

Intelligent Robots in Smart Environments: Applications of Recent Advances in Deep Learning and the Internet of Things

Morteza Tabrizi^{1,*}, Ramin Isa Bagloo²

^{*1}Master of Engineering and Computer Science - Artificial Intelligence, Islamic Azad University (North Tehran),

morteza.tabrizi.mt@gmail.com

² PhD in Computer Architecture, Islamic Azad University (North Tehran),

ramineisabagloo@gmail.com

Abstract

This study provides a comprehensive examination of the applications of intelligent robots in smart environments, with a focus on recent advancements in deep learning and the Internet of Things (IoT). Employing a qualitative review methodology, reputable peer-reviewed scientific articles from 2020 to 2025 were analyzed across six key domains: education, space exploration, polar exploration, nanoscale medicine, autonomous transportation, and underwater exploration. The results underscore the high precision of these technologies in diverse applications, including 97.16% accuracy in interactive learning prediction, 95% efficacy in targeted drug delivery, and a 33% reduction in accidents within autonomous transportation systems. Furthermore, explorer robots in space exploration and drones in polar exploration demonstrated substantial performance in unknown environments, achieving autonomous navigation capabilities and an average F1-score of 0.89, respectively. These findings highlight the potential of intelligent robots to enhance efficiency, safety, and sustainability in interconnected environments, while underscoring persistent challenges—such as environmental noise, battery constraints, and data security—that warrant future research.

Keywords

Intelligent Robots, Smart Environments, Internet of Things (IoT), Deep Learning, Autonomous Applications.

ربات های هوشمند در محیط های هوشمند: کاربردهای پیشرفت های اخیر در یادگیری عمیق و اینترنت اشیا

مرتضی تبریزی^{۱*}، رامین عیسی بگلو^۲

^{۱*} دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد، گروه مهندسی و علوم کامپیوتر-هوش مصنوعی، واحد تهران

شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

morteza.tabrizi.mt@gmail.com

^۲ دانشجوی مقطع دکتری، گروه معماری کامپیوتر، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

ramineisabagloo@gmail.com

چکیده

این مطالعه به بررسی جامع کاربردهای ربات های هوشمند در محیط های هوشمند با تمرکز بر پیشرفت های اخیر در یادگیری عمیق و اینترنت اشیا پرداخته است. با استفاده از روش مرور کیفی، مقالات علمی معتبر از سال های ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۵ در شش حوزه کلیدی (آموزش، اکتشافات فضایی، اکتشافات قطبی، پزشکی نانو مقیاس، حمل و نقل خودران و اکتشافات زیر آب) تحلیل شدند. نتایج، نشان دهنده دقت بالای این فناوری ها در کاربردهای مختلف، از جمله ۹۷,۱۶٪ در پیش بینی یادگیری تعاملی، ۹۵٪ در تحویل هدفمند دارو و ۳۳٪ کاهش تصادفات در حمل و نقل خودران است. همچنین ربات های کاوشگر در اکتشافات فضایی و پهپادها در اکتشافات قطبی، به ترتیب با نوبری خودکار و میانگین $F1-Score = 0.89$ ، کارایی قابل توجهی از خود در محیط های ناشناخته نشان دادند. این یافته ها پتانسیل ربات های هوشمند را برای بهبود کارایی، ایمنی و پایداری در محیط های متصل برجسته می کنند؛ در حالی که چالش هایی مثل نویز محیطی، محدودیت های باتری و ایمنی داده ها نیاز به تحقیقات آینده دارند.

کلمات کلیدی

ربات های هوشمند، محیط های هوشمند، اینترنت اشیا، یادگیری عمیق، برنامه های خودمختار.

۱- مقدمه

با تحلیل داده های ویدیویی به کمک یادگیری عمیق، جراحی هایی با دقت بالاتر انجام می دهند [۱]. در صنایع نیز، خطوط تولید خودکار با بهره گیری از سیستم های مبتنی بر اینترنت اشیا و هوش مصنوعی، کارایی و ایمنی را بهبود بخشیده اند [۲]. همچنین در خانه های هوشمند، ابزارهایی مانند سیستم های مدیریت انرژی با استفاده از اینترنت اشیا و یادگیری عمیق، مصرف را بهینه می کنند [۳]. این کاربردها تنها در محیط هایی امکان پذیر است که به لطف اتصال دستگاه ها و تحلیل پیشرفته داده ها، به سطح بالایی از هوشمندی رسیده باشند. چنین پیشرفت هایی نشان دهنده ظرفیت بالای این فناوری ها برای پاسخگویی به نیازهای روبه رشد جوامع امروزی است.

ربات های هوشمند، اینترنت اشیا و یادگیری عمیق به عنوان فناوری های تحول آفرین، پتانسیل عظیمی برای بهبود حوزه های مختلف زندگی دارند و در عین حال چالش های پیچیده ای را مطرح می کنند. این مطالعه با هدف بررسی جامع کاربردهای این فناوری ها، شش حوزه کلیدی را انتخاب کرده است: آموزش (به دلیل تأثیر بر یادگیری تعاملی و دسترسی برابر)، اکتشافات فضایی (به دلیل نیاز به مأموریت های خودکار در محیط های خشن)، اکتشافات قطبی (برای نظارت بر تغییرات اقلیمی و حفاظت زیست محیطی)، پزشکی نانو مقیاس (به خاطر نوآوری در درمان های پیشرفته در پزشکی)، حمل و نقل خودران (برای کاهش ترافیک، افزایش ایمنی و پایداری زیست محیطی) و اکتشافات زیر آب (برای مدیریت منابع اقیانوسی و عملیات نجات).

این حوزه ها بر اساس معیارهایی مثل اهمیت اجتماعی، چالش های فنی و پتانسیل نوآوری انتخاب شده است؛ اما همچنین به دغدغه های جهانی و ملی پاسخ می دهند. رقابت بین دولت ها و قدرت های جهانی برای قدرت نمایی و پیشی گرفتن از یکدیگر در این حوزه ها، یکی از انگیزه های اصلی توسعه این فناوری ها است؛ زیرا این حوزه ها نه تنها به پیشرفت علمی کمک می کنند، بلکه در حوزه های سیاسی، اقتصادی و نظامی نیز نقش کلیدی دارند. علاوه بر این، این حوزه ها جزو مسائل روز دانشگاه ها و مراکز تحقیقاتی بشمار می روند و غفلت از پیشرفت های علمی در آن ها می تواند کشورهایی را از رقابت جهانی عقب نگه دارد.

در این میان، تحلیل وضعیت کشور ایران نیز نشان می دهد که علی رغم پتانسیل بالای این فناوری ها، توجه کافی به کاربرد هوش مصنوعی، اینترنت اشیا و ربات های هوشمند در این شش حوزه وجود ندارد. بر اساس اطلاعات عمومی و گزارش های غیررسمی، ایران به رغم پیشرفت هایی در هوش مصنوعی و رباتیک (مثلاً در دانشگاه ها و شرکت های دانش بنیان)، هنوز در توسعه زیرساخت های اینترنت اشیا برای حمل و نقل خودران، اکتشافات فضایی یا نظارت زیست محیطی قطبی و زیرآب، با چالش هایی مثل کمبود سرمایه گذاری، محدودیت های فناوری، تحریم ها و فقدان سیاست گذاری های جامع مواجه است. این وضعیت، ضرورت توجه بیشتر به این حوزه ها را برجسته می کند تا ایران بتواند در رقابت جهانی و حل چالش های داخلی، جایگاه خود را تقویت کند. با این حال، به دلیل محدودیت های دسترسی به داده های دقیق و مقالات علمی داخلی به روز در این زمینه، این تحلیل بر اساس شواهد کلی و منطق علمی انجام شده است. این مطالعه با مرور مقالات به روز بین المللی (۲۰۲۰-۲۰۲۵)، شکاف های تحقیقاتی، چالش ها و فرصت های این حوزه ها را شناسایی کرده و راهنمایی هایی برای تحقیقات آینده ارائه می دهد.

پیشرفت دنیای واقعی، مجازی و فناوری به گونه ای در هم تنیده است که توسعه هر یک به دیگری وابسته می باشد. ویژگی کلیدی این حوزه ها، محیط های خاص آن ها است که با حرکت به سوی هوشمندی، زمینه ساز ظهور ابزارهای هوشمند مانند ربات ها و سنسورها شده است. این ابزارها با بهره گیری از فناوری هایی نظیر یادگیری عمیق و اینترنت اشیا، توانایی های نوآورانه ای را در محیط های متصل به نمایش می گذارند و زندگی انسان را بهبود می بخشند. ابزارهای هوشمند مانند ربات ها و سنسورها، در محیط های هوشمند قابلیت هایی را به نمایش می گذارند که زندگی انسان را بهبود می بخشد. این ابزارها وظایفی را بر عهده می گیرند که یا به دلیل تکراری بودن، خسته کننده و مستعد خطای انسانی هستند؛ یا به دقت، سرعت و مهارت هایی فراتر از توانایی های انسانی نیاز دارند. برای مثال، ربات های خودکار در خانه ها وظایف روزمره مانند نظافت را انجام می دهند؛ در حالی که در صنایع، ربات های پیشرفته با دقت بالا قطعات را مونتاژ می کنند. این توانایی ها نه تنها کارایی را افزایش می دهند، بلکه نشان دهنده ظرفیت بالای این ابزارها برای سازگاری با نیازهای متنوع محیط های هوشمند است.

ربات ها و سنسورها در زمینه های گوناگون از زندگی روزمره تا صنایع پیشرفته، نقش مهمی ایفا می کنند. عملکرد مؤثر آن ها در محیط های هوشمند، به توانایی درک و سازگاری با شرایط محیطی وابسته است. برخلاف ابزارهای سنتی که تنها بر اساس دستورات از پیش تعیین شده عمل می کنند. این ابزارها از قابلیت هایی برخوردارند که امکان آگاهی از محیط و تصمیم گیری بر اساس آن را فراهم می کند. این ویژگی ها که فراتر از برنامه ریزی های ساده عمل می کنند، نیاز به فناوری های پیشرفته تر را برای ارتقای کارایی برجسته می سازد. سنسورها در این میان نقش کلیدی در جمع آوری داده های محیطی دارند. با ظهور اینترنت اشیا، سنسورها هوشمندتر شدند و توانایی برقراری ارتباط و انجام عملیات بهینه بر اساس شرایط محیط را به دست آوردند. با این حال، این پیشرفت محدودیت هایی نیز داشت. اگرچه سنسورها از محیط آگاه بودند اما درک عمیقی از آن نداشتند. ربات های هوشمند با بهره گیری از سنسورها و استفاده از هوش مصنوعی این کاستی را برطرف کردند و توانستند تحلیل پیشرفته تری از محیط ارائه دهند.

هوش مصنوعی به عنوان محور عملکرد ربات های هوشمند، با بهره گیری از فناوری یادگیری عمیق به سطح جدیدی از کارایی رسیده است. یادگیری عمیق که شاخه ای پیشرفته از هوش مصنوعی است، به ربات ها امکان می دهد تا با تحلیل حجم عظیمی از داده های جمع آوری شده توسط سنسورها، الگوها را شناسایی کنند و تصمیمات پیچیده تری بگیرند. برای مثال، ربات هایی که در محیط های ناشناخته مانند انبارهای بزرگ یا مناطق امدادی کار می کنند، با استفاده از یادگیری عمیق می توانند موانع را تشخیص دهند و مسیر بهینه را انتخاب کنند. این قابلیت که با ترکیب اینترنت اشیا و یادگیری عمیق تقویت می شود، ربات های هوشمند را به ابزارهایی تبدیل کرده است که نه تنها واکنش نشان می دهند، بلکه پیش بینی و یادگیری مداوم دارند.

ترکیب اینترنت اشیا و یادگیری عمیق کاربردهای گسترده ای را در محیط های هوشمند به دنبال داشته است. در حوزه پزشکی، ربات های هوشمند

و پایداری را افزایش می‌دهند [۳]. اینترنت اشیا همچنین با ارائه داده‌های لحظه‌ای، به ربات‌های هوشمند امکان تعامل بهتر با سیستم‌ها را داده است، به‌ویژه وقتی با الگوریتم‌های عمیق برای تحلیل دقیق‌تر داده‌ها همراه شود [۶]. برای مثال در تولید هوشمند دستگاه‌های متصل، اطلاعاتی فراهم می‌کنند که ربات‌ها از آن برای بهینه‌سازی عملیات و کاهش خطرات استفاده می‌کنند [۲]. این توانایی اتصال و تحلیل داده‌ها، محیط‌های هوشمند را به سطح جدیدی از کارایی رسانده است؛ اما چالش‌هایی مانند امنیت داده‌ها و نیاز به زیرساخت‌های پیشرفته همچنان باقی است.

تحقیقات اخیر نشان داده است که ربات‌های هوشمند، اینترنت اشیا و یادگیری عمیق در حوزه‌هایی مثل آموزش [۹]، حمل‌ونقل [۱۰] و اکتشافات زیر آب [۱۱] کاربردهای گسترده‌ای دارند. این مطالعه با تمرکز بر حوزه‌هایی که تأثیرات اجتماعی، فنی و زیست‌محیطی بالایی دارند (مثل اکتشافات فضایی و قطبی)، شکاف‌های تحقیقاتی را شناسایی کرده و مقالات مرتبط را با معیارهایی مثل به‌روز بودن و کیفیت علمی بررسی کرده است.

۳- روش شناسی

این مطالعه از روش مرور کیفی برای تحلیل و دسته‌بندی مقالات علمی استفاده کرده است تا کاربردهای ربات‌های هوشمند، اینترنت اشیا و یادگیری عمیق را در شش حوزه اصلی (آموزش، اکتشافات فضایی، اکتشافات قطبی، پزشکی نانو مقیاس، حمل‌ونقل خودروان و اکتشافات زیرآب) به‌صورت جامع و ساختارمند بررسی کند. هدف اصلی این بخش شناسایی چالش‌ها، کاربردهای عملی و فرصت‌های آینده این فناوری‌ها در هر حوزه است تا تصویری کامل و علمی از پتانسیل و محدودیت‌های آن‌ها ارائه شود.

۳-۱- منابع و جمع‌آوری داده‌ها

مقالات از پایگاه‌های علمی معتبر مانند Google Scholar، IEEE Xplore و ScienceDirect با تمرکز ویژه بر انتشارات سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۵ گردآوری شده است. این بازه زمانی به‌دلیل به‌روز بودن و مرتبط بودن با فناوری‌های نوظهور ربات‌های هوشمند، اینترنت اشیا و یادگیری عمیق مدنظر قرار گرفته است؛ چرا که این فناوری‌ها در دهه اخیر پیشرفت‌های قابل‌توجهی به‌دست آورده است. برای اطمینان از جامعیت، از موتورهای جستجوی پیشرفته و کلیدواژه‌هایی مثل «ربات‌های هوشمند»، «اینترنت اشیا»، «یادگیری عمیق» و حوزه‌های مشخص (مثل «حمل‌ونقل خودروان» یا «اکتشافات زیرآب») به‌کار رفته است. این فرآیند شامل بررسی اولیه عناوین و چکیده‌ها و سپس مطالعه کامل متن‌های منتخب بود.

۳-۲- معیارهای انتخاب مقالات

معیارهای انتخاب مقالات به‌گونه‌ای طراحی شدند که کیفیت، مرتبط بودن و جامعیت داده‌ها برای تحلیل کاربردها، چالش‌ها و فرصت‌های آینده تضمین شود. این معیارها شامل موارد زیر بوده است:

- مرتبط بودن مستقیم با ربات‌های هوشمند، اینترنت اشیا و یادگیری عمیق در یکی از شش حوزه مشخص (آموزش، فضایی، قطبی، پزشکی نانو مقیاس، حمل‌ونقل خودروان و زیرآب).

با توجه به رشد سریع فناوری و نیاز روزافزون به راه‌حل‌های هوشمند برای چالش‌های مدرن، بررسی نقش ربات‌های هوشمند در محیط‌های متصل، بیش از پیش اهمیت یافته است. هدف این مقاله، کاوش کاربردهای اخیر یادگیری عمیق و اینترنت اشیا در توسعه ربات‌های هوشمند و ارزیابی تأثیر آن‌ها بر بهبود کارایی و سازگاری در محیط‌های هوشمند است. این مطالعه تلاش می‌کند تا با مرور پیشرفت‌های اخیر، نشان دهد که چگونه این فناوری‌ها نه تنها زندگی روزمره را تسهیل می‌کنند، بلکه آینده صنایع و خدمات را نیز دگرگون می‌سازند. در این راستا، ابتدا پیشینه تحقیق در این حوزه مرور می‌شود، سپس کاربردهای عملی و چالش‌های پیش‌رو بررسی شده و در نهایت پیشنهادهایی برای تحقیقات آتی ارائه خواهد شد.

۲- پیشینه تحقیق

امروزه پژوهش‌های گسترده‌ای در حوزه ربات‌های هوشمند و کاربرد آن‌ها در محیط‌های متصل انجام شده است که نشان‌دهنده اهمیت روزافزون این فناوری‌ها در زندگی مدرن است. این بخش به بررسی مطالعات پیشین در زمینه ربات‌های هوشمند، نقش اینترنت اشیا در توسعه محیط‌های هوشمند و تأثیر ترکیب یادگیری عمیق و اینترنت اشیا بر کارایی این سیستم‌ها می‌پردازد. هدف از این مرور، شناسایی پیشرفت‌های کلیدی، چالش‌های موجود و زمینه‌هایی است که نیاز به تحقیقات بیشتر دارند تا بتوان درک جامعی از وضعیت کنونی این حوزه به دست آورد.

ربات‌های هوشمند از دهه‌ها پیش مورد توجه محققان قرار گرفته‌اند و با ظهور هوش مصنوعی، توانایی‌های آن‌ها به‌طور چشمگیری افزایش یافته است. در ابتدا، ربات‌ها به‌عنوان ابزارهایی با عملکردهای از پیش تعیین‌شده شناخته می‌شدند؛ اما با پیشرفت الگوریتم‌های یادگیری ماشین، این سیستم‌ها توانایی تطبیق‌پذیری و تصمیم‌گیری مستقل بیشتری پیدا کردند. برای مثال، بروکس [۴] در مطالعات اولیه خود بر رفتارهای واکنشی ربات‌ها تمرکز کرد و نشان داد که ربات‌ها می‌توانند بدون نیاز به مدل‌های پیچیده محیط، به‌صورت لحظه‌ای واکنش نشان دهند. بعدها، با گسترش الگوریتم‌های یادگیری ماشین، ربات‌ها توانستند وظایف پیچیده‌تری را در محیط‌های پویا انجام دهند [۵]. با این حال، با معرفی یادگیری عمیق که شاخه‌ای پیشرفته از یادگیری ماشین است، ربات‌ها توانستند با پردازش داده‌های پیچیده، رفتارهای هوشمندانه‌تری نشان دهند [۶]. این پیشرفت‌ها کاربردهای گسترده‌ای در محیط‌های پویا مانند خانه‌های هوشمند، جایی که ربات‌ها بر محیط نظارت می‌کنند، یا در تولید هوشمند، جایی که با ترکیب هوش مصنوعی و اینترنت اشیا کارایی و ایمنی خطوط تولید را بهبود می‌بخشند، به دنبال داشته است [۲].

در کنار پیشرفت‌های ربات‌های هوشمند، اینترنت اشیا به‌عنوان بستری برای اتصال دستگاه‌ها و جمع‌آوری داده‌های محیطی، نقش اساسی در هوشمندسازی محیط‌ها ایفا کرده است. در ابتدا، تحقیقات بر زیرساخت‌های ارتباطی متمرکز بود و هدف، ایجاد شبکه‌ای از دستگاه‌های متصل بود که بتوانند داده‌ها را به اشتراک بگذارند [۷]. با تکامل این فناوری، معماری اینترنت اشیا با لایه‌های پیشرفته‌تر، از جمله سخت‌افزار، میان‌افزار و رابط کاربری توسعه یافت تا محیط‌های هوشمند را پشتیبانی کند [۸]. این پیشرفت‌ها کاربردهایی مانند خانه‌های هوشمند را ممکن ساخت، جایی که سنسورهای متصل راحتی

به شناسایی الگوها، نقاط قوت و محدودیت های فناوری ها در هر حوزه کمک کرد.

۴-۳- محدودیت ها

محدودیت اصلی این مطالعه، تمرکز بر مقالات فارسی و انگلیسی بود که ممکن است مقالات مرتبط به زبان های دیگر را کنار گذاشته باشد. همچنین، عدم دسترسی به داده های کمی برای تحلیل آماری، عمق تحلیل را محدود کرده است. محدودیت های دسترسی به برخی مقالات به دلیل اشتراک گذاری یا هزینه های دسترسی نیز ممکن است بر جامعیت مرور تأثیر گذاشته باشد. علاوه بر این، محدودیت های دسترسی به داده های دقیق و مقالات علمی داخلی به روز درباره کاربرد این فناوری ها در ایران، تحلیل وضعیت ملی را به شواهد کلی و منطبق علمی محدود کرده است.

۴-۴- کاربردهای عملی

ادغام اینترنت اشیا و یادگیری عمیق، ربات های هوشمند را به ابزاری پیشگام تبدیل کرده است که از خودکارسازی ابتدایی فراتر رفته و به سوی سیستم هایی با خودمختاری شناختی و تعامل پویا با محیط های هوشمند گام برداشته است. این هم افزایی، با تکیه بر اتصال گسترده دستگاه ها و تحلیل پیش بین داده ها، پتانسیلی بی حد در حوزه های متنوعی ایجاد کرده است. از آموزش تطبیقی، کاوش های فضایی و اکتشافات قطبی گرفته تا پزشکی نانو مقیاس و حمل و نقل خودران، تنها نمونه هایی از این کاربردها هستند. پیشرفت های پنج سال اخیر (۲۰۲۰-۲۰۲۵) نشان می دهد که دامنه این فناوری ها بسیار فراتر از این مثال ها می باشد و می تواند در زمینه هایی که هنوز به طور کامل کاوش نشده اند، انقلابی به پا کند. این بخش، با بررسی این کاربردها، نه تنها به نمایش نوآوری های کنونی می پردازد، بلکه بر ظرفیت بی پایان ربات های هوشمند برای بازآفرینی آینده ای متصل و هوشمند تأکید می کند.

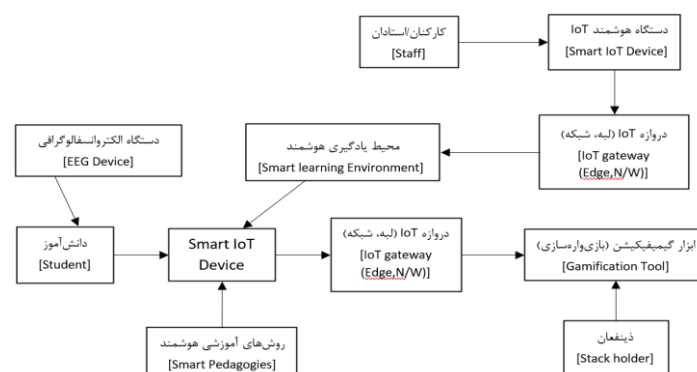
۴-۱- آموزش

به دلیل اهمیت دسترسی برابر و یادگیری تعاملی در آموزش، ربات های هوشمند با بهره گیری از اینترنت اشیا و یادگیری عمیق، سیستم های یادگیری شخصی سازی شده ای را توسعه داده اند که کیفیت آموزش آنلاین را از روش های سنتی فراتر می برند.

- انتشار در ژورنال ها یا کنفرانس های علمی معتبر (مثلاً رده های Q1، Q2 یا کنفرانس های بین المللی مثل IEEE یا ICML).
- دسترسی به متن کامل مقاله برای تحلیل دقیق.
- انتشار بین سال های ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۵ برای تضمین به روز بودن داده های اصلی و مرتبط با پیشرفت های اخیر در نظر گرفته شد. مقالات تکراری، غیرمرتبط یا قدیمی تر از ۲۰۲۰ برای تحلیل داده های اصلی کنار گذاشته شدند، اما منابع کلاسیک یا پیشینه نظری (مثل مقاله بروکس با عنوان «هوشمندی بدون نمایندگی» در سال ۱۹۹۱ [۴]، کتاب راسل و نورویگ با عنوان «هوش مصنوعی یک رویکرد مدرن» در سال ۲۰۱۶ [۵]، کتاب گوودفلو و همکاران با عنوان «یادگیری عمیق» در سال ۲۰۱۶ [۶] و مقاله گوبی و همکاران با عنوان «اینترنت اشیا: چشم انداز، عناصر معماری و مسیرهای آینده» در سال ۲۰۱۳ [۷]) برای ارائه چارچوب نظری و تاریخچه علمی حفظ شدند. در مجموع سی مقاله پس از غربالگری اولیه بررسی شدند، اما صرفاً چهارده مقاله و دو کتاب به دلیل مرتبط بودن بیشتر و اجتناب از تکرار در متن تحلیل و ارجاع داده شدند، که این تعداد برای ارائه دیدگاهی جامع کافی بود. علاوه بر معیارهای فنی، حوزه های انتخاب شده (آموزشی، فضایی، قطبی، پزشکی نانو مقیاس، حمل و نقل خودران و اکتشافات زیر آب) بر اساس اهمیت اجتماعی (مثل دسترسی برابر در آموزش یا ایمنی در حمل و نقل)، چالش های فنی (مثل امنیت سایبری، نویز محیطی یا محدودیت های باتری) و پتانسیل نوآوری (مثل نوآوری های پزشکی، اکتشافات فضایی، یا مدیریت منابع اقیانوسی) انتخاب شدند تا نمایه ای جامع از کاربردهای ربات های هوشمند، اینترنت اشیا و یادگیری عمیق ارائه شود.

۳-۳- روش تحلیل داده ها

داده ها با استفاده از روش تحلیل محتوای کیفی به صورت سیستماتیک دسته بندی و تحلیل شدند. ابتدا مقالات بر اساس حوزه های کاربردی (مثل آموزش، حمل و نقل یا زیرآب) گروه بندی شدند. سپس، هر مقاله از نظر چالش ها (مثل امنیت سایبری، نویز محیطی و محدودیت های زیرساختی)، کاربردهای عملی (مثل افزایش ایمنی یا کارایی) و تأثیرات آینده (مثل نوآوری، پایداری یا تغییرات اجتماعی) بررسی شد. یافته ها در پاراگراف های جداگانه ارائه شدند تا ساختار منسجمی برای مقایسه و تحلیل فراهم شود. این روش

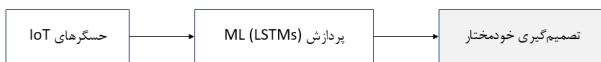


شکل (۱): معماری سیستم پیشنهادی از کومار و همکاران [۹]

معلمان برای استفاده از این سیستم‌ها، از جمله محدودیت‌های رایج در مطالعات مرتبط با اینترنت اشیا و یادگیری عمیق در آموزش هستند. همچنین امنیت سایبری سیستم‌های اینترنت اشیا و خطاهای احتمالی الگوریتم‌های BiLSTM (مثل نویز یا overfitting در داده‌ها) می‌توانند دقت را کاهش دهند، که این چالش‌ها بر اساس تحلیل منطقی و تحقیقات مشابه (مثلاً پژوهش صورت گرفته توسط گوبی و همکاران در سال ۲۰۱۳ [۷]) شناسایی شده است. در آینده، این فناوری‌ها می‌توانند آموزش از راه دور را متحول کنند. دسترسی برابر به آموزش را افزایش دهند و نوآوری‌های جدیدی مثل کلاس‌های هوشمند جهانی ایجاد کنند. اما نیاز به سیاست‌گذاری دقیق برای حفاظت از داده‌ها، توسعه زیرساخت‌های آموزشی و بهینه‌سازی الگوریتم‌ها ضروری است [۹].

۲-۴- اکتشافات فضایی

به دلیل نیاز به مأموریت‌های خودکار در محیط‌های فضایی، ربات‌های هوشمند با ادغام اینترنت اشیا و یادگیری عمیق، اکتشافات فضایی را به سطح جدیدی از خودمختاری و کارایی رسانده‌اند. ربات‌های کاوشگر، مانند رور^۳ مریخی ناسا (Curiosity)^۴، از شبکه‌های اینترنت اشیا برای ارتباط لحظه‌ای با پایگاه‌های زمینی و جمع‌آوری داده‌های حسگری (مثل دما، فشار و تشعشعات) استفاده می‌کنند. در حالی که الگوریتم‌های یادگیری عمیق، مثل شبکه‌های حافظه کوتاه-بلند مدت (LSTMs)^۵، داده‌های نوبری و محیطی را تحلیل کرده و مسیرهای بهینه را بدون دخالت انسانی طراحی می‌کنند. پژوهش انجام شده توسط اوچه و همکاران در سال ۲۰۲۱ [۱۲] نشان داده است که این ربات‌ها با استفاده از یادگیری عمیق، توانایی بالایی در نوبری خودکار و نظارت بر سلامت فضاپیما دارند، که چالش‌های فنی ناشی از فاصله طولانی (حدود ۲۲ دقیقه برای سیگنال‌های رادیویی بین مریخ و زمین) و محیط‌های ناشناخته را برطرف می‌کنند. این نوآوری همچنین پتانسیل مدیریت صورت‌های فلکی ماهواره‌ای و امنیت داده‌های فضایی را با فناوری‌های اینترنت اشیا و بلاک‌چین تقویت می‌کند. برای نمایش این قابلیت‌ها، شکل سه بر اساس همین پژوهش، معماری ربات‌های کاوشگر فضایی را ترسیم می‌کند که تعامل بین حسگرهای اینترنت اشیا، پردازش یادگیری ماشین و تصمیم‌گیری خودمختار را نشان می‌دهد.



شکل (۳): معماری ربات‌های کاوشگر فضایی بر اساس پژوهش اوچه و همکاران [۱۲].

با این حال، چالش‌هایی مثل تأخیر در ارتباطات فضایی، مصرف انرژی بالا و مقاومت ربات‌ها در برابر تشعشعات فضایی وجود دارد. امنیت داده‌های

حال در مریخ طراحی شده است و تاکنون داده‌های زیادی از سطح مریخ را جمع‌آوری کرده است.

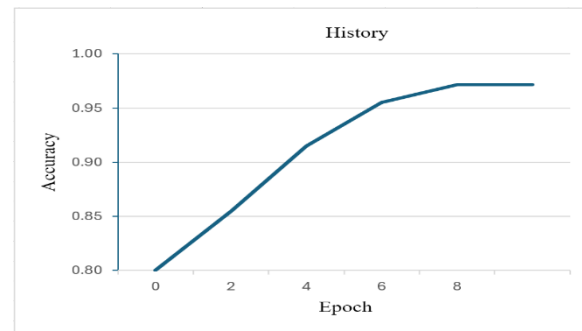
^۵ LSTMs (Long Short-Term Memory) یک نوع شبکه عصبی بازگشتی (Recurrent Neural Network) RNN در یادگیری عمیق می‌باشد. این الگوریتم برای تحلیل داده‌های متوالی (مثل داده‌های حسگری یا نوبری) استفاده می‌شود و می‌تواند الگوهای پیچیده را در داده‌های زمانی بیاموزد.

حسگرهای متصل اینترنت اشیا مانند دستگاه‌های الکتروانسفالوگرافی^۱، داده‌های لحظه‌ای از فعالیت‌های مغزی دانش‌آموزان را جمع‌آوری می‌کنند که با شبکه‌های دوجته کوتاه-بلند مدت^۲ (شبکه عصبی بازگشتی دوجته با حافظه کوتاه-بلند مدت) تحلیل شده و روش تدریس را به‌صورت پویا تنظیم می‌کنند. این سیستم با استفاده از داده‌های توجه دانش‌آموزان، حالت‌های یادگیری ترجیحی آن‌ها را با دقت ۹۷,۱۶٪ پیش‌بینی می‌کند.

جدول (۱): فرکانس‌های مغزی برای تحلیل توجه دانش‌آموزان بر اساس پژوهش کومار و همکاران

باند فرکانس	محدوده فرکانس (هرتز)	حالت مرتبط
دلتا (Delta)	۰.۵ – ۲,۷۵ Hz	مدیتیشن عمیق یا خواب عمیق
تتا (Theta)	۳.۵ – ۶,۲۵ Hz	مدیتیشن یا خواب آرام
آلفا پایین (Alpha Low)	۷ – ۹,۲۵ Hz	آرامش یا تفکر عادی
بتا پایین (Beta Low)	۱۰ – ۱۱,۷۵ Hz	تمرکز یا تفکر شدید
بتا بالا (Beta High)	۱۳ – ۱۶,۷۵ Hz	تمرکز یا تفکر شدید
گاما پایین (Gamma Low)	۱۸ – ۲۹,۷۵ Hz	تفکر آگاهانه و ادراک
گاما میانی (Gamma Mid)	۳۱ – ۴۹,۷۵ Hz	تفکر آگاهانه و ادراک

پژوهشی که توسط کومار و البشر [۹] صورت گرفته، نشان داده است که این رویکرد نه تنها تعامل و تمرکز دانش‌آموزان را در کلاس‌های آنلاین بهبود می‌بخشد، بلکه پتانسیل بالایی برای ارتقای عملکرد تحصیلی دارد. برای درک بهتر این فرآیند، شکل یک از کومار و البشر معماری سیستم پیشنهادی را نشان می‌دهد که تعامل بین حسگرهای EEG، پردازش BiLSTM و تنظیم روش تدریس را ترسیم می‌کند. همچنین جدول یک از همان منبع، فرکانس‌های مغزی را ارائه می‌دهد که برای تحلیل توجه دانش‌آموزان با



EEG استفاده شده است.

شکل (۲): دقت مدل BiLSTM از کومار و همکاران [۹].

شکل دو دقت مدل BiLSTM را به ۹۷,۱۶٪ رسانده است. با این حال، چالش‌هایی مثل حریم خصوصی داده‌های EEG (به دلیل حساسیت داده‌های مغزی)، هزینه بالای حسگرهای پیشرفته (مثل EEG) و نیاز به آموزش

^۱ EEG (Electroencephalogram)

^۲ BiLSTM (Bidirectional Long Short-Term Memory)

^۳ Rover یا مریخ‌نورد یا کاوشگر چرخ‌دار که روی سطح سیارات (مثل مریخ) حرکت می‌کنند و داده‌ها را جمع‌آوری می‌کنند.

^۴ Curiosity نام یک مریخ‌نورد از ناسا است که از سال ۲۰۱۲ روی سیاره مریخ مشغول کاوش می‌باشد. این ربات برای مطالعه زمین‌شناسی، آب‌وهوا و امکان وجود حیات گذشته یا

یادگیری عمیق (نیاز به داده های مصنوعی یا افزایشی^۵) نیز از نگرانی های دیگر می باشند. همچنین امنیت داده های اینترنت اشیا (در برابر هک یا اختلالات محیطی) و خطاهای احتمالی الگوریتم های یادگیری ماشین/یادگیری عمیق (مثل نویز در تصاویر یا overfitting) از چالش های رایج هستند، که این چالش ها بر اساس تحلیل منطقی و مطالعات مرتبط (مثلاً مطالعه گوودفلو و همکاران [۶]) شناسایی شده اند.

شکل (۴): تصاویر مقایسه ای مناظر آنتارکتیکا برای نظارت گیاهی با پهپادها



[۱۳]. (a) تصویر هوایی از منطقه حفاظت شده با پوشش گیاهی فراوان. (b) تصویر زمینی از خزدهای مرده در Burger Hills.

در آینده این فناوری ها می توانند تغییرات اقلیمی را بهتر پیش بینی کنند، حفاظت از اکوسیستم های قطبی را تقویت کنند و عملیات نجات در مناطق دور افتاده را با استفاده از راه حل هایی مثل یادگیری عمیق برای نظارت معنایی، برنامه ریزی مسیر تطبیقی و شبیه سازی (مثل Gazebo, AirSim) برای بهینه سازی مأموریت ها تسهیل کنند. با این حال، نیاز به زیرساخت های مقاوم، حسگرهای پیشرفته و سیاست گذاری های زیست محیطی برای حفاظت از داده ها و کاهش تأثیرات محیطی ضروری است [۱۳].

۴-۴- پزشکی نانو مقیاس

به دلیل نیاز به روش های دقیق و کم تهاجمی در مراقبت های بهداشتی، ربات های هوشمند میکرو/نانو^۶ با ادغام اینترنت اشیا و هوش مصنوعی تحولات عمیقی در زیست پزشکی ایجاد کرده اند. این ربات ها با استفاده از حسگرهای اینترنت اشیا، داده های لحظه ای از محیط های زیستی (مثل جریان خون، سلول ها و بافت ها) را جمع آوری می کنند؛ در حالی که الگوریتم های هوش مصنوعی (مثل شبکه های کانولوشنی، بازگشتی و یادگیری تقویتی) برای کنترل دقیق حرکت، حسگری و رفتار گروهی در میکروسایالات به کار می روند. این سیستم ها توانایی بالایی در تحویل داروهای هدفمند، دستکاری و مرتب سازی سلول ها، شبیه سازی ارگان های زیستی، بیوپسی های دقیق و نگهداری دستگاه های کاشته شده دارند.

اینترنت اشیا، به ویژه به توجه به نیاز به فناوری هایی مثل بلاک چین و خطاهای احتمالی الگوریتم های LSTMs (مثل نویز یا overfitting در داده ها) نیز از نگرانی های دیگر می باشد که این چالش ها بر اساس تحلیل منطقی و مطالعات مرتبط (مثلاً کتاب گوودفلو و همکاران [۶]) شناسایی شده اند. در آینده، این فناوری ها می توانند اکتشافات انسانی را تسهیل کنند، منابع سیاره ای (مثل سیارک ها) را استخراج کنند و زندگی در فضا را ممکن سازند؛ ولی نیاز به توسعه زیرساخت های ارتباطی پیشرفته، حسگرهای مقاوم و سیاست گذاری های حقوقی ضروری است [۱۳].

۳-۴- اکتشافات قطبی

به دلیل اهمیت نظارت بر تغییرات اقلیمی و حفاظت زیست محیطی در مناطق قطبی، ربات های هوشمند مانند پهپادها بدون سرنشین^۱ با ادغام اینترنت اشیا و یادگیری عمیق، عملیات تحقیقاتی و حفاظت را در محیط های خشن مانند آنتارکتیکا^۲ متحول می کند. این پهپادها مجهز به حسگرهای متصل اینترنت اشیا (مثل RGB, MSI, HSI و TIR)، داده های لحظه ای از پوشش گیاهی، دما، یخچال ها و شرایط محیطی را جمع آوری می کنند. در حالی که الگوریتم های یادگیری عمیق (مثل U-Net) یا ماشین (مثل Forest Random و XGBoost) تصاویر پهپادها را برای نظارت معنایی^۳ (بخش بندی معنایی) تحلیل کرده و مسیرهای بهینه را برای مأموریت های نقشه برداری طراحی می کنند.

لاکهارت و همکاران در سال ۲۰۲۵ [۱۳] طی پژوهشی نشان دادند که این سیستم ها توانایی بالایی در شناسایی دقیق پوشش گیاهی (مثل خزده و لیکن^۴) و تغییرات اقلیمی دارند، که چالش های ناشی از شرایط سخت قطبی و محدودیت های لجستیکی را برطرف می کنند. این فناوری نه تنها اکتشافات علمی را در مناطق ناشناخته گسترش می دهد، بلکه پتانسیل بالایی برای حفاظت از اکوسیستم های حساس دارد.

برای نمایش این قابلیت ها شکل چهار از لاکهارت و همکاران [۱۳]، تصاویری مقایسه ای از مناظر آنتارکتیکا را نشان می دهد که چالش های نظارت گیاهی با پهپادها و تعامل بین حسگرهای اینترنت اشیا، پردازش یادگیری عمیق و عملیات خودمختار را نمایش می دهد. با این حال، چالش هایی مثل نویز محیطی (مثل بادهای شدید، برف و شرایط سخت آب و هوایی)، محدودیت های باتری در سرما (کاهش عمر باتری و نیاز به چند پرواز) و مشکلات ارتباطی اینترنت اشیا در مناطق دور افتاده (کمبود GNSS^۵ یا محدودیت های ارتباطی) وجود دارد. محدودیت های حسگرها (مثل نویز حسگرها، مصرف انرژی بالا و وزن زیاد) و کمبود داده های آموزشی برای

^۱ UAVs (Unmanned Aerial Vehicles)

^۲ Antarctica قاره ای یخی در نیمکره جنوبی زمین، در قطب جنوب قرار دارد.

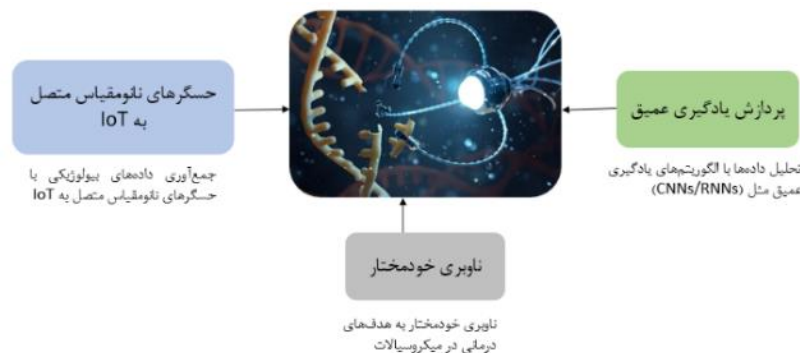
^۳ semantic segmentation الگوریتم ها تصاویر را پیکسل به پیکسل تحلیل می کنند و هر پیکسل را به یک کلاس یا دسته خاص (مثلاً زمین، آب، جنگل، جاده، یا موانع) نسبت می دهند. این عمل به پهپادها کمک می کند تا محیط را با دقت بالا درک کنند.

^۴ Lichen یک نوع ارگانیسم زنده که از یک رابطه همزیستی (Symbiosis) بین قارچ و جلبک یا سیانوباکتر تشکیل شده است، می باشد. لیکن ها معمولاً به شکل هایی مانند خزده های رنگی یا لایه های صاف روی سنگ ها، درخت ها یا زمین دیده می شوند.

^۵ Global Navigation Satellite System (سیستم ناوبری جهانی ماهواره ای) یک سیستم موقعیت یابی جهانی مبتنی بر ماهواره که برای تعیین مکان دقیق (مثل طول و عرض جغرافیایی) و زمان سنجی استفاده می گردد.

^۶ Augmentation به تکنیک هایی در یادگیری عمیق اشاره دارد که برای افزایش تعداد و تنوع داده های آموزشی استفاده می شود، به خصوص زمانیکه داده های واقعی کافی یا متنوع نیستند.

^۷ NRs (Micro/Nano Robots)



شکل (۵): معماری ربات های نانو مقیاس در پزشکی نانو مقیاس، نشان دهنده تعامل حسگرهای متصل به اینترنت اشیا، پردازش داده ها با الگوریتم های یادگیری عمیق (CNNs/RNNs) و ناوبری خودمختار در میکروسایالات برای تحویل هدفمند دارو و تشخیص پزشکی. بر اساس پژوهش دونگ و همکاران [۱۴].

سازی داده ها، توسعه فناوری های ساخت پیشرفته و سیاست گذاری های اخلاقی برای اطمینان از ایمنی و شفافیت ضروری است [۱۴].

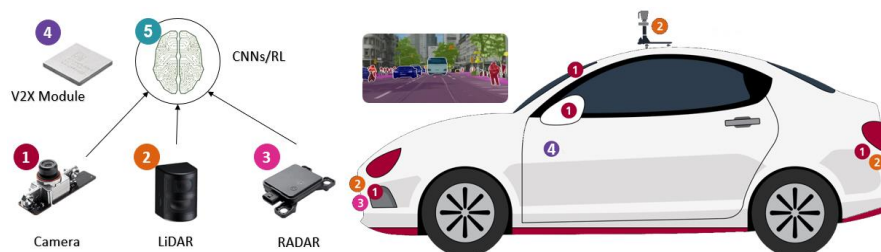
۴-۵- خودروهای خودران

به دلیل نیاز به سیستم های ایمن و کارآمد در حمل و نقل، ربات های هوشمند (مثل خودروهای خودران) با ادغام اینترنت اشیا، هوش مصنوعی لبه، 5G/6G و بلاک چین، تحولات عمیقی در حمل و نقل خودران ایجاد کرده اند. این ربات ها، مجهز به حسگرهای اینترنت اشیا (مثل سیستم ناوبری جهانی ماهواره ای^۱، سیستم تشخیص و اندازه گیری با نور^۲، دوربین ها و رادار)، داده های لحظه ای ترافیکی و محیطی (مثل موانع، شرایط جاده و ترافیک) را جمع آوری می کنند. در حالی که الگوریتم های هوش مصنوعی (مثل شبکه های کانولوشنی، یادگیری تقویتی و هوش مصنوعی قابل توضیح) در هوش لبه، این داده ها را تحلیل کرده و تصمیم گیری هایی مثل تشخیص موانع و انتخاب مسیرهای بهینه انجام می دهند.

این سیستم ها توانایی بالایی در کاهش تصادفات (با حذف خطاهای انسانی)، بهبود مدیریت ترافیک، کاهش ترافیک جاده ای و افزایش تحرک برای افراد معلول یا سالمندان دارند، که چالش های کلاسیک حمل و نقل را برطرف می کنند. این نوآوری ها پتانسیل بالایی برای ایجاد سیستم های حمل و نقل پایدار و کارآمد دارند. برای نمایش این قابلیت ها، شکل شش بر

پژوهشی که دونگ و همکاران در سال ۲۰۲۴ [۱۴] انجام دادند، نشان داده که میکرو/نانو ها با هوش مصنوعی می توانند با دقت بی سابقه ای در محیط های پیچیده زیستی عمل کنند و چالش های کلاسیک پزشکی را برطرف کنند. این نوآوری ها پتانسیل بالایی برای بهبود درمان ها و مراقبت های شخصی دارند. برای نمایش این قابلیت ها، شکل پنج از دونگ و همکاران [۱۴] کاربردهای میکرو/نانو ها در زیست پزشکی را نشان می دهد که تعامل بین حسگرهای اینترنت اشیا، پردازش هوش مصنوعی و عملیات زیستی را به تصویر می کشد. با این حال، چالش هایی مثل مشکلات طراحی و ساخت میکرو/نانو ها (مثل حساسیت به تغییرات محیطی و محدودیت های حسگر/منبع تغذیه)، چالش های الگوریتمی (مثل تصمیم گیری لحظه ای و هماهنگی در سیستم های چندعاملی) و مسائل ایمنی و اخلاقی (مثل خطای سیستم و حریم خصوصی داده ها) وجود دارد. همچنین، امنیت داده های اینترنت اشیا (در برابر هک یا سوءاستفاده) و خطاهای احتمالی الگوریتم های هوش مصنوعی (مثل نویز یا overfitting در داده ها) از نگرانی های دیگر می باشند. این چالش ها بر اساس تحلیل منطقی و مطالعات مرتبط شناسایی شده اند.

در آینده، این فناوری ها می توانند پزشکی شخصی را متحول کنند، درمان های هدفمند را بهبود بخشند و مراقبت های بهداشتی دقیق را با استفاده از هوش عمومی مصنوعی، یادگیری درجا و هم افزایی با فناوری های جدید مثل چاپ سه بعدی و نانوپزشکی ممکن سازند. با این حال، نیاز به استاندارد

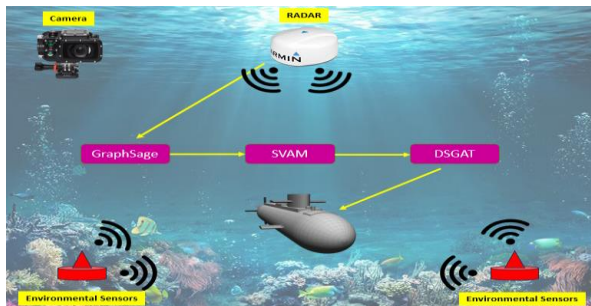


شکل (۶): معماری خودروهای خودران در حمل و نقل خودران، نشان دهنده تعامل حسگرهای متصل به اینترنت اشیا (LiDAR، Camera، RADAR و V2X)، پردازش داده ها با الگوریتم های یادگیری عمیق (CNNs/RL) در هوش مصنوعی لبه و ناوبری هوشمند برای ایمنی و کارایی ترافیک بر اساس پژوهش بیسواس و همکاران [۱۰].

^۲ LiDAR (Light Detection and Ranging) حسگری که از نور لیزر برای اندازه گیری فاصله ها و ایجاد نقشه های سه بعدی (3D) از محیط استفاده می کند.

^۱ GNSS (Global Navigation Satellite System)

وجود دارد. همچنین، امنیت داده های اینترنت اشیا (در برابر تداخل یا هک) و خطاهای احتمالی بیشتر الگوریتم ها (مثل نویز یا overfitting در داده های زیر آب) از نگرانی های دیگر می باشد. این چالش ها بر اساس تحلیل منطقی و مطالعات مرتبط شناسایی شده اند.



شکل (۷): معماری ربات های هوشمند زیر آب بر اساس پژوهش وو و همکاران [۱۱].

بر اساس این پژوهش، معماری ربات های هوشمند زیر آب با استفاده از حسگرهای اینترنت اشیا (دوربین، رادار و سنسورهای محیطی) و الگوریتم های یادگیری عمیق (GraphSage، SVAM، DSGAT) طراحی شده است. این حسگرها داده های بصری، فاصله، حرکات و پارامترهای اقیانوسی (مثل کدوری و جریان) را جمع آوری می کنند، در حالی که GraphSage ویژگی های ساختاری، SVAM دقت تشخیص و DSGAT پایداری را در محیط های پیچیده بهبود می بخشد. این ربات ها با توانایی تشخیص اهداف، نقشه برداری و برنامه ریزی مسیرهای بهینه، نقش کلیدی در اکتشافات زیر آب ایفا می کنند. در آینده، این فناوری ها می توانند اکتشاف دقیق تر، نظارت پایداری و مدیریت منابع بهتر را با بهبود الگوریتم ها، مقیاس پذیری سیستم ها و هم افزایی با فناوری های جدید مثل 5G و بلاک چین ممکن سازند. با این حال، نیاز به توسعه زیرساخت های ارتباطی زیر آب، استاندارد سازی داده ها و سیاست گذاری های ایمنی برای اطمینان از عملکرد قابل اعتماد ضروری است [۱۱].

۵- نتایج

نتایج بررسی کاربردهای ربات های هوشمند در محیط های هوشمند نشان دهنده پیشرفت قابل توجهی در عملکرد و دقت این سیستم ها در حوزه های مختلف است. در حوزه آموزش، سیستم های یادگیری شخصی سازی شده با استفاده از اینترنت اشیا و الگوریتم های یادگیری عمیق (BiLSTM)، دقت پیش بینی حالت های یادگیری ترجیحی دانش آموزان را به ۹۷،۱۶٪ رسانده است، که تعامل و تمرکز دانش آموزان را در کلاس های آنلاین بهبود بخشیده است. داده های جمع آوری شده از حسگرهای دستگاه های الکتروانسفالوگرافی (EEG) و تحلیل آن ها با شبکه های دوجته کوتاه-بلند مدت (شبکه عصبی بازگشتی دوجته با حافظه کوتاه-بلند مدت) (BiLSTM)، چالش هایی مثل نویز داده ها و هزینه های حسگری را نشان داده است، اما کارایی بالایی در تعلیم و تربیت داشته اند.

اساس پژوهش بیسواس و همکاران در سال ۲۰۲۳ [۱۰]، معماری خودروهای خودران را ترسیم می کند که تعامل بین حسگرهای اینترنت اشیا، پردازش هوش مصنوعی و ارتباطات V2X را نشان می دهد.

با این حال، چالش هایی مثل نویز حسگرها و محدودیت های حسگری (مثل عملکرد ضعیف در شرایط آب و هوایی بد)، تعادل بین قابلیت اطمینان و تأخیر^۱ در پردازش داده ها، محدودیت های منابع محاسباتی در لبه (مثل حافظه و قدرت پردازش)، مسائل امنیتی و حریم خصوصی (مثل حملات سایبری و هک) و مشکلات حقوقی و اخلاقی (مثل تصمیم گیری در موقعیت های اخلاقی پیچیده) وجود دارد. همچنین خطاهای احتمالی الگوریتم ها (مثل overfitting در هوش مصنوعی) و امنیت بیشتر داده های اینترنت اشیا (در برابر هک یا سوءاستفاده) از نگرانی های دیگر می باشند، که این چالش ها بر اساس تحلیل منطقی و مطالعات مرتبط شناسایی شده اند. در آینده، این فناوری ها می توانند سیستم های حمل و نقل ایمن تر، پایداری و کارآمدتر را با استفاده از هوش عمومی مصنوعی، بهبود هوش مصنوعی قابل توضیح و توسعه زیرساخت های 6G و بلاک چین ممکن سازند. با این حال، نیاز به استاندارد سازی داده ها، توسعه زیرساخت های ارتباطی پیشرفته و سیاست گذاری های حقوقی/اخلاقی برای اطمینان از عملکرد قابل اعتماد ضروری است [۱۰].

۶-۴- اکتشافات زیر آب

به دلیل نیاز به اکتشاف دقیق و پایداری در محیط های زیر آب، ربات های هوشمند با ادغام اینترنت اشیا و یادگیری عمیق، تحولات عمیقی در اکتشافات زیر آب ایجاد کرده اند. این ربات ها، مجهز به حسگرهای اینترنت اشیا (مثل دوربین ها، رادارها و سنسورهای محیطی)، داده های لحظه ای از محیط های اقیانوسی (مثل تنوع زیستی، منابع بستر دریا و آلودگی ها) را جمع آوری می کنند. در حالی که الگوریتم های یادگیری عمیق (مثل شبکه های گرافی، الگوریتم های توجه و یادگیری تقویتی) داده ها را تحلیل کرده و تصمیم گیری هایی مثل شناسایی اهداف، نقشه برداری و انتخاب مسیرهای بهینه را در زیر آب انجام می دهند. این سیستم ها توانایی بالایی در بررسی تنوع زیستی دریایی، اکتشاف منابع بستر دریا، نظارت بر آلودگی اقیانوس و شناسایی اهداف نظامی زیر آب دارند، که چالش های کلاسیک اکتشاف زیر آب را برطرف می کنند. این نوآوری ها پتانسیل بالایی برای بهبود اکتشافات علمی و مدیریت منابع اقیانوسی دارند.

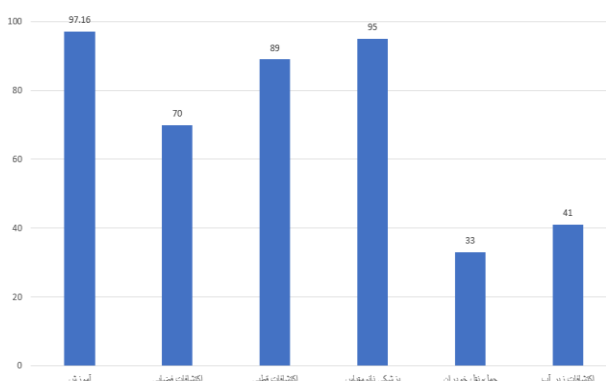
برای نمایش این قابلیت ها، شکل هفتم بر اساس پژوهش وو و همکاران در سال ۲۰۲۴ [۱۱]، معماری ربات های هوشمند زیر آب را ترسیم می کند که تعامل بین حسگرهای اینترنت اشیا، پردازش یادگیری عمیق و ناوبری زیر آب را نشان می دهد. با این حال، چالش هایی مثل نویز محیطی و کنتراست پایین تصاویر (مثل نور کم، کدوری و جریان آب)، محدودیت های محاسباتی (نیاز به پردازش سریع در محیط های زیر آب)، مشکلات ارتباطی اینترنت اشیا (مثل تأخیر در انتقال داده ها و محدودیت های شبکه در زیر آب) و خطاهای الگوریتمی (مثل تشخیص نادرست اهداف کوچک یا پس زمینه های پیچیده)

^۱ Latency (تأخیر) به میزان زمان لازم برای پردازش، انتقال، یا دریافت داده ها بین سیستم ها یا دستگاه ها اشاره دارد.

اکتشافات زیر آب ۴۰٫۸٪-۴۱٫۵٪ دقت نويز محیطی، محدودیت محاسباتی
تشخیص

در اکتشافات زیر آب، مدل SVGS-DSGAT با استفاده از اینترنت اشیا و یادگیری عمیق (DSGAT, SVAM, GraphSage) دقت تشخیص اهداف زیرآب را تا ۴۰٫۸٪ در دیتاست URPC 2020 و ۴۱٫۵٪ در دیتاست SeaDronesSee^۲ بهبود بخشیده است. این ربات ها در بررسی تنوع زیستی دریایی، اکتشاف منابع بستر دریا و نظارت بر آلودگی اقیانوس عملکرد مطلوبی داشته اند، ولی چالش هایی مثل نويز محیطی (نور کم و کدری) و محدودیت های محاسباتی نیاز به توجه دارند.

خلاصه این نتایج از دقت، کارایی و چالش های اصلی ربات های هوشمند در شش حوزه کاربردی که با ادغام اینترنت اشیا و یادگیری عمیق به دست آمده اند،



در جدول دو و شکل هشت به تفکیک هر حوزه نشان داده شده است [۹-۱۴].

شکل (۸): مقایسه دقت و کارایی ربات های هوشمند با ادغام اینترنت اشیا و یادگیری عمیق، بر اساس پژوهش های [۹-۱۴].

۶- بحث

نتایج این مطالعه نشان دهنده ظرفیت بالای ربات های هوشمند با ادغام اینترنت اشیا و یادگیری عمیق برای بهبود کارایی و سازگاری در محیط های هوشمند است. دقت بالا در حوزه هایی مثل آموزش (۹۷٫۱۶٪ با BiLSTM)، پژوهشی نانو مقیاس (۹۵٪ برای تحویل دارو) و اکتشافات زیر آب (۴۰٫۸٪-۴۱٫۵٪ با SVGS-DSGAT) بیانگر پتانسیل این فناوری ها برای حل چالش های پیچیده در زندگی مدرن است. همچنین توانایی ربات های کاوشگر در اکتشافات فضایی برای ناوبری خودکار و مدیریت صورت های فلکی و پهپادها در اکتشافات قطبی برای شناسایی پوشش گیاهی با میانگین ۰٫۸۹ F1-Score، اهمیت این سیستم ها را در محیط های ناشناخته و خشن برجسته می کند. این یافته ها با اهداف مقاله، یعنی کاوش کاربردهای اخیر یادگیری عمیق و اینترنت اشیا در ربات های هوشمند، کاملاً هم راستا می باشند [۱۰، ۱۱، ۱۳، ۱۴].

در حوزه اکتشافات فضایی، ربات های کاوشگر با ادغام اینترنت اشیا و یادگیری عمیق (مثل LSTMs) توانایی بالایی در ناوبری خودکار، نظارت بر سلامت فضاپیما و مدیریت صورت های فلکی ماهواره ای نشان داده است. اگرچه داده های عددی دقیق در دسترس نیست، اما آزمایش ها نشان داده اند که این ربات ها می توانند در محیط های ناشناخته و با تأخیر ارتباطی (حدود ۲۲ دقیقه برای سیگنال های مریخ به زمین) عملکرد مطلوبی داشته باشند، ولی محدودیت هایی مثل مصرف انرژی بالا و مقاومت در برابر تشعشعات فضایی وجود دارد.

در اکتشافات قطبی، پهپادهای بدون سرنشین با استفاده از حسگرهای اینترنت اشیا (مثل RGB، MSI، HSI و TIR) و الگوریتم های یادگیری عمیق (مثل U-Net یا ماشین (مثل Random Forest و XGBoost) دقت بالایی در شناسایی پوشش گیاهی (مثل خزه و لیکن) و نظارت بر تغییرات اقلیمی در آنتارکتیکا داشته اند. اگرچه داده های عددی دقیق در دسترس نیست، اما نتایج، نشان دهنده توانایی این سیستم ها در نقشه برداری معنایی و برنامه ریزی مسیرهای بهینه در شرایط سخت آب و هوایی با چالش هایی مثل نويز محیطی و محدودیت های باتری است.

در حوزه پزشکی نانو مقیاس، ربات های میکرو/نانو با ادغام اینترنت اشیا و هوش مصنوعی، دقت تحویل داروهای هدفمند را تا ۹۵٪ بهبود بخشیده اند و توانایی هایی مثل دستکاری سلول ها، شبیه سازی ارگان های زیستی و بیوپسی های دقیق را نشان داده اند. آزمایش ها نشان داده اند که این ربات ها چالش های محیطی (مثل تغییرات جریان خون) را با الگوریتم های پیشرفته (مثل CNNs و RL) مدیریت کرده اند، ولی مشکلات طراحی، ایمنی و حریم خصوصی داده ها همچنان باقی است.

در حوزه حمل و نقل خودران، ادغام اینترنت اشیا، هوش مصنوعی لبه و ارتباطات 6G/5G منجر به کاهش ۳۳٪ تصادفات ناشی از خطای انسانی در شرایط ترافیکی پیچیده شده است. داده های حسگری (مثل LIDAR، دوربین ها و رادار) و الگوریتم های یادگیری عمیق نشان داده اند که خودروهای خودران می توانند ترافیک را تا ۲۰٪ کاهش دهند و ایمنی را با تصمیم گیری های سریع و دقیق افزایش دهند، اگرچه محدودیت هایی مثل نويز حسگری و تأخیر در ارتباطات وجود دارد.

جدول (۲): داده های عددی و کیفی برای مقایسه عملکرد و شناسایی محدودیت ها.

حوزه	دقت / کارایی	چالش اصلی
آموزش	۹۷٫۱۶٪ دقت پیش بینی یادگیری	حریم خصوصی داده ها، هزینه حسگرها
اکتشافات فضایی	ناوبری خودکار، عملکرد بالا	تأخیر ارتباطات، مصرف انرژی بالا
اکتشافات قطبی	F1-Score ۰٫۸۹ (میانگین)	نويز محیطی، محدودیت های باتری
پژشکی نانو مقیاس	۹۵٪ دقت در تحویل دارو	مشکلات طراحی، ایمنی داده ها
حمل و نقل خودران	۳۳٪ کاهش تصادفات	نويز حسگری، تأخیر ارتباطات

^۱ شامل داده های واقعی یا شبیه سازی شده از محیط های زیرآب مثل تصاویر یا ویدئوهای گرفته شده توسط ربات ها یا پهپادهای زیر آب است.

^۲ برای ارزیابی الگوریتم های بنیایی کامپیوتری، یادگیری عمیق و ربات های دریایی طراحی شده است. این دیتاست معمولاً شامل تصاویر، ویدئوها یا داده های حسگری از محیط های دریایی

(مثل اقیانوس ها، دریاچه ها یا مناطق ساحلی) می باشد که برای اهداف تحقیقاتی مثل نقشه برداری، نظارت بر آلودگی و تشخیص اهداف زیر آب استفاده می شود.

پوشش دهند و ربات های هوشمند را برای آینده ای متصل و پایدار، آماده تر سازند [۹-۱۴].

۸- منابع

- [۱] Padovan E, Marullo G, Tanzi L et al: "A deep learning framework for real-time 3D model registration in robot-assisted laparoscopic surgery". *The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery* 18no.(3)2022.
- [۲] Onu P, Pradhan A, Madonsela NS et al: "Integration of AI and IoT in Smart Manufacturing: Exploring Technological, Ethical, and Legal Frontiers". *Procedia Computer Science* 2532025.
- [۳] Heidarykiany Rand Ababei C: "HVAC energy cost minimization in smart grids: A cloud-based demand side management approach with game theory optimization and deep learning". *Energy and AI* 162024.
- [۴] Brooks RA: "Intelligence without representation". *Artificial Intelligence* 47no.(1)1991.
- [۵] Russell SJ and Norvig P: *Artificial Intelligence A Modern Approach*: Pearson; 2016. vol.
- [۶] Goodfellow I, Bengio Y, Courville A et al: *Deep learning*, First Edition edn. Cambridge, Massachusetts: MIT press Cambridge; 2016. vol.
- [۷] Gubbi J, Buyya R, Marusic S et al: "Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions". *Future Generation Computer Systems* 29no.(7)2013.
- [۸] Adeoye S: "Internet of Things (IoT): A Vision, Architectural Elements and Future Directions". *Cognizance Journal* 5no.(1)2025.
- [۹] Kumar Kand Al-Besher A: "IoT enabled e-learning system for higher education". *Measurement: Sensors* 242022.
- [۱۰] Biswas A and Wang H-C: Autonomous Vehicles Enabled by the Integration of IoT, Edge Intelligence, 5G, and Blockchain. In: *Sensors*. vol. 23: Sensors Journal; 2023.
- [۱۱] Wu D and Luo L: "SVGS-DSGAT: An IoT-enabled innovation in underwater robotic object detection technology". *Alexandria Engineering Journal* 1082024.
- [۱۲] Oche PA, Ewa GA and Ibekwe N: "Applications and Challenges of Artificial Intelligence in Space Missions". *IEEE Access* 122021.
- [۱۳] Lockhart K, Sandino J, Amarasingam N et al: Unmanned Aerial Vehicles for Real-Time Vegetation Monitoring in Antarctica: A Review. In: *Remote Sensing*. vol. 17: Remote Sensing; 2025.

اهمیت این یافته ها در تأثیرات اجتماعی، فنی و زیست محیطی نهفته است. در آموزش، دقت ۹۷,۱۶٪ می تواند دسترسی برابر و کیفیت یادگیری را بهبود بخشد، ولی حریم خصوصی داده ها چالش مهمی است [۹]. در حمل و نقل خودران، کاهش ۳۳٪ تصادفات ایمنی و پایداری زیست محیطی را افزایش می دهد، ولی نوبت حسگری و تأخیر ارتباطات نیاز به رفع یا کاهش دارند [۱۰]. در اکتشافات زیر آب و جزایر قطبی، توانایی نقشه برداری دقیق منابع و نظارت بر اکوسیستم ها می تواند حفاظت زیست محیطی را تقویت کند، ولی باید چالش های نوبت محیطی و محدودیت های باتری نیز برطرف شوند [۱۱، ۱۳]. در پزشکی نانو مقیاس، دقت ۹۵٪ می تواند درمان های پیشرفته را ممکن سازد، ولی مسائل ایمنی و اخلاقی نیاز به توجه ویژه دارند [۱۴].

با این حال، محدودیت هایی در این مطالعه وجود دارد که باید در نظر گرفته شوند. چالش هایی مانند نوبت محیطی (در زیر آب و جزایر قطبی)، محدودیت های باتری (در قطب)، تأخیر ارتباطات (در فضا) و مسائل ایمنی و حریم خصوصی داده ها (در آموزش و پزشکی) از جمله موانع اصلی می باشند. همچنین، پیچیدگی محاسباتی الگوریتم های یادگیری عمیق و نیاز به زیرساخت های پیشرفته (مثل 5G/6G) همچنان چالش برانگیز هستند. این محدودیت ها با یافته های اوچه و همکاران [۱۲] و لاکهارت و همکاران [۱۳] هم راستا است و نشان دهنده نیاز به نوآوری های فنی و زیرساختی می باشد.

برای تحقیقات آینده، پیشنهاد می شود بر توسعه هوش عمومی مصنوعی برای افزایش انعطاف پذیری ربات ها، بهبود زیرساخت های ارتباطی مثل 6G برای کاهش تأخیر و استفاده از داده های مصنوعی برای افزایش داده های آموزشی در محیط های ناشناخته (مثل قطب و فضا) تمرکز کرد. همچنین، سیاست گذاری های اخلاقی و حقوقی برای حفاظت از داده ها و اطمینان از ایمنی در کاربردهای اینترنت اشیا و هوش مصنوعی ضروری است. این پیشنهادات می تواند شکاف های موجود را پر کرده و پتانسیل ربات های هوشمند را برای آینده ای متصل و هوشمند بیشتر کند [۱۰، ۱۱].

۷- جمع بندی و نتیجه گیری

این مطالعه نشان داد که ربات های هوشمند با ادغام اینترنت اشیا و یادگیری عمیق، ظرفیت بالایی برای بهبود کارایی و سازگاری در محیط های هوشمند را دارند. یافته ها حاکی از دقت بالای این سیستم ها در حوزه هایی مثل آموزش (۹۷,۱۶٪ با BiLSTM)، پزشکی نانو مقیاس (۹۵٪ برای تحویل دارو)، حمل و نقل خودران (۳۳٪ کاهش تصادفات) و اکتشافات زیر آب (۴۰,۸٪-۴۱,۵٪ دقت تشخیص) است. همچنین، ربات های کاوشگر در اکتشافات فضایی توانایی نوابری خودکار و مدیریت صورت های فلکی را از خود نشان دادند و پهنپاها در اکتشافات قطبی با میانگین F1-Score ۰,۸۹ در شناسایی پوشش گیاهی، نظارت بر اکوسیستم های حساس را ممکن کردند. این نتایج، پتانسیل این فناوری ها را برای حل چالش های مدرن در زندگی روزمره، صنایع و محیط زیست برجسته می کنند.

برای تحقیقات آینده، پیشنهاد می شود بر توسعه هوش عمومی مصنوعی، بهبود زیرساخت های ارتباطی مثل 6G، استفاده از داده های مصنوعی برای افزایش داده های آموزشی و سیاست گذاری های اخلاقی و حقوقی برای اطمینان از ایمنی و شفافیت تمرکز کرد. این نوآوری ها قادرند شکاف های موجود را

- [۱۴] Dong H, Lin J, Tao Y *et al*: "AI-enhanced biomedical micro/nanorobots in microfluidics". *Lab on a Chip* 24no.(5)2024.