Quarterly Journal of Defense Technology Engineering Imam Ali University

Summer 2025, Vol. 42

Original Research

Enhancing Border Security through the Utilization of Modern Technologies

Isaac Jahanbakhshi [1 *], Ahmad Ali Goudarzi[2]

[1] M.Sc. graduate of Computer and IT Engineering Department, Islamic Azad University, Qazvin Branch, Qazvin, Iran

[2] Faculty Member of Law Enforcement Services Department, Amin Police University, Tehran, Iran

ARTICLE INFO

Received: 2025.07.01

Accepted: 2025.08.13

Published: 2025.09.10

Keyword:
Border monitoring
Security
modern equipment
artificial intelligence
Smartening

***Corresponding Author:**

Isaac Jahanbakhshi

Email:

Isaac.jahanbakhshi@yahoo.com

ABSTRACT

Border security is one of the critical components for ensuring the stability and progress of any nation. This security can only be achieved through the adoption of modern technologies, strengthening regional and international collaborations, and enhancing the human and technical capabilities of border patrol forces. Therefore, investing in border security is not only a governmental duty but also an essential national strategic approach. Although modern technologies have played a significant role in improving border security, challenges remain, such as high costs, the need for advanced infrastructure, concerns regarding privacy protection, and the complexities of implementation. Additionally, training personnel to optimize the use of these technologies is essential. This study introduces modern technologies in the field of border monitoring, discusses the advantages and challenges of their application, and ultimately proposes the localization of capabilities to explore research areas for improving border security through the use of modern technologies.

فصل نامه مهندسی فناوری‌های دفاعی دانشگاه افسری امام علی (ع)

تابستان 1404 ، دوره 42

مقاله پژوهشی

ارتقاء امنیت مرزها با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین

اسحاق جهانبخشی[1]، احمدعلی گودرزی[2]

[1]دانش آموخته گروه مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران

[2]استادیار گروه خدمات انتظامی، دانشگاه علوم انتظامی امین، تهران، ایران

اطلاعات مقاله

دریافت مقاله: 1404/04/10

پذیرش مقاله: 1404/05/22

انتشار مقاله: 1404/06/19

کلید واژگان:

پایش مرز

امنیت

تجهیزات نوین

هوش مصنوعی

هوشمندسازی

*نویسنده مسئول

اسحاق جهانبخشی

پست الکترونیکی:

isaac.jahanbakhshi@yahoo.com

چکیده

امنیت مرزها یکی از مؤلفه‌های حیاتی برای تضمین پایداری و پیشرفت هر کشوری است. این امنیت تنها با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، تقویت همکاری‌های منطقه‌ای و بین‌المللی، و افزایش توانمندی‌های انسانی و تجهیزاتی نیروهای مرزبانی می‌تواند محقق شود. از این رو، سرمایه‌گذاری در حوزه امنیت مرزها نه تنها به عنوان یک وظیفه حاکمیتی، بلکه به عنوان یک راهبرد کلان ملی ضروری است. اگرچه فناوری‌های نوین توانسته‌اند نقش بسزایی در ارتقای امنیت مرزها ایفا کنند، اما همچنان چالش‌هایی مانند هزینه‌های بالا، نیاز به زیرساخت‌های پیشرفته، نگرانی‌های مربوط به حفظ حریم خصوصی و پیچیدگی‌های پیاده‌سازی وجود دارند. همچنین، آموزش نیروی انسانی برای استفاده بهینه از این فناوری‌ها امری ضروری است. در این تحقیق، ضمن معرفی فناوری های نوین در حوزه پایش مرز، مزایا و چالش های بکارگیری این موارد بیان شده است. در نهایت بومی سازی قابلیت‌ها برای معرفی زمینه های تحقیقاتی بهبود امنیت مرز با بکارگیری فناوری‌های نوین ارائه شده است.

1- مقدمه

مرزها به عنوان خطوط فرضی جغرافیایی، حدود قلمرو سرزمینی یک ملت را مشخص می‌کنند و از این جهت نقش حیاتی در تعریف هویت ملی و تمامیت ارضی دارند. اهمیت امنیت مرزها را می‌توان در ابعاد مختلفی از جمله سیاسی، اقتصادی، جغرافیایی، اجتماعی و نظامی بررسی کرد. از نظر سیاسی، امنیت مرزها نقش تعیین‌کننده‌ای در حفظ حاکمیت ملی دارد. وجود مرزهای امن به دولت‌ها این امکان را می‌دهد که اقتدار خود را در محدوده جغرافیایی مشخصی اعمال کنند و از مداخله نیروهای خارجی جلوگیری کنند. مرزهای ناامن می‌توانند به عنوان محلی برای نفوذ دشمنان یا گروه‌های غیرقانونی مانند تروریست‌ها و قاچاقچیان مورد استفاده قرار گیرند، که این امر تهدیدی مستقیم برای ثبات سیاسی کشور محسوب می‌شود. در بُعد اقتصادی، مرزهای امن تسهیل‌کننده تجارت قانونی و تبادل کالا و خدمات هستند. امنیت مرزی به کاهش قاچاق کالا و مواد مخدر کمک می‌کند و از این طریق تأثیر مثبتی بر اقتصاد ملی دارد. همچنین، مرزهای امن اعتماد سرمایه‌گذاران خارجی را جلب می‌کنند و زمینه را برای توسعه اقتصادی فراهم می‌آورند. در مقابل، مرزهای ناامن می‌توانند باعث افزایش هزینه‌های امنیتی و کاهش درآمدهای گمرکی شوند.

مرزها از دیدگاه جغرافیایی دارای اهمیت فراوانی هستند. مرزها می‌توانند فرهنگ‌ها، قومیت‌ها و زبان‌های مختلف را از هم جدا کنند یا آن‌ها را به تعامل با یکدیگر تشویق کنند. در برخی موارد، مرزها بر یکپارچگی فرهنگی یک قوم اثر منفی می‌گذارند، اما در عین حال، می‌توانند نقش پل ارتباطی بین فرهنگ‌های مختلف را نیز ایفا کنند. مرزها و موقعیت جغرافیایی آن‌ها به شدت در قدرت ژئوپلیتیکی یک کشور تأثیرگذارند. کشورهایی که دارای مرزهای طولانی یا در نقاط استراتژیک جهان واقع شده‌اند، معمولاً تأثیر بیشتری در معادلات منطقه‌ای و جهانی دارند. از منظر اجتماعی، امنیت مرزها تضمین‌کننده رفاه و امنیت شهروندان است. وجود مرزهای کنترل‌نشده می‌تواند به ورود غیرقانونی افراد و افزایش جرم و جنایت منجر شود. علاوه بر این، مرزهای ناامن می‌توانند موجب تغییرات جمعیتی غیرمنتظره و ایجاد تنش‌های فرهنگی و اجتماعی شوند. از این رو، کنترل و مدیریت مرزها برای حفظ انسجام اجتماعی و فرهنگی کشور ضروری است. در بُعد نظامی، امنیت مرزها اولین خط دفاعی کشور در برابر تهدیدات خارجی است. مرزهای مستحکم و تحت کنترل، امکان ورود نیروهای دشمن و انجام فعالیت‌های خرابکارانه را به حداقل می‌رسانند. همچنین، امنیت مرزی باعث تقویت توان دفاعی کشور و کاهش احتمال درگیری‌های نظامی می‌شود.

علاوه بر این ابعاد، امنیت مرزها در دوره‌های بحرانی نظیر جنگ‌ها، مهاجرت‌های گسترده، یا شیوع بیماری‌های همه‌گیر اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند. به عنوان مثال، کنترل دقیق مرزها در هنگام شیوع بیماری‌های واگیردار می‌تواند از گسترش بیماری به داخل کشور جلوگیری کند و سلامت عمومی را تضمین کند. مسائل امنیتی حوزه مرز را می‌توان در گروه‌های زیر دسته‌بندی نمود:

- قاچاق کالا، اسلحه و مواد مخدر: قاچاقچیان همواره از روش‌های پیشرفته‌تری برای عبور غیرقانونی از مرزها استفاده می‌کنند. این امر نه تنها تهدیدی برای اقتصاد ملی است، بلکه امنیت اجتماعی را نیز به خطر می‌اندازد.
- ترددهای غیرمجاز مرزی: مهاجرت غیرقانونی به دلایل اقتصادی، سیاسی، یا انسانی، از چالش‌های مهم در حوزه مدیریت مرزهاست. این موضوع می‌تواند باعث فشار بر منابع ملی و ایجاد تنش‌های اجتماعی شود.
- تهدیدات تروریستی: گروه‌های تروریستی از مرزهای ناامن برای نفوذ به کشورها و انجام حملات خرابکارانه استفاده می‌کنند. این امر نیازمند تقویت اقدامات پیشگیرانه و اطلاعاتی است.

مجرمان و گروه‌های سازمان‌یافته به طور فزاینده‌ای از فناوری‌های نوین برای عبور از مرزها و انجام فعالیت‌های غیرقانونی بهره می‌برند. این امر نیازمند به‌روزرسانی مستمر ابزارها و فناوری‌های مرزبانی است. از طرفی مرزهای واقع در مناطق صعب‌العبور یا دارای شرایط آب و هوایی سخت، مدیریت و نظارت بر آن‌ها را دشوار می‌کند. یکی دیگر از چالش‌های موجود، تأمین منابع مالی، نیروی انسانی متخصص و تجهیزات پیشرفته برای نظارت و کنترل مرزها است. عدم هماهنگی یا همکاری کافی میان کشورهای هم‌مرز نیز می‌تواند مدیریت امنیت مرزی را دشوار کند. این امر به‌ویژه در مقابله با تهدیدات مشترک مانند قاچاق انسان یا تروریسم اهمیت دارد (Zolfaghari et al, 2012).

تاثیر فناوری های نوین در ارتقای امنیت مرزها، در تحقیقاتی متعددی مورد بررسی قرارگرفته است، اما متاسفانه تحقیقات داخلی بر اساس الگوی پژوهش های غیرصنعتی، محدود به توزیع برخی پرسشنامه ها و در نهایت رسیدن به روابط علی و معلولی مشخص و یا نمایش تاثیر عددی فناوری های مختلف بر اساس نظرات یک جامعه آماری مشخص است، درحالیکه اطلاعاتی در خصوص گرایش ذهنی افراد پاسخ دهنده، صحت گفتار آنها و حوزه فعالیت آنها وجود ندارد. بنابرین چنین تحقیقاتی به علت عدم دقت بالای نتایج، نمی‌تواند ملاک انجام فعالیت ها در حوزه امن سازی مرز باشد. از سوی دیگر عموما چنین تحقیقاتی، تولید کننده خوراک برای تیم های اجرایی برای اخذ تصمیمات مدیریتی نیست و تنها بهره آکادمیک دارد.

2- قابلیت‌های نوین در حوزه کنترل مرز

به اعتقاد نویسنده، برای تفکیک بهتر بین قابلیت‌های موجود در پایش موثر مرز، گروه‌بندی قابلیت‌های نوین را می‌توان در سه حوزه تجهیزات نوین، فناوری های نوین و علوم کاربردی انجام داد. در دسته اول، تجهیزات سخت افزاری مانند انواع حسگرها (دوربین، رادار، حسگرهای آگوستیک و حسگرهای

دفنی)، پهپاد، ربات‌های خودکار، تجهیزات بیومتریک، موانع هوشمند و سیستم‌های نظارت هوشمند[1] قرار می‌گیرد، در حالیکه دسته دوم شامل فناوری‌هایی مانند هوش مصنوعی[2] و مولفه‌های آن (سیستم های خبره، تحلیل داده، پرازش زبان طبیعی، شبکه‌های عصبی مصنوعی[3]، منطق فازی، بینایی ماشین[4]، یادگیری ماشین[5]، علم داده و رباتیک)، معماری های نوین (مانند اینترنت اشیاء[6]، محاسبات ابری[7]، محاسبات لبه[8]، شبکه های حسگر بیسیم[9]، شبکه های ادهاک[10])، واقعیت مجازی[11]، لیزر، الکترومغناطیس و کوانتوم است. در دسته سوم نیز مواردی مانند تئوری بازیها، بهینه‌سازی، پردازش تصویر[12]، پردازش سیگنال[13] و پردازش داده‌های کلان[14] می‌باشد. در ادامه مواردی که کاربرد گسترده‌ای در حوزه کنترل مرز دارند به اختصار شرح داده خواهد شد.

2-1 تجهیزات نوین در حوزه کنترل مرز

2-1-1 حسگرها

بخش اعظمی از داده‌های مورد نیاز سیستم های هوشمند از طریق حسگرها (سنجه ها) به عنوان تجهیزات شناسایی تامین می‌گردد. از لحاظ نوع مدل کشف رخداد، حسگرها به دو نوع حسگرهای فعال[15] (اکتیو) و غیرفعال[16] (پسیو) تقسیم می‌شوند. حسگرهای اکتیو به حسگرهایی گفته می‌شود که برای عملکرد خود نیاز به ارسال سیگنال یا انرژی به محیط دارند و سپس سیگنال بازگشتی از محیط را تحلیل می‌کنند. این حسگرها با تولید و ارسال موج‌های الکترومغناطیسی، صوتی یا نوری، بازتاب این امواج از اشیاء یا محیط را اندازه‌گیری کرده و اطلاعات مورد نظر را استخراج می‌کنند. برای مثال، یک رادار نظامی که امواج رادیویی ارسال می‌کند و بازتاب آن‌ها را برای شناسایی وضعیت تحرکات در ناحیه پایشی بررسی می‌کند، نمونه‌ای از یک حسگر اکتیو است.

[1] Smart Surveillance Systems
[2] Artificial Intelligence
[3] Artificial Neural Networks
[4] Computer Vision
[5] Machine Learning
[6] Internet of Things
[7] Cloud computing
[8] Edge Computing
[9] Wireless sensor networks
[10] Ad hoc networks
[11] Virtual reality
[12] Image Processing
[13] Signal Processing
[14] Big Data
[15] Active Sensor
[16] Passive Sensor

حسگرهای اکتیو برای جمع‌آوری اطلاعات وابسته به منابع انرژی خارجی مانند نور یا حرارت نیستند، زیرا خود انرژی لازم را تأمین می‌کنند. به دلیل امکان تنظیم فرکانس، شدت و نوع سیگنال، این حسگرها می‌توانند با شرایط محیطی مختلف سازگار شوند و داده‌های دقیقی ارائه دهند بنابرین در محیط‌های کم‌نور یا تاریک، زیر آب، یا شرایطی که دسترسی به منابع طبیعی محدود است، عملکرد خوبی دارند. البته این حسگرها معایبی هم دارند. این حسگرها برای تولید و ارسال سیگنال نیاز به منبع انرژی قوی دارند که ممکن است استفاده از آن‌ها را در برخی موارد پرهزینه کند. همچنین ارسال سیگنال‌ها ممکن است موجب اختلال یا تأثیر در عملکرد سایر دستگاه‌ها شود. از طرفی به علت تولید یک سیگنال در محیط، آشکارسازی محل آن برای حریف بسیار ساده خواهد بود و عملا تجهیزاتی پرهزینه را در معرض دید و تیررس تسلیحات دوربرد دشمن قرار داده‌ایم بدون اینکه قابلیت پنهان سازی داشته باشد.

در مقابل، حسگرهای پسیو فقط انرژی یا سیگنال‌هایی را که از محیط دریافت می‌کنند، ثبت و تحلیل می‌کنند. این حسگرها هیچ سیگنالی به محیط ارسال نمی‌کنند و صرفاً به جمع‌آوری داده از منابع طبیعی موجود می‌پردازند. برای مثال، دوربین‌های حرارتی که تابش‌های فروسرخ منتشرشده از اجسام را دریافت می‌کنند، نمونه‌ای از حسگرهای پسیو هستند. این حسگرها، چون نیازی به تولید انرژی یا سیگنال ندارند، معمولاً مصرف انرژی کمتری دارند. به‌طور خلاصه، تفاوت اصلی این دو نوع حسگر در نحوه تعامل آن‌ها با محیط است: حسگرهای اکتیو با ارسال سیگنال فعالانه محیط را کاوش می‌کنند، درحالی‌که حسگرهای پسیو صرفاً به جمع‌آوری داده‌های موجود از محیط می‌پردازند. دسته بندی دیگری که بر روی حسگرها انجام می‌شود، از نظر نوع داده و مکانیزم دریافت آن توسط حسگر می‌باشد. از این نظر، حسگرها به دسته های حسگرهای تصویری، انتشاری(مبتنی بر حرکت)، حسگرهای لرزشی، حسگرهای حرارتی و حسگرهای صوتی تقسیم‌بندی می‌شود. برای پایش موثر مرز نیز می‌توان از انواع مختلف حسگرها استفاده نمود که در ادامه شرح داده خواهد شد.

الف) حسگرهای تصویری[1]:

این حسگرها با قابلیت‌های پیشرفته‌ای که در ثبت و تحلیل داده‌های بصری دارند، امکان بررسی دقیق و جامع محیط پیرامونی را فراهم می‌آورند. این حسگرها شامل انواع دوربین های پایشی می باشد که نوع اطلاعات انتقالی آنها تصویر می‌باشد. نمونه ای از این حسگرها، دوربین های مداربسته ای است که برای پایش پیرامونی مقرها استفاده می شود. دوربین های حرارتی و دید در شب نیز نمونه دیگری از این گروه حسگر است که دارای قابلیت بیشتری برای انتقال تصاویر در شرایط نور کم هستند.

ب) حسگرهای انتشاری (مبتنی بر حرکت)[2]:

[1] Visual Sensors

این حسگرها برای تشخیص حرکت در محیط‌های مختلف تحت پایش استفاده می‌شود. این حسگرها شامل انواع رادارها برای تشخیص حرکت می‌باشد. رادار امواج رادیویی را به اطراف ارسال می‌کند و این امواج با سرعت نور حرکت می‌کنند، اگر این امواج به جسمی (مانند هواپیما، پهپاد، یا خودرو) برخورد کنند، بازتاب می‌یابند و به سمت رادار برمی‌گردند. سیستم رادار، زمان بازگشت امواج و تغییر فرکانس آن‌ها را اندازه‌گیری می‌کند. این اطلاعات برای محاسبه فاصله، سرعت و موقعیت هدف به کار می‌رود. داده‌های جمع‌آوری‌شده به شکل نقشه یا نمایش‌های گرافیکی در صفحه نمایش رادار نشان داده می‌شوند. البته ترکیب دوربین با پردازش تصویر می‌تواند برای تشخیص حرکت استفاده شود که با تطابق تصویر قبلی با وضعیت کنونی، به تشخیص حرکت در فریم تصویر می‌پردازند. به عبارت دیگر، دوربین ها حسگرهای انتقال دهنده تصویر می‌باشند اما اگر با فناوری پردازش تصویر ترکیب شوند، به عنوان یک حسگر حرکتی خودکار عمل می‌کنند. این نوع حسگرها به ویژه در سیستم های نظارتی هوشمند[1] استفاده می‌شوند.

ج) حسگرهای لرزشی[2]:

حسگرهای لرزشی تجهیزاتی هستند که برای شناسایی و اندازه‌گیری لرزش‌ها و ارتعاشات در محیط‌های مختلف به کار می‌روند. این حسگرها انواع متعددی دارند که هر یک بر اساس فناوری خاصی کار می‌کنند. حسگرهای پیزوالکتریک[3] از کریستال‌های پیزوالکتریک استفاده می‌کنند که در صورت قرار گرفتن تحت فشار یا لرزش، سیگنال الکتریکی تولید می‌کنند. میزان ولتاژ تولیدشده متناسب با شدت لرزش است. حسگرهای خازنی[4]، تغییرات ظرفیت خازنی را در اثر لرزش تشخیص می‌دهند. هنگامی که فاصله بین صفحات خازن تغییر می‌کند، ظرفیت خازنی تغییر می‌کند و این تغییر به سیگنال الکتریکی تبدیل می‌شود. حسگرهای شتاب‌سنج[5]، تغییرات شتاب ایجادشده توسط لرزش را اندازه‌گیری می‌کنند. معمولاً از یک جرم متصل به فنر یا حسگر[6] MEMS استفاده می‌شود که حرکت جرم به سیگنال الکتریکی تبدیل می‌شود. حسگرهای ژیروسکوپ[7]، تغییرات زاویه‌ای ایجادشده توسط لرزش یا چرخش را اندازه‌گیری می‌کنند. معمولاً از فناوری MEMS استفاده می‌شود که تغییرات حرکت زاویه‌ای را به سیگنال تبدیل می‌کند. حسگرهای فیبر نوری[8]، تغییرات در شدت نور عبوری از

[2] Motion based Sensors
[1] Surveillance Cameras
[2] Vibration Sensors
[3] Piezoelectric Sensors
[4] Capacitive Sensors
[5] Accelerometers
[6] Micro-Electro-Mechanical Systems
[7] Gyroscopic Sensors
[8] Fiber Optic Sensors

یک فیبر نوری را در اثر لرزش شناسایی می‌کنند. تغییرات لرزش باعث خم شدن یا فشرده‌شدن فیبر می‌شود که شدت نور تغییر می‌کند. حسگرهای مغناطیسی[1]، تغییرات در میدان مغناطیسی ناشی از لرزش را شناسایی می‌کنند. در این حسگرها معمولاً از سیم‌پیچ یا فناوری‌های مشابه استفاده می‌شود که با حرکت، ولتاژ القایی تولید می‌کند. حسگرهای لرزشی صوتی[2]، ارتعاشات صوتی را با استفاده از میکروفون‌های حساس شناسایی و اندازه‌گیری می‌کنند. از برای ثبت امواج صوتی استفاده می‌شود (Bellazi, 2024).

د)حسگرهای حرارتی[3]:

این حسگرها برای شناسایی افراد و اشیاء بر اساس حرارت بدن استفاده می‌شوند. انواع دوربین های دید در شب حرارتی در این دسته قرار می‌گیرند. در نوعی از این حسگرها، امواج مادون قرمز ساطع‌شده از اشیاء یا موجودات زنده دریافت و اندازه‌گیری می‌شود که شدت این امواج متناسب با دمای جسم است. در نوع دیگری از این حسگرها، نور ساطع‌شده از اشیاء در طول موج‌های مختلف ثبت و به نقشه دمایی تبدیل می‌شود.

ه) حسگرهای صوتی[4]:

ترکیب میکروفون های حساس[5] با تکنولوژی‌های پردازش سیگنال به عنوان حسگرهای صوتی برای تشخیص صداهای غیرمعمول یا تغییرات وضعیت گفتاری فرد استفاده می‌شود. به عبارت دیگر برای شناسایی، اندازه‌گیری یا تحلیل امواج صوتی به کار می‌روند. میکروفون‌ها امواج صوتی را به سیگنال‌های الکتریکی تبدیل می‌کنند. این فرایند معمولاً با استفاده از دیافراگمی انجام می‌شود که در اثر برخورد امواج صوتی به ارتعاش در می‌آید.

2-1-2 ربات‌های خودکار

ربات‌های خودکار دستگاه‌هایی هوشمند و برنامه‌ریزی‌شده هستند که بدون نیاز به دخالت مستقیم انسان قادر به انجام وظایف خود هستند. این ربات‌ها از ترکیبی از فناوری‌های پیشرفته شامل حسگرها، محرک‌ها[6]، سیستم‌های کنترلی و هوش مصنوعی بهره می‌برند تا بتوانند به طور خودکار محیط اطراف خود را درک کرده و تصمیمات لازم را برای انجام وظایف خود اتخاذ کنند. ربات‌های خودکار از حسگرهای مختلفی برای جمع‌آوری اطلاعات از محیط استفاده می‌کنند (Subhashini et al, 2024).

[1] Magnetic Sensors
[2] Acoustic Vibration Sensors
[3] Thermal Sensors
[4] Acoustic Sensors
[5] Sensitive Microphones
[6] Actuators

این حسگرها می‌توانند شامل حسگرهای بصری (مانند دوربین‌ها)، حسگرهای صوتی (مانند میکروفون‌ها)، حسگرهای فاصله‌سنجی (مانند لیزر یا اولتراسونیک) و حسگرهای محیطی (مانند حسگرهای دما و فشار) باشند. اطلاعات به دست آمده از این حسگرها به ربات‌ها امکان می‌دهد که وضعیت محیط را تحلیل کرده و تصمیمات بهینه بگیرند.

محرک‌ها اجزایی هستند که ربات را قادر می‌سازند تا حرکت کند یا کار فیزیکی انجام دهد. این محرک‌ها می‌توانند شامل موتورها، پمپ‌ها، یا سیستم‌های هیدرولیکی باشند. هماهنگی بین حسگرها و محرک‌ها باعث می‌شود ربات‌های خودکار بتوانند وظایف خود را با دقت بالا انجام دهند. سیستم‌های کنترلی نقش مغز ربات را ایفا می‌کنند و داده‌های حسگرها را پردازش می‌کنند تا دستورات لازم برای محرک‌ها تولید شود. این سیستم‌ها ممکن است مبتنی بر الگوریتم‌های سنتی یا روش‌های پیشرفته‌تری نظیر یادگیری ماشین و شبکه‌های عصبی باشند. ربات‌های خودکار در حوزه امنیت و نظارت، برای شناسایی نفوذ، پایش محیط و حتی خنثی‌سازی مواد منفجره استفاده می‌شوند. این ربات‌ها می‌توانند در محیط‌های خطرناک به‌جای انسان‌ها عمل کنند. مزایای این ربات‌ها در افزایش بهره‌وری و ایمنی قابل چشم‌پوشی نیست.

3-1-2 تجهیزات بیومتریک[1]

پایش مرزها نیازمند استفاده از فناوری‌های پیشرفته برای شناسایی افراد و جلوگیری از تهدیدات احتمالی می‌باشد. در این میان، تجهیزات بیومتریک نقش کلیدی ایفا می‌کنند. این تجهیزات با استفاده از ویژگی‌های منحصر به‌فرد بیولوژیکی و رفتاری افراد، امکان شناسایی دقیق و سریع را فراهم می‌آورند. تجهیزات بیومتریک ابزارهایی هستند که برای شناسایی افراد بر اساس ویژگی‌های فیزیکی یا رفتاری خاص استفاده می‌شوند. این ویژگی‌ها شامل اثر انگشت، اسکن عنبیه، تشخیص چهره، شناسایی صدا، و حتی تحلیل رفتار مانند الگوی راه رفتن است. ویژگی‌های بیومتریک به دلیل منحصربه‌فرد بودن، قابلیت اطمینان بالایی دارند و جعل یا سوءاستفاده از آن‌ها بسیار دشوار است. فناوری‌های بیومتریک در سال‌های اخیر به‌طور گسترده‌ای در پایش مرزها و کنترل ورود و خروج افراد به کار گرفته شده‌اند. این فناوری‌ها شامل سیستم‌های تشخیص چهره[2]، اسکنرهای اثر انگشت[3]، اسکنرهای عنبیه چشم[4] و سیستم‌های تشخیص صدا[5] می‌باشد. داده‌های بیومتریک در پایگاه داده ذخیره می‌شوند تا بتوان آن‌ها

[1] Biometric
[2] Facial Recognition Systems
[3] Fingerprint Scanners
[4] Iris Scanners
[5] Voice Recognition Systems

را با داده‌های جدید مقایسه کرد. در یک سامانه بیومتریک، سیستم تطبیق، وظیفه مقایسه داده‌های ورودی با داده‌های ذخیره‌شده در پایگاه داده را دارد و نتیجه تطبیق را ارائه می‌دهد (Del Rio et al, 2016).

4-1-2 ریزپرنده‌ها

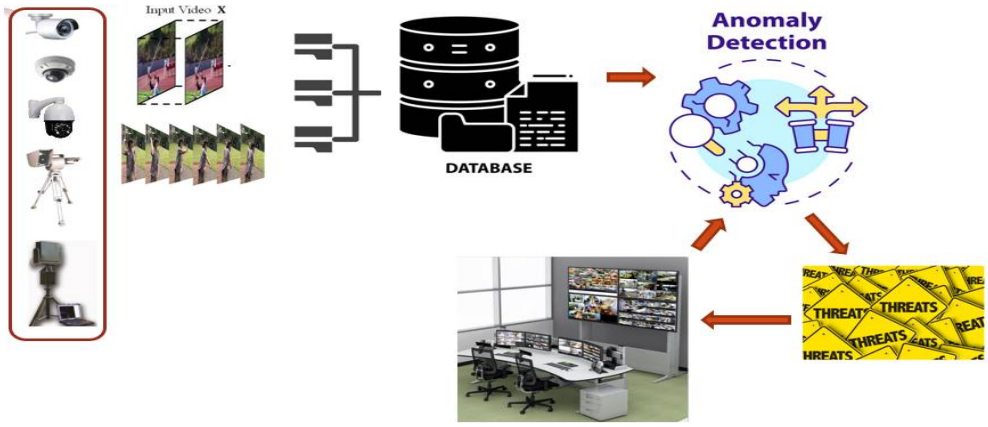
ریزپرنده‌ها، پهپادهای شناسایی[1]، یا "پرنده‌های بدون سرنشین" یکی از فناوری‌های پیشرفته‌ای هستند که در سال‌های اخیر نقش کلیدی در امنیت مرزی و نظارت بر مناطق حساس ایفا کرده‌اند. این پهپادها با ترکیب توانایی‌های پیشرفته‌ای مانند ثبت تصاویر و ویدئوهای با کیفیت بالا، جمع‌آوری داده‌های دقیق، و ارسال آن‌ها به مراکز کنترل، به ابزاری حیاتی برای کشورها در پایش مرزها تبدیل شده‌اند. این تجهیزات پیشرفته به فناوری‌های نوین مانند سیستم‌های موقعیت‌یابی جهانی (GPS)[2]، حسگرهای الکترواپتیکی، دوربین‌های مادون قرمز و سیستم‌های ارتباطی بی‌سیم مجهز شده‌اند. این ویژگی‌ها به آن‌ها اجازه می‌دهد تا در هر شرایطی، از روز تا شب و حتی در محیط‌های با دید محدود، عملکرد قابل اعتمادی داشته باشند. برخی از این پهپادها توانایی پرواز در ارتفاعات بالا و برای مدت‌زمان طولانی را دارند، که این موضوع برای پایش مناطق گسترده مرزی بسیار اهمیت دارد (Tyshchuk, 2024). پهپادهای شناسایی با استفاده از ترکیب حسگرها و سیستم‌های پیشرفته، داده‌های محیطی را در زمان واقعی جمع‌آوری کرده و به مراکز کنترل ارسال می‌کنند. در صورتی که شیء یا فردی مشکوک شناسایی شود، پهپاد می‌تواند آن را در زمان واقعی[3](بلادرنگ) ردیابی کند. قابلیت ردیابی اهداف[4] به این معنی است که حسگرهای پیشرفته این پهپادها به آن‌ها امکان می‌دهد تا هدف‌های متحرک را با دقت بالا دنبال کنند. اطلاعات به‌دست‌آمده از پهپادها به نیروهای امنیتی کمک می‌کند تا در صورت نیاز، به سرعت به موقعیت‌های اضطراری پاسخ دهند. این قابلیت به کاهش زمان واکنش و افزایش اثربخشی عملیات کمک می‌کند (Ronconi et al, 2014).

5-1-2 سیستم‌های نظارت هوشمند

سیستم‌های هوشمند پایش مرز، ترکیبی از فناوری‌های مختلف از جمله حسگرهای پیشرفته، هوش مصنوعی، یادگیری ماشین و اینترنت اشیاء (IoT)[5] برای ایجاد یک سیستم تشخیص تهدید[6] هستند

[1] Surveillance Drones
[2] Global Positioning System
[3] RealTime
[4] Object Tracking
[5] Internet of Things
[6] Threat Prediction Systems

که امکان نظارت دقیق و بلادرنگ بر مناطق مرزی را فراهم می‌آورند (Bhadwal et al, 2019). یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های سیستم‌های هوشمند پایش مرز، توانایی آن‌ها در جمع‌آوری و تحلیل داده‌های گسترده است. حسگرهای متعدد مانند دوربین‌های حرارتی، رادارها، حسگرهای صوتی و لرزشی در نقاط مختلف مرزی نصب شده و داده‌ها را جمع‌آوری می‌کنند. این داده‌ها سپس توسط الگوریتم‌های هوش مصنوعی تحلیل می‌شوند تا هرگونه فعالیت مشکوک شناسایی و هشدارهای لازم صادر شود (Purohit et al, 2024). فناوری هوش مصنوعی و یادگیری ماشین[1] در این سیستم‌ها نقش کلیدی ایفا می‌کنند. الگوریتم‌های پیشرفته قادرند الگوهای رفتاری را تحلیل کرده و حرکات غیرعادی را تشخیص دهند. برای مثال، این فناوری‌ها می‌توانند حرکت در یک ناحیه مشخص اطراف یک پاسگاه مرزی را در ساعات منع تردد شناسایی کرده و در موارد ضروری هشدار دهد. این امر موجب کاهش هشدارهای کاذب و افزایش دقت در نظارت می‌شود (شکل 1).



شکل 1. شماتیک یک سیستم نظارت تصویری هوشمند

6-1-2 موانع هوشمند (جلوگیری از ورود غیرمجاز)

موانع هوشمند شامل فنس های هوشمند، دیوارهای مجازی[2]، سیستم‌های بازدارنده صوتی[3] و نوری و سیستم‌های بازدارنده الکترونیکی[4] برای ممانعت از عبور غیرمجاز می‌باشد. این موانع با استفاده از الگوریتم‌های هوشمند، حسگرهای پیشرفته و سیستم‌های الکترونیکی، امکان پایش، جلوگیری و بازدارندگی از تهدیدات مختلف را فراهم می‌کنند. فنس هوشمند با ترکیب حسگرها، دوربین‌ها،

[1] Machine Learning
[2] Virtual Fences
[3] Acoustic Deterrent Systems
[4] Electronic Barriers

نرم‌افزارهای پردازش داده و ارتباطات بی‌سیم، عملکردی فراتر از فنس‌های سنتی ارائه می‌دهند. هدف اصلی این فناوری، شناسایی و پیشگیری از نفوذ، حفاظت از مرزها، اماکن حساس و دارایی‌های مهم است. فنس‌های هوشمند معمولاً از اجزای مختلفی تشکیل شده‌اند که به‌طور هماهنگ کار می‌کنند. یکی از مزایای اصلی فنس‌های هوشمند، کاهش نیاز به نیروی انسانی برای نظارت مستقیم است. این فناوری امکان تشخیص سریع و دقیق تهدیدات را فراهم کرده و می‌تواند در شرایط اضطراری، اقدامات پیشگیرانه را تسریع کند. علاوه بر این، قابلیت اتصال به سایر سیستم‌های امنیتی، مانند آژیرها یا سیستم‌های روشنایی، امنیت محیط را به‌صورت جامع تضمین می‌کند.

2-2 فناوری های نوین در حوزه کنترل مرز

فناوری های نوین شامل مواردی مانند هوش مصنوعی و مولفه‌های آن (سیستم های خبره، تحلیل داده، پرازش زبان طبیعی، شبکه‌های عصبی مصنوعی ، منطق فازی، بینایی ماشین ، یادگیری ماشین ، علم داده و رباتیک)، معماری های مختلف شبکه های کامپیوتری، واقعیت مجازی، لیزر، الکترومغناطیس و کوانتوم می‌باشد.

2-2-1 لیزر

لیزر یک فناوری است که نور را با ویژگی‌های خاصی تولید می‌کند. این نور معمولاً به صورت تک‌فرکانس (منبع یک طول موج خاص) و هم‌فاز (فاز تمام پرتوها همزمان) است. لیزر به طور عمده از طریق فرآیند نشر تحریک‌شده عمل می‌کند. در این فرآیند، یک اتم یا مولکول به سطح انرژی بالاتر تحریک می‌شود و پس از آن به حالت انرژی پایین‌تر باز می‌گردد و در این فرآیند فوتونی (نور) منتشر می‌شود. لیزرها با ویژگی‌هایی نظیر دقت بالا، توانایی تمرکز نور در یک نقطه، و قدرت بالا، نقش بسیار مهمی در پیشرفت فناوری‌های نظامی ایفا کرده‌اند. از کاربردهای آن در دفاع ضد موشکی گرفته تا سیستم‌های ارتباطی و حتی سلاح‌های لیزری، لیزر به ابزاری کلیدی در دنیای نظامی تبدیل شده است. با پیشرفت‌های مداوم در فناوری لیزر، می‌توان انتظار داشت که کاربردهای آن در زمینه‌های مختلف نظامی همچنان گسترش یابد و به بهبود کارایی و قدرت نظامی کشورها کمک کند. ویژگی‌های اصلی لیزر عبارتند از:

- یک‌نواختی[1]: لیزر نور را به صورت یک‌نواخت (هم‌فاز) و در یک جهت خاص منتشر می‌کند.
- تراکم بالا: نور لیزر معمولاً شدت بالاتری نسبت به منابع نور معمولی دارد.
- انتشار تک‌فرکانس: نور لیزر در یک طول‌موج خاص منتشر می‌شود که باعث می‌شود آن را از

[1] Coherence

نورهای دیگر متمایز کند.

- قدرت بالا: لیزر می‌تواند انرژی زیادی را در یک نقطه متمرکز کند.

لیزر می‌تواند به صورت دقیق و با حداقل انحراف نور را هدایت کند. لیزر قادر است نور را در یک نقطه متمرکز کند که باعث افزایش شدت و توان آن می‌شود. با توجه به ویژگی هم‌فازی نور لیزر، می‌توان آن را در فواصل بسیار دور بدون تضعیف زیادی انتقال داد. لیزرهای با توان بالا می‌توانند به عنوان سیستم‌های دفاعی ضد موشک استفاده شوند. این سیستم‌ها قادرند موشک‌ها و هواپیماهای دشمن را در فواصل دور شناسایی و از بین ببرند. لیزرهایی مانند لیزرهای CO2 و Nd:YAG به دلیل توان بالا و دقت بسیار زیاد برای این مقاصد مناسب هستند. لیزرهای کم‌قدرت در بسیاری از سیستم‌های راهنمایی موشک‌ها و سلاح‌های هدایت‌شونده استفاده می‌شوند. این سلاح‌ها از پرتوی لیزر برای هدایت دقیق به هدف استفاده می‌کنند. این کاربرد در سیستم‌های ضد تانک و موشک‌های هدایت‌شونده دقیق بسیار موثر است. همچنین لیزرهای با دقت بالا به عنوان سنسورهای لیزری برای اندازه‌گیری مسافت و شناسایی اهداف استفاده می‌شوند. از جمله این کاربردها می‌توان به نقشه‌برداری از سطح زمین و شناسایی اهداف از راه دور اشاره کرد.

2-2-2 کوانتوم

فیزیک کوانتومی، یکی از شاخه‌های اصلی فیزیک نظری است که به بررسی رفتار ذرات ریز مانند اتم‌ها و فوتون‌ها می‌پردازد. برخلاف فیزیک کلاسیک، فیزیک کوانتومی به ویژگی‌های ذاتی و غیر قابل پیش‌بینی طبیعت در مقیاس‌های میکروسکوپی پرداخته و مفاهیم جدیدی نظیر وضعیت‌های هم‌زمان[1]، درهم‌تنیدگی[2] و عدم قطعیت[3] را معرفی کرده است. برخلاف مدل‌های کلاسیک که در آن‌ها ذرات ماده به صورت مکانیکی و قابل پیش‌بینی حرکت می‌کنند، در کوانتوم ذرات می‌توانند هم‌زمان در چندین وضعیت مختلف وجود داشته باشند و ویژگی‌هایی مانند مکان و سرعت تنها می‌توانند با احتمال‌هایی خاص توصیف شوند. بر اساس اصل هم‌پوشانی وضعیت‌ها، یک ذره می‌تواند در چندین وضعیت به طور هم‌زمان وجود داشته باشد و تنها با اندازه‌گیری، به یکی از این وضعیت‌ها "سقوط" می‌کند. بر اساس درهم‌تنیدگی کوانتومی، دو ذره می‌توانند به گونه‌ای به هم متصل شوند که تغییر در یکی، تأثیر فوری بر دیگری داشته باشد، حتی اگر فاصله آن‌ها بسیار زیاد باشد. این ویژگی‌ها باعث می‌شوند که فیزیک کوانتومی بسیار متفاوت از فیزیک کلاسیک باشد و به سیستم‌ها و دستگاه‌های جدیدی برای بهره‌برداری از آن نیاز داشته باشیم.

---

[1] superposition
[2] entanglement
[3] uncertainty

یکی از مهم‌ترین کاربردهای فیزیک کوانتومی، محاسبات کوانتومی است. در این نوع محاسبات، به جای بیت‌های معمولی که می‌توانند فقط در یکی از دو حالت صفر یا یک قرار گیرند، از "کیوبیت"ها[1] استفاده می‌شود که می‌توانند در هم‌پوشانی از هر دو حالت باشند. این ویژگی به کامپیوترهای کوانتومی امکان پردازش هم‌زمان حجم زیادی از اطلاعات را می‌دهد که در مقایسه با رایانه‌های کلاسیک به مراتب سریع‌تر و مؤثرتر است. این پیشرفت در زمینه‌های رمزنگاری، شبیه‌سازی‌های پیچیده علمی و بهینه‌سازی مسائل پیچیده کاربرد دارد. کاربرد دیگر، حسگرهای کوانتومی است. حسگرهای کوانتومی به دلیل حساسیت بسیار بالای خود در مقیاس میکروسکوپی، برای اندازه‌گیری دقیق پارامترهای مختلف مانند میدان‌های الکتریکی، مغناطیسی، گرانشی و زمانی استفاده می‌شوند. از جمله این حسگرها می‌توان به سنسورهای مغناطیسی کوانتومی، سنسورهای گرانشی و حسگرهای نوری اشاره کرد. این حسگرها به دلیل توانایی آن‌ها در اندازه‌گیری دقیق مقادیر، در زمینه‌هایی مانند پزشکی، اکتشافات علمی و جغرافیایی کاربرد دارند.

فیزیک کوانتومی به دلیل قابلیت‌هایی که دارد، در کاربردهای نظامی نیز به طور فزاینده‌ای مورد توجه قرار گرفته است. استفاده از سیستم‌های رمزنگاری کوانتومی می‌تواند به تأمین امنیت ارتباطات نظامی در برابر حملات سایبری کمک کند. حسگرهای کوانتومی برای رصد و نظارت دقیق در فرایندهای ردیابی سطحی و زیرسطحی حوزه دریا مورد استفاده قرار گیرند. برای مثال، حسگرهای گرانشی کوانتومی قادرند زیرساخت‌های زیرزمینی مانند تونل‌ها و پناهگاه‌های مخفی را شناسایی کنند. از طرفی شبکه‌های ارتباطی کوانتومی می‌توانند به سیستم‌های ارتباطی نظامی تبدیل شوند که به‌طور کامل در برابر شنود مقاوم هستند. این شبکه‌ها با استفاده از اصول کوانتومی می‌توانند اطلاعات را با روش‌هایی که غیرقابل تهاجم و نفوذ هستند، منتقل کنند. این ارتباطات می‌توانند در عملیات‌های نظامی حیاتی برای تبادل اطلاعات امنیتی و فرماندهی کاربرد داشته باشند.

3-2-2 الکترومغناطیس

الکترومغناطیس به عنوان یکی از چهار نیروی بنیادی طبیعت، به مجموعه‌ای از پدیده‌ها گفته می‌شود که به تعاملات بین بارهای الکتریکی و میدان‌های مغناطیسی و اثرات متقابل آن‌ها اشاره دارد. این تعاملات می‌توانند در مقیاس‌های مختلف، از سطح ذرات بنیادی تا سیستم‌های کلان، رخ دهند. الکترومغناطیس دارای دو جنبه اصلی است. میدان‌های الکتریکی[2] به دلیل وجود بارهای الکتریکی در اطراف آن‌ها ایجاد می‌شوند. بارهای الکتریکی مشابه همدیگر را دفع کرده و با بارهای مخالف جذب می‌کنند. این میدان‌ها به طور مستقیم بر روی حرکت و رفتار بارهای الکتریکی تاثیر می‌گذارند.

[1] qubits
[2] Electric Fields

میدان‌های مغناطیسی[1] توسط حرکت بارهای الکتریکی ایجاد می‌شوند (به طور خاص، جریان‌های الکتریکی). میدان مغناطیسی همچنین می‌تواند بر روی ذرات باردار در حال حرکت اثر بگذارد، به‌ویژه زمانی که این ذرات در مجاورت آهن‌رباها یا سیم‌های حامل جریان قرار می‌گیرند. الکترومغناطیس به‌طور کلی شامل این دو میدان است که با یکدیگر در قالب میدان‌های الکترومغناطیسی[2] ترکیب می‌شوند. این میدان‌ها به صورت امواج الکترومغناطیسی منتشر می‌شوند که در فضا حرکت می‌کنند. امواج الکترومغناطیسی شامل انواع مختلفی از جمله نور مرئی، اشعه ماورای بنفش، اشعه ایکس، رادیو فرکانسی و حتی امواج رادیویی می‌باشند.

رادارها یکی از مهم‌ترین و کاربردی‌ترین تکنولوژی‌ها در سیستم‌های نظامی هستند. این دستگاه‌ها از امواج الکترومغناطیسی برای شناسایی، تشخیص و ردیابی اهداف استفاده می‌کنند. کاربرد دیگر الکترومغناطیس در حوزه نظامی، جنگ الکترونیک است. در جنگ‌های مدرن، جنگ الکترونیک به معنای استفاده از تکنولوژی‌های الکترومغناطیس برای آسیب رساندن به سیستم‌های راداری، ارتباطات و ناوبری دشمن است. سیستم‌های جنگ الکترونیک می‌توانند به سیگنال‌های الکترومغناطیسی دشمن حمله کرده، آن‌ها را مختل کنند و یا حتی با استفاده از امواج پالس قوی، تجهیزات دشمن را از کار بیندازند. این نوع جنگ‌ها در عملیات‌های نظامی مدرن و به ویژه در دفاع از تأسیسات استراتژیک کاربرد فراوان دارد. سیستم‌های ارتباطی بی‌سیم مبتنی بر امواج الکترومغناطیسی برای انتقال اطلاعات و فرمان‌ها در میدان جنگ استفاده می‌شوند. این سیستم‌ها به‌ویژه در عملیات‌های سریع و پیچیده نظامی ضروری هستند. بسیاری از موشک‌های هدایت‌شونده و سیستم‌های دفاعی از امواج الکترومغناطیسی برای شناسایی و هدایت دقیق به سمت هدف استفاده می‌کنند. امواج الکترومغناطیسی در سیستم‌های ناوبری همچون GPS و سیستم‌های ناوبری رادیویی استفاده می‌شوند. این سیستم‌ها به نیروهای نظامی کمک می‌کنند تا مکان دقیق خود را تعیین کرده و در میدان جنگ به عملیات خود ادامه دهند.

4-2-2 هوش مصنوعی

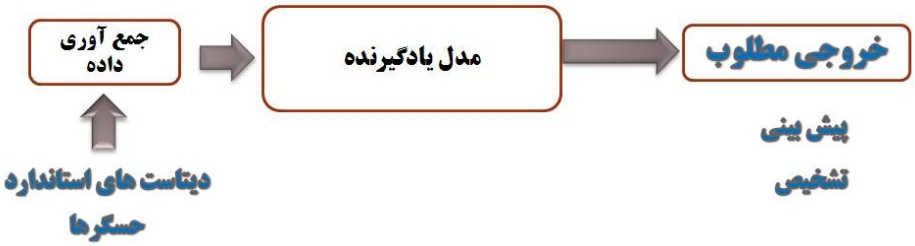
هوش مصنوعی (AI) شاخه‌ای از علوم کامپیوتر است که هدف آن شبیه‌سازی توانایی‌های ذهنی انسان در ماشین‌هاست. به عبارت دیگر، هوش مصنوعی به توسعه سیستم‌هایی می‌پردازد که می‌توانند وظایفی را انجام دهند که معمولاً به هوش انسانی نیاز دارند. این وظایف شامل یادگیری، استدلال، حل مسئله، درک زبان طبیعی، تشخیص الگو و تصمیم‌گیری است. هوش مصنوعی با تقلید از عملکرد مغز انسان، می‌تواند داده‌ها را تحلیل کند، از تجارب گذشته بیاموزد و برای حل مسائل جدید، تصمیمات

[1] Magnetic Fields
[2] Electromagnetic Fields

هوشمندانه بگیرد. این فناوری در دهه‌های اخیر به سرعت رشد کرده و کاربردهای بسیاری در صنایع مختلف یافته است (Zhang and Lu, 2021). کاربردهای هوش مصنوعی در کنترل موثر مرزها شامل تشخیص و شناسایی هویت، تحلیل داده‌های بیومتریک، تشخیص حرکات مشکوک یا افراد غیرمجاز در مناطق مرزی، تحلیل تصاویر ماهواره‌ای برای شناسایی تغییرات غیرمعمول در مرزها می‌باشد. با ترکیب مولفه‌های مختلف آن مانند یادگیری ماشین، پردازش زبان طبیعی و بینایی کامپیوتر، می‌توان امنیت مرزها را افزایش داد و تهدیدات بالقوه را به‌سرعت شناسایی و مدیریت کرد. مولفه‌های اصلی هوش مصنوعی عبارتند از:

- سیستم‌های خبره[1]: سیستم‌های خبره برنامه‌های کامپیوتری هستند که با استفاده از دانش تخصصی و قوانین مشخص، به حل مسائل پیچیده یا ارائه مشاوره می‌پردازند. این سیستم‌ها تلاش می‌کنند تا عملکرد یک انسان خبره را شبیه‌سازی کنند. اجزای اصلی سیستم‌های خبره شامل پایگاه دانش[2]، موتور استنتاج[3] و واسط کاربری[4] می‌باشد (Saibene et al, 2021).
- داده‌کاوی[5]: داده‌کاوی فرایند کشف الگوها، روابط و اطلاعات پنهان از میان حجم عظیمی از داده‌هاست. این فرایند با استفاده از الگوریتم‌ها و تکنیک‌های پیشرفته، داده‌های خام را به اطلاعات قابل استفاده تبدیل می‌کند. تکنیک‌ها و روش‌های داده‌کاوی شامل طبقه‌بندی[6]، خوشه‌بندی[7]، قواعد انجمنی[8] و رگرسیون می‌باشد (Gordan et al, 2022).
- یادگیری ماشین[9]: یادگیری ماشین، بخشی از هوش مصنوعی است که به کامپیوترها امکان می‌دهد بدون برنامه‌ریزی مستقیم از داده‌ها یاد بگیرند. این فناوری از الگوریتم‌هایی استفاده می‌کند که با تحلیل داده‌ها، الگوهای موجود در آن‌ها را شناسایی کرده و پیش‌بینی‌هایی انجام می‌دهند (شکل 2). یادگیری ماشین به چهار دسته اصلی یادگیری نظارت‌شده[10]، یادگیری بدون نظارت[11] ، یادگیری نیمه نظارتی و یادگیری تقویتی[12] تقسیم می‌شود (Sarker, 2021).

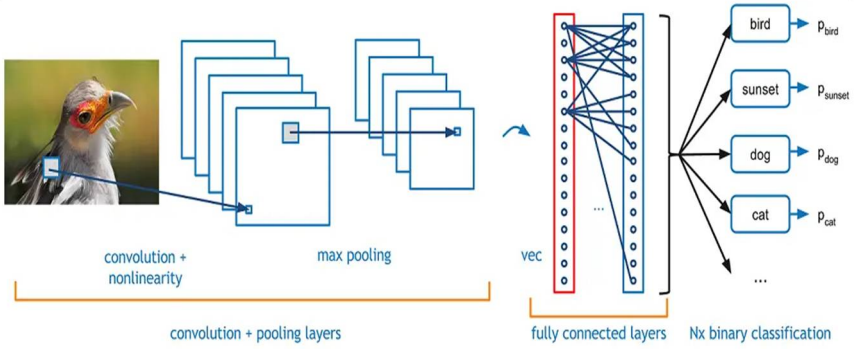
[1] Expert Systems
[2] Knowledge Base
[3] Inference Engine
[4] User Interface
[5] Data Mining
[6] Classification
[7] Clustering
[8] Association Rules
[9] Machine Learning
[10] Supervised Learning
[11] Unsupervised Learning
[12] Reinforcement Learning



شکل 2. شماتیک یک مدل مبتنی بر یادگیری ماشین

- شبکه های عصبی[1]: نوع خاصی از مدل‌های یادگیری ماشین هستند که از ساختار و عملکرد مغز انسان الهام گرفته‌اند. این شبکه‌ها شامل لایه‌های متصل از گره‌ها (یا نورون‌ها) هستند که برای انجام وظایف خاص، مانند تشخیص تصویر یا پردازش زبان، آموزش می‌بینند (Suryadevara and Yanamala, 2021). یکی از ویژگی‌های برجسته شبکه‌های عصبی، توانایی آن‌ها در یادگیری ویژگی‌ها و استخراج اطلاعات معنادار از داده‌های خام است. به‌عنوان مثال، در پردازش تصویر، این شبکه‌ها می‌توانند بدون نیاز به تعریف دستی ویژگی‌ها (مانند لبه‌ها، بافت‌ها یا رنگ‌ها)، آن‌ها را به صورت خودکار شناسایی کنند. این امر باعث می‌شود که در زمینه‌هایی مانند تشخیص الگو، دسته‌بندی داده‌ها (شکل 3) و تحلیل داده‌های پیچیده به‌طور مؤثری مورد استفاده قرار گیرند. علاوه بر این، شبکه‌های عصبی در مسائلی که نیازمند تصمیم‌گیری‌های سریع و بهینه هستند، مانند کنترل رباتیک، تشخیص تقلب، یا تحلیل سری‌های زمانی، به کار می‌روند. این توانایی ناشی از یادگیری عمیق[2] است که به کمک لایه‌های متعدد شبکه عصبی، توانایی تعمیم‌دهی و درک ساختارهای چندبعدی داده‌ها را افزایش می‌دهد. در نهایت، کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی فراتر از حوزه‌های خاص است و تقریباً در هر زمینه‌ای که نیاز به تحلیل داده‌های پیچیده یا تصمیم‌گیری هوشمند (تشخیص و پیش‌بینی) وجود دارد، نقش ایفا می‌کند. با رشد فناوری و افزایش داده‌های موجود، این شبکه‌ها به یکی از ابزارهای کلیدی برای نوآوری در حل چالش‌های علمی و صنعتی تبدیل شده‌اند.

[1] Neural Networks
[2] Deep Learning



شکل 3. ساختار یک شبکه عصبی مصنوعی کانالوشنی برای دسته‌بندی اهداف

- **پردازش زبان طبیعی[1]:** این فناوری به کامپیوترها امکان می‌دهد زبان انسان را درک و پردازش کنند. از جمله کاربردهای این مولفه می‌توان به ترجمه ماشینی، دستیارهای صوتی و چت‌بات‌ها اشاره کرد (Min et al, 2023). این فناوری با استفاده از الگوریتم‌های پیشرفته و یادگیری ماشین می‌تواند ارتباطات انسانی را در قالب متون، گفتار و حتی پیام‌های رمزگذاری‌شده تحلیل کند و به تصمیم‌گیری‌های استراتژیک کمک کند. با استفاده از الگوریتم‌های NLP ، سیستم‌ها می‌توانند الگوهای زبانی مرتبط با فعالیت‌های مشکوک را شناسایی کرده و هشدارهای لازم را برای اقدامات پیشگیرانه ارائه دهند. همچنین، در شرایطی که ارتباطات میان نیروهای چندملیتی برقرار است، فناوری NLP امکان ترجمه آنی و دقیق را فراهم می‌آورد و از سوءتفاهم‌ها جلوگیری می‌کند. در حوزه فرماندهی و کنترل نیز NLP می‌تواند تعامل میان انسان و سیستم‌های هوشمند را تسهیل کند. به‌عنوان مثال، دستیارهای صوتی مبتنی بر NLP می‌توانند دستورات شفاهی را در میدان جنگ پردازش کنند و پاسخ‌های سریع و مؤثری ارائه دهند. این امر به کاهش زمان تصمیم‌گیری و بهبود هماهنگی میان تیم‌های عملیاتی منجر می‌شود.
- **بینایی ماشین[2]:** این شاخه از هوش مصنوعی به ماشین‌ها امکان تحلیل و درک تصاویر و ویدئوها را می‌دهد. بینایی کامپیوتر در کاربردهایی مانند تشخیص اشیا، نظارت تصویری و تحلیل تصاویر پزشکی استفاده می‌شود (Khan et al, 2021). پایه این فناوری قابلیت پردازش تصویر بصورت خودکار توسط ماشین می‌باشد. پردازش تصویر[3] شامل مجموعه‌ای از تکنیک‌ها است که هدف آن‌ها تحلیل و دستکاری تصاویر دیجیتال است. پردازش تصویر می‌تواند شامل فیلتر کردن[4]، تقویت

[1] Natural Language Processing
[2] Computer Vision
[3] Image Processing
[4] Filtering

تصویر[1]، تبدیل‌های هندسی[2] و شناسایی الگو[3] باشد. در سیستم‌های خودران مانند خودروهای بدون سرنشین، پردازش تصویر به‌منظور تشخیص اشیاء و موانع در محیط اطراف ماشین استفاده می‌شود.

- **رباتیک[4]:** ترکیب هوش مصنوعی با مکانیک و الکترونیک، ربات‌هایی ایجاد می‌کند که قادر به انجام وظایف پیچیده‌ای مانند جابه‌جایی اشیا یا انجام کارهای تکراری هستند.
- **منطق فازی[5]:** منطق فازی یک شاخه از منطق است که به جای مقادیر قطعی (صفر و یک)، با درجاتی از حقیقت سر و کار دارد. این منطق به ما اجازه می‌دهد تا سیستم‌هایی را طراحی کنیم که با داده‌های غیرقطعی یا مبهم کار کنند، مشابه نحوه تفکر انسان (D'Aniello, 2023).
- **علم داده[6]:** علم داده شاخه‌ای میان‌رشته‌ای است که از آمار، ریاضیات، برنامه‌نویسی و یادگیری ماشین استفاده می‌کند تا داده‌های خام را به اطلاعات معنادار تبدیل کند. این علم به تحلیل، تجسم و مدل‌سازی داده‌ها برای یافتن الگوها و تصمیم‌گیری‌های آگاهانه می‌پردازد.

2-2-5 واقعیت مجازی

واقعیت مجازی[7](VR) یک فناوری شبیه‌سازی تعاملی است که با استفاده از سخت‌افزار و نرم‌افزارهای پیشرفته، محیطی کاملاً مجازی و قابل تعامل برای کاربران ایجاد می‌کند. این فناوری با فراهم کردن تجربه‌ای همه‌جانبه، کاربران را در فضایی مصنوعی قرار می‌دهد که می‌توانند به صورت مستقیم با آن تعامل داشته باشند. واقعیت مجازی به دلیل قابلیت‌های منحصربه‌فرد خود، در حوزه‌های مختلفی از جمله آموزش، سرگرمی، پزشکی و به ویژه کاربردهای نظامی به کار گرفته می‌شود. اجرای واقعیت مجازی شامل چندین مؤلفه کلیدی است که با هماهنگی یکدیگر محیطی مجازی و تعاملی ایجاد می‌کنند. کاربران از طریق کنترل‌کننده‌ها و حسگرهای حرکتی با محیط مجازی تعامل می‌کنند. این تعامل شامل حرکت در فضا، استفاده از اشیاء مجازی و تجربه رویدادهای شبیه‌سازی‌شده است. دستگاه‌هایی که حرکات بدن کاربر را شناسایی و در محیط مجازی بازسازی می‌کنند. یکی از اهداف اصلیVR ، ایجاد حس غوطه‌وری[8] است که کاربر احساس می‌کند به صورت واقعی در محیط مجازی حضور دارد. این حس با استفاده از گرافیک پیشرفته، صداهای سه‌بعدی و تعاملات واقعی تقویت

[1] Image Enhancement
[2] Geometrical Transformations
[3] Pattern Recognition
[4] Robotics
[5] Fuzzy Logic
[6] Data Science
[7] Virtual Reality
[8] Immersion

می‌شود. واقعیت مجازی به عنوان ابزاری نوین، نقش حیاتی در ارتقاء قابلیت‌های نظامی ایفا می‌کند. برخی از کاربردهای این فناوری در حوزه نظامی عبارتند از:

- شبیه‌سازی میدان نبرد برای آموزش نیروهای نظامی بدون نیاز به حضور در شرایط واقعی (آموزش استفاده از تجهیزات پیچیده مانند تانک‌ها، هواپیماها و سامانه‌های موشکی)
- تمرین عملیات‌های ویژه مانند نجات گروگان‌ها یا پاکسازی مناطق خطرناک با طراحی و اجرای استراتژی‌های نظامی در محیط‌های شبیه‌سازی‌شده.
- کمک به سربازانی که دچار اختلالات روانی مانند PTSD (اختلال استرس پس از سانحه) شده‌اند با ایجاد محیط‌های آرام‌بخش برای کاهش استرس و افزایش تمرکز
- تحلیل خطرات و پیش‌بینی رفتار دشمن با شبیه‌سازی میدان جنگ و برنامه‌ریزی مأموریت‌های پیچیده با استفاده از مدل‌های مجازی مناطق عملیاتی.
- بررسی عملکرد سامانه‌ها در شرایط مختلف بدون نیاز به آزمون‌های واقعی.

6-2-2 شبکه های حسگر بیسیم

شبکه‌های حسگر بی‌سیم[1] یا WSNs مجموعه‌ای از حسگرهای کوچک و پراکنده هستند که به صورت بی‌سیم با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند تا داده‌هایی را از محیط جمع‌آوری و پردازش کنند. این شبکه‌ها به دلیل قابلیت‌های ویژه خود در بسیاری از حوزه‌ها، از جمله محیط زیست، پزشکی، کشاورزی، صنایع، و به ویژه حوزه نظامی کاربرد گسترده‌ای پیدا کرده‌اند. ساختار شبکه‌های حسگر بی‌سیم معمولاً شامل اجزای زیر است:

- گره‌های حسگر[2]: گره‌های حسگر وظیفه جمع‌آوری داده‌ها از محیط را دارند. این گره‌ها شامل حسگر برای اندازه‌گیری پارامترهایی مانند دما، رطوبت، فشار، حرکت و نور، پردازنده برای پردازش داده‌های جمع‌آوری شده، فرستنده و گیرنده بی‌سیم برای ارسال و دریافت داده، منبع تغذیه (معمولاً باتری) برای تامین انرژی مورد نیاز گره می‌باشد.
- گره‌های جمع‌آوری داده[3]: این گره‌ها وظیفه جمع‌آوری داده‌ها از گره‌های حسگر و ارسال آن‌ها به سرور مرکزی یا کاربران نهایی را بر عهده دارند.
- سرور مرکزی: سرور مرکزی داده‌ها را پردازش، ذخیره و تحلیل می‌کند و نتایج را به کاربران ارائه می‌دهد.
- پروتکل‌های ارتباطی: برای برقراری ارتباط بین گره‌ها از پروتکل‌هایی مانندZigBee ،

[1] Wireless Sensor Networks
[2] Sensor Nodes
[3] Sink

Bluetooth، Wi-Fi یا پروتکل‌های خاصی که برای WSN طراحی شده‌اند، استفاده می‌شود.

کاربردهای شبکه‌های حسگر بی‌سیم در حوزه های محیط زیست (برای پایش تغییرات آب و هوا، نظارت بر جنگل‌ها برای جلوگیری از آتش‌سوزی، کنترل کیفیت آب و هوا)، پزشکی (نظارت بر علائم حیاتی بیماران در بیمارستان، پایش از راه دور وضعیت سلامت افراد سالمند یا بیماران مزمن)، کشاورزی (نظارت بر رطوبت خاک، دما و شرایط محیطی برای بهینه‌سازی آبیاری)، صنعتی (نظارت بر ماشین‌آلات و تجهیزات برای جلوگیری از خرابی، مدیریت موجودی در انبارها) و نظامی (پایش و نظارت بر مناطق حساس) می‌باشد. برای بهره‌برداری بهینه از این فناوری، غلبه بر چالش‌های مرتبط با امنیت، مصرف انرژی و پایداری شبکه ضروری است بطوریکه بتوان به قابلیت نظارت گسترده بدون نیاز به حضور فیزیکی نیروها، کاهش هزینه‌ها به دلیل استفاده از حسگرهای کوچک و کم‌مصرف و فزایش دقت و سرعت در شناسایی تهدیدات دست یافت.

3-2 علوم کاربردی در حوزه کنترل مرز

برای پیاده‌سازی یک سامانه هوشمند جهت پایش و کنترل مرز، علاوه بر تجهیزات و تسلط بر فناوری های روز مانند هوش مصنوعی، نیاز به شناخت و بهره‌برداری از برخی علوم و مفاهیم کاربردی می‌باشد. در این بخش تئوری بازیها، بهینه‌سازی، پردازش سیگنال و پردازش داده‌های کلان شرح داده خواهد شد.

تئوری بازی‌ها[1] یک حوزه علمی است که به مطالعه تعاملات استراتژیک بین بازیگران مختلف، به‌ویژه در شرایطی که نتایج تصمیم‌گیری‌های هر بازیگر به تصمیمات دیگر بستگی دارد، می‌پردازد. این تئوری در ابتدا در اقتصاد برای مدل‌سازی رقابت‌ها و تصمیم‌گیری‌های اقتصادی طراحی شد، اما کاربرد آن به‌سرعت به سایر زمینه‌ها مانند علوم کامپیوتر، مهندسی، زیست‌شناسی و سیاست گسترش یافت. هدف تئوری بازی‌ها تحلیل و پیش‌بینی رفتارهای فردی و جمعی است، به‌ویژه در شرایط عدم قطعیت و رقابت. در تئوری بازی‌ها، بازیکنان می‌توانند استراتژی‌های مختلفی را انتخاب کنند که نتیجه‌ی انتخاب‌های آن‌ها به‌صورت ریاضی مدل‌سازی می‌شود. یکی از مهم‌ترین مفاهیم در این حوزه، تعادل نش[2] است که به وضعیت‌هایی اشاره دارد که هیچ یک از بازیگران نمی‌تواند به‌تنهایی وضعیت خود را بهبود بخشد (Ho et al, 2022).

بهینه‌سازی[3] به مجموعه روش‌هایی اطلاق می‌شود که برای یافتن بهترین راه‌حل ممکن برای یک

[1] Game Theory
[2] Nash Equilibrium
[3] Optimization

مسئله از میان مجموعه‌ای از راه‌حل‌های موجود استفاده می‌شود. این فرآیند در بسیاری از حوزه‌ها مانند مهندسی، اقتصاد، علوم کامپیوتر و حتی مدیریت کسب‌وکار کاربرد دارد. بهینه‌سازی به‌ویژه در حل مسائل پیچیده‌ای که در آن‌ها هدف، حداقل کردن یا حداکثر کردن یک تابع است، بسیار مفید است. این مسئله‌ها ممکن است شامل زمان، هزینه، یا منابع محدود باشند. در الگوریتم‌های بهینه‌سازی، معمولاً به دنبال یافتن حد بهینه تابع هدف با رعایت قیود خاص هستیم (Gad, 2024).

پردازش سیگنال[1] به تحلیل و دستکاری سیگنال‌ها از جمله سیگنال‌های زیستی، صوتی، تصویری، یا الکتریکی اشاره دارد. این پردازش در بسیاری از حوزه‌ها، از جمله مخابرات، پزشکی، و ارتباطات بی‌سیم، اهمیت زیادی دارد. سیگنال‌ها می‌توانند دیجیتال یا آنالوگ باشند، و پردازش سیگنال تلاش می‌کند تا ویژگی‌های مفید از سیگنال‌ها استخراج کرده و نویز و اختلالات را کاهش دهد. یکی از کاربردهای مهم پردازش سیگنال، در مخابرات است که در آن برای کاهش تداخل سیگنال‌ها و بهبود کیفیت انتقال داده‌ها از تکنیک‌های مختلف پردازش سیگنال استفاده می‌شود. همچنین در حوزه‌ی سلامت، برای تجزیه و تحلیل سیگنال‌های الکتریکی مغز (EEG)[2] یا قلب (ECG)[3] و تشخیص قصد خودکشی فرد در زمان تحویل سلاح(نگهبانی)، پردازش سیگنال اهمیت زیادی دارد.

داده‌های کلان[4] به مجموعه‌های عظیم و پیچیده از داده‌ها اطلاق می‌شود که تجزیه و تحلیل آن‌ها با استفاده از روش‌های سنتی و ابزارهای معمول ممکن نیست. پردازش داده‌های کلان به مجموعه‌ای از تکنیک‌ها و فناوری‌ها گفته می‌شود که برای جمع‌آوری، ذخیره، تجزیه و تحلیل و استفاده از داده‌های کلان طراحی شده‌اند. داده‌های کلان معمولاً از منابع مختلفی مانند وب‌سایت‌ها، شبکه‌های اجتماعی، سنسورها و دستگاه‌های اینترنت اشیاء جمع‌آوری می‌شوند. پردازش داده‌های کلان نیازمند استفاده از فناوری‌هایی مانند پردازش توزیع‌شده[5] و محاسبات موازی[6] است. این فناوری‌ها به کسب‌وکارها و محققان این امکان را می‌دهند که حجم بالایی از داده‌ها را به‌طور مؤثر پردازش کرده و از آن‌ها بینش‌های ارزشمندی استخراج کنند (Adadi, 2021).

3- مزایای بکارگیری فناوری های نوین در حوزه کنترل مرز

بکارگیری فناوری‌های نوین در حوزه کنترل مرز، رویکردی تحول‌آفرین است که تأثیرات گسترده‌ای بر امنیت، مدیریت و کارآمدی مرزها دارد. استفاده از این فناوری‌ها نه‌تنها امنیت مرزها را افزایش می‌دهد،

[1] Signal Processing
[2] Electroencephalogram
[3] Electrocardiogram
[4] Big Data
[5] Distributed Processing
[6] Parallel Computing

بلکه در کاهش هزینه‌ها، بهبود کارایی، و کاهش نقاط آسیب پذیری نیز نقش بسزایی ایفا می‌کند. یکی از مهم‌ترین مزایای استفاده از فناوری‌های نوین، افزایش دقت و سرعت در شناسایی تهدیدات است. با بکارگیری سامانه‌هایی مانند حسگرهای پیشرفته، دوربین‌های حرارتی، پهپادها و نرم‌افزارهای هوش مصنوعی، امکان تشخیص سریع و دقیق رفتارهای مشکوک یا فعالیت‌های غیرمجاز فراهم می‌شود. از دیگر مزایای مهم این فناوری‌ها می‌توان به کاهش نیاز به نیروی انسانی و افزایش کارایی عملیات مرزی اشاره کرد. با توجه به وضعیت موالید در کشور و به تبع آن، کاهش نیروی وظیفه، این امر برای مرزبانی کشور بسیا حائز اهمیت است. فناوری‌های خودکار و سیستم‌های نظارتی می‌توانند وظایف پیچیده نظارت و کنترل را انجام دهند. این امر نه‌تنها هزینه‌های عملیاتی را کاهش می‌دهد، بلکه خطرات جانی برای نیروهای امنیتی را نیز به حداقل می‌رساند. همچنین، این فناوری‌ها امکان نظارت 24 ساعته و بدون وقفه را فراهم می‌کنند که از توان نیروی انسانی فراتر است.

افزایش هماهنگی و مدیریت بهتر داده‌ها نیز یکی دیگر از مزایای این فناوری‌هاست. با استفاده از سیستم‌های یکپارچه اطلاعاتی، داده‌های مربوط به فعالیت‌های مرزی به‌صورت متمرکز جمع‌آوری، تحلیل، و مدیریت می‌شوند. این سیستم‌ها می‌توانند اطلاعاتی مانند ترددهای قانونی، محموله‌های تجاری، و تحرکات مشکوک را به‌صورت بلادرنگ پردازش کنند و امکان تصمیم‌گیری دقیق‌تر و سریع‌تر را برای مدیران فراهم سازند. چنین زیرساخت‌هایی به بهبود همکاری بین نهادهای امنیتی، گمرک‌ها، و سایر دستگاه‌های دولتی کمک می‌کند. یکی دیگر از مزایای بکارگیری فناوری های نوین، کاهش آسیب پذیری ها در زمان انجام ماموریت است که محدوده گسترده ای مانند تشخیص قصد خودزنی و دگرزنی افراد (با توجه به تهدید تحویل سلاح به افراد در اماکن نظامی)، گشت و ردزنی در مناطق صعب العبور با بهره‌گیری از تجهیزات پهپادی و رادارهای زمینی را شامل می‌شود.

نقطه آسیب پذیری منفرد[1] به بخشی از یک سیستم گفته می‌شود که اگر دچار خرابی، نقص، یا حمله شود، کل سیستم یا بخش قابل‌توجهی از آن متوقف خواهد شد. مهاجمان می‌توانند با شناسایی این نقاط، به‌راحتی به کل سیستم آسیب وارد کنند. در کنترل مرز، وجود نقطه آسیب‌پذیری منفرد می‌تواند خطراتی جدی به همراه داشته باشد. به‌عنوان مثال، اگر تمام داده‌های نظارتی از حسگرها و دوربین‌ها به یک سرور مرکزی ارسال شوند و آن سرور به هر دلیلی دچار خرابی شود، سیستم نظارتی مرز از کار خواهد افتاد. برای مثال، در یک سیستم امنیتی هوشمند، اگر هشدارهای تهدید فقط به رده پاسگاه ارسال گردد و ارتباط پاسگاه به هر دلیلی قطع شود، کل سیستم امنیتی مختل خواهد شد. اما اگر همین تشخیص تهدید به رده های بالاسری گزارش شود، به عبارت دیگر، سیستم فرماندهی و کنترل دارای مراکز پایش توزیع شده‌ای باشد، آنگاه سیستم شما یک نقطه آسیب‌پذیری منفرد ندارد.

[1] Single point of failure

حذف نقطه آسیب‌پذیری منفرد در راستای مقاوم سازی یک سیستم در برابر خطا[1] انجام می‌شود. طراحی سیستم‌های توزیع‌شده یکی از مؤثرترین روش‌ها برای حذف نقاط آسیب‌پذیری منفرد است. بنابرین با بهره‌گیری از سیستم پایش هوشمند مبتنی بر هوش مصنوعی بصورت توزیع شده، امکان غافل گیری و یا تبانی نفوذی‌ها در مقرهای شما حداقل خواهد شد.

بنابرین بطور خلاصه، مزایای بکارگیری فناوری های نوین در کنترل مرز عبارتند از:

- افزایش اشراف اطلاعاتی فرماندهان بر حوزه استحفاظی
- افزایش نظارت فرماندهان بر عملکرد زیرمجموعه
- کاهش نیروی انسانی مورد نیاز برای پایش مرز
- افزایش دقت و سرعت در شناسایی تهدیدات
- کاهش آسیب پذیری های حوزه ماموریتی
- کاهش هزینه‌ها در انجام ماموریت
- حذف نقطه آسیب پذیری منفرد

4- چالش‌های بکارگیری فناوری های نوین در حوزه کنترل مرز

پرسشی که در اینجا مطرح می‌شود این است که چرا با وجود نیاز مرز به فناوری های نوین و مدیریت هوشمند، ساختار های متعدد در رده های مختلف برای امورات هوشمندسازی، حضور کارشناسان فنی در بدنه سازمان و حتی تامین اعتبارات سراسری برای پیشبرد پروژه‌ها، باز هم مشاهده می‌گردد که روند هوشمندسازی و بهره‌برداری از فناوری های نوین از شتاب کافی برخوردار نمی‌باشد. ضمن انجام یک کار میدانی، سعی شد تا دلایل مشخصی برای این پرسش فراهم گردد. بر اساس تجربیات موجود و نظر کارشناسان خبره، چالش‌های بکارگیری فناوری های نوین در حوزه مرز، شامل موارد احصائی ذیل می‌باشد:

1- نبود زیرساخت های کافی از نظر قدرت پردازشی و پهنای باند ارتباطی

2- مساله یکپارچگی سیستم‌ها (عدم هماهنگی بین سامانه‌های مختلف مانند پهپادها، دوربین‌های نظارتی و حسگرهای متنوع استفاده شده)

3- عدم شناخت کافی فرماندهان، مدیران و کارشناسان از قابلیت های فناوری های نوین

4- عدم نیازسنجی درست در حوزه کنترل مرز

5- مقاومت در برابر ایجاد تغییرات فنی و ساختاری در بدنه سازمان برای تشکیل گروه هایی با مهارت های مکمل

[1] Fault-Tolerant

6- عملکرد جزیره‌ای رده ها و اجتناب از انجام کار گروهی (موازی کاری)
7- عملکرد بیلان محور به جای عملکرد تاثیرگذار (روی آوردن به اقدامات نمایشی)
8- تجربیات نامطلوب در بکارگیری فناوری‌ها به علت تولیدات آزمایشگاهی ضعیف
9- مداومت‌کاری ضعیف محصولات فناور محور در محیط‌های عملیاتی (مناطق مرزی) به علت شرایط محیطی
10- هزینه‌های پیاده سازی و نگهداشت بالا
11- عدم وجود فضای رقابتی مناسب در تامین تجهیزات و فناوری‌های نوین (انحصارگرایی)
12- مشکلات مرتبط با مقوله امن سازی فناوری های نوین برای بکارگیری در حوزه‌های نظامی
13- عدم وجود ساختار سازمانی کافی برای پیشبرد اهداف هوشمندسازی
14- وجود محدودیت‌های ذاتی و عدم بروز رسانی دستورالعمل‌ها بر اساس تغییر ماموریت سازمان
15- برونسپاری پروژه‌های هوشمندسازی به رده‌های برون سازمانی یا درون سازمانی با عملکرد ضعیف (عدم وجود نظارت موثر)
16- تفکر غلط انتخاب متولی امورات مرتبط به فناوری‌های نوین به جای ایجاد میزهای تخصصی
17- تکمیل نبودن ترکیب تیم های اجرایی (غیرمرتبط بودن دانش متصدیان امر و ارائه مشاوره های غلط)
18- عدم ارزیابی عملکرد سامانه‌ها و تجهیزات بکارگیری شده برای پیشبرد اصلاح فرایندها

5- بومی سازی قابلیت‌های فناوری های نوین در حوزه کنترل مرز

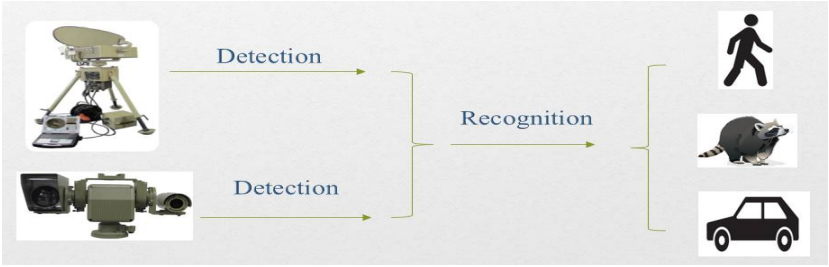
بر اساس شناخت قابلیت‌های موجود در فناوری های نوین از یک سو و بررسی خلاهای تحقیقاتی و عملیاتی موجود در وظایف محوله از سوی دیگر، تعداد 22 فقره قابلیت مورد نیاز با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین به عنوان زمینه تحقیقاتی احصاء گردید تا در میزهای تخصصی، به عنوان خوراک فکری و مبنای عمل گروه های پیاده‌سازی قرار گیرد (جدول 1). در ادامه نیز برخی از این قابلیت‌ها بصورت مصور توضیح داده خواهد شد.

- تعامل رادار و دوربین در ردگیری اهداف: هدفی که توسط رادار شناسایی می شود بصورت خودکار در ناحیه دید دوربین قرار گیرد تا کاربر بتواند هدف را در صفحه نمایش تشخیص دهد و در حالت فعال بودن ردگیری خودکار، جابجایی هدف از دید دوربین خارج نشود (شکل 4).



شکل 4. قابلیت تعامل بین رادار و دوربین

- دسته بندی اهداف: پس از اینکه هدفی توسط رادار یا دوربین (یا تلفیقی) تشخیص داده می شود، با بهره گیری از روش‌های یادگیری ماشین، پروسه تشخیص در یک برد قابل قبول انجام شود و ماهیت هدف (انسان، حیوان و خودرو) مشخص گردد (شکل 5).



شکل 5. قابلیت دسته بندی اهداف

- شبکه سازی حسگرها برای ایجاد مفهوم همجواری: مانند آنچه در دست به دست دهی گوشی های هوشمند در حوزه ایستگاه های BTS می‌بینیم، می‌توان با بهره گیری از قابلیت تجهیزات در آگاهی از موقعیت مکانی استقرار، ناحیه بندی منطقه پایش، اطلاع رسانی به حسگرهای همجوار در خصوص خارج شدن یک هدف از ناحیه دید یک حسگر و وارد شدن به ناحیه دید حسگر مجاور بصورت خودکار انجام شود.
- پروتکل واکشی استاندارد: با تعریف یک پروتکل واکشی استاندارد، امکان استفاده از داده ورودی حسگرهای قدیمی و سایر حسگرهای نوظهور فراهم می‌گردد. بدین ترتیب به جای از رده خارج نمودن تجهیزات قبلی و صرف هزینه های قابل توجه، عمر انقلابی تجهیزات ملاک استفاده قرار می‌گیرد. این وضعیت باعث می‌گردد با تعاریف واسط های کاربری مختلف امکان اخذ سرویس سایر سامانه‌ها از این اطلاعات فراهم شود. همچنین پردازش‌های جانبی مانند تشخیص تهدید، به جای یک ویدئو با دنباله‌ای از فریم ها کار می‌کند تا بتوان از موازی سازی بر روی چند پردازنده، بهره برد.

جدول 1. بومی‌سازی قابلیت‌ها برای بکارگیری در حوزه کنترل مرز

ردیف	تعریف پروژه
1	هوشمندسازی سیستم نظارت تصویری با رویکرد حذف نیروی انسانی و قابلیت تشخیص خودکار تهدید
2	کاهش آسیب پذیری های حوزه خودکشی با تحلیل مارکرهای صوتی، تصویری و بیومارکرهای غیرتهاجمی
3	کنترل موثر افراد تحت تعقیب بر اساس ترکیب شبکه سازی سیستم های نظارتی عمومی و خصوصی اماکن مختلف
4	استقرار بهینه تجهیزات پایشی بر اساس روش های بهینه سازی و عوامل موثر در مکان یابی سایت های پایش مرز
5	تعریف پروتکل واکشی استاندارد برای تمام حسگرها و ایجاد یک سامانه فرماندهی و کنترل هوشمند
6	شبکه سازی حسگرهای مختلف شامل رادارها و دوربین ها برای ایجاد مفهوم همجواری و ناحیه دید
7	تعامل رادار و دوربین در ردگیری اهداف با دقت بالا مبتنی بر یادگیری ماشین
8	دسته بندی اهداف با دقت بالا در داده های دریافتی رادار و دوربین با بهره گیری از هوش مصنوعی
9	کاهش پهنای باند مصرفی انتقال داده به مراکز پایشی با بهره گیری از تکنیک های فشرده سازی و صفحه بندی
10	کاهش آسیب پذیری های حوزه آمادی با تشخیص خواب آلودگی راننده بر اساس پردازش تصویر
11	خودکارسازی ثبت و پیگیری نتایج نظارت ستادی با بهره گیری از پردازش زبان طبیعی (NLP)
12	سیستم انبارداری مبتنی بر برچسب های RFID جهت تسهیل در تخصیص و انبارگردانی
13	استفاده از کاربردهای واقعیت مجازی برای آموزش مهارت های فردی مانند دفاع شخصی و مدیریت صحنه نبرد
14	تشخیص تمارض به بیماری های روانی با استفاده از تحلیل سیگنال های مغزی و سنجش استرس و اضطراب
15	افزایش دقت تشخیص چهره در گذرگاه های ورودی خروجی با بکارگیری مکانیزم های GAN جهت تولید ماسکه
16	ردزنی موثر در پایانه های مرزی و مبادی ورودی خروجی با تشخیص استرس و اضطراب فرد
17	تشخیص عملیاتی بودن و صدور خودکار هشدار در صورت تخریب عمدی، نقص فنی و قطعی ارتباط تجهیزات
18	تشخیص تغییرات توپوگرافی منطقه در جدار مرز با بهره گیری از تصویر برداری ماهواره ای
19	استقرار بهینه گشت های دریایی بر اساس پیش بینی میزان تردد شناورهای مردمی در مسیرهای مختلف
20	سامانه تشخیص و تحلیل و رهگیری پلاک های دستور دار بصورت خودکار برای ایجاد بازخورد اطلاعاتی
21	تشخیص الگوهای ناهنجار در داده‌ها و ترافیک شبکه جهت شناسایی حملات سایبری
22	استفاده از فناوری الکترومغناطیس در متوقف سازی شناورهای سبک در حوزه دریا برای مقابله با قاچاق کالا

6- ارائه راهکارهای لازم برای تسریع در بکارگیری فناوری های نوین

به اعتقاد نویسنده، برای پیشبرد اهداف هوشمندسازی و بهره برداری از فناوری‌های نوین، نه تنها در

بعد کنترل مرز بلکه تمام جنبه های مدیریتی جامعه، نیاز بـه انجـام راهکارهـایی بـرای اصـلاح فراینـد کنونی و نظارت بر اجرای آن داریم که در جدول 2 بیان شده است. همچنین بر اسـاس آنچـه پیشـنهاد گردید، سرفصل مفاهیم مورد نیاز برای آموزش کارکنان و ارتقاء علمی در زمینه بکارگیری فناوری‌هـای نوین به صورت جدول 3 می‌باشد.

جدول 2. راهکارهای پیشنهادی

ردیف	راهکار
1	باتوجه به لزوم نیازسنجی درست کارشناسان هر رده ماموریتی از نیازمندی‌های خود، می‌بایست بصورت مسـتمر و عمقی، با برگزاری جلسات آموزشی، زمینه آشنایی کارکنان با تجهیزات جدیـد، فناوری‌هـای نـوین (ماننـد هـوش مصنوعی، الکترومغناطیس و لیزر) و علوم کاربردی فراهم گردد. لازم به ذکر است محتوای دوره‌ها نباید به معرفی ویترین سایر کشورها اختصاص داده شود.
2	پس از تسلط بر قابلیت های موجود، در هر سازمان، با برگزاری میزهای تخصصی، نیازهای موجود بر اساس چالش های ماموریتی و قابلیت های بهینه سازی یا هوشمندسازی جمع آوری گردد تا نسبت به امکان سنجی، اقدام لازم صورت پذیرد.
3	با فراخوان ایده در سطح سازمان، ایده های صاحب نظران در حوزه های مختلف هوشمند سازی با نام خود صاحب ایده جمع آوری گردد (بر اساس شخصیت حقیقی نه حقوقی) و به نحو مقتضی مکانیزم های ایجـاد انگیـزه بـرای مشارکت کارکنان فراهم شود بطوریکه هم فرد مایل به مشارکت باشد و هم سیستم به سـمت بهـره وری بـالاتر و پیشبرد ماموریت های محوله حرکت کند.
4	در هر سازمان، با حذف پارتیشن بین مهارت های افراد، میزهای تخصصی بصـورت مسـتمر تشـکیل و بـر اسـاس قابلیت کار گروهی، زمینه بروز توانمندی‌های مکمل افراد فراهم گردد. پس از تشکیل کارگروه‌هـا، دانـش موجـود بررسی گردد و مواردی که برای پیاده سازی ایده ها در سه زمینـه الکترونیـک ، کـامپیوتر، مکانیـک و همچنـین هوش مصنوعی مورد نیاز است در قالب یک دوره آموزشی با بهره گیری از توانمندی های برون سازمانی گنجانـده شود.
5	ساختار سازمانی کارگروه هوشمندسازی با رویکرد انتصابات عملکرد محور و پویا، تدوین و به رده های بالاتر جهت تصویب ارسال گردد. برای اجتنـاب از شکسـت در اجـرا، بصـورت دوره ای از عملکـرد کـارگروه، بازرسـی فنـی و عملکردی صورت پـذیرد و بـرای وجـود پویـایی در گروه‌هـای هوشمندسـازی، شایسـته سـالاری و دور مانـدن از انحصارطلبی، همواره راهکاری برای جایگزینی نفرات با گزینه های مطلوب تر و تربیت افراد جدید با قابلیت هـای مورد نیاز وجود داشته باشد.
6	به جای برونسپاری تهیه پروپوزال، پیاده سازی ایده و پشتیبانی با صرف هزینه های بالا، سعی شود در هر سازمان، ساختاری برای انجام این امورات در نظر گرفته شود و همتاپروری بصورت مستمر در دستور کار قرار گیرد.
7	با بررسی و بازنگری دستورالعمل های نظارتی موجود، ضمن حفـظ امنیـت و مالکیـت داده‌هـا، امکـان بکـارگیری فناوری های نوین در امورات هوشمندسازی رده‌ها فراهم گردد.

جدول 3. سرفصل برنامه آموزشی مورد نیاز در حوزه هوشمندسازی و فناوری های نوین

عنوان	شرح آموزش
هوش مصنوعی و مولفه های آن	سیستم های خبره، داده کاوی، یادگیری ماشین، شبکه های عصبی، منطق فازی، بینایی ماشین، علم داده، رباتیک و پردازش زبان طبیعی
نگارش ایده	نحوه نیاز سنجی بر اساس مدل های هوشمند، نحوه نگارش پروپوزال ایده، نحوه تهیه پیشینه تحقیق، نحوه پیاده سازی و ارزیابی عملکرد طرح
بهینه سازی	مدلسازی قابلیت بصورت یک مساله بهینه سازی، معرفی روش های فراابتکاری، تعریف تابع هدف و تعریف محدودیت ها
تئوری بازیها	تعریف سناریو، شناسایی بازیگران منطقی، مفهوم بهره وری (U) و تعریف اقدام، تعیین رفاه اجتماعی (SW) و مکانیزم های ایجاد انگیزه
برنامه نویسی	ساختارهای داده ای و عملگرها، تعریف ساختارهای شرطی و تکرار، تعریف توابع و بکارگیری کتابخانه های جدید
پردازش تصویر و پردازش سیگنال	تکنیک های پردازش تصویر، مکانیزم های استخراج ویژگی و انتخاب ویژگی، تبدیلات حوزه فرکانس
فناوری های نوین	آشنایی با فناوری های لیزر، کوانتوم و الکترومغناطیس
معماری های نوین	شبکه های حسگر بیسیم(WSN)، شبکه های ادهاک (Manet، Fanet، Vanet)، اینترنت اشیاء (IoT)

7- بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج تحلیل ارائه شده، برگزاری جلسات آموزشی برای ارتقاء دانش کارکنان در حوزه تجهیزات جدید، نیازسنجی درست بر اساس چالش های ماموریتی، ترویج کار گروهی برای بروز توانمندی‌های مکمل افراد، بازرسی فنی و عملکردی و ایجاد پویایی در ساختار گروه‌های هوشمندسازی بر اساس توانمندی، همتاپروری بصورت مستمر و بررسی و بازنگری دستورالعمل های نظارتی موجود می‌تواند زمینه شکوفایی سازمان و بهره مندی از فناوری های روز برای کنترل موثر مرز را فراهم سازد.

سپاسگزاری

در محیط های تحقیقاتی و حتی اجرایی، کمتر دیده می شود که تلاشی برای کار گروهی بر اساس قابلیت‌های افراد با رویکرد منفعت جمعی و ملی اتفاق افتد. انبوهی از توانمندی ها و پتانسیل ها را در اختیار داریم که بین آنها پارتیشن هایی قرار داده شده است. در این بخش از مقاله، از تمام کسانی که

به دور از منفعت طلبی، اقدامی در راستای برداشتن این دیوارها و تشکیل گروه‌هایی با مهارت های مکمل هم انجام می دهند، چه به دستاوردی رسیده باشد و چه تنها به یک خستگی بدون دستاورد ختم شده باشد، بصورت گمنام، کمال تشکر و امتنان را دارم.

منابع

ذوالفقاری, حسین, اژگان, سلیمان و پناهی. (2012). تأثیر فناوری‌های نوین در ارتقای امنیت مرزها (مورد مطالعه: مرزهای استان خراسان جنوبی) .علوم و فنون مرزی، 2(3). صفحات 87-114.

Adadi, A. (2021). A survey on data-efficient algorithms in big data era. Journal of Big Data, 8(1), 24.

Bellazi, K. (2024). Automatic Border Surveillance System (Doctoral dissertation, London South Bank University Madrid).

D'Aniello, G. (2023). Fuzzy logic for situation awareness: a systematic review. Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, 14(4), 4419-4438.

Del Rio, J. S., Moctezuma, D., Conde, C., de Diego, I. M., & Cabello, E. (2016). Automated border control e-gates and facial recognition systems. computers & security, 62, 49-72.

Gad, A. G. (2022). Particle swarm optimization algorithm and its applications: a systematic review. Archives of computational methods in engineering, 29(5), 2531-2561.

Gordan, M., Sabbagh-Yazdi, S. R., Ismail, Z., Ghaedi, K., Carroll, P., McCrum, D., & Samali, B. (2022). State-of-the-art review on advancements of data mining in structural health monitoring. Measurement, 193, 110939.

Ho, E., Rajagopalan, A., Skvortsov, A., Arulampalam, S., & Piraveenan, M. (2022). Game Theory in defence applications: A review. Sensors, 22(3), 1032.

Khan, A. A., Laghari, A. A., & Awan, S. A. (2021). Machine learning in computer vision: A review. EAI Endorsed Transactions on Scalable Information Systems, 8(32).

Min, B., Ross, H., Sulem, E., Veyseh, A. P. B., Nguyen, T. H., Sainz, O., ... & Roth, D. (2023). Recent advances in natural language processing via large pre-trained language models: A survey. ACM Computing Surveys, 56(2), 1-40.

Purohit, S., Mishra, N., Yang, T., Singh, R., Mo, D., & Wang, L. (2024, August). Real-Time Threat Detection and Response Using Computer Vision in Border Security. In 2024 International Conference on Intelligent Algorithms for Computational Intelligence Systems (IACIS) (pp. 1-6). IEEE.

Ronconi, G. B. A., Batista, T. J., & Merola, V. (2014). The utilization of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) for military action in foreign airspace. UFRGSMUN: UFRGS Model United Nations Journal, 2, 137-180.

Saibene, A., Assale, M., & Giltri, M. (2021). Expert systems: Definitions, advantages and issues in medical field applications. Expert Systems with Applications, 177, 114900.

Sarker, I. H. (2021). Machine learning: Algorithms, real-world applications and research directions. SN computer science, 2(3), 160.

Singh, R., & Singh, S. (2022). Smart border surveillance system using wireless sensor networks. International Journal of System Assurance Engineering and Management, 13(Suppl 2), 880-894.

Subhashini, E., Swathi, M., Vijayalakshmi, V., & Pavaiyarkarasi, M. R. (2024). Border Security Robot Using AI Technology. International Research Journal on Advanced Science Hub, 6(04), 63-66.

Suryadevara, S., & Yanamala, A. K. Y. (2021). A Comprehensive Overview of Artificial Neural Networks: Evolution, Architectures, and Applications. Revista de Inteligencia Artificial en Medicina, 12(1), 51-76.

Tyshchuk, V. V. (2024). A Review of Legal Regulation Regarding the Use of Unmanned Aerial Vehicles for Border Security and the Impact of Global Technologies. International Comparative Jurisprudence, 10(1), 61-81.

Zhang, C., & Lu, Y. (2021). Study on artificial intelligence: The state of the art and future prospects. Journal of Industrial Information Integration, 23, 100224.