



Identification of Various Autonomous Systems and Their Applications in Different Areas of Military Logistics and Supply Chain Management

Mohammad Abbasian

Assistant Professor of Industrial Engineering, Faculty of Aviation and Engineering, Imam Ali University, Tehran, Iran

Email: m.abbasian@modares.ac.ir

Reza JaliliNiko

PhD Student in Strategic Management, Allameh Tabatabaiei University, Tehran, Iran (Corresponding Author)

Email: Rezajalili1981@gmail.com

Ali Hakimi

PhD student in Public Administration, AJA Command and Staff University, Tehran, Iran

Email: hakimi.ali1355@gmail.com

Rashid Danesh

Assistant Professor of Management, Faculty of Management, Imam Ali University, Tehran, Iran

Email: Danesh.r1970@gmail.com

Abstract

Autonomous and unmanned vehicles are among the widely used tools in commercial and military fields that have emerged with the rapid advancements in information technology in recent years. This research examines various autonomous systems and their different applications within logistics and supply chain management. Additionally, this study will introduce several autonomous systems and robots developed globally that are used for logistical purposes. The research is conducted through a literature review of both domestic and international sources in the field, employing relevant keywords and searching reputable scientific databases. The VOSviewer scientometric software is used to identify the keywords and the relationships between them. The results of this study indicate that there are various types of robots and unmanned vehicles with different features available in land, air, and sea domains, capable of providing diverse logistical applications, including procurement and delivery, routine maintenance, inventory monitoring, transportation of items and personnel, surveillance of critical assets, and ensuring the security of logistical convoys against threats.

Keywords: Unmanned Vehicles, Autonomous Systems, Logistics Management, Supply Chain





سال نهم، شماره یکم (پیاپی ۲۹)، بهار ۱۴۰۵، صص. ۱۲۱-۱۵۰
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۱۵ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۱۷

مقاله پژوهشی

شناسایی انواع سیستم‌های خودران و بررسی کاربرد آن‌ها در بخش‌های مختلف مدیریت آماد و زنجیره تأمین نظامی

محمد عباسیان

استادیار گروه مهندسی صنایع و سیستم‌ها، دانشکده مهندسی و پرواز، دانشگاه افسری امام علی (ع)، تهران، ایران
Email: m.abbasian@modares.ac.ir

رضا جلیلی نیکو

دانشجوی دکتری مدیریت راهبردی، دانشکده مدیریت، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران (نویسنده مسئول)
Email: Rezajalili1981@gmail.com

علی حکیمی

دانشجوی دکتری مدیریت دولتی، دانشکده فرماندهی، دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا، تهران، ایران
Email: hakimi.ali1355@gmail.com

رشید دانش

استادیار گروه مدیریت، دانشکده فرماندهی و مدیریت، دانشگاه افسری امام علی (ع)، تهران، ایران
Email: Danesh.r1970@gmail.com

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی انواع سیستم‌های خودران و کاربردهای آن‌ها در مدیریت آماد و زنجیره تأمین نظامی انجام شده است. این تحقیق از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش، ترکیبی (کیفی-کمی) است. در بخش کیفی، از روش تحلیل محتوای منابع داخلی و خارجی و مصاحبه با خبرگان استفاده شده و در بخش کمی، با گردآوری داده‌ها از طریق پرسش‌نامه و تحلیل آن‌ها با استفاده از مدل‌سازی معادلات ساختاری در نرم‌افزار Smart PLS، یافته‌ها مورد بررسی قرار گرفته‌اند. جامعه آماری این پژوهش شامل اساتید و کارشناسان حوزه آماد و پشتیبانی است که با توجه به محدود بودن جامعه آماری، از روش تمام شماری استفاده شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که انواع مختلف وسایل نقلیه خودران، از جمله خودروهای خودران، ربات‌های حمل بار، ربات‌های امداد و نجات، پهپادها، قایق‌های خودران و زیردریایی‌های بدون سرنشین، در بخش‌های مختلف آماد و لجستیک نظامی کاربرد دارند. این وسایل می‌توانند در جابه‌جایی اقلام، نظارت و امنیت کاروان‌های نظامی، شناسایی تهدیدات، تأمین مایحتاج نیروها، عملیات امدادرسانی و کنترل موجودی در انبارها نقش مؤثری ایفا کنند. علاوه بر این، یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که استفاده از این فناوری‌ها می‌تواند وابستگی به نیروی انسانی را کاهش داده، سرعت و دقت عملیات را افزایش داده و ایمنی مأموریت‌های لجستیکی را بهبود بخشد. در پایان، سرمایه‌گذاری در بخش تحقیق و توسعه، سیاست‌گذاری و ایجاد قوانین مرتبط و برگزاری دوره‌های آموزشی و توانمندسازی نیروها در زمینه بهره‌گیری از وسایل نقلیه خودران در آماد نظامی پیشنهاد شده است.

کلیدواژه‌ها: وسایل بدون سرنشین، سیستم‌های خودران، مدیریت آماد، زنجیره تأمین

دانشگاه عالی دفاع ملی ♦ پژوهشکده آماد، فناوری دفاعی و عرصه‌های نوپدید / فصلنامه آماد و فناوری دفاعی



doi: 20.1001.1.28212606.1404.9.1.4.2

<https://amfad.sndu.ac.ir/> E-ISSN: 2980-8073



صحت مطالب بر عهده نویسنده مقاله است و بیانگر دیدگاه دانشگاه عالی دفاع ملی نیست.



مقدمه

لجستیک سال به سال به شدت در حال تغییر است، به گونه‌ای که امروزه، با پیشرفت‌های فناوری و در پی آن، ظهور و گسترش رباتیک و وسایل بدون سرنشین شامل پهپادها، خودروهای خودران و ربات‌ها، مدیریت آماد به مرحله‌ای جدید از نوآوری و کارایی وارد شده است. به گفته وزارت دفاع روسیه، انتظار می‌رود تا سال ۲۰۲۵، ۳۰ درصد از کل سخت‌افزار نظامی در نیروهای مسلح روسیه از فناوری رباتیک تشکیل شود (Bogue, 2016). وسایل نقلیه خودران، که با نام‌های خودگردان، خودمختار و بدون سرنشین نیز شناخته می‌شوند وسایلی هستند که با تکیه بر فناوری‌هایی مانند حسگرها، دوربین‌ها و الگوریتم‌های هوش مصنوعی وظایف مختلفی را در محیط‌های پیچیده و پویا، بدون نیاز به کنترل و دخالت انسان، انجام می‌دهند.

در شرایط کنونی، بهره‌گیری از فناوری‌های خودران به عنوان راهکاری کارآمد و پایدار می‌تواند به سازمان‌های نظامی در مقابله با چالش‌های موجود در مدیریت لجستیک کمک کند. در این راستا، استفاده از وسایل نقلیه بدون سرنشین در بخش‌های مختلف زنجیره تأمین، از انبارداری و توزیع تا حمل‌ونقل و تحویل، نقش مهمی در کاهش وابستگی به نیروی انسانی، افزایش دقت و سرعت عملیات و بهبود ایمنی دارد (Perussi et al., 2019). لازم به ذکر است که زنجیره تأمین نظامی در تمامی شرایط (صلح، بحران یا جنگ) مأموریت برآورد، تأمین و واگذاری ملزومات سازمان‌های نیروهای مسلح را به‌طور مداوم و مؤثر به عهده دارد (یمینی و همکاران، ۱۴۰۳). مهم‌ترین تفاوت متمایزکننده زنجیره تأمین دفاعی از انواع تجاری آن، هدف و رسالت این زنجیره است. در نوع تجاری، هدف عمده تمامی فعالیت‌ها تحقق سودآوری بیشتر است؛ اما در زنجیره تأمین دفاعی، ایجاد قدرت بازدارندگی با حفظ آمادگی دفاعی نیروهای مسلح است که بستر ساز توسعه پایدار و ابعاد مختلف امنیت ملی است. از طرف دیگر، یک زنجیره تأمین دفاعی بیش از زنجیره‌های تأمین تجاری، به دلیل پیچیدگی و وسعت مأموریتی و محرمانگی بالا در اطلاعات و تجهیزات و سرمایه‌های انسانی، هدف مخاطرات و عدم قطعیت‌های محیطی قرار می‌گیرد (پارسا و همکاران، ۱۴۰۲).



عوامل مختلفی اهمیت استفاده از رباتیک و وسایل خودران را برای سازمان‌های نظامی برجسته‌تر می‌کند. اولاً، یک وسیله نقلیه بدون سرنشین می‌تواند تقریباً در هر محیطی که در معرض خطر انفجار، آتش‌سوزی، سیل یا آلودگی باشد، آزادانه حرکت کند. ثانیاً، این وسایل برای انجام مأموریت‌های مختلف نظامی در مناطق شهری نیز مناسب هستند. همچنین، از بین رفتن آن‌ها در حین عملیات، پیامدهای ناگواری مانند مرگ یا جراحات جدی برای انسان ایجاد نمی‌کند. در نهایت، بهره‌گیری از این فناوری می‌تواند منجر به کاهش وابستگی به نیروی انسانی در نیروهای مسلح سراسر جهان شود. گفته می‌شود که در ارتش کشورهای غربی وسایل خودران زمینی عمدتاً برای پشتیبانی از سربازان در نظر گرفته می‌شوند؛ به گونه‌ای که باید توانایی حمل کالا، مهمات و کوله‌پشتی را داشته باشند و مأموریت‌هایی را در هنگام بازگشت از منطقه نبرد انجام دهند. در مقابل، ارتش‌های جنوب غرب آسیا رویکرد متفاوتی اتخاذ کرده‌اند و بر توسعه پلتفرم‌های تسلیحاتی متمرکز هستند که امکان شرکت در جنگ را بدون به خطر انداختن جان سربازان فراهم می‌کند (Michalski et al., 2020).

با وجود پیشرفت‌های چشمگیر در حوزه لجستیک و ظهور فناوری‌های خودران، پژوهش‌های محدودی به بررسی جامع انواع وسایل نقلیه خودران، کاربردهای آن‌ها در بخش‌های مختلف آمادی و موانع موجود پرداخته‌اند. بنابراین، این پژوهش تلاش دارد با شناسایی و تحلیل انواع وسایل نقلیه خودران و بررسی کاربردهای آن‌ها در مدیریت آماد نظامی، این شکاف تحقیقاتی را پوشش دهد و راهکارهایی برای به کارگیری مؤثر این فناوری ارائه کند.

در این راستا، سؤالات اصلی این پژوهش به صورت زیر مطرح می‌شوند:

انواع وسایل نقلیه خودران مورد استفاده در مدیریت آماد نظامی کدام‌اند و چه کاربردهایی در بخش‌های مختلف عملیات آمادی دارند؟

چه چالش‌هایی در مسیر به کارگیری فناوری وسایل نقلیه خودران در مدیریت آماد وجود

دارد؟

۱. پیشینه پژوهش

در ادبیات مرتبط با وسایل نقلیه خودران، تمرکز اصلی محققان بر بررسی جنبه‌های فنی، موانع بالقوه، مزایا و کاربردهای به‌کارگیری این وسایل است. با این حال، تعداد اندکی از مقالات به معرفی وسایل نقلیه خودران در حوزه آماد پرداخته‌اند که در این بخش مورد بررسی قرار می‌گیرند.

«ارگن»^۱ (۲۰۱۶) در پایان‌نامه خود با عنوان «تجزیه و تحلیل سیستم‌های بدون سرنشین در لجستیک نظامی»، به دو کاربرد اصلی سیستم‌های بدون سرنشین در لجستیک نظامی اشاره کرده است. نخست، تحویل محموله‌ها به واحدهای جنگی یا پایگاه‌های نظامی و دوم، تأمین امنیت در برابر تهدیداتی که دارایی‌های لجستیکی نظامی، از جمله کاروان‌ها، انبارها و تأسیسات حیاتی را هدف قرار می‌دهند. نتایج این تحلیل نشان داد که سیستم‌های بدون سرنشین در لجستیک نظامی مزایای قابل توجهی از جمله کاهش ریسک و حجم کار سنگین برای پرسنل نظامی، بهبود آگاهی موقعیتی و عملکرد وظایف، کاهش هزینه‌های مربوط به عملیات لجستیکی نظامی و افزایش امنیت دارند (Ergene, 2016).

«جلر و الکساندرسکو»^۲ (۲۰۱۹) در یک مقاله مروری با عنوان «کاربردهای سیستم‌های بدون سرنشین در لجستیک نظامی»، کاربردهای فعلی و بالقوه سیستم‌های خودمختار در لجستیک نظامی، با تمرکز بر مزایا و مخاطرات آن برای سازمان‌ها و عملیات نظامی را ارائه کرده‌اند. در متن این پژوهش آمده است که وظایف لجستیکی مانند جابه‌جایی مواد، بسته‌بندی، نگهداری، ذخیره‌سازی و کنترل موجودی مستلزم نیروی انسانی زیادی است و اغلب خسته‌کننده و گاهی خطرناک (مانند جابه‌جایی مهمات) است. در حالی که سیستم‌های خودمختار می‌توانند نقشی کلیدی در این فرایندها ایفا کنند. علاوه بر انبارداری، این سیستم‌ها در مأموریت‌های نظارتی، نگهبانی، پشتیبانی کاروان‌های نظامی، شناسایی و خنثی‌سازی تهدیدات، تأمین تدارکات، امداد و تخلیه مجروحان، تحویل دارو و معاینات پزشکی از راه

1. Ergene

2. Jeler and Alexandrescu



دور نیز کاربرد دارند. نتایج این گزارش نشان می‌دهد سیستم‌های خودران نقش مهمی در لجستیک نظامی دارند و استفاده از این فناوری باعث کاهش تلفات انسانی، افزایش ظرفیت و تسریع فرایندهای لجستیکی خواهد شد (Jeler and Alexandrescu, 2019).

«گرین»^۱ (۲۰۱۱) در پایان‌نامه خود با عنوان «آینده کاروان‌های لجستیک زمینی خودران در وزارت دفاع»، بر امنیت کاروان‌های نظامی با استفاده از وسایل نقلیه خودران زمینی تمرکز کرده است. نویسنده اشاره می‌کند که برای انجام مأموریت‌ها در محیط‌های خطرناک و مه‌آلود، برخورداری از قابلیت خودمختاری در وسایل نقلیه ضروری است. این قابلیت نه تنها انعطاف‌پذیری و ابتکار عمل فرماندهان را در شرایط متغیر افزایش می‌دهد، بلکه به کاروان‌های خودمختار اجازه می‌دهد با سرعت بیشتر و آرایشی بهینه‌تر در میدان نبرد حرکت کنند و از تهدیداتی مانند مین‌ها و بمب‌های دست‌ساز در امان بمانند. نتایج پایان‌نامه نشان می‌دهند که کاروان‌های لجستیک زمینی خودران می‌توانند موجب افزایش کارایی، کاهش خطرات انسانی و بهبود پاسخ‌گویی در شرایط سخت شوند. همچنین، به چالش‌هایی مانند مسائل امنیتی، قابلیت اطمینان فناوری و نیاز به هماهنگی با سیستم‌های دیگر اشاره دارد. این تحقیق بر لزوم تحقیق و توسعه بیشتر در زمینه فناوری‌های خودران و راهکارهای عملیاتی تأکید می‌کند تا این سیستم‌ها به‌طور مؤثر در عملیات نظامی به‌کار گرفته شوند (Green, 2011).

بوگ (۲۰۱۶) در یک مقاله مروری با عنوان «نقش ربات‌ها در میدان‌های نبرد آینده»، به بررسی نقش ربات‌ها در میدان‌های نبرد پرداخته است که در حال حاضر توسط ارتش استفاده می‌شوند یا در مرحله توسعه قرار دارند. در این مطالعه، انواع این ربات‌ها همراه با تصاویر ویژگی‌ها و کاربردهای آن‌ها، از جمله نمونه‌های مورد استفاده در ارتش روسیه، معرفی شده‌اند. مقاله نتیجه می‌گیرد که ربات‌ها به‌طور فزاینده‌ای در میدان‌های نبرد نقش مهمی ایفا خواهند کرد. آن‌ها می‌توانند در انجام مأموریت‌های خطرناک، کاهش تلفات انسانی و افزایش کارایی نیروهای نظامی مؤثر باشند. همچنین، چالش‌های فنی، اخلاقی و قانونی مربوط به استفاده از ربات‌های جنگی باید مورد توجه قرار گیرند (Bogue, 2016).

1. Green

براساس گزارش تحقیقاتی «وچرین»^۱ و همکاران (۲۰۲۰) با عنوان «هوش مصنوعی و یادگیری ماشین برای وسایل نقلیه نظامی خودران» که در مرکز تحقیق و توسعه مهندسی ارتش ایالات متحده انجام شده است وسایل نقلیه خودران براساس سطوح مختلف خودمختاری طبقه‌بندی می‌شوند. در پیشرفته‌ترین سطح، این وسایل قادر به عملکرد کاملاً خودمختار بدون دخالت انسان هستند و در حال حاضر توسعه و آزمایش آن‌ها ادامه دارد. بااین حال، دستیابی به خودمختاری کامل در وسایل نظامی همچنان چالش برانگیز است؛ زیرا تفاوت‌هایی اساسی میان خودروهای خودران نظامی و غیرنظامی وجود دارد. مهم‌ترین این تفاوت‌ها شامل اجرای عملیات در مسیرهای خارج از جاده، زمین‌های ناشناخته و نیاز به مسیریابی مجدد در فضاهای باز است. محیط نظامی به الگوریتم‌های پیشرفته‌تر و آگاهی محیطی بیشتری نسبت به کاربردهای غیرنظامی نیاز دارد. به‌طور خاص، شناسایی ویژگی‌های زمین، تشخیص مسیرهای غیرقابل عبور، تعیین مسیرهای جایگزین، مسیریابی مجدد و کنترل بهینه وسیله نقلیه در شرایط دشواری مانند یخ، برف و گل باید در نظر گرفته شود. نتایج نشان می‌دهد که برخی از چالش‌ها را می‌توان توسط الگوریتم‌های یادگیری ماشین و هوش مصنوعی برطرف کرد (Vecherin et al., 2020).

«ویلمز»^۲ (۲۰۲۱) در فصل «درک تأثیرات وسایل نقلیه خودران در لجستیک» در کتابی با عنوان «تحول دیجیتال لجستیک»، به بررسی تأثیرات وسایل نقلیه خودران در حمل‌ونقل بار و مدیریت مواد در لجستیک پرداخته است. در بخش نتایج این پژوهش، چهار مزیت عمده شامل ایمنی، صرفه‌جویی در انرژی، انعطاف‌پذیری و قابلیت‌های حمل‌ونقل برای استفاده از وسایل خودران زمینی مطرح شده است. همچنین، چالش‌های اصلی این فناوری شامل هزینه‌های اولیه زیرساخت و راه‌اندازی، امنیت سایبری، نگهداری داده‌ها، قابلیت همکاری و پیاده‌سازی نقشه راه در بهره‌برداری از آن‌ها بیان شده است (Willems, 2021).

پروسی و همکاران (۲۰۱۹) در یک مقاله علمی-پژوهشی با عنوان «زنجیره تأمین ۴/۰: وسایل نقلیه و تجهیزات خودمختار برای پاسخ‌گویی به تقاضا»، انواع تجهیزات و وسایل نقلیه

1. Vecherin
2. Willems



خودران مورد استفاده در صنایع، انبارها، حمل و نقل و تحویل محصول را از جنبه‌های مختلفی از جمله هزینه نگهداری، امنیت، بهره‌برداری، مدیریت محصول، زمان تحویل و پایداری تجزیه و تحلیل کردند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که برای عملیات در صنایع و انبارها وسیله نقلیه هدایت‌شونده خودکار بهترین گزینه است؛ زیرا یک روش منعطف و ایمن برای جابه‌جایی کالاها و محصولات در مکان‌های کوچک ارائه می‌دهد. علاوه بر این، این تجهیزات می‌توانند به سازمان‌دهی و کنترل موجودی‌ها کمک کنند. برای حمل مقادیر زیادی اقلام در مسافت‌های طولانی با هزینه کم و خطر تصادف اندک وسیله نقلیه انتخابی قطار خودران است. در نهایت، برای تحویل محصول به مشتری، بهترین وسیله شناسایی شده، پهپاد است. اگرچه این گزینه ممکن است در برخی موارد دور از واقعیت به نظر برسد (Perussi et al., 2019).

میکالسکی و نوواکوسکی (۲۰۲۰) در یک مقاله مروری با عنوان «استفاده از وسایل نقلیه بدون سرنشین برای مقاصد لجستیک نظامی»، به بررسی وضعیت و روند فعلی توسعه فناوری وسایل نقلیه بدون سرنشین نظامی پرداخته‌اند. در این پژوهش، راهکارهایی برای استفاده از وسایل نقلیه زمینی بدون سرنشین در مأموریت‌های نظامی ارائه شده است و همچنین، چندین پروژه جهانی که از این فناوری بهره می‌برند، مانند کشورهای اروپایی و ایالات متحده، معرفی شده‌اند. نتایج این مقاله نشان می‌دهد استفاده از انواع وسایل نقلیه خودران در لجستیک نظامی می‌تواند به بهبود عملیات نظامی، کاهش خطرات انسانی و افزایش کارایی در مدیریت کالا، انبارها و زیرساخت‌های حساس کمک کند (Michalski et al., 2020). در ادامه، مطالعات موجود در ادبیات به سه دسته تقسیم شده و بررسی می‌شوند.

❖ وسایل نقلیه خودران زمینی و ربات‌ها

محققان معتقدند که وسایل نقلیه خودران زمینی نقش مهمی در تحول دیجیتال صنعت لجستیک ایفا خواهند کرد. این وسایل می‌توانند خطای انسانی را حذف کرده و رانندگی دقیق و قابل اعتمادی ارائه دهند. علاوه بر این، امکان نظارت مداوم بر کالاها و وسایل نقلیه را فراهم کرده و باعث کاهش فرسودگی وسایل نقلیه، مصرف سوخت و هزینه‌های نیروی کار

می‌شوند. آن‌ها با استفاده از حسگرهای ثابت و متحرک، نقشه‌برداری داده‌ها و پردازش اطلاعات، مدل دقیقی از محیط اطراف خود ایجاد می‌کنند. این مدل، حرکات احتمالی تمام اجسام را پیش‌بینی کرده و به‌وسیله نقلیه امکان برنامه‌ریزی مستقل مسیر را می‌دهد. برای دستیابی به این سطح از خودمختاری، نیاز به اتوماسیون سطح ۴ است، یعنی وسیله نقلیه باید کاملاً قادر به حرکت در محیط‌های پیچیده و ناشناخته باشد (Willems, 2021).

به‌کارگیری ربات‌ها و وسایل نقلیه زمینی خودران به‌دلیل انعطاف‌پذیری، ایمنی، قابلیت اطمینان و بهره‌وری بالا در صنایع مختلف رایج شده است (Fazlollahtabar et al., 2015). جابه‌جایی مواد، بخش حیاتی در سایت‌های تولید و توزیع محسوب می‌شود. امروزه انواع مختلفی از وسایل نقلیه خودران در کارخانه‌ها، انبارها و مراکز توزیع برای بهبود کارایی این فرایند به‌کار گرفته می‌شوند. این فناوری یکی از پیشرفته‌ترین کاربردهای وسایل خودران در لجستیک درونی است.

در عملیات لجستیکی محیط‌های بسته مانند مراکز تولید و انبار وسایل نقلیه هدایت‌شونده خودکار^۱ به‌طور گسترده استفاده می‌شوند. این وسایل با وسایل نقلیه خودران تفاوت‌هایی دارند و معمولاً در مسیرهای از پیش تعیین‌شده حرکت می‌کنند. برای هدایت آن‌ها از فناوری‌هایی مانند نوارهای مغناطیسی، لیزر، میخ‌های مغناطیسی در کف محیط، سیستم‌های الکترومغناطیسی و سایر روش‌های ناوبری استفاده می‌شود (Lagorio-Chafkin, 2014). در انبار وسایل نقلیه هدایت‌شونده خودکار مسئول وارد کردن اقلام ورودی و آماده‌سازی خروجی‌ها از طریق عملیات لجستیکی تخلیه، ذخیره‌سازی، چیدمان، تثبیت، برچسب‌گذاری و بارگیری هستند. با پیشرفت‌های اخیر در حوزه هوش مصنوعی و رباتیک، این وظایف به‌صورت جزئی یا کاملاً خودکار انجام می‌شوند (Galar et al., 2020). به‌طورکلی وسایل نقلیه هدایت‌شونده خودکار برای انجام وظایف مشخص در محیط‌های کنترل‌شده به‌کار می‌روند، درحالی‌که وسایل خودران با بهره‌گیری از فناوری‌های پیشرفته‌تر، انعطاف‌پذیری بیشتری دارند و قادر به فعالیت در شرایط متنوع‌تر، از جمله جاده‌های عمومی، هستند. این وسایل در مقایسه با



اپراتورهای انسانی، توانایی بیشتری در حمل اقلام با اندازه، شکل وزن، حجم و خواص مکانیکی مختلف دارند که یکی از مزایای اصلی آن‌ها محسوب می‌شود. از نظر فناوری‌های به‌کاررفته در وسایل نقلیه خودران، این سیستم‌ها معمولاً متناسب با شرایط محیطی خاص و وظایفی که به آن‌ها محول می‌شود، طراحی می‌شوند (Willems, 2021). در ادامه، چند نمونه واقعی از وسایل نقلیه زمینی بدون سرنشین و ربات‌هایی که توسط ارتش کشورهای مختلف برای پشتیبانی و لجستیک نظامی در حال توسعه یا بهره‌برداری هستند، معرفی شده است. اولین مورد، «هوریبا میرا وایکینگ»^۱ است که توسط کشور انگلیس ساخته شده است (شکل ۱). این وسیله برد عملیاتی ۲۰۰ کیلومتر را با موتور دیزلی طی می‌کند و مجهز به درایو هیبریدی است که امکان حرکت در مسافت ۲۰ کیلومتری را با استفاده از درایو الکتریکی برای عملکرد بی‌صدا نیز فراهم می‌کند. این دستگاه قادر است تا ۸۰۰ کیلوگرم کالا را حمل کند و برای حرکت در زمین‌های چالش‌برانگیز و آسفالت و همچنین در جاده تا سرعت ۵۰ کیلومتر در ساعت طراحی شده است. این پروژه با هدف توسعه و آزمایش میدانی عملیاتی سیستم‌های تأمین مجدد لجستیک مستقل راه‌اندازی شد (Mohacsi, 2024).



شکل ۱: وسیله نقلیه بدون سرنشین هوریبا میرا وایکینگ

1. Horiba Mira Viking

نمونه دیگر، «راین متال میژن مستر»^۱ است که قرار است توانایی‌های رزمی سربازان خط مقدم را افزایش دهد (شکل ۲). این وسیله توسط کشور آلمان و با هدف انجام مأموریت‌های مختلف از جمله پشتیبانی لجستیکی، شناسایی و نظارت در عملیات نظامی طراحی شده است. این وسیله دارای بسته باتری لیتیومی است که اجازه می‌دهد به‌طور مداوم به مدت ۸ ساعت با سرعت ۳۰ کیلومتر در ساعت کار کند و حداکثر ۶۰۰ کیلوگرم بار را حمل کند (Michalski et al., 2020).



شکل ۲: وسیله نقلیه بدون سرنشین راین متال میژن مستر

سامانه بی‌سرنشین زمینی مدولار «دمس»^۲ ساخت کشور استونی است که برای پشتیبانی از نیروها با حمل هر باری که یک سرباز معمولاً حمل می‌کند، طراحی شده است (شکل ۳). این پلتفرم کنترل از راه دور، با ظرفیت حمل ۷۵۰ کیلوگرم، از یک سامانه هیبریدی شامل موتورهای دیزلی و الکتریکی نیرو می‌گیرد. برای تثبیت بار، به انواع مختلفی از اتصالات و مهارها مجهز شده است. این وسیله بدون سرنشین می‌تواند تا ۱۰ ساعت به حرکت ادامه دهد که از این مدت، حدود ۹۰ دقیقه را می‌تواند در حالت بی‌صدا و تنها با استفاده از نیروی الکتریکی طی کند. حداکثر سرعت آن ۳۵ کیلومتر در ساعت بوده و برد مسافتی آن بسته به

1. Rheinmetall Mission Master
2. THEMIS



شرایط محیطی متغیر است. کنترل این وسیله از طریق اپراتور و به وسیله ارتباط رادیویی، همراه با سنسورها و سامانه سلاح انجام می‌شود (Michalski et al., 2020).



شکل ۳: وسیله نقلیه بدون سرنشین دمس

ارتش ایالات متحده برنامه «اسمت»^۱ را توسعه داده است که بر طراحی ربات‌هایی برای پشتیبانی نیروها متمرکز است. این ربات‌ها وظایفی مانند حمل سلاح، مهمات، غذا و تجهیزات ضروری را بر عهده دارند و همچنین در شناسایی و حذف موانع مسیر مورد استفاده قرار می‌گیرند (شکل ۴). گفته می‌شود این وسیله نقلیه می‌تواند بارهایی با وزن ۴۵۰ کیلوگرم را حمل کند که معادل چهار کوله‌پشتی نظامی آمریکایی، شش جعبه جیره غذایی و چهار کپسول آب است. برد مسافت در زمان حمل حداکثر بار ۱۰۰ کیلومتر است و ۷۲ ساعت امکان خدمت‌دهی دارد. این وسیله نقلیه می‌تواند به‌طور بالقوه عمل شناسایی الکترونیکی و خنثی‌سازی مواد منفجره دست‌ساز را انجام دهد (Cox, 2020).

نمونه دیگر، ربات BigDog ساخت شرکت آمریکایی Boston Dynamics است (شکل ۵). در این ربات هر پا دارای چهار محرک است، دو تا برای مفصل ران و یکی برای مفصل زانو و مچ پا که آن را قادر به عبور از زمین‌های دشوار، دویدن با سرعت ۶/۴ کیلومتر در ساعت، حمل ۱۵۰ کیلوگرم بار و بالا رفتن از شیب ۳۵ درجه می‌کند. BigDog در واقع به‌جای چرخ، از چهار پایه برای حرکت استفاده می‌کند که به آن اجازه می‌دهد در سطوحی که برای چرخ‌ها

1. SMET (Squad Multipurpose Equipment Transport)

دشوار است، حرکت کند. در سال ۲۰۱۵، این پروژه به دلیل داشتن موتور بنزینی و پر سروصدا در میدان جنگ و هزینه‌های بالا، متوقف شد. پس از آن یک ربات تمام الکتریکی مشابه دیگر با نام Spot توسط این شرکت ساخته شد که بسیار بی‌صداتر بود؛ اما تنها می‌توانست ۱۸ کیلوگرم را حمل کند. این پروژه نیز متوقف شده است (Bogue, 2016).



شکل ۴: وسیله نقلیه بدون سرنشین است



شکل ۵: ربات BigDog



لازم به ذکر است که جهاد خودکفایی نیروی زمینی محوری ارتش جمهوری اسلامی ایران نیز طی سال‌های اخیر با استفاده از فناوری‌های هوش مصنوعی و رباتیک، به‌سوی طراحی و ساخت خودروهای رزمی بدون سرنشین با نام خودروهای هدایت‌پذیر از دور یا «خپادها» با کاربردهای مختلف حرکت کرده است. سه نمونه از این خودروهای رزمی بدون سرنشین در ادامه به‌طور مختصر توضیح داده می‌شوند (ایران پرس، ۱۴۰۱).

اولین مورد خودروی رباتیک بدون سرنشین «نذیر» است که در دو نوع ۴ و ۶ چرخ طراحی شده است (شکل ۶). این خودرو قادر است در هر نوع زمین با عارضه‌های متفاوت حرکت دوربین است که روی ستون‌های خودرو قرار می‌گیرند. این ربات کارکردهای متفاوتی همچون تیربارچی، انهدامی، مین‌افکن و شناسایی دارد. یکی از قابلیت‌های مهم «حیدر-۱» امکان شبکه‌محور شدن آن برای اجرای عملیات در هماهنگی با سایر تجهیزات و تسلیحات است. دومین نوع خودرو نظامی حیدر-۱ به‌طور ویژه برای حمله به واحدهای زرهی دشمن طراحی شده و مانند یک پهباد کامیکازه به زیر تانک یا خودروهای زرهی دشمن رفته و با منفجر کردن مهمات منفجره خود در زیر شکم این خودروها که آسیب‌پذیرتر از دیگر نقاط است، آن‌ها را از کار می‌اندازد. مورد سوم، خودروی رزمی بدون سرنشین کاراکال است که از یک سامانه تعلیق مستقل استفاده می‌کند. حداکثر سرعت آن ۳۰ کیلومتر بر ساعت و حداکثر بُرد عملیاتی آن بیش از ۵۰۰ متر است. این خودروی رباتیک قابلیت حمل سلاح‌های سبک و نیمه‌سنگین را داراست و به سامانه کنترل از راه دور هوشمند و مسافت‌یاب لیزری و سامانه اپتیکی نیز تجهیز شده است. موتور نذیر یک موتور الکتریکی است که به علت بی‌صدا بودن، امکان فعالیت مخفیانه در مناطق عملیاتی را داراست. این وسیله توانایی اجرای مأموریت‌های شناسایی و رزمی را دارد. قدرت حمل بار توسط این خودرو ۶۰۰ کیلوگرم است. نذیر می‌تواند علاوه بر تسلیحات خود انواع محموله‌های مورد نیاز همچون مهمات، غذا، کمک‌های اولیه پزشکی و بار همراه سربازان را در میدان‌های نبرد جابه‌جا کند. مورد دیگر، خودروی رباتیک هوشمند شبکه‌محور بدون سرنشین حیدر-۱ است (ایران پرس، ۱۴۰۱).



شکل ۶: خودروی رباتیک بدون سرنشین «نذیر»

❖ وسایل بدون سرنشین هوایی (پهپاد)

یکی دیگر از وسایل بدون سرنشینی که در سال‌های اخیر توجه محققان را جلب کرده، پهپادها (پرنده‌های هدایت‌پذیر از دور) هستند. قابلیت پرواز این وسایل به آن‌ها امکان می‌دهد به سرعت به مناطق دورافتاده و صعب‌العبور دسترسی پیدا کنند. برخلاف وسایل نقلیه زمینی مانند کامیون‌ها و قطارها، پهپادها محدودیت‌های جغرافیایی ندارند و می‌توانند در مواقع اضطراری برای تحویل کالاهای بشردوستانه، پزشکی یا سایر اقلام حیاتی ظرف چند دقیقه به کار گرفته شوند. این ویژگی، آن‌ها را به ابزاری ارزشمند در لجستیک امدادی تبدیل کرده است (Goodchild and Toy, 2018). یکی از نمونه‌های موفق در این حوزه، استارتاپ زیپ‌لاین (Zipline) است که در سال ۲۰۲۰، در جریان مقابله با کووید-۱۹، برای انتقال خون واکسن و تجهیزات پزشکی به مناطق روستایی غنا و رواندا فعالیت داشت. این شرکت همچنین نمونه‌های آزمایش بیماران را از مراکز بهداشتی روستایی جمع‌آوری کرده و با ناوگانی از پهپادها، ظرف کم‌تر از یک ساعت به آزمایشگاه‌های پزشکی در دو شهر بزرگ این کشورها ارسال می‌کرد (Rustici, 2020). تصویر پهپاد این استارتاپ در شکل (۷) نشان داده شده است.



شکل ۷: پهپاد شرکت زیپ‌لاین در حال خدمت‌رسانی

«بناریبا و کیاماکیا»^۱ (۲۰۲۲) با مرور مقالات در حوزه تحویل گام آخر توسط پهپادها، محدودیت‌ها، چالش‌ها، راه‌حل‌ها و مفاهیم مرتبط با طراحی و مدل‌سازی سیستم‌های آمادی تحویل بسته با کمک پهپادها را بررسی کردند. محققان چالش‌های مربوط به تحویل با پهپاد را به چهار دسته تقسیم کرده‌اند: مسیریابی وسیله حمل‌ونقل برای پهپادها، انتخاب پهپاد مناسب، فرایند شارژ یا تعویض باتری پهپادها با استقرار بهینه ایستگاه‌های شارژ به‌منظور افزایش پوشش منطقه و تصمیمات مرتبط با تخصیص ناوگان (Benarbia and Kyamakya, 2022).

پهپادها در حال حاضر به‌طور گسترده در مأموریت‌های مختلفی مانند نظارت و شناسایی در مأموریت‌های نظامی، عملیات نجات، سنجش از راه دور، اکتشاف، امداد رسانی به بلایای طبیعی، تحقیقات علمی، باستان‌شناسی، فیلم‌برداری و عکس‌برداری، تشخیص و اطفای حریق در جنگل‌ها، سم‌پاشی آفت‌کش‌ها، بررسی‌های ژئوفیزیکی و همچنین در آماد و حمل‌ونقل محموله‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند (Galar et al., 2020). برخی از کشورها از پهپادها برای انجام وظایف عمومی مختلف مانند آتش‌نشانی، مأموریت‌های نظامی، پلیس و ... بهره می‌برند. استفاده از پهپادها در صنایع و انجام کارهای خطرناک، به‌ویژه در حوزه بازرسی، نیز در حال

1. Benarbia and Kyamakya

افزایش است. به عنوان مثال، شرکت راه آهن «بی.ان.اس.اف»^۱ استفاده از پهبادهای را برای بازرسی ریلها، پلها و پایش کیفیت هوا در اطراف تعمیرگاههای راه آهن آغاز کرده است. پهبادهای با استفاده از دوربینها و حسگرها دادهها را ثبت کرده تا ناهنجاریها را شناسایی کرده و پیش بینی کنند که کدام بخشها ممکن است دچار مشکل شوند (Gilchrist, 2018).

کاربرد پهبادهای در مدیریت آماد تنها به انتقال و تحویل اقلام محدود نمی شود، بلکه یکی دیگر از کاربردهای آنها در پایش موجودی در بخش انبار است. این پهبادهای می توانند در انبار حرکت کرده و میزان موجودی فیزیکی اقلام را با اسکن «کدهای کیو.آر»^۲ یا خواندن برچسبهای RFID ارزیابی کنند. به عنوان مثال «وال مارت»^۳ از پهبادهای برای واریسی موجودی یکی از بزرگترین مراکز توزیع خود استفاده می کند. این پهبادهای قادرند کل محوطه ۹۳ هزار متر مربعی وال مارت را در یک روز بررسی کنند، درحالی که این کار برای انسان یک ماه زمان می برد. بنابراین، این فرایند می تواند به طور روزانه انجام شده و فهرست موجودی به طور مستمر به روزرسانی شود (Gilchrist, 2018).

❖ وسایل بدون سرنشین دریایی

علاوه بر وسایل نقلیه خودران زمینی و پهبادهای وسایل نقلیه خودران دریایی مانند قایقها و زیردریاییهای خودران نیز در حال توسعه و استفاده در کشورهای مختلف هستند. با توجه به این که مینهای آبی تهدید جدی برای حرکت و حمل و نقل کشتیهای جنگی هستند، این وسایل خودران مشابه وسایل نقلیه خودران زمینی می توانند به طور گسترده برای شناسایی، تجزیه و تحلیل، غیرفعال کردن یا حذف مینها به کار روند و به بهبود حمل و نقل دریایی کمک کنند. زیردریاییها به عنوان بازیگران پنهان هر جنگی، قابلیت تغییر نتیجه جنگ را از طریق غافلگیری دشمن دارند، زیرا از آنجایی که در زیر آب عمل می کنند، ردیابی آنها بسیار دشوار است. یکی از مشکلات زیردریاییها نیاز به خدمه برای بهره برداری است که زیردریاییهای خودمختار می توانند این مشکل را حل کنند (Modanval et al., 2021).

1. BNSF

2. QR code

3. Walmart



به‌عنوان یک نمونه، پروژه MUNIN یا «ناوبری بدون سرنشین دریایی از طریق اطلاعات در شبکه‌ها»، پروژه‌ای است که از تحقیقات اروپایی در زمینه لجستیک دریایی نشئت می‌گیرد و هدف آن به‌روزرسانی ناوگان امروزی به کشتی‌های خودمختار با استفاده از سیستم‌های تصمیم‌گیری خودکار و کنترل از راه دور است. این پروژه همچنین بر بهینه‌سازی محیطی و عملیات تعمیر و نگهداری هوشمند تمرکز دارد (Willems, 2021).

۲. روش‌شناسی پژوهش

این تحقیق از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش، ترکیبی (کیفی-کمی) است. در بخش کیفی، با مطالعه منابع کتابخانه‌ای و انجام مصاحبه با افراد آگاه به موضوع مورد بررسی، مدل مفهومی تحقیق شناسایی شد (شکل ۸). در قدم اول کلیدواژه‌های مرتبط شامل وسایل نقلیه خودران (autonomous vehicles) و وسایل نقلیه خودران زمینی (autonomous ground vehicles) و وسایل نقلیه بدون سرنشین (unmanned vehicles) و وسایل نقلیه بدون سرنشین هوایی (unmanned aerial vehicles) یا پهپاد (drone)، هوشمند (smart و intelligent) و مدیریت آماد (logistics management) در پایگاه‌های اطلاعاتی اسکوپوس (Scopus) و گوگل اسکالر (Google Scholar) جست‌وجو شد و ۳۴ منبع انگلیسی شامل مقالات مروری، پژوهشی، کنفرانسی و کتب به نمایش درآمد. پس از مرتب‌سازی مقالات براساس سال انتشار، با بررسی عناوین و چکیده‌ها، مقالات مرتبط و دلخواه برای مطالعه عمیق و نکته‌برداری گردآوری شدند. لازم به ذکر است که برای پیدا کردن منابع فارسی، کلیدواژه‌های مذکور در پایگاه‌های اطلاعاتی سیویلیکا (Civilica) و بانک اطلاعات نشریات کشور (Magiran) جست‌وجو شدند.

۳. یافته‌های پژوهش

نتایج بخش کیفی تحقیق درخصوص شناسایی عوامل و سنجه‌های مدل در قالب جدول (۱) دسته‌بندی شده است.

جدول ۱: اطلاعات به‌دست‌آمده از بخش کیفی

ردیف	عامل	سنجه
	وسایل نقلیه زمینی بدون سرنشین و هدایت‌پذیر و ربات‌ها	نقش خودروهای خودران در تأمین و تدارکات مدیریت آماد
		نقش خودروهای خودران در جابه‌جایی اقلام و افراد
		نقش خودروهای خودران در نظارت بر دارایی‌ها، شناسایی تهدیدات و تضمین امنیت سرباز و کاروان لجستیک
		نقش وسایل نقلیه هدایت‌شونده خودکار در تخلیه، ذخیره‌سازی، چیدمان و پایش موجودی مدیریت آماد
		نقش وسایل نقلیه هدایت‌شونده خودکار در جابه‌جایی اقلام و افراد
		نقش ربات‌ها در تأمین و تدارکات مدیریت آماد
		نقش ربات‌ها در تخلیه، ذخیره‌سازی، چیدمان و پایش موجودی مدیریت آماد
		نقش ربات‌ها در جابه‌جایی اقلام و افراد
		نقش ربات‌ها در نگهداری و تعمیرات مدیریت آماد
	وسایل نقلیه هوایی بدون سرنشین و هدایت‌پذیر	نقش پهپادها در تأمین و تدارکات مدیریت آماد
		نقش پهپادها در پایش موجودی مدیریت آماد
		نقش پهپادها در نظارت بر دارایی‌ها، شناسایی تهدیدات و تضمین امنیت کاروان لجستیک
		نقش قایق‌های خودران در تأمین و تدارکات مدیریت آماد
	وسایل نقلیه دریایی بدون سرنشین	نقش قایق‌های خودران در جابه‌جایی اقلام و افراد
		نقش قایق‌های خودران در نظارت بر دارایی‌ها، شناسایی تهدیدات و تضمین امنیت سرباز و کاروان لجستیک
		نقش زیردریایی‌های بدون سرنشین در تأمین و تدارکات مدیریت آماد
		نقش زیردریایی‌های بدون سرنشین در جابه‌جایی اقلام و افراد
		نقش زیردریایی‌های بدون سرنشین در نظارت بر دارایی‌ها، شناسایی تهدیدات و تضمین امنیت سرباز و کاروان لجستیک
		افزایش سرعت انتقال تجهیزات و ملزومات
	مدیریت آماد	بهبود هماهنگی و برنامه‌ریزی در زنجیره تأمین
		کاهش هزینه‌های مربوط به نیروی انسانی



در فاز دوم انجام تحقیق (کمی)، با توجه به داده‌های به‌دست‌آمده از فاز قبلی، پرسش‌نامه مناسبی طراحی گردید و در اختیار ۱۶ نفر از خبرگان قرار گرفت. این افراد شامل اساتید و کارشناسان حوزه آماد و پشتیبانی هستند که دارای تجربه و دانش عمیق در این حوزه هستند. با توجه به ماهیت تحقیق، این تعداد برای تحلیل و استخراج نتایج معتبر از دیدگاه خبرگان کافی در نظر گرفته شده است. اطلاعات جمعیت شناختی پاسخ‌دهندگان به پرسش‌نامه در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول ۲: اطلاعات جمعیت شناختی پاسخ‌دهندگان

توزیع پاسخ‌دهندگان براساس درجه					
درجه	سرھنگ دوم	سرھنگ و بالاتر	تکمیل نشده	جمع	
تعداد	۳	۸	۵	۱۶	
درصد	۱۸/۸٪	۵۰٪	۳۱/۳٪	۱۰۰٪	
توزیع پاسخ‌دهندگان براساس رشته					
رشته	رزمی	پشتیبانی رزمی	پشتیبانی خدمات رزمی	تکمیل نشده	جمع
تعداد	۲	۶	۴	۶	۱۶
درصد	۱۲/۵٪	۳۷/۵٪	۲۵٪	۲۵٪	۱۰۰٪
توزیع پاسخ‌دهندگان براساس سن					
سن	۳۰ سال و کم‌تر	۳۱-۴۰ سال	۴۱-۵۰ سال	جمع	
تعداد	۳	۳	۱۰	۱۶	
درصد	۱۸/۸٪	۱۸/۸٪	۶۲/۵٪	۱۰۰٪	
توزیع پاسخ‌دهندگان براساس تحصیلات					
تحصیلات	کارشناسی ارشد	دکتر و بالاتر	جمع		
تعداد	۶	۱۰	۱۶		
درصد	۳۷/۵٪	۶۲/۵٪	۱۰۰٪		
توزیع پاسخ‌دهندگان براساس سنوات خدمتی					

سنوات خدمتی	کمتر از ۵ سال	۶-۱۰ سال	بیشتر از ۲۱ سال	جمع
تعداد	۳	۳	۱۰	۱۶
درصد	۱۸/۸٪	۱۸/۸٪	۶۲/۵٪	۱۰۰٪

در این پژوهش، به منظور اعتبارسنجی و برازش مدل تحقیق، از تحلیل عاملی تأییدی با استفاده از مدل‌سازی معادلات ساختاری در نرم‌افزار Smart PLS انجام شده است. در گام نخست، قابلیت اطمینان سنجه‌های مدل بررسی شده که نتایج نشان می‌دهد همه بارهای عاملی بالاتر از مقدار ۰/۴ است. علاوه بر این، برای ارزیابی پایایی سازه‌ها، ضریب «آلفای کرونباخ»^۱ نیز محاسبه شده است که نتایج آن در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۳: نتایج پایایی مدل براساس ضریب آلفای کرونباخ

عامل	آلفای کرونباخ
وسایل نقلیه زمینی بدون سرنشین و هدایت‌پذیر و ربات‌ها	۰/۸۷۴
وسایل نقلیه هوایی بدون سرنشین و هدایت‌پذیر	۰/۷۰۴
وسایل نقلیه دریایی بدون سرنشین	۰/۸۴۶
مدیریت آماد	۰/۸۱۰

در گام بعد، روایی هم‌گرایی سازه‌های مدل اندازه‌گیری براساس معیار واریانس استخراج شده بررسی می‌شود. برای تأیید این روایی مقدار AVE باید بیش از ۰/۵ باشد تا نیازی به حذف هیچ سنجه‌ای نباشد. نتایج این بررسی به شرح جدول (۴) است.

جدول ۴: نتایج روایی-هم‌گرایی مدل براساس معیار واریانس استخراج شده

عامل	AVE
وسایل نقلیه زمینی بدون سرنشین و هدایت‌پذیر و ربات‌ها	۰/۵۰۶
وسایل نقلیه هوایی بدون سرنشین و هدایت‌پذیر	۰/۶۳۵
وسایل نقلیه دریایی بدون سرنشین	۰/۵۶۸



عامل	AVE
مدیریت آماذ	۰/۷۳۰

براساس نتایج به‌دست‌آمده، پایایی و روایی مدل پیشنهادی تأیید شده است. برای بررسی مدل ساختاری، دو معیار ضریب تعیین (R^2) و شاخص قدرت پیش‌بینی مدل یا شاخص استون-گیسر (Q^2) محاسبه شده است. نتایج این شاخص‌ها مدل ساختاری را تأیید می‌کند. مقادیر محاسبه شده در جدول (۵) آمده است.

جدول ۵: نتایج معیارهای مدل ساختاری

عامل	ضریب تعیین (R^2)	استون گیسر (Q^2)
مدیریت آماذ	۰/۹۰۷	۰/۵۴۷

در گام آخر، مقدار معناداری (t -value) برای عناصر مدل محاسبه شد. نتایج نشان می‌دهد که مطابق جدول (۶)، تمامی مقادیر بزرگ‌تر از $1/96$ هستند. بنابراین، مدل پیشنهادی در زمینه تأثیر وسایل نقلیه خودران بر مدیریت آماذ تأیید می‌شود.

جدول ۶: نتایج حاصله از مدل

عامل	t-value	تأثیر معنادار بر مدیریت آماذ
وسایل نقلیه زمینی بدون سرنشین و هدایت‌پذیر و ربات‌ها	۲/۵۷۲	دارد
وسایل نقلیه هوایی بدون سرنشین و هدایت‌پذیر	۳/۶۰۵	دارد
وسایل نقلیه دریایی بدون سرنشین	۲/۰۲۳	دارد

۴. تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده از طریق بررسی پیشینه تحقیق و پرسش‌نامه نشان می‌دهد که انواع مختلفی از وسایل نقلیه خودران وجود دارند که در حوزه‌های مختلف آماد نقش مؤثری ایفا کرده و می‌توانند به بهینه‌سازی فرایندهای لجستیکی و کاهش وابستگی به نیروی انسانی کمک کنند. برخی از مهم‌ترین این وسایل عبارت‌اند از: خودروهای خودران، ربات‌های انسان‌نما وسایل نقلیه باربر، ربات‌های حمل مجروحین، ربات‌های زیرآبی، پهپادها، قایق‌های خودران و زیردریایی‌های بدون سرنشین. کاربرد این وسایل در وظایف لجستیکی، بسته به محیط عملیاتی، متنوع است. در فضای بسته، مانند انبارها و مراکز تولید، این وسایل در جابه‌جایی اقلام (از جمله مهمات و مواد منفجره)، بسته‌بندی، تعمیر و نگهداری، چینش، ذخیره‌سازی و کنترل موجودی نقش مؤثری ایفا می‌کنند. در فضای باز نیز می‌توان از آن‌ها در فعالیت‌های نظارتی، از جمله پایش دارایی‌های حیاتی (مانند انبارها، خطوط لوله، خطوط برق و مسیرهای استراتژیک)، نگهبانی و همراهی کاروان‌های نظامی، شناسایی تهدیدات و در صورت امکان، خنثی‌سازی خطرات احتمالی برای کاروان‌های لجستیکی بهره برد. علاوه بر این، این وسایل در تأمین مایحتاج نیروها، مکان‌یابی و عملیات امدادرسانی مانند انتقال مجروحان، تحویل دارو و انجام معاینات پزشکی نیز کاربرد دارند. همچنین می‌توان نتیجه گرفت که در حوزه لجستیک نظامی، ربات‌های حمل بار، تخلیه پزشکی و ربات‌های کوچک کنترل‌شونده از راه دور که برای نظارت، مکان‌یابی و بررسی اشیایی مانند بمب‌ها به کار گرفته می‌شوند، از جمله رایج‌ترین انواع مورد استفاده هستند. کاربرد وسایل نقلیه خودران و هدایت‌پذیر در مدیریت آماد در جدول (۷) نشان داده شده است.

جدول ۷: نتایج تحقیق

مدیریت آماد	وسایل نقلیه خودران کاربردی
تأمین و تدارکات	خودروهای خودران، ربات‌ها، پهپادها، قایق‌های خودران و زیردریایی‌های بدون سرنشین
ذخیره‌سازی، چیدمان و پایش موجودی	وسایل نقلیه هدایت‌شونده خودکار، ربات‌ها و پهپادها



مدیریت آماد	وسایل نقلیه خودران کاربردی
جابه‌جایی اقلام و افراد	خودروهای خودران وسایل نقلیه هدایت‌شونده خودکار، ربات‌ها، قایق‌های خودران و زیردریایی‌های بدون سرنشین
نگهداری و تعمیرات	ربات‌ها
نظارت بر دارایی‌ها، شناسایی تهدیدات و تضمین امنیت سرباز و کاروان لجستیک	خودروهای خودران، پهپادها، قایق‌های خودران و زیردریایی‌های بدون سرنشین

لازم به ذکر است با وجود مزایا و کاربرد وسایل خودران و بدون سرنشین در مدیریت آماد، استفاده از این فناوری و توسعه آن با چالش‌هایی مواجه است که مهم‌ترین آن‌ها شامل موارد زیر می‌شود:

امنیت داده‌ها و اطلاعات یکی از حیاتی‌ترین چالش‌ها برای ایجاد یک اکوسیستم حمل‌ونقل ایمن است. بنابراین، فضای سایبری و شبکه وسایل نقلیه خودران باید تقریباً در هر شرایطی تحت کنترل باشد تا نه تنها از نفوذ و ویروس‌ها جلوگیری شود، بلکه از کندی و خرابی وسایل نیز جلوگیری شود.

فقدان یا مغایرت در مقررات بین کشورها در توسعه و استفاده از فناوری وسایل نقلیه خودران و همچنین نگرانی‌های مربوط به حریم خصوصی باعث کاهش سرعت پذیرش این وسایل در سراسر جهان شده است.

وسایل نقلیه خودران زمینی و هوایی هر یک به مسیریابی هوشمندی نیاز دارند که در هر لحظه به‌روزرسانی شود تا وظایف حمل‌ونقل را با توجه به برنامه‌های زمانی اولویت‌بندی کند.

وسایل نقلیه خودران و ربات‌ها باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که با استفاده از حسگرها و سیستم‌های پیشرفته از برخورد با اشیاء دیگر جلوگیری شود.

با این حال، چالش‌های پیرامون پذیرش این فناوری قابل حل هستند؛ اما نیازمند سطوح بالایی از سرمایه‌گذاری منابع در زمینه فناوری‌های پیشرفته هستند.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهاد

این پژوهش با بررسی پیشینه فناوری وسایل نقلیه خودران و انجام مطالعه میدانی، انواع این وسایل و کاربردهای آن‌ها را در حوزه آماد و پشتیبانی شناسایی کرده است تا اطلاعات مفیدی را در اختیار پژوهشگران و علاقه‌مندان به این حوزه قرار دهد. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که توسعه سیستم‌های خودران، انتخاب وسایل نقلیه خودران مناسب و به‌کارگیری آن‌ها، به‌ویژه در محیط‌های عملیاتی نظامی، تأثیر قابل‌توجهی بر افزایش دقت، سرعت و کارایی عملیات لجستیکی دارد. این فناوری می‌تواند موجب تحول اساسی در فرایندهای مدیریت آماد، از جمله تأمین و تدارکات، کنترل موجودی، جابه‌جایی اقلام و افراد، نظارت و تأمین امنیت شود و در نهایت، کارآمدی و ایمنی عملیات لجستیکی را بهبود بخشد. علاوه بر این، یکی از مهم‌ترین مزایای استفاده از فناوری رباتیک و وسایل نقلیه بدون سرنشین، کاهش خطر از دست دادن جان انسان در جنگ است، که این امر اهمیت توسعه و به‌کارگیری این فناوری را بیش‌ازپیش نمایان می‌سازد.

به‌منظور پیاده‌سازی این فناوری در بخش‌های مرتبط با آماد و پشتیبانی ارتش جمهوری اسلامی ایران، پیشنهادهای زیر ارائه می‌شود:

- ✓ سرمایه‌گذاری در بخش تحقیق و توسعه
- ✓ همکاری با دانشگاه‌ها، مراکز تحقیقاتی دفاعی و صنایع دانش‌بنیان برای توسعه وسایل نقلیه خودران بومی
- ✓ سیاست‌گذاری و ایجاد قوانین مرتبط
- ✓ تدوین دستورالعمل‌های استفاده از وسایل خودران در ارتش
- ✓ ایجاد مراکز کنترل و فرماندهی مستقل برای نظارت و مدیریت وسایل نقلیه خودران در شرایط اضطراری و عملیاتی
- ✓ توسعه پروتکل‌های امنیت سایبری برای جلوگیری از حملات سایبری
- ✓ برگزاری دوره‌های آموزشی و توانمندسازی نیروها
- ✓ آموزش نیروهای نظامی برای کار با سیستم‌های خودران



پژوهش‌های آینده می‌توانند به بررسی تهدیدات امنیتی در حوزه لجستیک هنگام استفاده از وسایل خودران پرداخته و چالش‌های مرتبط با پیاده‌سازی این فناوری در سامانه آماد و پشتیبانی سازمان‌های نظامی را شناسایی کنند. همچنین، امکان‌سنجی اجرای این فناوری و ارائه راهکارهای بهینه می‌تواند مسیر تحقیقات در این حوزه را گسترش دهد.

فهرست منابع

- ایران پرس (۱۴۰۱). *خودروهای رزمی بدون سرنشین ایرانی؛ تلفیق هوش مصنوعی و دانش رباتیک*. بازیابی شده از وبسایت خبرگزاری بین‌المللی ایران پرس.
- پارسا، علی؛ خادم، سیدحسین؛ رضایی، حمیدرضا؛ محمودزاده، ابراهیم (۱۴۰۲). *بررسی الزامات زنجیره تأمین دفاعی تاب‌آور با تأکید بر فناوری‌های نو ظهور صنعت*. فصلنامه آماد و فناوری دفاعی، ۶(۴)، ۴۰-۱۱.
- یمینی، سیدمحمدحسن؛ کازرونی، حنیف؛ طباطبائی، سیدمرتضی؛ رضائی، حمیدرضا (۱۴۰۳). *احصای فرمول محاسبه تاب‌آوری در زنجیره تأمین دفاعی*. فصلنامه آماد و فناوری دفاعی، ۷(۲)، ۴۶-۱۱.



References

- Benarbia, T., & Kyamakya, K. (2022). A Literature Review of Drone-Based Package Delivery Logistics Systems and Their Implementation Feasibility. *Sustainability (Switzerland)*, 14(1), 360.
- Bogue, R. (2016). The role of robots in the battlefields of the future. *Industrial Robot: An International Journal*, 43(4), 354-359.
- Cox, M. (2020). Army Close to Awarding New Contract for Robotic Mule to Carry Gear for Grunts. <https://www.military.com/daily-news/2020/06/10/army-close-awarding-new-contract-robotic-mule-carry-gear-grunts.html>.
- Ergene, Y. (2016). Analysis of unmanned systems in military logistics Monterey, California: Naval Postgraduate School.
- Fazlollahtabar, H., & Saidi-Mehrabad, M. (2015). Methodologies to Optimize Automated Guided Vehicle Scheduling and Routing Problems: A Review Study. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 77(3), 525-545.
- Galar, D., Kumar, U., & Seneviratne, D. (2020). Robots, Drones, UAVs and UGVs for Operation and Maintenance.
- Gilchrist, A. (2018). Supply Chain 4.0: From Stocking Shelves to Running the World Fuelled by Industry 4.0. Independently published.
- Goodchild, A., & Toy, J. (2018). Delivery by drone: An evaluation of unmanned aerial vehicle technology in reducing CO2 emissions in the delivery service industry. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 61, 58-67.
- Green, D. (2011). Future of Autonomous Ground Logistics: Convoys in the Department of Defense.
- Jeler, G. E., & Alexanderescu, G. (2019). Applications of unmanned systems in military logistics. *Bulletin of Carol I National Defence University*, 8(4), 89-94.
- Lagorio-Chafkin, C. (2014). Automated Guided Vehicles: Behind the Swift Business of a Heavy Industry. <https://www.inc.com/christine-lagorio/best-industries/automated-guided-vehicles.html>.
- Lionel, W. (2021). Understanding the Impacts of Autonomous Vehicles in Logistics. In *The Digital Transformation of Logistics: Demystifying Impacts of the Fourth Industrial Revolution* (pp. 113-127). IEEE.
- Lothar, S., Sebastian, B., & Stefan, B. (2008). Automated Guided Vehicle Systems: a Driver for Increased Business Performance. *Lecture Notes in Engineering and Computer Science*, 2169.
- Michalski, K., & Nowakowski, M. (2020). The use of unmanned vehicles for military logistic purposes. *Ekonomika i Organizacja Logistyki*, 5(4), 43-57.
- Modanval, R. K., Kumar, S. R., Gayathri, N., & Sharma, S. K. (2021). Robotics, AI and IoT in the Defense Sector. In *AI and IoT-Based Intelligent Automation in Robotics* (pp. 35-52).
- Mohacsi, R. (2024). Viking Uncrewed Ground Vehicle. <https://iuk-business-connect.org.uk/casestudy/viking-uncrewed-ground-vehicle/>.
- Perussi, J. B., Gressler, F., & Seleme, R. (2019). Supply Chain 4.0: Autonomous Vehicles and Equipment to Meet Demand. *International Journal of Supply Chain Management*, 8, 33-41.

- Rustici, C. (2021). How Drone Start-up Zipline is Helping Fight COVID-19 in Africa. <https://emag.directindustry.com/2020/05/11/how-drone-start-up-zipline-is-helping-fight-covid-19-in-africa/>.
- Vecherin, S., Desmond, J., Hodgdon, T., Bates, J., Parker, M., Lever, J., Hoch, G., Bodie, M., & Shoop, S. A. (2020). Artificial intelligence and machine learning for autonomous military vehicles. Engineer Research and Development Center.