dr hab. Mirosław Banasik, prof. UJK
Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach
793-396-742
miroslaw.banasik@interia.pl

ZNACZENIE NOWOCZESNYCH TECHNOLOGII DLA BEZPIECZEŃSTWA

THE IMPORTANCE OF MODERN TECHNOLOGIES FOR SECURITY

Streszczenie: Gwałtowny postęp technologiczny jaki dokona się w ciągu dwóch najbliższych dekad, zrewolucjonizuje warunki życia ludzi na ziemi. Będzie miał on również swoje konsekwencje dla bezpieczeństwa globalnego. Celem artykułu jest zidentyfikowanie przeobrażeń jakie dokonają się w sferze nowoczesnych technologii oraz dokonanie oceny ich wpływu na bezpieczeństwo. W artykule przedstawiono jaki wpływ na życie ludzi będzie miała sztuczna inteligencja oraz zidentyfikowano wyzwania i zagrożenia dla ich bezpieczeństwa. Wyjaśniono jakie konsekwencje niesie ze sobą postęp w sferze biotechnologii i w jaki sposób będą one wpływać na prowadzenie walki zbrojnej. Dokonano oceny przeobrażeń jakie dokonają się w sferze nanotechnologii oraz ich znaczenie dla prowadzenia działań militarnych i zapewniania bezpieczeństwa.

Słowa kluczowe: nowoczesne technologie, bezpieczeństwo, sztuczna inteligencja, biotechnologia, nanotechnologia

Abstract: The rapid technological progress that will take place over the next two decades will revolutionize the living conditions of people on earth. It will also have its consequences for global security. The aim of the article is to identify transformations that will occur in the sphere of modern technologies and to assess their impact on security. The article presents the impact of artificial intelligence on people's lives and identifies challenges and threats to their security. The consequences of progress in the field of biotechnology are explained and how they will affect the conduct of the armed struggle. The assessment of the transformations that will take place in the field of nanotechnology and their significance for conducting military operations and ensuring security has been assessed.

Key words: modern technologies, security, artificial intelligence, biotechnology, nanotechnology

WSTĘP

Dzięki nowoczesnym technologiom i powiązaniom informacyjnym świat staje się coraz bardziej uzależniony [King, 2016, s. 1]. Naukowcy przewidują, że w ciągu najbliższych dekad rewolucyjne przeobrażenia technologiczne spowodują dramatyczne zmiany

w sferze politycznej, ekonomicznej, społecznej [2015 Marine, 2015, s. 20] i personalnej oraz będą miały wpływ na sposób zapewniania bezpieczeństwa. Biotechnologie umożliwią identyfikowanie, rozumienie, manipulowanie i poprawę życia organizmów, włącznie z własnym. Rewolucja w dostępie do informacji i poprawa jej użyteczności będzie wpływać na funkcjonowanie świata we wszystkich jego wymiarach. Inteligentne materiały, zinformatyzowana produkcja przemysłowa i nanotechnologie zmienią sposób wytwarzania urządzeń i będą wpływać na generowanie nowych zdolności, w wielu nawet niespokrewnionych ze sobą dziedzinach gospodarki. Rezultaty zastosowania nowoczesnych technologii mogą być zadziwiające. Najprawdopodobniej wyrażać się będą poprawą jakości, komfortu i długości życia ludzi. Postęp technologiczny może doprowadzić do klonowania ludzi. Skróci się czas niezbędny do przygotowania nowozatrudnionych do pracy zawodowej i zmieni się sposób funkcjonowania gospodarki. Dzięki szybkiej wymianie informacji znacznie przyspieszy globalizacja i tworzenie się wieloetnicznych kultur. Rewolucyjne technologie stworzą nowe możliwości dla aktorów pozapaństwowych, którzy odgrywać będą coraz większą rolę w stosunkach międzynarodowych i wypierać podmioty państwowe. Mogą też przyczyniać się do redukowaniu napięć społecznych i sposobów oddziaływania na ludzi w celu zapewnienia bezpieczeństwa publicznego [Anton, 2001, s. XI]. Zaawansowane technologie informacyjno-komunikacyjne dokonają transformacji praktycznie wszystkiego od pojedynczego samochodu do sposobu funkcjonowania wszystkich gałęzi przemysłowych, a biotechnologie i nanotechnologie w ciągu nadchodzących dekad będą katalizatorem dokonujących się przemian i spowodują powstawanie efektów kaskadowych. Dla przykładu, biotechnologie i nowe materiały technologiczne prawdopodobnie dadzą początek zmian w technologiach energetycznych [Global Trends, 2017, s. 175].

Tak zidentyfikowana sytuacja problemowa prowadzi do sformułowania głównego problemu badawczego, który brzmi: *Jakie wyzwania i ryzyka dla bezpieczeństwa globalnego będą stanowiły przeobrażenia technologiczne, które dokonają się w perspektywie dwóch nadchodzących dekad?*

Aby rozwiązać główny problem badawczy poddano go defragmentacji w rezultacie czego sformułowano następujące problemy szczegółowe:

Jaki wpływ na życie ludzi oraz ich bezpieczeństwo będzie miała sztuczna inteligencja?

1. Jakie konsekwencje niesie ze sobą postęp w sferze biotechnologii i w jaki sposób będą one wpływać na ludzi prowadzących walkę zbrojną.
2. Jakie przeobrażenia dokonają się w sferze nanotechnologii oraz jakie będzie ich znaczenia dla prowadzenia działań militarnych i zapewniania bezpieczeństwa
3. Celem badań, których rezultaty przedstawiono w niniejszym artykule było zidentyfikowania przeobrażeń jakie dokonają się w sferze nowoczesnych technologii w perspektywie dwóch nadchodzących dekad oraz dokonanie oceny ich wpływu na stan bezpieczeństwa globalnego.

SZTUCZNA INTELIGENCJA

Czasami nie zdajemy sobie sprawy, że już dziś dostarczane są pewne usługi za pomocą nowoczesnych technologii. Największy jednak rozkwit jest wciąż przed nami. Sztuczna inteligencja[1] i inteligentne maszyny fascynowały ludzi od chwili publikacji pierwszych filmów *science fiction* w połowie ubiegłego stulecia, w których pokazywano możliwości wykorzystania robotów [Miller, 2015, s. 22]. Geneza sztucznej inteligencji sięga II wojny światowej. Badania angielskiego uczonego Alana Turinga opierające się na dokonaniach polskich matematyków i kryptologów doprowadziły do rozpracowania niemieckich kodów maszyny szyfrującej Enigma, tworząc coś na kształt pierwszego komputera. Jednak rozwój inteligentnych systemów nie postępował tak szybko, jakby mogło nam się wydawać. Prawdziwy rozkwit komputeryzacji nastąpił dopiero w ciągu ostatnich dwóch dekad. Dokonał się tak zdecydowany postęp, że dzisiaj trudno jest już stwierdzić czy w całkowicie mobilnym i pełnym technologii świecie, człowiek jeszcze panuje nad maszynami i przewyższa je swoją inteligencją [Rowecka, 2016]. Wydaje się, że maszyny już mają przewagę nad człowiekiem. Świadczą o tym możliwości analizowania w rzeczywistym czasie ogromnej ilości danych oraz stworzony w Szwecji nowy, biologiczny komputer, który może zrewolucjonizować branżę informatyczną [Rowecka, 2016]. Komputery są też o wiele szybsze i dokładniejsze od człowieka. Niepokoić może jedynie fakt, że człowiek coraz częściej przegrywa z maszynami nie tylko na polu analityki, ale także w grach wymagających dostosowania do zmieniającej się sytuacji.

Przewiduje się, że maszyny będą mogły rozwiązywać problemy na nie notowaną do tej pory skalę. Niezliczone możliwości wykorzystania sztucznej inteligencji kreują nowe szanse dla ekonomii i społeczeństwa, ale wymagają też stosowania restrykcyjnej polityki, która pozwoli na uodpornienie się od zautomatyzowanych działań. Zarówno naukowcy jak i przedsiębiorcy zastanawiają się w jaki sposób inteligentne maszyny mogą brać odpowiedzialność za człowieka. Wciąż pojawia się pytanie o zaufanie do systemów, które mogą podejmować decyzje poza kontrolą człowieka, szczególnie te o nieodwracalnych skutkach [The Global, 2017, s. 48]. Niektórzy naukowcy obawiają się jednak, że super inteligentne maszyny mogą osiągać cele, wychodzące poza potrzeby człowieka. Taka sztuczna inteligencja mogłaby posiadać świadomość podobną do świadomości człowieka. Dlatego też sądzi się, że należałoby jednak ograniczać działalność inteligentnych maszyn do określonej liczby specjalistycznych zadań. Mogłyby one na przykład prowadzić handel na giełdach, kierować samochodami, czy pilotować samoloty wojskowe. E. Musk uważa, że brak regulacji prawnych dotyczących sztucznej inteligencji może być ogromnym zagrożeniem dla ludzkości [Musk, 2017].

---

[1] Ogólnie rzecz ujmując, sztuczna inteligencja (ang. *artificialintelligence),* to dział informatyki zajmujący się konstruowaniem maszyn i algorytmów, których działanie posiada znamiona inteligencji. Rozumie się przez to zdolność do samorzutnego przystosowywania się do zmiennych warunków, podejmowania skomplikowanych decyzji, uczenia się, rozumowania abstrakcyjnego, itp. Przedmiotem sztucznej inteligencji jest badanie i określanie reguł rządzących inteligentnymi zachowaniami człowieka i wykorzystanie ich w algorytmach i programach komputerowych potrafiących te zasady wykorzystywać. Przykładem takich rozwiązań są dość powszechnie stosowane programy do rozpoznawania tekstów, obrazów, dźwięków, translatory, dowodzenie twierdzeń logiki i matematyki, uczenie maszyn, gry symulacyjne [Różanowski, 2007, s. 111].

W każdym kompleksowym i chaotycznym systemie, do którego zalicza się sztuczną inteligencję występują zagrożenia błędnego zarządzania. Istnieją też słabe punkty wynikające z błędów konstrukcyjnych, wypadki i nieprzewidywalne zdarzenia. Tego typu sytuacje mogą w sferze bezpieczeństwa stanowić duże wyzwania dla władz, przedsiębiorców i pojedynczych ludzi. Pojawienia się wirusa na aplikacji telefonicznej, który przez pewien czas będzie utrudniał rozumienie określonych poleceń, może być akceptowalne. Niedopuszczalne są jednak jakiekolwiek zakłócenia w sytuacji, w której sztuczna inteligencja kieruje systemami uzbrojenia. Najmniejszy błąd w takim przypadku może prowadzić do śmierci ludzi, a nawet ich zagłady. Duże obawy, a zarazem kontrowersje wywołuje funkcjonowanie sztucznej inteligencji w chmurze. Niektórzy eksperci uważają, że systemy ze sztuczną inteligencją powinny funkcjonować autonomicznie, ale z kolei niektóre usługi nie mogą być dostarczane bez podłączenia do Internetu [The Global, 2017, s. 49].

Funkcjonowanie sztucznej inteligencji w sieci ma wiele zalet. Inteligentne systemy mogą z powodzeniem podejmować wyzwania związane z cyberprzestrzenią. Aplikacje sztucznej inteligencji będą mogły być wykorzystywane do lokalizacji cyberataków lub identyfikowania fałszywych transakcji internetowych. W zależności od poziomu inteligencji, którą będziemy dysponować, łatwiej lub trudniej będzie się można zabezpieczać przed tego rodzaju działaniami przestępczymi. Dla zapewnienia w przyszłości cyberbezpieczeństwa koniecznością będzie zastosowanie inteligentnych systemów, posiadających zdolność analizowania ogromnej ilości danych. Podobnie można wykorzystać sztuczną inteligencję do zapewniania bezpieczeństwa fizycznego. Systemy monitorowania i śledzenia, dzięki analizom zapisów video będą mogły w przyszłości dokładnie identyfikować ludzi i ustalać miejsce ich aktualnego pobytu [The Global, 2017, s. 50]. Na podstawie tych ocen, wobec ludzi podejrzanych o możliwość popełnienia przestępstwa lub aktu terrorystycznego, będzie można podejmować stosowne działania prewencyjne. Na straży bezpieczeństwa ludzi stać będą też roboty policyjne, wykrywające wszelkie naturalne oraz powodowane celową działalnością człowieka zagrożenia. W tym przypadku wykorzystanie sztucznej inteligencji ułatwi komunikowanie się z podmiotami odpowiedzialnymi za bezpieczeństwo, a jednocześnie pozwoli na prowadzenie działań zapobiegawczych [Rowecka, 2016].

Sztuczna inteligencja stanowi ogromnie destrukcyjny potencjał, który może być wykorzystany w sferze militarnej. Z tego też względu zastosowanie sztucznej inteligencji w systemach uzbrojenia z pewnością doprowadzi do zmiany paradygmatu prowadzenia walki zbrojnej i będzie mieć niebagatelne konsekwencje dla międzynarodowego środowiska bezpieczeństwa. Doświadczenia nad użyciem sztucznej inteligencji w autonomicznych systemach broni prowadzone są w świecie od kilku lat i niebawem z pewnością doprowadzą do pozyskania nowej generacji broni. Koncern Kałasznikow planuje umieścić w swoim uzbrojeniu moduły sieci neuronowych, opierających swoje działanie na zasadach funkcjonowania ludzkiego mózgu. Systemy oparte na takich rozwiązaniach same uczą się zleconych im zadań i prawdopodobnie już za kilka lat produkowana przez rosyjską firmę broń będzie zdolna do podejmowania na polu walki autonomicz-

nych decyzji[2]. Charakter współczesnych konfliktów prowadzonych przeważnie w środowisku cywilnym, skłania jednak do postawienia tezy, która mówi, że inteligentne, autonomiczne systemy uzbrojenia raczej nie szybko przejmą na polu walki rolę człowieka. Obecnie większość systemów uzbrojenia ma autonomiczne funkcje, ale nie jest autonomiczną bronią [Autonomous, 2015, s. 13], co również potwierdza powyższą tezę.

Należy oczekiwać, że w perspektywie dwóch najbliższych dekad inteligentne systemy będą zintegrowane ze sferą prywatnego życia ludzi. W sferze biznesu inteligentne aplikacje stanowiące interaktywne, cyfrowe interfejsy będą dostarczać usługi, które zwiększą efektywność, a jednocześnie obniżą koszty produkcji. Super inteligentne systemy jak do tej pory kreują zagrożenia jedynie sferze teoretycznej, a ich głównym sensem jest pomaganie ludziom i kreowanie lepszej przyszłości. Należy jednak dążyć do tego, aby sztuczna inteligencja nie przekroczyła granic, poza którymi mogłaby obrócić się przeciwko człowiekowi, którą ją stworzył. E. Musk ostrzega, że *zanim roboty nie zaczną zabijać ludzi na ulicy, nie będziemy wiedzieli jak zareagować, ponieważ wydaje się to dzisiaj tak odległe* [Musk, 2017]. Należy więc przypuszczać, że sztuczna inteligencja jest rzadkim przypadkiem, w którym powinniśmy działać proaktywnie, a nie reaktywnie. Jeśli sytuacja wymknie się spod kontroli, to wywoła poważne konsekwencje nie tylko dla bezpieczeństwa, ale i dla całej ludzkości.

Autonomiczne systemy uzbrojenia mają także implikacje strategiczne. W przypadku symultanicznego użycia kilku systemów broni w dynamicznie zmieniającym się środowisku operacyjnym, nagłe interakcje pomiędzy systemami mogłyby doprowadzić do nieprzewidywanych konsekwencji. Niepożądane polityczne i strategiczne konsekwencje mogłyby też mieć miejsce w sytuacji, gdy decydenci nie będą nadążali za tempem zmian na przyszłym polu walki [Autonomous, 2015, s. 15]. W takich uwarunkowaniach oraz przy wysokim stopniu zdygitalizowania procesów dowodzenia i autonomiczności systemów walki błyskawicznie mogłoby dojść do otwartego konfliktu zbrojnego. Z tak zarysowanego czarnego scenariusza rozwoju przyszłych wydarzeń wypływa wniosek, że decyzje co do użycia sił zbrojnych i poszczególnych ich systemów uzbrojenia zawsze muszą być podejmowane przez człowieka.

BIOTECHNOLOGIE

Biotechnologia jest interdyscyplinarną i bardzo dynamicznie rozwijającą się dziedziną nauki, techniki i gospodarki. Wbrew potocznej opinii biotechnologia nie jest nową dyscypliną naukową. Początki biotechnologii są związane z działalnością gospodarczą towarzyszącą ludzkości od zarania dziejów, a więc od momentu gdy człowiek za-

[2] Rosjanie, w wyścigu zbrojeń z USA, Europą i Chinami, nieustannie chcą udowodnić, że potrafią dostarczyć innowacyjne technologie, wyprzedzające o kilka lat sprzęt prezentowany przez inne nacje. Na początku lipca 2017 r. w Moskiewskim Instytucie Stali i Stopów (MISIS) zaprezentowano prototyp zbroi wyglądającej jak kostium żołnierza z filmu lub gry komputerowej. Został on wykonany z kombinacji lekkich, ale bardzo wytrzymałych materiałów. W skład zbroi wchodzi hełm z wbudowanym systemem łączności, a także specjalny silnik zewnętrzny, który ma ułatwiać żołnierzowi poruszanie się [Koncern, 2017].

czął uprawiać rośliny, udomawiać zwierzęta, wytwarzać wino, piwo czy chleb [Małyska, 2009, s. 135]. Biotechnologia *zajmuje się zmianami materii żywej i nieożywionej poprzez wykorzystanie organizmów żywych, ich części bądź pochodzących od nich produktów, a także modeli procesów biologicznych w celu tworzenia wiedzy, dóbr i usług* [Dubin, 2007, s. 18]. Zmiany te dokonywane są poprzez zastosowanie inżynierii genetycznej i mogą dotyczyć roślin, bakterii i farmaceutyków, a w ostatniej dekadzie również ludzi. Od chwili odkrycia mapy genotypu ludzkiego rozpoczęła się nowa era na polu biologii syntetycznej. Wykorzystanie informacji uzyskanych na podstawie DNA[3] pozwoliło nie tylko na ukierunkowane leczenie chorób, ale przede wszystkim dzięki zastosowaniu bioinżynierii osiągać znaczny progres na polu tanskryptomiki4 i proteomiki5i w sposób dynamiczny manipulować komórkami, tkankami i w końcu całym organizmem człowieka [Kadtke, 2014, s. 38]. Biologia syntetyczna stała się tkanką łączną pomiędzy inżynierią a technologią biologiczną, koncentrując się na projektowaniu i konstruowaniu nowych biologicznych części, urządzeń i systemów, a także przekonstruowaniu istniejących naturalnych, biologicznych systemów dla uzyskania określonych celów użytecznych [Miller, 2015, s. 26].

Obecnie trudno jest precyzyjnie przewidywać konsekwencje zastosowania biotechnologii, tym niemniej naukowcy prognozują jej szerokie wykorzystanie do rozwiązywania problemów medycznych, środowiskowych, energetycznych, rolniczych i militarnych [Caruso, 2018]. Mimo wielu korzyści jakie oferują nowoczesne biotechnologie nie wolno zapominać o zagrożeniach. Istnieje stosunkowo długa lista ryzyka związanego między innymi z możliwością wyprodukowania nowych, złośliwych patogenów mogących stanowić swoistą broń biologiczną. Należy liczyć się również z błędami, których katastrofalne konsekwencje mogą być trudne do przewidzenia. Przypadkowe uwolnienie mutantów nieszkodliwych jednostek chorobotwórczych może wywoływać zmiany zmniejszające organizmowi szanse na przeżycie, a nawet powodować jego śmierć. Sztucznie wykreowane organizmy mogą mieć też tragiczny wpływ na ekosystem i środowisko naturalne [Miller, 2015, s. 27].

Bioterroryzm, który funkcjonował w świadomości społecznej przez dekadę, obecnie może się szybo zmaterializować. Niektóre duże korporacje umożliwiają dostęp do biologii syntetycznej i pozwalają na kopiowanie swojego DNA. Organizacje terro-

---

[3] Kwas deoksyrybonukleinowy biorący udział w biosyntezie białka i przenoszeniu cech dziedzicznych; też: kod genetyczny dający się ustalić na podstawie analizy tego kwasu [Słownik].

[4] Jest to dziedzina za pomocą, której określane jest miejsce i czas aktywności genów. Ideałem jest określenie naszego trans kryptonu – ogółu cząsteczek mRNA wyprodukowanych przez ludzkie komórki. Do rozpoznawania sekwencji mRNA wykorzystuje się najczęściej jego zdolność do hybrydyzacji cDNA. W ten sam sposób można określić np. aktywność określonych genów w komórkach nowotworowych. Genomika, proteomika, metabol mika, transkryptomika.

[5] Proteomika zajmuje się identyfikacją proteomu, czyli identyfikacją, badaniem funkcji i wzajemnymi interakcjami białek, występujących w organizmach żywych. Po zakończeniu „ery genomu" związanej z ustaleniem sekwencji DNA wszystkich genów, wyzwaniem współczesnej nauki jest określenie funkcji poszczególnych genów oraz roli białek kodowanych przez te geny. Tę dziedzinę określa się jako funkcjonalny proteom, gdzie nie wystarcza już sama identyfikacja białka w komórce ale niezbędne staje się określenie jego rzeczywistej roli w organizmie.

rystyczne lub przestępcze mogą dzięki wirtualnej kradzieży danych biometrycznych realizować własne cele. Pojedynczy terroryści nazywani *samotnymi wilkami* dzięki dostępowi do biotechnologii mogą osiągać efekty na wielką skalę bez znacznych nakładów finansowych i organizacyjnych [Miller, 2015, s. 26]. Uwzględniając przedstawione argumenty można dojść do wniosku, że swobodny dostęp do wiedzy, materiałów i aplikacji biotechnologicznych może rodzić obawy co do obniżenia poziomu bezpieczeństwa, płynącego ze strony państw, dużych korporacji, a nawet niewielkich grup pozapaństwowych, takich jak organizacje terrorystyczne czy kryminalne, a nawet pojedynczych osób [Perkins, 2016, s. 1].

Oczekuje się, że w ciągu najbliższej dekady w sferze cywilnej biotechnologie znacznie wpłyną na dokonywanie się postępu w medycynie. Badania ogólnie będą zmierzały do poprawy stanu zdrowia ludzi. Dążyć się będzie do zbudowania i zastosowania takich produktów jak interfejsy umożliwiające komunikowanie się pomiędzy mózgiem człowieka a komputerem. W leczeniu, między innymi protetycznym, wykorzystywać się będzie nowe biologiczne systemy, znacznie przewyższające obecne rozwiązania przemysłowe. Badane będą też możliwości wykorzystania kompleksowego potencjału biologicznego w sferze przestrzennej, czasowej i materialnej [Cheng, 2014].

Koncerny biotechniczne ukierunkują swoje działania na rozwój bezprzewodowo kontrolowanych medycznych implantów, które będą punktowo dostarczały pacjentowi wymagane lekarstwa. Aktualnie testowane są też urządzenia dla pacjentów z osteoporozą. Kolejny projekt będzie wykorzystywał nowoczesne technologie do kontrolowania liczby narodzin w rozwijającym się świecie [Miller, 2015, s. 28]. Połączenie zaawansowanych nanotechnologii z innymi rozwijającymi się technologiami, na przykład biotechnologiami da możliwość wszczepiania implantów, które będą w organizmie człowieka poruszały się na zasadzie mini robotów kontrolujących funkcjonowanie organizmu człowieka. Będą mogły też identyfikować zalążki pojawiania się zawału serca czy rozpoznawać wczesne stadium pojawiania się raka. Biologia syntetyczna w przyszłości może być też wykorzystana jako broń. Znając na przykład DNA ofiary można będzie skonstruować selektywną broń biologiczną, która skutecznie uśmierci wybraną osobę [Miller, 2015, s. 28].

Ocenia się, że w ciągu najbliższej dekady posiadanie kodu genetycznego człowieka oraz innych rezultatów analiz molekularnych takich jak polimorfizmu genetycznego [Lorenc, 2013, s. 25] pozwoli na selektywny dobór leków i spersonalizowane leczenie. Oparte na genotypie badania umożliwią ocenę stanu psychicznego człowieka i na tej podstawie będzie możliwe na przykład ustalenie predyspozycji do wykonywania zadań w sytuacjach stresogennych. Będzie to miało szczególne znaczenie dla zapewnienia bezpieczeństwa i podejmowanych działań w sytuacjach krytycznych obciążeń dla organizmu człowieka [Perkins, 2016, s. 2].

Zastosowanie biotechnologii w sferze militarnej ma ogromną przyszłość. W medycynie biosyntezy pozwolą na odtwarzanie uszkodzonych w czasie walki komórek, organów i kończyn. Obecnie prowadzone są badania nad połączeniem niewielkich sensorów, miniaturowych systemów elektro-mechanicznych, zawansowanej cyfrowej kontroli i biomateriałów, co ma doprowadzić do wytworzenia protez pozwalających

na osiąganie komfortu na poziomie sprzed urazu. Dąży się do wyprodukowania sztucznych płuc, uszu i mięśni. Bardzo zaawansowane są badania nad komórkami macierzystymi, które pozwolą w przyszłości na regenerację praktycznie każdej części ludzkiego organizmu [Kadtke, 2014, s. 40]. Manipulowanie mikro biomami[6], które mają wpływ na wiele aspektów fizjologii człowieka, prowadzić będzie do łatwiejszego przyswajania pokarmów i zwiększać odporność na choroby. Ponadto wpływać na metabolizm i tym samym na ogólną kondycję organizmu. Manipulowanie mikro biomami po 2025 roku może przyspieszyć naukę żołnierzy, podnieść ogólną ich gotowość do działania i zwiększyć odporność na stres. Specjalnie skonstruowane prebiotyki podawane żołnierzom mogą wytwarzać w organizmie specyficzny smak, co przy zetknięciu z toksynami, chemikaliami lub czynnikami biologicznymi pozwoli na detekcję szkodliwych substancji. Inne aplikacje umieszczane w organizmie mogą spowodować łatwość przyswajania trawy lub innych, ogólnie dzisiaj niejadalnych roślin, co może na przyszłym polu walki stanowić źródło pożywienia [Perkins, 2016, s. 2]. Uogólniając można powiedzieć, że nowoczesne technologie w przyszłości mogą doprowadzić do zmiany struktury spożywanych przez ludzi posiłków.

Biotechnologie mogą być wykorzystywane do konstruowania specjalnych materiałów i urządzeń. Syntezy biologiczne bakterii mogą posłużyć do wykreowania sztucznej ścieżki dla syntez chemikaliów potrzebnych do produkcji energii (biopaliw) lub do pozyskania antybiotyków. W najbliższej dekadzie wykorzystanie proteinowych wirusów bakteryjnych może doprowadzić do skonstruowania poręcznych, lekkich baterii zasilających, co obniży ogólną wagę wyposażenia żołnierza. Przewiduje się też wytworzenie w przyszłości systemów, które będą posiadały właściwości pobudzające, leczące lub inne funkcje molekularne. Odciskanie na ciele żołnierza biotechnologicznych tatuaży może dostarczyć unikalnych zdolności pozwalających na integrowanie możliwości identyfikacyjnych, leczniczych i detekcyjnych [Perkins 2016, s. 2]. Tatuaże wyposażone w sensory będą monitorowały zachodzące zmiany metaboliczne. W sytuacji na przykład gwałtownego stresu elementy biologii syntetycznej znajdującej się w ciele człowieka wyprodukują mikroby, które uwolnią biomolekuły takie jak endorfiny i złagodzą poziom występującego stresu. W sytuacji wykrycia zmęczenia, poprzez syntezę protein uruchomią się bimolekularne substancje, które z kolei złagodzą występujące objawy. W przypadku ekspozycji żołnierza na czynniki trujące nastąpi uwolnienie do organizmu stosownego lekarstwa lub jego produkcja dzięki genetycznie zmodyfikowanym mikrobom [Perkins, 2016, s. 3].

[6] Mikrobiom tworzą wszystkie drobnoustroje saprofityczne, komensale i pasożyty które zasiedlają organizm ludzi, zwierząt, roślin lub glebę, ich genomy i wzajemne zależności oraz interakcje ze środowiskiem. Mikrobiom nie jest przypadkowo rozproszony w organizmie, ale lokalizuje się w ściśle określonych miejscach, np. przewód pokarmowy, skóra, układ rozrodczy, górne drogi oddechowe, i dlatego można rozróżnić w organizmie mikrobiomy zasiedlające różne obszary ciała [Gliński, 2015, s. 445].

NANOTECHNOLOGIE

Przez wieki ludzie dążyli do pozyskania nowych materiałów, co miało zagwarantować rozwój i nadzieję na lepszą przyszłość. Obecnie zaawansowane technologicznie, wielofunkcyjne i kompozytowe materiały posiadają lepsze właściwości użytkowe, są lżejsze, tańsze i bardziej wytrzymałe. Nowe pod względem funkcjonalności błyskawicznie pojawiające się na rynku, dokonują zmian nie tylko w sektorze komercyjnym, ale i w całej otaczającej ludzi rzeczywistości. Nanotechnologia to nauka, inżynieria i technologia, często w literaturze zamiennie nazywana nanonauką i nanoinżynierią, która operuje w nanoskali i umożliwia ingerencję w poszczególne atomy i molekuły [What is, 2017]. Celem tej ingerencji jest wyprodukowanie nowych materiałów, urządzeń i systemów, które posiadają nowe właściwości i funkcje oraz charakteryzują się zminiaturyzowanymi rozmiarami [Tomar, 2014, s. 56].

Naukowcy i inżynierowie konstruują nowoczesne materiały i odkrywają nowe sposoby miniaturyzowania produktów. Zaawansowane technologicznie materiały posiadają cechy lekkości, wytrzymałości i większej reaktywności chemicznej niż ich naturalne odpowiedniki [What is, 2017]. Miniaturyzacja pozwala na stosowanie takich aplikacji, gdzie wymagana jest wysoka gęstość elementów, prędkość przetwarzania danych i różnorodna funkcjonalność. Konstrukcje z materiałów nanotechnologicznych, ze względu na niewielkie rozmiary i lekkość, łatwo dają się przemieszczać, a jednocześnie są odporne na zniszczenie. Wewnętrzne układy elektroniczne pozwalają na osiąganie szybszych i efektywniejszych funkcjonalności, a jednocześnie podnoszą ich integralność. Materiały wykonane w nanotechnologii posiadają wysoką absorpcyjność, wyjątkową wytrzymałość mechaniczną, wysoką czułość sensorów, wysoki współczynnik użytecznego sygnału w stosunku do sygnału zakłóceń, wysoki wskaźnik nadprzewodnictwa i dużą pojemność pamięci [Tomar, 2014, s. 58], a także nowatorskie właściwości elektryczne, optyczne i biobimetyczne[7]. Konsekwencją zastosowania nanotechnologii jest nie tylko możliwość konstruowania urządzeń o zminiaturyzowanej skali, ale również zapewniających skoncentrowane funkcjonalności. Naukowcy wyodrębnili siedem głównych obszarów, na które mają wpływ nanotechnologie. Są to: materiały hybrydowe, materiały inteligentne[8], w literaturze anglojęzycznej nazywane *smart*, nanomateriały, nanoelektronika, nanosensory, nanotechnologie biomedyczne, nanomedycyna, nanomaszyny i nanoprzemysł [Miller, 2015, s. 31].

---

[7] Biomimetyka jest interdyscyplinarnym działem współczesnej nauki zajmującej się projektowaniem nowoczesnych rozwiązań technicznych naśladujących funkcje i zachowania zaobserwowane w naturze. Można zatem powiedzieć, że głównym celem biomimetyki jest z jednej strony przyrodonaśladowcze (biomimetyczne) projektowanie nowych technologii, z drugiej dogłębna obserwacja i analiza mechanizmów zachodzących w przyrodzie, pozwalająca na przykład w późniejszym etapie na symulacje algorytmiczne nowych form sztucznego życia. Inżynieria bioniczna ma niezwykle istotne znaczenie dla współczesnej nauki i sztuki, między innymi dla enwironmentalizmu, sztucznej inteligencji, sztucznego życia, transhumanizmu, posthumanizmu, biohackingu, bioartu, art&science, bioarchitektury [Mały, 2016].

[8] Materiał inteligentny definiuje się najczęściej jako materiał, który jest zdolny do reagowania na bodźce zewnętrzne przez istotną zmianę swych właściwości dla pożądanej i skutecznej odpowiedzi na te bodźce [Ćwikła, 2008, s. 15].

Ocenia się, że nanotechnologie znajdą szerokie zastosowanie w sferze bezpieczeństwa, a przede wszystkich w sferze militarnej. Wpływ nowych technologii będzie odczuwalny w uzbrojeniu, elektronice, komunikacji, mobilności, technologii niewidzialnej, tzw. *stealth*, inteligentnego umundurowania oraz wpłynie na kondycję psycho-fizyczną żołnierzy. Wpłynie też znacznie na poprawę funkcjonowania systemów rozpoznania, świadomości sytuacyjnej, przetwarzania informacji i dowodzenia. Nowe materiały pozwolą na konstruowanie, lżejszych i bardziej odpornych na oddziaływanie przeciwnika i lepiej zabezpieczonych przed bronią masowego rażenia, pojazdów [Tomar, 2014, s. 57]. Niektórzy sądzą, że potencjał zastosowania nanotechnologii jest nawet większy niż broni jądrowej i może mieć w przyszłości wpływ nawet na zmianę układu sił w świecie [Kosal, 2014, s. 3].

Materiały kompozytowe i hybrydowe stanowią innowacyjną klasę materiałów obejmujących nową ceramikę, hybrydowe metale i nowe polimery, a także kombinacje wszystkich wymienionych. Oczekuje się, że będą one miały znaczący wpływ na wiele dziedzin przemysłowych, w tym na konstruowanie maszyn i urządzeń, transport, produkcję energii i tekstyliów, a także na ochronę zdrowia i sposób zapewniania bezpieczeństwa [Kadtke, 2014, s. 56]. Materiały kompozytowe posiadają wysokie właściwości termiczne, mechaniczne i elektryczne. Mogą być z nich produkowane inteligentne mundury, które w przypadku zranienia żołnierza i utraty przytomności identyfikują obecność albuminy i automatycznie wysyłają sygnał radiowy o potrzebie udzielenia pomocy. Materiały kompozytowe ze względu na swą lekkość, elastyczność i dobre właściwości absorpcji energii stwarzają duże możliwości wyprodukowania pancerza ochraniającego całe ciało żołnierza. Lekkie, porowate powierzchnie nanowłókna oferują właściwości działania podobne do membrany, która może wyczuwać, rozkładać i filtrować toksyny jakie pojawią się na polu walki i w ten sposób zapewniać skuteczną ochronę przed środkami chemicznymi i biologicznymi. Domieszki nanocząsteczek srebra, magnezu, niklu i tytanu znacznie poprawiają właściwości dekontaminacyjne nanowłókien [Tomar, 2014, s. 68].

Materiały inteligentne reagują na zewnętrzne bodźce środowiskowe w specyficzny, kontrolowany sposób. Polimery, ceramika, plastik, metal, włókna węglowe i szkło są tak zaprogramowane, że odpowiadają na bodźce zewnętrzne między innymi światło, temperaturę, wilgotność, pole elektryczne lub elektromagnetyczne, nacisk, współczynnik PH. Nanotechnologiczne materiały strukturalne mogą zmieniać swój kształt lub kolor, samodzielnie samooczyszczać się lub uwalniać farmaceutyki przy spełnieniu określonych uwarunkowań u pacjenta [Next-Generation, 2017]. Mogą też ogrzewać lub chłodzić pod wpływem spektrum optycznego lub elektromagnetycznego. Stosownie do warunków zewnętrznych ubrania wykonane z tkanin nanotechnologicznych mogą zmieniać kształt, kolor lub wilgotność [Cooper, 2013]. Inteligentne materiały nowej generacji mogą mieć wmontowane sensory, urządzenia komunikacyjne, siłowniki, elementy gromadzące energię, kształtujące właściwości aerodynamiczne i hydrodynamiczne oraz posiadające właściwości samolecznicze [Current, 2013]. Noszone lub odbite na ciele urządzenia elektroniczne mogą monitorować stan psychiczny żołnierza, a powłoki urządzeń samo regenerować się, podobnie jak pokrycia chroniące ciała żołnierzy.

Materiały piezoelektryczne mogą wykrywać sygnały akustyczne, a hydrodynamiczne kontrolować sterowanie statkami powietrznymi, a nawet wytwarzać inteligentny kurz [Pister, 2017]. Nanomateriały mają szerokie zastosowanie w sferze militarnej. Bardzo silne, ale zarazem lekkie mogą z powodzeniem być stosowane do konstruowania nowoczesnych, zewnętrznych powłok ochronnych [Ingersoll, 2017], szczególnie bezpilotowych aparatów powietrznych i morskich [Holloway, 2017], konstruowania karbonowych nanoprzewodów [What are, 2017]. Płaska, elastyczna forma węgla może być stosowana do konstruowania mikroskopijnych urządzeń, a dwuwymiarowe karbonowe materiały mogą zrewolucjonizować elektronikę [Bourzac, 2017]. Dobre rokowania na przyszłość mają powłoki tworzące efekt niewidzialności, materiały samoregenerujące się, stwarzające możliwości adaptywnego kamuflażu, powłok elektronicznych [Graphene, 2017], a nawet inteligentnej skóry [NSF robotics, 2017]. Wielostrukturalne kompozyty nanotechnologiczne będą między innymi w przyszłości wykorzystywane do konstrukcji hełmów zaopatrzonych w wizjery do dziennej i nocnej, dookólnej obserwacji pola walki. Oprócz tego będą posiadały zdolności do biometrycznego odróżniania przeciwnika od sił własnych zobrazowane w technologii 3D i dwuwymiarowy układ porównujący dane. Uogólniając przyszły hełm będzie swoistą platformą wyposażoną w sensory, dzięki którym będzie możliwe zobrazowanie danych z rozpoznania, o pozycjonowaniu i identyfikowaniu przeciwnika, np. rozlokowaniu snajperów, informacje o identyfikacji środków biologicznych i chemicznych, a także będzie monitorowanie wszystkich funkcji życiowych żołnierza [Simonis, 2006, s. 67]. Adaptywny kamuflaż jest koncepcją polegającą na zmianie zewnętrznego wyglądu powierzchni materiałów stosownie do zmieniających się bodźców środowiska, w którym operują siły zbrojne. Nanotechnologie pozwalają na pasywny i aktywny kamuflaż. Aktywny kamuflaż polega na tym, że na podstawie sygnałów odebranych przez optyczne sensory następuje zmiana koloru maskujących tkanin, które dostosowują się do zmieniającego się otoczenia. System pasywny wykorzystuje dostrajane do otoczenia fotonowe kryształy [Potential, 2017].

Uogólniając, można powiedzieć, że przyszłe nanotechnologie zrewolucjonizują funkcjonowanie żołnierza na polu walki. Zaawansowane technologicznie materiały pozwolą nie tylko na ochronę osobistą przed bronią małokalibrową i odłamkami, ale również przed środkami biologicznymi, chemicznymi i promieniotwórczymi. Nanosensory będą monitorowały fizyczny i psychiczny stan zdrowia żołnierzy, a w przypadku odstępstw od normy dostarczały wymaganą dawkę leków. Nanotkaniny pozwolą na izolowanie oraz chłodzenie i ogrzewanie organizmu w przypadku zmian temperatury i dostosowywanie kamuflażu, stosownie do zmian zachodzących w środowisku zewnętrznym. Szczególnie przydatne będą możliwości pozwalające na identyfikowanie własnego położenia oraz lokalizację przeciwnika w terenie zurbanizowanym [Tomar, 2014, s. 72]. Przyszłe nakrycia głowy zaopatrzone w sensory i nowoczesne monitory będą nie tylko klasycznym hełmem ochronnym, ale nowoczesną platformą wymiany informacji i wizualizacji pola walki. Zminiaturyzowane środki komunikacyjne stworzą warunki do usieciowienia żołnierzy i zorganizowania w pełni zdygitalizowanych jednostek operacyjnych. Nowe materiały zmniejszą wagę broni osobistej, a mikro radary do-

starczą nawet dla pojedynczego żołnierza informacje o zmieniającej się sytuacji na polu walki [Tomar, 2014, s. 73].

ZAKOŃCZENIE

Naukowcy przewidują, że systemy broni ze sztuczną inteligencją będą mogły autonomicznie podejmować decyzję na podstawie własnego doświadczenia i wybierać cele według własnych zasad, bez potrzeby ingerencji człowieka. Tego typu systemy rażenia pozostaną więc praktycznie poza kontrolą człowieka. Przewiduje się, że w ciągu kilku następnych dekad może być wynaleziona broń, która będzie w pełni zautomatyzowana i funkcjonowała bez jakiegokolwiek udziału człowieka. Wybór i naprowadzanie na cele w odpowiednim miejscu i czasie będzie przebiegał automatycznie na podstawie zaprogramowanego zamiaru działań operacyjnych. Zawsze istnieje jednak pewne ryzyko. Z całą pewnością nigdy nie da się bowiem wykluczyć możliwości wymknięcia się inteligentnych systemów walki spoza kontroli człowieka [Tomar, 2014, s. 17].

Biotechnologia jest obecnie najszybciej rozwijająca się dziedziną naukową i będzie miała swoje głębokie, pozytywne implikacje w sferze bezpieczeństwa. Nowe technologie wykorzystywane do zapobiegania chorobom żołnierzy i ich leczenie, będą niezwykle efektywne i zredukują ponoszone koszty. Zaawansowana protetyka znajdzie zastosowanie zarówno wśród weteranów walki jak i na przyszłym polu walki do wsparcia żołnierzy przy wykonywaniu różnorodnych zadań. Bioinformatyka i telemedycyna znacząco wpłyną na obniżenie kosztów leczenia. Genetycznie modyfikowane organizmy mogą konstytuować obszar śmiertelnego zagrożenia, ale z drugiej strony koszty wykreowania takiej biologicznej broni znacznie się obniżą [Kadtke, 2014, s. 42]. Konkludując, można z pewnością stwierdzić, że gwałtowny rozwój biologii syntetycznej generuje znaczący taktyczny, operacyjny i strategiczny wpływ na szeroki zakres jej zastosowania w procesie zapewniania bezpieczeństa od medycyny i zachowania kondycji żołnierza na polu walki, poprzez broń i sensory, aż do produkcji wysokiej jakości materiałów.

Nanotechnologie mają potencjał zrewolucjonizowania prawie każdej dziedziny gospodarki w świecie. Podobnie jak inne, nowe technologie niosą ze sobą zarówno szanse jak i ryzyka. Wydaje się, że w obecnej chwili ryzyko samoreplikujących się robotów konsumujących świat jest niewielkie i pozostaje jedynie w wyobraźni niektórych futurystów. Natomiast długoterminowe zastosowanie nanotechnologii i wchłaniania przez organizm nanocząsteczek może wywołać trudne do przewidzenia implikacje. Naukowcy przewidują, że nanocząsteczki uwalniane do atmosfery mogą konstytuować całkowicie nową klasę niebiodegradowalnych odpadów [Nanotechnology…2007]. Ocenia się, że powszechnie stosowane w przyszłości nanosensory mogą poważnie naruszać prywatność ludzi. Dotychczasowe doświadczenia pokazują, że wdrażane w przeszłości nowoczesne technologie były niedoceniane i niepoprawnie przewidywano ich przyszłe konsekwencje. Ocenia się, że w ciągu najbliższych dwóch dekad nanotechnologie niewątpliwie przyczynią się do pozyskania nowoczesnych zdolności, które mogą całkowicie zmienić paradygmat zapewniania bezpieczeństwa. Należy też sądzić, że przyszły lider

nowoczesnych technologii może zapewnić sobie dominację w świecie. Problematyczne jest jednak jednoznaczne ustalenie, kto będzie tym liderem.

BIBLIOGRAFIA

2015 Marine Corps Security Environment Forecast. Futures 2030-2045 (2015). United States Marine Corps. Quantico 2015. Pobrano 17.03.2018 r., z: http://oai.dtic.mil/oai/oai?verb=getRecord&metadataPrefix=html&identifier=ADA623283.

Anton P.S., Silberglitt R., Schneider J. (2001). *The Global Technology Revolution. Bio/Nano/Materials Trends and Their Synergies with Information Technology by 2015*. Santa Monica. Pobrano 17.03.2018 r., z: https://www.rand.org/pubs/monograph_reports/MR1307.html.

Autonomous Weapon Systems. The Need For Meaningful Human Control (2015). No. 97 AIV / No. 26 CAVV, October. Pobrano 17.03.2018 r., z: http://cms.webbeat.net/ContentSuite/upload/cav/doc/Report_nr._26_-_Autonomous_weapon_systems.pdf.

Bourzac K. (2017). *Making Graphene Nanomachines Practical*. Pobrano 17.03.2018 r., z: https://www.technologyreview.com/s/421853/making-graphene-nanomachines-practical/.

Caruso D. (2008). *Synthetic Biology. An Overview and Recommendations for Anticipating and Addressing Emerging Risks*. Science Progress. November 12. Pobrano 18.03.2018 r., z: https://scienceprogress.org/2008/11/synthetic-biology/.

Cheng J. (2014). *New biotech office to integrate biology into national defense*. Defenses Systems. 01.04. Pobrano 17.03.2018 r., z: https://defensesystems.com/articles/2014/04/01/darpa-biotechnology-office.aspx.

Cooper B.B. (2013). *If you want to build the future, you need to understand smart materials*. 21.03. Pobrano 17.03.2018 r., z: http://www.attendly.com/if-you-want-to-build-the-future-you-need-to-understand-smart-materials/.

Current Trends in Smart Material Applications for Engineering and Science (2013). 23.11. Pobrano 23.03.2018 r., z: http://downloads.hindawi.com/journals/smr/si/ctsma.pdf.

Ćwikła A. (2008). *Medyczne zastosowania materiałów inteligentnych*. Scientific Bulletin of Chełm. Section of Technical Sciences No. 1/2008. Pobrano 17.03.2018 r., z: http://kis.pwsz.chelm.pl/publikacje/VII/Cwikla.pdf.

Dubin A. (2007). *Stan i kierunki rozwoju biogospodarki*. Raport opracowany przez Interdyscyplinarny Zespół do spraw Rozwoju Biogospodarki pod kierunkiem prof. dr hab. Adama Dubina. Warszawa. Pobrano 20.03.2018 r., z: http://www.jagiellonskiecentruminnowacji.pl/attachments/033_MNISW_2007_Stan_i_kierunki_rozwoju_biogospodarki_w_Polsce.pdf.

Gliński Z., Kostro K. (2015). *Mikrobiom – charakterystyka i znaczenie*. Życie Weterynaryjne 2015 90(7). Warszawa. Pobrano 22.03.2018 r., z: http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.agro-663c7f0e-cb89-44ad-b002-d8dbc23a0799/c/ZW-07-2015-06_446.pdf.

Global Trends, Paradox of Progress (2017). A publication of the National Intelligence Council. Washington. Pobrano 17.03.2018 r., z: https://www.dni.gov/files/documents/nic/GT-Full-Report.pdf, dostęp: 12.07.2017 r.

Graphene appears to be the most effective material for EMI shielding (2017). Pobrano 17.03.2018 r., z: http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=27088.php.

Holloway J. (2017). *Unmanned nanomaterial Piranha threatens to redefine naval warfare*. Pobrano 17.03.2018 r., z: http://newatlas.com/zyvex-piranha-usv/22078/.

Ingersoll G. (2017). *MIT Breakthrough Could Lead To New Military Body Armor Only 'Nanometers' Thick*. Pobrano 17.03.2018 r., z: http://www.businessinsider.com/mit-body-armor-breakthrough-2012-11?IR=T.

Kadtke J., Wells II L. (2014). *Policy Challenges of Accelerating Technological Change: Security Policy and Strategy Implications of Parallel Scientific Revolutions*. Center for Technology and National Security Policy. National Defense University Washington. Pobrano 17.03.2018 r., z: http://ctnsp.dodlive.mil/files/2014/09/DTP106.pdf.

King C., Klinedinst D., Lewellen T. Wassermann G. (2016). *2016 Emerging Technology Domains Risk Survey*. Carnegie Mellon University. Pobrano 17.03.2018 r., z: https://resources.sei.cmu.edu/asset_files/TechnicalReport/2016_005_001_453825.pdf.

Koncern Kałasznikow umieści w swojej broni sztuczną inteligencję. (2017). Portal Interia, 07.07. Pobrano 17.03.2018 r., z: http://nt.interia.pl/raporty/raport-wojna-przyszlosci/wiadomosci/news-koncern-kalasznikow-umiesci-w-swojej-broni-sztuczna-intelige,nId,2414439.

Kosal M.E. (2014). *Military Applications of Nanotechnology: Implications for Strategic Security I*. Georgia Institute of Technology. Pobrano 17.03.2018 r., z: https://www.hsdl.org/?view&did=767053.

Lorenc A. (2013). *Znaczenie polimorfizmu wybranych genów związanych z metabolizmem folianów w rozwoju hipotrofii płodu*. Poznań. Pobrano 17.03.2018 r., z: http://www.wbc.poznan.pl/Content/298703/index.pdf.

Mały słownik sztuki technologicznej. (2016). Culture.pl. 2016/03/28. Pobrano 17.03.2018 r., z: http://culture.pl/pl/artykul/maly-slownik-sztuki-technologicznej.

Małyska A., Twardowski T. (2009). Korelacja edukacji z opinią społeczną na przykładzie GMO. Nauka 2/2009. Poznań. Pobrano 17.03.2018 r., z: http://www.pan.poznan.pl/nauki/N_209_10_Malyska.pdf.

Musk E. (2017). *Musk namawia do regulacji prawnej sztucznej inteligencji*. Portal Interia 19.07.2017. Pobrano 17.03.2018 r., z: http://nt.interia.pl/technauka/news-elon-musk-namawia-do-regulacji-prawnej-sztucznej-inteligencj,nId,2418481.

Miller D.T. (2015), *Defence 2045. Assessing the Future Security Environment and Implications for Defense Policymakers*. A Report of the CSIS International Security Program 2015. Lanham. Boulder. New York. London. Pobrano 17.03.2018 r., z: http://espas.eu/orbis/sites/default/files/generated/document/en/151106_Miller_Defense2045_Web.pdf.

Muralidar M. (2015). *Agile Manufacturing -An Overview*. International Journal of Science and Engineering Applications Volume 4 Issue 3. Indi. Pobrano 17.03.2018 r., z: https://www.researchgate.net/publication/279958758_Agile_Manufacturing_-An_Overview.

Nanotechnology risks - the real issues. (2007). Nanowerk 06.04. Pobrano 17.03.2018 r., z: http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=1781.php.

Next-Generation Advanced Materials: APL Science and Technology Anticipating Future Operational Needs. (2017). Pobrano 17.03.2018 r., z: http://www.jhuapl.edu/newscenter/stories/st100615.asp.

NSF robotics grant to develop smart skin applications. (2017). Pobrano 17.03.2018 r., z: http://www.nanowerk.com/news2/robotics/newsid=27943.php.

Perkins E. J., Steevens J.A. (2016). *Future Applications of Biotechnology*, Small Wars Journal 22.10. Pobrano 17.03.2018 r., z:

https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiL9MDB9JXVAhXDI1AKHaQeDv0QFggrMAA&url=http%3A%2F%2Fsmallwarsjournal.com%2Fprintpdf%2F32240&usg=AFQjCNHfMcvefM7H5KE_CX-FTdsULTuG9A, dostęp: 18.07.2017 r.

Pister K. (2017). *Smart dust. Autonomous sensing and communication in a cubic millimeter*. Pobrano 17.03.2018 r., z: http://robotics.eecs.berkeley.edu/~pister/SmartDust/.

Potential Applications Of Nanotechnology In Maritime Environment. (2017). Pobrano 17.03.2018 r., z: https://www.ukessays.com/essays/engineering/potential-applications-of-nanotechnology-in-maritime-environment-engineering-essay.php.

Rowecka K. (2016). *Maszyna kontra człowiek. Historia i przyszłość sztucznej inteligencji*. Portal internetowy Business Insider Polska 05.11. Pobrano 17.03.2018 r., z: http://businessinsider.com.pl/technologie/historia-sztucznej-inteligencji/r3v3gx0.

Różanowski K. (2007). *Sztuczna inteligencja: rozwój, szanse i zagrożenia* [w:] P. Sienkiewicz (red.): Zeszyty Naukowe WWSI. Rocznik 2007, tom 2, numer 2. Warszawa. Pobrano 17.03.2018 r., z:http://zeszyty--naukowe.wwsi.edu.pl/zeszyty/zeszyt2/Sztuczna_Inteligencja_Rozwoj_Szanse_I_Zagrozenia.pdf.

Simonis F., Schilthuizen S. (2006). *Nanotechnology innovation opportunities for tomorrow's defence*. TNO Science and Industry. Pobrano 17.03.2018 r., z: http://www.futuretechnologycenter.eu/downloads/nanobook.pdf.

Słownik internetowy PWN. (2017). Pobrano 17.03.2018 r., z: https://sjp.pwn.pl/slowniki/DNA.html.

The Global Risks Report 2017. (2017). The World Economic Forum. 12th Edition, Geneva. Pobrano 17.03.2018 r., z: http://www3.weforum.org/docs/GRR17_Report_web.pdf.

Tomar S. (2014). *Nanotechnology. Current Global Trends and Future Military Applications for „Soldier as a System"*. Journal of Defence Studies. Vol. 8, No. 4 October-December. New Delhi. Pobrano 17.03.2018 r., z: http://www.idsa.in/system/files/jds/jds_8_4_2014_sanjivtomar.pdf.

What Are Carbon Nanotubes? (2017). Pobrano 17.03.2018 r., z: http://www.nanocomptech.com/.

What is nanotechnology. (2017). Portal internetowy USA National Nanotechnology Initiative. Pobrano 17.03.2018 r., z: https://www.nano.gov//nanotech-101/what/definition,

Pobrano 17.03.2018 r., z: http://www.businessdictionary.com/definition/agile-manufacturing.html

Pobrano 17.03.2018 r., z: http://www.e-biotechnologia.pl/Artykuly/Mapowanie-genomow/

Pobrano 17.03.2018 r., z:
http://www.pg.gda.pl/chem/Dydaktyka/Analityczna/AZS/Namiesnik_OLD/analityka_020.pdf

Pobrano 17.03.2018 r., z: http://www.zba.wbbib.uj.edu.pl/documents/23149178/c0f57bd8-5b30-4560-bbc8-5df6132dd87a