

Rozdział I. Człowiek wobec sztucznej inteligencji

1. Sztuczna inteligencja – analiza zjawiska

Celem tego rozdziału jest omówienie zjawiska sztucznej inteligencji, według technicznych i organizacyjnych aspektów jej funkcjonowania i obecnego stanu rozwoju sztucznej inteligencji. Powyższe badanie ma na celu analizę podobieństw pomiędzy sztuczną inteligencją a człowiekiem.

Ustalenie obszaru badawczego wymaga zdefiniowania terminu „sztuczna inteligencja”. W praktyce napotykamy jednak na trudność z podaniem tej definicji. Wynika to z następujących względów. Termin „sztuczna inteligencja” nie jest terminem zdefiniowanym w przepisach prawa. W dyskursie naukowym prezentowane są różne definicje. Przy ocenie tych definicji należy uwzględnić postęp technologiczny, jaki dokonuje się w obszarze nowych technologii¹.

W celu zdefiniowania terminu „sztuczna inteligencja” należy uwzględnić przyczyny podjęcia i ewolucję prowadzenia badań nad sztuczną inteligencją. Na długo przed podjęciem rzeczywistych badań naukowych nad sztuczną inteligencją, maszyna posiadająca cechy człowieka i wchodząca w relacje z człowiekiem przedstawiona została w ujęciu artystycznym. Przykładem jest niemiecki film pt. „Metropolis” z 1927 r., w reżyserii *Fritza Langa*, ukazujący robota przybierającego cechy zewnętrzne człowieka, jako maszyny myślącej, zwanego w języku niemieckim *Maschinenmensch* (pol. człowiek maszyna)².

Początek badań naukowych nad sztuczną inteligencją w znaczeniu ścisłym, a więc w odniesieniu do zastosowania sztucznej inteligencji w środowisku teleinformatycznym przypada na lata siedemdziesiąte ubiegłego stulecia, co jest związane z początkiem zastosowania komputerów w obrocie masowym.

¹ Przykładowo wskazać należy, że słownik *Miriam Webster* zawiera dwa różne sposoby rozumienia terminu „sztuczna inteligencja”, zob. <https://www.merriam-webster.com/>, dostęp: 21.12.2019 r.

² *RogerEbert.com*, zob. <https://www.rogerebert.com/reviews/great-movie-metropolis-1927>, dostęp: 18.9.2019 r.

Natomiast badania naukowe nad analizą rodzajów zachowania się człowieka i możliwością ich transpozycji na maszyny (w tym roboty) podejmowane były o wiele wcześniej. W niektórych stanowiskach przedstawianych w literaturze przedmiotu podkreśla się, że początek badań nad sztuczną inteligencją datowany jest na 1956 r. i stanowi etap procesu tworzenia maszyn zdolnych do uczenia się³.

Inspiracją do tych badań w kontekście potencjału wykorzystania maszyn było stworzenie w 1834 r. przez *Charlesa Babbage* „Maszyny Analitycznej” (ang. *the Analytical Engine*) jako wielofunkcyjnego i programowalnego narzędzia⁴. Innym wydarzeniem jest stworzenie przez *George’a Boole’a* struktury matematycznej zwanej: „Algebrą Boole’a” (ang. *the Boolean Algebra*), opisującej możliwe zachowania mózgu w postaci analizy matematycznej⁵. Warto wskazać również na odkrycie w latach czterdziestych ubiegłego wieku przez *W.S. McCullocha* i *W. Pittsa*⁶, że niektóre komórki mózgowe działają w systemie binarnym, którego dotyczy algebra *Boole’a*. W tym miejscu podkreślenia wymaga, że takie próby porównywania podejmowane były już w poprzednim stuleciu za sprawą *Alana Turinga*. Ten uznany matematyk, jako kierownik zespołu, któremu udało się rozszyfrować kod Enigmy, prowadził również badania nad porównaniem urządzenia wykorzystywanego do obliczeń (zwanego przez niego „maszyną”) z człowiekiem⁷. W ramach tzw. Testu *Turinga*⁸,

³ J. Kiruthika, S. Khaddaj, Impact and challenges of using Virtual Reality & Artificial Intelligence in businesses, 2017 16th International Symposium on Distributed Computing and Applications to Business, Engineering and Science, AnYang 13–16.10.2017 r., The Institute of Electrical and Electronics Engineers 2017, s. 165.

⁴ Maszyna obliczeniowa wieloużytkowa. Posiadała zasób składający się z czterech arytmetycznych funkcji dla których istnieją aktualne nazwy: *conditional branching*, *looping (iteration)*, *microprogramming*, *parallel processing*, *iteration*, *latching*, *polling and pulse-shaping*. Maszyna ta posiadała różne gniazda wyjściowe, w tym wyjście dla drukarki, kart pamięci (ang. *punched cards*), plotter wykresu (ang. *graph plotter*) jak również narzędzie do automatycznego wydruku szablonów do wytwarzania matryc do wydruku; zob. The Engines, Computer History, <https://www.computerhistory.org/babbage/engines/>, dostęp: 5.5.2019 r.

⁵ S. Pemmaraju, S. Skiena, Computational Discrete Mathematics. Combinatorics and Graph Theory with Mathematica, Cambridge University Press 2003, s. 93–104.

⁶ W.S. McCulloch, W. Pitts, A logical calculus of the ideas immanent in neural nets, The Bulletin of Mathematical Biophysics 1943, vol. 5, s. 37.

⁷ A. Hodges, The Alan Turing Internet scrapbook, 1946–1948, <https://www.turing.org.uk/scrapbook/ace.html>, dostęp: 24.3.2020 r.; A.M. Turing, The Enigma. New York, Walker and Company, w: A.M. Turing, On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem, Proceedings of the London Mathematical Society 1936, vol. 2(42), s. 230–265.

⁸ Test *Turinga* oznacza sposób określania zdolności maszyny do posługiwania się językiem naturalnym i pośrednio mającym dowodzić opanowania przez nią umiejętności myślenia w spo-

wskazał on następujące cechy, jakie musi spełnić „komputer”, aby można było uznać, że „maszyna potrafi myśleć”:

- 1) przetwarzanie naturalnego języka (ang. *natural language processing*): maszyna powinna być zdolna komunikować się z człowiekiem w jego języku;
- 2) posiadanie i wykorzystywanie wiedzy (ang. *knowledge representation*): maszyna powinna mieć wiedzę jak również wiedzę tę powinna przechowywać w odpowiednim zasobie;
- 3) automatyczne rozumowanie (ang. *automated reasoning*): maszyna powinna być zdolna do myślenia opartego na posiadanej wiedzy, tzn. przetwarzania tej wiedzy;
- 4) maszynowe uczenie się (ang. *machine learning*): maszyna powinna być zdolna, żeby uczyć się poprzez obserwację swojego środowiska, w którym działa.

W 1945 r. John von Neumann stworzył architekturę maszyny obliczeniowej składającej się z jednostki sterującej (ang. *control unit*), jednostki arytmetyczno-logicznej (ang. *arithmetic and logic unit*, skrót ALU), pamięci (ang. *memory unit*), rejestrów oraz portów wejścia i wyjścia (ang. *inputs/outputs*), opartej na koncepcji przechowywania danych i programu w tej samej maszynie⁹. Przyjęta przez J. von Neumanna koncepcja zakładała, że maszyna jest w stanie realizować różne zadania poprzez wprowadzenie odpowiedniego zestawu instrukcji jak również danych oraz mechanizmu, który będzie stosował odpowiednie instrukcje. W latach pięćdziesiątych poprzedniego stulecia badania prowadzone były nad **naśladowaniem zachowań ludzkich**, poprzez tworzenie narzędzi programowych dla maszyn tworzonych według architektury J. von Neumanna, jak również na tworzeniu wyspecjalizowanych zasobów infrastrukturalnych dla tych maszyn¹⁰.

Według niektórych stanowisk prezentowanych w literaturze przedmiotu, narodziny sztucznej inteligencji, tzn. zaprojektowanie i stworzenie maszyn naśladowujących kognitywne funkcje, które ludzie łączą z ich własną inteligencją, takie jak uczenie się i wnioskowanie, planowanie oraz rozwiązywanie problemów, związane są z wystąpieniem w Dartmouth w 1956 r., kiedy to m.in. A. Ne-

sób podobny do ludzkiego, zob. D.R. Horstadter, Sztuczna inteligencja: retrospekcje, Fantastyka 1982, Nr 1/82, s. 17–18.

⁹ Von Neumann Architecture, ComputerScience, GSCE.Guru, <https://www.computerscience.gcsedu.org/theory/von-neumann-architecture>, dostęp: 5.7.2019 r.

¹⁰ A.B. Simmons, S.G. Chappell, Artificial Intelligence-definition and practice, IEEE Journal of Oceanic Engineering April 1988, vol. 13, No. 2, s. 16.

well, H. Simon oraz J.C. Show zaprezentowali swój pierwszy program sztucznej inteligencji, tzn. logiczną teorię (ang. *Logic Theory*)¹¹.

Mając na uwadze wieloletni okres badań nad sztuczną inteligencją, należy odnieść się do sposobu prowadzenia badania i przedmiotu tych badań. Zagadnienie myślących komputerów (ang. *computational thinking*) oddziałuje na różne dziedziny nauki, zarówno ścisłe, jak również humanistyczne¹². W zakresie sposobu prowadzenia badań wyróżnić należy dwa etapy, które powinny być traktowane jako podejście ewolucyjne do badań nad sztuczną inteligencją. Początkowo badania te miały charakter jedynie teoretyczny. Kolejnym etapem było skoncentrowanie się na praktycznych aspektach wykorzystania „sztucznych asystentów” dla człowieka podczas wykonywania przez niego zadań. Z kolei z punktu widzenia przedmiotu badań nad sztuczną inteligencją podkreślenia wymaga, że prace badawcze nie dotyczyły transpozycji w całości inteligencji człowieka do maszyny, ale skupiały się na wydzielonych zagadnieniach, w tym dotyczących sposobów prezentacji wiedzy, rozumienia naturalnej mowy człowieka. Obejmowały również rozwiązania bardziej zaawansowane, w tym systemy zarządzania prawdą (ang. *truth maintenance systems*) lub weryfikacją planu działania (ang. *plan verification*)¹³.

Krokiem milowym w rozwoju sztucznej inteligencji było pojawienie się w latach siedemdziesiątych i szybki rozwój w latach osiemdziesiątych ubiegłego stulecia komputerowych systemów eksperckich (ang. *expert systems*, Systemy ES). W dużym uproszczeniu system ekspercki to system komputerowy wspomagający człowieka, oparty na algorytmach postępowania naśladujących zdolność człowieka do podejmowania decyzji. Do rozwoju Systemów ES w kierunku sztucznej inteligencji przyczyniły się następujące czynniki.

Po pierwsze, świadomość znaczenia i użyteczności przetwarzania symboli w systemie informatycznym. Komputery w rzeczywistości nie mogą rozróżniać reprezentacji liczb i reprezentacji symboli, a zatem mają zdolność do przetwarzania symboli równie łatwo jak przetwarzania liczb¹⁴.

¹¹ U. Pagallo, M. Corrales, M. Fenwick, N. Forgó, *The Rise of Robotics & AI: Technological Advances & Normative Dilemmas*, w: M. Corrales, M. Fenwick, N. Forgó (red.), *Robotics, AI and the Future of Law*, Singapore 2018, s. 6.

¹² A. Bundy, *Computational thinking is pervasive*, *Journal of Scientific and Practical Computing* 2007, vol. 1, No. 2, s. 67–69.

¹³ R.A. Brooks, *Intelligence without representation*, *Artificial Intelligence* 1991, vol. 47, s. 139–159.

¹⁴ Dane przetwarzane w systemie komputerowym mają postać wartości liczbowej zapisywanej binarnie.

Po drugie, zwiększenie mocy obliczeniowej procesorów.

Po trzecie, zwiększenie dostępności mocy obliczeniowej procesorów i pamięci dyskowej¹⁵.

Zwiększenie dostępności tych zasobów przyczyniło się do zaawansowania zasobów teleinformatycznych, w tym poprzez tworzenie nowych narzędzi, na przykład zaawansowanych grafik komputerowych czy też interfejsów naśladowających język człowieka.

Po czwarte, upowszechnienie komputerów w obrocie masowym poprzez zwiększenie ich dostępności cenowej jak również zaawansowanie poszczególnych narzędzi teleinformatycznych przyczyniło się do tego, że oprogramowanie oparte na algorytmach wyszło poza sferę laboratoryjną i zaczęło być wykorzystywane w obrocie gospodarczym.

Wykorzystanie Systemów ES w obrocie gospodarczym pozwoliło dostrzec realne korzyści ze stosowania komputerowych systemów wspomagających człowieka w podejmowaniu decyzji oraz pozwoliło określić dziedziny życia społecznego, w których zastosowanie tego rodzaju systemów teleinformatycznych jest potrzebne¹⁶.

2. Dynamiczne i statyczne teorie sztucznej inteligencji

W dyskursie naukowym, termin „sztuczna inteligencja” odnoszony jest do dziedziny badań nad rozwojem programów komputerowych pozwalających naśladować inteligentne zachowania człowieka¹⁷. W ujęciu ścisłym badania nad sztuczną inteligencją wchodzą w skład nauki o teleinformatyce¹⁸. W ujęciu szerszym zaś, badania te mają charakter interdyscyplinarny, obejmujący również takie dziedziny nauki, jak psychologię, filozofię, matematykę¹⁹.

¹⁵ Głównie poprzez obniżenie cen tych zasobów.

¹⁶ A.B. Simmons, S.G. Chappell, *Artificial Intelligence-definition*, s. 14, 17.

¹⁷ J.N. Kok, E.J.W. Boers, W.A. Kusters, P. van der Putten, M. Poel, *Artificial Intelligence: Definition, Trends, Techniques and Cases*, Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS) 2002, s. 2.

¹⁸ L. Johnson, S. Adams Becker, M. Cummins (red.), *NMC Horizon Report 2016 Higher Education Edition*, Texas, The New Media Consortium 2016, s. 46.

¹⁹ H. Zhao, G. Li, W. Feng, *Research on Application of Artificial Intelligence in Medical Education*, 2018 International Conference on Engineering Simulation and Intelligent Control, Changsha 10–11.8.2018 r., IEEE 2018, s. 340.

Sztuczna inteligencja wykorzystuje głównie systemy komputerowe do symulowania zachowań człowieka, będących wynikiem myślenia przez człowieka²⁰.

W celu przedstawienia bardziej precyzyjnej definicji należy zamiast odnosić się do oprogramowania komputerowego, wskazywać na „system inteligentny”, jako zestaw zasobów teleinformatycznych, w skład którego wchodzi system operacyjny i różne rodzaje oprogramowania. Rodzaju zastosowanych zasobów teleinformatycznych wykorzystywanych do działania w ramach sztucznej inteligencji nie musi określać człowiek. Teza jest właściwa dla autonomicznych systemów samouczących się. **Zakres zastosowanych zasobów teleinformatycznych określa cel, dla którego system ten jest tworzony, tj. zdolność do naśladowania zachowania człowieka.**

Jest to zatem definicja systemu inteligentnego z punktu widzenia funkcji, jakie system ten ma realizować. Takie rozumienie systemu inteligentnego ma charakter dynamiczny, co wynika z następujących względów. Po pierwsze, za sprawą postępu technologicznego w zakresie wykorzystywanego oprogramowania do realizacji celu, dla którego zasoby te zostały połączone i są wykorzystywane. Po drugie, ze względu na zwiększające się spektrum wykorzystania sztucznej inteligencji w różnych dziedzinach życia gospodarczego.

W literaturze przedmiotu przedstawione zostały rozważania na temat celu, dla którego tworzone są systemy inteligentne, wskazując, że system inteligentny to:

- 1) system, który naśladuje myślenie człowieka;
- 2) system, który naśladuje myślenie racjonalnie;
- 3) system, który naśladuje zachowania człowieka;
- 4) system, który wykazuje cechy zachowania się racjonalnego²¹.

P. Cichosz²² stawia jednakże tezę, że jest rzeczą trudną do określenia, jakie kryteria racjonalności można stosować wobec zachowania się systemów, a tym bardziej – co oznacza myślenie i jak można je stwierdzić. Druga teza to taka, że nie jest jasne, które aspekty zachowania się człowieka systemy sztuczne mogą i powinny naśladować. W konsekwencji należy wskazać, że zaprezentowana definicja systemów inteligentnych poprzez wskazanie ich cech dotknięta jest błędem *ignotum per ignotum*.

²⁰ H. Thomas, Learning Spaces, Learning Environments and Displacement of Learning, British Journal of Educational Technology 2010, vol. 41, No. 3, s. 502 i n.

²¹ P. Cichosz, Systemy uczące się, Warszawa 2000, s. 39; podobnie J.N. Kok, E.J.W. Boers, W.A. Kusters, P. van der Putten, M. Poel, Artificial Intelligence, s. 3.

²² P. Cichosz, Systemy, s. 49.

Niezależnie od wskazanej ułomności powyższej definicji podkreślić należy, że takie ujęcie „sztucznej inteligencji” uwypukla aspekt naśladowania zachowań człowieka przez system komputerowy. Ten aspekt podnoszony był również w innych definicjach sztucznej inteligencji, prezentowanych w literaturze przedmiotu.

W literaturze przedmiotu prezentowana jest także definicja przedstawiona z punktu widzenia funkcji sztucznej inteligencji. W tym ujęciu sztuczna inteligencja odnosi się do zestawu środków, za pomocą których kompetencje człowieka mogą zostać zamknięte w maszynie, pozwalając jej na rozwiązywanie problemów, które pierwotnie rozwiązywane były tylko przez człowieka. Tego rodzaju podejście zakłada, że człowiek sprawuje kontrolę nad maszyną wyposażoną w sztuczną inteligencję. A.B. Simmons oraz S.G. Chappell²³ dają temu wyraz poprzez wskazanie, że za pośrednictwem sztucznej inteligencji maszyna nie może rozwiązywać problemów, które wcześniej nie były rozwiązane przez człowieka. Autorzy ci wskazują, że termin „sztuczna inteligencja” odnosi się do zachowania maszyny, która – gdy człowiek zachowuje się w ten sam sposób – zachowuje się również inteligentnie. Definicja ta określa zatem granice sztucznej inteligencji, wskazując, że sztuczna inteligencja w odniesieniu do maszyny nie może posiadać cech wykraczających poza zdolność percepcji przez człowieka. Znaczenie „sztucznej inteligencji” jeszcze bardziej zawęził E. Rich,²⁴ wskazując, w opracowanej przez niego definicji, że sztuczna inteligencja odnosi się do dziedziny nauki pozwalającej na tworzenie komputerów wykonujących czynności, które w danym momencie człowiek wykonuje lepiej. Zawężenie to polega na tym, że nie przewiduje się pełnej transpozycji funkcji człowieka, które świadczą o jego inteligencji. W konsekwencji E. Rich²⁵ stoi zatem na stanowisku, że maszyna nie może zrównać się z człowiekiem pod względem jego inteligencji.

Wskazane powyżej koncepcje postrzegania sztucznej inteligencji w zakresie definicji przedstawionych przez A.B. Simmons i S.G. Chappell²⁶, a następnie E. Rich²⁷ opierają się zatem na ograniczonym rozwoju sztucznej inteligencji. Ograniczenie to wyraża się w następujących aspektach.

²³ A.B. Simmons, S.G. Chappell, Artificial Intelligence-definition, s. 14.

²⁴ E. Rich, Artificial Intelligence, New York 1983, s. 10.

²⁵ Tamże, s. 11.

²⁶ A.B. Simmons, S.G. Chappell, Artificial Intelligence-definition, s. 15.

²⁷ E. Rich, Artificial, s. 12.

Po pierwsze, stan wiedzy maszyny nie może wykroczyć poza stan wiedzy człowieka, sztuczna inteligencja nie może rozwinąć się bardziej niż inteligencja człowieka oddziałującego na maszynę.

Po drugie, docelowy system będzie zawsze ograniczony do wiedzy człowieka odzwierciedlonej w tym systemie, przy czym zachowanie może być nieprzewidywalne. Poziom sztucznej inteligencji uzależniony będzie od bieżącego poziomu wiedzy człowieka oraz od poziomu wiedzy oraz zdolności inżynierskich programisty implementującego ten poziom wiedzy do maszyny²⁸.

Po trzecie, człowiek, przynajmniej według *E. Rich*²⁹, jest zawsze bardziej inteligentny od maszyny. W związku z powyższym posiada zdolność do zaplanowania i sprawowania kontroli nad maszyną, a przede wszystkim posiada zdolność do przewidywania zachowania maszyny, co czyni sprawowanie kontroli nad maszyną procesem bardziej efektywnym.

Po czwarte, omawiane koncepcje postrzegają sztuczną inteligencję w sposób statyczny. Rozwój sztucznej inteligencji ograniczony jest inteligencją człowieka oraz sposobem (skutecznością) przekazania wiedzy człowieka maszynom.

Po piąte, **definicje te są dzisiaj nieaktualne w kontekście rozwoju poddziedziny sztucznej inteligencji, jaką jest maszynowe uczenie się**. Koncepcja maszyn samouczących się zakłada, że maszyna może działać autonomicznie w stosunku do człowieka, opierając swój rozwój na obserwacji otaczającego środowiska, w którym funkcjonuje, prowadzącej do zmiany w dotychczasowym procesie działania. Zmiana ukierunkowana na poprawę dotychczasowych procesów działania czyni koncepcję sztucznej inteligencji dynamiczną w tym znaczeniu, że **nie jest możliwe przewidzenie kierunku i intensywności wprowadzanych zmian** przez maszynę inteligentną i w konsekwencji nie jest możliwe przewidzenie, w jakim stopniu sztuczna inteligencja będzie różniła się od inteligencji człowieka. Brak możliwości dokonania takiego przewidywania podyktowany jest tym, że maszyna samoucząca się funkcjonuje w otoczeniu, które podlega ciągłym zmianom³⁰. W literaturze przedmiotu podkreśla się, że **motywacja** do podejmowania prób tworzenia programów samouczących się wynika ze złożoności niektórych rodzajów zadań stawianych programom komputerowym, utrudniającej, a w niektórych przypadkach uniemożliwiającej

²⁸ A.B. Simmons, S.G. Chappell, Artificial Intelligence-definition, s. 15.

²⁹ E. Rich, Artificial, s. 10.

³⁰ Według *E. Rich*, człowiek jest zawsze bardziej inteligentny od maszyny. Zob. uwaga trzecia, pkt 2 powyżej.

formułowanie precyzyjnych instrukcji do działania. **Program samouczący się należy rozumieć jako program wykorzystujący abstrakcyjny, w pewien sposób „parametryzowany” algorytm wykonywania zadania. Uczenie się polega na dobraniu, na podstawie historycznych doświadczeń, odpowiednich „parametrów”, które ten algorytm abstrakcyjny przekształca w spełniający wymagania konstruktora algorytm konkretny**³¹.

Po szóste, obecnie systemy sztucznej inteligencji opracowywane są poprzez uczenie się i wykorzystanie warstwowych algorytmów (ang. *tiered/layered representations*) takich jak percepcja wizualna (ang. *visual recognition*), percepcja głosowa (ang. *voice recognition*); polegające na imitowaniu funkcji neuronów jak w ludzkim mózgu. Jednym z takich procesów jest proces głębokiego uczenia się (ang. *deep learning*). W ramach tego procesu wykorzystywane są różne warianty głębokiego uczenia się w celu uzyskania wyników końcowych, przy wykorzystaniu danych treningowych, historycznych oraz **danych gromadzonych w czasie prawie rzeczywistym** (ang. *life data*)³². Rada Europy w opracowaniu z września 2019 r. wskazała, m.in., że powiązanie z internetem zastosowania systemów informatycznych opartych na sztucznej inteligencji umożliwiło rozszerzenie środowiska na obszar dostępu i korzystania z internetu. Ponadto pozwoliło na realizowanie zadań w czasie prawie rzeczywistym. W związku z powyższym może istnieć znaczna odległość w czasie i przestrzeni pomiędzy zaprojektowaniem systemu teleinformatycznego a jego wdrożeniem, jak również czasem, w którym powstaje konieczność podjęcia decyzji i znane są konsekwencje jej podjęcia, a w którym decyzje są bezpośrednio i natychmiast podejmowane³³.

W podsumowaniu omówionych w tym punkcie rozważań zmierzających do zdefiniowania sztucznej inteligencji, wskazać należy na poniższe cechy sztucznej inteligencji.

Po pierwsze, w polskim prawie brak jest definicji legalnej terminu „sztuczna inteligencja”. Taka definicja nie ukształtowała się również w orzecznictwie. W literaturze przedmiotu przedstawione zostały różne definicje.

Po drugie, termin „sztuczna inteligencja” należy odnosić do działu informatyki, który zajmuje się badaniami nad tworzeniem i stosowaniem oprogramowania komputerowego, zdolnego do naśladowania zachowania istoty ży-

³¹ P. Cichosz, *Systemy*, s. 64.

³² J. Kiruthika, S. Khaddaj, *Impact and challenges of using Virtual Reality & Artificial Intelligence*, s. 165.

³³ Zob. K. Yeung, *Responsibility and AI*, Council of Europe study DGI(2019)05, s. 22.

wej, człowieka lub zwierzęcia. Naśladowanie zachowania człowieka nie ogranicza się do powtarzania czynności uzewnętrznionych przez istotę żywą, ale dotyczy przewidywania zachowania tej istoty poprzez obserwowanie środowiska, w którym dana istota funkcjonuje.

3. Klasyfikacja sztucznej inteligencji

Do działów sztucznej inteligencji zalicza się: maszynowe uczenie się, automatyczne wnioskowanie i przeszukiwanie heurystyczne³⁴.

W literaturze przedmiotu wyróżnia się następujące cechy sztucznej inteligencji³⁵:

- 1) zdolność do przeszukiwania;
- 2) posiadanie funkcji do wyrażania wiedzy;
- 3) zdolność wnioskowania;
- 4) zdolność do posługiwania się skrótami (ang. *abstraction ability*);
- 5) zdolność do rozpoznawania głosu;
- 6) zdolność do przetwarzania nieprecyzyjnych informacji.

Cechy te uznane zostały za wystarczające do naśladowania myślenia przez człowieka.

Z punktu widzenia badań nad obiektami, **sztuczna inteligencja może zostać podzielona** w następujący sposób. Pierwszy obszar wyróżnienia dotyczy zdolności do przetwarzania naturalnego języka (ang. *natural language processing*), a więc do opracowywania programów komputerowych i przetwarzania języka naturalnego. Kolejny obszar dotyczy przygotowania sztucznego agenta³⁶, poprzez wyposażenie go we wrażliwe czujniki, zapewniające zdolność do:

- 1) gromadzenia informacji ze środowiska, w którym działa sztuczny agent, celem ich dalszego przetwarzania, w tym poprzez naśladowanie i różnicowanie głosu człowieka oraz jego widzenia i odczuwania;
- 2) oddziaływania na środowisko przez sztucznego agenta.

Analizując specyfikę badań nad sztuczną inteligencją, należy wyróżnić dwa kierunki badań, tj. badania nad teorią i inżynierią sztucznej inteligencji. Pierwszy kierunek badań dotyczy ciągłego rozwoju sztucznej inteligencji w uję-

³⁴ P. Cichosz, *Systemy*, s. 64.

³⁵ A.B. Simmons, S.G. Chappell, *Artificial Intelligence-definition*, s. 14.

³⁶ Szerzej na temat definicji sztucznego agenta zob. rozdział II.

ciu teoretycznym. Drugi kierunek badań odnosi się do projektowania i rozwoju właściwych produktów. Kierunki te są ze sobą ściśle powiązane. Badania nad teorią sztucznej inteligencji dostarczają podstaw teoretycznych dla badań nad inżynierią sztucznej inteligencji. Z kolei w ramach badań nad inżynierią sztucznej inteligencji wyniki badań teoretycznych znajdują zastosowanie w praktyce³⁷.

4. Maszynowe uczenie się

4.1. Definicja

W najprostszym ujęciu termin „maszynowe uczenie się” (ang. *machine learning*) odnosi się do badania algorytmów, które analizują dane w celu wspierania systemów komputerowych, aby – w określonym horyzoncie czasowym – systemy komputerowe były bardziej dokładne w realizowaniu zadań³⁸. W literaturze przedmiotu wskazuje się również na „dostrajanie” (ang. *fine tuning*) systemów komputerowych za pomocą odpowiednich parametrów (ang. *tunable parameters*)³⁹. **Maszynowe uczenie się odnosi się zatem do zdolności oprogramowania do zmiany sposobu realizacji wyznaczonego zadania.** Teza ta wymaga szerszego wyjaśnienia.

Po pierwsze, cechą szczególną maszynowego uczenia się jest to, że oprogramowanie nie jest już – tak jak to miało miejsce w ramach tradycyjnej informatyki – „programowane”, na podstawie wcześniej ustalonej struktury, ale „poddawane treningowi”⁴⁰. Zamiast przedstawiać systemowi konkretny i szczegółowy schemat oparty na formule: „jeżeli/to”, pisany jest metaprogram⁴¹, który

³⁷ H. Zhao, G. Li, W. Feng, Research on Application of Artificial Intelligence, s. 340.

³⁸ M. Rich, Machine Learning, Automated Suspicion Algorithms, and the Fourth Amendment, University of Pennsylvania Law Review, 2015, vol. 164, No. 4, s. 880.

³⁹ A. Nayak, K. Dutta, Impacts of Machine Learning and Artificial Intelligence on Mankind, 2017 International Conference on Intelligent Computing and Control (I2C2) 2017, s. 1.

⁴⁰ W. Ertel, Grundkurs Künstliche Intelligenz, Eine praxisorientierte Einführung 2013, s. 177.

⁴¹ Metaprogramowanie to technika umożliwiająca programom tworzenie lub modyfikację kodu innych programów (lub ich samych). Program będący w stanie modyfikować lub generować kod innego programu nazywa się metaprogramem. Wykorzystanie zasad metaprogramowania pozwala np. na dynamiczną modyfikację programu podczas jego kompilacji. Metaprogramy pisze się w metajęzykach. Jeśli język jest jednocześnie swoim metajęzykiem, to taką cechę nazywamy refleksyjnością (ang. *reflexivity*). Metaprogramowanie może polegać nie tylko na generowaniu kodu, ale również na modyfikacjach w czasie wykonania programu. Takie możliwości dają języki

określa podstawowe zasady uczenia się. Na tej podstawie system ten uczy się w ramach tysięcy cykli treningowych na podstawie zebranych i poddanych analizie danych stanowiących doświadczenie, jak określone zadania należy realizować w nowych sytuacjach⁴².

Po drugie, zdolność do zmiany sposobu realizacji wyznaczonego celu odbywa się za pomocą funkcjonalności oprogramowania, umożliwiającego analizę danych wejściowych z punktu widzenia procesu uczenia się i dokonanej na tej podstawie zmiany procesu realizacji. Podstawą gromadzenia danych wejściowych są czujniki, odpowiadające zmysłom istoty żywej (węch, słuch, smak, wzrok, dotyk, zapach) odbieranym za pomocą receptorów. Zakres gromadzonych danych wejściowych uzależniony jest od liczby receptorów i ich czułości. Rodzaj wykorzystanych receptorów będzie uzależniony od rzeczy, którą oprogramowanie wyposażone w sztuczną inteligencję będzie sterowało.

Po trzecie, maszynowe uczenie się zakłada, że oprogramowanie ma posiadać zdolność uczenia się na podstawie wprowadzonych danych wejściowych. Ten proces uczenia się przez maszyny ma dzisiaj charakter masowy w obrocie gospodarczym, a zatem wykorzystywany jest w różnych dziedzinach życia gospodarczego⁴³. W takim ujęciu uczenie się należy rozumieć jako proces polegający na zamianie doświadczenia na wiedzę i kompetencje. Dane wejściowe dla algorytmu uczącego się stanowią dane treningowe, odpowiadające za doświadczenie⁴⁴. Jest to proces charakteryzujący się zdolnością do uczenia się, na podstawie doświadczeń z przeszłości⁴⁵.

Po czwarte, maszynowe uczenie się stanowi dziedzinę sztucznej inteligencji, w ramach której wykorzystywany jest zestaw metod statystycznych i algorytmów obliczeniowych, umożliwiających systemowi informatycznemu uczenie się na podstawie danych⁴⁶.

Javascript, C#, Lisp, Perl, PHP, Prolog, Python, Ruby, Groovy, Smalltalk oraz Tcl., zob.: <https://pl.wikipedia.org/wiki/Metaprogramowanie>, dostęp: 21.3.2020 r.

⁴² M. Ebers, *Autonomes Fahren: Produkt- und Produzentenhaftung*, w: B.H. Oppermann, J. Stender-Vorwachs, *Autonomes Fahren, Rechtsfolgen, Rechtsprobleme, technische Grundlagen*, Hannover 2017, s. 95.

⁴³ A. Bundy, *Computational thinking is pervasive*, s. 68; M. Rich, *Machine Learning, Automated Suspicion Algorithms*, s. 871.

⁴⁴ S. Shalev-Shwartz, S. Ben-David, *Understanding Machine Learning: From Theory to Algorithms*, Cambridge University Press 2014, s. 19.

⁴⁵ P. Cichosz, *Systemy*, s. 18.

⁴⁶ G. James, D. Witten, T. Hastie, and R. Tibshirani, *An introduction to statistical learning*, New York 2013, vol. 112.

Po piąte, program uczący się należy rozumieć jako program wykorzystujący szablonowy, wymagający konkretyzacji algorytm wykonywania zadania, w którym określone „puste miejsca” należy wypełnić nieznanymi z góry parametrami. Wówczas uczenie się polega na przekształceniu tego algorytmu w algorytm konkretny spełniający wymagania programisty przez dobranie na podstawie historycznych doświadczeń odpowiednich parametrów szablonu. Użytkiwane w wyniku uczenia się parametry są nazywane – zależnie od rodzaju zadań – wiedzą lub umiejętnością. Algorytmy pozyskiwania lub doskonalenia wiedzy lub umiejętności nazywa się algorytmami uczenia się⁴⁷.

Po szóste, **cel działania oprogramowania, tzn. funkcje działania oprogramowania określone są przez programistę lub użytkownika tego oprogramowania.** Dla porównania wskazać należy, że człowiek działa według uwarunkowań wyznaczonych przez biologię, krąg cywilizacyjny, w którym się obraca, światopogląd, w przypadku zwierząt będą to uwarunkowania fizjologiczne, instynkt jak również cele wyznaczone przez człowieka, trenera.

Po siódme, efektem uczenia się przez oprogramowanie samouczące się jest zmiana w sposobie realizowania zadań. W literaturze przedmiotu wskazano, że zmiana powinna być korzystna, tzn. ma przynosić **poprawę**. Poprawa ma mieć charakter instrumentalny i polegać na zwiększeniu skuteczności systemu w **wypełnianiu jego funkcji**⁴⁸.

Po ósme, nie każda zmiana dokonywana przez inteligentne oprogramowanie, posiadające cechę samouczenia się, jest zmianą:

- 1) pożądaną przez człowieka, korzystającą z funkcjonalności sztucznej inteligencji;
 - 2) przewidywaną przez człowieka;
 - 3) bezpieczną dla człowieka i otoczenia, w którym człowiek żyje;
 - 4) niewymierzoną przeciwko człowiekowi, który z punktu widzenia tego oprogramowania może być postrzegany jako podmiot trzeci, zagrażający dalszemu jego funkcjonowaniu
- pomimo że będzie to zmiana zmierzająca do poprawy efektywnego realizowania celu, dla którego oprogramowanie to zostało stworzone. W związku z powyższym, beneficjentem zmiany może być oprogramowanie wyposażone w funkcje samouczenia się.

Taka sytuacja będzie miała miejsce wówczas, gdy oprogramowanie to za pośrednictwem odpowiednich receptorów dostrzeże zachowanie człowieka

⁴⁷ P. Cichosz, Systemy, s. 19.

⁴⁸ Tamże, s. 24.

bezpośrednio bądź poprzez inne oprogramowanie, jako zmierzające do unicestwienia oprogramowania samouczącego się. Wówczas zmiana będzie polegała na tym, aby ochronić oprogramowanie przed takim unicestwieniem.

4.2. Wykorzystanie maszynowego uczenia się w obrocie prawnym

A. Nayak oraz K. Dutta⁴⁹ wskazują na szerokie spektrum zastosowania sztucznej inteligencji uwzględniającej maszynowe uczenie się. Poniższa tabela przedstawia sposoby wykorzystania sztucznej inteligencji wyposażonej w funkcjonalność samouczenia się.

Tabela Nr 1. Sposoby zastosowania sztucznej inteligencji wyposażonej w funkcjonalność samouczenia się

Zastosowanie sztucznej inteligencji wyposażonej w zdolność do samouczenia się	
Cel wykorzystania sztucznej inteligencji	Opis
Przewidywanie rozstrzygnięć sądowych	Sądy i trybunały stosują rozwiązania informatyczne oparte na maszynowym uczeniu się. Przykładem maszynowego uczenia się jest analiza na podstawie rozstrzygnięć ETPCz, mająca na celu prognozowanie rozstrzygnięć spraw poprzez zastosowanie technik samouczenia się do treści pism zawartych w aktach sprawy, jak również do elementów składowych sprawy ⁵⁰ . W tym przypadku stworzony został mechanizm, który z trafnością sięgającą 79% był w stanie przewidzieć, jakie rozstrzygnięcia zapadną. Ustalono zostało, że podstawowe ustalenia stanu faktycznego stanowią najważniejsze predyktory w prognozowaniu rozstrzygnięcia. Innymi predyktorami o mniejszym jednakże oddziaływaniu były tematy (zagadnienia) poruszane w trakcie rozpraw ⁵¹ .

⁴⁹ A. Nayak, K. Dutta, *Impacts of Machine Learning*, s. 1–2.

⁵⁰ N. Aletras, D. Tsarapatsanis, D. Preotiuc-Pietro, V. Lampos, *Predicting judicial decisions of the European Court of Human Rights: a natural language processing perspective*, *PeerJ Computer Science* 2016, 2:e93, s. 6.

⁵¹ J. Kingston, *Using artificial intelligence to support compliance with the general data protection regulation*, *Artificial Intelligence and Law* 2017, vol. 25, s. 429–443.

Zastosowanie sztucznej inteligencji wyposażonej w zdolność do samouczenia się	
Cel wykorzystania sztucznej inteligencji	Opis
Wykrywanie i rozpoznawanie twarzy	Za pośrednictwem sztucznej inteligencji aparaty fotograficzne mogą w sposób bardziej precyzyjny rozpoznawać, czy osoba, która ma być utrwalona na zdjęciu, się uśmiecha. Poza tym za pośrednictwem sztucznej inteligencji łatwiej jest zidentyfikować osobę fizyczną na podstawie zdjęcia.
Percepcja wizualna	Analiza i interpretacja informacji wizualnych pozwala na percepcję wizualną konkretnej osoby fizycznej. W odniesieniu do tego wyróżnić należy dwie podkategorie: 1) rozpoznawanie wzorów (ang. <i>pattern recognition</i>); 2) analiza sytuacji (ang. <i>scene analyses</i>).
Klasyfikacja	Algorytmy modelowania wykorzystywane w maszynowym uczeniu się pozwalają uporządkowywać otrzymane informacje na podstawie analizy treści tych informacji. Chodzi o zestaw danych treningowych zapewniających klasyfikację zgodnie z zapytaniem dotyczącym określonego problemu.
Systemy adaptacyjne	Adaptacyjne zachowanie oparte na wcześniejszym doświadczeniu i na tej podstawie tworzenie reguł postępowania, dotyczy systemu adaptacyjnego. Obejmuje: 1) cybernetykę – łączność pomiędzy zautomatyzowanymi systemami kontrolnymi; 2) klastery pojęciowy (ang. <i>conceptual clustering</i>) – tworzenie modeli pojęć (ang. <i>models of concept formation</i>), które ulegają wzrostowi i grupowane są w komórki.
Modelowanie	W celu przewidywania zachowania osób i rzeczy w otaczającym świecie tworzone są reguły transformacji jak również systemy przeznaczone do rozwiązywania problemów.
Przetwarzanie głosu i obrazu	Głębokie uczenie się (ang. <i>deep learning</i>), jako subkategoria maszynowego uczenia się, pełni integralną funkcję maszynowego uczenia się jak również klasyfikacji i przetwarzania obrazu. Maszynowe uczenie się jest pomocne również w zakresie: 1) rozumienia języka i wymowy; 2) przetwarzania semantycznych informacji; 3) wyszukiwania informacji.

Zastosowanie sztucznej inteligencji wyposażonej w zdolność do samouczenia się	
Cel wykorzystania sztucznej inteligencji	Opis
Automatyzacja	Wykorzystanie zdolności, wyróżnionych powyżej w tabeli, łącznie ze zdolnością do poruszania się po danym terenie i obiektach. Obejmuje: 1) transport; 2) automatykę w przemyśle; 3) sektor zbrojeniowy, jak również w domach (inteligentne domy).
Rozwiązywanie problemów	Zdolność planowania rozwiązań na podstawie sformułowania konkretnego problemu. Obejmuje: 1) interaktywne rozwiązywanie problemu; 2) heurystyczne wyszukiwanie; 3) inferencje.
Genetyka	Algorytmy klastrowania jak również <i>data mining</i> mogą być wykorzystywane w genetyce w celu wykrywania genów powiązanych z konkretnym schorzeniem.
Identyfikacja niepożądanego zachowania	Identyfikacja sprzecznych z prawem transakcji prowadzonych z wykorzystaniem środków komunikacji elektronicznej.
Gry	Transpozycja reguł postępowania na strukturę, która umożliwia osiągnięcie odpowiednich wyników (np. gry w szachy, brydża).

4.3. Algorytmy sztucznej inteligencji

Zastosowanie algorytmów jest istotnym elementem składowym programów uczących się. W literaturze przedmiotu podkreśla się, że program uczący się należy rozumieć jako program wykorzystujący abstrakcyjny, w pewien sposób „parametryzowany” algorytm wykonywania zadania. Uczenie się polega wówczas na dobraniu na podstawie historycznych doświadczeń odpowiednich „parametrów”, które ten algorytm abstrakcyjny przekształca w spełniający wymagania konstruktora algorytm konkretny⁵².

Algorytmy programów uczących się mogą zostać podzielone na dwie główne grupy, tj.: z **nadzorem** i **bez nadzoru**. Uczenie się z nadzorem dotyczy

⁵² P. Cichosz, Systemy, s. 35.

rozwoju modeli obliczeniowych dla prognozowania wyników opartych na historycznych danych wejściowych i wyjściowych. Z kolei w przypadku uczenia się bez nadzoru, modele obliczeniowe budowane są wyłącznie na podstawie istniejących danych wejściowych, przy czym brak jest powiązanych danych wyjściowych, które mogłyby zostać wykorzystane w celach treningowych⁵³.

Wyróżnienie rodzajów algorytmów przedstawia poniższa tabela.

Tabela Nr 2. Taksonomia algorytmów sztucznej inteligencji⁵⁴

Wyróżnienie algorytmów z uwagi na styl uczenia się przez maszynę samouczącą się	
Nazwa algorytmu	Opis algorytmu
Uczenie się z nadzorem (ang. <i>supervised learning</i>) ⁵⁵	Dane wejściowe zwane są danymi treningowymi; posiadają odpowiednie oznakowanie lub znany wynik (np. spam lub nie, lub cena kursu w danym momencie). Model zachowania tworzony jest na podstawie procesu treningowego, w ramach którego wymagane jest tworzenie przewidywań i jest korygowany, jeżeli przewidywania się nie spełniają. Trening trwa nieprzerwanie do czasu, aż model ten osiągnie zakładany poziom precyzyjności wykorzystanych danych treningowych.
Uczenie się bez nadzoru (ang. <i>unsupervised learning</i>) ⁵⁶	Dane wejściowe nie są oznakowane i nie mają znanego wyniku. Model tworzony jest poprzez odkrywanie struktur zawartych w danych wejściowych. Stosowane jest to po to, aby wydzielić ogólne reguły postępowania. Działania te mogą zostać przeprowadzone poprzez proces matematyczny, aby systematycznie ograniczyć redukcję albo dane organizowane są poprzez porównanie.

⁵³ N. Antunes, L. Balby, F. Figueiredo, N. Lourenco, W. Meira Jr., W. Santos, Fairness and Transparency of Machine Learning for Trustworthy Cloud Services, 2018 48th Annual IEEE/IFIP International Conference on Dependable Systems and Networks Workshop, s. 188.

⁵⁴ <https://machinelearningmastery.com/a-tour-of-machine-learning-algorithms/>, dostęp: 5.5.2019 r.

⁵⁵ Przykłady algorytmów: regresja logistyczna (ang. *logistic regression*) oraz propagacja wsteczna (ang. *back propagation*) sieci neuronowych.

⁵⁶ Przykłady algorytmów: algorytm *a priori* (ang. *the apriori algorithm*) oraz algorytm k-średnich (*k-Means algorithm*).