دانشکده فنی و مهندسی

گروه آموزشی مهندسی کامپیوتر

عنوان: گزارش کار سمینار

استاد راهنما: جناب آقای دکتر حاتم عبدلی

استاد مشاور: جناب آقای دکتر مهدی عباسی

نام دانشجو: سپهررضایی

شماره دانشجویی: ۴۰۰۱۳۲۲۴۰۰۳

زمستان ۱۴۰۱

فهرست مطالب

چکیده ۱

مقدمه ۲

یادگیری مشارکتی ۲
دوقلوی دیجیتال ۳
ربات های همکار ۴

روش پیشنهادی ۵

روش‌های پیاده‌سازی ۶
شبیه‌ساز webots ۶
ربات‌های واقعی ۷
ابزارهای مانیتوریگ و لاگ‌گیری ۸

مروری بر منابع و کارهای پیشین ۹

حالات فیزیکی انسان ۹
تضمین ایمنی ۱۱
ربات های همکار در قالب DT ۱۲

نتیجه گیری ۱۵

منابع ۱۶

فهرست شکل ها

شکل ۱ نمونه ی سامانه ی یادگیری مشارکتی[۱] ۳
شکل ۲ مفهوم دوقلوی دیجیتال ۴
شکل ۳ مشکلات عمده در دوقلوی دیجیتال ۴
شکل ۴ توسعه در شبیه‌ساز webots ۷
شکل ۵ نمونه‌ای از یک برات ساخته شده با استفاده از رزبری‌پای ۸
شکل ۶ معیارهای تحقیقاتی در سال های اخیر در زمینه ی ربات های همکار[۱۳] ۹
شکل ۷ تعامل ربات‌های همکار و انسان در محیط‌های صنعتی[۱۴]..... ۱۰
شکل ۸ تصاویری از ربات‌های پوشیدنی ۱۱
شکل ۹ همکاری انسان و ربات در چهار سطح ۱۲
شکل ۱۰ الگو برداری حرکات انسان و برچسب‌گذاری داده‌ها[۱۸] ۱۳
شکل ۱۱ تصویر مفهومی دوقلوی دیجیتال در کارخانه و مراقبت‌های بهداشتی ۱۴
شکل ۱۲ مفهوم دیجیتال دوقلو برای عملیات ساختمان برای جلوگیری از خرابی های آینده، کاهش مصرف انرژی و افزایش راحتی ساکنان[۲۰]..... ۱۵

چکیده

استهلاک کارهای صنعتی برای انسان‌ها و همین‌طور انجام برخی از کارها که برای انسان مخاطراتی به همراه دارد اهمیت استفاده از ربات‌ها را در صنعت بالا می‌برد. حال برای اینکه این ربات‌ها بتوانند با یکدیگر همکاری کنند چالش‌هایی را از قبیل امنیت اطلاعات، پایداری سیستم و بلادرنگ بودن پیش رو داریم با توجه به اینکه این ربات‌ها گاهی قرار است داده‌هایی با حجم زیاد را مورد بررسی قرار دهند تا بهترین اکشن را انتخاب کنند؛ لذا الگوریتم‌ها و معماری کل سیستم برای پیاده‌سازی چنین سامانه‌ای از اهمیت بالایی برخوردار است.

یادگیری مشارکتی[1] به ما کمک می‌کند که سرعت یادگیری هر ربات را افزایش دهیم. درعین‌حال امنیت اطلاعات به خطر نیفتد؛ چون در یادگیری مشارکتی داده‌های ربات‌ها ارسال و دریافت نمی‌شوند. کاربرد یادگیری مشارکتی برای تعامل ربات‌های همکار[2] استفاده‌های گوناگونی در صنعت نظامی، تحقیقاتی و صنعتی دارد. از طرفی ما در ربات‌ها نیاز به تشخیص خطا و همینطور پیشبینی خطا داریم تا بتوانند مشکلات و مخاطرات را به حداقل برسانند.

به طور کلی با استفاده از دو روش میتوانیم پیاده‌سازی خود را انجام دهیم. با استفاده از شبیه‌ساز یا پیاده‌سازی در دنیای واقعی با استفاده از ربات‌های واقعی امکان پیاده‌سازی داریم. شبیه‌سازwebots که با استفاده از این شبیه‌ساز میتوانیم انواع فضاها اعم از صنعتی، منازل و غیره را شبیه‌سازی کنیم. علاوه بر این، می‌توانیم ربات‌های مختلف مانند ربات‌های انسان‌نما یا کوادکوپترها و حتی ربات‌های کوچک را داخل این شبیه‌ساز استفاده کنیم و آن‌ها را با زبان برنامه‌نویسی پایتون یا زبان‌های سطح پایین‌تر با توجه به معماری آن ربات، برنامه‌ریزی کنیم. در این شبیه‌ساز می‌توانیم بعد از شبیه‌سازی فضای مورد نظر ربات مورد نظر، ربات‌ها را در بستر دوقلوی دیجیتال با استفاده از یادگیری مشارکتی توسعه دهیم. ربات‌های واقعی روش پیشنهادی دیگر است که برای پیاده‌سازی وجود دارد. ساخت ربات‌های واقعی و برنامه ریزی آن‌ها است که میتوانیم با بردهایی نظیر رزبری‌پای یا آردوینو این ربات‌ها را بسازیم و آن‌ها را توسعه دهیم. همینطور نیاز به ماژول‌هایی نظیر wifi داریم که این ربات‌ها را درون یک شبکه و متصل به یک سرور قرار دهیم تا بتوانیم سامانه‌ی یادگیری مشارکتی را در بستر این شبکه پیاده کنیم. همچنین میتوانیم با ساخت خطوط تولید و بارگذاری اهرم‌های رباتیک و دوربین‌های بینایی ماشین، این اهرم‌ها و دوربین‌ها را به صورت دوقلوی دیجیتال و در سامانه‌ی یادگیری مشارکتی پیاده‌سازی کنیم. شکل ۵ نمونه‌ای از یک برات ساخته شده با استفاده از رزبری‌پای در این بخش می‌خواهیم از دیتابیس‌های تایم‌سری و همچنین برای نموداری کردن لاگ‌ها از ابزار گرافانا استفاده کنیم.

[1] Federated Learning
[2] Collaborative robots

مقدمه

فناوری رباتیک از زمانی که اولین ربات صنعتی در ۱۹۶۰ مورداستفاده قرار گرفت، صنعت تولید را متحول کرده است. چالش توسعه راه‌حل‌های انعطاف‌پذیر که در آن خطوط تولید می‌توانند به‌سرعت دوباره برنامه‌ریزی شوند، تطبیق داده شوند و برای محصولات جدید یا کمی تغییریافته، ساختاریافته باشند، هنوز یک مشکل مهم وجود دارد. امروزه روبات‌های صنعتی هنوز برای وظایف خود از قبل برنامه‌ریزی‌شده‌اند و قادر به تشخیص خطاها در عملکرد خود یا تعامل قوی با یک محیط پیچیده و یک کارگر انسانی نیستند. چالش‌ها در مورد انواع مختلف ربات‌های خدماتی حتی جدی‌تر هستند. استقلال کامل ربات، ازجمله تعامل طبیعی، یادگیری از و با انسان، عملکرد ایمن و انعطاف‌پذیر برای وظایف چالش‌برانگیز در محیط‌های بدون ساختار برای آینده قابل پیش‌بینی دور از دسترس باقی خواهد ماند. در تنظیمات آینده پیش‌بینی‌شده کارخانه، محیط‌های خانگی و اداری، انسان‌ها و ربات‌ها فضای کاری یکسانی را به اشتراک می‌گذارند و وظایف مختلف دست‌کاری اشیا را به روشی مشترک انجام می‌دهند. ما برخی از چالش‌های اصلی توسعه چنین سیستم‌هایی را مورد بحث قرار می‌دهیم و نمونه‌هایی از پژوهش‌های انجام‌شده ارائه می‌دهیم.

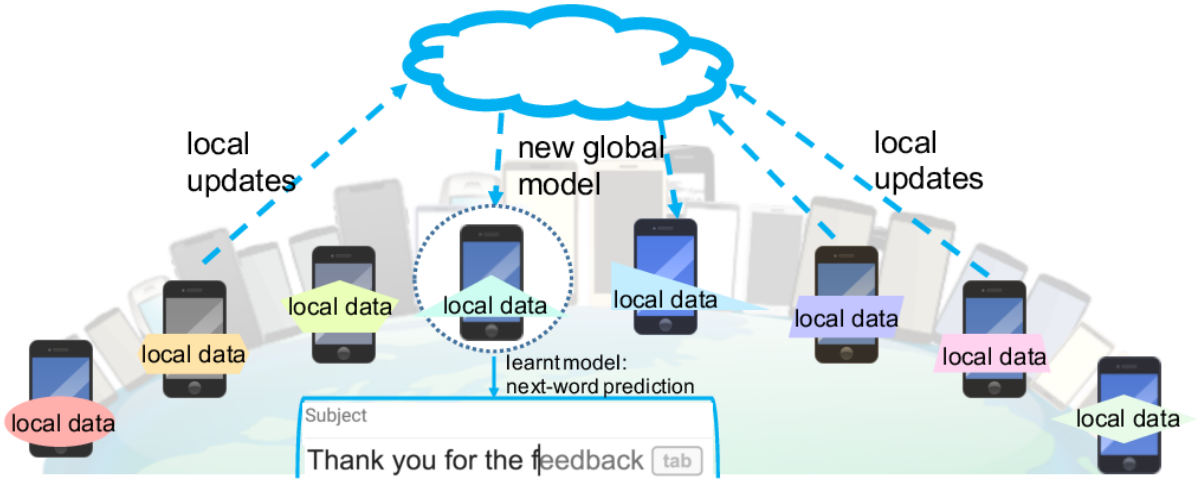
استفاده از دوقلوهای دیجیتال[3] در سیستم مدیریت کیفیت امکان نظارت بر ناهماهنگی‌ها در مؤلفه تکنولوژیکی تولید و رفع سریع آن‌ها را فراهم می‌کند و همچنین راه‌حل‌هایی را برای مشکل شناسایی‌شده ارائه می‌دهد. شرکت‌ها اکنون در فناوری‌های دیجیتال، به‌ویژه دوقلوهای دیجیتال، مزیت رقابتی پیدا می‌کنند که مزایای اقتصادی آن غیرقابل انکار است. سیستم مدیریت کیفیت شرکت‌های دارای صنایع پیشرفته روزبه‌روز بیشتر به سمت تجزیه و تحلیل داده‌های بزرگ و در تعامل با محیط دیجیتال حرکت می‌کند. بنابراین، توجه به فناوری‌هایی که مستقیماً با تجزیه و تحلیل کیفیت محصول و فرآیندهای ایجاد آن مرتبط است بسیار مهم است.

یادگیری مشارکتی

یادگیری مشارکتی (FL) شامل آموزش مدل‌های آماری بر روی دستگاه‌های راه دور یا مراکز داده مانند تلفن‌های همراه یا سیستم‌های بیمارستانی است، درحالی‌که داده‌ها را محلی نگه می‌دارد. آموزش در شبکه‌های ناهمگن چالش‌های جدیدی را معرفی می‌کند که مشکلات مهمی مانند امنیت داده‌ها و سرعت یادگیری را بهبود می‌بخشد[۱]. این روش از یادگیری با استفاده از داده‌های گرفته‌شده در سیستم‌های نهفته یا گره‌های لبه[4] بر روی همان سیستم آموزش محلی مدل را انجام می‌دهد و بعد از آن فقط وزن‌های جدید را به سمت سرور ارسال می‌کند

[3] Digital Twins
[4] Edge Node

تا مدل اصلی[5] بر روی سرور با وزن‌های جدید گرفته‌شده از طرف کلاینت[6] آپدیت شوند. در اینجا حریم خصوصی هر کلاینت حفظ می‌شود زیرا هیچ داده‌ی خامی رد و بدل نمی‌شود و صرفاً وزن‌ها هستند که ارسال و آپدیت می‌شوند.



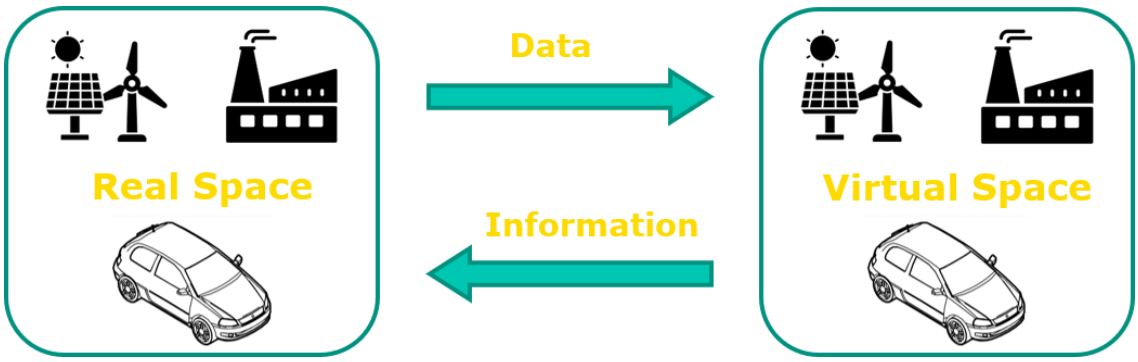
شکل ۱ نمونه ی سامانه ی یادگیری مشارکتی[۱]

دوقلوی دیجیتال

دوقلو دیجیتال یک مفهوم نسبتاً نوپا است دوقلوهای دیجیتال که به‌طور خلاصه به‌عنوان نمایش دیجیتالی یک جسم فیزیکی توصیف می‌شود، فعالیت خود را به تولید، برنامه‌ریزی شهری و طیف وسیعی از کاربردهای دیگر گسترش داده است. یکی از کاربردهای آن درزمینه ی پزشکی است تا پشتیبانی تصمیم‌گیری بالینی پیشرفته‌تری را فراهم کند و بیمار محورتر و به‌طور هم‌زمان مراقبت‌های دقیق‌تر و فردی را در پی داشته باشد[۲].

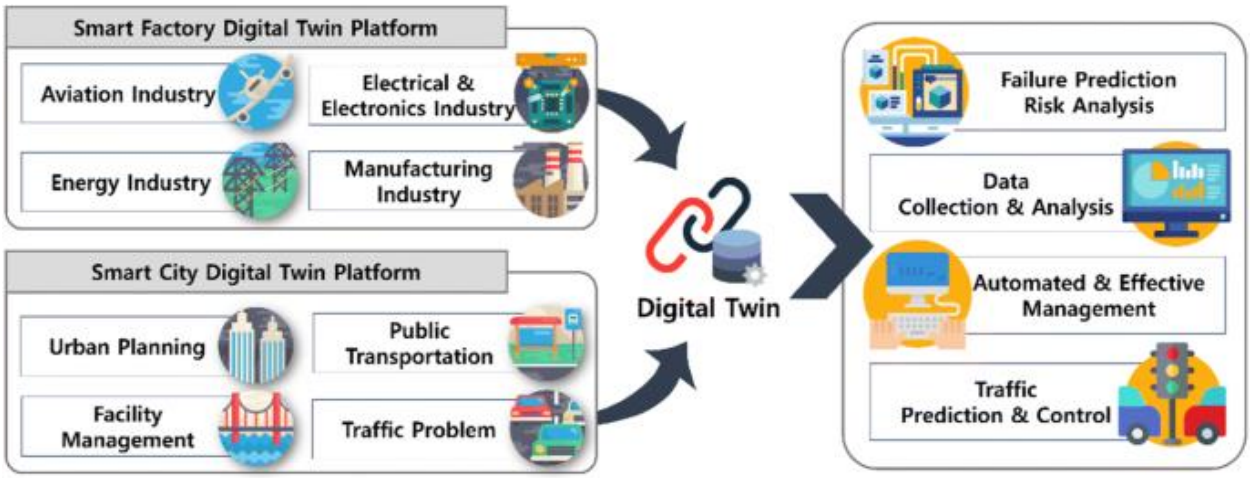
این دوقلوی دیجیتال (DT[7]) به‌طور مستمر از داده‌های بزرگی که دارد و سایر منابع یاد می‌گیرد تا بهبود یابد. اخیراً از DT بیشتر در صنایع و کارخانه‌ها استفاده می‌کنند[۳]. به این صورت که در خطوط تولید و خطوط مونتاژ برای ارتباط ربات‌ها با انسان برای کارهای روزمره استفاده می‌شود[۴].

[5] Global Model
[6] Client
[7] Digital Twin



شکل ۲ مفهوم دوقلوی دیجیتال

در سال‌های اخیر به موضوع دوقلوی دیجیتال اهمیت زیادی شده است و در پژوهش‌های زیادی به این موضوع در زمینه‌های شهر هوشمند و کارخانه‌های هوشمند پرداخته شده است. اما هنوز در موضوعاتی مانند پیشبینی و تشخیص خطا و آنالیز داده‌های جمع‌آوری شده کار زیادی انجام نشده است.



شکل ۳ مشکلات عمده در دوقلوی دیجیتال

ربات های همکار[8]

اصطلاح ربات همکار در سال ۱۹۹۶ ابداع شد[۵] تا دستگاه روباتیکی را نشان دهد که می‌تواند با یک کارگر انسانی در حل یک کار صنعتی به‌عنوان یک تیم همکاری کند. بنابراین، موانع فیزیکی بین روبات‌ها و کارگران انسانی با

[8] Cobots

استفاده از روبات‌های همکار از بین می‌روند، زیرا آن‌ها دارای مکانیسم‌های ایمنی برای جلوگیری از آسیب رساندن به انسان هستند[۶].

چالش دیگری که در تحقیقات اخیر به آن پرداخته‌شده است آن است که این ربات‌ها به‌گونه‌ای برنامه‌ریزی شدن که قادر به تشخیص خطا در عملکرد خود نیستند[۷].

ربات‌های همکار اخیراً پس از ورود چهارمین انقلاب صنعتی به حوزه تولید و صنعت ساخت بسیار مرتبط بوده‌اند. ربات‌های همکار به‌عنوان یکی از محرک‌های کلیدی در صنعت تکامل‌یافته‌اند و در چند دهه گذشته پیشرفت چشمگیری داشته‌اند. در مقایسه با ربات‌های صنعتی، روبات‌های همکار بهره‌وری، انعطاف‌پذیری، تطبیق‌پذیری و ایمنی را افزایش می‌دهند. ربات‌های همکار برای اجرای وظایف در کنار نیروی انسانی طراحی‌شده‌اند و درعین‌حال فضای کاری مشابهی با همکاران دارند و تحرک و انعطاف‌پذیری بیشتری را ارائه می‌دهند. روبات‌های همکار امکان تعامل فیزیکی با انسان‌ها را در یک فضای کاری مشترک برای اجرای وظایف تولید، ساخت و مونتاژ می‌دهند. این ماشین‌ها به‌گونه‌ای طراحی‌شده‌اند که به‌راحتی حتی توسط پرسنل بدون هیچ‌گونه پیش‌زمینه برنامه‌نویسی با توجه به سیستم‌عامل‌هایی که برای آن‌ها در سال‌های اخیر توسعه داده‌شده، می‌توانند دوباره برنامه‌ریزی شوند[۸].

همکاری انسان-ربات به سناریوهای کاربردی اشاره دارد که در آن، یک ربات، معمولاً یک ربات همکار و یک انسان فضای کاری یکسانی را اشغال کرده و برای انجام وظایف مشترک باهم تعامل دارند[۹].

روش پیشنهادی

روش‌های پیشنهادی ما همانطور که تا اینجا اشاره شد امکان پیاده‌سازی سرویس پایش اطلاعات و همچنین پیاده سازی و تعامل ربات‌های همکار در بستر یادگیری مشارکتی است.

حال با توجه به اهمیت موضوع تعامل امن بین ربات‌ها ضرورت پرداختن به این موضوع در آن است که با پیاده‌سازی سامانه‌ی یادگیری مشارکتی برای ربات‌های همکار می‌توانیم امنیت اطلاعات را ارتقا دهیم که در صنایع جنگی و کارخانه‌های صنعتی و همین‌طور تضمین نگه‌داری و جابه‌جایی امن داده‌ها[۱۰] برای ما اهمیت زیادی دارند.

از طرفی چون این ربات‌ها با انسان‌ها نیز در ارتباط هستند و نباید آسیبی به انسان وارد شود، باید ازلحاظ نفوذپذیری ایمن باشند[۱۰-۱۲]. که یادگیری مشارکتی این موضوع را حل می‌کند زیرا در یادگیری مشارکتی هیچ اطلاعات خامی ردوبدل نمی‌شود و فقط وزن‌ها و مدل‌های هوش مصنوعی هستند که ارسال می‌شوند و سپس بر روی هرکدام از ربات‌ها آپدیت مدل انجام می‌شود.

مزیت دیگری که این سامانه دارد در آن است که با توجه به اینکه هر ربات بعد از یادگیری مدل خود به‌صورت محلی، آن را سمت دوقلوی دیجیتال ارسال کرده و مدل اصلی نیز آپدیت می‌شود و در اختیار دیگر ربات‌ها قرار می‌گیرد؛ لذا باعث می‌شود خطا کاهش پیدا کند و سرعت یادگیری همه‌ی ربات‌ها بیشتر می‌شود.

موضوع دیگری که می‌توان به آن پرداخت همانطور که قبل‌تر نیز گفته شد، پایش اطلاعات و همینطور پایش ترافیک شبکه است. با استفاده از پایش اطلاعات و سنسورهای ربات‌ها می‌توانیم تصمیمات دقیق‌تر بگیریم. دستاورد دیگر این اطلاعات برای پیشبینی خطا و تشخیص خطا است که با جمع‌آوری داده‌های هر زمان می‌توانیم خطاها را با الگوریتم خاصی پیش‌بینی کنیم.

به طور خلاصه می‌خواهیم با انجام کارهای گفته‌شده به توسعه و بهبود موارد زیر بپردازیم:

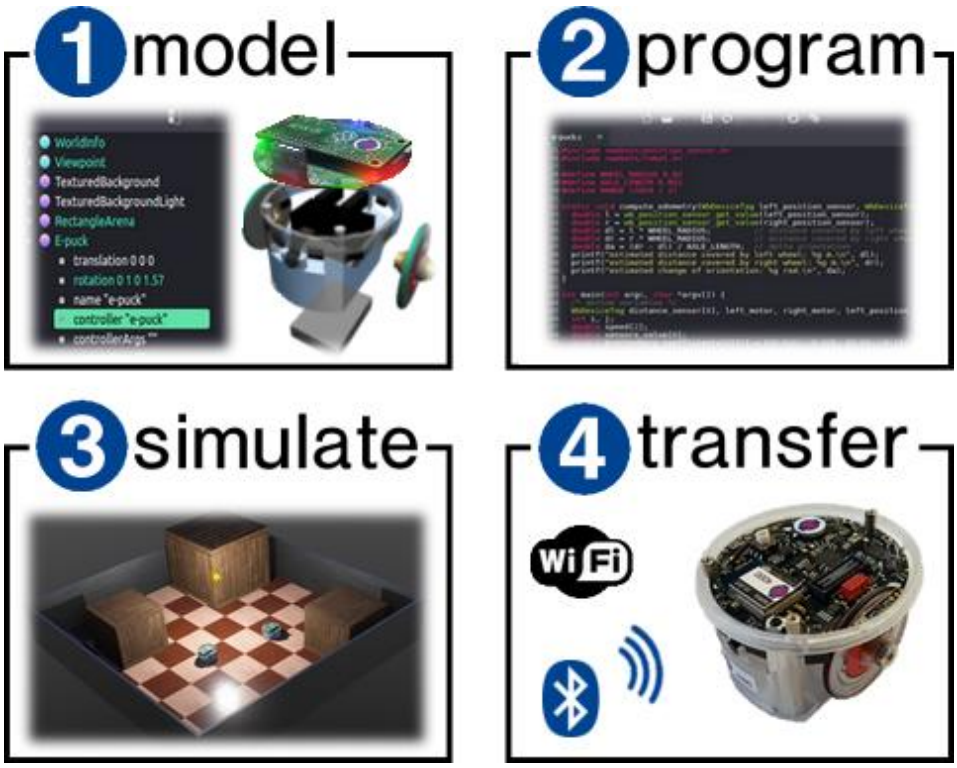
- کم کردن خطاهای انسانی
- پیشبینی و تشخیص خطا
- بستر سامانه‌ی یادگیری مشارکتی برای حفظ حریم خصوصی

روش‌های پیاده‌سازی

به طور کلی با استفاده از دو روش میتوانیم پیاده‌سازی خود را انجام دهیم. با استفاده از شبیه‌ساز یا پیاده‌سازی در دنیای واقعی با استفاده از ربات‌های واقعی امکان پیاده‌سازی داریم.

شبیه‌ساز webots

با استفاده از این شبیه‌ساز میتوانیم انواع فضاها اعم از صنعتی، منازل و غیره را شبیه‌سازی کنیم. علاوه بر این، می‌توانیم ربات‌های مختلف مانند ربات‌های انسان‌نما یا کوادکوپترها و حتی ربات‌های کوچک را داخل این شبیه‌ساز استفاده کنیم و آن‌ها را با زبان برنامه‌نویسی پایتون یا زبان‌های سطح پایین‌تر با توجه به معماری آن ربات، برنامه‌ریزی کنیم. در این شبیه‌ساز می‌توانیم بعد از شبیه‌سازی فضای مورد نظر ربات مورد نظر، ربات‌ها را در بستر دوقلوی دیجیتال با استفاده از یادگیری مشارکتی توسعه دهیم.



شکل ۴ توسعه در شبیه‌ساز webots

ربات‌های واقعی

روش پیشنهادی دیگر که برای پیاده‌سازی وجود دارد ساخت ربات‌های واقعی و برنامه ریزی آن‌ها است که میتوانیم با بردهایی نظیر رزبری‌پای یا آردوینو این ربات‌ها را بسازیم و آن‌ها را توسعه دهیم. همینطور نیاز به ماژول‌هایی نظیر wifi داریم که این ربات‌ها را درون یک شبکه و متصل به یک سرور قرار دهیم تا بتوانیم سامانه‌ی یادگیری مشارکتی را در بستر این شبکه پیاده کنیم.

همچنین میتوانیم با ساخت خطوط تولید[9] و بارگذاری اهرم‌های رباتیک و دوربین‌های بینایی ماشین، این اهرم‌ها و دوربین‌ها را به صورت دوقلوی دیجیتال و در سامانه‌ی یادگیری مشارکتی پیاده‌سازی کنیم.

[9] assembly line

شکل ۵ نمونه‌ای از یک برات ساخته شده با استفاده از رزبری‌پای

ابزارهای مانیتوریگ و لاگ‌گیری

در این بخش می‌خواهیم از دیتابیس‌های تایم‌سری و همچنین برای نموداری کردن لاگ‌ها از ابزار گرافانا استفاده کنیم.

Influxdb

InfluxDB یک پایگاه داده سری زمانی متن باز (TSDB[10]) است که توسط شرکت InfluxData توسعه یافته است. این برنامه به زبان برنامه نویسی Go برای ذخیره و بازیابی داده های سری زمانی در زمینه هایی مانند نظارت بر عملیات، معیارهای برنامه، داده های حسگر اینترنت اشیا و تجزیه و تحلیل بلادرنگ نوشته شده است.

InfluxDB هیچ وابستگی خارجی ندارد و یک زبان مانند SQL را ارائه می دهد که در پورت ۸۰۸۶ اجرا می‌شود، با توابع داخلی زمان محور برای query از یک ساختار داده متشکل از اندازه گیری ها، سری ها و نقاط. هر نقطه از چندین جفت کلید-مقدار[11] به نام مجموعه فیلد و زمان تشکیل شده است. هنگامی که توسط مجموعه‌ای از جفت‌های کلید-مقدار به نام مجموعه برچسب‌ها با هم گروه‌بندی می‌شوند، یک سری را تعریف می‌کنند. در نهایت، سری ها توسط یک شناسه رشته با هم گروه بندی می شوند تا یک اندازه گیری را تشکیل دهند.

گرافانا

Grafana یک پلتفرم تجسم داده[12] منبع باز است که توسط Grafana Labs توسعه یافته است و به کاربران اجازه می دهد تا داده های خود را از طریق نمودارها و نمودارهایی که در یک داشبورد یا چندین داشبورد یکپارچه شده اند را مشاهده کنند تا تفسیر و درک آسان تر شود. همچنین می‌توانید اطلاعات و معیارهای خود را از هر جایی که این اطلاعات ذخیره می‌شود، پرس و جو کنید و هشدارهایی را تنظیم کنید. سپس می‌توانید به راحتی داده‌ها را تجزیه و تحلیل کنید، روندها را شناسایی کنید و ناهماهنگی، و در نهایت فرآیندهای شما را کارآمدتر می کند.

---

[10] open-source time series database
[11] key-value
[12] data-visualization

مروری بر منابع و کارهای پیشین

در سال های اخیر موضوع ربات های همکار بیشتر مورد بحث قرار گرفته و اکثر تحقیقات انجام شده همکاری ربات ها و انسان در صنعت است.

در این زمینه، در تضمین ایمنی و ارگونومی انسان و در عین حال حفظ بالاترین سطح بهره‌وری مورد توجه است که در سال های اخیر به آن ها پرداخته اند (شکل ۶).

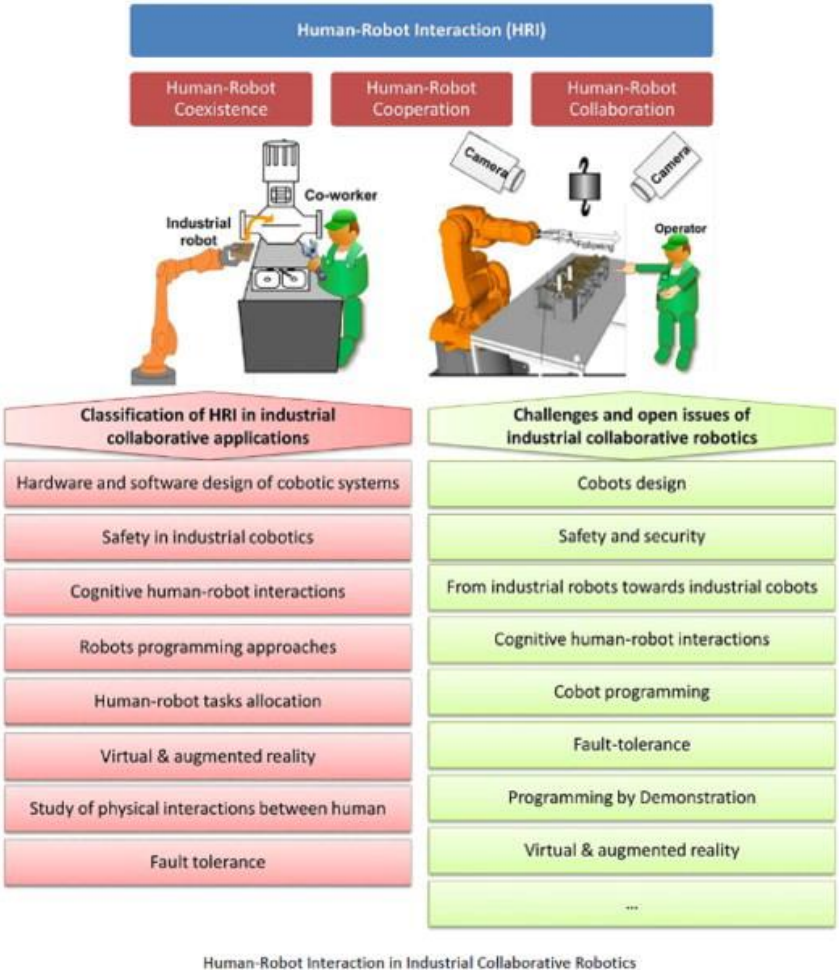
شکل ۶ معیارهای تحقیقاتی در سال های اخیر در زمینه ی ربات های همکار[۱۳]

حالات فیزیکی انسان

در چند سال اخیر دانشمندان متعددی تلاش کرده اند تا محتوای تحقیقاتی در زمینه ربات های همکار صنعتی را از دیدگاه های مختلف بررسی و طبقه بندی کنند.

به عنوان مثال، هنتوت و همکاران[۱۴]. مروری بر تحقیقات مهم اخیر در مورد تعامل انسان و ربات (HRI[13]) در زمینه صنعتی ارائه می‌کند که بین سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۷ انجام شده است. از طراحی سخت‌افزار و نرم‌افزار سیستم‌های رباتیک مشترک گرفته تا رویکردهای برنامه‌نویسی رباتیک و واقعیت مجازی، از ایمنی تا تعامل شناختی منابع انسانی که روی آن ها کارهایی انجام شده است.

[13] human-robot interaction



شکل ۷ تعامل ربات‌های همکار و انسان در محیط‌های صنعتی[۱۴]

پیشرفت و چشم انداز همکاری انسان-ربات (HRC[14]) توسط آجودانی و همکاران پیشنهاد شده است[۱۵]. که در بررسی خود پیشرفته ترین رابطه های دو جهته انسان و ربات را ارائه می کنند که برای بهبود درک انسان و ربات و به ویژه برای تخمین تغییرات حالت فیزیکی یا شناختی انسان با استفاده از سیگنال‌های زیستی مانند الکترومیوگرافی، روش‌های کنترل ربات، عملکردهای کنترلی (پایداری و شفافیت سیستم) و معیارسنجی است. تانگ و لیو [۱۶] با هدف ارائه تمام بخش‌ها و توانایی‌های برنامه به محققان برای کمک به کارگران در سناریوی HRC، اندام‌های روباتیک پوشیدنی (SRL[15]) را که نوع جدیدی از ربات‌های پوشیدنی هستند، تجزیه و تحلیل می‌کنند. به طور خاص، جدیدترین روش‌های کنترل SRLها مورد بحث قرار می‌گیرند و ابتدا با توجه به پیچیدگی کنترل به کنترل نقشه‌برداری اندام، کنترل سیگنال الکترومیوگرافی و کنترل رابط مغز و ماشین طبقه‌بندی

[14] human-robot collaboration
[15] supernumerary robotic limbs

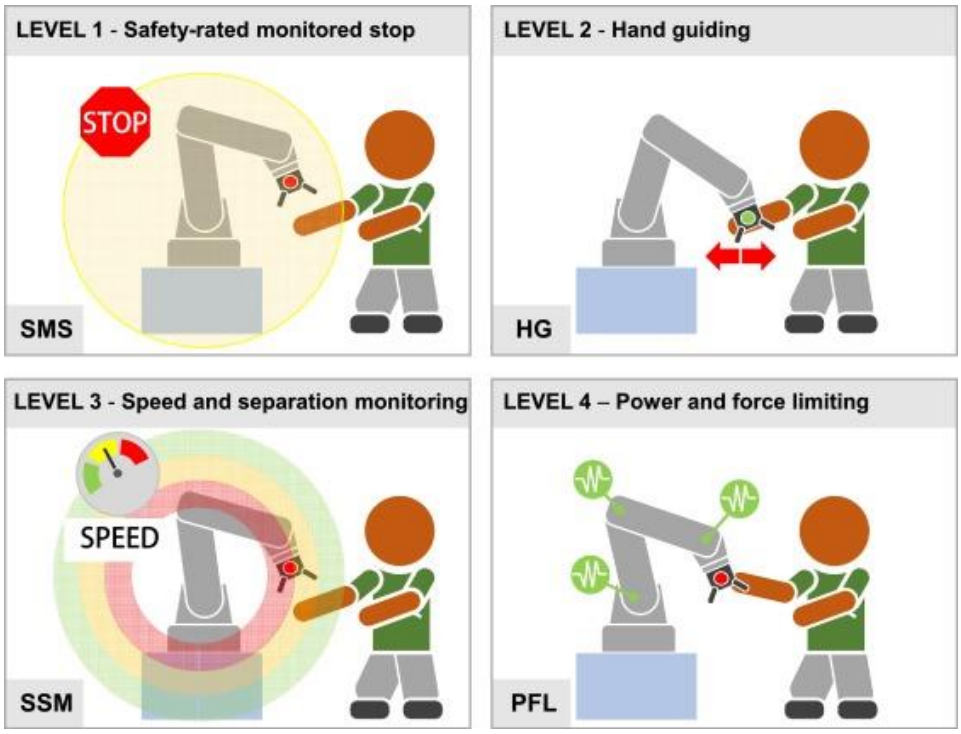
می‌شوند. سپس با توجه به استراتژی‌های کنترلی به یک استراتژی کنترل یادگیری تکراری، استراتژی کنترل مبتنی بر متغیر فاز یا استراتژی کنترل مبتنی بر نوسانگر تطبیقی طبقه‌بندی می‌شوند.

شکل ۸ تصاویری از ربات‌های پوشیدنی

تضمین ایمنی

این ربات ها علاوه بر تعامل و همکاری با ربات های دیگر ناگزیر به تعامل و همکاری با انسان نیز هستند. بنابراین ایمنی و عدم آسیب رساندن به انسان در این ربات ها مهم است.

همکاری فیزیکی و شناختی در محیط صنعتی و بررسی گسترده HRC که توسط ویلانی و همکاران پیشنهاد شده است[۶]. از این کار مشخص می شود که چالش اصلی اولیه در HRC بدون شک ایمنی است که باید با هر رویکردی که همکاری بین انسان و ربات را اجرا می کند در نظر گرفته شود. به منظور دستیابی به HRC ایمن و منعطف، رابط های کاربری بصری را می توان به درستی ترسیم کرد و باید به روش های طراحی مناسب، از جمله قوانین کنترل، حسگرها، تخصیص وظایف و رویکردهای برنامه ریزی پرداخت. مروری بر رویکردهای پیشرفته برای برنامه نویسی ربات نیز توسط نویسندگان، ارائه شده است.



شکل ۹ همکاری انسان و ربات در چهار سطح

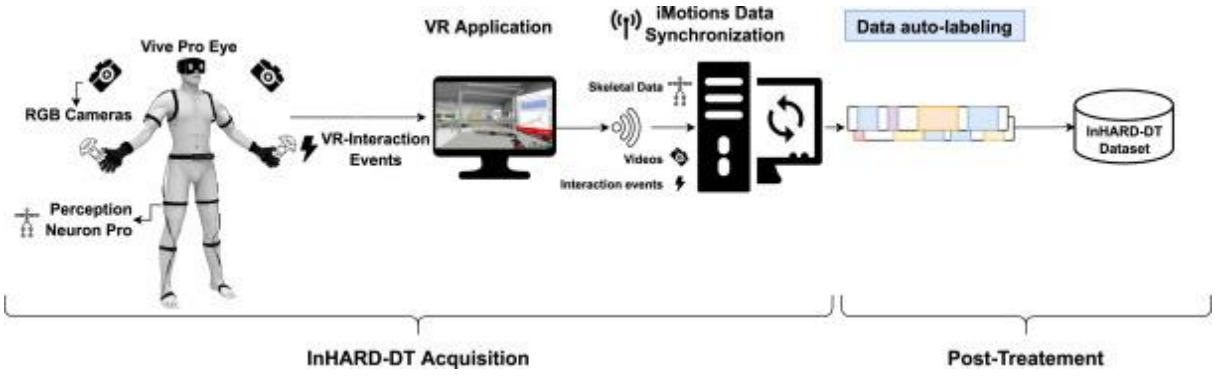
نظرسنجی دیگری که توسط تساروشی و همکاران ارائه شده است[۱۷]. همه چالش‌ها، روندهای آتی و تکنیک‌های مرتبط با هماهنگی کار و برنامه‌ریزی را در پیاده سازی مانند تخصیص وظایف انسان-ربات، زمان‌بندی، و جنبه‌های اجتماعی دسته بندی می‌کند.

ربات های همکار در قالب DT

موضوع دیگری که اخیرا در حوزه ی ربات های همکار به آن پرداخته شده است DT است. دوقلوی دیجیتالی که امروزه بیشتر در حوزه‌ی صنعت نامش برده می‌شود یک کپی دیجیتالی از یک شئ در دنیای فیزیکی هست که قابلیت‌های آن شئ را می‌تواند شبیه‌سازی کند. که در ادامه عملکرد یک فرایند را بتواند پیش‌بینی کند. این DT به‌طور مستمر از داده‌های بزرگی که دارد و سایر منابع یاد می‌گیرد تا بهبود یابد. اخیراً از DT بیشتر در صنایع و کارخانه‌ها استفاده می‌کنند[۳]. به این صورت که در خطوط تولید و خطوط مونتاژ برای ارتباط ربات‌ها با انسان برای کارهای روزمره استفاده می‌شود[۴].

بررسی اعمال انسان بر اساس روش‌های هوش مصنوعی برای همکاری انسان و ربات در محیط‌های کاری، به‌ویژه به دلیل مجموعه داده‌های آموزشی عظیم مورد نیاز، همچنان یک چالش است. در همین حال، دوقلوهای دیجیتال

تولیدات انسان محور به طور فزاینده ای توسعه یافته و در مراحل طراحی و بهره برداری مورد استفاده قرار می گیرند. به عنوان مثال، دوقلوهای دیجیتال در حال حاضر به صنایع کمک می کنند تا دارایی های خود را به طور موثرتری طراحی، تجسم، نظارت، مدیریت و نگهداری کنند. با این حال، کارهای انجام شده ی کمتری هستند که با ابزار تولید داده سروکار دارند. بنابراین، در جدیدترین تحقیقات دالل و همکارانش جمع اوری داده برچسب خورده را بررسی کردند[۱۸]. این مقاله استفاده از یک DT یک ایستگاه کاری صنعتی واقعی را که شامل وظایف مونتاژ با یک بازوی روباتیک متصل به واقعیت مجازی (VR[16]) برای استخراج یک مدل انسانی دیجیتال است، بررسی می‌کند. DT عملیات مونتاژ انجام شده توسط انسان را با هدف تولید داده های برچسب گذاری شده شبیه سازی می کند.

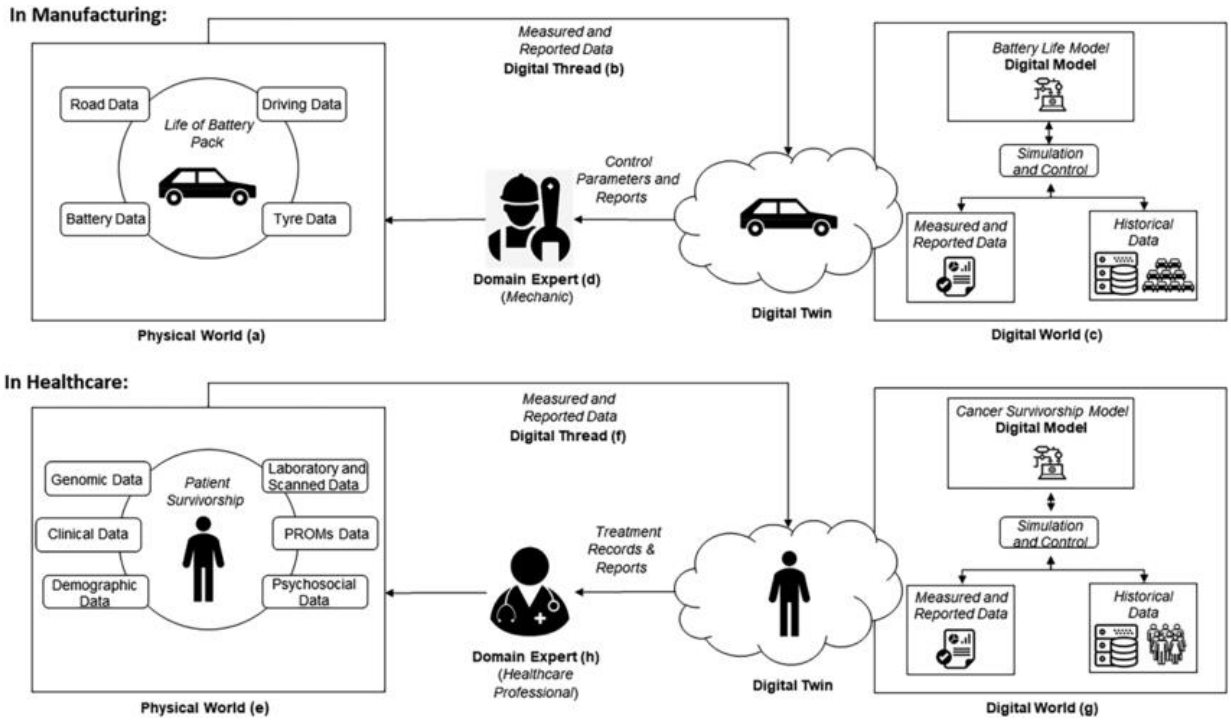


شکل ۱۰ الگو برداری حرکات انسان و برچسب‌گذاری داده‌ها[۱۸]

ترکیب واقعیت افزوده (AR[17]) و DT امروزه پتانسیل خود را نشان داده است که منجر به افزایش علاقه تحقیقاتی در دانشگاه و صنعت شده است. لذا در این زمینه یین یو و همکاران مزایای ترکیب AR و DT را مورد بحث قرار داده‌اند و روش هایی را در این حوزه ارایه داده اند[۱۹].

روهیت کائول و همکارانش نیز در زمینه ی کاربرد DT در حوزه مراقبت‌های بهداشتی تحقیقات خود را انجام داده اند تا پشتیبانی تصمیم‌گیری بالینی پیشرفته‌تری را ارائه دهد و مراقبت‌های بیمارمحورتر و به طور همزمان دقیق‌تر و فردی‌تر را در پی داشته باشد. دوقلوهای دیجیتال همراه با پیشرفت‌های هوش مصنوعی (AI[18]) این پتانسیل را دارند که یکپارچه‌سازی و پردازش حجم وسیعی از داده‌ها از منابع متنوع را آسان کنند. از این رو، در مراقبت های بهداشتی، این موضوع می تواند پشتیبانی تشخیصی و تصمیم گیری درمانی را افزایش دهد[۲].

[16] Virtual Reality
[17] Augmented Reality
[18] Artificial Intelligence

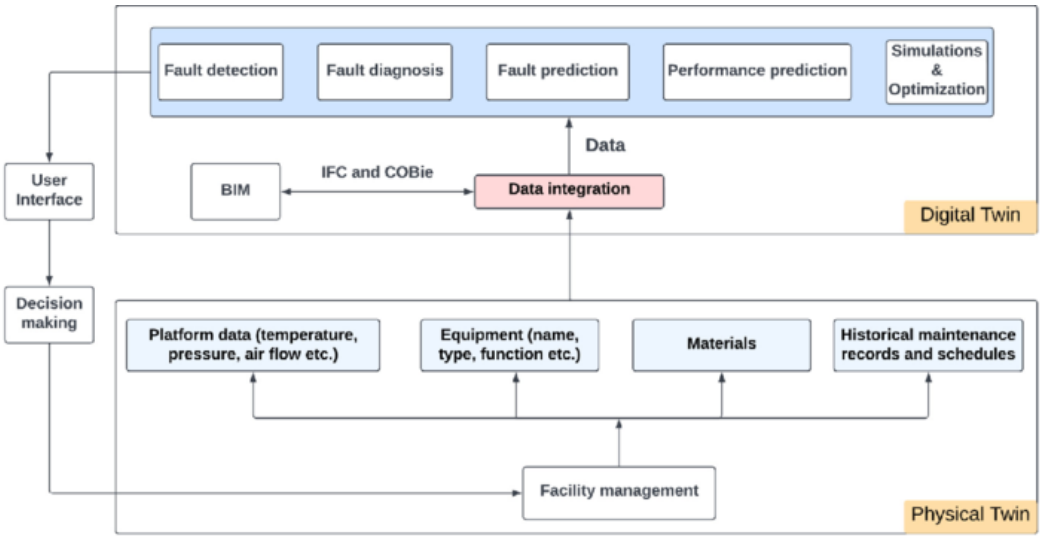


شکل ۱۱ تصویر مفهومی دوقلوی دیجیتال در کارخانه و مراقبت‌های بهداشتی

در تحقیقات دیگری حیدر هوسامو و همکارنش بر روی بهروری انرژی و آسایش ساکنان ساختمان پژوهش کرده اند. بسیاری از ساختمان ها از انتظارات در مورد رضایت ساکنان، پایداری، یا بهره وری انرژی کمتر هستند. در این پژوهش، عملکرد ساختمان ها از نظر آسایش ساکنین با استفاده از یک مدل احتمالی مبتنی بر شبکه های بیز (BNs[19]) ارزیابی شده است. مدل BN بر اساس یک تجزیه و تحلیل عمیق از پاسخ های نظرسنجی رضایت و مطالعه کامل پارامترهای عملکرد ساختمان است. این مطالعه همچنین یک تجسم کاربر پسند سازگار با BIM[20] را برای ساده‌سازی جمع‌آوری داده‌ها در دو مطالعه موردی از نروژ با داده‌های ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۲ ارائه می‌کند. این مقاله یک رویکرد دوقلوی دیجیتال جدید برای ترکیب مدل‌سازی اطلاعات ساختمان (BIM) با حسگر زمان واقعی پیشنهاد می‌کند. داده ها، بازخورد ساکنان، مدل احتمالی آسایش ساکنان، تشخیص و پیش بینی خطاهای HVAC که ممکن است بر راحتی سرنشینان تأثیر بگذارد. روش های جدید برای استفاده از BIM به عنوان یک پلت فرم تجسم، و همچنین یک روش تعمیر و نگهداری پیش بینی برای شناسایی و پیش بینی مشکلات در سیستم

[19] Bayesian networks
[20] building information modeling

HVAC[21] نیز ارائه شده است. این روش ها به تصمیم گیرندگان کمک می کند تا شرایط آسایش ساکنان را در ساختمان ها بهبود بخشند[۲۰].



شکل ۱۲ مفهوم دیجیتال دوقلو برای عملیات ساختمان برای جلوگیری از خرابی های آینده، کاهش مصرف انرژی و افزایش راحتی ساکنان[۲۰].

نتیجه گیری

باوجود چالش‌های گفته‌شده امنیت بین ربات‌های همکار برای عدم مخاطره برای انسان و همچنین سرعت یادگیری ربات‌ها به کمک یکدیگر از اهمیت بالایی برخوردار است که با استفاده از FL و DT بخشی از این موضوع مرتفع می‌شود. موضوع امنیت در مورد ربات‌های همکار بسیار مهم است ما در این تحقیق می‌خواهیم تعامل این ربات‌ها را با استفاده از FL انجام دهیم و با توجه به اینکه مدل‌ها به‌صورت محلی بر روی هر ربات آموزش داده می‌شوند بنابراین داده‌های خام منتقل نمی‌شوند و با این روش سعی بر ارتقا امنیت اطلاعات داریم.

موضوع دیگر منابع سیستمی است که هر ربات می‌تواند در اختیار داشته باشد لذا با استفاده از DT می‌خواهیم علی‌رغم کمبود منابع برای هر ربات پردازش‌های پیچیده را در دوقلوی دیجیتالی آن ربات انجام دهیم.

اخیرا تحقیقاتی در این حوزه صورت گرفته است که به پایش وضعیت منابع سریع و کارآمد به طور جدی پرداخته نشده و از طرفی در این مطالعات توجه چندانی به امنیت از طریق پروتکل‌های ارتباطی ایجاد شده، نشده است لذا ما قصد داریم با استفاده از ابزارهای کارآمد و سریع مانند برخی پایگاه داده‌هایی که بر مبنای زمان فعالیت می‌کنند و همچنین با استفاده از بستر یادگیری مشارکتی به بهبود این موضوعات بپردازیم.

[21] Heating, ventilation, and air conditioning

منابع

[۱] T. Li, A. K. Sahu, A. Talwalkar, and V. Smith, "Federated learning: Challenges, methods, and future directions," *IEEE signal processing magazine,* vol. 37, no. 3, pp. 50-60, 2020.

[۲] R. Kaul *et al.*, "The role of AI for developing digital twins in healthcare: The case of cancer care," *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery,* vol. 13, no. 1, p. e1480, 2023.

[۳] A. Gallala, A. A. Kumar, B. Hichri, and P. Plapper, "Digital Twin for human–robot interactions by means of Industry ۴/۰ Enabling Technologies," *Sensors,* vol. 22, no. 13, p. 4950, 2022.

[۴] A. A. Malik and A. Brem, "Digital twins for collaborative robots: A case study in human-robot interaction," *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing,* vol. 68, p. 102092, 2021.

[۵] J. E. Colgate, J. Edward, M. A. Peshkin, and W. Wannasuphoprasit, "Cobots: Robots for collaboration with human operators," 1996.

[۶] V. Villani, F. Pini, F. Leali, and C. Secchi, "Survey on human–robot collaboration in industrial settings: Safety, intuitive interfaces and applications," *Mechatronics,* vol. 55, pp. 248-266, 2018.

[۷] D. Kragic, J. Gustafson, H. Karaoguz, P. Jensfelt, and R. Krug, "Interactive, Collaborative Robots: Challenges and Opportunities," in *IJCAI*, 2018, pp. 18-25 .

[۸] F. Sherwani, M. M. Asad, and B. S. K. K. Ibrahim, "Collaborative robots and industrial revolution 4.0 (ir 4.0)," in *2020 International Conference on Emerging Trends in Smart Technologies (ICETST)*, 2020: IEEE, pp. 1-5 .

[۹] E. Colgate, A. Bicchi, M. A. Peshkin, and J. E. Colgate, "Safety for physical human-robot interaction," in *Springer handbook of robotics*: Springer, 2008, pp. 1335-1348.

[۱۰] L. A. Kirschgens, I. Z. Ugarte, E. G. Uriarte, A. M. Rosas, and V. M. Vilches, "Robot hazards: from safety to security ",*arXiv preprint arXiv:1806.06681,* 2018.

[۱۱] M. Gleirscher, N. Johnson, P. Karachristou, R. Calinescu, J. Law, and J. Clark, "Challenges in the safety-security co-assurance of collaborative industrial robots," in *The 21st Century Industrial Robot: When Tools Become Collaborators*: Springer, 2022, pp. 191-214.

[١٢] S. B. i. Badia *et al.*, "Virtual Reality for Safe Testing and Development in Collaborative Robotics: Challenges and Perspectives," *Electronics,* vol. 11, no. 11, p. 1726, 2022.

[١٣] S. Proia, R. Carli, G. Cavone, and M. Dotoli, "Control techniques for safe, ergonomic, and efficient human-robot collaboration in the digital industry: A survey," *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering,* vol. 19, no. 3, pp. 1798-1819, 2021.

[١٤] A. Hentout, M. Aouache, A. Maoudj, and I. Akli, "Human–robot interaction in industrial collaborative robotics: a literature review of the decade 2008–2017," *Advanced Robotics,* vol. 33, no. 15-16, pp. 764-799, 2019.

[١٥] A. Ajoudani, A. M. Zanchettin, S. Ivaldi, A ،Albu-Schäffer, K. Kosuge, and O. Khatib, "Progress and prospects of the human–robot collaboration," *Autonomous Robots,* vol. 42, pp. 957-975, 2018.

[١٦] Y. Tong and J. Liu, "Review of research and development of supernumerary robotic limbs," *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica,* vol. 8, no. 5, pp. 929-952, 2021.

[١٧] P. Tsarouchi, S. Makris, and G. Chryssolouris, "Human–robot interaction review and challenges on task planning and programming," *International Journal of Computer Integrated Manufacturing,* vol. 29, no. 8, pp. 916-931, 2016.

[١٨] M. Dallel, V. Havard, Y. Dupuis, and D. Baudry, "Digital twin of an industrial workstation: A novel method of an auto-labeled data generator using virtual reality for human action recognition in the context of human–robot collaboration," *Engineering Applications of Artificial Intelligence,* vol. 118, p. 105655, 2023.

[١٩] Y. Yin, P. Zheng, C. Li, and L. Wang, "A state-of-the-art survey on Augmented Reality-assisted Digital Twin for futuristic human-centric industry transformation," *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing,* vol. 81, p. 102515, 2023.

[٢٠] H. H. Hosamo, H. K. Nielsen, D. Kraniotis, P. R. Svennevig, and K. Svidt, "Digital Twin framework for automated fault source detection and prediction for comfort performance evaluation of existing non-residential Norwegian buildings," *Energy and Buildings,* vol. 281, p. 112732, 2023.