



Robert Borkowski

dr hab., prof. KAAFM, Krakowska Akademia im. Andrzeja Frycza Modrzewskiego,
przewodniczący Komisji ds. Innowacji Technicznych i Technologicznych w Ratownictwie Śląskiego
WOPR, przewodniczący Podkomisji Ratownictwa Narciarskiego KTN ZG PTTK
ORCID: 0000-0001-7086-9455

Robotyka bezpieczeństwa i ratownictwa jako nowy obszar nauki i inżynierii bezpieczeństwa

Wprowadzenie

Robotyka to – w najogólniejszym znaczeniu tego terminu – dziedzina nauki i techniki zajmująca się projektowaniem, konstruowaniem i wykorzystywaniem robotów w różnych dziedzinach przemysłu, eksploracji kosmosu i głębin morskich, usług, transportu, jak również w wojskowości. Mobilne roboty znajdują coraz szersze zastosowanie w miejscach i sytuacjach, gdzie działanie człowieka może być dla niego niebezpieczne, uciążliwe lub wręcz niemożliwe¹. Roboty mogą służyć więc do penetracji obiektów, w których może wystąpić zagrożenie dla człowieka (np. skażenie powietrza, promieniowanie, pożar, groźba zawalenia budynku etc.) oraz do inspekcji miejsc niedostępnych (przewody wentylacyjne, rurociągi, zawalone chodniki kopalń, gruzowiska etc.)². Rozwój inżynierii i nowych technologii jest zatem niezwykle istotny dla poszerzania zdolności do stawiania czoła zagrożeniom, niwelacji skutków katastrof, likwidowania szkód i zniszczeń oraz szybszego i skuteczniej-

¹ *Springer Handbook of Robotics*, eds. B. Siciliano, O. Khatib, Springer, Berlin 2008; J. Vachálek, G. Takács, *Robotika*, Vydavateľstvo Spectrum STU, Bratislava 2014.

² W. Moczulski, W. Skarka, M. Adamczyk, M. Januszka, T. Giesko, J. Mężyk, W. Mizak, D. Pająk, W. Panfil, P. Przystałka, M. Targosz, R. Wiglenda, M. Wyleżoł, *Projekt grupy wielozadaniowych robotów mobilnych wykorzystujących zaawansowane technologie*, „Problemy Eksploatacji” 2011, nr 3, s. 123–129.

szego reagowania w warunkach niebezpiecznych³. Osobną kwestią jest rozwój robotyki w medycynie⁴.

W ostatnich latach następuje także rozwój robotyki w szeroko rozumianym sektorze bezpieczeństwa wewnętrznego zarówno w ochronie granic państwowych, działań policyjnych, jak i w ratownictwie. Ten ostatni obszar zastosowań robotów zwany jest w nauce anglosaskiej robotyką bezpieczeństwa i ratownictwa (*Safety and Rescue Robotics*), a w odniesieniu do samego ratownictwa stosuje się także pojęcie „robotyka ratunkowa” (*Rescue Robotics*). W użyciu pozostaje termin „robotyka katastrof” (*Disaster Robotics*), na określenie urządzeń przeznaczonych do działania w ekstremalnych sytuacjach kryzysowych, takich jak: trzęsienia ziemi, katastrofy budowlane, wielkie lawiny, huragany, awarie elektrowni jądrowych etc.⁵ Akcje poszukiwawcze z użyciem robotów w gęsto zaludnionych rejonach ogarniętych katastrofami zwane są robotyką poszukiwawczo-ratunkową w terenie zurbanizowanym (*Urban Search And Rescue Robotics*)⁶. Przez termin „robotyzacja” należy z kolei rozumieć proces wdrażania systemów robotyki zaprojektowanych do danej dziedziny działań.

Genezą robotyki było konstruowanie urządzeń zdalnie sterowanych, wykorzystywanych przede wszystkim przez siły zbrojne, jak również urządzeń przemysłowych, wykonujących cyklicznie te same czynności montażowe w procesie produkcji. Urządzenia takie to manipulatory, automaty i roboty przemysłowe, zwane także agregatami przemysłowymi, stąd w naukach technicznych występuje łączne traktowanie zagadnień automatyki i robotyki, a ostatnio także mechatroniki, jako jednego obszaru inżynierii⁷. Rozwój technologii cyfrowych i prac nad tzw. sztuczną inteligencją (*Artificial Intelligence*, AI) przyspieszył z kolei postępy robotyki i robotyzacji różnych dziedzin gospodarki. Oprócz maszyn rozwijają się wciąż nowe zastosowania algorytmów AI, botyki, systemów eksperckich oraz sieci neuronowych w biznesie, bankowości, ubezpieczeniach, marketingu etc.⁸ Uważa się, że powszechne wdrażanie urządzeń wykorzystujących sztuczną inteligencję należy do czterech najpoważniejszych problemów społecznych, psychologicznych i etycznych nadchodzącej dekady, z jakimi zmierzyć muszą się zarówno rządy, jak i cała ludzkość. Wyzwania obec-

³ M. Kleiber, *Nauka i technologia na rzecz bezpieczeństwa państwa w polskich realiach*, „Bezpieczeństwo Narodowe” 2014, nr 4, s. 61–73.

⁴ Zob. np. A. van Wynsberghe, *Healthcare Robots. Ethics, Design and Implementation*, Routledge, New York 2015.

⁵ *Disaster Robotics: Results from the ImPACT Tough Robotics Challenge*, ed. S. Tadakoro, Springer, Cham 2019.

⁶ Zob. *Rescue Robotics. DDT Project on Robots and Systems for Urban Search and Rescue*, ed. eadem, Springer, London 2009, s. 10; *Search and Rescue Robotics. From Theory to Practise*, eds. G. de Cubber et al., Intech, Rijeka 2017.

⁷ Zob. R. Tadeusiewicz, *W stronę uśmiechniętych maszyn. Spacer pograniczem biologii i techniki*, Wydawnictwo „Alfa”, Warszawa 1989, s. 197; P. Sienkiewicz, *Poszukiwanie Golema. O cybernetyce i cybernetykach*, Krajowa Agencja Wydawnicza, Warszawa 1988, s. 156–157; M.W. Szelerski, *Robotyka przemysłowa. Teoria, budowa, eksploatacja*, Wydawnictwo KaBe, Krosno 2019; W. Kaczmarek, J. Panasiuk, *Programowanie robotów przemysłowych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2017.

⁸ Zob. np. D. Rogowska, *Zastosowanie metod sztucznej inteligencji wspomagających kontakty z klientami na przykładzie chatterbotów*, „Ekonomia i Zarządzanie” 2010, nr 4, s. 137–146.

nego etapu rewolucji cyfrowej określa się nieraz mianem IBAC; składają się na nie: rozwój Internetu rzeczy (*Internet of Things*), technologia Blockchain, upowszechnianie urządzeń AI oraz kwestie cyberzagrożeń i cyberbezpieczeństwa (*Cybersecurity*). Wobec problemów, jakie niesie obecna fala cywilizacyjnego rozwoju, postuluje się skodyfikowanie etyki sztucznej inteligencji, a także robotyki⁹, której rozwój stał się impulsem do głębokiej refleksji nad przyszłością człowieka funkcjonującego w sztucznym i stworzonym przez siebie swoistym, cyfrowym ekosystemie¹⁰.

Ze względu na sposób sterowania urządzeniami, wyróżnia się roboty: zdalnie sterowane przez człowieka oraz działające autonomicznie, czyli wyposażone w AI. Pojęcie „inteligencja” (łac. *intelligentia* – zdolność pojmowania, rozum) oznacza, najogólniej, zdolność podmiotu do postrzegania, analizy i adaptacji do zmian zachodzących w otoczeniu. Jest to więc zarówno rozumienie zjawisk zachodzących w otoczeniu, jak i uczenie się oraz wykorzystywanie posiadanej wiedzy i umiejętności celem reagowania i rozwiązywania problemów. Według twórcy skali pomiaru IQ (*intelligence quotient*) Davida Wechslera, inteligencja oznacza zdolność do celowego działania, racjonalnego myślenia i efektywnego radzenia sobie z otoczeniem. Nietrudno zauważyć, że maszyny wyposażone w AI mogłyby spełniać co najwyżej – i to w ograniczonym zakresie – pierwszy oraz trzeci warunek. Należy też wskazać koncepcję Howarda Gardnera, który wyróżnił osiem rodzajów inteligencji, a nie tylko inteligencję logiczną (matematyczną), dość długo uważaną za jedyny rodzaj. Termin „sztuczna inteligencja” został wprowadzony do języka nauki przez matematyka Johna McCarthy’ego w 1955 r.¹¹ Jest jednak mylący i absolutnie nieadekwatny do określenia sposobu działania maszyn, które bynajmniej nie funkcjonują w sposób świadomy i nie mają nic wspólnego z ludzką inteligencją¹².

Pomimo że urządzenia te są tylko maszynami, kwestie wprowadzania robotów i rozwoju prac nad AI budzą poważne i częstokroć negatywne emocje w społeczeństwach. W dużej mierze kontekst emocjonalny powodowany jest stereotypowymi wyobrażeniami ukształtowanymi przez kulturę popularną – najpierw przez literaturę science fiction, a później przez obrazy filmowe tego gatunku. Coraz bardziej nasilają się obawy o przyszłość rynku pracy, który w efekcie rewolucji informacyjnej ulega szybkim przemianom i który może być zagrożony postępującą robotyzacją i automatyzacją nie tylko w przemyśle, ale również w usługach i w pracy

⁹ Zob. P. Boddington, *Towards a Code of Ethics for Artificial Intelligence*, Springer, Cham 2017, s. 1–5; D. Leben, *Ethics for Robots. How to Design a Moral Algorithm*, Routledge, New York 2019; S.G. Tzafestas, *Roboethics. A Navigating Overview*, Springer, Berlin 2015.

¹⁰ Szerzej na ten temat por. *Robot Ethics. The Ethical and Social Implications of Robotics*, eds. P. Lin, K. Abney, G.A. Bekey, The MIT Press, Cambridge, Mass. – London 2014; *Robot Ethics 2.0. From Autonomous Cars to Artificial Intelligence*, eds. P. Lin, R. Jenkins, K. Abney, Oxford University Press, Oxford 2017.

¹¹ *Artificial Intelligence and Mathematical Theory of Computation: Papers in Honor of John McCarthy*, ed. V. Lifschitz, Academic Press Inc., San Diego–London 1991.

¹² Szerzej na ten temat zob. m. in. R.R. Murphy, *Introduction to AI Robotics*, The MIT Press, Cambridge, Mass. – London 2000; J. Kaplan, *Sztuczna inteligencja. Co każdy powinien wiedzieć*, tłum. S. Szymański, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2019; M. Tegmark, *Życie 3.0. Człowiek w erze sztucznej inteligencji*, tłum. T. Krzysztoń, Prószyński i S-ka, Warszawa 2019; K. Ficoń, *Sztuczna inteligencja – nie tylko dla humanistów*, Bel Studio, Warszawa 2013.

umysłowej¹³. Do przeciwników robotyzacji dokonujących niejednokrotnie drobnych aktów sabotażu, należą głównie pracownicy wykonujący niskopłatną i nie wymagającą wysokich kwalifikacji pracę fizyczną. Pozwala to na porównanie obecnej sytuacji zdesperowanych pracowników do XIX-wiecznego ruchu brytyjskich luddystów. Do krytyków nieograniczonego rozwoju technologii AI zalicza się także prominentne postacie biznesu, nauki i życia publicznego, takie jak: Elon Musk, laureatka Pokojowej Nagrody Nobla Jody Williams oraz – u schyłku swego życia – prof. Stephen Hawking, którzy w 2015 r. podpisali dwa apele w sprawie: zaprzestania tzw. badań nieukierunkowanych oraz zakazu stosowania broni autonomicznej¹⁴. Krytycy trendów rozwojowych opartych o powszechną robotyzację i urządzenia wykorzystujące AI, przestrzegają przed wyzwaniem i zagrożeniem natury psychologicznej stojącymi przed społeczeństwem, w którym praca byłaby przywilejem nielicznych. Oznaczałoby to całkowitą zmianę ładu społecznego w skali globalnej o trudnych do przewidzenia skutkach, w tym np. wprowadzenie w życie postulatu gwarantowanego dochodu podstawowego¹⁵. Jednocześnie wraz z rozwojem technologii AI, technik *Big Data*, elektronicznej inwigilacji, biometrycznych technik kontroli tożsamości oraz ciągłego rozwoju ilościowego monitoringu wideo i upowszechnienia dronów, narastają uzasadnione obawy co do przyszłości demoliberalnego porządku ustrojowego. Dystopijne wizje bliskiej przyszłości określane są mianem *Dossier Society*, *Policing Civilization* oraz *Military Urbanism*¹⁶.

Robotyka i robotyzacja bezpieczeństwa

Wprowadzenie do użytku robotów określa się jako robotyzację, np. robotyzację produkcji, ratownictwa czy sił zbrojnych¹⁷. Chociaż armie nie tylko najbardziej rozwiniętych technologicznie potęg, takich jak Stany Zjednoczone, Francja, Rosja, Chiny czy Izrael, lecz także ok. 70 państw świata, mają na wyposażeniu roboty pola walki, to jednak bariera etyczna i psychologiczna w postaci praw sformułowanych przez pisarza science fiction Isaaca Asimova, a także innych twórców etyki robotów, powoduje, że informacje na temat systemów bojowych przyszłości utrzymywane są w tajemnicy¹⁸. Jednak prawa te nie są przestrzegane w sposób rygorystyczny,

¹³ Na ten temat zob. N. Bostrom, *Superinteligencja. Scenariusze, strategie, zagrożenia*, tłum. D. Kownocka-Sawa, Helion, Gliwice 2016; M. Ford, *Świt robotów. Czy sztuczna inteligencja pozbawi nas pracy?*, tłum. K. Łuniewska, Wydawnictwo cdp.pl, Warszawa 2016; J. Rifkin, *Koniec pracy – schyłek siły roboczej na świecie i początek ery postrykowej*, tłum. E. Kania, Wydawnictwo Dolnośląskie, Wrocław 2001.

¹⁴ Zob. E. Bendyk, *Nieludzka wojna*, „Polityka” 2017, nr 36, s. 52.

¹⁵ Zob. K. Jałochowski, *Jak przyrzędnąć kawę będąc martwym?*, „Polityka” 2017, nr 44, s. 62; R. Woś, *Co się stanie z naszą pracą?*, „Polityka” 2016, nr 1/2, s. 56.

¹⁶ I.G.R. Shaw, *Predator Empire. Drone Warfare and Full Spectrum Dominance*, University of Minnesota Press, Minneapolis–London 2016, s. 199, 229.

¹⁷ Por. L. Freedman, *Przyszła wojna*, tłum. W. Jeżewski, Bellona, Warszawa 2019, s. 323–340; Ł. Kamieński, *Technologia i wojna przyszłości. Wokół nuklearnej i informacyjnej rewolucji w sprawach wojskowych*, WUJ, Kraków 2009, s. 234–262.

¹⁸ Zob. Three Laws of Robotics, https://en.wikipedia.org/wiki/Three_Laws_of_Robotics [dostęp: 10.01.2020]; I. Asimov, *Ja. Robot*, tłum. Z.A. Królicki, wyd. 3, Rebis, Poznań 2019.

gdyż powszechnie stosowanym rodzajem robotów używanych współcześnie na polu walki są drony. W powszechnej opinii społecznej nie są one do końca utożsamiane z robotyzacją wojny, lecz traktowane jako kolejny i zwyczajny element w rozwoju lotnictwa bojowego. Jednak siły powietrzne Stanów Zjednoczonych, a także w mniejszym stopniu Izraela, stosują ten rodzaj urządzeń do akcji bojowych celem niszczenia siły żywej¹⁹. Z kolei Iran zastosował drony w skutecznych atakach na saudyjską infrastrukturę naftową w rejonie Bukajk w 2019 r. Nieskuteczność obrony przeciwlotniczej przy jej wysokich kosztach unaocznia, że proporcje kosztów prowadzenia wojny z użyciem robotów w stosunku do tradycyjnych systemów antyrakietowych, jak np. Patriot, mogą wynieść 1:4000²⁰. Może to w najbliższych dwóch dekadach zmienić całkowicie układ sił na Bliskim Wschodzie, a być może także na całym świecie.

Zgodnie z pierwszym prawem robotyki, sformułowanym przez Asimova, robot nie może skrzywdzić człowieka, ani przez zaniechanie działania dopuścić, aby doznał on krzywdy. Z tej samej przyczyny nie wprowadzono jeszcze robotów do celów interwencji policyjnych czy tłumienia zamieszek ulicznych, jednak technicznie jest to od dawna możliwe. Istnieją bowiem urządzenia wyposażone w miotacze gazu łzawiącego, miotacze kul gumowych czy emitery ultradźwięków. Dotychczasowe inicjatywy w zakresie robotyzacji działań policyjnych dotyczą funkcji patrolowo-kontrolnych, jak ma to miejsce np. na lotnisku Shenzhen w Chinach (robot AnBot) czy w Tunisie w okresie epidemii COVID-19 (robot PGuard), choć np. w USA zastosowano w 2016 r. robota policyjnego do fizycznej likwidacji zabójcy policjantów z Dallas, ukrywającego się w trudno dostępnym i bronionym miejscu.

Z punktu widzenia nauk o bezpieczeństwie ze względu na dziedzinę zastosowania robotów wyróżnić można następujące ich typy:

- 1) roboty wojskowe:
 - a) rozpoznania,
 - b) bojowe,
 - c) saperskie,
 - d) inne (do celów logistycznych, rozrzucania ulotek w operacjach typu PSYOPS);
- 2) roboty policyjne:
 - a) obserwacyjne (mobilny monitoring i inwigilacja)²¹,
 - b) saperskie (sekcje pirotechniczne formacji antyterrorystycznych),
 - c) patrolowe (patrowanie i kontrola danego terenu lub obiektu),
 - d) pościgowe (autonomiczne pojazdy);
- 3) cywilne roboty ratownicze:
 - a) patrolowe,
 - b) poszukiwawcze,
 - c) do ewakuacji poszkodowanych z miejsc zagrożenia,

¹⁹ Zob. I.G.R. Shaw, *op. cit.*, s. 105; P.J. Springer, *Outsourcing War to Machines: The Military Robotics Revolution*, Praeger Security International, Santa Barbara–Denver 2018; R. Whittle, *Predator: The Secret Origins of the Drone Revolution*, Henry Holt & Co., New York 2014.

²⁰ Por. Ł. Wójcik, *Roje idą w bój*, „Polityka” 2019, nr 39, s. 48.

²¹ J. Niklas, A. Walkowiak, *Drony – nadzór z powietrza*, Fundacja Panoptikon, https://panoptikon.org/sites/default/files/publikacje/panoptikon_drony_-_nadzor_z_powietrza_11.07.2014_2_0.pdf [dostęp: 5.04.2020].

- d) interwencyjne (działania pożarnicze, ratownictwo techniczne, ratownictwo wodne);
- 4) roboty komercyjne:
 - a) przemysłowe,
 - b) usługowe.

Natomiast ze względu na środowisko działania oraz sposób poruszania się urządzenia, wyróżnia się następujące rodzaje robotów:

- 1) roboty poruszające się po lądzie (Unmanned Ground Vehicles, UGV):
 - a) pojazdy zwane robotami mobilnymi:
 - kołowe,
 - gąsienicowe,
 - b) konstrukcje biomimetyczne:
 - kroczące (antropomorficzne, zoomorficzne),
 - pełzające,
 - skaczące,
 - toczące się,
- 2) roboty latające (Unmanned Aerial Vehicles, UAV):
 - a) samoloty śmigłowe,
 - b) samoloty odrzutowe,
 - c) śmigłowce (aerobowy o różnej ilości wirników),
 - d) sterowce i balony
 - e) inne (np. imitatory owadów),
- 3) roboty pływające (Unmanned Marine Vehicles, UMV):
 - a) nawodne,
 - b) podwodne.

Innego rodzaju podział stosowany jest w środowiskach: inżynierskim oraz biznesowym, jednak nie zawsze przyjmowane są precyzyjne kryteria klasyfikacyjne:

- 1) roboty eksperymentalne i badawczo-rozwojowe,
- 2) roboty wojskowe i policyjne,
- 3) roboty eksploracyjne, poszukiwawcze i kosmiczne,
- 4) roboty do użytku publicznego,
- 5) roboty do użytku osobistego,
- 6) roboty medyczne i okołomedyczne,
- 7) roboty społeczne, osobiste, interaktywne i terapeutyczne,
- 8) roboty przemysłowe,
- 9) roboty służące rozrywce oraz edukacji,
- 10) zrobotyzowane, autonomiczne pojazdy,
- 11) konstrukcje amatorskie²².

Robotyka ratunkowa

Roboty znajdują coraz szersze zastosowanie w działaniach ratunkowych w różnych, często niedostępnych lub niebezpiecznych dla człowieka środowiskach:

²² Zob. Asimo.pl, www.asimo.pl [dostęp: 10.04.2020].

przyrodniczym i technicznym (wysokie góry, rozległe akweny, kopalnie, instalacje jądrowe). Ich przydatność zaznacza się szczególnie w reagowaniu kryzysowym w katastrofach zarówno naturalnych (trzęsienia ziemi, wielkie lawiniska, zniszczenia dokonane przez huragany i tsunami), jak i technicznych (awarie elektrowni jądrowych, katastrofy budowlane, pożary rafinerii), a więc w warunkach ekstremalnie trudnych i niebezpiecznych dla ratowników²³. Roboty mogą operować w miejscach i sytuacjach, w których nie da się użyć nawet zwierząt. Przykładowo: w akcji ratunkowej w gruzach World Trade Center (WTC) wykorzystano szczury, którym wszczepiono mikrokamery, lecz nie przetrwały one w warunkach wysokiej temperatury panującej we wnętrzu gigantycznego rumowiska²⁴. Wprowadzenie robotów do akcji ratunkowych pozwala także wydatnie skrócić czas wielu działań, takich jak: poszukiwania zaginionych, odgruzowywania, transport leków i sprzętu medycznego. Nader istotne jest też zapewnienie bezpieczeństwa ratowników w dłuższej perspektywie czasowej, a mianowicie uchronienie ich przed ekspozycją na skażenia i działanie niebezpiecznych substancji. Wiadomo, że w wyniku akcji ratunkowej w WTC, znaczna liczba nowojorskich strażaków, w efekcie ekspozycji na pył azbestowy, poniosła nieodwracalny uszczerbek na zdrowiu.

Impulsem do rozwoju robotyki ratunkowej były tragiczne wydarzenia, takie jak: awarie elektrowni jądrowych Three Mile Island w 1979 r. i w Czarnobylu w 1986 r.; zamach bombowy w gmachu federalnym w Oklahoma City w 1995 r.; wielkie trzęsienie ziemi w japońskim Kobe w 1995 r. oraz ataki na WTC w 2001 r. W ostatnim przypadku działania poszukiwawcze podjęło specjalne centrum CRASAR (Center for Robot-Assistance Search and Rescue) wyposażone w roboty skonstruowane przez agencję DARPA (Defence Advanced Research Project Agency) dla potrzeb sił zbrojnych USA²⁵. Mobilne roboty lądowe występują w różnych formach w zależności od środowiska i zadań, jakie mają wykonywać. Z jednej strony istnieją wielkogabarytowe, ciężkie maszyny do prac przy odgruzowywaniu zwalonych budynków oraz przekopywania lawinisk i pojazdy do operowania w miejscach niebezpiecznych, w których życie człowieka byłoby zagrożone, np. roboty pożarnicze (m.in. gaśnicowy pojazd gaśniczy FFR-1). Z drugiej strony, w użyciu są niewielkie urządzenia wykorzystywane do penetracji trudno dostępnych miejsc celem prowadzenia akcji poszukiwawczych²⁶.

Roboty powietrzne, czyli bezzałogowe urządzenia latające określane powszechnie mianem dronów, mogą być wykorzystywane w rozmaitych rodzajach ratownictwa zarówno morskiego, wodnego, jak i górskiego²⁷. Znajdują zastosowanie w realizacji różnych zadań, poczynając od patrolowania terenu działania grupy ratowniczej i prowadzenia akcji poszukiwawczych, nawiązania łączności z zaginionymi lub uwięzionymi, przez transport medykamentów i urządzeń

²³ Zob. *Rescue Robotics...*, *op. cit.*, s. 13; S.L. Hamilton, *Rescue Robots*, Abdo Publishing, Minneapolis 2019.

²⁴ R.R. Murphy, *Disaster Robotics*, The MIT Press, Cambridge, Mass. – London 2014, s. 11.

²⁵ Na temat projektów agencji zob. *The DARPA Robotics Challenge Finals: Humanoid Robots to the Rescue*, eds. M. Spenko, S. Buerger, K. Iagnemma, Springer, Cham 2018.

²⁶ R.R. Murphy, *Disaster...*, *op. cit.*, s. 64–65.

²⁷ S.E. Kreps, *Drony – wprowadzenie, technologie, zastosowania*, tłum. A. Adamczyk, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2019, s. 13–20, 131–176.

medycznych, aż po bezpośrednie użycie w akcji ratunkowej oraz ewakuacji poszkodowanych²⁸. Drony mogą przenosić potrzebne leki oraz defibrylatory typu AED w odległe miejsca. Przykładem wykorzystania urządzenia latającego do dostarczenia lekarstw jest wyprawa narciarza ekstremalnego Andrzeja Bargiela na K2, podczas której do obozu położonego na wysokości 6900 m n.p.m. dron przetransportował brakujące leki²⁹.

Bezzałogowiec o odpowiedniej mocy i udźwigu może nie tylko dokonywać zrzutu środków ratunkowych w postaci koła ratunkowego (PARS w Iranie nad Morzem Kaspijskim), ale i skutecznie holować z powietrza uratowanego, któremu zrzucono boję zaopatrzoną w linę umocowaną do latającego robota (np. dron z samopompującą bojką asekuracyjną Restube)³⁰. We Francji na wybrzeżu Akwitanii stosuje się drony poruszające się z prędkością 80 km/h i zrzucające tonącym samopompujący rękaw ratunkowy. Natomiast w greckim ratownictwie na Morzu Egejskim stosowany jest pływający robot o nazwie „Emily”. Podwodne urządzenia służą głównie do prac kartograficznych, badania czystości wód, lecz mogą być wykorzystywane również do akcji ratunkowych³¹.

Dotychczasowe osiągnięcia robotyki ratunkowej związane są jednak przede wszystkim z katastrofami: w kopalniach amerykańskich (Excel Mine, DR Mine, Jim Walter Mine, Brown’s Fork Mine, McClane Canyon Mine, Sago Mine, Crandall Canyon Mine, Upper Big Branch Mine, Midas Gold Mine, Barrick Gold Dee Mine, Pike River Mine), chińskich (Wangjialing) i nowozelandzkich (Pike’s River Mine); po trzęsieniach ziemi w Japonii (Tohoku, Niigata Chuetsu), we Włoszech (Finale Emilia, L’Aquila), Nowej Zelandii (Christchurch) i na Haiti; po lawinie błotnej (La Conchita) i katastrofach budowlanych w USA (Berkman Plaza w Jacksonville, Prospect Towers w New Jersey, most Minnesota Bridge) oraz w RFN (gmach archiwum miejskiego w Kolonii); w rejonach USA zniszczonych huraganami (Charley, Katrina, Ike, Wilma); po powodziach w Japonii i Tajlandii; w wyniku awarii platformy wiertniczej Deepwater Horizon w Zatoce Meksykańskiej; w zniszczonej eksplozją bazie marynarki na Cyprze oraz z katastrofami w wyniku awarii elektrowni jądrowej w Fukushima. Ekstremalnie trudne warunki działania powodują, że stosowane urządzenia czasami zawodzą. Analiza zaistniałych uszkodzeń i błędów w działaniu robotów pozwala jednak na konstruowanie coraz lepszych urządzeń.

Od czasu zastosowania robotów w gruzach World Trade Center, czyli w dwudziestoletnim okresie rozwoju robotyki ratunkowej w katastrofach, odnotowano zaledwie kilkanaście porażek. Należą do nich: utrata urządzenia w ciężkich warunkach terenowych (lawina błotna) lub fizycznych (wysoka temperatura), zniszczenie w wyniku eksplozji, kolizja z innym urządzeniem lub z elementem miejscowej infrastruktury technicznej, jak również – choć rzadko – utrata łączności z robotem,

²⁸ Zob. R. Borkowski, A. Łach, J. Zwierzyna, *Wykorzystanie bezzałogowych statków powietrznych w ratownictwie wodnym*, „Bezpieczeństwo. Teoria i Praktyka” 2018, nr 2, s. 115–132.

²⁹ Zob. W. Fusek, J. Porębski, *Himalaje poświęcenia*, „Newsweek” 2019, nr 4: *110 lat TOPR*, wydanie specjalne, s. 80–88.

³⁰ Zob. Restube, www.restube.com [dostęp: 14.04.2020].

³¹ R.R. Murphy, *Disaster...*, *op. cit.*, s. 139; A. Gianluca, *Underwater Robots*, Springer, Cham 2016.

czy – tak prozaiczne – zaparowanie obiektywów kamer³². Przyszłością robotyki ratunkowej jest stosowanie coraz bardziej złożonych urządzeń zdolnych do autonomicznych działań³³. Wdrażanie robotów do użytku wiąże się z badaniem ich efektywności, co przeprowadza się w trzech etapach. Po pierwsze, w fazie testów laboratoryjnych, po drugie – w fazie testów terenowych i po trzecie – w warunkach bezpośredniej obserwacji w normalnej eksploatacji urządzenia. Dotychczasowe doświadczenia praktyczne dowiodły, że zastosowanie robotów jest niezbędne dla skuteczności i maksymalizacji liczby uratowanych istnień ludzkich w różnego rodzaju akcjach ratunkowych.

Podsumowanie

Konstruowanie, wdrażanie i doskonalenie urządzeń oraz systemów robotyki jest immanentną cechą obecnej fazy rozwoju cywilizacji. Jest zatem procesem nieuniknionym i w istocie niezbędnym. Upowszechnianie robotyki stawia przed konstruktorami i programistami nowe wyzwania związane z bezpieczeństwem i ratownictwem. Dzięki robotyzacji otwierają się możliwości wspomagania służb ratowniczych i poszerzania ich zdolności działania oraz zwiększenia liczby uratowanych. Robotyka ratunkowa pozwala na: wykonywanie działań patrolowych i poszukiwawczych, interwencje dla ratowania życia, dotarcie do uszkodzonych uwieczonych w odległych i niedostępnych miejscach, dostarczanie medykamentów i środków ratowniczych, a także na ewakuację uszkodzonych z miejsc niebezpiecznych dla ratowników. W konsekwencji rozwoju robotyki ratunkowej w przyszłości rozwiną się nowe elementy taktyki ratowniczej i postępować będzie specjalizacja w służbach ratowniczych. Zapewne rozwinie się podział na ratowników „pierwszej linii” i coraz liczniejszych operatorów robotów. Niesie to ze sobą szereg problemów natury psychologicznej dla społeczności i grup ratowniczych. Nader istotne, zważywszy opór towarzyszący wdrażaniu nowoczesnych technologii, jest badanie opinii samych ratowników. Prowadzenie badań opinii społecznej i wdrażanie odpowiednich działań szkoleniowych jest ważne, aby nowe technologie były przyswajane w ich środowiskach bez negatywnych kontekstów emocjonalnych. Postępy robotyzacji ratownictwa w Polsce są dotychczas skromne zarówno jeśli chodzi o wdrażanie urządzeń do wspomagania służb ratowniczych (pojedyncze próby w PSP, GOPR i WOPR), jak i w wymiarze prac badawczych i liczby publikacji na temat robotyki: bezpieczeństwa i ratownictwa.

Istnieje potrzeba rozwoju badań naukowych – w formie prac analitycznych i praktycznych testów urządzeń – na temat możliwych obszarów wdrażania robotów w różnych rodzajach i obszarach ratownictwa. Prace takie powinny mieć charakter

³² Wykaz akcji, w których zastosowano roboty ratunkowe, jak również problemy techniczne, jakie wystąpiły w związku z ich użyciem, przedstawia szczegółowo R.R. Murphy; zob. *Disaster...*, *op. cit.*, s. 24, 44–45, 88–90 oraz 150–151.

³³ *Artificial Intelligence Safety and Security*, ed. R.V. Yampolskiy, Taylor & Francis, New York 2018; *Autonomous Control Systems and Vehicles: Intelligent Unmanned Systems*, eds. Kenzo Nonami, M. Kartidjo, Kwang Joon Yoon, Agus Budiyo, Springer, Tokyo 2013.

multidyscyplinarny i obejmować zarówno dziedziny inżynierii bezpieczeństwa, jak i nauk społecznych, nauk medycznych oraz nauk prawnych. Nader istotny jest zatem rozwój prac badawczych na gruncie rodzimych nauk o bezpieczeństwie, obejmujących nowe pola badawcze związane z robotyką ratownictwa.

Należy uznać, że istnieje również potrzeba kształtowania opinii społecznej odnośnie robotyzacji ratownictwa. Zasadne jest podjęcie badań nad postawami i opiniami na temat wprowadzania robotów do użytku służb ratunkowych. W efekcie tego powinno nastąpić podjęcie szerszych działań edukacyjnych za pośrednictwem mass mediów celem wskazywania możliwych korzyści i przełamywania negatywnych stereotypów niechęci do nowoczesnych urządzeń, które bynajmniej nie zastąpią ratowników, ale poszerzą ich możliwości działania, a co za tym idzie wydawnie polepszą skuteczność ratowania życia ludzkiego.

Bibliografia

- Artificial Intelligence and Mathematical Theory of Computation: Papers in Honor of John McCarthy*, ed. V. Lifschitz, Academic Press Inc., San Diego–London 1991.
- Artificial Intelligence Safety and Security*, ed. R.V. Yampolskiy, Taylor & Francis, New York 2018.
- Asimo.pl, www.asimo.pl [dostęp: 10.04.2020].
- Asimov I., *Ja, Robot*, tłum. Z.A. Królicki, wyd. 3, Rebis, Poznań 2019.
- Autonomous Control Systems and Vehicles: Intelligent Unmanned Systems*, eds. Kenzo Nonami, M. Kartidjo, Kwang Joon Yoon, Agus Budiyo, Springer, Tokyo 2013.
- Bendyk E., *Nieludzka wojna*, „Polityka” 2017, nr 36.
- Boddington P., *Towards a Code of Ethics for Artificial Intelligence*, Springer, Cham 2017.
- Borkowski R., Łach A., Zwierzyna J., *Wykorzystanie bezałogowych statków powietrznych w ratownictwie wodnym*, „Bezpieczeństwo. Teoria i Praktyka” 2018, nr 2.
- Bostrom N., *Superinteligencja. Scenariusze, strategie, zagrożenia*, tłum. D. Konowrocka-Sawa, Helion, Gliwice 2016.
- Disaster Robotics: Results from the ImPACT Tough Robotics Challenge*, ed. S. Tadakoro, Springer, Cham 2019.
- Ficoń K., *Sztuczna inteligencja – nie tylko dla humanistów*, Bel Studio, Warszawa 2013.
- Ford M., *Świt robotów. Czy sztuczna inteligencja pozbawi nas pracy?*, tłum. K. Łuniewska, Wydawnictwo cdp.pl, Warszawa 2016.
- Freedman L., *Przyszła wojna*, tłum. W. Jeżewski, Bellona, Warszawa 2019.
- Fusek W., Porębski J., *Himalaje poświęcenia*, „Newsweek” 2019, nr 4: 110 lat TOPR, wydanie specjalne.
- Gianluca A., *Underwater Robots*, Springer, Cham 2016.
- Hamilton S.L., *Rescue Robots*, Abdo Publishing, Minneapolis 2019.
- Jałochowski K., *Jak przyrzadzić kawę będąc martwym?*, „Polityka” 2017, nr 44.
- Kaczmarek W., Panasiuk J., *Programowanie robotów przemysłowych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2017.
- Kamieński Ł., *Technologia i wojna przyszłości. Wokół nuklearnej i informacyjnej rewolucji w sprawach wojskowych*, WUJ, Kraków 2009.

- Kaplan J., *Sztuczna inteligencja. Co każdy powinien wiedzieć*, tłum. S. Szymański, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2019.
- Kleiber M., *Nauka i technologia na rzecz bezpieczeństwa państwa w polskich realiach*, „Bezpieczeństwo Narodowe” 2014, nr 4.
- Kreps S.E., *Drony – wprowadzenie, technologie, zastosowania*, tłum. A. Adamczyk, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2019.
- Leben D., *Ethics for Robots. How to Design a Moral Algorithm*, Routledge, New York 2019.
- Moczulski W., Skarka W., Adamczyk M., Januszka M., Giesko T., Mężyk J., Mizak W., Pająk D., Panfil W., Przyszałka P., Targosz M., Wiglenda R., Wyleżół M., *Projekt grupy wielozadaniowych robotów mobilnych wykorzystujących zaawansowane technologie*, „Problemy Eksploatacji” 2011, nr 3.
- Murphy R.R., *Disaster Robotics*, The MIT Press, Cambridge, Mass. – London 2014.
- Murphy R.R., *Introduction to AI Robotics*, The MIT Press, Cambridge, Mass. – London 2000.
- Niklas J., Walkowiak A., *Drony – nadzór z powietrza*, Fundacja Panoptikon, https://panoptikon.org/sites/default/files/publikacje/panoptikon_drony_-_nadzor_z_powietrza_11.07.2014_2_0.pdf [dostęp: 5.04.2020].
- Rescue Robotics. DDT Project on Robots and Systems for Urban Search and Rescue*, ed. S. Tadakoro, Springer, London 2009.
- Restube, www.restube.com [dostęp: 14.04.2020].
- Rifkin J., *Koniec pracy – schyłek siły roboczej na świecie i początek ery postrynkowej*, tłum. E. Kania, Wydawnictwo Dolnośląskie, Wrocław 2001.
- Robot Ethics 2.0. From Autonomous Cars to Artificial Intelligence*, eds. P. Lin, R. Jenkins, K. Abney, Oxford University Press, Oxford 2017.
- Robot Ethics. The Ethical and Social Implications of Robotics*, eds. P. Lin, K. Abney, G.A. Bekey, The MIT Press, Cambridge, Mass. – London 2014.
- Rogowska D., *Zastosowanie metod sztucznej inteligencji wspomagających kontakty z klientami na przykładzie chatterbotów*, „Ekonomia i Zarządzanie” 2010, nr 4.
- Search and Rescue Robotics. From Theory to Practice*, eds. G. de Cubber et al., InTechOpen, Rijeka 2017.
- Shaw I.G.R., *Predator Empire. Drone Warfare and Full Spectrum Dominance*, University of Minnesota Press, Minneapolis–London 2016.
- Sienkiewicz P., *Poszukiwanie Golema. O cybernetyce i cybernetykach*, Krajowa Agencja Wydawnicza, Warszawa 1988.
- Springer Handbook of Robotics*, eds. B. Siciliano, O. Khatib, Springer, Berlin 2008.
- Springer P.J., *Outsourcing War to Machines: The Military Robotics Revolution*, Praeger Security International, Santa Barbara–Denver 2018.
- Szelerski M.W., *Robotyka przemysłowa. Teoria, budowa, eksploatacja*, Wydawnictwo KaBe, Krosno 2019.
- Szymański J.M., *Życie systemów*, Wiedza Powszechna, Warszawa 1991.
- Tadeusiewicz R., *W stronę uśmiechniętych maszyn. Spacer pograniczem biologii i techniki*, Wydawnictwo „Alfa”, Warszawa 1989.
- Tegmark M., *Życie 3.0. Człowiek w erze sztucznej inteligencji*, tłum. T. Krzysztoń, Prószyński i S-ka, Warszawa 2019.
- The DARPA Robotics Challenge Finals: Humanoid Robots to the Rescue*, eds. M. Spenko, S. Buerger, K. Iagnemma, Springer, Cham 2018.

Three Laws of Robotics, https://en.wikipedia.org/wiki/Three_Laws_of_Robotics [dostęp: 10.01.2020];

Tzafestas S.G., *Roboethics. A Navigating Overview*, Springer, Berlin 2015.

Vachálek J., Takács G., *Robotika*, Vydavateľstvo Spectrum STU, Bratislava 2014.

Whittle R., *Predator: The Secret Origins of the Drone Revolution*, Henry Holt & Co., New York 2014.

Woś R., *Co się stanie z naszą pracą?*, „Polityka” 2016, nr 1/2.

Wójcik Ł., *Roje idą w bój*, „Polityka” 2019, nr 39.

Wynsberghe A. van, *Healthcare Robots. Ethics, Design and Implementation*, Routledge, New York 2015.

Robotyka bezpieczeństwa i ratownictwa jako nowy obszar nauki i inżynierii bezpieczeństwa

Streszczenie

Artykuł poświęcony jest ogólnemu zarysowaniu problematyki robotyzacji ratownictwa, która w krajach anglosaskich zyskała status wyodrębnionej dyscypliny badań oraz inżynierii. Rola robotyki ratownictwa będzie rosła, szczególnie w takich obszarach jak: pożarnictwo, niesienie pomocy ofiarom katastrof, akcje poszukiwawcze, a także w transporcie środków medycznych i ratunkowych w różnych, trudnych warunkach terenowych. W przyszłości zwiększy się znaczenie robotów służących do ewakuacji poszkodowanych ze stref zagrożenia, szczególnie, że mogą być one stosowane zarówno na ziemi, w powietrzu oraz nad i pod wodą.

Słowa kluczowe: robotyka ratownictwa, robotyka bezpieczeństwa, robotyzacja, sztuczna inteligencja, drony

Safety and rescue robotics as a new field of safety science and engineering

Abstract

The paper is devoted to the general outline of the issue of rescue robotization, which has already gained the status of a separate research and engineering discipline in Anglo-Saxon countries. The role of rescue robotics will grow, especially in areas such as firefighting, disaster relief, or search operations, as well as in the transport of medical and rescue equipment in various difficult field conditions. In the future, the importance of robots used to evacuate victims from danger zones will increase further, especially in view of the fact that they can be used both on the ground, in the air, and above and under water.

Key words: rescue robotics, safety robotics, robotics, artificial intelligence, drones

Die Sicherheits- und Rettungsrobotik als neues Gebiet der Wissenschaft und der Sicherheitsingenieurie

Zusammenfassung

Der Artikel ist der allgemeinen Übersicht der Robotisierung des Rettungsdienstes gewidmet, der in den angelsächsischen Ländern den Status eines getrennten Forschungsgebiets und Ingenieurie erlangte. Die Rolle der Rettungsdienstrobotik wird immer

größer sein, besonders auf solchen Gebieten, wie: Brandbekämpfung, Hilfe den Katastrophenopfern, Suchoperationen, als auch im Transport der medizinischen und Rettungsmittel unter verschiedenen schwierigen Feldbedingungen. In Zukunft gewinnen die Roboter an Bedeutung, die zur Evakuierung der Geschädigten aus den gefährdeten Gebieten dienen, besonders, dass sie sowohl am Boden, in der Luft, als auch über und unter dem Wasser verwendet werden können.

Schlüsselwörter: Rettungsdienstrobotik, Sicherheitsrobotik, Robotisierung, die künstliche Intelligenz, Drohnen

*Робототехника в области безопасности и спасения
– новое направление в науке и инженерии безопасности
Резюме*

В статье обозначены общие очертания проблематики развития робототехнических систем в работе спасательных служб, которая в англосаксонских государствах получила статус самостоятельной научно-технической дисциплины. Роль робототехники при проведении аварийно-спасательных работ будет расти, особенно в таких областях, как: пожаротушение, оказание помощи жертвам стихийных бедствий, поисковые операции, транспортировка медицинского и спасательного оборудования в сложных условиях. В будущем будет возрастать значение робототехники, используемой для эвакуации пострадавших из опасных зон, а роботы будут применяться на земле, в воздухе, над и под водой.

Ключевые слова: робототехника в области безопасности и спасения, роботизация, искусственный интеллект, беспилотники