می توان به عملکرد مطلوبی از لحاظ دقت و سرعت در ردیابی مسیر مرجع دست یافت.

۶. نتیجه گیری

در این مقاله به روش کنترل پسخورد حالت پسگام برای مسئله ردیابی نیرو و موقعیت سیستم های ربات همکار در حضور اغتشاشات نامعین پرداخته شده که با توجه به بررسی های انجام شده در هیچ مقاله ای چنین ساختار کنترلی برای سیستم ربات همکار طراحی نشده است. در روش پیشنهادی سیگنال های کنترلی با حل مسئله کنترل پسگام براساس تعریف سیستم خطای موقعیت و جهت شئ ، تغییر مناسب مختصات و انتخاب درست توابع لیاپانوف بدست آمده اند. برای حل مسئله ردیابی نیروهای داخلی و با توجه به این حقیقت که نیروهای داخلی در فضای پوچی ماتریس ژاکوبین مجری نهایی نسبت شئ قرار دارند، جملاتی به سیگنال های کنترلی طراحی شده اضافه گردیده است. علاوه براین ثابت شده است که ساختار کنترلی پیشنهادی کرانداری یکنواخت کلیه سیگنال های سیستم حلقه بسته ربات همکار را تضمین نموده و همچنین با انتخاب درست پارامترهای طراحی خطاهای ردیابی به مقادیر کوچک مطلوبی همگرا می شوند. در نهایت به منظور مقایسه و اعتبارسنجی روش پسگام پیشنهادی، شبیه سازی بر روی دو بازوی ربات همکار با سه درجه آزادی که یک شئ صلب را حمل می نمایند و برای دو حالت مسیر مستقیم و مسیر دایره ای انجام گردید که نتایج کمی و کیفی حاصل، بیانگر عملکرد مناسب و مطلوب روش پیشنهادی می باشد.

۷. مراجع

[1] J.J. Craig, Introduction to Robotics: Mechanics and Control, Third Edition, Prentice Hall, New York, 2005.

[2] Panwar, V., Kumar, N., Sukavanam, N., Borm, J.-H." Adaptive neural controller for cooperative multiple robot manipulator system manipulating a single rigid object". Applied Soft Computing 12, 216–227, 2012.

[3] S. Fujii, S. Kurono: Coordinated computer control of a pair of manipulators, Proc. 4th IFToMM World Congress.pp. 411–417 , Newcastle upon Tyne 1975

[4] E.Nakano, S. Ozaki, T. Ishida, I. Kato: Cooperational control of the anthropomorphous manipulator 'MELARM', Proc. 4th Int. Symp. Ind. Robots. pp. 251–260,1974

[5] K. Takase, H. Inoue, K. Sato, S. Hagiwara: The design of an articulated manipulator with torque control ability, Proc. 4th Int. Symp. Ind. Robot . pp. 261–270,1974

[6] H. Kawasaki, S. Ueki, S. Ito, Decentralized adaptive coordinated control of multiple robot arms without using a force sensor, Automatica 42 (3) 481-488,2006

[16] Zhijun Li, Yuanqing Xia, and Fuchun Sun," Adaptive Fuzzy Control for Multilateral Cooperative Teleoperation of Multiple Robotic Manipulators Under Random Network-Induced Delays", IEEE Transaction on Fuzzy Systems, Vol. 22, Issue 2, April 2014, pp. 437-450.

[17] L.C. Woon, S.S. Ge, X.Q. Chen, and C. Zhang, "Adaptive Neural Network Control of Coordinated Manipulators", Journal of Robotic Systems, Volume 16, Issue 4, pp 195–211, April 1999

[18] S. Zhang, M. Lei, Y. Dong, W. He, adaptive neural network control of coordinated robotic manipulators with output constraint, IET Control Theory & Applications 10 (17) 2271-2278, 2016.

[19] N. Nikdel, M. A. Badamchizadeh, V. Azimirad, M. A. Nazari, Adaptive backstepping control for an n-degree of freedom robotic manipulator based on combined state augmentation, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing 44 ,129-143, 2017.

[20] B. Baigzadehnoe, Z. Rahmani, A. Khosravi, B. Rezaie, On posion/force tracking control problem of cooperative robot manipulators using adaptive fuzzy backstepping approach, submitted.

[21] M. Krstic, I. Kanellakopoulos, P. V. Kokotovic, Nonlinear and adaptive control design, New York: Wiley and Sons 1995.

[22] A. F. Amer, E. A. Sallam, W. M. Elawady, Adaptive fuzzy sliding mode control using supervisory fuzzy control for 3 DOF planar robot manipulators, Applied Soft Computing, 11 (8) ,4943-4953, 2011.

[7] B. Yao, W. B. Gao, S. P. Chan, M. Cheng, VSC coordinated control of two manipulator arms in the presence of environmental constraints, IEEE Transactions on Automatic Control 37 (11) .1806-181,1992

[8] J. -F. Liu, K. Abdel-Malek, Robust control of planar dual-arm cooperative manipulators, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing 16 (2-3).109-119, 2000

[9] W. Gueaieb, S. Al-Sharhan, M. Bolic, Robust computationally efficient control of cooperative closed-chain manipulators with uncertain dynamics, Automatica (43) (5). 842–851,2007

[10] Y. Hacioglu, Y. Z. Arslan, N. Yagiz, MIMO fuzzy sliding mode controlled dual arm robot in load transportation, Journal of the Franklin Institute 348 (8) ,2011, 1886-1902

[11] H. -S. Choi, P. I. Ro, A robust and adaptive force/ position control for two cooperating robot arms under uncertainty, KSME Journal 9 (4) ,410-420, 1995

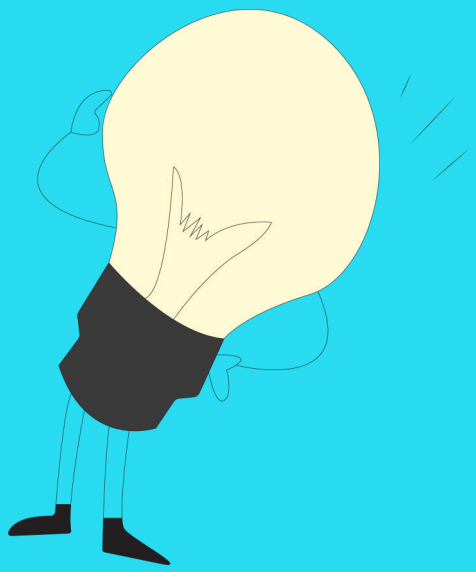
[12] I. Uzmay, R. Burkan, H. Sarikaya, Application of robust and adaptive control techniques to cooperative manipulation, Control Engineering Practice 12 (2) ,139-148, 2004.

[13] Juan C.Martınez-Rosas, and Marco A. Arteaga, "Force and velocity observers for the control of cooperative robots",Robotica, Vol.26, Issue.01, pp. 85-92, January 2008.

[14] Wail Gueaieb, Fakhri Karray, and Salah Al-Sharhan," An Adaptive Fuzzy Control Approach for Cooperative Manipulators",IEEE Intelligent Control , pp 167-172, 2001.

[15] Wail Gueaieb, Fakhri Karray, and Salah Al-Sharhan," A Robust Adaptive Fuzzy Position/Force ControlScheme for Cooperative Manipulators", IEEE Transaction on Control System Technology, Vol. 11, Issue 4, pp. 516-528, July 2003.

مقالات ترجمه شده



پپر، بینظیر در نوع خودش

یک ربات انسان نمای اجتماعی که به تولید انبوه رسیده است.

مترجم: اهرال حبیبی، نویسندگان:Amit Kumar, Rodolphe Gelin

از آنجایی که فناوری رباتیک تکامل پیدا میکند ، ما بر این باوریم که ربات های شخصی اجتماعی یکی از توسعه های بزرگ بعدی در حوزه رباتیک خواهند بود. بر اساس پیشرفت های سریع در این حوزه ی چند تخصصی و تعداد موارد استفاده روزافزون، می توانیم اظهار کنیم که ربات ها نقش های کلیدی در زندگی روزمره ایفا خواهند کرد و به زودی با ما همزیستی میکنند و همه مردم را به زندگی هوشمندتر، ایمن تر، سالم تر و شادتر سوق خواهند داد.

ربات پپر(Pepper) که توسط رباتیک سافت بانک(SoftBank Robotic) ساخته شده است، یکی از این ربات ها است که با هدف دستیابی به این چشم انداز ساخته شده است. هدف این مقاله ارائه دستاورد های حاصل از طراحی و کاربردهای این دستگاه و توضیح دادن برخی از موارد استفاده و پروژه های تحقیقاتی در ارتباط با رباتیک سافت بانک ، برای درک بهتر رابطه همراهی انسان و ربات که از طریق پپر قابل دست یابی است، می باشد.با تشریح برخی از چالش های بزرگ پیش رو برای تحقیق و توسعه، مطالب را جمع بندی میکنیم.

رباتی برای همه چیز

بی شک ربات ها در حال تبدیل شدن به مسئله ای عادی هستند؛ اکنون ماشین‌های روباتیک در هر شکل و اندازه‌ای وارد زندگی روزمره ما شده‌اند و ما شاهد کمک آنها، کار و خدمت آنها در مراکز خرید، بیمارستان ها، موزه ها، ایستگاه های راه آهن، مراکز مراقبت از سالمندان، مدارس و خانه ها هستیم. این ربات ها به طور فزاینده ای درحال گسترش هستند تا به شیوه های مختلف به انسان ها کمک کنند. با توجه به تمام این کاربردهای بالقوه و امکان تولید انبوه و گسترش ربات ها (که در بخش «پتانسیل درخواست و پذیرش» بحث ونشان داده شده است) این ماشین ها می توانند رایج و فراگیر شوند و در نهایت زندگی ما را به روش های مختلف ارتقا دهند.

در این راستا ربات هایی که قادر به تجلی مردم آمیزی و به دست آوردن مقبولیت گسترده در جامعه باشند، بیش از همیشه مورد نیاز هستند. شکل، اندازه، ظاهر، رفتار و هوش چنین ربات‌های اجتماعی باید با در نظر گرفتن این که در یک محیط انسان محور کار می‌کنند، به صورت اختصاصی طراحی شوند. این ایده ی پشت توسعه ربات پپر توسط سافت بانک بود.

(https://www.ald.softbankrobotics.com/en)

اگرچه پپر در ابتدا برای کاربردهای خاصی در تجارت الکترونیکی بین شرکت ها (B2B) در فروشگاه های سافت بانک طراحی شد. این ربات به یک بستر جلب توجه در سراسر جهان برای کاربردهای مختلف دیگر تبدیل شد، از جمله در زمینه معاملات الکترونیکی بین، شرکت ومشتری (B2C)، شرکت و مراکز آکادمیک (B2A) و شرکت و توسعه دهندگان (B2D) و موارد مختلف. به عنوان مثال، ربات پپر در حال حاضر در هزاران خانه و مدرسه مستقر است و به عنوان پلت فرم روباتیک برای مسابقات لیگ پلتفرم استاندارد اجتماعی(SSPL) روبوکاپ هوم RoboCup@Home انتخاب شده است.

(http://www.robocupathome.org)

یک دید اجمالی جهانی از پپر

پپر(شکل ۱) یک ربات انسان نمای تولید شده صنعتی است که در ژوئن ۲۰۱۴ عرضه شد که ابتدا برای نیازهای تجارت های الکترونیکی بین شرکتی(B2B) ایجاد شد و بعداً با اهداف تجارت های الکترونیکی بین شرکت و مشتری B2C تطبیق داده شد. این دستگاه قادر به نمایش زبان بدن، درک و تعامل با محیط اطراف خود و حرکت است. همچنین می‌تواند با استفاده از آخرین پیشرفت‌ها و الگوریتم‌های اختصاصی در تشخیص صدا و احساسات، عبارات و تن صدای افراد را تجزیه و تحلیل کند و با آنها تعامل کند. این ربات به ویژگی ها و رابط های سطح بالایی برای ارتباط چندوجهی با انسان های اطراف خود مجهز شده است.این ربات به امکانات و رابط های پیشرفته برای ارتباط چند ابزاری با انسان های اطراف خود مجهز شده است.

پپر یک ربات انسان نما چرخدار به ارتفاع ۱.۲ متر است که دارای ۱۷ مفصل برای زبان بدن برازنده و رسا، سه چرخ همه جهته برای به نرمی حرکت کردن در اطراف، تقریباً ۱۲ ساعت عمر باتری برای فعالیت های بی وقفه و امکان بازگشت به ایستگاه شارژ در صورت نیاز است. این شکل ربات با دقت و بدون هیچ گونه لبه تیزی برای حضورخوشایند و ایمن در محیط انسان ساخته شده است. قسمت های نرم در برخی مفاصل (مانند آرنج، شانه و لگن) از خطر لهیدگی جلوگیری می کند. هدف از اندازه و ظاهر دستگاه این است که آن را در زندگی روزمره برای تعامل با انسان مناسب و قابل قبول کند. این ربات برای طیف گسترده ای از حرکات و رفتارهای گویا طراحی شده است و مجهز به یک تبلت است. (که توسعه و اشکال زدایی را نیز راحت می کند.)

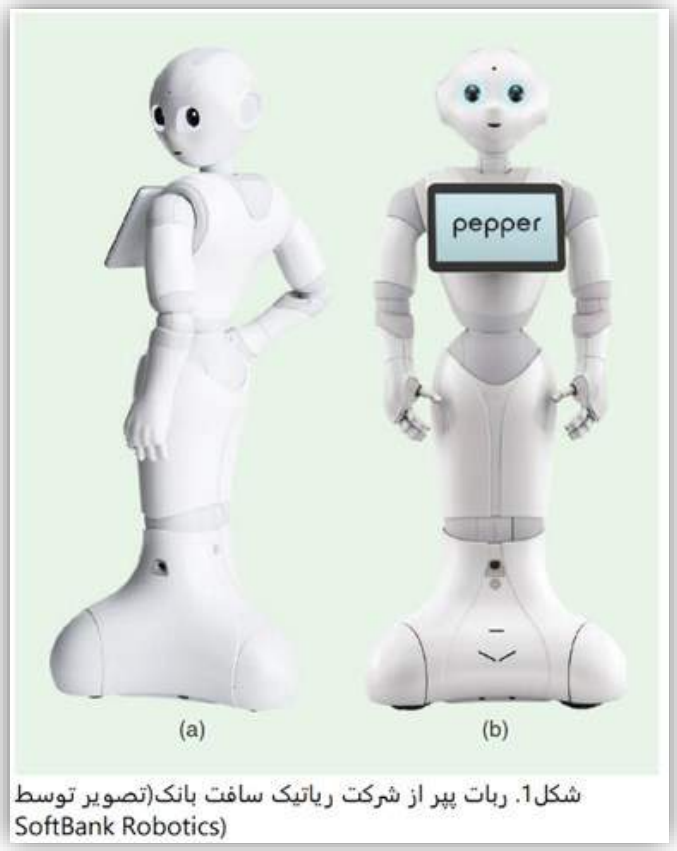
نیاز و اصول طراحی

قبل از سافت بانک شدن، الدبران رباتیک (که توسط برونو میسونیر Bruno Maisonnier تأسیس شد) با هدف ساخت یک ربات انسان نما معاشر برای زندگی روزمره که قادر به ارائه کمک های فیزیکی و شناختی به افراد نیازمند حمایت است در پروژه رمئو و پیرو آن در پروژه رومئو۲ مشارکت کرد (http://projetromeo.com). برخی از نتایج جالب این پروژه ها شامل داده هایی در مورد انتظارات کاربران در مورد شکل، اندازه و رفتار ربات نیز بود. این داده ها نشان دادند که مردم انتظار دارند چنین روبات‌هایی در حیطه برخی تعاملات روزانه، بلندتر از ربات NAO 58 سانتی‌متری باشند در عین حال از قد یک فرد معمولی که روی صندلی نشسته است بلندتر نباشد. (https://www.ald.softbank robotics.com/en/robots/nao)

چنین مطالعاتی نیاز به بررسی نسل بعدی روبات های شخصی خدماتی و انسان محور را نشان می دهد.

در همان زمان، سافت بانک تحت هدایت قوی مدیر عامل ماسایوشی سون، به دنبال توسعه رباتی بود تا نیازهای B2B خود را برآورده کند، به کاهش حجم کار کارکنان فروشگاه خود و جذب مشتریان بیشتر کمک کند. به این ترتیب، این شرکت هدف دستیابی به نسل جدیدی از ربات های انسان نما را به طور قابل توجهی پیش برد و از این رو، فصل جدیدی را در رباتیک آغاز کرد: توسعه ربات پپر.(در آن زمان ، به خاطر برنامه‌ای مخفی پس از پروژه رومئو نام مستعار ژولیت براو گذاشته شد).

پپر در ابتدا برای تجارت الکترونیکی بین شرکت ها (B2B) طراحی شده بود، اما با این امید که حداقل در ژاپن بتواند مشتریان را جذب کند. بنابراین، نیاز پیش‌بینی‌شده بازار B2C ژاپن در سال‌های آینده نیز در طرح تجاری گنجانده شد .



شکل1. ربات پپر از شرکت رباتیک سافت بانک(تصویر توسط SoftBank Robotics)

در آن زمان، ربات‌های انسان‌نمای پیشرفته مختلفی وجود داشتند (بعضی از آنها نیز بخشی از یک سری بودند) برای مثال، گام پیشرفته در تحرک نوآورانه (ASIMO)، باکستر، پلت فرم انسان نما سازگار (COMAN)، نوا هیجان انگیز در شبکه (Enon)، انسان نما برای پلت فرم معماری باز (HOAP)، پروژه رباتیک انسان نما (HRP)، iCub، جاستین، KHR، MAHRU، Nexi، MDS، REEM، Robonaut، Saika، Twenty One، و Wakamaru— که وضعیت هنر را به نمایش گذاشتند. با این حال، بیشتر اینها در مرحله آزمایشی و برای اهداف تحقیق و توسعه طراحی شدند یا در

سطح نمونه اولیه بودند. یا اینکه آنها برای تجاری سازی مستمر و به صرفه از طریق به تولید انبوه ساخته نشده بودند یا از نظر طراحی و کاربرد همان هدف ربات پیر را نداشتند برای نمونه از این اهداف میتوان به یک ربات انسان نمای قوی، با هدف عمومی و تعاملی اجتماعی که می تواند در زندگی روزمره برای اهداف B2B و B2C با اجرای برنامه های مختلف قابل دانلود استفاده شود. در نتیجه، به جز برخی از روبات‌های تعاملی(مانند AIBO، سری ربات های حیوان خانگی همراه؛ NAO،نسخه آکادمیک برای تحقیقات دانشگاهی و آزمایشگاهی واهداف آموزشی؛ Paro، ربات درمانی به شکل مهر. و رومبا، یک جاروبرقی رباتیک.) تقریباً هیچ سابقه قوی برای صنعت ربات های انسان نمای تعاملی اجتماعی امزوری وجود نداشت. در این شرایط، ایده‌های اولیه در مورد بازار هدف به شناسایی برخی نیازهای کلیدی طراحی ربات جدید پیر که در نظر گرفته شده بود که با استفاده از روش های مختلف روزانه با مردم ارتباط برقرار کند، کمک کرد.

> تعامل طبیعی و چندوجهی با روبات‌ها از دیرباز به عنوان یک ضرورت برای استقرار موفقیت‌آمیز روبات‌ها در محیط‌های انسانی دیده می‌شود.

تعامل طبیعی و چندوجهی با روبات‌ها از دیرباز به عنوان یک ضرورت برای استقرار موفقیت‌آمیز روبات‌ها در محیط‌های انسانی دیده می‌شود. در واقع، بر اساس نیاز به درک و شکل گیری تعاملات بین یک یا چند انسان و یک یا چند ربات در پیش‌بینی موقعیت‌ها و کاربردهایی که روبات‌ها انجام می‌دهند ظهور تعامل انسان و ربات (HRI) به عنوان یک حوزه تحقیقاتی شکل گرفت. مطالعات نشان داده‌اند که کالبد فیزیکی و ارتباطات لمسی یک ربات می‌تواند آن را به یک شریک تعاملی جذاب‌تر و مؤثرتر از یک شخصیت کارتونی تبدیل کند و یک ربات فیزیکی در مقایسه با صدا یا ویدیو، پشتیبانی بهتری برای اهداف آموزشی انسان است.

علاوه بر این، محققان دریافته‌اند که ظاهر شبیه انسان و شیوه‌های تعامل برخی از ویژگی‌هایی هستند که اکثر شرکت‌کنندگان در مطالعه تصور می‌کنند روبات‌های همراه باید داشته باشند - اگرچه تمایلات افراد با تفاوت‌های شخصیتی مختلف، متنوع است. علاوه بر این، وقتی روبات‌های انسان‌نما به نمایش زبان بدن و سایر توانایی‌هایی می رسند که تداعی بخش سیگنال‌های اجتماعی انسان مانند است ، می‌توانند بسیار جذاب باشند. پس جای تعجب نیست که ربات انسان نما NAO سافت بانک رباتیک با قابلیت های تعامل چندوجهی و رابط برنامه نویسی آسان، به سرعت به یک پلت فرم روباتیک پذیرفته شده برای تحقیقات HRI تبدیل شد. برخی از اصول پشت طراحی آن عبارتند از:

- ظاهر دلپذیر
- ایمنی
- مقرون به صرفه بودن
- تعامل
- خودگردانی خوب.

ظاهر

ویژگی های ظاهری عبارتند از: اندازه، شکل، ظاهر و صدا. برای جنبه‌های شکل و اندازه، بازخورد کاربر در مورد NAO، همانطور که قبلاً پیشنهاد شد، و شباهت خانوادگی به NAO در پیر گنجانده شد. برای ظاهر، با هدف جلوگیری از افتادن به «دره وهمی »، از شباهت بسیار دقیق با انسان اجتناب شد. طراحی از ژاپن نیز تاثیر گرفته است مثلا چشم های درشت مانگا (انیمیشن های ژاپنی) مانند و مفصل کمر که به پیر اجازه می دهد در هنگام ملاقات با کسی تعظیم کند. هدف این شکل خنثی بودن جنسیت (بدون مشخصه جنسیت مشخص) برای جلوگیری از هرگونه اثر کلیشه ای بود. برخی مطالعات از قبل نشان می‌دهند که یک فرد تمایل دارد رباتی را که شبیه جنس مخالف به نظر می‌رسد معتبرتر، قابل اعتمادتر و جذاب‌تر ارزیابی کند و اگر ربات‌ها جنسیت خود را نشان دهند، یک تعصب مبتنی بر کلیشه در مورد خدمات که انتظار میرود که ربات ارائه دهد وجود دارد.

علاوه بر این، برای جلوگیری از کلیشه‌ها و انتظارات غیرواقعی، صدای ربات به گونه‌ای ساخته شد که کودکانه و بدون جنسیت باشد. مشاهدات ما نشان می دهد که برای NAO، مردم به طور کلی آن را او آقا خطاب میکنند، اما درمورد پیر، مردم از عنوان اون آقا، اون خانم یا این به طور مساوی استفاده میکنند.

ایمنی

ایمنی در جنبه های مختلف طراحی بدنه پیر در نظر گرفته شده است. به عنوان مثال، ربات لبه های تیز ندارد، قسمت هایی پوشش نرمی دارند و مرکز جرم در پایه قرار دارد تا از افتادن ربات جلوگیری کند. موتورها فقط به اندازه کافی قدرتمند هستند که مفاصل را حرکت دهند و آنقدر قوی نیستند که با یک ضربه تصادفی به کسی صدمه بزنند.همچنین این ربات به ضربه گیر نیز مجهز شده است. در سطح مکانیکی و سخت افزاری، از کنترل نرم افزاری برای بررسی رفتار هر مفصل استفاده می کند و تشخیص می دهد که آیا نیروی خارجی به بازو وارد می شود یا خیر. مکانیسم‌های مختلف ایمنی نرم‌افزاری و سخت‌افزاری - که برخی از آنها نیز مطابق با دستورالعمل‌های سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO) هستند - در بخش «ایمنی: یک ویژگی ضروری در سطوح مختلف » ذکر شده‌اند.

مقرون به صرفه بودن

برای اطمینان از مقرون به صرفه بودن، فقط اجزاء، حسگرها وقابلیت های لازم برای برآورده کردن نیازهای موارد استفاده خاص اضافه شدند. به عنوان مثال، دست عمداً برای انجام کارهای سنگین طراحی نشده است، بلکه به گونه ای طراحی شده است که فقط مناسب ابراز تعاملات باشد. بخش "چکیده طراحی سخت افزار" اطلاعاتی در مورد سخت افزار و حسگرها ارائه می دهد.

تعامل

تعامل یکی از موارد کلیدی قابلیت های ربات پیر است. نیاز به تعامل طبیعی و شهودی در قلب این موارد است ، اما در طراحی ماشین شرایط واقعی زندگی نیز در نظر گرفته شده است که یک وسیله ارتباطی ممکن است همیشه قابل اعتماد یا مفید نباشد. از این رو، فلفل دارای رابط های تعاملی چندوجهی است. این شامل صفحه نمایش لمسی، گفتار، سر و دست های لمسی و دیودهای ساطع کننده نور (LED) است.

چندین مؤلفه نرم‌افزاری برای تسهیل توانایی‌های درک لازم و اطمینان از HRI روان قرار داده شده است، از جمله ظرفیت تشخیص و پاسخ به احساسات انسانی، کتابخانه ای از حرکات بیانی و رفتارهای ریزبرای نمایش سرزندگی. برای دستیابی به ابراز احساسات شبیه انسان و بیان برازنده از طریق زبان بدن، ساختارحرکتی ربات با ۱۷ مفصل طراحی شده است. سه چرخ همه جهته به دستیابی به حرکت نرم کمک می کند و از تحقق جابجایی های موضعی و کوچک به روش های طبیعی تر پشتیبانی می کند. بخش "درجات آزادی و محرک ها" اطلاعاتی در مورد سینماتیک طراحی ارائه می دهد و بخش "چند وجهی تعامل طبیعی در هسته" چندوجهی بودن تعامل را مورد بحث قرار می دهد.

خودگردانی

خودگردانی طولانی مدت یکی دیگر از نیازهای مهم است،تا ربات بتواند برای یک روز کاری کامل در فروشگاه های سافت بانک SoftBank بدون شارژ مجدد یا مداخله خدمت کند. بنابراین، کل سیستم برای متعادل کردن بارهای نرم افزاری و سخت افزاری و دستیابی به عمر باتری تا ۱۲ ساعت طراحی شده است. علاوه بر این، یک ایستگاه بارگیری با طراحی خاص برای شارژ خودکار قرار داده شده است. علاوه بر این، ماژول‌ها و برنامه‌هایی برای دستیابی به استقلال رفتاری در برنامه‌های خاص برای ربات وجود دارد که نیاز به دخالت انسان را کاهش می‌دهد. بخش‌های «پشتیبانی از خودمختاری رفتاری» و «قابلیت‌های مسیر یابی و کنترل گری» نکاتی را در مورد جنبه‌های خودگردانی ارائه می‌دهند.

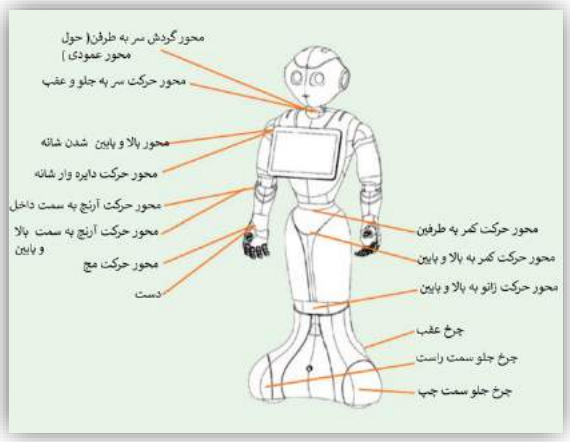
چکیده طراحی سخت افزار

مشخصات زیر بر اساس نسخه a ۸ ۱ پیر است.

بدنه و کامپیوتر

بدنه ربات از پلاستیک با کیفیت بالا و بسیاری از قطعات از پلاستیک نرم تشکیل شده است تا خطر نیشگون گرفتن در حین تعامل فیزیکی را کاهش دهد و در صورت سقوط دستگاه آسیب را به حداقل برساند. هیچ لبه تیز خارجی وجود ندارد. قسمت های لمسی بدن متشکل از حسگرهای خازنی است که نشان می دهد که ربات چه زمانی لمس می شود. فلفل دارای ارتفاع ۱۲۱۰ میلی متر، عرض ۴۸۰ میلی متر و عرض ۴۲۵ میلی متر است. وزن آن ۲۸ کیلوگرم است. این ربات مجهز به چندین LED برای سیگنال دهی و پشتیبانی از ارتباطات است. که تغییر رنگ و شدت نور آنها توسط نرم افزار هایی کنترل می شود . این دستگاه دارای پردازنده Atom E3845 با واحد پردازش

مرکزی چهار هسته ای (CPU) و سرعت کلاک ۱.۹۱ گیگاهرتز است. دارای یک رم ۴گیگابیتی نوع سه که به شیوه نرخ دوبرابر داده ها عم میکند و یک فلش ممووری ۳۲ گیگابایتی MMC تو کار است که ۲۴ گیگابایت آن در اختیار کاربران قرار گرفته است.



شکل ۲

میزان آزادی و عملگرها

همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است، ربات پپر دارای ۲۰ درجه آزادی (DoF) برای حرکت کل بدن (۱۷ مفصل) و مسیریابی همه جانبه (سه چرخ) است. DoF ها شامل دو عدد در سر، دو عدد در هر شانه (چپ و راست)، دو عدد در هر آرنج (چپ و راست)، یک عدد در هر مچ (چپ و راست)، یک عدد در هر دست (با پنج انگشت چپ و راست)، دوعدد در باسن، یکی در زانو و سه عدد در قاعده است.. چرخ های همه جهته به ربات اجازه می دهند از یک پله ۱.۵ سانتی متری و تا شیب ۵ درجه بالا برود.

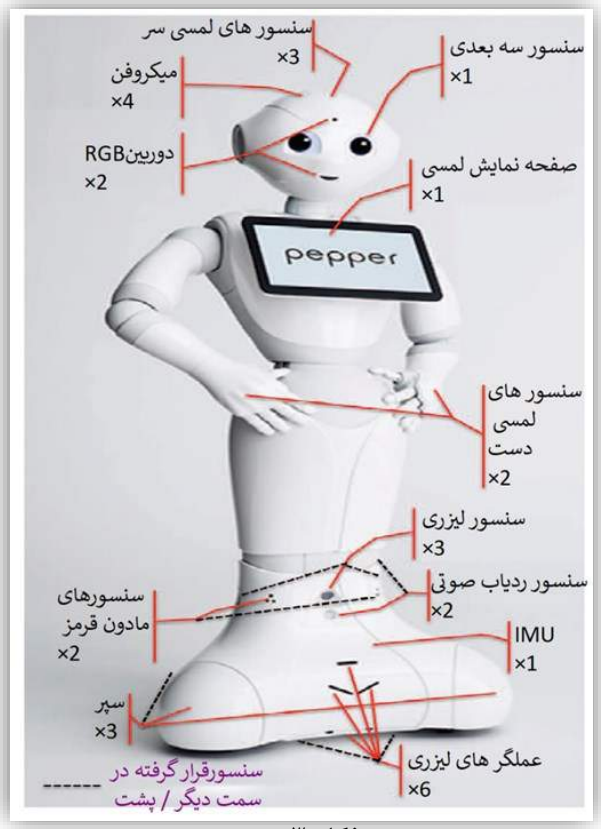
عملگر ها توسط SoftBank Robotics بر اساس موتورهای dc جاروبک دار در اندام فوقانی و یک موتور dc بدون جاروبک در قسمت تحتانی طراحی شده اند. سنسور حس عمقی در مفاصل یک اینکودر چرخشی مغناطیسی است و برای اندام فوقانی در هر موتور یک سنسور موقعیت -۱۲b وجود دارد. تقریباً در تمام عملگرها (شانه، آرنج، گردن و ساق پا)، از بوش های پلاستیکی برای اطمینان از هدایت خوب استفاده می شود. آنها سبک تر، کوچکتر و ارزان تر از بلبرینگ هستند. با بوش های پلاستیکی، اصطکاک کمی بیشتر است، اما کمتر از آستانه قابل قبول نیازهای طراحی برای این اتصالات است. بلبرینگ فقط برای عملگرهای چرخ استفاده می شود.

حسگرها و شبکه

ربات پپر دارای طیف وسیعی از حسگرها است که به آن اجازه می دهد اشیاء و انسان های اطراف خود را تشخیص دهد و به بخش های نرم افزاری کمک میکند که از همه چیز سر دربیاورند. این موارد در شکل ۳ نشان داده شده و به شرح زیر است.

- سنسور شش محوره اینرسی با واحد اندازه گیری: (IMU) دستگاه مجهز به یک IMU متشکل از یک ژیرومتر سه محوری با سرعت زاویه ای ۵۰۰ درجه بر ثانیه و یک شتاب سنج سه محوره با شتاب ۲ گرم است. داده‌های خروجی تخمینی از سرعت و نگرش پایه را امکان‌پذیر می‌سازد (انحراف، گام، و چرخش). در داخل برد اینرسی، الگوریتمی برای محاسبه زاویه پایه از شتاب سنج و ژیرومتر پیاده سازی شده است.
- میکروفون ها: پپر دارای چهار میکروفون در سر است تا جایگاه منبع صدا را تشخیص دهد. اینها دارای حساسیت ۲۵۰ میلی ولت بر پاس (۳± دسی بل در ۱ کیلوهرتز) و محدوده فرکانسی ۱۰۰ هرتز تا ۱۰ کیلوهرتز (−۱۰ دسی بل نسبت به ۱ کیلوهرتز) هستند.
- دوربین ها و سنسور سه بعدی (۳D) : این ربات دارای دو دوربین قرمز سبز آبی (RGB) در قسمت پیشانی و دهان است. وضوح تصویر ۲۵۶۰ × ۱۹۲۰ در ۱ فریم بر ثانیه یا ۶۴۰ × ۴۸۰ در ۳۰ فریم بر ثانیه است. یک سنسور ۳ بعدی در پشت چشم ها قرار دارد. وضوح تصویر تا ۳۲۰ × ۲۴۰ در ۲۰ فریم بر ثانیه را ارائه می دهد.
- سنسورهای لمسی، سنسورهای سپر و تلبت: سه حسگر لمسی وجود دارد: یکی در سر و یکی بالای هر کدام از دست ها. این ربات همچنین دارای سه حسگر سپر است که یکی در هر موقعیت چرخ است. علاوه بر این، یک تبلت به سینه آن متصل است.
- ماژول های سنجش لیزری: اینها از شش محرک خط لیزری (ژنراتور خط لیزری) و سه حسگر تشکیل شده اند. سه عملگر در جلوی ربات قرار دارند تا زمین مقابل انرا ارزیابی کنند. سه مورد دیگر در پایه پایین ربات قرار دارند تا محیط اطراف را حس کنند. این سه سنسور در جلو و سمت چپ و راست ربات قرار دارند.

- بلندگوها، حسگرهای ردیاب صوتی و سنسورهای مادون قرمز: ربات پپر همچنین به دو بلندگو است که به صورت جانبی در سمت چپ و راست سر قرار می گیرند؛ دو سنسور ردیاب صوتی، یکی در جلو و دیگری در عقب؛ و دو سنسور مادون قرمز در پایه مجهز است.
- پشتیبانی از اتصال شبکه: این شامل اترنت (۱۰/۱۰۰/۱۰۰۰ x RJ 45 (Base T و Wi Fi (IEEE 802.11 a/b/g/n؛ امنیت: ۶۴/۱۲۸ b است.



شکل ۳

ویژگی های نرم افزاری

کیت های توسعه نرم افزار و مستندات.

NAOqi نام سیستم عامل اساسی توسعه یافته ای است که روی پپر اجرا می شود و آن را کنترل می کند. همچنین NAOqi یک چارچوب برنامه نویسی برای توسعه برنامه های کاربردی در ربات ارائه می دهد. این نیازهای رایج روباتیک از جمله موازی سازی، منابع، همگام سازی و رویدادها را برطرف می کند. کیت های مختلف توسعه نرم افزار برای کنترل پپر و توسعه آن ارائه شده است. پایتون، C++، جاوا، جاوا اسکریپت، و رابط سیستم عامل ربات .(ROS) (http://wiki.ros.org/ Aldebaran) اسناد به روز شده به صورت آنلاین برای توسعه دهندگان نگهداری می شود.

(http://doc.aldebaran.com)

همچنین یک انجمن توسعه دهندگان اختصاصی(https:// developer.softbankrobotics.com) برای پشتیبانی و یک انجمن پرسش و پاسخ وجود دارد.

چندوجهی بودن تعامل طبیعی نیاز اصلی.

همانطور که پیش تر گفته شد، نیاز اصلی سناریو اولیه B2B، تعامل با انسان است و قابلیت تشخیص انسان یکی از اساسی ترین قابلیت ها برای دستیابی به این امر است . بنابراین ربات پپر در هردو بخش سخت افزار و نرم افزاری رابط برنامه‌نویسی اپلیکیشن (API) مجهز شده تا عملکرد خوبی در تشخیص انسان ارائه دهد. اجزای ادراک چندوجهی در درجه اول برای تشخیص حضور افراد و جلوگیری از برخورد با محیط در حین حرکت بدن در نظر گرفته شده است. ماژول تشخیص مردم NAOqi فهرستی از API های داخلی را برای کمک به توسعه استدلال و قابلیت‌های رفتاری پیشرفته ارائه می کند.

یکی از قابلیت‌های منحصربه‌فرد ربات پپر تعامل مبتنی بر گفتگو است که برای ارائه یک HRI طبیعی و لذت‌بخش بسیار مهم است. یک سیستم تعامل مبتنی بر گفتگو را می توان به راحتی با استفاده از ماژول های NAOqi ALdialog و Qichat ایجاد کرد. اینها کارکردهای مختلفی مانند ایجاد مفاهیم و موضوعات را برای ابداع و شکل دادن تعامل طبیعی ارائه می کنند. ماژول ها همچنین به عنوان یکی از ساده ترین ابزارها برای ارائه ورودی و فرمان دادن به ربات از طریق زبان طبیعی به کار گرفته می شوند.

به علاوه ربات به ماژول های صحبت کردن با احساس و گوش دادن همراه با گفت و گو مجهز شده است تا هنگام گفت و شنود حرکات انسان-مانند ازخود نشان دهد. ترکیب اینها با ۱۷ مفصل به ماشین اجازه میدهد تا روان تر حرکت کند به روش هایی که تعاملی بودنش طبیعی تر به نظر می رسد و هدف آن دستیابی به سطح بالایی از تعامل انسان و ربات است.

همانطور که قبلاً در بخش «طراحی طراحی سخت افزاری»، اشاره شد، پپر به ناحیه های مختلف لمسی، LED و یک تبلت مجهز شده است. اینها، همراه با قابلیت تعامل مبتنی بر گفتگو و انیمیشن، ظرفیت منحصر به فردی را برای تعامل با انسان ها به روشی چندوجهی با استفاده از گفتار، حرکات بیانی و یک نما کاربری گرافیکی فراهم می کند.

پشتیبانی برای خودمختاری رفتاری

ربات پپر دارای ماژول هایی برای رفتارهای مستقل مختلف است. این ماژول با ماژول زندگی مستقل (بی نیاز از کاربر) عرضه می‌شود که قابلیت‌های هوشیاری پایه ای آن ربات را به وضوح فعال و به ظاهر زنده نگه می‌دارد. ایده اولیه این بود که با انجام دادن کاری ساده توسط ربات و فعال به نظر رسیدنش نشان دهیم که با هر شی دیگری متفاوت است. این امر همچنین راهی برای ربات است تا نشان دهد که در زمان حال است و آماده کمک یا تعامل است. همچنین این تصور را ایجاد می کند که شخصیت خاص خود را دارد. برای توسعه دهندگان، این منبع الهام برای توسعه رفتارهای جالب، جذاب و سرگرم کننده است. علاوه بر این ، بستر زندگی خودمختار این امکان را در اختیار سازندگان قرار می دهد تا بسته به شرایط و برحسب نیاز نوع خاصی از خودگردانی پیشرفته را تغییر دهند و بیشتر شخصی سازی کنند. این به ماژول های فعالیت ها و رفتارها اجازه می دهد زمانی که شرایط خاص راه‌اندازی آن‌ها از طریق رویدادهای مبتنی بر ارزیابی موقعیت برآورده شد، به صورت خودکار شروع به کار کنند.

قابلیت های جهت یابی و کنترل گری پایه ای

در سطح نرم افزار، پپر به ماژول هایی برای دستیابی به جهت یابی اولیه و رفتار اجتناب از موانع موجود در محل مجهز شده است. به علاوه این امکان وجود دارد که از ماژول های مبتنی بر رآس(سیستم عامل ربات یا ROS) برای برنامه ریزی و ادارک جهت یابی و سوگیری استفاده کرد.

پپر برای کنترل اشیا یا انجام کاری با دست به عنوان عملکردی اصلی طراحی نشده است. هرچند در واقع این ربات دارای دو بازو هرکدام با یک دست و پنج انگشت است وبه لطف ارتفاع مناسبش می تواند برخی اعمال ساده روی میزبا استفاده از دست و تحویل اشیا را با استفادع از ROS و NAOqi انجام دهد. (به لطف سازگاری آن با ROS و پیوند از قبل ایجاد شد NAOqi از طریق پل ROS).

ایمنی: یک ویژگی ضروری در سطوح مختلف

ایمنی یکی از ویژگی های ضروری ربات پپر است، به ویژه به دلیل اینکه متحرک است، از زبان بدن استفاده میکند و قرار است در یک محیط انسان محور کار و با افراد از فاصله نزدیک تعامل کند. ماشین با یک سامان گر سقوط ، یک ماژول بازیابی فشار (سامان گر تعادل) و یک کنترل آونگ معکوس برای ثابت نگه داشتن خود مجهز شده است. به لطف این ها ، پپر قادر است نه تنها هنگام حرکت پویا ی خود بلکه در صورت اعمال نیرو خارجی به آن نیز میتواند تعادل خود را مدیریت کند. به دلیل سیستم حرکت سه چرخ و مرکز ثقل بسیار پایین آن، این دستگاه طوری طراحی شده است که به اندازه ربات دوپا NAO سقوط نکند.

> بدنه ربات از پلاستیک با کیفیت بالا ساخته شده است و بسیاری از قطعات از پلاستیک نرم تشکیل شده است تا خطر نیشگون گرفتن در هنگام تعامل فیزیکی کاهش یابد.

برای اطمینان از ایمنی حتی در طول فرآیند خاموش کردن پپر (با فشار دادن دکمه قفسه سینه شروع می شود)، یک روش دو مرحله ای اتخاذ شده است. ابتدا ربات در موقعیتی آرام و ایمن قرار می گیرد و سپس موتورهای خود را خاموش می کند. همچنین دارای دکمه توقف در پشت است. علاوه بر این، همانطور که قبلا توضیح داده شد، ربات لبه های تیز ندارد. اگر شخصی به دستگاه برخورد کند، سعی می کند تعادل خود را حفظ کند، در صورت نیاز حرکت می کند تا از فشار قوی رهایی یابد. اگر ربات آنقدر فشار داده شود که سقوط کند، تمام موتورهای خود را قطع می کند و به آرامی روی زمین می افتد. بیشتر وزن در پایه نزدیک چرخ ها قرار دارد، بنابراین بدنه بالایی نسبتا سبک است که باعث کاهش اثر سقوط می شود.

استاندارد ISO 13482، بخش ۵.۱۰ (https://www.iso.org/obp//iso:std:iso:13482:ed 1:v1:en#)، خطرات ناشی از حرکت ربات و الزامات ایمنی مربوطه را برجسته می کند. ربات پپر با برخی از این توصیه ها مطابقت دارد. برای مثال قبل از برخورد با موانعی که در فاصله بیش از ۱.۵

(الف) (ب)

شکل 4:موارد استفاده ربات پپر در(الف) محیط های عمومی و (ب) محیط های خانگی

سانتی متری تشخیص داده می شوند متوقف می شود و به رفلکس لمسی، کاهش سرعت حرکت، تجزیه و تحلیل ناحیه کور و یک ماژول برای ایجاد نقشه محلی برای مسیریابی ایمن ، مجهز است. علاوه بر این، برای جلوگیری از حرکات خطرناک در مناطق کور، سرعت بازو هنگام حرکت در یک منطقه ناشناخته کاهش می یابد.

این ربات به گونه ای طراحی شده است که با استفاده از نرم افزار ضدبرخورد انسان یا مانع را تشخیص دهد. همچنین پایه برای رو پای انسان غلتیدن بسیار کوتاه است (۲سانتی متر). پپر دارای محدودیت سرعت جابه جایی ۲کیلومتر

(الف) (ب)

شکل5: کاربرد ربات پپر در (الف) مراقبت از سالمندان و (ب) آموزش کودکان

بر ساعت و در مواقع اضطراری(بازیابی فشار) ۳ کیلومتر بر ساعت است.

این دستگاه همچنین با برخی از توصیه های طراحی ذاتا ایمن ISO 13482 مطابقت دارد، برای مثال: پایین نگه داشتن مرکز ثقل خود مراقبتی ربات؛ اطمینان از اینکه اثرات رزونانس مکانیکی نمی تواند منجر به بی ثباتی شود؛ سبک نگه داشتن جرم قطعات متحرک، به ویژه بازو مکانیکی، تا حد امکان و استفاده از مواد و سازه هایی که نیرو ضربه ها را کاهش می دهد. به علاوه ، راهکارهای ایمنی داشتن یک سیستم ایمنی خراب را نیز در نظر می گیرد تا در صورتی که ربات کنترل خود را از دست بدهد با فرد یا محیط اطرافش برخورد نکند. برای دستیابی به این هدف، یک ویژگی ایمنی در سطح سخت افزاری، با استفاده از یک سیستم ترمز و الاستومر در لگن، وجود دارد و یک اقدام پیشگیرانه در سطح نرم افزار پساده سازی شده که ربات را در یک موقعیت پایدار در حالت ایمن متوقف می کند.

پتانسیل کاربرد و مقبولیت

شکل های ۴ و ۵ برخی از موارد استفاده ربات پپر را نشان می دهند. این پلتفرم با طراحی، از ایجاد و اجرای برنامه های مختلف پشتیبانی می کند که می تواند برای حوزه های زیادی توسعه داده شود برای مثال مراقبت های بهداشتی، آموزش، سرگرمی و تجارت. در حال حاضر حدود ۱۰۰۰۰ فلفل عمدتاً در ژاپن فروخته شده است. حدود ۳۰۰۰ تا از آنها در برنامه های مختلف B2B خدمت می کنند: پپر در فروشگاه‌های سافت‌بانک، سوشی‌بارها، فروشگاه‌های لباس، و بوتیک‌های نسپرسو پذیرای مشتریان است. تقریباً ۷۰۰۰ ربات با مصرف کنندگانی هستند که می خواهند زندگی با یک ربات را تجربه کنند. در اروپا، آزمایش موفق پپر در ایستگاه‌های راه‌آهن فرانسه، سوپرمارکت‌های کارفور، مراکز مراقبت‌های بهداشتی و مراقبت از سالمندان، و کشتی‌های کروز انجام شده است. همچنین این ربات در اروپا در دسترس دانشگاهیان و شرکای

تجاری است و توسط آنها استفاده می شود. در ایالات متحده می توان پیپر را، به عنوان مثال در مرکز خرید وست فیلد در سانفرانسیسکو یافت.

از آنجایی که دانش در مورد ربات ها در سیستم های مدارس بیش از پیش ضروری خواهد شد، تقریباً ۲۰۰۰ ربات به مؤسسات آموزشی در ژاپن برای حمایت از آموزش برنامه نویسی ربات ارائه شده است. یکی از جاه طلبی های سافت بانک رباتیک، مشارک پیپر به شکل ربات های اجتماعی برای رفع نیاز های اجتماعی است که برای آن شناسایی موارد استفاده مختلف (همچنین از طریق همکاری‌های مختلف) در حال انجام است. در ادامه به چند مورد از آنها مختصر اشاره شده است.

کاربر محوری و مداخلات اجتماعی پژوهشی

برای کشف چالش های عنقریب علمی و تحقیق و توسعه که باید برای تأثیر اجتماعی بیشترپیپر به شکل ربات های اجتماعی و فناوری همراه آنها، حل شوند؛ در نظر گرفتن بازخورد مصرف کنندگان واقعی و سایر ذینفعان مهم است. پایگاه داده عظیمی بر اساس بازخورد مصرف کننده واقعی و شریک تجاری از استقرارو به کارگیری به شیوه B2C و B2B در حال تکامل است. علاوه بر این، بازخورد حرفه ای از سایر ذینفعان از جمله دانشگاهیان و محققان در پروژه‌های مشترک مختلف جمع‌آوری شده است.

برای مثال ، در دو پروژه اتحادیه اروپا (EU) _ ربات سرگرمی مرکز خرید چند کاربره (http://mummer- project.eu) و ربات های آگاه از فرهنگ و سیستم های حسگر محیطی برای حمایت از سالمندان(http:// _ caressesrobot.org/en/) ربات پیپر به ترتیب به عنوان پلت فرم اصلی برای موارد استفاده در یک مرکز خرید (به عنوان بخشی از فرآیند طراحی مشترک) و در تسهیل زندگی و مراقبت از سالمندان کمک می کند. دو پروژه دیگر افق ۲۰۲۰ اتحادیه اروپا، مسیر یابی ایمن در ازدحام جمعیت (CROWD_BOT) و پیشبرد قابل لمس تعامل ماشین-انسان با انسان ظرفیت های اجتماعی برای آموزش در مدارس(ANIMATAS) (http:// www.animatas.eu)، از طریق پروژه هایی مانند این، ربات، قابلیت ها و پتانسیل استفاده از آن می تواند به طور مکرر بهبود یابد. چنین مشارکتی توسط جامعه علمی باعث ارتقای وضعیت هنر نیز می شود برای مثال قابلیت مسیریابی [۱۴]، توانایی تعامل ربات در مکان های عمومی[۱۵]، آگاهی فرهنگی برای HRI[16]، و همراهی انسان و ربات مبتنی بر حافظه روایتی [۱۹]. همانطور که قبلا ذکر شد،پیپر همچنین به یک پلتفرم استاندارد برای SSPL مسابقات RoboCup@Home تبدیل شده است، که در آن تیم‌های مختلف از سراسر جهان به بررسی و نشان دادن طیف وسیعی از قابلیت‌ها و عملکردهای ربات و همچنین محدودیت‌ها و پیشرفت‌های بالقوه می‌پردازند.

از آنجایی که NAO و Pepper دارای محیط توسعه یکسان و سینماتیک بالاتنه مشابه هستند، می‌توانیم یک برنامه یا یک ماژول را از یک ربات به روبات دیگر منتقل کنیم. از آنجا که NAO در حال حاضر به طور گسترده در جامعه علمی مورد استفاده قرار می گیرد، با به کار گیری پیپر یک اکوسیستم B2A بزرگتر برای اهداف تحقیقاتی مشابه امکان پذیر خواهد بود.

همه این تلاش‌های مشترک نه تنها پتانسیل برنامه‌ها و نرم‌افزارهای جذاب ربات پیپر را نشان می‌دهند، بلکه به پیشرفت آن در سطح سخت‌افزار نیز کمک می‌کنند. به عنوان مثال، بهسازی متکرر محرک لگن، عملکرد تبلت، میکروفون های تلفیقی و غیره وجود داشته است. با همه اینها، در یک حلقه بسته از تعامل بین ذینفعان مختلف از جمله دانشگاهیان، سازمان های تحقیقاتی، صنعت و کاربران نهایی، پیپر در حال تکامل است و کاربردهای گسترده ای در زندگی روزمره پیدا می کند.

سازگاری جمعی، آگاهی، اکوسیستم، وسیاست گذاری ساخت

از طریق آگاهی اجتماعی و سازگاری جمعی پیپر می توان به مقرون به صرفه بودن رسید. این امر مستلزم ایجاد برنامه های کاربردی جدید و مرتبط برای چنین روبات های انسان نمای اجتماعی است. به این منظور، سافت بانک رباتیک در ممکن سازی اکوسیستم بزرگتری از شرکای تجاری، توسعه‌دهندگان و ذینفعان از طریق برنامه‌های مختلف مشارکت دارد. به عنوان مثال، برنامه شریک(https://www.ald .softbankrobotics.com/ en/partners/partners-program)در نظر دارد در طراحی و فروش راه حل های تجاری با استفاده از ماشین های سافت بانک رباتیک از شرکت ها حمایت کند. علاوه براین سافت بانک رباتیک میزبان رویدادهایی مانند دنیای پیپر و پیپر همیار است که در آن شرکای تجاری در مورد کاربردهای

مختلف و موارد استفاده ربات صحبت می کنند و آن را به نمایش می گذارند.

پیگیری دو حوزه به یک اندازه ضروری هستند: ۱) ایجاد آگاهی عمومی و پل ارتباطی بین صنعت، دانشگاهیان، سازمان های تحقیقاتی، کاربران نهایی و سیاست گذاران و ۲) پیشرفت وضعیت هنر در تقاطع رباتیک، هوش مصنوعی (AI)، اینترنت اشیا (IoT) و نیازهای اجتماعی. برای درک کامل پتانسیل مثبت روبات های اجتماعی، از نظر استراتژیک مهم است که این دو حوزه را در دستور کار اصلی سیاست گذاران و محققان قرار دهیم.

در این راستا، برخی از تلاش‌های جاری در اروپا قابل توجه است از جمله یک مشارکت عمومی و خصوصی بین اتحادیه بین‌المللی رباتیک بغیراز لوکراتف (https://www.eurobotics. net/)، یک انجمن بین المللی غیر انتفاعی برای سهامداران در رباتیک اروپا، و کمیسیون اروپا از طریق مکانیسم SPARC (http://www.sparc-robotics.net/) . به عنوان یکی از بزرگترین برنامه های نوآوری رباتیک با بودجه غیرنظامی در جهان، هدف این مشارکت شکل دادن به آینده رباتیک در اروپا با ارائه توصیه هایی به کمیسیون اروپا در حوزه رباتیک تحت عنوان افق ۲۰۲۰ (Horizon2020) است. یکی از راه‌های ارائه ورودی‌های مورد نیاز برای ارتباط با ذینفعان مختلف و تأثیر مثبت بر سیاست‌گذاری، مشارکت در گروه‌های موضوعی مختلف(https://www.eu-robotics.net/ eurobotics/topic-groups-/index.html) ، از قبیل ربات های هوشمند اجتماعی و کاربردهای اجتماعی؛تعامل طبیعی با ربات های اجتماعی؛ هوش مصنوعی و شناخت در رباتیک؛ استانداردسازی، محک زدن، و رقابت؛ و مسائل حقوقی اخلاقی اجتماعی اقتصادی ، اینها تنها چند نمونه از هزاران نمونه هستند.

علاوه بر این، هدف برنامه توسعه دهنده سافت بانک رباتیک ، برقراری ارتباط با توسعه دهندگان، پشتیبانی از کار آنها بر روی ربات و ایجاد یک اکوسیستم B2D است. رویدادهای برنامه‌نویسی و توسعه اپلیکیشن، مانند Hackathon2018، که موضوع آن «پپر برای رفا و بهتر زیستن» است به مشارکت و ایجاد آگاهی اما در میان نوع دیگری از ذینفعان کمک می کند. برای مثال کارشناسان تجربه کاربری و بازاریابی. تیم ها با استفاده از پپر برنامه های کاربردی و الهام بخش را بررسی و ایجاد می کنند. چنین تلاش‌هایی همچنین سعی می‌کنند فناوری‌های جدید مرتبط با حوزه‌هایی مانند اینترنت اشیا و تبلت‌های اندروید را ترکیب کنند و راه‌هایی را برای کاربردهای اجتماعی ربات کشف کنند.

تقریباً ۲۰۰۰ ربات به مؤسسات آموزشی در ژاپن برای حمایت از آموزش برنامه نویسی ربات ارائه شده است.

چشم انداز آینده و چالش های بزرگ

توسعه پپر یک تجربه یادگیری عالی بود. پیشرفت‌های مکرر ربات با در نظر گرفتن بازخورد کاربران و جامعه علمی و گسترش محدوده آن برای ادغام با فناوری‌های جدید مستمر است. پپر اولین ربات در نوع خود است که راهی برای نسل جدیدی از ربات های شخصی و خدماتی ایجاد می کند که آنها نیز به تولید انبوه برسند. با این حال، برای دستیابی به موفقیت در آینده برای چنین ربات‌های اجتماعی چند منظوره ، هنوز راه زیادی در پیش است. چنین ماشین هایی باید به شیوه ای که از نقطه نظر اجتماعی پذیرفته شده و مورد انتظار است رفتار کنند. روی هم رفته، نیاز آن‌ها به درک قوی در محیط‌های واقعی، محدودیت‌های درک و عمل در زمان واقعی با منابع موجود، و لزوم تعامل پویا با انواع مختلف کاربران واقعی چالش‌های کلیدی برای توسعه یک چارچوب علمی و عملکردی منسجم است. که هنوز از زوایای مختلف نیاز به بررسی عمیق دارد. در این راستا، برخی از مسیر های برای کاوش و بررسی شامل اتصال، یادگیری، هوش جمعی مبتنی بر بستر ابر برای توسعه هوش اجتماعی و رفتار فعالانه ربات‌ها [۱۱]، [۱۷] و درک تعامل انسان و ربات [۲۲] است.

نیاز دیگر ارائه راه‌های طبیعی و شهودی به کاربران برای آموزش رفتارهای جدید به ربات است که آن را برای حوزه‌های مختلف انحصارا مفیدتر، شخصی‌سازی و سازگارتر می کند [۱۸]. برخی از نگرانی‌های اجتماعی، قانونی و اخلاقی در آینده ممکن است شامل حریم خصوصی در مقابل دستورات مالک در مقابل مسئولیت‌پذیری اجتماعی و اخلاق باشد [۱۲]، که برای آن مشارکت یک جامعه چند رشته‌ای بزرگ‌تر بسیار مورد نیاز است. با این حال، با تلاش‌های مشترک همه، امیدواریم که یک داستان موفقیت در آینده در انقلاب بزرگ فناوری بعدی در انتظار روبات‌های اجتماعی باشد.

منابع

[1]D. Perzanowski, A. C. Schultz, W. Adams, E. Marsh, and M. Bugajska, "Building a multimodal human-robot interface," IEEE Intell. Syst., vol. 16, no. 1, pp. 16–21, 2001.

[2] M. A. Goodrich and A. C. Schultz, "Human–robot interaction: A survey," Found. Trends Human Comput. Interaction, vol. 1, no. 3, pp. 203–275, 2007.

[3] D. Gouaillier, V. Hugel, P. Blazevic, C. Kilner, J. Monceaux, P. Lafourcade, B. Marnier, J. Serre, B. Maisonnier, "Mechatronic design of NAO humanoid," in Proc. IEEE Int. Conf. Robotics and Automation- (ICRA), 2009, pp. 769–774.

[4] E. Pot, J. Monceaux, R. Gelin, B. Maisonnier, "Choregraphe: A graphical tool for humanoid robot programming," in Proc. 18th IEEE Int. Symp. Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN), 2009, pp. 46–51.

[5] C. D. Kidd and C. Breazeal, "Effect of a robot on user perceptions," in Proc. 2004 IEEE/RSJ Int. Conf. Intelligent Robots and Systems (IROS), 2004, vol. 4, pp. 3559–3564.

[6] M. L. Walters, D. S. Syrdal, K. Dautenhahn, R. Te Boekhorst, and K. L. Koay, "Avoiding the uncanny valley: Robot appearance, personality and consistency of behavior in an attention-seeking home scenario for a robot companion," Auton. Robots, vol. 24, no. 2, pp. 159–178, 2008.

[7] C.-W. Chang, J.-H. Lee, P.-Y. Chao, C.-Y. Wang, and G.-D. Chen, "Exploring the possibility of using humanoid robots as instructional tools for teaching a second language in primary school," Educ. Technol. Soc., vol. 13, no. 2, pp. 13–24, 2010.

[8]M. Mori, "The uncanny valley," K. F. MacDorman and N. Kageki, Trans., IEEE Robot. Autom. Mag., vol. 19, no. 2, pp. 98–100, 2012.

[9]M. Siegel, C. Breazeal, and M. I. Norton, "Persuasive robotics: The influence of robot gender on human behavior," in *Proc. IEEE/RSJ Int. Conf. Intelligent Robots and Systems (IROS)*, 2009, pp. 2563–2568.

[10]B. Tay, Y. Jung, and T. Park, "When stereotypes meet robots: The double-edge sword of robot gender and personality in human–robot interaction," *Comput. Human Behavior*, vol. 38, pp. 75–84, Sept. 2014.

[11]A. K. Pandey, "Towards socially intelligent robots in human-centered environment," Ph.D. dissertation, Institut National des Sciences Appliquées, Univ. Toulouse, France, 2012.

[12]A. K. Pandey, R. Gelin, M. Ruocco, M. Monforte, and B. Siciliano, "When a social robot might learn to support potentially immoral behaviors in the name of privacy: The dilemma of privacy vs. ethics for a socially intelligent robot," in *Proc. 2017 Conf. Human-Robot Interaction (Workshop on Privacy-Sensitive Robotics)*, pp. 1–4.

[13]R. Gelin, "NAO," in *Humanoid Robotics: A Reference*, A. Goswami and P. Vadakkepat, Eds. Berlin: Springer-Verlag, 2017.

[14]J. Lafaye, D. Gouaillier, and P. B. Wieber, "Linear model predictive control of the locomotion of Pepper, a humanoid robot with omnidirectional wheels," in *Proc. 14th IEEE-RAS Int. Conf. Humanoid Robots (Humanoids)*, 2014, pp. 336–341.

[15]M. E. Foster, R. Alami, O. Gestranius, O. Lemon, M. Niemelä, J-MnOdobez, and A. K. Pandey, "The MuMMER Project: Engaging humanrobot interaction in real-world public spaces," in *Proc. 8th Int. Conf. Social Robotics (ICSR)*, 2016, pp. 753–763.

[16] B. Bruno, N. Y. Chong, H. Kamide, S. Kanoria, J. Lee, Y. Lim, A. K. Pandey, C. Papadopoulos, I. Papadopoulos, F. Pecora, and A. Saffiotti, "Paving the way for culturally competent robots: A position paper," in Proc. 26th IEEE Int. Symp. Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN), 2017, pp. 553–560.

Amit Kumar Pandey, Innovation Department, SoftBank Robotics Europe, Paris, France. E-mail: akpandey@softbankrobotics.com.

Rodolphe Gelin, Innovation Department, SoftBank Robotics Europe, Paris, France.
E-mail: rgelin@softbankrobotics.com.

تحقیقات رباتیک در زمان همه گیری

مترجم: علیرضا فرقانی، نویسندگان: Elena Delgado, Lydia Tapia

جهان گرفتار شده توسط بیماری همه گیر کووید ۱۹ ، و اولین واکنش درست بسیاری از ما این بوده که از امنیت و سلامتی خودمون وخانواده هامون رو محافظت کنیم . هرچند ، زندگی کاملا متوقف نشده ، و ما هنوز مسئولیت هایی داریم نسبت به تحقیقات ها، کلاس ها و همسالانمانم. اجرای سریع پروتکل های کار از خانه منجر به عدم وجود تعادل بین کار و زندگی و پیشرفت در تحقیق شده است.

استراتژی هایی برای کار در خانه

بیزینس های غیر ضروری ،موسسات آموزشی، و آزمایشگاه های رباتیک در چند ماه گذشته برای کاهش شیوع کووید بسته شده اند ۱۹. در نتیجه، محققان صنعت، اساتید دانشگاهی و دانشجویان مجبور شده‌اند از خانه کار کنند و اغلب فضاهای زندگی و برنامه‌ریزی‌های موجود را تغییر می‌دهند تا فضا برای فضاهای کاری جدید باز شود.

چالش ها همراه با این روش جدید عبارتند از متعادل کردن مراقبت از کودک و آموزش در خانه ، به اشتراک گذاری فضاهای کاری با با همسر یا هم اتاقی ها، و سر وکله زدن با حواس پرتی ها از جانب حیوانات خانگی که متوجه فرق بین زمان تفریح و کاری نمیباشند.

توصیه های زیادی از کمیته بر راه اندازی و سازماندهی در خانه متمرکز بود. ولفرام برگارد،پروفسور در دانشگاه آلبرت لودوینگز سیتات فریبرگ، اشاره کرد که اونچه که بیشتر از همه کمکش کرد این بود "خریدن یه تلویزیون بزرگ، یه دوربین خوب ، و اسپیکر جابرا" برای داشتن یک تنظیمات فنی و کاربردی برای کار از راه دور . هرچند، تعداد زیادی از اعضای کمیته اشاره کردند که تنظیمات فنی تنها جزئی برای موفقیت بود، و نظرات زیادی متمرکز شده در حفظ انگیزه. یک نکته بزرگ از ماریا جینی،پروفسوری در دانشگاه مینهوستا،این هست که "حفظ کنید یک نسخه چاپی از فهرست کار هایی که باید انجام شود" . او گفت، هر وقت که من کاری انجام میدم، آن را خط میزنم، و احساس خوبی میگیرم از اینکه در حال پیشرفت هستم.

به نظر می رسد کار بر روی تحقیقات مرتبط با بیماری همه گیر به اعضای کمیته کمک میکند با که انگیزه و "احساس مفید بودن" داشته باشند. راجا چاتیلا، استاد دانشگاه سوربن، این کار را با ارزیابی اخلاقیات پروژه‌های تحقیقاتی مرتبط با همه‌گیری و مشاوره در مورد استفاده از فناوری‌های هوش مصنوعی و روباتیک در این شرایط بحرانی انجام داده است. سلینا بارنفیند، دانشجوی کارشناسی ارشد در دانشگاه نیومکزیکو (UNM)، بازی داکینگ مولکولی خود را که از داده‌های بازیکنان جمع‌سپاری شده و برنامه‌ریزی حرکتی استفاده می‌کند، برای یافتن مسیرهای اتصال لیگاندهای بالقوه که پیش‌بینی می‌شود در برابر کووید ۱۹ درمانی باشد، اقتباس کرده است.

برگزاری جلسات کاملاً آنلاین نیز تغییر بزرگی برای کمیته WIE بوده است. پروفسور چاتیلا گزارش می دهد که تمام روزها را در جلسات آنلاین پشت سر هم سپری می کند و بیان می کند که امتناع از جلسات دشوار است. توصیه پروفسور برگارد برای مبارزه با این هجوم این است که "باید برای زمان جلسات سخت گیر باشید" هم از نظر مدت زمان و هم در برنامه روزانه خود.

پروفسور جینی این را یافته است که، حتی با جلسات آنلاین ، فقدان تعامل اجتماعی خیلی سخت بوده برای تعدادی از دانشجویانش، مخصوصا برای آنان که تنها زندگی میکنند، به علاوه ملاقات هفتگی عادی او با هر کدام از دانشجویانش تا بحث کنند در مورد پیشرفت کار ها هم همینطور بوده. پروفسور جینی سعی می کند در مورد چیزهای مختلفی در زندگی روزمره خود صحبت کند «مثل اینکه چه غذایی می پزند یا اینکه بیرون پیاده روی می کنند». آکریتی آپادهیای، یک دانشجوی کارشناسی ارشد از دانشگاه آلبانی، دانشگاه ایالتی نیویورک، می‌گوید که توضیح و درک مفاهیم فنی از طریق تماس ویدیویی یا از طریق اشتراک‌گذاری صفحه دشوار است. او بر این امر غلبه کرد.

با برنامه‌ریزی یک جلسه روزانه که در آن گروه‌ها در حین پیشرفت در توسعه پروژه، هر مرحله را مورد بحث قرار می‌دهند، «در روال منظم همکاری کار از

راه دور «قرار گرفتن. این به حل سریع مسائل با درک بهتر کمک کرد.»

شکل ۱.یک مثال از علامت یاد آوری برای اعضای آزمایشگاه جهت اسفاده از ماسک، استفاده شده در طول روند بازگشایی برای آزمایشگاه تاپیا در دانشگاه نیو مکزیکو (منبع= لیانا مککیب توسط نرم افزار پیکستون

https://www.cs.unm.edu/tpialab/resources/)

شکل ۲. بسیار مهم است که به یاد داشته باشیم اقدامات ایمنی را در آزمایشگاه های رباتیک، مخصوصا آنهایی که در اطراف آزمایشگاه هستند

منبع(لیانا مککیب توسط نرم افزار پیکستون ،

(https://www.cs.unm.edu/tpialab/recources/

برقرار کردن اعتدال بین کار، خانواده و دوستان

در میان کمیته اتفاق نظر واضحی وجود داشت که این زمان، زمان عدم تعادل است و توصیه جمعی آنها این بود که عدم تعادل را بپذیرید و بدانید که تنها نیستید.. هاداس کرس گازیت، دانشیار دانشگاه کرنل، می‌گوید: «من می‌توانم زمانی برای جلسات و پاسخ دادن به ایمیل‌ها پیدا کنم، اما فضای ذهنی برای فکر کردن ندارم.بین کودکان در خانه ، حواس پرتی ها و نیاز به مراقبت از غذا و خونه، من قادر نیستم که تمرکز کنم و خلاق باشم.» "پروفسور چاتیلا به سادگی بیان میکند کهتوازن نبوده است." با این حال، باورنفایند و یکی دیگر از دانشجویان فارغ التحصیل، دایان اوواکو از دانشگاه A&M تگزاس، هر دو موافق این بودند که «تعیین زمان مشخص برای تماس‌های تلفنی خانوادگی و چت دوستانه » برای ایجاد تعادل بین کار و زندگی مؤثر بوده است.

بین اعضای هیئت علمی در کمیته اتفاق نظر وجود داشت که رعایت دقیق فاصله اجتماعی و دستورالعمل‌های ایمنی موسسه شما برای بازگشایی ایمن آزمایشگاه‌ها و از سرگیری تحقیقات حضوری بسیار مهم است. شستشوی دست ها، استفاده از ماسک،و ضد عفونی کردن سطوح با لمس بالا باید با جدیت انجام شود. تصاویر در این ستون (عکس ۱ و ۲) از نقاشی های استفاده شده برای بازگشایی آزمایشگاه تاپیا درUNM است.

این تصاویر تاکید میکنند بر اهمیت اصول بهداشت به شیوه ای طنز آمیز و به یاد ماندنی. آلیسون اوکامورا، استاد دانشگاه استنفورد، همچنین بر اهمیت عدم فشار بر دانشجویان یا فوق دکترا برای رفتن به آزمایشگاه در صورتی که ترجیح می‌دهند از راه دور کار کنند، تاکید می‌کند. او همچنین در آزمایشگاه خود درباره این روش گفتگو کرد اجازه داده نشود به جریان هوای آزاد از سیستم‌های پنوماتیکی که برای روبات‌های نرم استفاده می‌شود، زیرا می‌تواند ذرات را پخش کند. بسیاری از آزمایشگاه‌های رباتیک برای آزمایش تحقیقات خود به مطالعات کاربران متکی هستند و شرکت‌کنندگان را از خارج از آزمایشگاه برای بازخورد بی‌طرفانه جذب می‌کنند. از سرگیری این مطالعات به صورت حضوری بسیار دشوار است، اگر نگوییم غیرممکن است، در حالی که محدودیت‌های COVID-19 هنوز وجود دارد . آزمایشگاه پروفسور اوکامورا مطالعات لمسی را با استفاده از اعضای فعلی آزمایشگاه به عنوان شرکت کننده از سر گرفته است . همینجا در UNM، ما مطالعات شخصی

کاربران خود را به برنامه‌های Android آنلاین تبدیل کردیم که در آن شرکت‌کنندگان توسط Amazon Mechanical Turk استخدام می‌شوند.

حفظ سلامت روان شخصی

سلامت روان بخش مهمی از سلامت کلی شماست و نباید از آن غافل شد. اثرات اقتصاد بسته، انزوای طولانی مدت و انتقال سریع به زندگی در خانه استرس شدید ایجاد می کندبه گفته مرکز کنترل و پیشگیری از بیماری، این استرس احتمالاً به صورت اضطراب، افسردگی، تغییر در خواب یا اشتها و مشکل در تمرکز ظاهر می شود. کارا نونز، دانشجوی کارشناسی ارشد در دانشگاه استنفورد، و باورنفایند، هر دو پاسخ دادند که ورزش های روزانه مانند دویدن، پیاده روی، یا فیلم های تمرینی مناسب آپارتمان را به عنوان راهی برای آرام کردن و دور نگه داشتن ذهن خود از استرس انجام داده اندنونز می‌گوید: «به چالش کشیدن خودم از لحاظ فیزیکی باعث شد به‌جای نگرانی‌ها و ناامنی‌هایم، روی فعالیت بدنی تمرکز کنم .» علاوه بر این، Uwacu توصیه می‌کند که «در مورد کیفیت و کمیت مصرف رسانه‌ها دقت کنید.»

مهم نیست که در چه شکلی از کاهش استرس بهره میبرید، پروفسور کرس گازیت به ما یادآوری می کند که مهم است "دریابیم که این ترم گذشته و تابستان، [و احتمالاً] پاییز نیز بی ثمر خواهد بود." او تأکید می‌کند که «باید با خود صبور باشیم و متوجه شویم که این روزها سه برابر بیشتر طول می‌کشد تا به نتیجه برسیم. کمیته WIE انجمن رباتیک و اتوماسیون برای به اشتراک گذاشتن این توصیه شخصی هیجان زده است. ما متوجه هستیم که استرس برای همه، به ویژه کارگرانی که دغدغه های خانوادگی دارند، سخت است. ما شما را تشویق می‌کنیم، اگر احساس می‌کنید به خاطر این بیماری همه‌گیر استرس دارید و وضعیت شما خیلی شدید است، از خدمات مشاوره یا خط تلفن بحران استفاده کنید. لطفاً به یاد داشته باشید که با یکدیگر صبور باشید؛ ما همه با هم هستیم.»

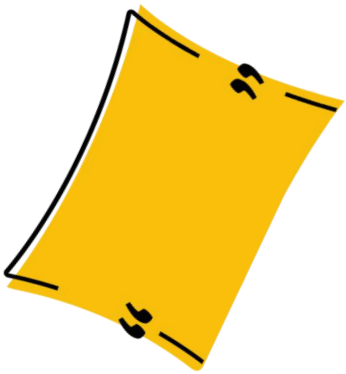
یک سیستم منجنیق دوگانه قابل کنترل با الهام از بیومکانیک حمله ی شکاری لارو سنجاقک

مترجم: فرزام قره داغی

نویسندگان: Sebastian Büsse , Alexander Koehnsen, Hamed Rajabi, Stanislav N. Gorb

بیومکانیک زیربنای حمله شکاری لارو سنجاقک هنوزکشف نشده است. لارو سنجاقک ، شکارچیان کمین کننده آبزی هستند که طعمه خود را با یک زائده دهانی به شدت کشسان وقابل تغییر شکار می کنند. نظریه فعلی که »فشار هیدرولیکی نیروی محرکه حمله شکارچی است «را می توان با آزمایش های شبیه سازی شده ما و بازخوانی مطالعات قبلی رد کرد. در اینجا، ما دلایل و مدارک وجود یک سیستم منجنیق دوگانه مستقل با بارگذاری همزمان را گزارش می کنیم. برای تقویت حرکت بالستیک یک زائده ی دهانی مخصوص، دو فنر با بار مستقل به طور همزمان دو اتصال جداگانه را در یک زنجیره سینماتیک آزاد و فعال می کنند. انرژی برای حرکت با فشار دادن یک ساختار الاستیک در هر مفصل و احتمالاً کوتیکول اطراف آن ذخیره می شود که با انقباض عضلانی از قبل بارگذاری شده است. به عنوان سند اثبات ایده ، ما یک مدل رباتیک زیست الهام گرفته شده ،که از نظر مورفولوژی و اصول عملکردی مشابه زائده دهانی کشسان است را ایجاد کردیم. درک بیومکانیک سیستم منجنیق دوگانه همزمان بارگذاری شده مستقل که در لارو سنجاقک یافت می شود می تواند برای کنترل جهت انبساط و در نتیجه کنترل بردار رانش یک سیستم رباتیک مدوله شده استفاده شود.

مقدمه



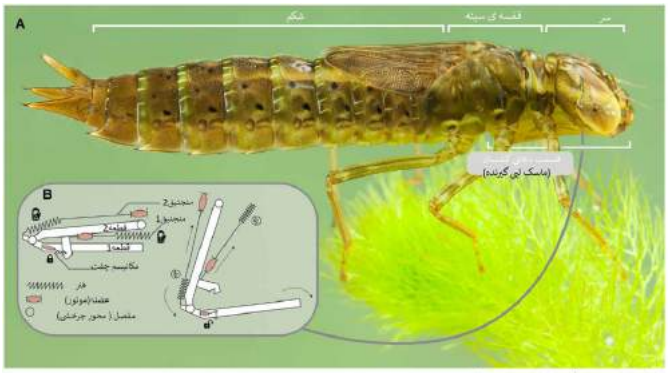
در تمام گروه‌های جانوری، رابطه شکار و شکارچی می‌تواند باعث یک مسابقه تکامل سلاح شود که می‌تواند به توسعه مکانیسم‌های بیومکانیکی پیچیده منجر شود. به عنوان مثال، یک سازگاری در یک شکارچی می تواند فشار انتخاب طبیعی را بر طعمه خود تغییر دهد ،احتمالاً منجر به یک تطبیق متقابل می شود و برعکس - اگر این فرآیندها متناوب باشد، صحبت از یک مسابقه تسلیحاتی است (۱). برخی از این مکانیسم ها متکی بر حرکات بسیار سریع هستند(حرکات بالستیک) برای مثال در گرفتن شکار یا پریدن { دومی معمولاً به عنوان مکانیزم فرار استفاده می شود(۶-۲)}. ماهیچه ها می توانند نیروی زیادی ایجاد کنند یا به سرعت انقباض بالایی برسند، با این حال قدرت خروجی عضلات محدود است. به خصوص در حیوانات کوچک مانند حشرات، شتاب های شدید برای دستیابی سریع به سرعت های بالا ضروری است. این امر هم نیازمند عملکرد سریع عضلانی و هم نیروی خروجی بالا است ،نیازی که بیش از حداکثر توان خروجی عضلات است. بنابر این توان مکانیکی خروجی با آزاد کردن انرژی که قبلاً در ساختارهای الاستیک ذخیره شده است به درجه ای بسیار فراتر از حداکثر توان ماهیچه تعدیل میشود. در بسیاری از موارد، این حرکات بالستیک توسط مکانیسم یک منجنیق فعال می شوند (همچنین به عنوان LaMSA یا فعال سازی فنر با واسطه چفت نیز شناخته می شود.) که یک فنر در موقعیت خود قفل و به آرامی از قبل بارگذاری شده است(به عنوان مثال، از طریق انقباض عضلانی.). انرژی ذخیره شده تقریباً بلافاصله از طریق یک مکانیسم ماشه آزاد می شود(۱۱). سیستم منجنیق مانند تیرکمان یک مثال ساده است.

پرش بلندپرش ها(فراگ هاپر یک حشره از خانواده زنجره ریختان) برای فراریک مثال برای این حرکت پیچیده است. در اینجا، یک مکانیسم الاستیک منجنیق مانند، با استفاده از کوتیکول سخت شده به عنوان فنر یکی از سریع ترین پرش های شناخته شده را انجام می دهد(۳). پروتئین الاستیک رسیلین ، با استفاده از انرژی پرش، پس از پرش به سرعت پا را به شکل اولیه خود باز می گرداند و امکان پرش های مکرر را فراهم می کند(۶). رسیلین یک جزء کوتیکولی (پروتئین) در بندپایان است که به دلیل خواص ویسکوالاستیک آن انعطاف پذیری بالا، فرسودگی کم و مکانیسم های میرایی دارد(۱۴). در مورد خاص سیستم منجنیق، انعطاف پذیری تقریباً کامل (۹۲ تا ۹۷٪) و حد

فرسودگی بیش از ۳۰۰ میلیون چرخه (۱۵)، در ترکیب با توانایی کشش تا بیش از سه برابر طول اولیه خود و برگشت به حالت اولیه بدون تغییر شکل پلاستیک (۱۶،۱۷)مهم است.

مثال ما حمله شکاری گونه هایی از لاروهای سنجاقک سانان (dragonflies and damselflies) برای گرفتن طعمه هایی مانند بی مهرگان و همچنین مهره داران کوچک مانند نوزاد قورباغه ها و ماهی ها نسبت به اندازه بدنشان (۱۸) در زیستگاه های آب شیرین است . یک زائده دهانی به شدت کشسان و قابل تغییر به اسم ماسک لبی گیرنده در آنها تکامل یافته است که در هنگام کمین به سمت طعمه بیرون می زند. تحقیقات قبلی به این نتیجه رسیدند که کشیده شدن زائده دهانی کشسان (ماسک لبی گیرنده) در درجه اول توسط فشار هیدرولیک ایجاد می شود.(۲۱–۲۵). از طریق فشرده سازی عضلات پشتی و شکمی قوی در یک محفظه رکتوم که برای تنفس نیز استفاده می شود، فشار ایجاد می شود و یک آب پرفشار خارج می شود و لاروها را به جلو می راند(۲۶, ۲۷). مورد دوم که که نیرو محرکه پر فشار نامیده می شود نشان دهنده یک رفتار فرار ویژه شبیه رفتار ماهی مرکب است (۲۸). برای حمله شکاری، این فشار ظاهراً تغییر مسیر داده و برای کشیده شدن قسمت دهانی کشسان استفاده می شود(۲۱–۲۵). ترکیبی از فشار هیدرولیک و انقباض همزمان عضلات قدرت به عنوان نیروی محرکه برای حمله درنده قبلا توسط تاناکا و هیسادا پیشنهاد شده بود (۲۴)؛ اما آنها آزمایش های الکتروفیزیولوژیکی را بدون هیچ عضله ای در طول کشیده شدن ماسک انجام دادند (جزئیات را در زیر ببینید). علاوه بر این، آزمایش‌های کالبد شکافی عضلانی و وجود ساختارهای مورفولوژیکی تخصصی مانند مکانیسم یک قفل، ضرورت تفسیر مجدد کل سیستم را نشان می‌دهد [همچنین رجوع کنید به (۳۰).

ما شواهدی را برای یک سیستم منجنیق دوگانه همزمان با بارگذاری مستقل (ILSDC) به عنوان نیروی محرکه حمله شکاری در لارو سنجاقک ارائه می کنیم. انرژی حاصل از انقباض نسبتاً آهسته ماهیچه ها از طریق تغییر شکل دو ساختار کوتیکولی ذخیره می شود. این دو منجنیق توسط یک مفصل به هم متصل شده‌اند و به‌عنوان یک زنجیره سینماتیکی دو پیوندی با هم کار می‌کنند (شکل B1) تا تغییر جهت قدرتی که قبلا ذکر شد را امکان‌پذیر کنند. ما نشان می‌دهیم که توان خروجی مورد نیاز برای دستیابی به شتاب زاویه‌ای مشاهده‌شده قسمت دهانی کشسان (ماسک لبی گیرنده) لارو سنجاقک از توان خروجی قابل دستیابی توسط ماهیچه‌های مرتبط بیشتر است(۸–۱۰).



شکل 1. لارو سنجاقک. (A) نمای جانبی آناکس امپراتور (Odonata: Anisoptera). منبع عکس: Christophe Brochard/Brochard Photography. (B) ماهیت ذهنی طرح ILSDC.

این یافته حاکی از آن است که با توجه به درک فعلی ما از فیزیولوژی عضله، که نشان دهنده یک سیستم ذخیره سازی الاستیک LaMSA است، بعید است حرکت صرفاً عضلانی باشد(۷،۱۱،۱۲). علاوه بر این، آزمایش های شبیه سازی ما فرضیه فشار هیدرولیکی به عنوان نیروی محرکه را رد می کنند(۲۱–۲۵). این یافته‌ها، همراه با داده‌های مورفولوژیکی و یک مدل رباتیک زیست الهام‌گرفته شده به‌عنوان اثبات مفهوم، شواهد قانع‌کننده‌ای برای این فرضیه فراهم می‌کنند که قسمت دهانی کشسان (ماسک لبی گیرنده) توسط یک مکانیسم منجنیق دوگانه هدایت می‌شود.

درک سیستم‌های بیومکانیکی پیچیده مانند این‌ها نه تنها تنوع تکاملی حشرات را نشان می دهد ، بلکه اغلب به پیشرفت‌هایی در زمینه‌های رباتیک زیست الهام‌گرفته و بیومیمتیک منجر می‌شود. این مکانیسم از اهمیت ویژه ای برخوردار است زیرا امکان هماهنگ سازی دو اتصال منجنیق را که به طور مستقل و با درجات مختلف از قبل بارگذاری می شوند را فراهم می کند. این برای کاربردهای روباتیک که در آن مدولاسیون توان و بردار رانش یا کنترل جهت باید با هم ترکیب شوند سودمند است. یک مثال ممکن است ربات های جهشی باشد که بیشتر به یک فنر در هر پایه (۳۱) یا چندین فنر جفت شده متکی هستند(۳۱–۳۳). برای دستیابی به حرکت چابک در زمین های دشوار تر، ربات باید با سیستم های استاتیک یا دینامیک کنترل کمکی جهت خود را

تغییر دهد. مکانیسم منجنیق دوگانه ارائه شده در اینجا ممکن است راهی برای بهبود کنترل پذیری در ابتدایی ترین سطح باشد. مکانیسم منجنیق دوگانه ارائه شده در اینجا ممکن است راهی برای بهبود قابلیت کنترل در ابتدایی‌ترین سطح باشد، در نتیجه سیستم‌های کنترل کوچک‌تر و سبک‌تر را فراهم می سازد و عملکرد کلی سیستم‌های رباتیک با قدرت مدوله‌شده را افزایش می‌دهد.

نتیجه ها

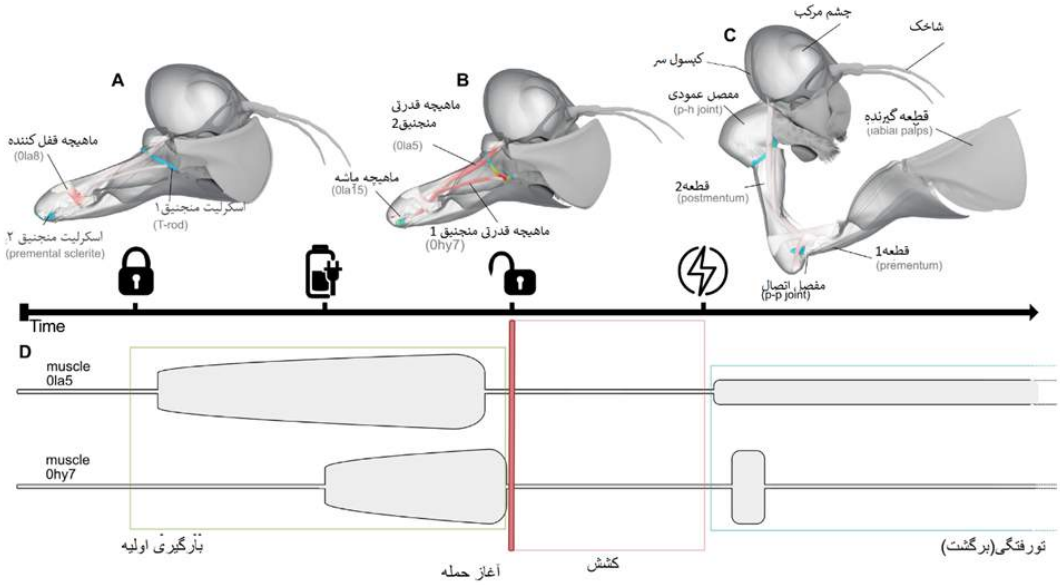
مورفولوژی عمومی و ترکیب مواد

قسمت دهانی کشسان(ماسک لبی گیرنده) یک ویژگی آپومورفیک بسیار تغییر یافته است (۱۹، ۲۰)، ساختاری منحصر به فرد برای سنجاقک ها ، که به عنوان وسیله ای برای شکار طعمه استفاده می شود(۱۸). ساختار کلی شامل یک قطعه انتهایی ۱ (پریمنتوم) وبخش اغازین ۲ (پست‌مانتوم) است که از طریق یک مفصل لولا مانند کوبیتال (آرنجی)به هم متصل می‌شوند: مفصل اتصال به چرخش تک محوری هر دو بخش نسبت به یکدیگر اجازه می دهد. قسمت دهانی کشسان از طریق قطعه ۲ توسط یک آویزه غشایی مفصل مانند از زیر به کپسول سر متصل می شود؛ مفصل سر {همچنین مفصل سر پستمنتوم (مفصل P-h) نیز نامیده می شود} امکان چرخش تک محوری کل قسمت دهانی قابل کشش را نسبت به سر فراهم می کند.(شکل های A۲ تا C و ۳) (۱۹). مفصل اتصال شامل نواحی غشایی بزرگ است که احتمالاً با پروتئین الاستیک رزیلین تقویت شده است(۲۹). برای شرح مفصلی از مورفولوژی یا ترکیب مواد قسمت های دهان سنجاقک ها به (۲۰، ۲۹) مراجعه کنید.

معرفی ILSDC

مکانیسم پیشنهادی ILSDC برای بیومکانیک کشیدگی قسمت کشسان دهانی لارو اودانتا (Odonata) شامل دو منجنیق متصل و با بارگذاری مستقل ،به‌عنوان نیروی محرکه اصلی است و به طور همزمان برای حمله شکاری لارو سنجاقک فعال می‌شود(شکل B.۱) هر دو منجنیق با بارگذاری فنری مستقل، با ذخیره انرژی کرنش الاستیک در ساختارهای تحت سلطه رسیلین (شکل ۴، B و C) و احتمالاً در کوتیکول اطراف، نیروی اصلی ضربه را تولید می‌کنند. امکان حرکت با سرعت بالا را از طریق تبدیل سریع توان به انرژی جنبشی فراهم میکنند. منجنیق اول کل قسمت دهانی قابل کشش را به سمت طعمه حرکت می‌دهد و منجنیق دوم مفصل اتصال را باز می‌کند (مفصل p p؛ شکل‌های ۲ و ۳) تا قسمت دهانی کشسان باز شود. سیستم توسط یک مکانیسم چفت پیچیده متشکل از سه جزء به هم قفل شده قفل می شود (شکل ۴، D تا J) امکان ذخیره انرژی در سیستم های فنری را فراهم کند. یک ماشه فعال برای فعال کردن دو منجنیق استفاده می شود تا از زمان دقیق حمله شکارچی اطمینان حاصل شود (شکل های ۳ Cو ۴، H تا J).

ILSDC ارائه شده نشان‌دهنده یک کشف بیومکانیکی امیدوارکننده است زیرا به طور قابل‌توجهی با مکانیسم‌های منجنیق که قبلاً توضیح داده شده تفاوت دارد. این مکانیسم یک زنجیره سینماتیکی دو پیوندی را تشکیل می‌دهد، که در آن هر پیوند می‌تواند از قبل بارگذاری شود و در نتیجه به طور مستقل کنترل شود، در حالی که سیستم به صورت مکانیکی توسط یک ماشه هماهنگ می‌شود. در مقابل، ضربه شکاری میگوهای آخوندکی (۵) یا بلندپرش‌ها که قبلاً ذکر شد (۴، ۶) امکان تنظیم بین این بخش‌ها را نمی‌دهد زیرا یک منجنیق در هر پا، بخش‌های پا را حرکت می‌دهد. همگام سازی بین جفت پاها از طریق یک مدار عصبی انجام می شود(۴۱،۴۰). یک مثال دیگر، حمله درنده و دفاعی مورچه های دام-فک است(۳۹). دو قطعه دهانی منجنیق در مورچه‌های فک تله‌ای (دو فک پایین)، که هر کدام از یک قفل و ماشه مشترک استفاده می‌کنند، ساختارهای جداگانه‌ای هستند اما، با این حال، نشان‌دهنده یک زنجیره سینماتیک منفرد همانطور که برای لارو Odonata توضیح داده شد، نیستند. فرآیندهای پیچیده بیومکانیکی ILSDC ما و همه اجزای درگیر در یک انیمیشن سه بعدی (D ۳) توضیح داده شده است که نشان دهنده فرضیه بیومکانیکی ما است. علاوه بر این، در ادامه میتوانید شرح مفصلی از تمام سازه های درگیر را دریابید.

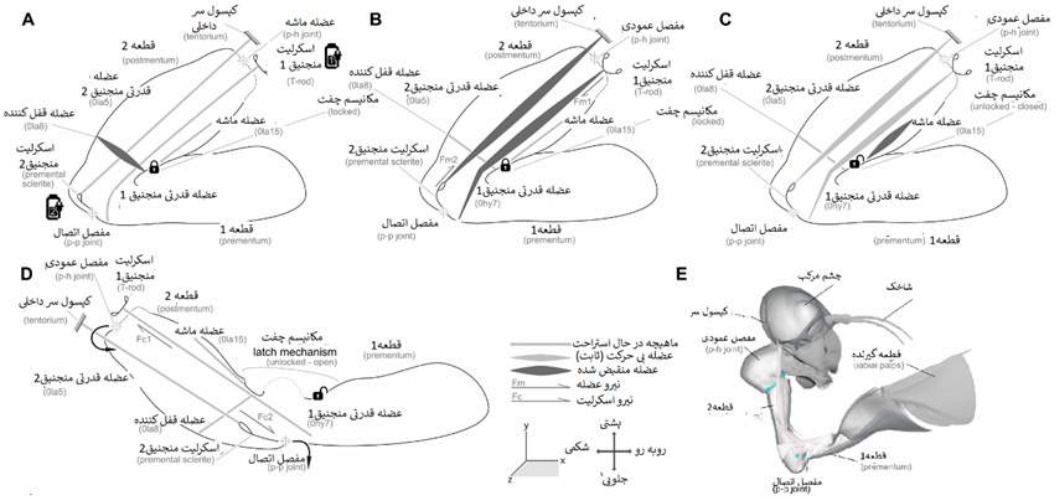


شکل 2. مورفولوژی قسمت دهانی قابل گسترش و مراحل ساده شده ضربه شکاری. تصاویرسه بعدی از داده های µCT Sympetrum sp به دست آمد(Odonata: Anisoptera) . کد رنگ ها: عضلات خاکستری، آرام؛ عضلات قرمز، منقبض شده؛ اسکلریت های آبی، تغییر شکل نیافته؛ اسکلریت قرمز، تغییر شکل یافته است. (A) آمادگی برای حمله شکاری ، قفل . (B) ماهیت ذهنی طرح ILSDC. پیش بارگذاری و راه اندازی پروتراکشن. (C) باز و کشیده شدن قسمت دهانی کشسان (ماسک لبی گیرنده). (D) الکتروفیزیولوژی ضربه شکاری، فعالیت عضلانی عضلات قدرتی (0la5و 0hy7) در حین بارگیری اولیه ، کش آمدن و برگشت را نشان می دهد. [اصلاح شده از تاناکا و هیساده(23)].

ILSDC به تفصیل

ILSDC از یک زنجیره سینماتیکی دو پیوندی تشکیل شده است که می تواند به دو منجنیق بارگذاری مستقل تقسیم شود که به طور مکانیکی با یک قفل و ماشه هماهنگ شده اند(شکل ۳و۴). منجنیق ۲ بخش ۱ (prementum) و بخش ۲ (postmentum) را باز می کند و منجنیق ۱ کل ماسک لبی پیشگیرانه (قسمت دهانی کشسان) را بیرون می زند. انرژی ارائه شده توسط ماهیچه قدرتی منجنیق ۱ (۰ hy7؛شکل های ۲ تا ۴) در فنر منجنیق ۱ (میله T) ذخیره می شود. یک اسکلریت کوچک که رسیلین آن بر ترکیب مواد غالب است، ویژگی‌های انعطاف‌پذیر و ارتجاعی را نشان می‌دهد (شکل ۴، Aو B، و شکل s4). انرژی ارائه شده توسط عضله قدرتی منجنیق ۲ (la5). در فنر منجنیق ۲ (اسکلریت پیش از منجنیق؛ شکل های ۲ تا ۴) ذخیره می شود که همچنین تحت سلطه رزیلین است (شکل ۴، Aو C، و شکل S4). پس از اینکه سیستم چفت توسط عضله قفل شد (۰la8؛ شکل A۳) عضله قدرتی منجنیق ۱ (۰ hy7) فنر منجنیق ۱ را کج می کند (میله T؛ نیروی fm1 در شکل B. ۳) .به طور همزمان، ماهیچه قدرتی منجنیق ۲ (۰ la5) فنر منجنیق ۲ (اسکلریت پیش از ذهن) را منحرف می کند (نیروی fm2در شکل B. ۳). برای شبیه سازی تغییر شکل اسکلریت ها، ما از یک عامل شل کننده عضلانی (MgCl2) و یک عامل انقباض عضلانی (KCl) استفاده کردیم. ما توانستیم نشان دهیم که انقباض عضلانی باعث ایجاد "شرایط فنری بارگذاری شده" می شود(شکل S2، Dو F) ، در حالی که آرامش عضلانی باعث ایجاد "وضعیت فنر بدون بار" می شود(شکل. S2 Eو G; ، به قسمت مواد و روش ها نیز مراجعه کنید). این واقعیت که انقباض عضلانی واقعاً شکل اسکلریت ها را تغییر می دهد، فرضیه ما که این ساختارها در سیستم منجنیق توصیف شده نقش دارند و به عنوان ابزار ذخیره انرژی، عمل می کنند را تأیید می کند. این نوع ذخیره کننده انرژی با تغییر شکل کوتیکول برای مورچه های فک تله ای است،به عنوان مثال، جایی که کل سر تغییر شکل داده تا امکان ضربه قوی فک پایین را فراهم کند.[cf(۳۹)].

برای قفل کردن ماسک لبی گیرنده در حین بارگذاری اولیه و ایجاد ضربه، مکانیسم قفل فعال در مفصل اتصال را در نظر داریم (مفصل p-p). مکانیسم چفت از (i) شیار قفل کننده (شیار قبل از چانه به [۲۹] رجوع کنید) ، موجود در قسمت ۱ (پرمنتوم؛ شکل ۴، D و G)



شکل 3. اصول حرکت قسمت دهانی کشسان و عملکرد ILCD. (A) قفل کردن: انقباض عضله قفل کننده (0la8) و بستن برجستگی، شیار و سیستم گوه (به شکل D4 مراجعه کنید).(B) بازگذاری اولیه: انقباض عضله قدرتی منجنیق 1 (0hy7) و انحراف (fm1) اسکرلیتی منجنیق 1 (میله T) در کنار انقباض عضله قدرتی منجنیق 2 (0la5) و انحراف (fm2) اسکرلیت منجنیق 2 (اسکرلیت پیش از چانه). (C) تحریک: انقباض عضله ماشه (0la15) و باز کردن برجستگی، شیار و سیستم گوه (به شکل4j مراجعه کنید). (D) کش آمدن: آزاد کردن انرژی ذخیره شده ی (fc1 و fc2) اسکرلیت منجنیق 1 (میله T) و اسکرلیت منجنیق 2 (اسکرلیت پیش از چانه) برای بیرون آمدن قسمت دهانی کشسان (ماسک لبی گیرنده). (E) مورفولوژی قسمت دهانی کشسان (ماسک لبی گیرنده)؛ تصویر سه بعدی برگرفته از داده های µCT از Sympetrum sp (Odonata: Anisoptera)است.

عملکرد ILSDC

قسمت دهانی کشسان (ماسک لبی گیرنده) و دو قطعه [قطعه ۱ (پرمنتوم) و قطعه ۲ (پستمنتوم)] به ترتیب به سرعت های مماسی 0.5 Øو ۰.۷ متر بر ثانیه، سرعت های زاویه ای 71 Øو ۷۳ راد بر ثانیه، شتاب مماسی 40 Ø و ۶۷ متر بر مجذور ثانیه، و حداکثر شتاب زاویه ای ۵۹۱۸ و ۶۶۷۴ rad m s-2، (جدول ۱ و شکل های S1 و S5). برای یک ضربه معمولی، توان خروجی 2233 Ø و ۲۱۱۴ وات بر کیلوگرم، برای دستیابی به عملکرد ذکر شده ضروری است. در اینجا، ما با احتیاط حداقل برق مورد نیاز را محاسبه کرده ایم (از درگ سیستم صرف نظر کرده ایم بنابر این توان خروجی را ناچیز میگیریم)؛ با این حال، توان خروجی محاسبه‌شده از توان خروجی سریع‌ترین ماهیچه‌های انقباضی شناخته شده ، به طور قابله ملاحظه ای بیشتر است(۸ تا ۱۰). یکی از قوی‌ترین ماهیچه‌هایی که در این پژوهش ها ذکر شده است، ماهیچه بلدرچین سینه آبی (Coturnix chinensis) است که هنگام برخاستن حداکثر توان خروجیش حدودا به ۴۰۰ وات بر کیلوگرم می رسد (۴۲). توان خروجی محاسبه شده برای سیستم منجنیقی که نیرو حمله شکاری لاروهای اودوناتا را تأمین میکند حدواسط کمترین مقادیر توان خروجی برای سیستم‌های منجنیقی که از مدولاسیون نیرو استفاده میکنند و بالاترین مقداری است که در پژوهش توضیح داده شده است[به کادر ۱ در (۱۲) مراجعه کنید]، به عنوان مثال دم فنری ها (snow fleas(43)) با ۷۴۰ وات بر کیلوگرم یا ککک های نباتی (۴۴) با ۷۱۴ وات بر کیلوگرم، که با قوی ترین سیستم ها مانند بلندپرش ها(۳) با ۶/۳ وات بر کیلوگرم یا قوی ترین حمله شکاری میگوی آخوندک (۵) با ۷/۴ وات بر کیلوگرم در تقابل هستند. این تصدیق میکند که حمله شکاری لارو اودوناتا در واقع نیرو مدوله شده است.

جدول 2. ویژگی های کلیدی عملکرد مدل ریاتیک.
زاویه: حداکثر زاویه باز شدن از موقعیت استراحت هم برای قطعه 1 (مشابه پرمنتوم) و هم قطعه 2 (مشابه پستمنتوم) بر حسب درجه ؛ ω: حداکثر سرعت زاویه ای هر قطعه در طول انقباض بر حسب رادیان بر ثانیه؛ v ، حداکثر سرعت مماسی در نوک انتهایی هر قطعه، محاسبه شده از سرعت زاویه ای؛ N، تعداد ضربه های ثبت شده.

	قطعه1 (پرمنتوم)		قطعه 2 (پستمنتوم)		
	Mean	**SD**	**Mean**	**SD**	***N***
Angle (°)	114.8	4.5	61.6	8.8	12
ω (rad/s)	26.74	5.02	12.36	2.39	12
v (m/s)	4.41	0.83	1.92	0.37	12
α (rad/s^2)	1471.75	524.61	453.47	244.95	12
a_T (m/s^2)	323.79	115.41	70.29	37.97	12
a_T (g)	33.01	11.76	7.16	3.87	12
P (W)	48.56	1.00	29.67	1.23	12

جدول 1. ویژگی های کلیدی عملکرد حمله شکاری. زاویه: حداکثر زاویه باز شدن از وضعیت استراحت هم برای پرمنتوم و هم پستمانتوم بر حسب درجه؛ ω: حداکثر سرعت زاویه ای هم برای پرمنتوم و هم پستمانتوم هنگام کشش بر حسب رادیان بر ثانیه ؛ v حداکثر سرعت مماسی در نوک انتهایی پرمنتوم و پستمانتوم که از روی سرعت زاویه ای محاسبه شده ؛ α: حداکثر شتاب زاویه ای محاسبه شده به عنوان اولین مشتق از سرعت زاویه ای از طریق اولین مشتق سرعت زاویه ای بر حسب راد بر مجذورثانیه ؛ a_T : شتاب مماسی در نوک انتهایی پرمنتوم و پستمانتوم که از شتاب زاویه ای بر حسب متر برمجذور ثانیه و g محاسبه می شود ؛ N، تعداد تکرار های بیولوژیکی.

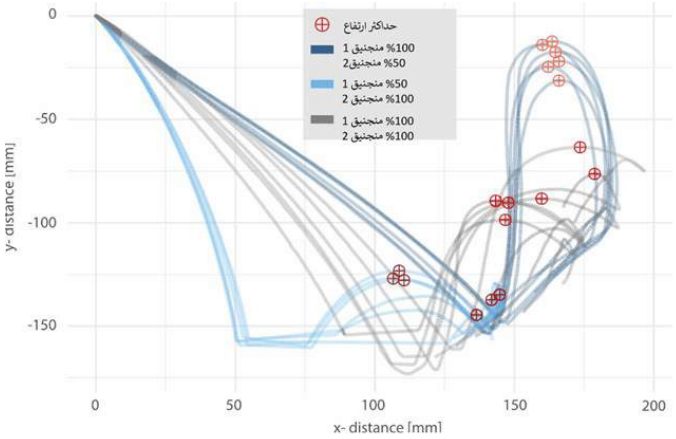
	قطعه1 (پرمنتوم)		قطعه 2 (پستمنتوم)		
	Mean	**SD**	**Mean**	**SD**	***N***
Angle (°)	79	11	126	5	3
ω (rad/s)	72.54	33.32	71.42	26.89	5
v (m/s)	0.73	0.33	0.49	0.18	5
α (rad/s^2)	6673.50	3697.30	5917.69	3046.10	5
a_T (m/s^2)	66.74	36.97	40.24	20.71	5
a_T (g)	6.80	3.77	4.10	2.11	5
P (W/kg)	2113.53	2535.46	2232.81	2560.41	5

آزمایشات شبیه سازی شده و پشتیبانی از فرضیه

همانطور که قبلا ذکر شد، توان خروجی سیستم از حداکثر توان یک عضله فراتر می رود، بطوریکه که قبلا در (۲۴) به آن اشاره شد. هرچند تحقیقات قبلی نشان داد که نیروی محرکه برای کشیده شدن قسمت دهانی کشسان (ماسک لبی گیرنده) توسط فشار هیدرولیک (۲۱-۲۵) تامین می‌شود. در آزمایش‌های فیلمبرداری با سرعت بالا، ما نشان دادیم که لاروهای آناکس (n=5)در طول فرآیند حمله و شکار از محفظه رکتوم (نیرو محرکه پرفشار) یک آب پرفشار خارج میکنند (به فیلم S3، بخش Aمراجعه کنید). همزمانی ضربات شکاری و نیروی محرکه پرفشاربه احتمال زیاد مکانیزمی برای مقابله با عقب رویی است که از نیروی خلاف جهت شتاب دهی سریع به قسمت دهانی کشسان نسبتا بزرگ سرچشمه می گیرد (۴۵). این مشاهدات با فیلمبرداری با سرعت بالا از لاروهای سیمپتریوم(Sympetrum) بیشتر پوشش داده می‌شود، جایی که لاروها نیروی محرکه پرفشاری نشان نمی‌دهند، اما یک عقب رویی مشخص در طول فرآیند شکار طعمه مشاهده می‌شود (به فیلم S3، بخش B مراجعه کنید). لاروهای این گونه در حین شکار تا حدی در خاک پنهان می شوند (۱۸) بنابراین به نظر می رسد که نیروی محرکه پرفشار برای جلوگیری از عقب روی لازم نباشد. علاوه بر این، مشاهدات ما نشان می دهد که سنجاقک ها از نیروی محرکه پرفشار برای حرکت به سمت طعمه و انجام یک حمله درنده تقریباً به طور همزمان استفاده می کنند. این مشاهدات توسط یافته های مشابه برای سایر گونه های ناهمسان (۴۶) تثبیت می شود. نیرو محرک پرفشار و به جلو سوق دادن قسمت دهانی کشسان را نمی توان با یک مکانیسم کنترل کرد مخصوصاً به این دلیل که ضربه شکاری به شکم بسته (دریچه مقعدی) و نیروی محرکه جت به شکم باز نیاز دارد (۲۱). با این حال، همزمانی این فرآیندها ممکن است پیک های اندازه‌گیری‌های هیدرولیکی را در طول فرآیند شکار طعمه در تحقیقات قبلی توضیح دهد (۲۲-۲۶)، و بنابراین، این احتمال وجود دارد که دخالت فشار هیدرولیک در کشیده‌شدن قسمت دهانی کشسان به اشتباه تعبیر شود.

مدل رباتیک

برای آزمایش اینکه آیا فعل و انفعالات فرضی ماهیچه‌ها، فنرها و قفل‌ها واقعاً می‌تواند یک حرکت حمله‌ای شکاری ایجاد کند، ما از یافته‌های مورفولوژیکی دقیق خود برای ایجاد یک مدل روباتیک از قسمت دهانی کشسان استفاده کردیم (ماسک لبی گیرنده؛ شکل ۵). برای تعیین نسبت‌های کلی و مطابقت با محورهای چرخش هر دو مفصل عمودی (مفصل p-h) و مفصل اتصال (مفصل p-p) از داده‌های میکرو توموگرافی کامپیوتری(mCT) استفاده شد. حرکت عضلانی توسط سروموتورهایی(servomotor) با زوایای کشش مشابه تقلید شد. اسکلریت های ذخیره کننده انرژی توسط فنرهای کششی فولادی شبیه سازی شدند (به مواد و روش ها مراجعه کنید). ما با استفاده از این تنظیمات، بر اساس مورفولوژی توصیف شده و پیکربندی مکانیکی فرضی، نشان می‌دهیم که قسمت دهانی کشسان مصنوعی به روشی مشابه با حمله شکاری واقعی لارو سنجاقک حرکت می‌کند (به فیلم S5 مراجعه کنید). این آزمون اثبات ایده به طرز جالبی اهمیت فرضیه ما را نشان می دهد. برای آزمایش فرضیه مدولاسیون توان، ۱۲ ضربه با فنر و ۱۰ ضربه دیگر با اتصال مستقیم بین موتورها و قطعه ها انجام دادیم و سپس توان خروجی هر دو پیکربندی را محاسبه کردیم (جدول ۲). از آنجایی که موتورهای سروو توان پیک ۹/۱وات را فراهم می کنند ، برای هر قطعه ۸/۳ وات مهیا است (برای هر قطعه دو سروموتور استفاده شده است.).



شکل ۱. مسیرهای پیش بارگذاری مستقل نوک قطعه ۱ بسته به پیش بارگیری هر دو منجنیق. مسیرها با درنظر گرفتن نوک در وضعیت استراحت به عنوان مبدا سیستم مختصات در فضای دوبعدی ترسیم می شوند. حداکثر ارتفاع ضربه (که پس از باز شدن هر دو بخش به دست می آید) به عنوان یک متریک برای مقایسه مسیرها استفاده شد. شش ضربه(n=۶) از سه شرایط مختلف پیش بارگیری ثبت شد (پیش بارگیری کامل منجنیق ۱،پیش بارگیری نیمی از ظرفیت منجنیق ۲؛ پیش بارگیری کامل هر دو منجنیق؛ پیش بارگیری نیمی از ظرفیت منجنیق ۱، پیش بارگیری کامل منجنیق۲).

نتایج تجزیه و تحلیل ما نشان می‌دهد که برای دستیابی به سرعت و شتاب زاویه‌ای مشاهده‌شده در قطعه ۲ (پست‌مانتوم) ۴۸.۶ وات و در قطعه ۱ (پرمنتوم) ۲۹.۷ وات لازم است. این مقادیر از حداکثر توان سروووها فراتر رفته و تأیید می کند که سیستم ما مدولاسیون توان را لازم می گرداند. اگرچه پیش تر در مطالعات قبلی از فنرهای چندگانه در طرح‌های روباتیک استفاده می‌کردند (۳۲، ۴۸)، این طرح‌ها در درجه اول از فنرهای جفت شده برای تأمین انرژی بیشتر برای پرش استفاده می‌کردند (۳۲). درحالیکه پیکربندی موتورها و فنرها در قسمت دهانی کشسان لارو اوداناتا (و همچنین مدل رباتیک ما) امکان پیش بارگیری مستقل هردو فنر را فراهم می کند. بنابراین، شتاب هر بخش را می توان به طور جداگانه کنترل کرد. لاروهای اوداناتا احتمالاً از این پیش بارگذاری افتراقی برای تنظیم ارتفاع و فاصله یک طعمه استفاده می کنند، قابلیتی که قبلاً مشاهده شده است (۲۱،۴۹). ما این قابلیت را در مدل خود نیز با استفاده از سه حالت پیش بارگذاری مختلف آزمایش کردیم[A: پیش بارگیری کامل منجنیق ۱ (۱۰۰٪)، پیش بارگیری نیمهی ازظرفیت منجنیق ۲ (۵۰٪). B: پیش بارگیری کامل هر دو منجنیق ۱۰۰٪ / ۱۰۰٪. و C: پیش بارگیری نیمی از ظرفیت منجنیق ۱ (۵۰٪)، پیش بارگیری کامل منجنیق ۲ (۱۰۰٪).]. ما در هرحالت شش ضربه را ثبت کردیم و نوک بخش ۲ را رصد کردیم. نتایج در شکل ۶ نشان داده شده است، و برهمنهشی از دو ضربه نمونه (شرایط A و شرایط C) در فیلم S5 نشان داده شده است. بسته به شرایط پیش‌بارگذاری، مسیرهای پرمنتوم به‌طور مشخص دور هم جمع می‌شوند، که نشان می‌دهد می‌توان از پیش‌بارگذاری افتراقی برای کنترل چنین سیستم روباتیکی استفاده کرد. با این حال، برای بررسی رابطه بین هدف‌گیری، پیش بارگذاری و راه‌اندازی در مدل رباتیک، تحقیقات بیشتر و مدل‌های پیچیده‌تر لازم است. اما مدولاسیون قدرت مشاهده شده و قابلیت تنظیم نشان می دهد که ممکن است این یک ساختار امیدوارکننده برای طراحی های آینده در رباتیک الهام گرفته شده از زیست باشد.

جمع بندی ها

ما نشان داده‌ایم که توان خروجی قسمت دهانی قابل کشش از حداکثر توان یک عضله فراتر می‌رود، بنابراین یک حرکت صرفاعضلانی را غیرممکن می کند. فرضیه قبلی پیشنهاد هیدرولیک به عنوان نیروی محرکه حمله شکاری احتمالاً یک تفسیر نادرست بوده و قادر به تقویت ضربه شکاری نیست، و مورفولوژی فعلی قسمت دهانی کشسان (ماسک لبی گیرنده) نشان دهنده دو سیستم منجنیق به هم پیوسته است. این سؤال که آیا انرژی برای این حرکت سریع صرفاً در اسکلریت های توصیف شده با رسیلین غالب ذخیره می شود یا اینکه بخش هایی از کوتیکول اطراف نیز درگیر است، به تحقیقات بیشتری نیاز دارد. با این حال، این اصل کارکردی را که در اینجا توضیح دادیم تغییر نمی دهد. آزمون اثبات ایده ما با استفاده از یک مدل رباتیک، عملکرد مکانیسم پیشنهادی را نشان می دهد. بنابراین، مطالعه ما حمله شکارچی لارو سنجاقک را با پیشنهاد یک مکانیسم ILSDC توضیح می دهد ضمن اینکه ایجاد یکپارچگی ساختاری و ذخیره انرژی به عنوان یکی از اجزای اصلی مورد نیاز برای این حرکات نقش کوتیکول را به عنوان یک ماده مرکب پیچیده آشکار می سازد. این مکانیسم با بکارگیری دو منجنیق که هر کدام یک مفصل از زنجیره سینماتیک را به حرکت در می‌آورند، با هم فعال می‌شوند اما می‌توانند به طور مستقل از قبل بارگذاری شوند، به طور بالقوه قادر به دقت هدف‌گیری بالاتری نسبت به سایر سیستم‌های منجنیق است. کاربست چنین مکانیزمی امکان کنترل بردار رانش را در ربات‌های جهنده فراهم می کند و مانورپذیری و چابکی چنین سیستم‌هایی را افزایش می‌دهد. این امر باعث می شود که ماسک لبی گیرنده (قطع دهانی کشسان) مدلی جذاب برای تحقیقات بیشتر در مورد منجنیق در زیست شناسی و رباتیک الهام گرفته شده از زیست باشد.

طراحی مطالعه

ما این مطالعه را برای رد فرضیه قبلی نیروی محرکه حمله شکاری لارو سنجاقک و توصیف مورفولوژی و بیومکانیک سیستم ILSDC طراحی کردیم. برای رسیدن به این هدف، آزمایش‌های شبیه سازی بیولوژیکی، فیلم‌برداری با سرعت بالا، mCT، میکروسکوپ اسکن لیزری کانفوکال (CLSM) و چاپ سه‌بعدی را در کنار هم استفاده کردیم. حجم نمونه به دلیل روش تحقیق متفاوت است و در هر پاراگراف ذکر شده است. برای تحقیقات مورفولوژیکی، سه نمونه در هر رفتار استفاده شد. برای آزمایش های سینماتیک و دستکاری، از پنج نمونه استفاده شد.

مراجع

1. R. K. Josephson, Contraction dynamics and power output of skeletal muscle. Annu. Rev. Physiol. 55, 527–546 (1993).

2. R. M. Alexander, H. C. Bennet-Clark, Storage of elastic strain energy in muscle and other tissues. Nature 265, 114–117 (1977).

3. R. M. Alexander, Tendon elasticity and muscle function. Comp. Biochem. Phys. A Mol. Integr. Physiol. 133, 1001–1011 (2002).

4. W. Gronenberg, Fast actions in small animals: Springs and click mechanisms. J. Comp. Physiol. A 178, 727–734 (1996).

5. S. J. Longo, S. M. Cox, E. Azizi, M. Ilton, J. P. Olberding, R. S. Pierre, S. N. Patek, Beyond power amplification: Latch-mediated spring actuation is an emerging framework

for the study of diverse elastic systems. J. Exp. Biol. 222, jeb197889 (2019).

6. J. Michels, E. Appel, S. N. Gorb, Functional diversity of resilin in Arthropoda. Beilstein J. Nanotechnol. 7, 1241–1259 (2016).

7. T. Weis-Fogh, Resilin. A rubber-like protein in insect cuticle. J. Exp. Biol. 37, 889–907 (1960).

8. R. E. Lyons, D. C. C. Wong, M. Kim, N. Lekieffre, M. G. Huson, T. Vuocolo, D. J. Merritt, K. M. Nairn, D. M. Dudek, M. L. Colgrave, C. M. Elvin, Molecular and functional characterisation of resilin across three insect orders. Insect Biochem. Mol. Biol. 41, 881–890

(2011).

9. T. Weis-Fogh, Molecular interpretation of the elasticity of resilin, a rubber-like protein. J. Mol. Biol. 3, 648–667 (1961).

10. C. M. Elvin, A. G. Carr, M. G. Huson, J. M. Maxwell, R. D. Pearson, T. Vuocolo, N. E. Liyou, D. C. C. Wong, D. J. Merritt, N. E. Dixon, Synthesis and properties of crosslinked recombinant pro-resilin. Nature 437, 999–1002 (2005).

11. P. S. Corbet, Dragonflies: Behavior and Ecology of Odonata (Cornell Univ. Press, 1999).

12. R. E. Snodgrass, The dragonfly larva. Smith. Misc. Coll. 12, 38 (1954).

13. S. Büsse, T. Hörnschemeyer, S. N. Gorb, The head morphology of Pyrrhosoma nymphula larvae (Odonata: Zygoptera) focusing on functional aspects of the mouthparts. Front. Zool. 14, 25 (2017).

14. G. Pritchard, Prey capture by dragonfly larvae (Odonata; Anisoptera). Canad. J. Zool. 43,

271–289 (1965).

15. J. Olesen, The hydraulic mechanism of labial extension and jet propulsion in dragonfly nymphs. J. Comp. Physiol. 81, 53–55 (1972).

16. J. Olesen, Prey-capture in dragonfly nymphs (Odonata; Insecta): Labial protraction by means of a multipurpose abdominal pump. Vid. Medd. Dan. Naturalist. Foren. 141, 81–96 (1979).

17. Y. Tanaka, M. Hisada, The hydraulic mechanism of the predatory strike in dragonfly larvae. J. Exp. Biol. 88, 1–20 (1980).

18. D. A. Parry, Labial extension in the dragonfly larva Anax imperator. J. Exp. Biol. 107, 495–499 (1983).

29. D. W. Haldane, J. K. Yim, R. S. Fearing, Repetitive extreme-acceleration (14-g) spatial jumping with Salto-1P. IEEE Int. Conf. Intell. Robot. Syst. 2017, 3345–3351 (2017).

30. M. Burrows, G. P. Sutton, Locusts use a composite of resilin and hard cuticle as an energy store for jumping and kicking. J. Exp. Biol. 215, 3501–3512 (2012).

31. F. J. Larabee, W. Gronenberg, A. V. Suarez, Performance, morphology and control of power-amplified mandibles in the trap-jaw ant Myrmoteras (Hymenoptera: Formicidae). J. Exp. Biol. 220, 3062–3071 (2017).

32. M. Burrows, Neural control and coordination of jumping in froghopper insects. J. Neurophysiol. 97, 320 –330 (2007).

33. M. Burrows, The mechanics and neural control of the prey capture strike in the mantid shrimps Squilla and Hemisquilla. Z. Vergl. Physiologie 62, 361–381 (1969).

34. G. N. Askew, R. L. Marsh, Muscle designed for maximum short-term power output: Quail flight muscle. J. Exp.Biol. 205, 2153–2160 (2002).

35. M. Burrows, Jumping mechanisms and performance of snow fleas (Mecoptera, Boreidae). J. Exp.Biol. 214, 2362–2374 (2011).

36. K. Nadein, O. Betz, Jumping mechanisms and performance in beetles. I. Flea beetles (Coleoptera: Chrysomelidae: Alticini). J. Exp.Biol. 219, 2015–2027 (2016).

37. S. Vogel, Life in Moving Fluids (Princeton Univ. Press, 1994).

19. P. J. Mill, R. S. Pickard, Anal valve movement and normal ventilation in Aeshnid dragonfly larvae. J. Exp. Biol. 56, 537–543 (1972).

20. P. J. Mill, R. S. Pickard, Jet-propulsion in anisopteran dragonfly larvae. J. Comp. Physiol. 97, 320–338 (1975).

21. K. S. Cole, D. L. Gilbert, Jet propulsion of squid. Biol. Bull. 138, 245–246 (1970).

22. S. Büsse, S. N. Gorb, Material composition of the mouthpart cuticle in a damselfly larva (Insecta: Odonata) and its biomechanical significance. Royal Soc. Open Sci. 5, 172117

(2018).

23. A. Blanke, S. Büsse, R. Machida, Coding characters from different life stages for phylogenetic reconstruction: A case study on dragonfly adults and larvae, including a description of the larval head anatomy of Epiophlebia superstes (Odonata: Epiophlebiidae). Zool. J. Linn. Soc. 174, 718–732 (2015).

24. C. Zhang, W. Zou, L. Ma, Z. Wang, Biologically inspired jumping robots: A comprehensive review. Rob. Auton. Syst. 124, 103362 (2020).

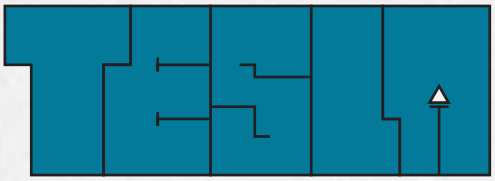
32. L. Wang, F. Meng, H. Liu, X. Fan, R. Sato, A. Ming, Q. Huang, Design and implementation of jumping robot with multi-springs based on the coupling of polyarticular. Int. Conf. Robot. Biomim. 2018, 287–292 (2018).

25. M. A. Woodward, M. Sitti, Multimo-bat: A biologically inspired integrated jumping– gliding robot. Int. J. Robotics Res. 33, 1511–1529 (2014).

26. A. J. Ijspeert, Biorobotics: Using robots to emulate and investigate agile locomotion. Science 346, 27–29 (2014).

27. M. Kovač, M. Schlegel, J. C. Zufferey, D. Floreano, Steerable miniature jumping robot. Auton. Robots 28, 295–306 (2010).

28. D. W. Haldane, M. M. Plecnik, J. K. Yimand, R. S. Fearing,Robotic vertical jumping agility via series-elastic power modulation. Sci. Robot. 1, eaag2048 (2016).



انجمن علمی مهندسی برق
دانشگاه کردستان

دانشگاه کردستان
University of Kurdistan
زانکۆی کوردستان

اتحادیه انجمن‌های علمی دانشجویی مهندسی برق

با ما در ارتباط باشید:

@ssoee_uok

ssoee_uok