



Damian Kurzydym

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2857-405X>

Akademia Nauk Stosowanych w Raciborzu, Instytut Techniki

SZTUCZNA INTELIGENCJA W WOJSKOWOŚCI: TECHNOLOGIE, ZASTOSOWANIA I WYZWANIA ETYCZNE

Streszczenie (abstrakt): Sztuczna inteligencja (AI) odgrywa coraz istotniejszą rolę w nowoczesnej wojskowości, wpływając na sposób prowadzenia działań operacyjnych, szkolenia, dowodzenia oraz zabezpieczenia informacyjnego. Celem niniejszego artykułu jest przegląd kluczowych technologii AI wykorzystywanych w sektorze obronnym, ich aktualnych i potencjalnych zastosowań, a także związanych z nimi wyzwań etycznych, prawnych i strategicznych. Praca omawia m.in. autonomiczne systemy bojowe oraz zastosowania AI w obszarach rozpoznania, cyberobrony, analizy danych i wsparcia decyzyjnego. Szczególną uwagę poświęcono problematyce odpowiedzialności, kontroli człowieka nad systemami autonomicznymi oraz ryzyku eskalacji konfliktów zbrojnych. Wnioski wskazują, że choć rozwój AI w wojsku jest nieunikniony, jego wdrażanie musi być ściśle powiązane z międzynarodowymi regulacjami, nadzorem etycznym i poszanowaniem prawa humanitarnego.

Słowa kluczowe: sztuczna inteligencja, systemy autonomiczne, cyberbezpieczeństwo, etyka AI

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE MILITARY: TECHNOLOGIES, APPLICATIONS, AND ETHICAL CHALLENGES

Abstract: Artificial intelligence (AI) plays an increasingly significant role in modern military matters, influencing the conduct of operational activities, training, command and control, and information security. The aim of this article is to review key AI technologies used in the defense sector, their current and potential applications, as well as the associated ethical, legal, and strategic challenges. The paper discusses, among others, autonomous weapon systems and the use of AI in intelligence, cyber defense, data analysis, and decision support. Particular attention is focused on issues of accountability, human control over autonomous systems, and the risk of escalation of armed conflicts. The conclusions indicate that although the development of AI in the military is inevitable, its implementation must be closely linked to international regulations, ethical supervision, and respect for international humanitarian law.

Keywords: artificial intelligence, autonomous systems, cybersecurity, AI ethics

Wprowadzenie

Sztuczna inteligencja (AI) staje się jednym z kluczowych czynników kształtujących współczesne i przyszłe operacje wojskowe. Jej rozwój i wdrażanie w siłach zbrojnych oraz

systemach wywiadowczych znacząco wpływają na prowadzenie działań militarnych, planowanie operacyjne oraz bezpieczeństwo narodowe. AI umożliwia automatyzację analizy danych, wspiera procesy decyzyjne, ułatwia rozwój autonomicznych systemów bojowych oraz optymalizuje logistykę i zarządzanie zasobami.

Sztuczna inteligencja, szczególnie w kontekście czwartej rewolucji przemysłowej, wprowadza istotne zmiany w sposobie prowadzenia działań wojennych. Wzmacnia tradycyjne systemy wojskowe poprzez zdolność przetwarzania ogromnych ilości danych znacznie efektywniej niż dotychczas¹.

Jednak znaczenie sztucznej inteligencji wykracza poza poprawę efektywności operacyjnej. AI stała się istotnym elementem rywalizacji technologicznej i geopolitycznej, wpływając na globalną równowagę sił. W tym kontekście zrozumienie możliwości, ograniczeń oraz konsekwencji zastosowań AI w domenie wojskowej ma kluczowe znaczenie zarówno dla badaczy, jak i decydentów zajmujących się problematyką bezpieczeństwa. Niniejszy artykuł analizuje sposób działania sztucznej inteligencji, jej zastosowania wojskowe, takie jak usprawnienie procesów decyzyjnych i rozwój systemów autonomicznych oraz związane z nimi kwestie etyczne².

Sztuczna inteligencja jest powszechnie uznawana za jedną z najbardziej przełomowych technologii XXI wieku, porównywalną z elektrycznością, Internetem czy energią jądrową, a jednocześnie wyróżniającą się wyjątkową skalą i wszechstronnością zastosowań. W domenie wojskowej transformacja ta przekłada się na znaczące zmiany w prowadzeniu działań bojowych, rozpoznaniu wywiadowczym, planowaniu strategicznym oraz logistyce. AI potrafi analizować ogromne zbiory danych i wykrywać złożone wzorce wykraczające poza możliwości człowieka. Rewolucjonizuje to proces podejmowania decyzji wojskowych poprzez dostarczanie bezprecedensowej wiedzy na temat zamiarów przeciwnika i środowiska operacyjnego³.

Dynamiczny rozwój sztucznej inteligencji wynika z gwałtownego wzrostu mocy obliczeniowej, szerokiego dostępu do danych na dużą skalę oraz postępów w algorytmach uczenia maszynowego i głębokiego uczenia. Technologie te rozprzestrzeniają się szybciej niż wcześniejsze innowacje technologiczne, przenikając niemal wszystkie sektory gospodarki, w tym systemy wojskowe i obronne. Dzięki zdolności szybkiej analizy dużych zbiorów danych i wykrywania pojawiających się zagrożeń, AI zapewnia przewagę decyzyjną i jest coraz częściej postrzegana jako czynnik o strategicznym znaczeniu. Ten transformacyjny potencjał widoczny jest w zastosowaniach obejmujących ulepszone rozpoznanie

¹ A.B. Rashid, A.K. Kausik, A.A.H. Sunny, M.H. Bappy, *Artificial Intelligence in the Military: An Overview of the Capabilities, Applications, and Challenges*, „International Journal of Intelligent Systems” 2023, vol. 2023, nr 1.

² A.M. Saha, M. Biswas, F.M. Hossain, H. Alamgir, M.P. Ahmed, *Artificial Intelligence in the Modern Era: Trends, Impacts, and Future Directions* 2024, doi:10.13140/RG.2.2.28416.03840.

³ J. van Oijen, P. de Marez Oyens, *Empowering Military Decision Support through the Synergy of AI and Simulation*. In „NATO MSG-207: Simulation: Going Beyond the Limitations of the Real World” October 19th-20th 2023, Monterey, USA.

wywiadowcze i rozpoznawanie wzorców, a także analitykę predykcyjną służącą optymalizacji łańcuchów logistycznych i rozmieszczenia personelu⁴.

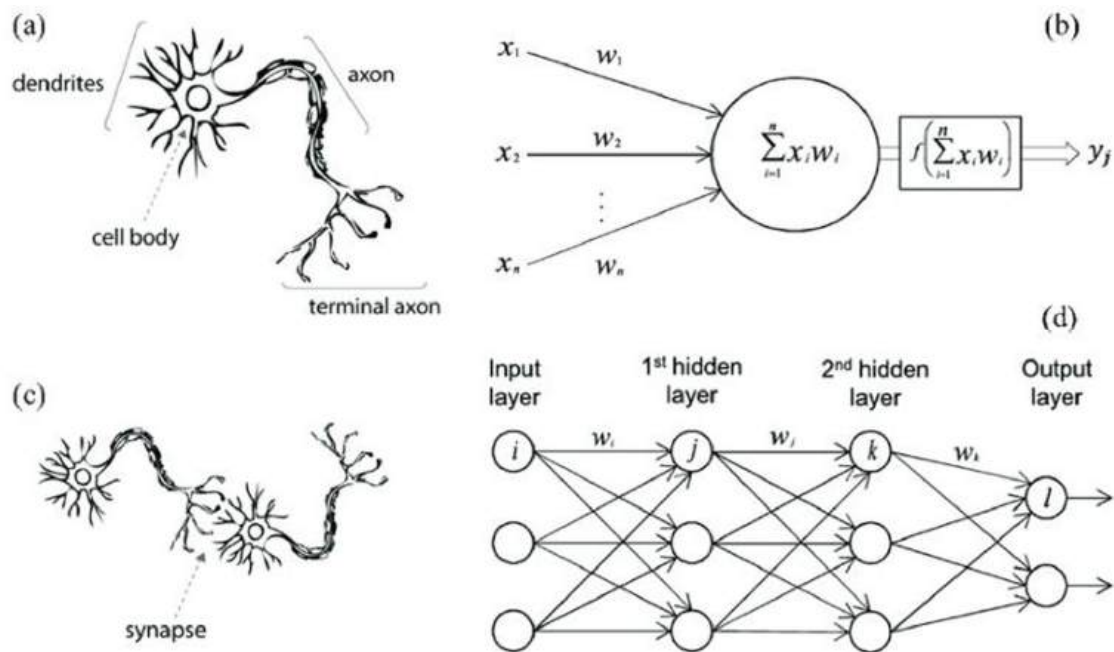
Sztuczna inteligencja stanowi szeroką dziedzinę informatyki, koncentrującą się na tworzeniu systemów zdolnych do uczenia się, analizy danych i podejmowania decyzji w sposób naśladowujący ludzką inteligencję. Obejmuje ona m.in. uczenie maszynowe, przetwarzanie języka naturalnego, widzenie komputerowe oraz robotykę. Współczesne podejścia, szczególnie te oparte na głębokim uczeniu, umożliwiają systemom samodzielne uczenie się na podstawie danych i adaptację do zmieniających się warunków, wykraczając poza tradycyjne algorytmy oparte na regułach. Postępy te pozwalają AI rozumieć język, prowadzić realistyczne konwersacje, rozpoznawać złożone wzorce oraz tworzyć prognozy wspierające podejmowanie kluczowych decyzji⁵.

Fundamentalnym filarem sztucznej inteligencji jest uczenie maszynowe, obejmujące uczenie nadzorowane, nienadzorowane oraz uczenie przez wzmacnianie, z głębokim uczeniem jako jego podzbiorem, wykorzystującym wielowarstwowe sieci neuronowe (Rysunek 1). Modele te, inspirowane funkcjonowaniem ludzkiego mózgu, umożliwiają rozpoznawanie złożonych wzorców oraz wspierają procesy decyzyjne. W nowoczesnych systemach wojskowych szczególne znaczenie przypisuje się konwolucyjnym sieciom neuronowym (CNN), wykorzystywanym w analizie obrazów satelitarnych i danych z dronów, a także modelom opartym na architekturze transformer, stosowanym w przetwarzaniu języka naturalnego, analizie danych wywiadowczych oraz integracji informacji z wielu źródeł. Te zaawansowane metodyki są kluczowe dla tworzenia systemów wspomagania dowodzenia opartych na AI, zdolnych do identyfikowania potencjalnych zagrożeń, które mogą umknąć uwadze dowódców oraz dostarczania racjonalnych, opartych na danych podstaw dla podejmowania krytycznych decyzji⁶.

⁴ P.T. Biltgen, *AI for Defense and Intelligence*, Tallaios 2024.

⁵ Ibidem.

⁶ C.E. Lee, J. Baek, J. Son, Y.G. Ha, *Deep AI military staff: cooperative battlefield situation awareness for commander's decision making*, „The Journal of Supercomputing” 2022, vol. 79, nr 6.



Rysunek 1. Neuron biologiczny w porównaniu ze sztuczną siecią neuronową⁷ (a) neuron mózgowy, (b) sztuczny neuron, (c) neuron i synapsa biologiczna, (d) sztuczna sieć neuronowa

Zastosowanie AI w rozpoznawaniu i analizie danych wywiadowczych

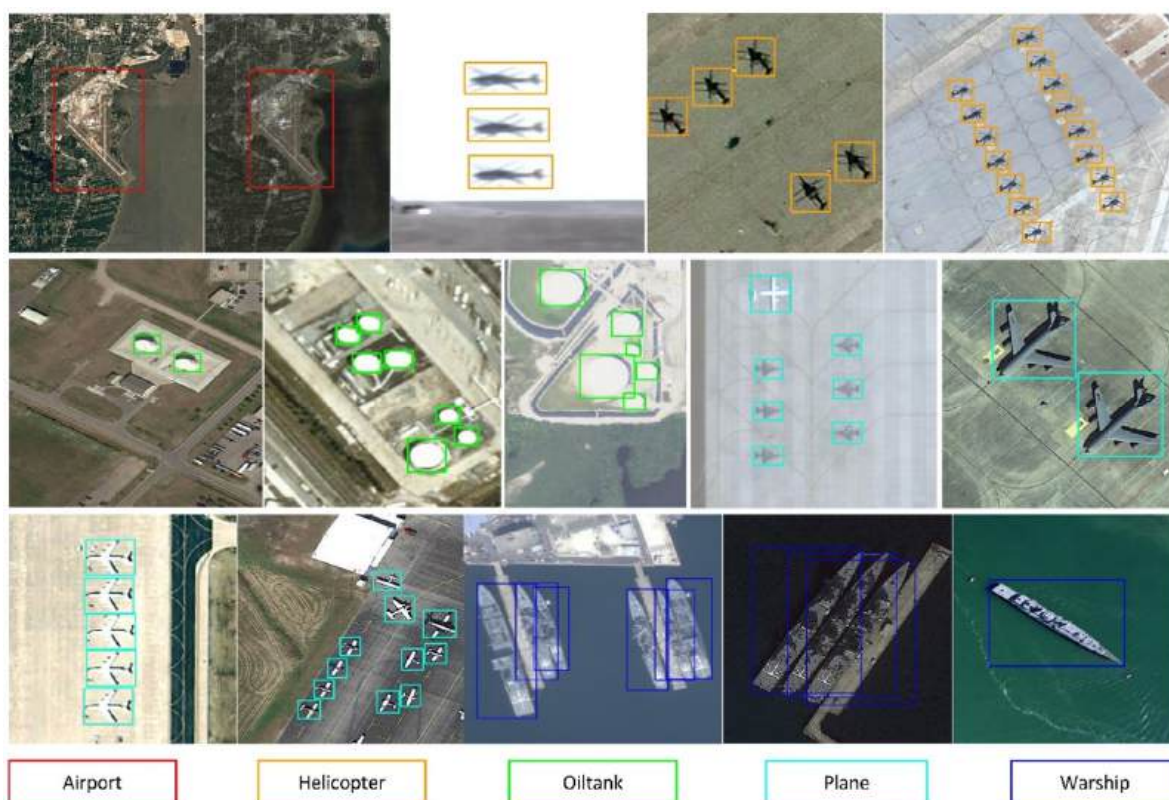
Widzenie komputerowe stanowi jedno z najważniejszych zastosowań sztucznej inteligencji w wojskowym rozpoznaniu, nadzorze i obserwacji. Technologia ta umożliwia zautomatyzowane przetwarzanie obrazów pozyskiwanych z systemów satelitarnych oraz bezzałogowych statków powietrznych, pozwalając na wykrywanie, klasyfikację i monitorowanie obiektów o znaczeniu strategicznym, takich jak sprzęt wojskowy, instalacje oraz ruchy wojsk (Rysunek 2). Zdolność szybkiej analizy ogromnych ilości danych wizualnych znacząco zwiększa świadomość sytuacyjną oraz ogranicza obciążenie analityków wynikające z konieczności ręcznego przetwarzania danych⁸.

Kluczową rolę w tej dziedzinie odgrywają konwolucyjne sieci neuronowe, które są zdolne do analizy obrazów o wysokiej rozdzielczości oraz rozpoznawania złożonych wzorców wizualnych. Systemy oparte na AI wspierają nie tylko identyfikację obiektów, lecz także wykrywanie zmian, śledzenie przemieszczania się jednostek wojskowych oraz rozpoznawanie uzbrojenia i sprzętu, często w czasie zbliżonym do rzeczywistego. Zwiększone możliwości analityczne zapewniają decydom wojskowym istotną przewagę w rozumieniu środowiska operacyjnego oraz przewidywaniu działań przeciwnika⁹.

⁷ P. Sumari, S.J. Syed, L. Abualigah, *A Novel Deep Learning Pipeline Architecture based on CNN to Detect Covid-19 in Chest X-ray Images*, „Turkish Journal of Computer and Mathematics Education” 2021, vol. 12, nr 6, s. 2001-2011.

⁸ P.T. Biltgen, *AI for Defense...*, *op. cit.*, 2024.

⁹ C.E. Lee, J. Baek, J. Son, Y.G. Ha, *Deep AI...*, *op. cit.*, nr 6.



Rysunek 2. Przykładowe zdjęcia satelitarne z automatycznie wykrytymi obiektami, oznaczonymi ramkami na potrzeby analizy geoprzestrzennej¹⁰

Jednocześnie przetwarzanie ogromnych ilości danych wywiadowczych pochodzących z różnorodnych źródeł stanowi poważne wyzwanie dla współczesnych sił zbrojnych. Technologie sztucznej inteligencji umożliwiają selekcję, analizę i interpretację wielkoskalowych (*big data*) informacji wywiadowczych znacznie efektywniej niż tradycyjne metody analityczne. W tym kontekście kluczową rolę odgrywa przetwarzanie języka naturalnego (NLP), które pozwala na automatyczną analizę raportów, komunikacji oraz treści mediów społecznościowych, a także identyfikację kluczowych informacji i relacji między podmiotami. Umożliwia to wydobywanie istotnych wniosków i wzorców z nieustrukturyzowanych źródeł danych, wzmacniając analizę wywiadowczą na poziomie strategicznym oraz ułatwiając proaktywne podejmowanie decyzji przez operatorów wojskowych¹¹.

Sztuczna inteligencja znajduje również zastosowanie w przewidywaniu działań przeciwnika oraz wykrywaniu anomalii. Modele predykcyjne oparte na uczeniu maszynowym analizują dane historyczne i bieżące w celu identyfikacji wzorców zachowań oraz prognozowania potencjalnych manewrów lub zamiarów operacyjnych sił przeciwnych. Równocześnie systemy wykrywania anomalii umożliwiają identyfikację nietypowych lub nieoczekiwanych działań w domenach lądowej, powietrznej, morskiej i cybernetycznej, zwiększając świadomość sytuacyjną i umożliwiając szybszą reakcję na pojawiające się zagrożenie.

¹⁰ S. Zhuang, P. Wang, B. Jiang, G. Wang, C. Wang, *A Single Shot Framework with Multi-Scale Feature Fusion for Geospatial Object Detection*, „Remote Sensing” 2019, vol. 11.

¹¹ J. van Oijen, P. de Marez Oyens, *Empowering Military...*, *op. cit.*

nia. Zdolności te mają kluczowe znaczenie, ponieważ zapewniają dowódcom więcej czasu na podejmowanie krytycznych decyzji dzięki dostarczaniu bieżących i prognostycznych informacji pochodzących z globalnej sieci sensorów i źródeł danych, analizowanych przy użyciu technik AI i uczenia maszynowego¹².

Technologia LiDAR (*Light Detection and Ranging*) służy do zdalnego pomiaru odległości oraz tworzenia trójwymiarowych reprezentacji środowiska na podstawie impulsów laserowych. W zastosowaniach wojskowych LiDAR wspiera rozpoznanie i mapowanie terenu, autonomiczne pojazdy bojowe, systemy naprowadzania uzbrojenia, a także operacje lotnicze poprzez wykrywanie przeszkód i modelowanie terenu. Integracja LiDAR z algorytmami sztucznej inteligencji umożliwi interpretację złożonych danych środowiskowych w czasie rzeczywistym, pozwalając na autonomiczną nawigację w obszarach zagrożonych oraz zwiększając precyzję systemów rażenia w zaawansowanych systemach uzbrojenia¹³.

Rozwój systemów zdolnych do autonomicznego rozpoznawania i klasyfikacji celów wiąże się jednak z istotnymi wyzwaniami, zwłaszcza w zakresie niezawodnego odróżniania obiektów wojskowych od cywilnych oraz ograniczania ryzyka błędnej identyfikacji. W odpowiedzi na te obawy intensywnie rozwijana jest koncepcja wyjaśnialnej sztucznej inteligencji (XAI), mająca na celu zwiększenie przejrzystości procesów decyzyjnych w systemach autonomicznych oraz umożliwienie skutecznego nadzoru człowieka. Ogromna moc obliczeniowa zapewniana przez AI pozwala interpretować duże liczby danych z różnych sensorów i usprawniać łącza transmisji danych, oferując współdzieloną świadomość sytuacji w czasie rzeczywistym¹⁴.

Zastosowanie AI w robotach stosowanych w wojsku

Bezzałogowe systemy robotyczne, wspierane przez sztuczną inteligencję, stały się kluczowym elementem współczesnych sił zbrojnych, znacząco zwiększając bezpieczeństwo żołnierzy oraz efektywność operacyjną. W domenie lądowej bezzałogowe pojazdy naziemne odgrywają coraz ważniejszą rolę w rozpoznaniu, wsparciu ogniowym, logistyce oraz ewakuacji rannych. Systemy te mogą działać autonomicznie lub być zdalnie sterowane, co ogranicza bezpośrednie narażenie ludzi na zagrożenia pola walki. Przykładami są rosyjski pojazd wsparcia bojowego Uran-9 oraz amerykański system MAARS (Rysunek 3), wykorzystywany do patroli, rozpoznania oraz neutralizacji improwizowanych ładunków wybuchowych¹⁵.

¹² P.T. Biltgen, *AI for Defense...*, *op. cit.*, 2024.

¹³ C.E. Lee, J. Baek, J. Son, Y.G. Ha, *Deep AI...*, *op. cit.*, nr 6.

¹⁴ P.T. Biltgen, *AI for Defense...*, *op. cit.*, 2024.

¹⁵ H.B. Wang, Y. Li, K. Ren, L.J. Yang, Z.H. Han, *The development status and trends of ground unmanned combat platforms*, „Journal of Physics: Conference Series” 2021, vol. 1721.



Rysunek 3. UGV (Unmanned Ground Vehicles): MAARS¹⁶

Segment bezzałogowych statków powietrznych rozwija się szczególnie dynamicznie, łącząc zdolności rozpoznawcze, obserwacyjne oraz uderzeniowe. Dzięki integracji sztucznej inteligencji, widzenia komputerowego oraz algorytmów uczenia maszynowego nowoczesne drony są zdolne do autonomicznego wykrywania, klasyfikowania i śledzenia celów, a w niektórych przypadkach także do podejmowania decyzji o ich zwalczaniu. Reprezentatywnymi przykładami są MQ-9 Reaper (Rysunek 4), wykorzystywany do długotrwałej obserwacji i precyzyjnych uderzeń oraz turecki Kargu-2, zdolny do autonomicznej identyfikacji i rażenia celów. Rozprzestrzenianie się tego typu systemów przesuwają współczesne konflikty w kierunku coraz bardziej bezzałogowych i asymetrycznych form prowadzenia działań wojennych. Ewolucja ta oznacza strategiczne przejście od tradycyjnych platform załogowych do sieciowo połączonych rojów inteligentnych, autonomicznych i często jednorazowych maszyn, zaprojektowanych w celu przeciążania przeciwnika oraz zakłócania jego systemów obronnych¹⁷.

¹⁶ M.L. Cappuccio, J.C. Galliot, E.B. Sandoval, *Saving Private Robot: Risks and Advantages of Anthropomorphism in Agent-Soldier Teams*, „International Journal of Social Robotics” 2021, vol. 14, nr 10.

¹⁷ J.K. Wither, G.C. Marshall, *Trends in Warfare*, „Encyclopedia of Violence, Peace, and Conflict, Third Edition” 2022, vol. 2, s. 241-253.



Rysunek 4. UAV (*Unmanned Aerial Vehicles*): MQ-9 Reaper¹⁸

Morskie systemy robotyczne również odgrywają istotną rolę, obejmując bezzałogowe jednostki nawodne (USV) oraz bezzałogowe pojazdy podwodne (UUV). Platformy te wspierają misje rozpoznawcze, obserwacyjne i wywiadowcze, działania przeciwminowe oraz operacje podwodne. Znaczącym przykładem jest Sea Hunter, opracowany w ramach programu amerykańskiej DARPA, zaprojektowany do długotrwałego autonomicznego śledzenia okrętów podwodnych. Z kolei pojazdy UUV (Rysunek 5) są szeroko wykorzystywane do wykrywania i neutralizacji min, mapowania dna morskiego oraz operacji specjalnych, znacząco ograniczając ryzyko dla załóg ludzkich¹⁹.



Rysunek 5. UUV (*Unmanned Underwater Vehicles*): Echo Voyager²⁰

Uzupełnieniem tych platform są roboty do usuwania materiałów wybuchowych oraz roboty ratownicze, takie jak TALON i PackBot (Rysunek 6), wykorzystywane do neutralizacji improwizowanych ładunków wybuchowych, prowadzenia rozpoznania w środowiskach niebezpiecznych oraz działania w obszarach skażonych chemicznie, biologicznie, radiologicznie lub nuklearnie. Wspierane przez sztuczną inteligencję oraz zaawansowane systemy sensorów, roboty te zwiększają precyzję i autonomię operacyjną, jednocześnie minimalizując ryzyko dla personelu.

¹⁸ Ibidem.

¹⁹ H.B. Wang, Y. Li, K. Ren, L.J. Yang, Z.H. Han, *The development status...*, *op. cit.*, vol. 1721.

²⁰ Ibidem.

Rysunek 6. PackBot firmy Endeavor²¹

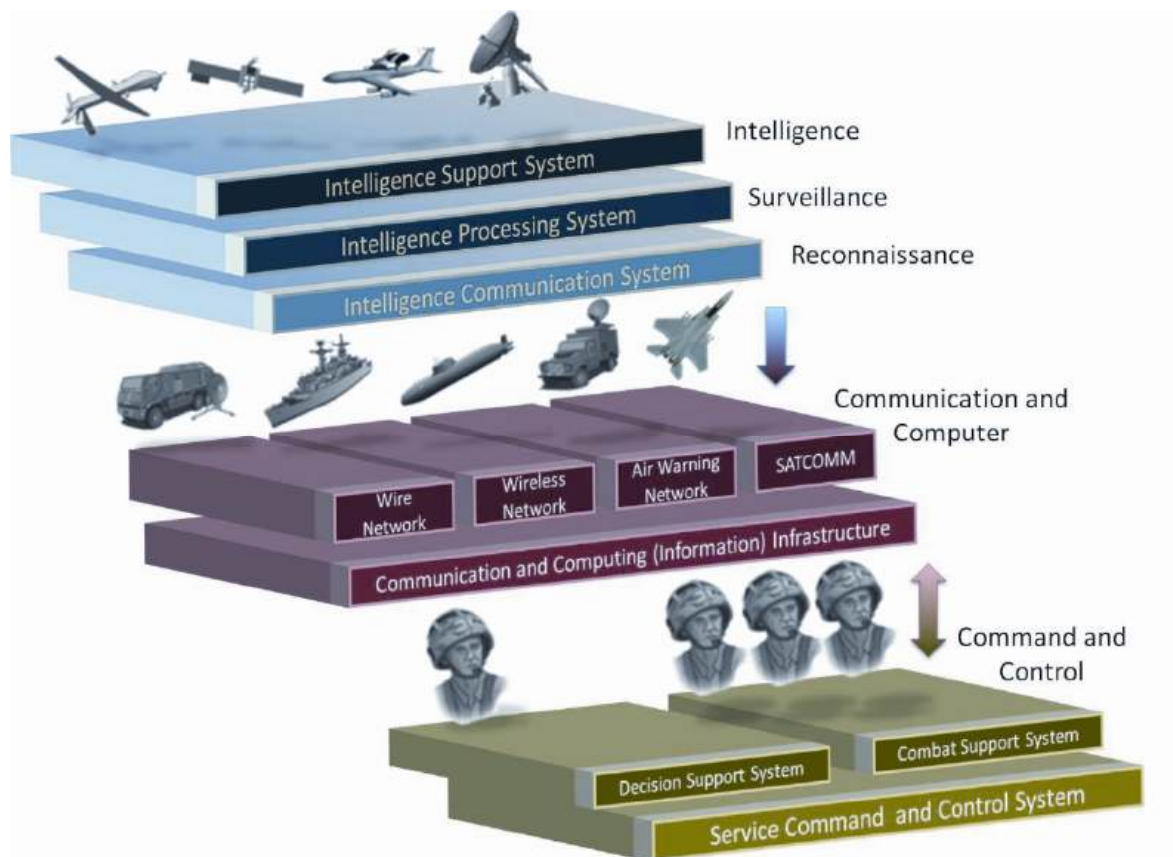
Ogólnie rzecz biorąc, integracja sztucznej inteligencji z lądowymi, powietrznymi i morskimi systemami robotycznymi zasadniczo przekształca współczesne operacje wojskowe, zwiększając ich szybkość, precyzję i bezpieczeństwo, a jednocześnie wprowadzając nowe wyzwania technologiczne, prawne i etyczne.

Zastosowanie AI w wsparciu dowodzenia i planowania operacyjnego

Sztuczna inteligencja odgrywa coraz ważniejszą rolę w systemach C4ISR (*Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance*, tj., dowodzenie, kontrola, łączność, systemy komputerowe, wywiad, nadzór i rozpoznanie), które stanowią fundament współczesnego dowodzenia i planowania operacyjnego. Integracja AI z systemami C4ISR umożliwia automatyzację procesów gromadzenia, analizy i dystrybucji danych pochodzących z wielu źródeł, w tym satelitów, platform bezałogowych, systemów radarowych oraz sieci (Rysunek 7). Dzięki algorytmom uczenia maszynowego oraz technikom przetwarzania języka naturalnego duże wolumeny danych mogą być szybko przekształcane w przejrzyste i użyteczne raporty wspierające proces decyzyjny dowódców. Zwiększone możliwości analityczne umożliwiają uzyskanie świadomości sytuacyjnej w czasie rzeczywistym oraz wykorzystanie analityki predykcyjnej do optymalizacji alokacji zasobów i planowania strategicznego w zróżnicowanych kontekstach operacyjnych²².

²¹ X. Xiao, J. Dufek, R.R. Murphy, *Autonomous Visual Assistance for Robot Operations Using a Tethered UAV*. In *Field and Service Robotics*, (Eds.) G. Ishigami & K. Yoshida, „Springer Proceedings in Advanced Robotics” 2021, vol. 16, s. 15-29.

²² J. van Oijen, P. de Marez Oyens, *Empowering Military...*, *op. cit.*

Rysunek 7. Koncepcja C4ISR²³

Systemy te są zdolne do generowania symulacji i alternatywnych wariantów działania, wspierając planowanie operacyjne w wysoce dynamicznych warunkach pola walki. Analiza danych w czasie rzeczywistym w połączeniu z rekomendacjami predykcjami skraca czas reakcji i zwiększa precyzję decyzji taktycznych i strategicznych, jednocześnie ograniczając przeciążenie informacyjne personelu dowodzenia. Umożliwia to tworzenie bardziej adaptacyjnej i odpornej struktury dowodzenia, szczególnie w złożonych i szybko zmieniających się działaniach, poprzez wspieranie rozwoju zintegrowanych ram planistycznych łączących ogólne warianty działania z szczegółowym planowaniem aktywności²⁴.

Szczególnie istotnym obszarem zastosowania sztucznej inteligencji jest modelowanie predykcji operacji wojskowych, które umożliwia prognozowanie potencjalnego rozwoju konfliktów na podstawie danych historycznych, bieżących informacji wywiadowczych oraz symulowanych zachowań przeciwnika. Modele uczenia maszynowego identyfikują powtarzające się wzorce działań militarnych, uwzględniając jednocześnie takie czynniki, jak ukształtowanie terenu, warunki pogodowe oraz ograniczenia logistyczne. Techniki modelowania agentowego są często wykorzystywane do symulowania interakcji między wieloma jednostkami wojskowymi działającymi w złożonych i dynamicznych środowiskach.

²³ A.A. Malik, A. Mahboob, A. Khan, J. Zubairi, *Application of Cyber Security in Emerging C4ISR Systems*. In *Cyber Security Standards, Practices and Industrial Applications: Systems and Methodologies*, (Eds.) J. Zubairi & A. Mahboob, IGI Global Scientific Publishing 2012, s. 223-258.

²⁴ A.B. Rashid, A.K. Kausik, A.A.H. Sunny, M.H. Bappy, *Artificial Intelligence...*, *op. cit.*, nr 1.

skach. Umożliwia to dowódcom ocenę różnych scenariuszy i przewidywanie potencjalnych rezultatów, co sprzyja optymalizacji rozmieszczenia zasobów i manewrów strategicznych²⁵.

AI wspiera również tworzenie cyfrowych bliźniaków (*digital twins*) tj. wirtualnych odpowiedników systemów bojowych, infrastruktury lub całych operacji, umożliwiających decydom testowanie strategii i koncepcji operacyjnych bez konieczności przeprowadzania kosztownych i ryzykownych ćwiczeń w warunkach rzeczywistych. Rozszerzeniem tego podejścia jest symulowanie wielu scenariuszy pola walki, w których systemy AI analizują tysiące możliwych ścieżek decyzyjnych oraz ich konsekwencje, na bieżąco aktualizując prognozy wraz z napływem nowych danych. Cyfrowe bliźniaki mogą również usprawniać usługi utrzymania, napraw i remontów, poprzez wykorzystanie historycznych danych eksploatacyjnych do redefiniowania warunków serwisowych dla określonych zasobów, co pozwala organizacjom koncentrować się na zadaniach kluczowych i osiągać przewagę operacyjną dzięki zwiększonej gotowości technicznej i szybszej obsłudze serwisowej²⁶.

Technologie symulacyjne wspierane przez AI znajdują ponadto zastosowanie w szkoleniu wojskowym, zapewniając realistyczne środowiska wirtualne dla ćwiczeń. W rezultacie sztuczna inteligencja w systemach C4ISR, modelowaniu predykcyjnym oraz symulacji scenariuszy stała się kluczowym narzędziem wspierającym dowodzenie, planowanie oraz adaptację sił zbrojnych do działań w złożonych, wielodomenowych i dynamicznie zmieniających się środowiskach konfliktu. Integracja ta umożliwia tworzenie zaawansowanych cyfrowych modeli uzbrojenia, żołnierzy i całych pól walki, które są uruchamiane równoległe z operacjami rzeczywistymi, dostarczając dowódcom kluczowej wiedzy w czasie rzeczywistym dla optymalnego podejmowania decyzji²⁷.

Zastosowanie AI w cyberobronie i walce informacyjnej

Sztuczna inteligencja również odgrywa kluczową rolę w analizie sieci oraz wykrywaniu zagrożeń cybernetycznych, które stanowią istotne elementy cyberobrony we współczesnych siłach zbrojnych oraz ochrony krajowej infrastruktury krytycznej. Wraz ze wzrostem złożoności wojskowych systemów informacyjnych i generowaniem ogromnych wolumenów danych, tradycyjne podejścia do bezpieczeństwa oparte na statycznych regułach i detekcji przestają być wystarczające. AI, w szczególności techniki uczenia maszynowego, umożliwia ciągłą analizę ruchu sieciowego w czasie rzeczywistym oraz identyfikację anomalii mogących wskazywać na cyberataki. Zaawansowane algorytmy potrafią wykrywać złożone zagrożenia, takie jak atak zero-day oraz złośliwe oprogramowanie (*malware*), któ-

²⁵ P.T. Biltgen, *AI for Defense...*, op. cit., 2024.

²⁶ A.F. Mendi, T. Erol, D. Dogan, *Digital Twin in the Military Field*, „IEEE Internet Computing” 2021, vol. 26, nr 5, s. 33-40.

²⁷ P. Wang, M. Yang, J. Zhu, Y. Peng, G. Li, *Digital Twin-Enabled Online Battlefield Learning with Random Finite Sets*, „Computational Intelligence and Neuroscience” 2021, vol. 2021, nr 1.

re omijają konwencjonalne mechanizmy detekcji dzięki ciągłemu uczeniu się i adaptacji do nowych ataków²⁸.

Systemy oparte na AI są zdolne do wykrywania prób nieautoryzowanego dostępu, nietypowych zachowań użytkowników, podejrzanych transferów danych oraz eskalacji uprawnień poprzez zastosowanie metod analizy behawioralnej. Kluczową zaletą tych systemów jest zdolność identyfikowania wcześniej nieznanymi zagrożeń, poprzez wykrywanie subtelnego odchylenia od normalnego funkcjonowania sieci i systemów. Sztuczna inteligencja wspiera również zautomatyzowaną reakcję na incydenty, umożliwiając izolowanie naruszonych segmentów sieci i ograniczanie rozprzestrzeniania się cyberataków. Ponadto AI może automatyzować proces aktywnego poszukiwania zagrożeń poprzez ciągłe skanowanie sieci w poszukiwaniu wskaźników kompromitacji oraz proaktywne identyfikowanie podatności, zanim zostaną wykorzystane przez przeciwnika²⁹.

Jednym z najważniejszych zastosowań AI w cyberobronie jest wykrywanie ataków spear phishingowych, polegających na wysyłaniu silnie ukierunkowanych i spersonalizowanych wiadomości w celu uzyskania nieautoryzowanego dostępu lub pozyskania wrażliwych informacji. Algorytmy przetwarzania języka naturalnego analizują treść wiadomości, identyfikują podejrzane wzorce językowe oraz wykrywają anomalie w metadanych nadawcy, znacząco zwiększając ochronę przed tego typu zagrożeniami. Ponadto AI może monitorować ruch sieciowy i logi systemowe z prędkością znacznie przekraczającą możliwości człowieka, umożliwiając szybkie wykrywanie i przewidywanie zagrożeń bezpieczeństwa, zanim przekształcą się one w krytyczne naruszenia³⁰.

Sztuczna inteligencja odgrywa również istotną rolę w walce informacyjnej. Technologie *deepfake* oraz dezinformacyjne, oparte na głębokim uczeniu, umożliwiają tworzenie wysoce realistycznych, lecz sfabrykowanych materiałów audiowizualnych oraz prowadzenie zautomatyzowanych kampanii manipulacyjnych w mediach społecznościowych (Rysunek 8).

W kontekstach militarnych i geopolitycznych narzędzia te mogą być wykorzystywane do destabilizacji społeczeństw, podważania zaufania do instytucji publicznych oraz wpływania na morale i procesy decyzyjne przeciwnika. Jednocześnie rozwijane są systemy oparte na AI służące wykrywaniu *deepfake*’ów i przeciwdziałaniu dezinformacji, jednak obszar ten pozostaje dynamicznym wyścigiem zbrojeń między technologiami ofensywnymi i defensywnymi. Ciągła ewolucja modeli zagrożeń z wykorzystaniem uczenia przez wzmacnianie oraz integracji informacji zwrotnych od doświadczonych operatorów pozwala systemom AI proaktywnie rozpoznawać i neutralizować pojawiające się zagrożenia cybernetyczne, w tym podatności typu zero-day³¹.

²⁸ A.B. Rashid, A.K. Kausik, A.A.H. Sunny, M.H. Bappy, *Artificial Intelligence...*, *op. cit.*, nr 1.

²⁹ P.T. Biltgen, *AI for...*, *op. cit.*, 2024.

³⁰ A.M. Saha, M. Biswas, F.M. Hossain, H. Alamgir, M.P. Ahmed, *Artificial Intelligence...*, *op. cit.*, 2024, doi:10.13140/RG.2.2.28416.03840.

³¹ P.T. Biltgen, *AI for Defense...*, *op. cit.*, 2024.



Rysunek 8. Fałszywe zdjęcie z aresztowania Donalda Trumpa³²

Zastosowanie AI w szkoleniach i symulacjach

Symulatory wspierane przez sztuczną inteligencję odgrywają coraz większą rolę w szkoleniu wojskowym (Rysunek 9), umożliwiając realistyczne odwzorowanie warunków pola walki oraz różnorodnych scenariuszy operacyjnych. Integracja AI pozwala systemom szkoleniowym dynamicznie dostosowywać przebieg ćwiczeń oraz poziom trudności do decyzji i umiejętności poszczególnych żołnierzy. Inteligentni, adaptacyjni przeciwnicy generowani przez AI zwiększają realizm symulacji i poprawiają przygotowanie do rzeczywistych działań bojowych. Obejmuje to wykorzystanie generatywnej sztucznej inteligencji do tworzenia realistycznych środowisk wirtualnych i zachowań ludzkich, a także opracowywanie zaawansowanych algorytmów rozwiązywania zadań zdolnych do radzenia sobie ze złożonymi scenariuszami przy krótszym czasie szkolenia³³.

Sztuczna inteligencja umożliwia również szczegółową analizę zachowań i wyników szkolonych osób, dostarczając instruktorom kompleksowych informacji zwrotnych dotyczących popełnianych błędów, skuteczności podejmowanych decyzji oraz obszarów wymagających poprawy. W rezultacie proces szkolenia staje się bardziej spersonalizowany, efektywny i ukierunkowany na osiągnięcie konkretnych rezultatów. Zaawansowane możliwości analityczne pozwalają także na tworzenie dostosowanych modułów szkoleniowych ukierunkowanych na konkretne słabości, co sprzyja optymalizacji gotowości i kompetencji personelu wojskowego³⁴.

³² Fake Trump arrest photos: How to spot an AI-generated image, <https://www.bbc.com/news/world-us-canada-65069316> [dostęp: 22.02.2026].

³³ J. van Oijen, P. de Marez Oyens, *Empowering Military...*, *op. cit.*

³⁴ A.B. Rashid, A.K. Kausik, A.A.H. Sunny, M.H. Bappy, *Artificial Intelligence...*, *op. cit.*, nr 1.



Rysunek 9. Sztuczna inteligencja znacząco wpływa na szkolenia wojskowe³⁵

Kluczowym elementem nowoczesnych systemów szkolenia wojskowego są technologie wirtualnej rzeczywistości (VR) oraz rozszerzonej rzeczywistości (AR), które umożliwiają tworzenie realistycznych środowisk szkoleniowych lub wzbogacanie rzeczywistych warunków o informacje cyfrowe (Rysunek 10). Symulatory oparte na AI znajdują zastosowanie w szerokim spektrum działań szkoleniowych, od taktyki piechoty i szkolenia operatorów systemów bezzałogowych po ćwiczenia na wyższych szczeblach dowodzenia. Rozwiązania te pozwalają personelowi wojskowemu rozwijać kompetencje w bezpiecznym, a jednocześnie wysoce realistycznym środowisku. Przykładowo generatywna sztuczna inteligencja może tworzyć realistyczne modele 3D potencjalnych środowisk celów lub generować syntetyczną mowę wykorzystywaną w systemach rozpoznawania głosu, natomiast uczenie przez wzmacnianie i modelowanie agentowe mogą symulować i prognozować przyszłe scenariusze na potrzeby planowania strategicznego³⁶.

Spersonalizowane scenariusze szkoleniowe oparte na AI dostosowują ćwiczenia do indywidualnego doświadczenia, postępów oraz ról operacyjnych uczestników. Dzięki dynamicznemu modyfikowaniu złożoności zadań i tempa szkolenia systemy te znacząco zwiększają efektywność uczenia się oraz poprawiają gotowość do podejmowania decyzji w warunkach stresu i niepewności. Zdolności te mogą być wykorzystywane do symulowania rzeczywistych scenariuszy na potrzeby szkolenia wojskowego lub tworzenia dokładnych wizualizacji wspierających planowanie misji³⁷.

³⁵ Artificial Intelligence in combat simulations: How AI is changing NATO and Czech Army soldier training, <https://www.czdefence.com/article/artificial-intelligence-in-combat-simulations-how-ai-is-changing-nato-and-czech-army-soldier-training> [dostęp: 22.02.2026].

³⁶ P.T. Biltgen, *AI for Defense...*, op. cit., 2024.

³⁷ P.T. Biltgen, *AI for Defense...*, op. cit., 2024.



Rysunek 10. Żołnierze testują nowy prototyp broni przy użyciu VR³⁸

Wirtualna rzeczywistość wspierana przez sztuczną inteligencję umożliwia tworzenie adaptacyjnych, trójwymiarowych środowisk symulacyjnych wyposażonych w inteligentnych przeciwników, realistyczne ukształtowanie terenu i warunki środowiskowe oraz ciągłą ocenę wyników. W rezultacie VR wzbogacona o AI stała się skutecznym narzędziem rozwijania umiejętności taktycznych, zdolności podejmowania decyzji pod presją czasu oraz koordynacji działań zespołowych we współczesnym szkoleniu wojskowym. Integracja AI z platformami symulacji misji staje się kluczowa dla zapewnienia gotowości do przyszłych wyzwań, wymagając zarówno przygotowania teoretycznego, jak i praktycznej adaptacji³⁹.

Korzyści z zastosowania AI w wojskowości

Zastosowanie sztucznej inteligencji w wojsku znacząco zwiększa efektywność operacyjną oraz szybkość reagowania na dynamicznie zmieniające się warunki pola walki. AI umożliwia błyskawiczną analizę ogromnych wolumenów danych pochodzących z wielu źródeł, w tym satelitów, bezzałogowych systemów powietrznych, radarów, zasobów wywiadowczych oraz systemów cybernetycznych. Zdolność ta pozwala na skuteczniejsze wykrywanie zagrożeń, lepszą ocenę sytuacji oraz dokładniejsze przewidywanie działań przeciwnika. Zwiększone możliwości przetwarzania informacji sprzyjają szybszemu podejmowaniu decyzji opartych na danych, co ma kluczowe znaczenie w dynamicznym środowisku walki⁴⁰.

Dzięki algorytmom uczenia maszynowego oraz technikom przetwarzania języka naturalnego systemy wojskowe mogą automatycznie analizować informacje wywiadowcze, identyfikować wzorce zachowań przeciwnika oraz proponować optymalne warianty dzia-

³⁸ Virtual Reality helps Soldiers shape Army hypersonic weapon prototype, <https://www.defencetalk.com/virtual-reality-helps-soldiers-shape-army-hypersonic-weapon-prototype-73908/> [dostęp: 22.02.2026].

³⁹ J. van Oijen, P. de Marez Oyens, *Empowering Military...*, *op. cit.*

⁴⁰ C.E. Lee, J. Baek, J. Son, Y.G. Ha, *Deep AI...*, *op. cit.*, nr 6.

łania. W rezultacie cykle decyzyjne ulegają znacznemu skróceniu, zapewniając dowódcom decydującą przewagę informacyjną i operacyjną. Ponadto aplikacje obronne przyspieszane przez AI, szczególnie te wykorzystujące procesory graficzne (GPU) do przetwarzania równoległego, odgrywają kluczową rolę w analizie dużych ilości danych obrazowych i sygnałowych z różnych źródeł, takich jak zobrazowania satelitarne czy systemy radarowe, co usprawnia rozpoznanie wywiadowcze i zwiększa trafność wniosków operacyjnych⁴¹.

Sztuczna inteligencja zwiększa również precyzję i skuteczność użycia sił poprzez umożliwienie dokładniejszej identyfikacji celów, co ogranicza ryzyko błędnej klasyfikacji oraz minimalizuje straty uboczne. W obszarze logistyki AI wspiera optymalizację zarządzania zasobami, planowanie tras zaopatrzenia oraz prognozowanie zapotrzebowania, zapewniając ciągłość operacji wojskowych. Usprawnienia oparte na AI zwiększają efektywność łańcuchów dostaw, ograniczają straty oraz poprawiają ogólną trwałość działań wojskowych poprzez prognozowanie potrzeb serwisowych i optymalizację poziomów zapasów⁴².

Jedną z kluczowych korzyści wynikających z zastosowania AI jest zmniejszenie liczby strat wśród personelu wojskowego. Wykorzystanie systemów autonomicznych i bezzałogowych pozwala przenosić najbardziej niebezpieczne zadania na roboty i drony, ograniczając bezpośrednią ekspozycję ludzi na zagrożenia. Ponadto AI wspiera podejmowanie decyzji w czasie rzeczywistym przez dowódców oraz umożliwia monitorowanie stanu zdrowia żołnierzy za pomocą biosensorów i predykcyjnych modeli medycznych, co dodatkowo zwiększa bezpieczeństwo i skuteczność operacyjną. Zdolności predykcyjne AI pozwalają również przewidywać potencjalne zagrożenia i podatności, umożliwiając podejmowanie działań prewencyjnych i odpowiednie rozmieszczenie sił⁴³.

Logistyka wspierana przez AI oraz zarządzanie zasobami stanowią kolejną istotną przewagę w operacjach wojskowych. Zautomatyzowana analiza danych operacyjnych, zużycia zasobów oraz warunków terenowych umożliwia dokładne prognozowanie potrzeb jednostek, optymalizację tras zaopatrzenia oraz efektywne rozmieszczanie rezerw, zmniejszając ryzyko niedoborów lub opóźnień. Ponadto sztuczna inteligencja wspiera predykcyjne utrzymanie sprzętu wojskowego poprzez analizę danych z czujników pojazdów, statków powietrznych oraz systemów uzbrojenia. Pozwala to na bardziej efektywne planowanie działań serwisowych, zwiększenie dostępności systemów oraz utrzymanie wysokiego poziomu gotowości bojowej. Predykcyjne wnioski zapewniają dłuższą sprawność sprzętu i ograniczają ryzyko nieoczekiwanych awarii podczas krytycznych misji⁴⁴.

Sztuczna inteligencja usprawnia również zarządzanie personelem i zasobami medycznymi poprzez analizę rozmieszczenia sił, stanu zdrowia żołnierzy oraz przewidywanych

⁴¹ P.T. Biltgen, *AI for Defense...*, *op. cit.*, 2024.

⁴² A.M. Saha, M. Biswas, F.M. Hossain, H. Alamgir, M.P. Ahmed, *Artificial Intelligence...*, *op. cit.*, 2024, doi:10.13140/RG.2.2.28416.03840.

⁴³ P.T. Biltgen, *AI for Defense...*, *op. cit.*, 2024.

⁴⁴ P.T. Biltgen, *AI for Defense...*, *op. cit.*, 2024.

potrzeb operacyjnych. Umożliwia to elastyczne i precyzyjne zarządzanie wsparciem logistycznym i medycznym w wielu teatrach działań. Zdolności te obejmują także przewidywanie momentu, w którym pojazd wymaga naprawy lub części zamiennych, co minimalizuje przestoje i maksymalizuje gotowość operacyjną⁴⁵.

Wreszcie sztuczna inteligencja przyczynia się do uzyskania przewagi strategicznej poprzez zapewnienie dominacji informacyjnej, technologicznej i operacyjnej. Zaawansowana analiza wywiadowcza, systemy C4ISR, autonomiczne platformy bojowe oraz automatyczne przetwarzanie zobrazowań satelitarnych, sygnałów radiowych i aktywności cybernetycznej zwiększają świadomość sytuacyjną i ograniczają skutki „mgły wojny”. Ponadto modelowanie i symulacja scenariuszy konfliktowych oparte na AI wspierają decydentów w ocenie konsekwencji wyborów strategicznych oraz minimalizowaniu ryzyka błędów w konfliktach hybrydowych i wielodomenowych. Integracja AI zapewnia zatem znaczącą przewagę strategiczną poprzez umożliwienie pełniejszego zrozumienia złożonych środowisk operacyjnych oraz sprzyjanie proaktywnym, a nie reaktywnym odpowiedziom na pojawiające się zagrożenia⁴⁶.

Wyzwania, zagrożenia i kwestie etyczne

Jednym z najpoważniejszych wyzwań związanych z rozwojem sztucznej inteligencji w domenie wojskowej jest brak kompleksowych regulacji międzynarodowych dotyczących śmiertelnych autonomicznych systemów uzbrojenia LAWS (*Lethal Autonomous Weapon Systems*), czyli systemów zdolnych do samodzielnej identyfikacji i rażenia celów bez bezpośredniej ingerencji człowieka. Brak jednoznacznych norm prawnych zwiększa ryzyko niekontrolowanego wyścigu zbrojeń, nieprzewidywalnej eskalacji konfliktów oraz poważnych trudności w przypisywaniu odpowiedzialności za działania błędne lub niezamierzone. Pojawia się fundamentalne pytanie o odpowiedzialność, czy ponoszą ją twórcy oprogramowania, operatorzy systemów, dowódcy wojskowi, czy też samo państwo. Niejednoznaczność ta rodzi złożony dylemat etyczny, zwłaszcza w kontekście ryzyka niezamierzonych szkód oraz moralnych konsekwencji delegowania decyzji o życiu i śmierci maszynom⁴⁷.

Dodatkowym wyzwaniem jest „czarnoskrzynkowy” charakter wielu systemów AI, w których proces decyzyjny jest nieprzejrzysty i trudny do interpretacji. Brak transparentności utrudnia weryfikację, audyt oraz budowanie zaufania do autonomicznych systemów wojskowych, szczególnie w środowiskach operacyjnych wysokiego ryzyka. W odpowiedzi na te problemy intensywnie rozwijana jest koncepcja wyjaśnialnej sztucznej inteligencji (XAI), mająca na celu zwiększenie przejrzystości, identyfikowalności i nadzoru człowieka nad decyzjami podejmowanymi przez systemy AI w zastosowaniach wojskowych. Istotnym problemem pozostaje również niezawodność modeli AI, ponieważ ich dokładność jest

⁴⁵ A.B. Rashid, A.K. Kausik, A.A.H. Sunny, M.H. Bappy, *Artificial Intelligence...*, *op. cit.*, nr 1.

⁴⁶ J. van Oijen, P. de Marez Oyens, *Empowering Military...*, *op. cit.*

⁴⁷ A.B. Rashid, A.K. Kausik, A.A.H. Sunny, M.H. Bappy, *Artificial Intelligence...*, *op. cit.*, nr 1.

silnie uzależniona od jakości i ilości danych treningowych, co wiąże się z ryzykiem błędów i uprzedzeń mogących mieć poważne konsekwencje w kontekstach militarnych⁴⁸.

Rosnąca autonomia systemów bojowych prowadzi także do nowej formy rywalizacji określanej jako konflikt AI kontra AI, w którym przewaga operacyjna zależy od szybkości, adaptacyjności i odporności algorytmów, a nie od liczby zaangażowanego personelu. Zmiana ta wprowadza nowy rodzaj wyścigu zbrojeń i wymusza opracowanie nowych doktryn oraz strategii wojskowych, w których wydajność algorytmiczna staje się czynnikiem decydującym. Jednocześnie rosnące uzależnienie od AI wprowadza nowe podatności, takie jak możliwość włamań do systemów, które mogą doprowadzić do nieautoryzowanego użycia lub manipulacji systemami autonomicznymi, a nawet skierowania ich przeciwko własnym operatorom lub innym niezamierzonym celom⁴⁹.

Rozprzestrzenianie się technologii AI budzi również obawy dotyczące ich potencjalnego wykorzystania przez organizacje terrorystyczne lub reżimy autorytarne. AI może zostać użyta do planowania ataków, sterowania autonomicznymi dronami, prowadzenia operacji cybernetycznych czy umożliwienia masowej inwigilacji i represji. Rosnąca dostępność narzędzi AI w połączeniu z brakiem wiążących regulacji międzynarodowych zwiększa ryzyko niekontrolowanego i nieetycznego wykorzystania tych technologii. Wyzwania te podkreślają pilną potrzebę stworzenia globalnych ram zarządzania, które zapewnią bezpieczny, przejrzysty i odpowiedzialny rozwój oraz wykorzystanie sztucznej inteligencji w kontekstach militarnych. Osiągnięcie tego celu wymaga jednak rozwiązania problemów związanych z bezpieczeństwem danych, uprzedzeniami algorytmicznymi, zmianami na rynku pracy oraz ustanowieniem jasnych mechanizmów odpowiedzialności i przejrzystości działania systemów AI⁵⁰.

Przyszłość AI w wojskowości

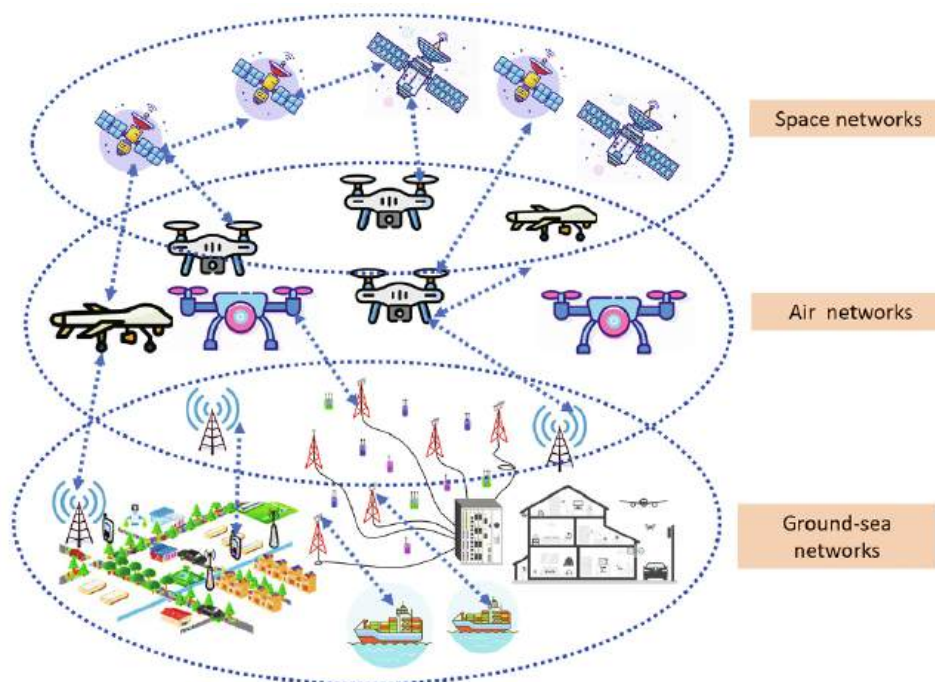
Integracja sztucznej inteligencji z technologiami wschodzącymi, takimi jak komputery kwantowe, sieci komunikacyjne 6G, rzeczywistość rozszerzona (AR) oraz Internet Rzeczy (IoT), prowadzi do rozwoju wysoko zintegrowanych i responsywnych systemów wojskowych. Komputery kwantowe mają potencjał, by znacząco przyspieszyć analizę danych, łamanie szyfrów kryptograficznych, symulacje strategiczne oraz prognozowanie zachowań przeciwnika. Jednocześnie sieci 6G mają umożliwić niemal natychmiastową wymianę danych między systemami autonomicznymi, zwiększając synchronizację operacyjną i świadomość sytuacyjną w czasie rzeczywistym (Rysunek 11). Współdziałanie zaawansowanych technologii sprzyja tworzeniu wysoce odpornych, rozproszonych i adaptacyjnych architektur wojskowych, zdolnych do skutecznego działania w złożonych i spornych środowiskach operacyjnych⁵¹.

⁴⁸ Ibidem.

⁴⁹ Ibidem.

⁵⁰ A.M. Saha, M. Biswas, F.M. Hossain, H. Alamgir, M.P. Ahmed, *Artificial Intelligence...*, op. cit., 2024, doi:10.13140/RG.2.2.28416.03840.

⁵¹ P.T. Biltgen, *AI for Defense...*, op. cit., 2024.

Rysunek 11. Zintegrowana sieć 6G⁵²

Połączenie sztucznej inteligencji z rzeczywistością rozszerzoną zapewni bezpośrednie wsparcie żołnierzom i dowódcom poprzez wyświetlanie informacji krytycznych dla misji za pośrednictwem hełmów lub inteligentnych wizjerów, skracając czas reakcji i ograniczając ryzyko błędów ludzkich. Architektury wojskowego Internetu rzeczy (IoT) połączą inteligentne sensory, platformy i systemy uzbrojenia w spójne sieci, umożliwiając autonomiczne zarządzanie zasobami, predykcyjne utrzymanie sprzętu oraz dynamiczną adaptację systemów obronnych. Taki zintegrowany ekosystem stworzy solidne podstawy dla systemów wspomagania decyzji opartych na AI, oferujących analitykę predykcyjną oraz zoptymalizowane rekomendacje dla działań taktycznych i strategicznych w różnych domenach operacyjnych. W rezultacie nacisk w prowadzeniu działań wojennych stopniowo przesuwają się z przewagi liczebnej i siły ognia w kierunku dominacji informacyjnej, szybkości przetwarzania danych oraz trafności decyzji⁵³.

Szczególnie istotnym kierunkiem rozwoju jest wykorzystanie cyfrowych bliźniaków, czyli dynamicznych, wirtualnych odpowiedników sprzętu wojskowego, infrastruktury oraz środowisk operacyjnych, które są na bieżąco aktualizowane danymi w czasie rzeczywistym (Rysunek 12). Wspierane przez AI cyfrowe bliźniaki umożliwiają dowódcom symulowanie skutków decyzji strategicznych, testowanie alternatywnych scenariuszy operacyjnych oraz prowadzenie szkolenia w wysoce realistycznych warunkach bez ryzyka dla personelu i sprzętu. W przyszłości systemy te mogą stać się fundamentem w pełni zwirtualizowanych, wielodomenowych centrów dowodzenia. Zaawansowane możliwości symula-

⁵² S.A.A. Hakeem, H.H. Hussein, H. Kim, *Vision and research directions of 6G technologies and applications*, „Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences” 2022, vol. 34, nr 6, s. 2419-2442.

⁵³ J. van Oijen, P. de Marez Oyens, *Empowering Military...*, *op. cit.*

cyjne oparte na cyfrowych bliźniakach wspieranych przez AI mają potencjał zrewolucjonizować planowanie i prowadzenie operacji wojskowych, dostarczając bezprecedensowej wiedzy o złożonej dynamice działań operacyjnych i ich możliwych rezultatach⁵⁴.



Rysunek 12. Szkolenie taktyczne w cyfrowym środowisku symulacyjnym⁵⁵

Koncepcja żołnierza wspieranego przez AI stanowi kolejny kluczowy kierunek ewolucji zdolności wojskowych. Model ten zakłada ścisłą integrację człowieka z inteligentnymi systemami wsparcia walki, w tym egzoszkieletemi zwiększającymi siłę fizyczną i wytrzymałość (Rysunek 13), narzędziami wspomaganiami decyzji opartymi na sztucznej inteligencji oraz interfejsami rzeczywistości rozszerzonej, dostarczającymi informacje kontekstowe bezpośrednio w polu widzenia żołnierza. W takim ujęciu człowiek i maszyna funkcjonują jako jeden zintegrowany system. Ta ścisła współpraca wzmacnia fizyczne i poznawcze możliwości człowieka dzięki zaawansowanej automatyzacji i przetwarzaniu danych w czasie rzeczywistym, umożliwiając bardziej precyzyjne wykonywanie zadań oraz zwiększenie świadomości sytuacyjnej⁵⁶.

Dalszy rozwój autonomicznych systemów bojowych będzie w coraz większym stopniu przekształcał pole walki, a rosnąca liczba zadań będzie wykonywana przez maszyny zamiast ludzi. Choć zmiana ta może ograniczyć straty wśród personelu oraz zwiększyć efektywność operacyjną, jednocześnie rodzi poważne wyzwania etyczne, prawne i strategiczne. Przyszłość działań wojennych nie oznacza eliminacji udziału człowieka, lecz jego transformację, tzn. człowiek staje się „cyfrowym dowódcą”, odpowiedzialnym za nadzоровanie i kierowanie zautomatyzowanym środowiskiem operacyjnym opartym na analizach generowanych przez AI.

⁵⁴ A.F. Mendi, T. Erol, D. Dogan, *Digital Twin...*, *op. cit.*, s. 33-40.

⁵⁵ Hungarian Air Force pilots train for collective and tactical operations with Thales trainer, <https://verticalmag.com/press-releases/hungarian-air-force-pilots-train-for-collective-and-tactical-operations-with-thales-trainer/> [dostęp: 22.02.2026].

⁵⁶ J. van Oijen, P. de Marez Oyens, *Empowering Military...*, *op. cit.*

Rysunek 13. Egzoszkielec⁵⁷

Ewolucja ta wymaga rozbudowanych systemów C4ISR, wspieranych przez sztuczną inteligencję w celu syntezy ogromnych zbiorów danych w użyteczne informacje operacyjne oraz umożliwienia szybkiego podejmowania decyzji w dynamicznych środowiskach operacyjnych⁵⁸.

Podsumowanie

Zastosowanie sztucznej inteligencji w wojskowości jest procesem nieuniknionym, jednak wymaga ścisłej kontroli, etycznego podejścia oraz odpowiedzialnego nadzoru. AI znacząco zwiększa możliwości operacyjne sił zbrojnych, umożliwiając analizę danych w czasie rzeczywistym, prognozowanie działań przeciwnika, autonomiczne sterowanie systemami bezzałogowymi oraz wsparcie decyzji strategicznych. Jej rola będzie systematycznie rosła zarówno w działaniach konwencjonalnych, jak i w cyberprzestrzeni oraz informacyjnym polu walki.

Jednocześnie rozwój AI wiąże się z istotnymi zagrożeniami, takimi jak błędy algorytmiczne, brak przejrzystości procesów decyzyjnych, automatyzacja użycia śmiertelnej siły w ramach autonomicznych systemów uzbrojenia (LAWS) oraz możliwość nadużyć ze strony państw autorytarnych i organizacji ekstremistycznych. Z tego względu wdrażanie AI w wojsku musi być powiązane z jasnymi ramami prawnymi i etycznymi, które określą dopuszczalne granice jej zastosowań.

⁵⁷ I. Tijjani, S. Kumar, M. Boukheddimi, *A Survey on Design and Control of Lower Extremity Exoskeletons for Bipedal Walking*, „Applied Sciences” 2022, vol. 12, nr 5, s. 2395.

⁵⁸ P.T. Biltgen, *AI for Defense...*, *op. cit.*, 2024.

Etyczne wykorzystanie sztucznej inteligencji w działaniach militarnych obejmuje przede wszystkim zachowanie decydującej roli człowieka w użyciu siły, ochronę ludności cywilnej, unikanie dyskryminacji i nieprzewidywalnego działania systemów, jednoznaczne przypisanie odpowiedzialności za decyzje podejmowane przez maszyny oraz ograniczanie ryzyka wykorzystania AI do represji i destabilizacji społeczeństw.

Obecny brak powszechnie przyjętych regulacji międzynarodowych sprzyja rozwojowi niekontrolowanego wyścigu zbrojeń algorytmicznych, w którym tempo postępu technologicznego przewyższa zdolność systemów prawnych i instytucji nadzorczych do reagowania. W odpowiedzi na te zagrożenia coraz więcej podmiotów, w tym ONZ, organizacje pozarządowe oraz środowiska naukowe, postuluje potrzebę globalnej debaty, wprowadzenia moratorium lub nawet zakazu autonomicznych systemów broni zabójczej do czasu ustanowienia skutecznych mechanizmów kontroli i odpowiedzialności.

Współpraca międzynarodowa oraz rozwój wspólnych norm prawnych i etycznych są kluczowe, aby sztuczna inteligencja w wojskowości służyła wzmocnieniu bezpieczeństwa i stabilności, a nie eskalacji konfliktów oraz pogłębianiu nierówności technologicznych.

Bibliografia

1. Artificial Intelligence in combat simulations: How AI is changing NATO and Czech Army soldier training, <https://www.czdefence.com/article/artificial-intelligence-in-combat-simulations-how-ai-is-changing-nato-and-czech-army-soldier-training> [dostęp: 22.02.2026].
2. Biltgen P.T., *AI for Defense and Intelligence*, Tallaios 2024.
3. Bitzinger R.A., *The 4th Industrial Revolution, Military-Civil Fusion, and the Next RMA*, „Insight Turkey” 2022, vol. 24, nr 3.
4. Cappuccio M.L., Galliot J.C., Sandoval E.B., *Saving Private Robot: Risks and Advantages of Anthropomorphism in Agent-Soldier Teams*, „International Journal of Social Robotics” 2021, vol. 14, nr 10.
5. Fake Trump arrest photos: How to spot an AI-generated image, <https://www.bbc.com/news/world-us-canada-65069316> [dostęp: 22.02.2026].
6. Hakeem S.A.A., Hussein H.H., Kim H., *Vision and research directions of 6G technologies and applications*, „Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences” 2022, vol. 34, nr 6.
7. Hungarian Air Force pilots train for collective and tactical operations with Thales trainer, <https://verticalmag.com/press-releases/hungarian-air-force-pilots-train-for-collective-and-tactical-operations-with-thales-trainer/> [dostęp: 22.02.2026].
8. Lee C.E., Baek J., Son J., Ha Y.G., *Deep AI military staff: cooperative battlefield situation awareness for commander’s decision making*, „The Journal of Supercomputing” 2022, vol. 79, nr 6.
9. Malik A.A., Mahboob A., Khan A., Zubairi J., *Application of Cyber Security in Emerging C4ISR Systems*. In *Cyber Security Standards, Practices and Industrial Applications: Systems and Methodologies*, (Eds.) J. Zubairi & A. Mahboob, IGI Global Scientific Publishing 2012.
10. Mendi A.F., Erol T., Dogan D., *Digital Twin in the Military Field*, „IEEE Internet Computing” 2021, vol. 26, nr 5.
11. Rashid A.B., Kausik A.K., Sunny A.A.H., Bappy M.H., *Artificial Intelligence in the Military: An Overview of the Capabilities, Applications, and Challenges*, „International Journal of Intelligent Systems” 2023, vol. 2023, nr 1.

12. Saha A.M., Biswas M., Hossain F.M., Alamgir H., Ahmed M.P., *Artificial Intelligence in the Modern Era: Trends, Impacts, and Future Directions* 2024, doi:10.13140/RG.2.2.28416.03840.
13. Sumari P., Syed S.J., Abualigah L., *A Novel Deep Learning Pipeline Architecture based on CNN to Detect Covid-19 in Chest X-ray Images*, „Turkish Journal of Computer and Mathematics Education” 2021, vol. 12, nr 6.
14. Tijjani I., Kumar S., Boukheddimi M., *A Survey on Design and Control of Lower Extremity Exoskeletons for Bipedal Walking*, „Applied Sciences” 2022, vol. 12, nr 5.
15. Van Oijen J., de Marez Oyens P., *Empowering Military Decision Support through the Synergy of AI and Simulation*. In „NATO MSG-207: Simulation: Going Beyond the Limitations of the Real World” October 19th-20th 2023, Monterey, USA.
16. Virtual Reality helps Soldiers shape Army hypersonic weapon prototype, <https://www.defencetalk.com/virtual-reality-helps-soldiers-shape-army-hypersonic-weapon-prototype-739008/> [dostęp: 22.02.2026].
17. Wang H.B., Li Y., Ren K., Yang L.J., Han Z.H., *The development status and trends of ground unmanned combat platforms*, „Journal of Physics: Conference Series” 2021, vol. 1721.
18. Wang P., Yang M., Zhu J., Peng Y., Li G., *Digital Twin-Enabled Online Battlefield Learning with Random Finite Sets*, „Computational Intelligence and Neuroscience” 2021, vol. 2021, nr 1.
19. Wither J.K., Marshall G.C., *Trends in Warfare*, „Encyclopedia of Violence, Peace, and Conflict, Third Edition” 2022, vol. 2.
20. Xiao X., Dufek J., Murphy R.R., *Autonomous Visual Assistance for Robot Operations Using a Tethered UAV*. In *Field and Service Robotics*, (Eds.) G. Ishigami & K. Yoshida, „Springer Proceedings in Advanced Robotics” 2021, vol. 16.
21. Zhuang S., Wang P., Jiang B., Wang G., Wang C., *A Single Shot Framework with Multi-Scale Feature Fusion for Geospatial Object Detection*, „Remote Sensing” 2019, vol. 11.

Dane kontaktowe

Damian Kurzydym, damian.kurzydym@akademiarac.edu.pl