

# **Odpowiedzialność deliktowa za szkody wyrządzone w związku z zastosowaniem sztucznej inteligencji w medycynie**

Przejdź do produktu na [ksiegarnia.beck.pl](https://ksiegarnia.beck.pl)

# Rozdział I. Zagadnienia wprowadzające

## § 1. Definicja sztucznej inteligencji

Zasadnicze znaczenie dla ustalenia zasad odpowiedzialności cywilnej za szkody wyrządzone pacjentowi na skutek użycia wyrobu medycznego wykorzystującego sztuczną inteligencję (*artificial intelligence*) ma precyzyjne określenie zakresu znaczeniowego terminu „sztuczna inteligencja”. Termin ten nie jest pojęciem prawnym ani prawniczym. W języku potocznym inteligencja kojarzy się z mądrością, zdolnością szybkiego uczenia się, wykształceniem, znajomością wielu języków. Natomiast zgodnie ze słownikiem języka polskiego PWN „inteligencja” oznacza zdolność rozumienia, uczenia się oraz wykorzystywania posiadanej wiedzy i umiejętności w sytuacjach nowych<sup>1</sup>.

Ustalenie naukowego znaczenia terminu inteligencja należy do dziedziny nauk psychologicznych. Jej przedstawiciele nie wypracowali jednak wspólnej, powszechnie uznawanej definicji inteligencji. Szwajcarski psycholog *J. Piaget* w 1970 r. zdefiniował inteligencję jako „adaptacyjne myślenie bądź działanie”<sup>2</sup>. Z kolei *R. Stenberg* wskazuje, że „ludzie inteligentni to ci, którzy potrafią skutecznie dostosować się do otoczenia lub zmienić to środowisko, tak aby lepiej do nich pasowało”<sup>3</sup>. Powstała również teoria inteligencji wielorakich, zgodnie z którą ludzie mogą wykazywać aż dziewięć różnych rodzajów inteligencji, tj. inteligencja językowa, przestrzenna, logiczno-matematyczna, muzyczna, cielesno-kinestetyczna, interpersonalna, przyrodnicza, duchowa<sup>4</sup>.

W latach 50. XX w. naukowcy zajmujący się matematyką oraz informatyką zaczęli używać pojęcia sztucznej inteligencji do opisywania systemów informatycznych naśladowujących człowieka, które zdolne były do zachowań uznawanych za najwłaściwsze w danej sytuacji. Po raz pierwszy termin „sztuczna

---

<sup>1</sup> Inteligencja, w: Słownik języka polskiego PWN, <https://sjp.pwn.pl/szukaj/inteligencja%20.html> [dostęp: 18.8.2023 r.].

<sup>2</sup> *D.R. Schaffer, K. Kipp*, Psychologia rozwoju od dziecka do dorosłości, Harmonia Uniwersalis, Gdańsk 2015, s. 328.

<sup>3</sup> *Ibidem*, s. 333.

<sup>4</sup> *Ibidem*, s. 335.

inteligencja” został zaproponowany i zdefiniowany w 1955 r. przez *J. McCarthy’ego*<sup>5</sup> jako nauka i inżynieria tworzenia inteligentnych maszyn (*the science and engineering of making intelligent machines*)<sup>6</sup>. Wskazał on, że jest to proces powodujący takie zachowanie maszyny, które nazwalibyśmy inteligentnym, gdyby w ten sposób zachowywał się człowiek<sup>7</sup>. Podstawę do oceny, czy maszyna zachowuje się w inteligentnie, stanowiło ustalenie, czy maszyna myśli. Aby to zbadać, naukowcy początkowo posługiwali się testem *Alana Turinga*. Test był przeprowadzany w formie gry, która polegała na tym, że jej uczestnik, pisząc z człowiekiem i komputerem, nie widząc ich ani nie słysząc, miał na podstawie otrzymywanych odpowiedzi odgadnąć, który z rozmówców jest człowiekiem. Jeśli maszynie udało się oszukać zadającego dowolne pytania gracza, stanowiło to wystarczający dowód jej zdolności myślenia<sup>8</sup>. Obecnie uznaje się jednak, że doskonalenie programu robota zawsze doprowadzi do stworzenia takiej bazy danych pytań i odpowiedzi, jak i potencjalnych reakcji, że robot „zda” test *Turinga*<sup>9</sup>.

Mimo że sztuczna inteligencja została przez *McCarthy’ego* uznana za naukę, jej przedstawicielom nie udało się wypracować powszechnie uznawanej definicji. Pierwotnym celem twórców sztucznej inteligencji było stworzenie maszyny myślącej jak człowiek. Współczesne definiowanie sztucznej inteligencji w ten sposób nie wydaje się właściwe. Maszyny są zdolne do wykonywania wielu zadań, będących poza zasięgiem możliwości człowieka, obecnie nie są jednak w stanie działać racjonalnie, bowiem w ten sposób może zachowywać się tylko człowiek<sup>10</sup>. Sztuczną inteligencję w kształcie, w jakim funkcjonuje obecnie, definiuje *J. Kaplan*, przedstawiając stanowisko, zgodnie z którym „istotą sztucznej inteligencji – w gruncie rzeczy istotą inteligencji – jest zdolność do dokonywania właściwych uogólnień w odpowiednim czasie na pod-

---

<sup>5</sup> K. Różanowski, Sztuczna inteligencja: rozwój, szanse i zagrożenia, Zeszyty Naukowe Warszawskiej Wyższej Szkoły Informatyki 2007, Nr 2, s. 110, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-1cd1832b-24aa-4187-9c90-4bed4cd6eb97> [dostęp: 18.8.2023 r.].

<sup>6</sup> D. Lim, AI & IP Innovation and Creativity in an Age of Accelerated Change, Akron Law Review 813, 2018, no. 52, s. 820.

<sup>7</sup> J. McCarthy, M.L. Minsky, N. Rochester, C.E. Shannon, Proposal for the Dartmouth Summer Research Projekt on Artificial Intelligence, <http://www-formal.stanford.edu/jmc/history/dartmouth/dartmouth.html> [dostęp: 18.8.2023 r.].

<sup>8</sup> M. Piesko, O subtelnej różnicy między słabą a mocną wersją koncepcji sztucznej inteligencji np. testu Turinga, Zagadnienia Filozoficzne w Nauce, 2002, Nr XXXI, s. 94.

<sup>9</sup> A. Chłopecki, Sztuczna inteligencja – szkice prawnicze i futurologiczne, Warszawa 2018, s. 2.

<sup>10</sup> J. Kaplan, Sztuczna inteligencja. Co każdy powinien wiedzieć, Warszawa 2020, s. 19.

stawie ograniczonych danych”<sup>11</sup>. Godną uwagi jest również definicja zaprezentowana przez *A. Przegalińską*, która wskazuje, że pod pojęciem sztucznej inteligencji należy rozumieć multidyscyplinarną dziedzinę inżynierii, obejmującą wiele rozmaitych poddziedzin: robotykę, sieci neuronowe, uczenie maszynowe, sztuczne życie (*A-life*) oraz logikę rozmytą<sup>12</sup>.

W celu przeprowadzenia analizy czynności dokonywanych przez systemy oparte na sztucznej inteligencji, przedstawiciele nauk prawnych również podejmowali próby stworzenia definicji SI, która mogłaby być wykorzystana dla potrzeb wprowadzenia regulacji prawnych w tej materii. *T. Zalewski* zdefiniował sztuczną inteligencję jako „system, który pozwala na wykonywanie zadań wymagających procesu uczenia się i uwzględniania nowych okoliczności w toku rozwiązywania danego problemu i który może w różnym stopniu – w zależności od konfiguracji – działać autonomicznie oraz wchodzić w interakcję z otoczeniem”<sup>13</sup>. Z kolei *A. Chłopecki* wskazuje, że inteligencja jest pewną kwantyfikowalną właściwością, odnoszącą się do sfery przetwarzania danych a w konsekwencji reakcji prowadzących do pożądanej homeostazy ze światem zewnętrznym), która może, lecz nie musi być związana z samoświadomością<sup>14</sup>. *M. Florczak* oraz *S. Sikorski* uważają, że „dopiero system informatyczny posiadający zdolność do podejmowania samodzielnych decyzji nakierowanych na konkretny cel może być określanym mianem sztucznej inteligencji”<sup>15</sup>. Natomiast *M. Jankowska* definiuje SI poprzez wyliczenie jej elementów, punktując, że pojęciem sztucznej inteligencji określa się: 1) procesy technologiczne oparte na logice rozmytej (takie, w których decyzje o znaczeniu technologicznym są podejmowane przy wszystkich posiadanych danych); 2) systemy ekspertowe (systemy wykorzystujące posiadaną zaprogramowaną wiedzę, wg której podejmowane są decyzje); 3) programy mechanicznie tłumaczące teksty; 4) sieci neuronowe (wykorzystywane także w grach komputerowych); 5) programy uczące się; 6) programy poszukujące i analizujące dane; 7) programy rozpoznające mowę; 8) programy rozpoznające pismo; 9) programy tworzące dzieła li-

---

<sup>11</sup> *Ibidem*, s. 21.

<sup>12</sup> *A. Przegalińska, P. Oksanowicz, Sztuczna inteligencja nieludzka, arcyłudzka, Kraków 2020, s. 43.*

<sup>13</sup> *T. Zalewski, w: L. Lai, M. Świerczyński (red.), Prawo sztucznej inteligencji, Warszawa 2020, s. 3.*

<sup>14</sup> *A. Chłopecki, Sztuczna, s. 2.*

<sup>15</sup> *M. Florczak, S. Sikorski, Sztuczna inteligencja w medycynie-nowe wyzwanie w obszarze regulacji administracyjnoprawnej, w: I. Lipowicz, E. Nojszewska, S. Sikorski (red.), Innowacja w ochronie zdrowia. Aspekty prawne, ekonomiczne i organizacyjne, Warszawa 2020, s. 145.*

terackie i artystyczne (twórczość generowana komputerowo)<sup>16</sup>. Autorka wskazuje również, że SI działa za pomocą swojego substratu, a pojęciem opisującym substrat jest pojęcie agenta. W zależności od rodzaju zaprogramowanej aktywności można wyróżnić następujące podstawowe jego postaci, jakimi są: 1) robot (w sensie nośnika), który często zaopatrzony jest w sensory fizyczne i akumulatory; 2) system ekspertowy, któremu człowiek dostarcza informacji, po czym ten wykonuje zadanie; 3) software, który działa w środowisku czysto obliczeniowym (tzw. *softbot*)<sup>17</sup>.

Definicję sztucznej inteligencji opracowały również instytucje UE. Komisja Europejska złożyła wniosek przedstawiający projekt rozp. Parlamentu Europejskiego i Rady ustanawiającego zharmonizowane przepisy dotyczące sztucznej inteligencji (aktu w sprawie sztucznej inteligencji). W art. 3 pkt 1 tego aktu system sztucznej inteligencji zdefiniowano jako oprogramowanie opracowane przy użyciu co najmniej jednej spośród technik i podejść wymienionych w załączniku Nr 1, które może – dla danego zestawu celów określonych przez człowieka – generować wyniki, takie jak treści, przewidywania, zalecenia lub decyzje wpływające na środowiska, z którymi wchodzi w interakcję. Do technik i podejść wskazanych przez prawodawcę unijnego w załączniku Nr 1 do projektu rozporządzenia należą: 1) mechanizmy uczenia maszynowego, w tym uczenie nadzorowane, uczenie się maszyn bez nadzoru i uczenie przez wzmacnianie, z wykorzystaniem szerokiej gamy metod, w tym uczenia głębokiego; 2) metody oparte na logice i wiedzy, w tym reprezentacja wiedzy, indukcyjne programowanie (logiczne), bazy wiedzy, silniki inferencyjne i dedukcyjne, rozumowanie (symboliczne) i systemy ekspertowe; 3) podejścia statystyczne, estymacja bayesowska, metody wyszukiwania i optymalizacji<sup>18</sup>.

W literaturze skrytykowano proponowaną przez KE definicję sztucznej inteligencji. *P. Glauner* podniósł, że obejmuje ona dowolne oprogramowanie, które wykorzystuje metody uczenia maszynowego, procedury oparte na logice oraz wszelkie oprogramowanie korzystające z metod statystycznych lub metod wyszukiwania i optymalizacji. Obejmuje to prawie całe istniejące i przyszłe oprogramowanie, które w rzeczywistości nie jest związane ze sztuczną inteligencją. Na przykład każde oprogramowanie obliczające średnią liczb wykorzy-

---

<sup>16</sup> *M. Jankowska*, Podmiotowość prawna sztucznej inteligencji, w: *A. Bielska-Brodziak* (red.), *O czym mówią prawnicy, mówiąc o podmiotowości*, Katowice 2015, s. 175.

<sup>17</sup> *Ibidem*, s. 178.

<sup>18</sup> Załącznik Nr 1 do projektu rozp. Parlamentu Europejskiego i Rady ustanawiającego zharmonizowane przepisy dotyczące sztucznej inteligencji (aktu w sprawie sztucznej inteligencji) z 21.4.2021 r., Techniki i podejścia z zakresu sztucznej inteligencji.

stuje procedurę statystyczną, w rezultacie klasyfikowane będzie jako sztuczna inteligencja<sup>19</sup>. Należy jednak zwrócić uwagę, że w akcie w sprawie sztucznej inteligencji dokonano podziału SI na 4 kategorie i obowiązki nałożone tym rozporządzeniem na podmioty uczestniczące w łańcuchu produkcji i dystrybucji SI mają charakter obligatoryjny jedynie w stosunku do SI wysokiego ryzyka. Tak więc sytuacja prawna producenta tworzącego oprogramowanie obliczające średnią nie uległaby zmianie w wyniku uchwalenia aktu w sprawie sztucznej inteligencji w jego pierwotnej wersji.

Dnia 14.6.2023 r. Parlament Europejski przyjął poprawki do aktu w sprawie sztucznej inteligencji<sup>20</sup>, gdzie wskazano, że system sztucznej inteligencji oznacza system maszynowy, który został zaprojektowany do działania z różnym poziomem autonomii i który może – do wyraźnych lub dorozumianych celów – generować wyniki, takie jak przewidywania, zalecenia lub decyzje wpływające na środowiska fizyczne lub wirtualne. Dnia 13.6.2024 r. uchwalono akt w sprawie sztucznej inteligencji, który wszedł w życie dnia 1.8.2024 r. Definicja systemu sztucznej inteligencji została nieznacznie zmieniona w stosunku do proponowanej dnia 14.6.2023 r., a mianowicie wskazano, że system SI oznacza system maszynowy, który został zaprojektowany do działania z różnym poziomem autonomii po jego wdrożeniu oraz który może wykazywać zdolność adaptacji po jego wdrożeniu, a także który – na potrzeby wyraźnych lub dorozumianych celów – wnioskuje, jak generować na podstawie otrzymanych danych wejściowych wyniki, takie jak predykcje, treści, zalecenia lub decyzje, które mogą wpływać na środowisko fizyczne lub wirtualne.

Krytycznie należy ocenić brak wprowadzenia definicji systemu maszynowego lub maszyny do aktu w sprawie sztucznej inteligencji. Taki zabieg powoduje, że pojęcie to należy tłumaczyć w oparciu o rozp. w sprawie maszyn<sup>21</sup>, w którym zdefiniowano maszynę jako zespół wyposażony lub przeznaczony do wyposażenia w mechanizm napędowy inny niż bezpośrednio wykorzystujący siłę mięśni ludzkich lub zwierzęcych, składający się ze sprzężonych części lub

---

<sup>19</sup> P. Glauner, An Assessment of the AI Regulation Proposed by the European Commission, s. 4, <https://arxiv.org/pdf/2105.15133.pdf> [dostęp: 21.8.2023 r.].

<sup>20</sup> Poprawki przyjęte przez Parlament Europejski w dniu 14.6.2023 r. w sprawie wniosku dotyczącego rozp. Parlamentu Europejskiego i Rady ustanawiającego zharmonizowane przepisy dotyczące sztucznej inteligencji (akt w sprawie sztucznej inteligencji) i zmieniającego niektóre akty ustawodawcze Unii, COM(2021)0206 – C9-0146/2021 – 2021/0106(COD), [https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2023-0236\\_PL.html](https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2023-0236_PL.html) [dostęp: 20.12.2023 r.].

<sup>21</sup> Rozp. Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2023/1230 z 14.6.2023 r. w sprawie maszyn, oraz w sprawie uchylecia dyrektywy 2006/42/WE Parlamentu Europejskiego i Rady i dyrektywy Rady 73/361/EWG (Dz.Urz. UE L z 2023 r. Nr 165, s. 1).

elementów, z których przynajmniej jedna część lub jeden element porusza się, wspólnie połączonych do określonego zastosowania<sup>22</sup>. Systemy sztucznej inteligencji w większości przypadków nie działają z wykorzystaniem maszyn, które poruszają się w klasycznym rozumieniu tego słowa. Należy zatem dokonać wykładni rozszerzającej pojęcia ruch, uznając za niego pracę maszyny polegającą na interakcji z otoczeniem, pobieraniu danych, analizie danych oraz formułowaniu wniosków. Za mechanizm napędowy należy uznać hardware urządzenia, na którym oprogramowanie zostanie zainstalowane. Przyjmując takie założenia, należy uznać, że maszyną, z wykorzystaniem której działa system sztucznej inteligencji będzie komputer, tablet, telefon, robot medyczny oraz serwer, na którym zapisano dane. Można się jednak spodziewać, że producenci systemów sztucznej inteligencji będą definicję SI wyklądać inaczej, przyjmując, że jeśli maszyna, na której zainstalowana jest SI, nie porusza się w rozumieniu dosłownym, to nie są oni zobowiązani stosować się do norm wskazanych w akcie w sprawie sztucznej inteligencji.

Negatywnie oceniam też umieszczone w motywie 12 stwierdzenie, że poprzez „działanie z różnym poziomem autonomii” należy rozumieć, iż SI jest w pewnym stopniu niezależna od zaangażowania ze strony człowieka i zdolna do działania bez interwencji człowieka. Taka wykładnia może doprowadzić do wykluczenia z regulacji wysokozaawansowanych systemów medycznych, które współpracują z człowiekiem, ale nie są w stanie samodzielnie wykonywać czynności medycznych. Powstają zatem wątpliwości, czy robota medycznego np. *da Vinci* można uznać za system sztucznej inteligencji, gdyż co prawda jest wyposażony w system kontrolowany przez układ sprzężonych algorytmów modyfikujących ruch rąk chirurga oraz obraz, jaki operator widzi na ekranie podczas zabiegu, ale samodzielnie żadnej części operacji nie przeprowadza. W pierwotnej wersji projektu aktu w sprawie sztucznej inteligencji takiej wątpliwości nie było. Teraz jednak wydaje się, że robota *da Vinci* nie będzie można uznać za wyrób medyczny wyposażony w system sztucznej inteligencji. Nie budzi jednak wątpliwości, że systemami SI będą programy diagnostyczne. Wydaje się, że niewłaściwie wykonany zabieg zazwyczaj skutkuje powstaniem szkody o większym rozmiarze niż błędne wykonanie innych czynności. Pacjenta pod-

---

<sup>22</sup> W polskim systemie prawnym maszyna zdefiniowana została w § 3 rozp. Ministra Gospodarki z 21.10.2008 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn (Dz.U. z 2008 r. Nr 199, poz. 1228) jako zespół wyposażony lub który można wyposażyć w mechanizm napędowy inny niż bezpośrednio wykorzystujący siły mięśni ludzkich lub zwierzęcych, składający się ze sprzężonych części lub elementów, z których przynajmniej jedna jest ruchoma, połączonych w całość mającą konkretne zastosowanie.

dawanego zabiegowi chirurgicznemu z wykorzystaniem robota jedynie modyfikującego pracę lekarza należałoby objąć ochroną prawną w takim samym zakresie jak pacjentów diagnozowanych lub leczonych za pomocą urządzeń wykonujących część czynności w sposób samodzielny.

Za atut definicji przyjętej w akcie w sprawie sztucznej inteligencji należy uznać jej spójność z definicją proponowaną przez prawodawcę amerykańskiego, zgodnie z którą termin „sztuczna inteligencja” oznacza system oparty na maszynach, który może, dla danego zestawu celów określonych przez człowieka, formułować przewidywania, zalecenia lub decyzje wpływające na środowiska rzeczywiste lub wirtualne. Systemy sztucznej inteligencji wykorzystują dane wejściowe maszyn i ludzi do:

- 1) postrzegania środowiska rzeczywistego i wirtualnego;
- 2) streszczania takich spostrzeżeń w modelach poprzez analizę w sposób zautomatyzowany;
- 3) używania wnioskowania modelowego do formułowania opcji informacji lub działań<sup>23</sup>.

Stany Zjednoczone są jednym z większych producentów wyrobów medycznych oraz systemów sztucznej inteligencji, zatem definiowanie SI w sposób odmienny mogłoby doprowadzić do powstania luk prawnych, a w konsekwencji niedostatecznej ochrony poszkodowanych.

Należy także stwierdzić, że poprawiona definicja SI jest bardziej elastyczna od poprzedniej, ponieważ nie wymaga aktualizacji technik wykorzystywanych do tworzenia SI określonych w pierwotnej wersji projektu aktu w załączniku Nr 1 do aktu w sprawie sztucznej inteligencji. Zapobiega to również tworzeniu nowych metod produkowania SI w celu obejścia norm prawa unijnego.

Definiowanie, czym jest sztuczna inteligencja w sposób odbiegający od definicji przedstawionej przez instytucje unijne, wydaje się być wysoce ryzykowne i może prowadzić do niespójności systemu prawnego. Prawo UE jest integralną częścią polskiego porządku prawnego, należy zatem tworzyć oraz wyklądać normy istniejące na poziomie krajowym, w sposób zgodny z prawodawstwem unijnym. Ponadto, definiowanie sztucznej inteligencji poprzez odwołanie się do działania człowieka czy też działania w sposób racjonalny nie jest właściwe z uwagi na subiektywność oceny. Brak jest możliwości precyzyjnego określenia, czym jest i jak można zmierzyć, czy też ocenić inteligencję człowieka. Co więcej, w chwili obecnej, technologia w jednych dziedzinach

---

<sup>23</sup> H.R.6216 – National Artificial Intelligence Initiative Act of 2020, <https://www.congress.gov/bill/116th-congress/house-bill/6216> [dostęp: 20.12.2023 r.].

znacznie przewyższa możliwości człowieka, w innych nie posiada ich wcale. Wobec czego w niniejszym opracowaniu sztuczna inteligencja będzie rozumiana w sposób określony w akcie w sprawie sztucznej inteligencji.

Wskazuję, że również za operatora uznaję dostawcę, producenta produktu, podmiot stosujący, upoważnionego przedstawiciela, importera lub dystrybutora. Natomiast za podmiot stosujący uważam osobę fizyczną lub prawną, organ publiczny, agencję lub inny podmiot, które wykorzystują system SI, nad którym sprawują kontrolę, z wyjątkiem sytuacji, gdy jest on wykorzystywany w ramach osobistej działalności pozazawodowej. W niniejszym opracowaniu posługuję się także pojęciem używającego, które nie zostało zdefiniowane akcie w sprawie sztucznej inteligencji. Przez używającego rozumiem osobę fizyczną, osobę prawną lub inną jednostkę organizacyjną, która korzysta z funkcjonalności systemu sztucznej inteligencji we własnym interesie zarówno zawodowym, jak i prywatnym.

## § 2. Techniki wykorzystywane do opracowania systemów sztucznej inteligencji

Podstawową techniką wykorzystywaną do opracowania sztucznej inteligencji jest uczenie maszynowe (*machine learning*, ML). Przyjmuje się, że zdolność komputerów do uczenia się bez programowania nowych umiejętności<sup>24</sup> została określona mianem *machine learning* pierwszy raz przez A. Samuela w 1959 r.<sup>25</sup> Polega ono na identyfikacji wzorców w dostępnych danych, a następnie zastosowaniu tej wiedzy do dostarczonych nowych danych. Źródłami danych są obrazy, teksty, sensory, wideo, dźwięki, symulacje, maszyny, bazy danych<sup>26</sup>. Proces uczenia maszynowego można przedstawić symbolicznie w trzech krokach: 1) odkrywanie wiedzy w danych; 2) predykcja/klasyfikacja –

---

<sup>24</sup> A.L. Samuel, Some Studies in Machine Learning Using the Game of Checkers, IBM Journal of research and development 1959, Nr 3(3), s. 210–229, <https://ieeexplore.ieee.org/document/5392560> [dostęp: 21.8.2023 r.].

<sup>25</sup> K. Korczak, Uczenie maszynowe w opiece zdrowotnej, Roczniki Kolegium Analiz Ekonomicznych Szkoły Głównej Handlowej 2016, Nr 42, s. 307, [https://www.researchgate.net/profile/Karol-Korczak/publication/339749528\\_Uczenie\\_maszynowe\\_w\\_opiece\\_zdrowotnej/links/5e6285e092851c7ce04a1f85/Uczenie-maszynowe-w-opiece-zdrowotnej.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Karol-Korczak/publication/339749528_Uczenie_maszynowe_w_opiece_zdrowotnej/links/5e6285e092851c7ce04a1f85/Uczenie-maszynowe-w-opiece-zdrowotnej.pdf) [dostęp: 21.8.2023 r.].

<sup>26</sup> E.A. Płocha, O pojęciu sztucznej inteligencji i możliwościach jej zastosowania w postępowaniu cywilnym, Pr.Dział. Sprawy Cywilne 2020, Nr 44, s. 279.

tworzenie modeli prognostycznych; 3) tworzenie baz wiedzy – kodyfikacja rezultatów celem przyszłego wykorzystania<sup>27</sup>. W uczeniu maszynowym wykorzystuje się cztery rodzaje algorytmów:

- 1) algorytmy klasyfikacyjne – wskazują jedną z dwóch lub kilku wartości (prawda/fałsz, tak/nie);
- 2) algorytmy regresyjne – oceniają nieznane wartości parametru np. wartość spółki;
- 3) algorytmy grupujące – grupują zmienne dane wejściowe w klastry np. klientów banku w oparciu o historię kredytową;
- 4) inne algorytmy – algorytmy, które nie należą do żadnej z powyższych kategorii<sup>28</sup>.

Uczenie maszynowe wykorzystywane jest m.in. do generowania obrazów, sterowania robotami, detekcji obiektów<sup>29</sup>.

Drugim istotnym terminem jest **uczenie głębokie** (*deep learning*). Jest to podkategoria uczenia maszynowego. Wymaga ona większych zbiorów danych. W tym przypadku uczenie trwa dłużej. Wzorowane jest na pracy mózgu – w jego trakcie przetwarzanych jest jednocześnie wiele danych. Matematycznym modelem biologicznego układu nerwowego są sieci neuronowe (*neural networks*). Przetwarzając pobrane z otoczenia dane, działają na wzór podejmowania decyzji w neuronach<sup>30</sup>. Typowa sztuczna sieć neuronowa składa się z warstw, pełniących określone funkcje: warstwa wejściowa służy do stawiania sieci zadań do rozwiązania, warstwa wyjściowa udostępnia rozwiązanie wypracowane przez sieć, w warstwach ukrytych następuje proces przetwarzania informacji, są więc „siedliskiem inteligencji” sieci<sup>31</sup>. Warto również wskazać na konwolucyjne sieci neuronowe (*convolutional neural network*, CNN). Skła-

---

<sup>27</sup> K. Regulski, Metody uczenia maszynowego wspierane semantycznie, 2017, s. 25, [https://www.researchgate.net/profile/Krzysztof-Regulski/publication/323915512\\_Metody\\_uczenia\\_maszynowego\\_wspierane\\_semantycznie\\_-\\_Machine\\_learning\\_methods\\_supported\\_by\\_semantic\\_technologies/links/5ab26e39458515eceeddabf/Metody\\_uczenia\\_maszynowego\\_wspierane\\_semantycznie-Machine-learning-methods-supported-by-semantic-technologies.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Krzysztof-Regulski/publication/323915512_Metody_uczenia_maszynowego_wspierane_semantycznie_-_Machine_learning_methods_supported_by_semantic_technologies/links/5ab26e39458515eceeddabf/Metody_uczenia_maszynowego_wspierane_semantycznie-Machine-learning-methods-supported-by-semantic-technologies.pdf) [dostęp: 21.8.2023 r.].

<sup>28</sup> M. Więckowska, Artificial intelligence, machine learning, deep learning etyka i RODO, jak to wszystko połączyć?, w: B. Fischer, A. Pązik, M. Świerczyński (red.), Prawo sztucznej inteligencji i nowych technologii 2, Warszawa 2022, s. 249.

<sup>29</sup> E.A. Płocha, O pojęciu, s. 279.

<sup>30</sup> K. Niewęglowski, N. Wilczek, B. Madoń, J. Palmi, M. Wasyluk, Zastosowania sztucznej inteligencji (AI) w medycynie, Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu, s. 2, <https://www.mon-z.pl/pdf-142085-68671?filename=Applications%20of.pdf> [dostęp: 21.8.2023 r.].

<sup>31</sup> R. Tadeusiewicz, Sieci neuronowe i inne systemy sztucznej inteligencji dla medycyny, Postępy Fizyki 2006, t. 57, Nr 3, s. 182.

dają się z wielu warstw przetwarzających dane za pomocą filtrów, czyli operacji matematycznych mających zastosowanie w identyfikowaniu wzorców, które splatają dane wejściowe w celu wyodrębnienia informacji<sup>32</sup>.

W literaturze wskazuje się, że uczenie maszynowe i uczenie głębokie można podzielić na 4 typy:

- 1) uczenie nadzorowane – wykorzystuje się jedynie oznakowane dane, którym przydzielono etykiety – wyniki są najdokładniejsze;
- 2) uczenie częściowo nadzorowane – wykorzystuje się oznakowane dane, którym przydzielono etykiety oraz nieoznakowane dane, stosuje się je, gdy trudno jest wyodrębnić odpowiednie funkcje z dużej ilości danych np. w analizie obrazów medycznych;
- 3) uczenie nienadzorowane – wykorzystuje się jedynie dane nieoznakowane, przetwarza się duże ilości danych w czasie rzeczywistym, algorytmy samodzielnie znajdują regularność danych wejściowych, bez instrukcji czego i jak mają szukać – wyniki są mniej dokładne;
- 4) uczenie ze wzmocnieniem – system pracuje w środowisku nieznanym, otrzymuje pozytywne i negatywne sygnały wzmocnienia, na ich podstawie otrzymywane są wyniki, na które człowiek nie ma wpływu. Jest to praca na zasadzie „prób i błędów”<sup>33</sup>.

### § 3. Rodzaje sztucznej inteligencji słaba SI i silna SI

Amerykański filozof *John Searle* zaproponował dychotomiczny podział sztucznej inteligencji na **silną SI** (*strong artificial intelligence*) i **słabą SI** (*weak artificial intelligence*)<sup>34</sup>. Słaba SI to zdolność do działania w sposób podobny do działania inteligencji człowieka. Natomiast silna SI to zdolność do faktycznego myślenia, czyli myślenia w sposób niesymulowany. Wskazuje się, że przy takim założeniu silna SI byłaby zapewne obdarzona świadomością swego istnienia<sup>35</sup>. Silna sztuczna inteligencja posiada umiejętność wykonania każdego zadania kognitywnego przynajmniej tak dobrze jak człowiek. Ma maksymalnie szeroki

---

<sup>32</sup> R. Józwiak, Ł. Kielbus, Ł. Osowicki, Splotowe sieci neuronowe w diagnostyce chorób ocznych wybrane przykłady i zastosowania, w: Prawo sztucznej inteligencji i nowych technologii 2, s. 280.

<sup>33</sup> M. Więckowska, *Artificial*, s. 246–247.

<sup>34</sup> H. Kwaśnicka, Sztuczna inteligencja sukcesy i obawy, w: Z. Szalbierz (red.), *Innowacje technologiczne w teorii i praktyce*, Wrocław 2019, s. 25.

<sup>35</sup> T. Zalewski, w: *Prawo*, Legalis.

zakres, jest zdolna do osiągnięcia praktycznie każdego celu, łącznie z nauką<sup>36</sup>. Według zwolenników koncepcji silnej sztucznej inteligencji odpowiednio zaprogramowany komputer byłby w istotnym zakresie równoważny umysłowi ludzkiemu, np. posiadałby zdolność samouczenia się oraz procedury umożliwiające mu rozwiązywanie problemów poprzez uczenie się<sup>37</sup>. Ostatecznym celem silnej sztucznej inteligencji jest stworzenie maszyny, której ogólne zdolności intelektualne są nie do odróżnienia od zdolności człowieka. Cel ten wzbudził duże zainteresowanie w latach pięćdziesiątych i sześćdziesiątych XX w., ale optymizm ustał z uwagi na duże trudności związane ze stworzeniem silnej SI. Część badaczy uważa, że silna sztuczna inteligencja nie jest warta opracowania<sup>38</sup>. Natomiast zwolennicy teorii słabej sztucznej inteligencji uważają, że: „komputer pozwala formułować i sprawdzać hipotezy dotyczące mózgu. Mózg dokonuje wielu obliczeń, a sposób w jaki wrażenia zmysłowe są przetwarzane, zanim nie powstaną w naszym umyśle kolejne wrażenia, jest do pewnego stopnia zrozumiały. Potrafimy nawet zaprojektować trójwymiarowe obrazy, pozornie składające się z chaotycznych kropek, wiedząc, jakie obliczenia wykonywane są przez układ wzrokowy”. Tym samym więc aprobujący teorię słabej sztucznej inteligencji zakładają, że „inteligentny” program komputerowy może mieć jedynie zdolność do testowania tego, jak działa ludzki intelekt, w żadnym zaś razie nie jest równoznaczny tymże zjawiskom umysłowym<sup>39</sup>. W przeciwieństwie do silnej SI słaba SI wyraża się tym, że inteligentne zachowania mogą być modyfikowane i wykorzystywane przez komputery do rozwiązywania złożonych problemów. Z tego punktu widzenia należy przyjąć, że z faktu inteligentnego zachowania komputerów nie można wyciągnąć wniosku o ich rzeczywistej inteligencji identycznej z ludzką<sup>40</sup>. Dowodzi tego przeprowadzony przez *J. Searla* eksperyment chińskiego pokoju.

Człowiek posługujący się jedynie językiem angielskim niepotrafiący pisać, czytać ani mówić w języku chińskim został umieszczony w pokoju, w którym znajdował się zestaw kart z nadrukowanymi chińskimi symbolami oraz instrukcje, jak się kartami posługiwać. Następnie przez szczelinę podano mu historię napisaną w języku chińskim i zestaw pytań jej dotyczących. Osoba pod-

---

<sup>36</sup> E.A. Płocha, O pojęciu, s. 277.

<sup>37</sup> K. Biczysko-Pudelko, D. Szostek, Koncepcje dotyczące osobowości prawnej robotów – zagadnienia wybrane, *Kwartalnik Naukowy PME* 2019, Nr 2, s. 10–11.

<sup>38</sup> B.J. Copeland, Is strong AI possible?, *Encyklopedia Britannica*, <https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence/Methods-and-goals-in-AI> [dostęp: 3.5.2021 r.].

<sup>39</sup> K. Biczysko-Pudelko, D. Szostek, Koncepcje, s.11.

<sup>40</sup> B. Coppin, *Artificial Intelligence Illuminated*, Jones and Bartlet Publishers, Boston 2004, s. 5.

dana eksperymentowi, postępując zgodnie z instrukcją, była w stanie skonstruować odpowiedzi na pytania z kart z symbolami chińskimi i przekazać je pytającemu w taki sposób, że ten miał wrażenie jakby poddawany eksperymentowi znał język chiński<sup>41</sup>. Na takiej samej zasadzie skonstruowane są obecnie systemy nazywane sztuczną inteligencją. Wszystkie obecnie znane rozwiązania SI znajdują się w grupie słabej sztucznej inteligencji<sup>42</sup>. To, że program komputerowy zachowuje się w sposób inteligentny, niekoniecznie oznacza, że posiada świadomość oraz inteligencję. W większości przypadków potrafi jedynie przetwarzać duże ilości danych w szybkim tempie, łączyć je ze sobą w sposób, który został mu podany, czym osiąga cele zamierzone przez świadomego twórcę. Jednocześnie człowiek bez stworzonego systemu nie byłby w stanie uzyskać takiego samego efektu. Nie zmienia to jednak faktu, że działanie obecnie wstępującej w obrocie SI jest w pełni symulowane, jak również nie stanowi rzeczywistego myślenia.

## § 4. Zastosowanie systemów SI w diagnostyce

Medyczna sztuczna inteligencja najszerzej rozwinęła się w zakresie diagnostyki. Obecnie wykorzystywana jest w radiologii i radioterapii, onkologii, patomorfologii, gastroenterologii, dermatologii, okulistyce i kardiologii<sup>43</sup>. Jednym z większych osiągnięć w tej diagnostyce medycznej jest inteligentny system CheXNet, który diagnozuje czternaście stanów chorobowych na podstawie zdjęć rentgenowskich klatki piersiowej. Osiąga on lepsze od radiologów wyniki w diagnozowaniu zapalenia płuc, pod warunkiem dostępu do wystarczająco dużego zbioru danych testowych. Taki zbiór został udostępniony przez National Institutes of Health Clinical Center. Zestaw zawierał 112 120 zdjęć rentgenowskich klatki piersiowej (widok z przodu), a każdy z nich był opisany co najmniej jednym z czternastu stanów chorobowych. Grupa specjalistów masyńowego uczenia z Uniwersytetu Stanforda skupiła się na diagnozowaniu zapalenia płuc z uwagi na trudność jego wykrycia tylko na podstawie zdjęcia. Kilka tygodni pracy specjalistów wystarczyłoby system CheXNet przekroczył dokładność wszystkich poprzednich algorytmów. Nadto, system zdiagnozował

---

<sup>41</sup> *Ibidem*, s. 20–21.

<sup>42</sup> L. Lai, *Prawo sztucznej inteligencji*, 2020.

<sup>43</sup> S. Patrzyk, A. Woźniacka, *Sztuczna inteligencja w medycynie*, UMedical Reports 2022, vol. 6, s. 14–21.

zapalenie płuc lepiej niż czterech najlepszych radiologów ze Stanford University of Medicine. CheXNet produkuje obraz podobny do mapy cieplnej, tyle że kolory mają w tym przypadku zupełnie inne znaczenie – reprezentują obszary, które algorytm wskazuje jako najprawdopodobniej objęte zapaleniem płuc. System może pomóc radiologom w szybszym diagnozowaniu, pokazując miejsca, na które należy zwrócić szczególną uwagę<sup>44</sup>.

Najbardziej znanym i najczęściej wykorzystywanym w diagnostyce systemem sztucznej inteligencji wydaje się IBM Watson for Oncology. Obecnie z systemu korzysta kilkadziesiąt placówek medycznych w Stanach Zjednoczonych, Azji i Europie. Jest on używany również w Polsce w Regionalnym Centrum Zdrowia w Lublinie przez Grupę ECM Szpitale. Urządzenie stosuje się, gdy istnieją wątpliwości co do diagnozy pacjenta. Watson for Oncology stanowi kognitywny system obliczeniowy, który wykorzystuje przetwarzanie języka naturalnego i uczenie maszynowe w celu dostarczania zaleceń dotyczących leczenia. Przetwarza ustrukturyzowane<sup>45</sup> i nieustrukturyzowane<sup>46</sup> dane z literatury medycznej, standardów leczenia, dokumentacji medycznej, raportów obrazowych, laboratoryjnych i patologicznych oraz ekspertyz specjalistów Memorial Sloan Kettering w celu formułowania zaleceń terapeutycznych. Zalecenia te podzielone są na trzy kategorie: zalecane, do rozważenia i niewskazane<sup>47</sup>.

MD Anderson Cancer Center (dalej: MD Anderson), jeden z najlepszych ośrodków onkologicznych w USA, współpracował z IBM Watson, realizując projekt „*Oncology Expert Advisor*” (dalej: OEA)<sup>48</sup>. Narzędzie to integrowało wiedzę lekarzy onkologów oraz osób zajmujących się badaniami klinicznymi. OEA zapewniał 360-stopniowy widok każdego pacjenta onkologicznego, co pomagało lekarzom lepiej zrozumieć dane pacjenta, historię leczenia,

---

<sup>44</sup> H. Kwaśnicka, *Sztuczna*, s. 274–275.

<sup>45</sup> Dane ustrukturyzowane – wszystkie dane, które można przechowywać, konsultować i przetwarzać w postaci ustalonego formatu. Zob. W. Hoogenraad, DUŻE DANE: rodzaje, cechy i zalety, ITpedia 2017, <https://pl.itpedia.nl/2017/08/29/big-data-soorten-kenmerken-en-voordelen/> [dostęp: 17.8.2021 r.].

<sup>46</sup> Dane niestrukturyzowane – zbiory danych o nieznanym kształcie lub strukturze, mają format nieprzetworzony lub nieustrukturyzowany. Zob. W. Hoogenraad, DUŻE [dostęp: 17.8.2021 r.].

<sup>47</sup> S.P. Somashekhar, M.J. Sepulveda, A.D. Norden, A. Rauthan, K. Arun, P. Patil, R.Y. Ethadka, R.C. Kumar, Early experience with IBM Watson for Oncology (WFO) cognitive computing system for lung and colorectal cancer treatment, *Journal of Clinical Oncology* 2017, vol. 35, iss. 15.

<sup>48</sup> Ze względu na problemy techniczne i organizacyjne, projekt został zakończony przed planowanym terminem.

wyniki badań i ważne informacje, znajdujące się w dokumentacji medycznej, prowadzonej przez każdą placówkę medyczną MD Anderson, którą odwiedził pacjent w przeszłości. Rozumiejąc i analizując dane w profilu pacjenta, a także informacje publikowane w literaturze medycznej, OEA mogło następnie współpracować z lekarzem, tworząc oparte na dowodach propozycje leczenia indywidualnie dopasowane dla danego pacjenta. Propozycje te obejmowały nie tylko standardowe, zatwierdzone terapie, ale także możliwość udziału w badaniach klinicznych<sup>49</sup>.

Kolejne zastosowanie SI obejmuje wykrywanie złamań kręgow. Zebra Medical opracowała algorytm głębokiego uczenia wykrywający złamania kompresyjne kręgow. Jest on połączony z algorytmami, które badają gęstość kości, wykrywają stłuczenie wątroby i zwapnienie tętnic wieńcowych. Do uczenia swoich programów Zebra wykorzystuje Image Analytics Platform. Celem jest stworzenie systemu, który na obrazach będzie oznaczał konkretne zmiany lub choroby, pomagając lekarzom w dostrzeżeniu ich na wczesnym etapie rozwoju. Złamania kompresyjne kręgow są powszechne, a ich wykrywalność wynosi mniej niż jedna trzecia przypadków. Występują często u pacjentów z osteoporozą, u których krąg łatwiej ulega kompresji i zapada się. Wczesne wykrycie takich przypadków może pomóc w zapobieganiu złamaniom osteoporotycznym i zmniejszeniu wydatków na system opieki zdrowotnej<sup>50</sup>.

Należy też wskazać, że badacze opracowali system SI, przewidujący, którzy pacjenci będą mieli udary lub zawały serca w ciągu 10 lat. Naukowcy zauważają, że ok. 50% wszystkich zawałów serca i udarów mózgu występuje u osób, które nie zostały zidentyfikowane jako zagrożone<sup>51</sup>. *Stephen Weng* i jego współpracownicy przetestowali kilka różnych narzędzi maszynowego uczenia na danych pochodzących z dokumentacji medycznej 378 256 pacjentów w Wielkiej Brytani. Są to dane zdrowotne z lat 2005–2015, zawierające informacje nt. warunków medycznych, leków na receptę, wizyt w szpitalu, wyników laboratoryjnych. Z tej puli 75% danych było wykorzystywanych jako dane uczące. Celem było wykrycie cech pacjentów, którzy doświadczyli ataku serca lub udaru mózgu w ciągu 10 lat. Na pozostałych 25% danych wynik uczenia został przetestowany. Dokładność standardowych modeli statystycznych wynosiła 72,8%, a modeli maszynowego uczenia w granicach od 74,5% do 76,4%. Mimo że wy-

---

<sup>49</sup> L. Howard, Paging Dr. Watson: IBM's Watson Supercomputer Now Being Used in Healthcare, Journal of AHIMA 85 2014, no. 5, s. 44–47, <http://library.ahima.org/doc?oid=300441#.Y-RqpBS22wXo> [dostęp: 17.8.2021 r.].

<sup>50</sup> H. Kwaśnicka, Sztuczna, s. 272.

<sup>51</sup> *Ibidem*, s. 273.

nik modeli maszynowego uczenia nie wydaje się imponujący, to biorąc pod uwagę liczbę pacjentów, których model uczenia uznał za zagrożonych, wynik jest wart uwagi (355 więcej zidentyfikowanych pacjentów)<sup>52</sup>.

W okulistyce badacze stworzyli sztuczną inteligencję, która za pomocą sieci CNN (splotowe sieci neuronowe) analizujących obrazy dna oka, rozpoznaje retinopatię cukrzycową, zwyrodnienia plamki żółtej związanej z wiekiem, oraz patologiczną krótkowzroczność. Narzędzie to posiada wyjaśniany interfejs. Używający otrzymuje wizualne mapy atrybucji, pozwalające ocenić, które elementy obrazu wejściowego, odpowiedzialne były za rozpoznanie poszczególnych objawów. Wyniki analizy pokazywane są również w postaci prawdopodobieństwa wystąpienia objawów i schorzeń. Model działa w schemacie przyczynowym, klasyfikuje niezależnie od siebie różne zmiany, obserwowane w obrazie dna oka, które są przesłankami do wystąpienia określonych schorzeń<sup>53</sup>.

Na rynku pojawiają się również komercyjne urządzenia zaopatrzone w systemy sztucznej inteligencji. Przykładem takiego narzędzia jest elektroniczny stetoskop StethoMe. Pozwala on kontrolować stan zdrowia osoby chorej na astmę. Urządzenie to wyposażone jest w mobilną aplikację StethoMe® Astma, wysyłającą dźwięki nagrane za pomocą stetoskopu do medycznych algorytmów, które analizują zarejestrowane dźwięki z płuc. StethoMe® natychmiast informuje używającego o wykrytych nieprawidłowościach w układzie oddechowym<sup>54</sup>.

Systemy sztucznej inteligencji wykorzystywane w celach diagnostycznych, zostały stworzone w oparciu o bazy danych medycznych. Przy czym należy zauważyć, że zbiory danych szkoleniowych nie zawsze są reprezentatywne, nie uwzględniono w nich różnic w odniesieniu do płci, rasy, pochodzenia etnicznego i innych, co może skutkować uprzedzeniami algorytmów<sup>55</sup>. Najpierw SI „trenuje się”, wprowadzając do niej kilkadziesiąt lub kilkaset tysięcy danych obejmujących obrazy radiologiczne opisane przez personel medyczny, wyniki badań laboratoryjnych, dane przedstawiające osiągnięcia medycyny pocho-

---

<sup>52</sup> *Ibidem*, s. 273–274.

<sup>53</sup> R. Józwiak, Ł. Kielbus, Ł. Osowicki, Splotowe, s. 287.

<sup>54</sup> Zob. StethoMe® inteligentny stetoskop dla rodziców, <https://stethome.com/pl?fbclid=IwAR2B6KMRmk2FuGBSdlIR6vOvnTQ9QyCxDAvSljPI0c3D4O4d4gMLL86Tb28> [dostęp: 12.5.2021 r.].

<sup>55</sup> F. Ursin, C. Timmermann, M. Orzechowski, F. Steger, Diagnosing Diabetic Retinopathy With Artificial Intelligence: What Information Should Be Included to Ensure Ethical Informed Consent?, *Frontiers in Medicine* 2021, vol. 8, s. 4.

**Przejdź do księgarni →**

**ksiegarnia.beck.pl**