Journal Future Studies of the Islamic Revolution

1

Vol. 4
Spring 2023
P.P: 161-188

Research Paper

Received:
28 March 2023
Accepted:
20 May 2023

Imaging the capabilities and functions of the future of robotics in the horizon of 1414

Mohammad Yousefi*[1] | Majid Ghorbanpour Yami[2] |
Ebrahim Hajiani [3]

Abstract

Robotic technology is currently one of the vital technologies in various fields of society and will play a significant role in the future. This article examines the capabilities and future applications of robotics in the horizon of 1414. In this study, the importance of the widespread use of robots and its impact on daily life and societies in the future are examined. Focusing on the types and capabilities as well as current and future applications of robots, this article provides the reader with a comprehensive perspective. Due to technological advances, robots will be able to perform complex and diverse tasks in different environments. The main problem of this research is to identify the capabilities and future applications of robots. For this purpose, using the method of holding brainstorming sessions and interviewing experts, 84 themes related to the capabilities and future applications of robots were extracted, and then using the two-step Delphi method, 50 themes were reported as final results. The results show that in the future, the three main applications of robots include advanced processing of environmental data, increasing human living standards, exploring and extracting space resources; And the top three capabilities of robots are artificial intelligence, interaction with humans, and stability in difficult conditions.

Keywords: Critical technologies, future robots, future image, advanced robotics.

1. Corresponding Author: Faculty member, Imam Hossein University, Tehran, Iran.
Musefi.kh@gmail.com
2. Master's student in Defense Future Studies, Imam Hossein University, Tehran, Iran.
3. Faculty member, Shahid University, Tehran,

Publisher: Imam Hussein University

© **Authors**

This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) .

نشریه علمی آینده پژوهی انقلاب اسلامی

۱

دوره چهارم
بهار ۱۴۰۲
صص: ۱۸۸-۱۶۱

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۲/۰۱/۰۸
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۲/۰۲/۳۰

تصویرپردازی قابلیت ها و کارکردهای آینده رباتیک در افق ۱۴۱۴

محمد یوسفی [۱*] | مجید قربان‌پوریامی [۲] | ابراهیم حاجیانی [۳]

چکیده

فناوری رباتیک در حال حاضر یکی از فناوری‌های حیاتی در زمینه‌های مختلف جامعه مورد توجه قرار گرفته است و در آینده نیز نقش بسزایی خواهد داشت. این مقاله به بررسی قابلیت‌ها و کاربردهای آینده رباتیک در افق سال ۱٤۱٤ می‌پردازد. در این مطالعه، اهمیت استفاده گسترده از ربات‌ها و تأثیر آن بر زندگی روزمره و جوامع در آینده مورد بررسی قرار می‌گیرد. این مقاله با تمرکز بر نوع و قابلیت‌ها و همچنین کاربردهای فعلی و آینده ربات‌ها، یک دیدگاه جامع را به خواننده ارائه می‌دهد. با توجه به پیشرفت‌های تکنولوژی، ربات‌ها قادر به انجام وظایف پیچیده و متنوع در محیط‌های مختلف خواهند بود. مسئله اصلی این تحقیق، شناسایی قابلیت‌ها و کاربردهای آینده ربات‌ها است. برای این منظور، با استفاده از روش برگزاری جلسات طوفان فکری و مصاحبه با افراد متخصص، ۸٤ مضمون مرتبط با قابلیت‌ها و کاربردهای آینده ربات‌ها استخراج شدند و سپس با استفاده از روش دلفی دو مرحله‌ای، ۵۰ مضمون به عنوان نتایج نهایی گزارش شدند. نتایج نشان می‌دهند که در آینده، سه کاربرد اصلی ربات‌ها شامل پردازش پیشرفته داده‌های محیطی، افزایش استانداردهای زندگی بشر، کاوش و استخراج منابع فضایی ؛ و سه قابلیت برتر ربات‌ها عبارتند از هوش مصنوعی، تعامل با انسان و پایداری در شرایط سخت می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: فناوری‌های حیاتی، ربات‌های آینده، تصویر آینده، رباتیک پیشرفته.

۱. نویسنده مسئول: عضو هیئت علمی، دانشگاه جامع امام حسین (علیه السلام)، تهران، ایران. Musefi.kh@gmail.com

۲. دانشجو کارشناسی ارشد آینده‌پژوهی دفاعی، دانشگاه جامع امام حسین (علیه السلام)، تهران، ایران.

۳. دانشیار دانشگاه شاهد، تهران، ایران.

ناشر: دانشگاه جامع امام حسین (ع)

© نویسندگان

این مقاله تحت لیسانس آفرینندگی مردمی (Creative Commons License- CC BY) در دسترس شما قرار گرفته است.

مقدمه و بیان مسئله

روز بـه روز پیشـرفت در رباتیـک در حـال افـزایش اسـت (لوچـه و انـت, ۲۰۲۱; آیوینـو و همکاران, ۲۰۲۲; موها, ۲۰۲۱; کوگولورو و ییگیت کـنلارت ۲۰۲۰). رباتیـک در حـال حاضـر بـه طور قابل توجهی بر عملکرد جوامع و اقتصادها تأثیر می‌گذارند و بحث‌هـای گسـترده‌ای در مـورد فوایـد (گـونزالس و همکـاران, ۲۰۲۱; روی چـاودریو, ۲۰۱۷) و معایـب (گـونزالس و همکـاران, ۲۰۲۱; سنسی, ۲۰۱۳) آنها برای بشریت در مجامع علمی وجود دارد. همین مسئله باعـث مـی‌شـود که این حوزه علم و فناوری که بـه سـرعت در حـال پیشـرفت اسـت (بیلیتـگ و همکـاران, ۲۰۲۱; هااون و همکاران, ۲۰۱۹; زی لی و همکاران, ۲۰۱۶) مورد توجـه بیشـتر قـرار گیـرد. ایـن فنـاوری نوظهور پیامدهایی در حـوزه‌هـای پزشـکی و مراقبـت هـای بهداشـتی (هـابوزا و همکـاران, ۲۰۲۱; دبیلیوزی و همکاران, ۲۰۲۱)، اشتغال، حمـل و نقـل(چن و همکـاران, ۲۰۲۱; پـارک و همکـاران, ۲۰۲۲; سویامو و همکاران, ۲۰۲۰)، کشاورزی (گونزالس د سـانتوس و همکـاران, ۲۰۲۰; مشـرم و همکاران, ۲۰۲۲) و درگیری های مسلحانه آینده دارد (نیومن, ۲۰۲۱).

ربات‌ها به طور فزاینـده‌ای در صـنایع مختلـف مـورد اسـتفاده قـرار مـی‌گیرنـد. (فـون بـراون و همکاران, ۲۰۲۱) ربات‌ها نقش مهمی در انواع کارها نیز دارنـد. اسـتفاده از سیسـتم‌هـای مبتنـی بـر هوش مصنوعی در ربات‌ها می‌تواند تأثیرات مثبتی را در بهبود عملکرد آن‌ها به ارمغان بیاورد. برای مثال، ربات‌ها با استفاده از هوش مصنوعی می‌توانند در شناسایی افراد مجروح در طبیعـت، نظـارت بر رعایت قوانین و مقررات و بهبود آگاهی موقعیتی و برنامه‌ریزی محیطی و تصمیم‌گیری هدفمنـد کمک کنند.(نیومن, ۲۰۲۱).

پیش‌بینی کاهش خسارت‌های انسانی در مواجهه با چالش‌های آینده (از طریق معرفی ربات‌هـا) می‌تواند خطرات شروع رویـدادهای آینـده را کـاهش دهـد. بـه ایـن ترتیـب، توانـایی رباتیـک در دسترسی برخی از سیاستمداران، می‌تواند شروع عملیاتی جدید را به عنـوان یـک گزینـه سیاسـی و عملی در نظر بگیرند. این موضوع باعث افزایش احتمال رخداد جنگ‌های آینده می‌شـود (آسـارو, ۲۰۰۷).

یکی از مسائل مهم در زمینه رباتیک، معرفی تکنولوژی‌های خودمختار است. این تکنولوژی‌ها به دلیل دقت بالا، می‌توانند در کاهش خسارت‌ها در مواجهه با چالش‌های مختلف نقش بسزایی ایفا کنند(آرشین, ۲۰۱۰; وون براون و همکاران, ۲۰۲۱). نگرانی از رشد خطرات مرتبط با هوش مصنوعی و رباتیک به دلیل ایجاد شکل‌های جدیدی از تهدیدات مانند حملات سایبری و استفاده از تکنولوژی‌های خودمختار، نیازمند تدابیر و قوانین امنیتی بین‌المللی جدید است. (نیومن, ۲۰۲۱). به همین دلیل، جامعه بین‌المللی نیازمند اصول و سیاست‌های جدید برای تسهیل صلح و جلوگیری خطرات استفاده سوء و ضد بشریت می‌باشد.این موضوع نیازمند به اصول و تدابیر جدید سیاسی و حقوقی نیز دارد (نیومن, ۲۰۲۱).

نظر به توسعه و پیشرفت فناوری، برخی افراد به طراحی و استفاده از سیستم‌های خودمختار به‌عنوان یک راهکار آینده‌نگرانه نگرانی می‌کنند. آنها معتقدند که این سیستم‌ها نسبت به سیستم‌های مبتنی بر تصمیمات انسانی، به دلیل عدم وجود خطاهای مبتنی بر قضاوت و احساسات انسان، برتری خواهند داشت. در نتیجه، بهبود عملکرد و کاهش خطاها می‌تواند از جمله مزایای این تکنولوژی باشد (آرشین, ۲۰۱۰) با این حال، نگرانی‌هایی وجود دارد که در صورت کاهش اهمیت استدلال محتاط و اعتبار بر پایه شک و واگذاری آن به سیستم‌های خودمختار، ممکن است تصمیم‌گیری‌های بی‌رحمانه و بی‌انسانی در عرصه‌های مختلف اجتماعی و فناوری به وقوع بپیوندد. این امر می‌تواند تأثیر زیادی بر تصمیم‌گیری‌های سیاستمداران داشته باشد. در نتیجه، لازم است برای جلوگیری از این سناریوها و حفظ ارزش‌های انسانی و اخلاقی، توجه ویژه‌ای به طراحی و استفاده از تکنولوژی‌های جدید صورت گیرد (گارسیا, ۲۰۱۵; مورکوویسیوس, ۲۰۱۴).

در دهه‌های اخیر، توسعه و استفاده از ربات‌ها به عنوان جایگزینی برای انسان‌ها در برخی وظایف مربوط به فعالیت‌های عمومی افزایش یافته است (عبدالحسین و عزیز, ۲۰۲۲). این ربات‌ها، که از نوع هوشمند و قابل برنامه‌ریزی هستند، قادر به انجام وظایف پیچیده و متنوعی هستند. از جمله این وظایف می‌توان به هدایت فرایندها، جمع‌آوری اطلاعات، انجام فعالیت‌های خطرناک و حتی همکاری با افراد اشاره کرد (خو و پرز-آرانسیبیا, ۲۰۲۲). این ربات‌ها با استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته مانند هوش مصنوعی، سنسورها و نانوفناوری، توانسته‌اند قدرت و

کارآیی خود را در انجام وظایف مختلف بهبود بخشند (بوره, ۲۰۱۶) با توجه به این پیشرفت‌ها، ربات‌ها در آینده قابلیت‌ها و کارکردهای بیشتری را خواهند داشت و در زمینه‌های مختلفی مانند خدمات مدنی، صنعت، بهداشت و حتی تفریح و سرگرمی مورد استفاده قرار خواهند گرفت.

استفاده از ربات‌های پیشرفته نیز با چالش‌ها و محدودیت‌هایی همراه است. این چالش‌ها شامل مسائلی مانند مشکلات در ارتباطات، قابلیت‌های محدود در شناسایی و تعامل با محیط، و نیاز به تصمیم‌گیری هوشمندانه در شرایط پیچیده و غیرقابل پیش‌بینی می‌شود (واتان و دوگان,۲۰۲۱) . ارتقاء قابلیت‌های ربات‌ها در آینده، بهبود در این مسائل و محدودیت‌ها را نیز ایجاد خواهد کرد. بهبود در ارتباطات، توانایی بهتر در شناسایی و تعامل با محیط، و توسعه الگوریتم‌های هوشمندتر برای تصمیم‌گیری در شرایط پیچیده، از جمله عواملی هستند که به ربات‌ها کمک خواهند کرد تا در وظایف خود بهبود یابند و کارایی بیشتری داشته باشند.

توسعه ربات‌های پیشرفته برای مقابله با تهدیدات آینده نیازمند بهره‌گیری از فناوری‌های نوین و قابلیت‌های بیشتر است. این نیازمندی‌ها شامل قابلیت‌های خودکار، تطابق با محیط، همکاری و هماهنگی بین ربات‌ها و انسان‌ها، مقاومت در برابر حملات سایبری و سازگاری با تغییرات سریع در محیط است (دورومنل و همکاران, ۲۰۲۲) (حامد و همکاران, ۲۰۲۲) این قابلیت‌ها، ربات‌ها را قادر می‌سازند تا به طور خودکار و با هماهنگی مناسب با انسان‌ها، در محیط‌های پویا و پیچیده عمل کنند و در برابر تهدیدات سایبری مقاومت نشان دهند. از این رو، توسعه و بهبود این قابلیت‌ها در آینده، اهمیت بیشتری در تأمین امنیت و مقابله با تهدیدات را دارا خواهد بود.

پرسش اصلی این پژوهش، مربوط به نوع ربات‌هایی است که در آینده مورد استفاده قرار خواهند گرفت و قابلیت‌ها و کارکردهایی که خواهند داشت. برای پاسخ به این پرسش، مراحل مختلفی را طی می‌کنیم. در مرحله اول، مسئله‌شناسی، به اهمیت توجه به ربات‌ها جهت مقابله با تهدیدات آینده توجه می‌کنیم. سپس در مرحله محیط‌شناسی، انواع ربات‌های احتمالی، کارکردها و قابلیت‌های آنها در افق ۱۴۱۴ بررسی می‌شوند. این مراحل برای درک بهتر توانمندی‌ها و کاربردهای آینده رباتیک بسیار اهمیت دارند.

با توجه به مراحل مذکور، این مقاله با استفاده از روش برگزاری جلسه طوفان فکری و مصاحبه با خبرگان ۸۴ مضمون قابلیت و کارکرد آینده ربات‌ها استخراج گردید و سپس با استفاده از دلفی

دو مرحله‌ای ۵۰ مضامین معتبر به عنوان نتایج گزارش گردید. یافته‌های این پژوهش شامل اثرگذاری ربات‌ها برآینده، معرفی ربات‌های آینده و شناسایی محتمل‌ترین آنها می‌باشد.

مبانی نظری پژوهش

تصویر آینده : تصور و تصویرسازی از وضعیت و رویدادهایی است که در آینده قرار دارند و هنوز رخ نداده‌اند. تصویر آینده به عنوان روشی در آینده‌پژوهی ممکن است بر اساس تحلیل‌ها، پیش‌بینی‌ها، رویدادهای فعلی و رویکردهای متنوع دیگری تشکیل شود. آینده‌پژوهی به دنبال شناسایی مسیرها، روندها، و اثرات محتمل در آینده است و در برخی موارد سعی می‌کند به تحلیل و پیش‌بینی واکنش‌های احتمالی فردی و جمعی نسبت به تغییرات آینده بپردازد(دتور, ۲۰۱۹).

ربات‌های آینده: این مفهوم به ربات‌ها و سیستم‌های رباتیکی اشاره دارد که می‌توانند به صورت خودکار یا با مشارکت انسان در عملیات مختلف شرکت کنند. استفاده از این ربات‌ها باعث افزایش کارایی، دقت و قابلیت همکاری در فعالیت‌های مختلف می‌شود (تئودور و همکاران, ۲۰۱۸). این تکنولوژی‌ها با ارتقاء قابلیت‌ها و کارکردهای خود، تأثیر بسزایی در صنایع و عموم جامعه خواهند داشت و پتانسیل‌های بسیاری برای استفاده در زمینه‌های مختلف مانند حمل و نقل، پزشکی، خدمات روزمره و غیره دارند.

انواع ربات‌های آینده: ربات‌های آینده به عنوان یک بخش حیاتی از فناوری رباتیک، در زمینه‌های مختلف استفاده خواهند شد. انواع ربات‌های آینده شامل ربات‌های هواپایه، ربات‌های زمین‌پایه، ربات‌های دریاپایه و ربات‌های فضاپایه می‌شوند.

ربات‌های دریاپایه آینده : به ربات‌هایی به دلیل قابلیت غواصی و عملکرد در محیط آبی (اسکارادوزی و همکاران, ۲۰۱۷)، اطلاق می‌شود که برای عملیات در محیط زیرآب و زیردریا استفاده می‌شوند. این ربات‌ها شامل ربات‌های دریاپایه خودگردان[1]، ربات‌های دریاپایه با کنترل مستقیم[2] و ربات‌های دریاپایه نیمه‌مستقل[3] می‌شوند.

1 Autonomous Underwater Vehicles - AUVs
2 Remotely Operated Vehicles - ROVs
3 Semi-Autonomous Underwater Vehicles

ربات‌های هوایی: ربات‌های هوایی به دستگاه‌هایی گفته می‌شود که برای عملکرد در محیط هوا ساخته شده‌اند. ربات‌های هوایی دارای انواع مختلف پهپادها[1]، بالگردهای بدون سرنشین[2] و بالن‌های هواپایه[3] می‌باشند.

ربات‌های زمین‌پایه : ربات‌های زمین‌پایه به عنوان سیستم‌های خودکار و هوشمند در سطح زمین عمل می کنند. از انواع این ربات‌ها می‌توان ربات‌های همه کاره[4]، ربات‌های حمل و نقل[5]، ربات‌های بی‌سرنشین[6]، ربات‌های چهارپا و دو پا[7] اشاره نمود.

ربات‌های فضاپایه : ربات‌های فضاپایه شامل دستگاه‌ها و سامانه‌هایی هستند که برای استفاده در فضا طراحی و توسعه می‌یابند. از انواع این ربات‌ها می‌توان به ماهواره‌ها[8]، فضانوردان رباتیک[9]، ربات‌های تجسسی فضاپایه، ربات‌های نگهداری و تعمیر، سامانه‌های فضاپایه[10] اشاره نمود.

پیشینهٔ پژوهش

در سال‌های اخیر، پژوهش‌هایی مختلف در حوزه ربات‌های پیشرفته انجام شده است. بر این اساس گزیده‌ای مقالات مطرح در این زمینه را به شرح ذیل بیان می‌گردد:

میائولی او (۲۰۲۳)(میائولی او و همکاران, ۲۰۲۳) در مقاله خود با عنوان «آخرین وضعیت و روندهای آینده در پیکربندی و دینامیک وسایل نقلیه بدون سرنشین زمینی عبور از موانع»، به بررسی تنظیمات پلتفرم و دینامیک خودروهای زمین‌پایه بدون سرنشین (UGV) جهت غلبه بر موانع سخت می‌پردازد. چی وانگ و همکاران (۲۰۲۳)(وانگ و همکاران, ۲۰۲۳) در مقاله خود با عنوان «ربات دریاپایه در مقیاس سانتی متری با سرعت بالا با الهام از عروس دریایی» به معرفی یک ربات دریاپایه کوچک با سرعت بالا به نام "JR" پرداخته شده است. پریارجان بیسوال و همکاران (۲۰۲۱) (پریارجان بیسوال, ۲۰۲۱) در مقاله خود با عنوان «توسعه ربات‌های راه رفتن چهارپا»، به

1 UAV - Unmanned Aerial Vehicle
2 UH - Unmanned Helicopter
3 Aerostat
4 General Purpose Robots
5 Combat Robots
6 Unmanned Ground Vehicles - UGVs
7 Legged Robots
8 Satellites
9 Robotic Astronauts
10 Space Systems

موضوعات مربوط به طراحی، توسعه و برنامه‌ریزی حرکت ربات‌های متحرک در حوزه رباتیک می‌پردازد. کایو رن و همکاران (۲۰۲۱)(رن و یو, ۲۰۲۱) در مقاله خود با عنوان «وضعیت تحقیق ربات های دوزیست بیونیک»، به بررسی ربات‌های آمفیبی بیونیک که توانایی حرکت در زمین و زیر آب را دارند پرداخته است. رونجا مولر و همکاران (۲۰۲۱)(مولر و همکاران, ۲۰۲۱) در مقاله خود با عنوان «ناوبری ربات آگاه از انسان»، به بررسی مسأله ناوبری ربات‌های اجتماعی متمرکز است. دانته تزا و همکاران (۲۰۲۰)(نزا و همکاران, ۲۰۲۰) در مقاله خود با عنوان «آخرین هنر تعامل انسان و پهپاد»، به بررسی مفهوم تعامل انسان-ربات ها می‌پردازد. محمد کامل و همکاران (۲۰۲۰)(کامل و همکاران, ۲۰۲۰) در مقاله خود با عنوان «کنترل، شکل گیری و هماهنگی چندین وسیله نقلیه زمین‌پایه بدون سرنشین در شرایط عادی و معیوب»، به بررسی و تحلیل روش‌ها و راهکارهای کنترل تشکیلاتی و هماهنگی ربات‌های بی‌سرنشین زمین‌پایه چندگانه در شرایط عادی و نیازمندی‌های عملیاتی می‌پردازد.

روش‌شناسی پژوهش

در پژوهش حاضر در مرحله اول با استفاده از روش برگزاری جلسه طوفان فکری و مصاحبه با خبرگان ۸۴ مضمون مرتبط با تصاویر ممکن آینده رباتیک استخراج شد و مضامین در قالب قابلیت‌ها و کارکردهای ممکن آینده دسته‌بندی شدند. سپس در مرحله دوم با استفاده از روش دلفی دو مرحله‌ای، ۵۰ مضمون معتبر به عنوان نتایج نهایی گزارش شدند. مشارکت کنندگان پژوهش مشتمل بر خبرگان و متخصصان حوزه رباتیک، مهندسی نرم‌افزار، الکترونیک و سایر حوزه‌های مرتبط می باشد برای انتخاب خبرگان مشارکت کننده‌گان در دلفی از شیوهٔ نمونه گیری مبتنی بر معیار استفاده شده است. در نمونه گیری مبتنی بر معیار، واحدهای نمونه دارای ویژگی خاصی هستند که به شناخت و درک دقیق از موضوعات و مسائل اصلی کمک میکنند(عملکرد تحقیق کیفی: راهنمای دانشجویان و محققان علوم اجتماعی ,۲۰۰۳). در مراحل دلفی پرسشنامه ها برای خبرگان ارسال شد. خبرگان بر اساس میزان باورپذیری در افق ۱۴۱۴ به گزاره ها بر اساس طیف لیکرت نمرهٔ ۵-۱ امتیاز دادند. پس از هر مرحلهٔ دلفی، نتایج به کمک آمار توصیفی بر اساس سنجه های میانگین، انحراف معیار و دامنهٔ بین چارکی تجزیه و تحلیل شدند. دامنهٔ بین

چارکی از سنجه های پراکندگی است که با فاصلهٔ بین چارک اول و سوم برابر است. معیار قبول آرای خبرگان درخصوص هر عامل، کوچک تر مساوی بودن IQR از ۳۰درصد است که برای طیف لیکرت پنج‌تایی معیار $IQR \geq 1/2$خواهد بود (سکاران ,۲۰۰۳). جداول(۱) و (۲) اطلاعات آماری مربوط به دو مرحله دلفی را نشان می دهد.

تجزیه و تحلیل داده ها

مبتنی بر برگزاری جلسه طوفان فکری در حوزه رباتیک و همچنین انجام مصاحبه با خبرگان حوزه‌های مرتبط ۸۴ مضمون استخراج گردید. سپس مضامین استخراج شده در قالب دو دسته کارکرد و قابلیت طبقه‌بندی گردید. در گام بعدی مضامین تصاویر آینده رباتیک مبتنی بر تقسیم بندی صحنه نبرد آینده به انواع ربات‌های دریاپایه، زمین‌پایه، هواپایه و فضاپایه تفکیک گردید و در نهایت بمنظور تعیین مضامین معتبر و باور پذیر در افق ۱۴۱۴، در قالب پرسشنامه مبتنی بر فرآیند دلفی در اختیار خبرگان و متخصصین حوزه رباتیک قرار گرفت. نتایج تحلیل داده‌های پرسشنامه در جداول (۲) و (۳) ارایه گردیده است.

جدول ۲ : نتایج دلفی دو مرحله‌ای برای کارکردهای آینده ممکن رباتیک

انواع ربات	ردیف	کارکرد	مرحله اول			مرحله دوم		
			IQR	Mean	SD	IQR	Mean	SD
ربات‌های دریاپایه	۱	هوشمندی در جمع‌آوری اطلاعات	۰,۷۲	٤,۲	۱,۳۱	۰,۵	٤,۳	۰,۹۱
	۲	پایش حریم دریایی	۰,۸	۲,۱	۱,۲۲	۰,٤	۱,۳	۰,۸۵
	۳	امنیت مسیرهای دریایی	۱,۲	۲,۵	۰,۹٦	۰,۸	۱,۷	۰,۹
	۵	مراقبت و حفاظت از خطوط دریایی	۲,۱	۱,۸	۱,٤۱	۱,۵	۲,٤	۱,۲
	٦	کاوش و پایش مناطق ناشناخته	۱,۱	۳,۵	۰,۹	۰,٤	۳,۸	۰,۸۳
	۷	مهار کردن تهدیدات طبیعی دریایی	۱,٤	۲,٤	۰,۸۱	۰,۸	۲,۱	۰,۸۷
	۸	سیستم‌های تشخیص و از بین برنده تهدیدات	۰,۹	۳,۸	۱,۱	۰,۵	٤,۱	۰,۹۳

	۹	خودکارسازی و خودمختاری در کنش	۰,۹۱	۳,۷	۰,۹۱	۰,۸۱	٤,۲	۰,٥٤
	۱۰	تحقیق و پژوهش در اعماق دریا	۱,۳۲	۲,۳	۱,۳٤	۱,۱۲	۲,٥	۱,۱۷
	۱۱	کنش‌های ساختار یافته	۱,٥۲	٤,۳	۰,۹٥	۱,۲۲	٤,٥	۰,۸٤
	۱۲	مراقبت از محیط زیست	۱,۳۱	۲,٥	۱,٦۷	۱,۱۱	۱,۷	۱,۱۳
	۱۳	تحویل تجهیزات در مناطق صعب العبور	۰,۹٥	٤,۲	۰,۸٥	۰,۷٥	٤,٦	۰,۷۹
ربات‌های هواپایه	۱	کشاورزی هوشمند	۱,۲۲	۲,٦	۱,۹٥	۱,۰۲	۲,۱	۱,۷۳
	۲	هدایت و هماهنگی فعالیت‌ها	۰,۹٥	٤,۱	۰,٦۳	۰,٥٥	٤,٤	۰,٥٤
	۳	جمع‌آوری اطلاعات جغرافیایی	۰,۹۲	۳,۹	۰,۹٦	۰,۷۲	٤,٥	۰,٤۷
	٤	پشتیبانی فرا فعال در محیط فعالیت	۱,۲٥	۳,٥	۰,۸۷	۱,۰٥	٤,۳	۰,۳۹
	٥	نجات و امداد	۱,۷	۲,۸	۱,۲۳	۱,۲۷	۲,۱	۰,۹٤
ربات‌های زمین‌پایه	۱	حمل و نقل فوق سنگین	۱,۲۱	۳,٥	۱,۱۲	۱,۱۱	۳,۹	۰,۸۷
	۲	کمک به امنیت شهری	۱,۱٥	۳,۲	۱,۳٤	۱,۰٥	۳,٥	۰,٦۹
	۳	ارائه خدمات پستی	۲,۱	۲,۱	۱,۷۹	۱,٥	۲,٤	۱,٦٥
	٤	مراقبت از سالمندان یا بیماران	۱,۸٥	۳,۹	۱,۳٤	۱,۳٥	٤,۳	۰,۷۳
	٥	پاکسازی و نظافت شهری	۰,۹۲	٤,۱	۰,۷٥	۰,٤۲	٤,٦	۰,٤۱
	٦	پشتیبانی در حوادث طبیعی	۱,۲٥	۲,۳	۱,۸۹	۱,۰٥	۱,۸	۱,۰۲
	۷	تأمین منابع آب	۱,۷	۳,٥	۱,٤٥	۱,۲۷	۳,۸	۰,۸۹
	۸	پردازش پیشرفته داده‌های محیطی	۰,٥	٤,۲	۰,۹۷	۰,۳٥	٤,٥	۰,۸٦
	۹	ورزش‌های نوین در آینده	۰,۹٤	۲,۱	۰,۷۸	۰,٤۹	۲,۳	۰,٥٦
	۱۰	تحول در مشاغل آینده	۰,۷۳	۳,۸	۰,۹۲	۰,٤۲	٤,۱	۰,٤٦
	۱۱	جستجو و نجات در مناطق صعب‌العبور	۱,۰۱	۳,۹	۱,۰۲	۰,۹۱	۳,۷	۰,۹٥
	۱۲	افزایش استاندارد زندگی بشر	۰,۹۱	٤,۱	۰,۹۱	۰,۸٦	۳,۸	۰,۹۷
ربات‌های فضاپایه	۱	هدایت و کنترل سامانه‌های فضایی	۰,۹۲	۲,۳	۱,۸۲	۰,۸۹	۲,٤	۱,٥٦
	۲	توانایی‌های تداوم حیات در	۱,۲٥	۲,۳	۱,٦۷	۱,۰٥	۳,۱	۰,۹٦

		محیط‌های خشک و بیابانی فضایی						
	۳	بررسی و مدیریت آلودگی و زباله‌های فضایی	۱,۷	۲,۱	۱,٤٦	۱,۵	۱,۹۸	۰,۹۷
	۵	استخراج مواد معدنی کمیاب	۰,۷۲	۳,۵	۰,۹۵	۰,٤۵	۳,۹	۰,۸٦
	٦	مراقبت و حفاظت از محیط زیست	۱,۷	۲,۱	۱,٤٦	۱,۱۷	۲,۳	۰,۹۸
	۷	اکتشاف فضا	۰,۸۷	۳,٤	۱,۰۹	۰,۳۸	٤,۱	۰,۷۸
	۹	پایداری و تعمیر ربات‌ها	۱,۱۵	۲,۱	۱,۳۲	۱,۰۵	۲,٤	۰,۹۸
	۱۰	شبکه‌های حمل و نقل هوشمند و خودکار	۰,۹۲	۳,۵	۱,۲۳	۰,٤۲	۳,۷	۰,۷٤
	۱۱	مسکن و ایستگاه‌های فضایی	۰,۳۵	٤,۱	۰,۸۷	۰,۲۸	٤,٦	۰,٦۵
	۱۲	همکاری با انسان‌ها	۰,۷۲	٤,۱	۰,۹٤	۰,۳۲	٤,۳	۰,۸۵
	۱۳	ارتباطات میدانی	۱,۰۵	۳,٤	۱,۰۳	۰,٤۹	۳,۷	۰,۳۹
	۱٤	کاهش وقوع سانحه و اتفاقات ناخواسته در فضا	۰,٤۵	۲,٤	۱,۹٦	۰,۲	۱,۷٤	۱,۱۵
	۱۵	رصد سایبر سیاره‌ها	۱,۲۱	۲,٦	۱,۷۸	۰,۹۷	۲,۱	۰,۸۹
	۱٦	کاوش و استخراج منابع فضایی	۰,٦۵	٤,۳	۰,۸۷	۰,٤۳	٤,۱	۰,٦۹

جدول ۳: نتایج دلفی دو مرحله‌ای برای قابلیت های ممکن آینده رباتیک

انواع ربات	ردیف	قابلیت	مرحله اول			مرحله دوم		
			IQR	Mean	SD	IQR	Mean	SD
ربات‌های دریاپایه	۱	آزمایش اعماق اقیانوس	۱,٦۲	۲,۳	۱,٦۳	۱,۰۷	۱,۹	۱,۰۳
	۲	قابلیت تعمیر و نگهداری خودکار	۰,۸٤	۲,٦	۱,۲٦	۰,۷۵	۲,٤	۰,۹٦
	۳	غوطه‌وری فعال	۰,۷۳	۳,۵	۱,۱۷	۰,٤۸	٤,۱	۰,۸۷
	۵	چند منظورگی	۰,٤	٤,۳	۰,۹۸	۰,۲۵	٤,٤	۰,۹۳
	٦	کنترل‌پذیری از ماهواره	۰,۵۲	٤,۱	۰,۹۱	۰,۲۲	٤,٦	۰,۳٤
	۷	عملکرد خودکار و اتونومی	۰,۳۵	۳,۱	۱,۰٤	۰,۲۸	۳,۵	۰,۹۱
	۸	تهیه نقشه‌های زیرآبی دقیق و به‌روز	۱,۷	۲,۳	۱,۳۹	۱,۲۱	۲,۱	۱,۰۹

	۹	انجام ماموریت‌های خارج از آب	۰,۷۱	۳,۵	۱,۱٤	۰,٤۱	٤,۱	۰,۸۲
	۱۰	پیشرانش مبتنی بر انرژی امواج	۰,۹۲	۳,٦	۰,۹٥	۰,۳۲	٤,۲	۰,۷٥
	۱۱	پایشگر مستمر اطلاعات دریایی	۰,۸٤	۳,٥	۱,۱۹	۰,۳۹	۳,۷	۰,۹۷
	۱۲	اتصال شبکه‌ای با سایر تجهیزات دریاپایه	۰,٦۳	٤,۱	۰,۹۲	۰,٤۸	٤,٦	۰,۸۱
ربات‌های هواپایه	۱	نظارت و هماهنگی پیشرفته	۰,۷٦	٤,۱	۱,۰٥	۰,۳٦	٤,۷	۰,٥٦
	۲	ارائه خدمات اینترنت و ارتباطات از طریق پهپادها	۱,٦۱	۲,٤	۰,۹۳	۱,٤۳	۲,۲	۰,۹۱
	۳	شناسایی و تشخیص پیشرفته	۰,۳٥	۳,۹	۰,۹٦	۰,۳۳	٤,۲	۰,۸٥
	٤	بازرسی خطوط لوله، خطوط انتقال برق و تأسیسات صنعتی	۱,۸٦	۱,۹	۰,۸۷	۱,۲٤	۲,۳	۰,۸۱
	٥	متصل به سیستم ناوبری یکپارچه	۰,۹۸	۳,۷	۱,۱۲	۰,٤۸	٤,۱	۰,۷۳
	٦	نظارت بر محیط زیست	۱,۲٥	۱,۹۳	۱,۱۲	۰,۷٦	۱,٦	۰,۷٦
	۷	مداومت پروازی طولانی مدت	۰,٦۹	٤,۱	۱,۳٤	۰,٤٥	٤,٦	۰,۳۹
	۸	هوش ازدحامی	۰,۸۹	۳,٥	۱,۰۹	۰,٤۷	٤,۱	۰,۳۲
ربات‌های زمین‌پایه	۱	تجسم تصاویر و خواب‌ها	۰,۹۸	۱,٥	۱,۳٤	۰,۹۱	۱,۳	۰,۷۳
	۲	حرکت در شرایط سخت	۰,۹۲	۲,۳	۰,۷٥	۰,٥۳	۲,۱	۰,٤۱
	۳	شعور و هوش مصنوعی	۰,۷٦	۲,۷	۱,۸۹	۰,۷٦	۳	۰,۹۳
	٤	مکانیک تعاملی و پیشرفته	۱,۱۱	۳,۷	۰,۸۷	۰,٤۹	٤,۲	۰,۸۹
	٥	تعامل با محیط اطراف به شکل‌های جدید و ناشناخته	۰,۷٥	۲,٥	۱,۲۳	۱,۳٥	۱,۹	۱,۱۲
	٦	ارتباط ذهن به ذهن	۰,۸٤	۳,۹	۱,۱۲	۰,٤٦	٤,۲	۰,۹٤
	۷	پیش‌بینی پدیده‌های طبیعی	۰,۷۹	۳,٥	۱,۳٤	۰,۳٤	۳,۹	۰,۸۷
	۸	هوش مصنوعی خودآگاه	۰,٤۷	٤,۱	۰,۸۲	۰,۲٤	٤,۳	۰,٦۹
	۹	حسگرهای پیشرفته	۰,۳٦	۳,۲	۱,۱٤	۰,۳۱	٤,٥	۰,٤٥
	۱۰	ارتباطات فراگیر	۰,۷۳	۳,٥	۰,۷۳	۰,٤٦	٤,۳	۰,٦۳
ربات‌های فضاپایه	۱	تشخیص و بررسی ناهنجاری‌های فضایی ناشناخته	۱,۸۷	۱,٥	۱,٤۷	۱,۱۲	۲,۲	۱,۰۷
	۲	ذهن مصنوعی فراتر از هوش	۰,٦۹	۳,۸	۰,۹۹	۰,۳۷	٤,۲	۰,٤۹

		مصنوعی پیشرفته						
	۳	سیستم هدایت و کنترل	۰,٤٦	٤,۲	۰,۸٤	۰,٤۱	٤,٥	۰,٦٤
	٤	پایش و مدیریت دقیق زباله فضایی	۰,٥۹	٤,٤	۰,٥۷	۰,٤۸	٤,۸	۰,۲۷
	٥	مدیریت ریسک‌های فضایی	۰,۹۲	۳,٥	۰,۸۹	۰,۳٤	٤,٥	۰,٤۹
	٦	پردازشگری تصاویر	۰,٥۸	٤,۱	۰,٦٥	۰,۱۷	٤,٤	۰,۳۷
	۷	ارتباطات فضاپایه فراگیر	۰,٦٥	٤,۳	۰,٤۳	۰,٤۷	٤,٥	۰,۳٦
	۸	پرواز بین مداری	۰,٥۸	۳,۷	۰,۹۱	۰,۱۹	٤,۱	۰,٦۱

یافته‌های پژوهش

بـه منظـور ایجـاد اجمـاع و همگرایـی در آرای خبرگـان، در مرحلـهٔ اول دلفـی از مشـارکت کنندگان خواسته شد رأی خود در خصوص میزان باورپذیری و اعتبـار وقـوع هـر تصـویر، تـا حـد امکان توجیه مختصری را ذکر کنند. پیش از مرحلهٔ دوم دلفی، نظـرات و دلالـت‌هـای هـر یـک از مشارکت کنندگان به‌طور محرمانه توسط دیگر خبرگان خوانـده شـد. آنـالیز داده‌هـای گـردآوری شده بیانگر آن است که انحراف معیار مربوط به ۵۰ تصاویر، پس از دلفی دوم کـاهش یافتـه اسـت که مبیّن فزونی یافتن همگرایی میان نظرات خبرگان است. بر پایـه خروجـی دلفـی دوم در جـدول دامنهٔ میان چارکی شاخص میزان تأثیر بـرای تمـامی تصـاویر کـوچکتر مسـاوی ۰,۵ مقـدار IQR مویّد اجماع خبرگان پس از مرحلهٔ دوم دلفی است. قابل ذکر است کـه در تحلیـل برونـداد مرحلـهٔ دوم دلفی، داده های پرت که با میانگین فاصله‌ای بیش از دو برابـر انحـراف معیـار داشـتند، حـذف شدند و از این طریق مقدار دامنهٔ میان چارکی به حد مقبول رسید.

جدول ۴: قابلیت ها و کارکردهای رباتیک در افق ۱۴۱۴

انواع ربات	ردیف	قابلیت ها و کارکردهای رباتیک در افق ۱۴۱۴	
ربات‌های دریاپایه	۱	قابلیت‌ها	غوطه‌وری فعال
	۲		پیشرانش مبتنی بر انرژی امواج
	۳		انجام ماموریت‌های خارج از آب
	۴		اتصال شبکه‌ای با سایر دریاپایه‌ها

انواع ربات	ردیف	قابلیت ها و کارکردهای رباتیک در افق ۱۴۱۴	
	۵		عملکرد خودکار و اتونومی
	۶		کنترل‌پذیری از ماهواره
	۷		چند منظورگی
	۸		پایشگر مستمر اطلاعات دریایی
	۱	کارکردها	هوشمندی در جمع‌آوری اطلاعات
	۲		کنش‌های ساختار یافته
	۳		خودکارسازی و خودمختاری درکنش
	۴		کاوش و پایش مناطق ناشناخته
	۵		سیستم‌های تشخیص و از بین برنده تهدیدات
ربات‌های هواپایه	۱	قابلیت‌ها	نظارت و هماهنگی پیشرفته
	۲		شناسایی و تشخیص پیشرفته
	۳		متصل به سیستم ناوبری یکپارچه
	۴		مداومت پروازی طولانی مدت
	۵		هوش ازدحامی
	۱	کارکرد	نجات و امداد
	۲		هدایت و هماهنگی عملیات
	۳		پشتیبانی فرا فعال در صحنه عملیات
	۴		جمع‌آوری اطلاعات جغرافیایی
ربات‌های زمین‌پایه	۱	قابلیت‌ها	مکانیک تعاملی و پیشرفته
	۲		ارتباط ذهن به ذهن
	۳		پیش‌بینی پدیده‌های طبیعی
	۴		هوش مصنوعی خودآگاه
	۵		حسگرهای پیشرفته

انواع ربات	ردیف	قابلیت ها و کارکردهای رباتیک در افق ۱۴۱۴	
	۶		ارتباطات فراگیر
	۱	کارکرد	حمل و نقل فوق سنگین
	۲		کمک به امنیت شهری
	۳		مراقبت از سالمندان یا بیماران
	۵		پاکسازی و نظافت شهری
	۶		تحول در مشاغل آینده
	۷		پردازش پیشرفته داده‌های محیطی
	۸		تامین منابع آب
	۹		جستجو و نجات در مناطق صعب العبور
	۱۰		افزایش استاندارد زندگی بشر
ربات‌های فضاپایه	۱	قابلیت‌ها	ذهن مصنوعی فراتر از هوش مصنوعی پیشرفته
	۲		سیستم هدایت و کنترل
	۳		پایش و مدیریت دقیق زباله فضایی
	۴		ارتباطات فضاپایه فراگیر
	۵		پرواز بین مداری
	۶		مدیریت ریسک‌های فضایی
	۷		رهگیری سامانه‌های موشکی
	۸		پردازشگری تصاویر
	۱	کارکرد	اکتشاف فضا
	۲		شبکه‌های حمل و نقل هوشمند و خودکار
	۳		همکاری با انسان‌ها
	۴		مسکن و ایستگاه‌های فضایی
	۵		کاوش و استخراج منابع فضایی

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

برای تحقیق حول موضوع « تصویرپردازی قابلیت ها و کارکردهای آینده رباتیک در افق ۱۴۱۴» ، با استفاده از روش دلفی دو مرحله‌ای، ۵۰ مضمون معتبر به عنوان نتایج نهایی در قالب یک تصویر منسجم از قابلیت‌ها و کارکردهای ربات‌های دریاپایه، هواپایه، زمین‌پایه و فضاپایه به شرح زیر گزارش می‌شوند.

قابلیت‌های ربات‌های دریاپایه :

ربات‌های دریاپایه ، انواع خاصی از ربات‌های هستند که قادر به عملیات در زیر سطح آب هستند. این ربات‌ها برای انجام مأموریت‌های دریایی متنوعی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در زیر به برخی از قابلیت‌های این ربات‌ها اشاره می‌شود :

۱. غوطه‌وری فعال[1] : ربات‌های دریاپایه قادر به ورود به زیر سطح آب و حفظ استقرار در اعماق مختلف دریاها هستند. آنها با استفاده از سیستم‌های بالستیک، قادر به غواصی و غوطه‌وری در آب می‌باشند (کوستنکو و موکیوا, ۲۰۲۰).

۲. پیشرانش مبتنی بر انرژی امواج : پیشرانش مبتنی بر انرژی امواج یک قابلیت مهم است که در ربات‌های دریاپایه مورد استفاده قرار می‌گیرد. این قابلیت به ربات‌های دریاپایه امکان حرکت و مانور در محیط زیرآب را می‌دهد بدون اینکه نیازی به استفاده از موتورهای سنتی باشد. در پیشرانش مبتنی بر انرژی امواج، امواج صوتی یا امواج الکترومغناطیسی (مانند امواج صوتی، امواج رادار، یا امواج سونار) به عنوان منبعی برای ایجاد نیرو و حرکت در آب استفاده می‌شود.

۳. انجام ماموریت‌های خارج[2] از آب : ربات‌های دریاپایه می‌توانند برای انجام ماموریت‌های خارج از آب نیز به کار گرفته شوند. آنها می‌توانند بر روی فعالیت‌های سواحل و مأموریت‌های جستجو و نجات در آب را بر عهده بگیرند.

1 Active Immersion
2 External Missions

۴. اتصال شبکه‌ای با سایر دریاپایه‌ها : اتصال شبکه‌ای با سایر دریاپایه‌ها یک قابلیت مهم و پیشرفته در ربات‌های دریاپایه است. با این قابلیت، ربات‌های دریاپایه قادر خواهند بود به صورت بی‌سیم و از طریق شبکه‌های ارتباطی، به دیگر ربات‌ها و پایگاه‌های دریایی متصل شوند و اطلاعات را با آن‌ها به اشتراک بگذارند.

۵. عملکرد خودکار و اتونومی: ربات‌های دریاپایه آینده می‌توانند دارای قابلیت خودکارسازی و اتوماسیون بالا باشند. آنها قادر به انجام ماموریت‌های پیچیده دریایی بدون نیاز به کنترل انسانی مستقیم خواهند بود.

۶. کنترل‌پذیری از ماهواره : کنترل‌پذیری از ماهواره به عنوان یک قابلیت ربات‌های دریاپایه، به ربات‌ها این امکان را می‌دهد تا بتوانند از طریق ماهواره‌ها با سیستم هدایت و کنترل ارتباط برقرار کنند و دستورات را دریافت کنند.

۷. چند منظورگی : چند منظورگی[1] به عنوان یک قابلیت اصلی در ربات‌های دریاپایه توصیف می‌شود. این قابلیت به ربات‌های دریاپایه اجازه می‌دهد تا در مختلف وظایف و محیط‌ها عمل کنند و نقش‌های متنوعی را ایفا کنند. از جمله نقش‌های این ربات‌ها می‌توان به اکتشاف، جمع‌آوری اطلاعات، نظارت و پایش، حمل و نقل و عملیات دریاپایه اشاره نمود.

۸. پایشگر مستمر اطلاعات دریایی: این ربات‌ها با استفاده از حسگرهای پیشرفته با برخورداری از فناوری‌های حسگرهای بصری، حسگرهای صوتی، حسگرهای لمسی با دقت بالا و قابلیت تشخیص و ارزیابی محیط را دارند. آنها می‌توانند از طریق دوربین‌های ویدئویی، سنسورهای صوتی و سایر تکنولوژی‌های استنتاجی اطلاعات دریایی را تحلیل و دریافت کنند (تراچیانو و همکاران, ۲۰۲۰).

1 Versatility

قابلیت‌های ربات‌های هواپایه:

ربات‌های هواپایه با استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته و هوش مصنوعی طراحی و ساخته می‌شوند و قابلیت‌های متنوعی را دارا می‌باشند. در زیر به برخی از قابلیت‌های مهم ربات‌های هواپایه اشاره می‌شود :

۱. نظارت و هماهنگی پیشرفته: نظارت و هماهنگی پیشرفته برای ربات‌های هواپایه در آینده، به مجموعه‌ای از قابلیت‌ها و فناوری‌هایی اشاره دارد که در راستای بهبود عملکرد و کارکرد ربات‌های هواپایه مورد استفاده قرار می‌گیرند، به منظور افزایش کارایی، دقت و قابلیت اطمینان آنها در زمینه‌های مختلف مانند بررسی و رصد مناطق، شناسایی هدف‌ها، همچنین تجمیع و تحلیل داده‌ها به صورت بی‌درنگ و بسیار دقیق.

۲. شناسایی و تشخیص پیشرفته : ربات‌های هواپایه قابلیت شناسایی اشیاء و تصاویر را بر اساس یادگیری ماشینی توسعه خواهند داد. این قابلیت می‌تواند در ماموریت‌های شناسایی اهداف، تشخیص تهدیدها یا تشخیص موارد غیرمعمول مفید باشد.

۳. متصل به سیستم ناوبری یکپارچه : سیستم ناوبری یکپارچه، به عنوان یک قابلیت برای ربات‌های هواپایه، یک سیستم پیشرفته است که برای هدایت و کنترل دقیق حرکت و موقعیت ربات در فضا استفاده می‌شود. این سیستم از ترکیب مختلفی از فناوری‌ها و سنسورهای مختلف تشکیل شده است تا به ربات امکانات موقعیت‌یابی، مسیریابی و هدایت مناسب را در فضا ارائه دهد. این سیستم قابلیت‌های ارزشمندی مانند پیش‌بینی موقعیت آتی، ارائه اطلاعات و تصاویر در زمان واقعی، تشخیص و جلوگیری از تداخل با موانع و همچنین قابلیت اصلاح خطاهای موقعیتی را نیز داراست.

۴. مداومت پروازی طولانی مدت: مداومت پروازی طولانی مدت یکی از قابلیت‌های مهم و مورد نیاز در ربات‌های هواپایه است. این قابلیت به ربات‌ها اجازه می‌دهد برای مدت زمان طولانی و بدون نیاز به توقف مستمر در هوا حضور داشته باشند و وظایف خود را انجام دهند.

۵. هوش ازدحامی : ربات‌ها قادر خواهند بود در گروه‌های بزرگ هماهنگ و عمل کنند و از الگوریتم‌های اطلاعاتی ازدحام برای انجام کارهای پیچیده به طور جمعی استفاده کنند، مانند مأموریت‌های جستجو و نجات یا عملیات‌های نظارتی.

قابلیت‌های ربات‌های زمین‌پایه :

در زمینه توسعه ربات‌های زمین‌پایه ، قابلیت‌های پیشرفته ای که می‌توان به آن‌ها اشاره کرد عبارتند از :

۱. مکانیک تعاملی و پیشرفته : مکانیک تعاملی به مجموعه‌ای از فناوری‌ها و تکنیک‌های پیشرفته اشاره دارد که در آینده ممکن است در طراحی و کنترل ربات‌های زمین‌پایه استفاده شوند. این قابلیت به منظور بهبود عملکرد، قدرت، سرعت و انعطاف‌پذیری ربات‌های زمین‌پایه در شرایط سخت مورد استفاده قرار می‌گیرد. مکانیک تعاملی اصول و تکنیک‌هایی را شامل می‌شود که از طریق بهره‌گیری از روش‌های پیشرفته محاسباتی، طراحی بهینه و بهره‌وری بالا را در ربات‌های زمین‌پایه فراهم می‌کند. از جمله این تکنیک‌ها می‌توان به الگوریتم‌های ژنتیک، جستجوی تصادفی و بهینه‌سازی معیارهای چندگانه اشاره کرد.

۲. ارتباط ذهن به ذهن: در آینده ربات‌های زمین پایه قابلیت برقراری ارتباط مستقیم با ذهن انسان بدون استفاده از واسطه‌های دیگر، مانند امواج مغزی یا تکنولوژی تلفن همراه را دارا خواهند بود.

۳. پیش‌بینی پدیده‌های طبیعی : ربات های زمین پایه توانایی پیش‌بینی پدیده‌های طبیعی مانند زمین‌لرزه، طوفان‌ها یا سیلاب‌ها با استفاده از الگوریتم‌ها و مدل‌های هوشمند خواهند داشت.

۴. هوش مصنوعی خودآگاه : هوش مصنوعی خودآگاه یک قابلیت پیشرفته در ربات‌های زمین‌پایه است که به آنها امکان برقراری و درک واقعیت، خودبینی و خودارزیابی را می‌دهد. در حالی که هوش مصنوعی سنتی معمولاً بر اساس طرح‌ریزی قبلی و الگوریتم‌های محاسباتی استوار است، هوش مصنوعی خودآگاه قادر است از تجربه و مشاهده‌های خود یاد بگیرد و

خودش را بر اساس شرایط جدید و بهبود یافته تطبیق دهد. به عبارتی، هوش مصنوعی خودآگاه توانایی تفکر، دانش بهبود یافته، و قابلیت تداخل با محیط را در ربات‌های زمین‌پایه فراهم می‌کند.

۵. حسگرهای پیشرفته : ربات‌های زمین‌پایه آینده با استفاده از حسگرهای پیشرفته، قادر به تشخیص دقیق‌تر محیط اطراف و تحلیل اطلاعات بیشتری خواهند بود. این حسگرها می‌توانند شامل دوربین‌های پردازش تصویر، سنسورها و افکتورهای نوری، سنسورهای حرکت و سایر انواع حسگرهای محیطی باشند.

٦. ارتباطات فراگیر : "ارتباطات فراگیر در ربات های زمین‌پایه در آینده" به قابلیت رساندن و انتقال اطلاعات و دستورات به صورت یکپارچه و یکنواخت در سیستم ارتباطی ربات‌ها اشاره دارد. این قابلیت به ربات های زمین‌پایه امکان می‌دهد تا با یکدیگر و با سایر سامانه‌ها در محیط، ارتباط برقرار کنند و اطلاعات را با سرعت بالا و بدون اشکال به اشتراک بگذارند. این قابلیت شامل استفاده از فناوری‌های پیشرفته مانند شبکه‌های بی سیم پویا، فرکانس‌های باز و باند عریض، رمزنگاری قوی و پروتکل‌های ارتباطی پیشرفته می‌شود.

قابلیت‌های ربات‌های فضاپایه :

ربات‌های فضاپایه دارای قابلیت‌های متنوعی هستند که آنها را برای انجام وظایف در فضا مناسب می‌سازد. در ادامه، قابلیت‌های اصلی ربات‌های فضاپایه را بدون اشاره به کارکردهای خاص آنها بیان می‌کنم:

۱. ذهن مصنوعی فراتر از هوش مصنوعی پیشرفته : "ذهن مصنوعی فراتر از هوش مصنوعی پیشرفته یک قابلیت بسیار مهم است که به منظور توسعه و پیشرفت فناوری‌های رباتیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این قابلیت به سیستم‌های هوش مصنوعی ربات‌ها اجازه می‌دهد که به طور فعال با محیط اطراف خود در تعامل باشند و قادر به درک و تجزیه و تحلیل اطلاعات

محیطی، تصمیم‌گیری هوشمندانه و انجام وظایف پیچیده باشند. با این قابلیت، ربات های فضاپایه می‌توانند به صورت شبیه به انسان درک و پردازش اطلاعات را انجام دهند.

۲. سیستم هدایت و کنترل آینده : تکامل سیستم هدایت و کنترل ربات های فضاپایه در آینده به منظور بهبود عملکرد، دقت و قابلیت اطمینان آنها در شرایط پیچیده به عنوان یک قابلیت برجسته مورد توجه قرار خواهد گرفت. این سیستم جدید، با بهره‌گیری از نوآوری‌های پیشرفته در زمینه هوش مصنوعی، رمزنگاری، شبکه‌های ارتباطی پیشرفته و سنسورهای پیشرفته، امکان اجرای وظایف پیچیده و دشوار را با دقت و کارآیی بالاتر فراهم می‌کند.

۳. پایش و مدیریت دقیق زباله فضایی: ربات‌ها می‌توانند راهکارهای نوین برای مدیریت زباله فضایی ارائه دهند. این راهکارها ممکن است شامل ارائه پیشنهادات برای دور زدن زباله‌ها در مدارهای جدید، توسعه فناوری‌های جدید برای بهره‌برداری و بازیافت زباله‌های فضایی، یا طراحی سامانه‌های جدید برای شناسایی و از بین بردن زباله‌های خطرناک فضایی می‌شود.

۴. ارتباطات فضاپایه فراگیر : ارتباطات فضاپایه فراگیر به مفهوم استفاده از سیستم‌ها و فناوری‌های پیشرفته برای ارتباطات بی‌سیم در فضا است. این قابلیت منحصر به فرد در ربات‌های فضاپایه به دستاوردهای فناوری ارتباطات مبتنی بر فضا و فناوری‌های نوین ارتباطی برمی‌گردد که در آینده قابل پیاده‌سازی و استفاده خواهد بود. مزایای ارتباطات فضاپایه فراگیر در ربات‌های فضاپایه پوشش گسترده، قابلیت تطبیق، پایداری بیشتر و امنیت بالا می‌باشد.

۵. پرواز بین مداری : پرواز بین مداری یک قابلیت مهم در ربات‌های فضاپایه است که در آینده به وسیله پیشرفت فناوری فضایی و فناوری موتورهای جدید می‌تواند توسعه یابد. در آینده، ربات‌های فضاپایه می‌توانند قادر باشند به صورت مستقل و یا هماهنگ با دیگر ربات‌ها به صورت بین مداری حرکت کنند. با توانایی پرواز بین مداری، ربات‌های فضاپایه قادر خواهند بود به صورت مستقل به مأموریت‌های مختلف در فضا اعزام شوند.

۶. مدیریت ریسک‌های فضایی : قابلیت استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته برای تشخیص و مدیریت ریسک‌های فضایی مانند تاب‌آوری در مقابل اشعه فضایی، ناهمواری‌های جوی فضایی و سایر خطرات فضایی، به کاربرد تکنولوژی‌های مختلف در فضا مانند سنسورها و دستگاه‌های شناسایی، سیستم‌های پوشش محافظ، سیستم‌های سنجش و ردیابی و سیستم‌های ارتباطی و اطلاعاتی مرتبط است.

۷. پردازشگری تصاویر : در آینده، پردازشگری تصاویر به عنوان یکی از قابلیت‌های کلیدی ربات‌های فضاپایه توسعه خواهد یافت. با پیشرفت فناوری و افزایش توانایی هوش مصنوعی، ربات‌های فضاپایه قادر به جمع‌آوری و پردازش تصاویر به منظور شناسایی و تحلیل اطلاعات حیاتی خواهند بود. این قابلیت به ربات‌ها امکان می‌دهد تصاویری که از فضا یا مناطق مورد نظر دریافت می‌کنند را تحلیل کرده و اطلاعات مفیدی را استخراج نمایند.

کارکردهای ربات‌های دریاپایه

ربات‌های دریاپایه، در عملیات‌های دریایی و در حوزه‌های دیگری کاربرد دارند. در زیر به برخی از کاربردهای مهم این ربات‌ها اشاره می‌کنم :

۱. هوشمندی در جمع‌آوری اطلاعات : در آینده تکنولوژی جمع‌آوری اطلاعات در ربات‌های دریاپایه بهبود یافته و هوشمندی بیشتری را به این عملیات اضافه خواهد کرد. با بهره‌گیری از پیشرفت‌های قابل توجه در حوزه هوش مصنوعی، سنسورها، و فناوری‌های مرتبط، ربات‌های دریاپایه قادر خواهند بود اطلاعات بیشتری را در محیط زیرآب جمع‌آوری کنند.

۲. کنش‌های ساختار یافته: ربات‌های دریاپایه با استفاده از فناوری‌های پیشرفته تصویرپردازی و الگوریتم‌های هوش مصنوعی، قادر به شناسایی و مداخله در شرایط تهدیدات دریایی می‌باشند. آنها توانایی حمل و استفاده از ابزارها و تجهیزات مختلف را دارا هستند. این ربات‌ها قادر به همزمانی فعالیت در مناطق مختلف و ارتباط و هماهنگی با سایر واحدها را دارا هستند، تا در عملیات با هماهنگی و همکاری بیشتر شرکت کنند.

۳. خودکارسازی و خودمختاری در کنش‌های دریاپایه : در حوزه عملیات زیر آبی، استفاده از روش‌های خودکارسازی می‌تواند منجر به بهبود و بهینه‌سازی فرایندهای مختلف گردد. این روش‌ها قابلیت انجام وظایفی از جمله تحلیل محیط زیر آبی، تشخیص و تمییزدهی اشیاء موجود در آب، اجرای مانورها پیشرفته در آب، حفظ امنیت و حریم خصوصی و سایر فعالیت‌های مرتبط با کنش‌های دریاپایه را دارا می‌باشند.

۴. کاوش و پایش مناطق ناشناخته : با توجه به پیشرفت‌های فناوری و تکنولوژی در زمینه رباتیک و هوش مصنوعی، ربات‌های دریاپایه در آینده می‌توانند برای بررسی و کاوش مناطق ناشناخته در آب‌ها به کار گرفته شوند. این کارکرد نواورانه می‌تواند شامل کاوش مناطق عمیق آبی، بررسی محیط‌های آبی حساس اشاره نمود

۵. تشخیص و از بین بردن تهدیدات: سیستم‌های تشخیص و از بین بردن تهدیدات دریاپایه به ربات‌های دریاپایه امکان می‌دهند تا با استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته، تهدیدات دریاپایه را شناسایی کنند و به طور مؤثری با آن‌ها مقابله کنند. این سیستم‌ها می‌توانند از امواج صوتی و الکترومغناطیسی مختلف استفاده کنند تا اطلاعات لازم را درباره محیط دریاپایه جمع‌آوری کنند و تهدیدات را تشخیص دهند.

کارکردهای ربات‌های هواپایه:

ربات‌های هواپایه دارای کارکردهای گسترده‌ای هستند که در عملیات‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند. در زیر به برخی از کارکردهای مهم ربات‌های هواپایه اشاره می‌کنم :

۱. تحویل تجهیزات در مناطق فعالیت: تحویل تجهیزات در مناطق فعالیت به عنوان یک کارکرد مهم در ربات‌های هواپایه در آینده، اهمیت بسیاری دارد. ربات‌های هواپایه با استفاده از قابلیت پرواز و عملکرد خود، می‌توانند به عنوان وسیله‌ای برای حمل و نقل تجهیزات و تأمین نیازهای مختلف در مناطق فعالیت مورد استفاده قرار گیرند.

۲. هدایت و هماهنگی فعالیت‌ها: ربات‌های هواپایه در آینده به عنوان ابزاری موثر برای هدایت و هماهنگی فعالیت‌ها در محیط‌های مختلف استفاده خواهند شد. آنها قادر به ارسال اطلاعات مربوط به نقشه‌برداری، تصاویر هواپیما، و تشخیص هدف به تیم‌های مختلف می‌باشند و به برنامه‌ریزی و اتخاذ تصمیمات دقیق‌تر کمک می‌کنند. سیستم‌های مدیریت ترافیک نیز برای جلوگیری از تداخل ربات‌ها و مدیریت جابجایی و عبور و مرور آنها در صحنه‌های فعالیت با استفاده از شبکه‌های ارتباطی پیشرفته، سنسورها و الگوریتم‌های هوشمند به کار می‌روند.

۳. پشتیبانی فرا فعال در محیط فعالیت: شبکه حمل و نقل هوشمند در ربات‌های هواپایه دریایی به عنوان یک سیستم نوآورانه و پیشرفته استفاده می‌شود. این سیستم امکان برقراری ارتباط و همکاری همزمان بین ربات‌های هواپایه را فراهم می‌کند و عملیات حمل و نقل لجستیک را بهبود می‌بخشد. شبکه حمل و نقل هوشمند بر پایه اصول هوش مصنوعی و شبکه‌های سنسوری عمل می‌کند و توانایی پشتیبانی فعال از فرایندهای حمل و نقل در محیط فعالیت را داراست.

۴. جمع‌آوری اطلاعات جغرافیایی : جمع‌آوری اطلاعات جغرافیایی یکی از کارکردهای حیاتی ربات‌های هواپایه است. این ربات‌ها، با استفاده از فناوری‌های پیشرفته و سیستم‌های حسگر قدرتمند، قادر به جمع‌آوری و تحلیل اطلاعات مرتبط با مکان و محیط اطراف خود هستند. با استفاده از سیستم‌های مانیتورینگ و حسگرهای متنوع مانند دوربین‌ها، رادارها، سنسورهای تشخیص حرارتی و لیزری، ربات‌های هواپایه می‌توانند به طور فعال اطلاعات مکانی مفید را از محیط اطراف خود جمع‌آوری کنند. این اطلاعات شامل تصاویر مکانی، اطلاعات راداری، اطلاعات تشخیص حرارتی و سایر اطلاعات مکانی می‌شود. این اطلاعات قابل استفاده در زمینه‌های مختلفی از جمله برنامه‌ریزی شهری، مدیریت منابع طبیعی و کمک به عملیات امداد و نجات می‌باشد.

کارکردهای ربات‌های زمین‌پایه :

ربات‌های زمین‌پایه آینده با استفاده از فناوری‌های پیشرفته، قابلیت‌ها و کارکردهای متنوعی را خواهند داشت. در زیر فناوری‌های پیشرفته مرتبط با کارکردهای ربات‌های زمین‌پایه آینده را بررسی می‌کنیم :

۱. حمل و نقل فوق سنگین : ربات‌های زمین‌پایه آینده با استفاده از فناوری‌های پیشرفته مانند موتورهای قدرتمند و سیستم‌های تراشه‌ای پیشرفته، قابلیت حمل و نقل بار سنگین را خواهند داشت. این ربات‌ها می‌توانند برای انتقال مواد، تجهیزات و تأمین نیازها دارا باشند.

۲. کمک به امنیت شهری: ربات‌های زمین‌پایه می‌توانند در تامین امنیت شهری نقشی مهم ایفا کنند. آن‌ها می‌توانند با استفاده از سنسورها و دوربین‌های پیشرفته، به طور هوشمند نظارت بر مناطق خطرناک، تشخیص تخلفات رانندگی، تشخیص ترافیک غیرمجاز و کمک به پلیس در پیگیری جرائم را انجام دهند.

۳. مراقبت از سالمندان یا بیماران: به عنوان یک کارکرد مهم و مؤثر ربات‌های زمینی در آینده مطرح است. با رشد جمعیت سالمند و نیاز روزافزون به خدمات بهداشتی و پزشکی، ربات‌های زمینی می‌توانند نقشی برجسته را در مراقبت و پشتیبانی از سالمندان و بیماران ایفا کنند. پشتیبانی در فعالیت‌های روزمره، ارتباط و همراهی اجتماعی، نظارت پزشکی و ارائه خدمات بهداشتی، تسهیل دسترسی به خدمات بهداشتی، رفع اشتیاق و تفریح از جمله کارکردهای ربات‌ها در حوزه مراقبت از سالمندان یا بیماران می‌باشد.

۴. تشخیص و کاهش خطر انفجار : در صنعت معدن، انفجار ممکن است به دلیل استخراج مواد معدنی یا انجام فعالیت‌های مربوط به حفاری و حمل و نقل مواد منفجره رخ دهد. در این حوزه، تشخیص زودهنگام و کاهش خطر انفجارها از اهمیت بالایی برخوردار است. با استفاده از تکنولوژی‌های تصویرپردازی پیشرفته و سیستم‌های حسگر قدرتمند، می‌توان روش‌هایی برای تشخیص مواد منفجره در معدن‌ها توسعه داد. این سیستم‌ها می‌توانند از تصاویر و

داده‌های حسگرها استفاده کنند تا مواد منفجره را شناسایی کرده و از طریق سیستم هشداردهنده به کارکنان معدن اطلاع دهند.

۵. پاکسازی و نظافت شهری: ربات‌های زمین‌پایه قادر به پاکسازی خیابان‌ها، میدان‌ها، پارک‌ها و مناطق عمومی شهری می‌باشند. آن‌ها می‌توانند به صورت خودکار زباله‌ها را جمع‌آوری کنند، سطح شهر را تمیز نگه دارند و در مدیریت پسماندها و بازیافت آن‌ها نقش بسیار مؤثری داشته باشند.

۶. تحول در مشاغل آینده : با توجه به رشد قدرت محاسباتی کامپیوترها، یادگیری ماشین به عنوان یک پیشرانه بسیار قابل توجه شناخته می‌شود. ماشین‌ها بخش عمده‌ای از کارهای تولید و توزیع خرده‌فروشی را به خود اختصاص خواهند داد. آن‌ها قادر به جایگزینی بسیاری از شغل‌های کارکنان سفید پوش هستند، شامل کارهای حقوقی روزمره (مانند مالکیت معاملاتی)، حسابداری، برنامه‌نویسی کامپیوتر، تشخیص پزشکی و حتی جراحی.

۷. تأمین منابع آب: یکی از بحران‌های جدی آینده مسئله آب می باشد. ربات‌های زمین‌پایه می‌توانند در تأمین منابع آب شامل شناسایی منابع آبی جدید، تصفیه، توزیع آب رسانی و استخراج منابع آبی زیرزمینی نقش فعالی خواهند داشت.

۸. جستجو و نجات در مناطق صعب العبور : ربات‌های زمین‌پایه آینده می‌توانند در عملیات جستجو و نجات مؤثر باشند. با استفاده از تصاویر و اطلاعاتی که از حسگرهای پیشرفته جمع‌آوری می‌شود، این ربات‌ها قادر به تحلیل و جستجو در مناطق سخت‌تر را دارند و می‌توانند در نجات افراد مفقود شده کمک کنند.

۹. افزایش استاندارد زندگی بشر : در طول تاریخ مشاهده شده است که اتوماسیون و مکانیزاسیون استاندارد کلی زندگی را افزایش می‌دهد. همانطور که در گذشته مشاهده شد، در آینده فناوری نقش بزرگی در اقتصاد جهانی و استانداردهای در ابعاد مختلف زندگی بشر خواهد داشت.

کارکردها- ربات‌های فضاپایه :

ربات‌های فضاپایه برای انجام وظایف در فضا و در سطح‌های مختلفی استفاده می‌شوند. برخی از کارکردهای مهم ربات‌های فضاپایه عبارتند از :

۱. اکتشاف فضا : ربات‌های فضاپایه می‌توانند برای اکتشاف و بررسی سیارات، ماه، اقیانوس‌های فضایی و مناطق ناشناخته فضا، مورد استفاده قرار گیرند. آنها می‌توانند به عنوان جاسوسانی برای جمع‌آوری اطلاعات مهم از نقاط دوردست که برای انسان غیرقابل دسترس هستند، عمل کنند.

۲. شبکه‌های حمل و نقل هوشمند و خودکار: ربات‌های فضاپایه می‌توانند برای حمل و نقل و انتقال به صورت خودکار و بدون نیاز به انسان استفاده شوند. آنها می‌توانند بارها، تجهیزات و مواد مورد نیاز را به فضاپیماها، ایستگاه‌های فضاپایه یا نقاط دیگر در فضا منتقل کنند.

۳. همکاری با انسان‌ها : ربات‌های فضاپایه در آینده می‌توانند به عنوان همکارانی برای انسان‌ها در فضا عمل کنند. آنها می‌توانند در تکمیل وظایف پیچیده، ارائه پشتیبانی فنی و علمی، و همچنین به اشتراک گذاری اطلاعات و تجربیات، به انسان‌ها کمک کنند.

۴. مسکن و ایستگاه‌های فضایی : ربات‌های فضاپایه می‌توانند در فرآیند ساخت و بهره‌برداری از مسکن و ایستگاه‌های فضایی، نقش مهمی ایفا کنند. آنها می‌توانند در ساختار و نگهداری این ایستگاه‌ها کمک کنند و به عنوان کمک‌هایی برای انسان‌ها در محیط فضایی عمل کنند.

۵. کاوش و استخراج منابع فضایی : ربات‌های فضاپایه می‌توانند برای کاوش و استخراج منابع فضایی مورد استفاده قرار گیرند. آنها می‌توانند به عنوان کارگران خودکار در معادن فضایی عمل کنند و از طریق استخراج و بهره‌برداری منابع فضایی مانند مواد معدنی، آب و انرژی، به پایداری و پیشرفت بشر کمک کنند.

فهرست منابع

Bhore, P. R. (2016). A survey on nanorobotics technology. International Journal of Computer Science & Engineering Technology, 7(09).

Billing, D. C., Fordy, G. R., Friedl, K. E., & Hasselstrøm, H. (2021). The implications of emerging technology on military human performance research priorities. Journal of Science and Medicine in Sport, 24(10). https://doi.org/10.1016/j.jsams.2020.10.007

Biswal, P., & Mohanty, P. K. (2021). Development of quadruped walking robots: A review. Ain Shams Engineering Journal, 12(2), 2017–2031. https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.11.005

Blöcher, K., & Alt, R. (2021). AI and robotics in the European restaurant sector: Assessing potentials for process innovation in a high-contact service industry. Electronic Markets, 31(3). https://doi.org/10.1007/s12525-020-00443-2

Cai, Y., He, M., Yue, X., Zheng, Y., Chen, J., Wu, S., Heng, Z., & Zhou, X. (2023). State of the art and future trends in obstacle-surmounting unmanned ground vehicle configuration and dynamics. Robotica, 1–23. https://doi.org/10.1017/S0263574723000577

Chen, Z., Chen, K. C., Dong, C., & Nie, Z. (2021). 6G Mobile Communications for Multi-Robot Smart Factory. Journal of ICT Standardization, 9(3). https://doi.org/10.13052/jicts2245-800X.934

Dromnelle, R., Renaudo, E., Chetouani, M., Maragos, P., Chatila, R., Girard, B., & Khamassi, M. (2022). Reducing Computational Cost During Robot Navigation and Human–Robot Interaction with a Human-Inspired Reinforcement Learning Architecture. International Journal of Social Robotics. https://doi.org/10.1007/s12369-022-00942-6

Gonzalez, G. T., Kaur, U., Rahman, M., Venkatesh, V., Sanchez, N., Hager, G., Xue, Y., Voyles, R., & Wachs, J. (2021). From the Dexterous Surgical Skill to the Battlefield - A Robotics Exploratory Study. Military Medicine, 186. https://doi.org/10.1093/milmed/usaa253

Habuza, T., Navaz, A. N., Hashim, F., Alnajjar, F., Zaki, N., Serhani, M. A., & Statsenko, Y. (2021b). AI applications in robotics, precision medicine, and medical image analysis: an overview and future trends. Informatics in Medicine Unlocked.

Hamed, O., Hamlich, M., & Ennaji, M. (2022). Hunting strategy for multi-robot based on wolf swarm algorithm and artificial potential field. Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, 25(1). https://doi.org/10.11591/ijeecs.v25.i1.pp159-171

Kamel, M. A., Yu, X., & Zhang, Y. (2020). Formation control and coordination of multiple unmanned ground vehicles in normal and faulty situations: A review. Annual Reviews in Control, 49, 128–144. https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2020.02.001

Li, W. S., Yan, Q., Chen, W. T., Li, G. Y., & Cong, L. (2021). Global Research Trends in Robotic Applications in Spinal Medicine: A Systematic Bibliometric Analysis. World Neurosurgery, 155. https://doi.org/10.1016/j.wneu.2021.08.139

Meshram, A. T., Vanalkar, A. V., Kalambe, K. B., & Badar, A. M. (2022). Pesticide spraying robot for precision agriculture: A categorical literature review and future trends. Journal of Field Robotics, 39(2). https://doi.org/10.1002/rob.22043

Möller, R., Furnari, A., Battiato, S., Härmä, A., & Farinella, G. M. (2021). A survey on human-aware robot navigation. Robotics and Autonomous Systems, 145, 103837. https://doi.org/10.1016/j.robot.2021.103837

Mouha, R. A. (2021). Deep Learning for Robotics. Journal of Data Analysis and Information Processing, 09(02). https://doi.org/10.4236/jdaip.2021.92005

Newman, R. A. (2021). Robotics, AI and Humanity. Political Economy of Communication, 9(1). https://doi.org/10.1007/978-3-030-54173-6

Park, M., Britton, D., Daley, W., McMurray, G., Navaei, M., Samoylov, A., Usher, C., & Xu, J. (2022). Artificial intelligence, sensors, robots, and transportation systems drive an innovative future for poultry broiler and breeder management. Animal Frontiers, 12(2). https://doi.org/10.1093/af/vfac001

Ren, K., & Yu, J. (2021). Research status of bionic amphibious robots: A review. Ocean Engineering, 227, 108862. https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.108862

Suyatmo, S., Cahyadi, C. I., Syafriwel, S., Khair, R., & Idris, I. (2020). Rancang Bangun Prototype Robot Pengantar Barang Cargo Berbasis Arduino Mega Dengan IOT. Jurnal Sistem Komputer dan Informatika (JSON), 1(3). https://doi.org/10.30865/json.v1i3.2186

Terracciano, D. S., Bazzarello, L., Caiti, A., Costanzi, R., & Manzari, V. (2020). Marine Robots for Underwater Surveillance. Current Robotics Reports, 1(4). https://doi.org/10.1007/s43154-020-00028-z

Theodore, N., Arnold, P. M., & Mehta, A. I. (2018). Introduction: The rise of the robots in spinal surgery. Neurosurgical Focus, 45. https://doi.org/10.3171/2018.7.FOCUSVID.INTRO

Vatan, A., & Dogan, S. (2021). What do hotel employees think about service robots? A qualitative study in Turkey. Tourism Management Perspectives, 37. https://doi.org/10.1016/j.tmp.2020.100775

Von Braun, J., Archer, M. S., Reichberg, G. M., & Sorondo, M. S. (2021). Robotics, AI, and humanity: Science, ethics, and policy. در Robotics, AI, and Humanity: Science, Ethics, and Policy. https://doi.org/10.1007/9783030541736

Wang, Q., Lu, X., Yuan, N., Jiang, P., Yao, J., Liu, Y., & Ding, J. (2023). Centimeter-Scale Underwater Robot With High-Speed Inspired by Jellyfish. IEEE Robotics and Automation Letters, 8(5), 2976–2982. https://doi.org/10.1109/LRA.2023.3261760

Xu, K., & Perez-Arancibia, N. O. (2020). Electronics-Free Logic Circuits for Localized Feedback Control of Multi-Actuator Soft Robots. IEEE Robotics and Automation Letters, 5(3). https://doi.org/10.1109/LRA.2020.2982866

Yigitcanlar, T., & Cugurullo, F. (2020). The sustainability of artificial intelligence: an urbanistic viewpoint from the lens of smart and sustainable cities. Sustainability (Switzerland), 12(20). https://doi.org/10.3390/su1220854