

# Sztuczna inteligencja – oksymoron czy oczywistość?

Krzysztof Goczyła  
Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki  
Politechnika Gdańska  
[kris@eti.pg.edu.pl](mailto:kris@eti.pg.edu.pl)

## 1. Wprowadzenie

Sztuczna inteligencja – czy jest jakiś inny termin z zakresu nowoczesnych technologii, który ostatnio zrobiłby większą karierę? Co to takiego jest owa sztuczna inteligencja – jakie są oczekiwania, realia i perspektywy? Dyskusji na ten temat poświęcony jest niniejszy artykuł.

Zacznijmy od definicji słownikowych. Według „Słownika języka polskiego PWN”, inteligencja to *zdolność rozumienia, uczenia się oraz wykorzystywania posiadanej wiedzy i umiejętności w sytuacjach nowych*. W tym samym słowniku znajdziemy też definicję sztucznej inteligencji jako działu informatyki badającego reguły rządzące zachowaniami umysłowymi człowieka i tworzącego programy lub systemy komputerowe symulujące ludzkie myślenie. To symulowanie ludzkiego myślenia jest najważniejszym, a zarazem budzącym największe kontrowersje, elementem sztucznej inteligencji. Do jakiego stopnia maszyna (program komputerowy) może naśladować człowieka? Czy jest to nierealne (stąd ów oksymoron w tytule), czy też może jest to tylko kwestią czasu i nieuchronnego wzrostu mocy obliczeniowych maszyn?

Początków sztucznej inteligencji należy upatrywać we wczesnych latach 50. ubiegłego wieku, kiedy to Alan Turing, twórca podwalin nowoczesnej algorytmiki, postawił problem nazwany testem Turinga: Czy program komputerowy może prowadzić rozmowę z człowiekiem tak, by nie można odróżnić odpowiedzi człowieka od odpowiedzi komputera? Wyzwanie to spowodowało powstanie pierwszych „inteligentnych” programów konwersujących w bardziej lub mniej udany sposób z człowiekiem. Podówczas najsympatyczniejszy z nich, o wdzięcznej nazwie Eliza, dość często na zadawane mu pytanie odpowiadał: „A co ty myślisz na ten temat?”. (Na marginesie, niewiele lepiej zachowują się współczesne *chatboty*). Anglojęzyczny termin „Artificial Intelligence” został wprowadzony przez Johna McCarthy’ego w 1956 roku, kiedy to w USA odbyła się pierwsza konferencja poświęcona inteligentnym maszynom. W rok później powstaje pierwszy sztuczny neuron, perceptron, urządzenie elektromechaniczne symulujące działanie ludzkiego neuronu, a w kilka lat potem następuje prawdziwa eksplozja systemów wnioskujących, opartych na przetwarzających dużej liczby reguł logicznych, zwanych systemami ekspertowymi. Dziedziny, w których te systemy znalazły pewne zastosowanie, to medycyna, fizyka, chemia, geologia, biologia, a także dowodzenie twierdzeń matematycznych. Zaczęto nawet uważać, że systemy ekspertowe wyposażone w odpowiednio dużą liczbę reguł, sięgającą milionów, są w stanie sensownie odpowiadać na dowolne pytania człowieka. Po początkowej euforii nastąpiła jednak era sceptycyzmu spowodowana zarówno tym, że moce obliczeniowe komputerów lat 80. i 90. XX wieku nie były w stanie sprostać ogromnym wymaganiom wnioskowania z tak dużej liczby reguł, jak i tym, że poziom inteligencji, jaki reprezentowały systemy ekspertowe, daleko odbiegał od tego, co rozumiemy przez inteligencję ludzką.

Badania nad sztuczną inteligencją doznały silnego impulsu rozwojowego w związku z postępowaniem prac nad uczeniem maszynowym, głównie w zakresie sztucznych sieci neuronowych. Postęp ten stał się możliwy nie tylko z uwagi na rozwój teorii i algorytmów uczenia maszyn, ale także z powodu pojawienia się jednostek obliczeniowych zdolnych do wykonywania skomplikowanych i bardzo pracochłonnych algorytmów uczenia wielowarstwowych sieci neuronowych w rozsądnym (np. kilkudniowym, a nie wielomiesięcznym) czasie. Takie jednostki potrafią wykonywać setki bilionów operacji zmiennoprzecinkowych na sekundę, choć wydaje się, że dla pełnego urzeczywistnienia idei „prawdziwej” sztucznej inteligencji potrzebne będą moce dużo wyższe.

## 2. Sztuczna inteligencja jako dziedzina nauki i techniki

Współczesne badania nad sztuczną inteligencją obejmują szeroki wachlarz metod i technik z różnych dziedzin nauki i techniki (rys. 1).



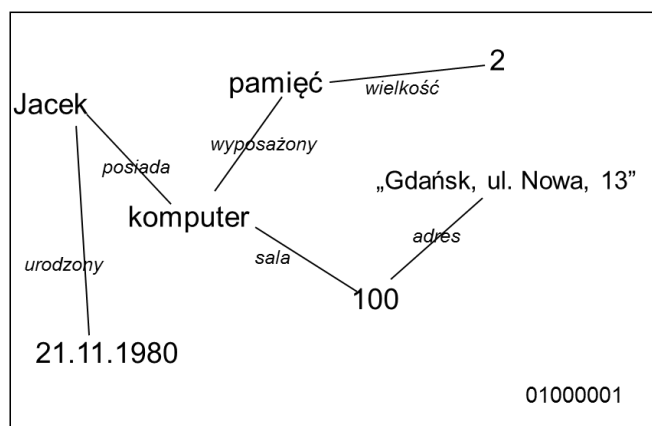
Rys. 1. Sztuczna inteligencja jako dziedzina interdyscyplinarna

Najważniejszym aktualnie obszarem badań nad sztuczną inteligencją jest uczenie maszynowe, omówione szczegółowiej w dalszej części artykułu. Inne działy współczesnej informatyki silnie zaangażowane w rozwój sztucznej inteligencji to eksploracja danych i algorytmika. Eksploracja danych, której poświęcimy więcej uwagi w dalszej części artykułu, zajmuje się wydobywaniem informacji i prawidłowości ukrytych w obszernych zbiorach danych, niemożliwych do przeanalizowania przez człowieka. Algorytmika dostarcza technikom sztucznej inteligencji algorytmy naśladujące procesy biologiczne (algorytmy ewolucyjne) oraz algorytmy naśladujące tok rozumowania zachodzącego w mózgu człowieka w sytuacjach skomplikowanych (algorytmy heurystyczne). Zarządzanie wiedzą obejmuje metody reprezentacji i przetwarzania informacji i wiedzy, stanowiące fundament systemów sztucznej inteligencji. Silny udział w badaniach nad

sztuczną inteligencją ma matematyka, szczególnie metody statystyczne, bez których niemożliwe byłoby uczenie maszynowe i eksplorowanie danych, oraz logika matematyczna, której zasady stanowią podstawę wnioskowania, czyli wysnuwania nowej wiedzy na podstawie wiedzy zapamiętanej. Budowa inteligentnych robotów nie byłaby możliwa bez mechatroniki, gwałtownie rozwijającej się dziedziny techniki z pogranicza mechaniki i elektroniki. Znaczący udział w badaniach nad inteligentnymi systemami ma też kognitywistyka – nauka zajmująca się badaniem procesów poznawczych zachodzących w mózgu człowieka. Wraz z rozszerzającymi się zastosowaniami sztucznej inteligencji rośnie też wachlarz innych dziedzin nauki i techniki uczestniczących w jej rozwoju, takie jak rozpoznawanie mowy i obrazów, potrzebne robotom i urządzeniom wchodzącym w interakcję z człowiekiem i otoczeniem, czy geolokalizacja niezbędna pojazdom autonomicznym.

### 3. Dane, informacje i wiedza

Żeby dobrze zrozumieć, na czym polega uczenie maszyn zachowań podobnych do ludzkiego, zastanówmy się, czym jest wiedza, stanowiąca niewątpliwie podstawę naszej inteligencji. Same dane jako takie nie niosą żadnej informacji ani wiedzy. Dopiero jeśli wzbogacimy je o związki zachodzące pomiędzy nimi, stają się użyteczne, bo zaczynają nieść informacje.



Rys. 2. Dane + związki = informacje

I tak, na rys. 2. napisy „Jacek”, „pamięć”, „komputer”, „100”, „21.11.1980” i inne nabierają znaczenia dopiero wtedy, gdy zostaną połączone ze sobą związkami (zaznaczonymi na rys. 2. liniami ciągłymi) o znanym znaczeniu. Wówczas dowiadujemy się, że dane dotyczą Jacka urodzonego w 1980 roku, który jest właścicielem komputera zainstalowanego w pewnej sali budynku wskazanego adresem. Jedną nadal nie wiemy, co oznacza nie powiązany z niczym napis „01000001” – czy jest to liczba w zapisie binarnym, symbol jakiegoś znaku, czy może coś innego.

Człowiek potrafi poszerzać dostępny mu i zapamiętany zbiór informacji o nowe informacje drogą logicznego wnioskowania. W ten sposób, dzięki uczeniu się i gromadzeniu doświadczeń człowiek poszerza swoją wiedzę zarówno o nowe informacje, jak i o nowe, często nieprecyzyjne i intuicyjne, zasady wnioskowania (rys. 3).

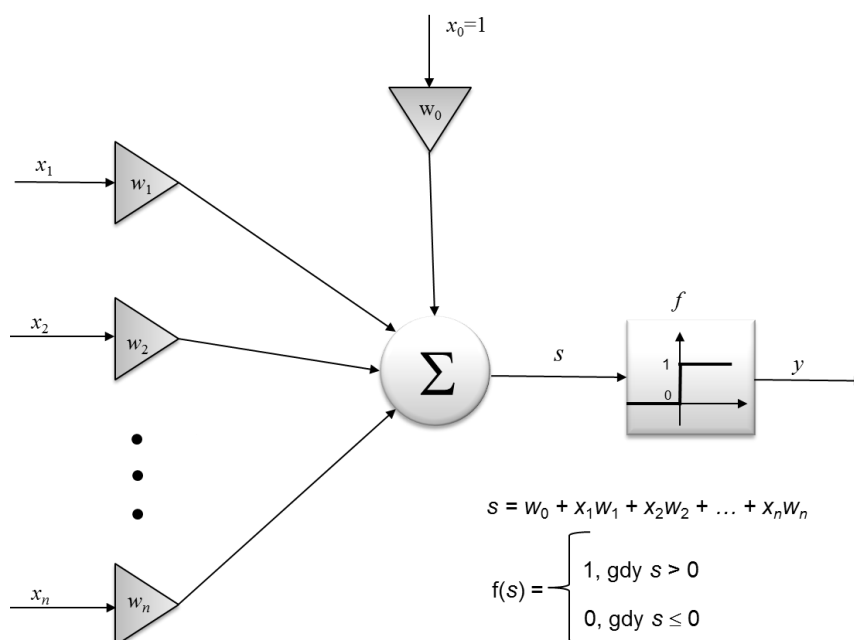


Rys. 3. Wiedza = informacje + uczenie się + wnioskowanie (na podstawie [1])

Zachodzi pytanie: Czy komputer jest w stanie samodzielnie poszerzać swoją wiedzę wprowadzoną przez człowieka poprzez uczenie się i wnioskowanie? Owa „samodzielność” maszyn to zasadnicza kwestia związana z tzw. silną hipotezą sztucznej inteligencji, którą sformułujemy w dalszej części artykułu.

#### 4. Uczenie maszynowe

Zgodnie z definicją słownikową, uczyć się to przyswajać sobie pewien zasób wiedzy, zdobywać jakąś umiejętność, wdrażać się do czegoś, biorąc przykład z kogoś lub czegoś, wyciągając wnioski z doświadczeń. Czy program komputerowy może podlegać procesowi uczenia? Jeśli rozważymy jedynie bierne poszerzanie wiedzy, to oczywiście tak. Wystarczy wzbogacać pamięć komputera o nowe informacje i reguły wnioskowania i w ten sposób poszerzać wiedzę komputera. Ale jak zrobić, by komputer mógł tę wiedzę wzbogacać samodzielnie, bez udziału człowieka, ucząc się na przykładach, na podstawie własnych doświadczeń i właściwie reagować w sytuacjach nieprzewidzianych. Aktualnie najbardziej obiecujące podejście w tej kwestii bazuje na układach zwanych sieciami neuronowymi. Elementarnym elementem sztucznej sieci neuronowej jest wspomniany wcześniej sztuczny neuron, symulujący do pewnego stopnia funkcjonowanie neuronu w ludzkim mózgu (rys. 4).



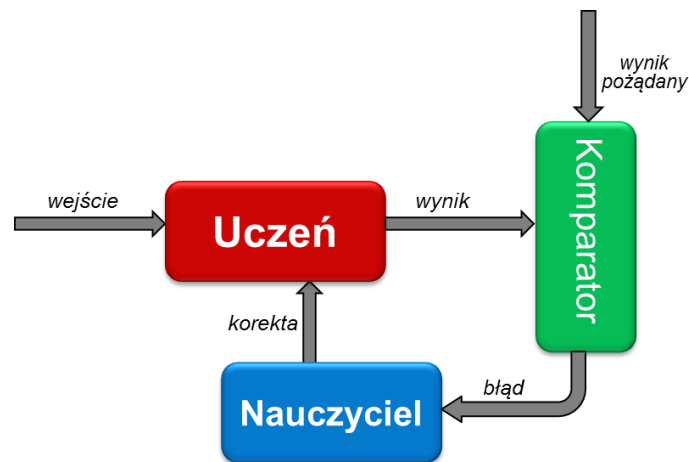
Rys. 4. Sztuczny neuron ze skokową funkcją aktywacji (na podstawie [2])

Trójkąty reprezentują dendryty, czyli wejścia neuronu. Na dendryty podawane są sygnały  $x_i$ , pochodzące spoza sieci neuronowej lub od innych neuronów, które po przemnożeniu przez odpowiednie wagi  $w_i$  są sumowane. Obliczona w ten sposób wartość  $s$  podawana jest na wejście modułu obliczającego wartość tzw. funkcji aktywacji  $y = f(s)$  (na rys. 3 jest to funkcja skokowa, ale w ogólności może to być dowolna funkcja), która następnie podawana jest na wyjście systemu lub na wejścia innych neuronów. Wiedza neuronu ukryta jest właśnie w wagach  $w_i$ , a proces uczenia neuronu polega na jak najlepszym dopasowaniu wartości wag do metody rozwiązywania danego problemu.

Pojedynczy neuron niewiele potrafi. Umie na przykład podzielić pewien zbiór, na przykład zbiór punktów w przestrzeni, na dwie rozłączne części (czyli na dwie klasy) zgodnie z zadaniem kryterium. W najprostszym przypadku uczenie takiego neuronu polega na podawaniu na wejście przykładowych ciągów wejściowych i stopniowym korygowaniu wag stosownie do wygenerowanego przez neuron wyjścia w porównaniu do wyjścia wzorcowego. Zauważmy, że w każdym przypadku uczenie neuronu nie gwarantuje nam, że neuron zachowa się poprawnie w każdej sytuacji, gdyż z oczywistych względów nie podajemy na jego wejście wszystkich możliwych ciągów.

Do rozwiązywania bardziej złożonych problemów służą układy neuronów zwane sieciami neuronowymi. Najbardziej zaawansowane sieci neuronowe mają strukturę wielowarstwową, z jedną warstwą wejściową, potencjalnie wieloma warstwami pośrednimi (tzw. warstwami ukrytymi) i z jedną warstwą wyjściową, generującą zbiór wartości funkcji aktywacji każdego neuronu z warstwy ukrytej. Uczenie takich sieci, zwane też trenowaniem sieci, polega na iteracyjnym doborze wag dendrytów wszystkich neuronów w sieci, co dla dużych sieci jest procesem bardzo czasochłonnym, nawet dla bardzo szybkich komputerów. Uczenie sieci może być realizowane na różne sposoby. Sposób opisany w poprzednim akapicie to uczenie nadzorowane, zwane też uczeniem z nauczycielem (rys. 5). Jest ono podobne do uczenia szkolnego. Znane jest rozwiązanie danego problemu i to rozwiązanie porównywane jest z wynikiem podanym przez sieć. Jeśli ten wynik różni się od

rozwiązania, nauczyciel koryguje wagi dendrytów według zadanego algorytmu. Warto zaznaczyć, że taki proces przebiega iteracyjnie, dla wielu ciągów uczących. W zasadzie, im dłużej uczymy w ten sposób sieć, im więcej podamy przykładów, tym większa dokładność sieci w samodzielnym rozwiązywaniu danego problemu dla ciągów innych niż ciągi uczące. Uczenie nadzorowane znajduje zastosowanie w zagadnieniach klasyfikacji, rozpoznawaniu obrazów i mowy, w problemach klasteryzacji (czyli tworzeniu grup obiektów podobnych do siebie pod względem mierzalnych cech) przy zadanej liczbie klastrów i innych zadaniach, w których dla danego ciągu uczącego znany jest poprawny wynik.



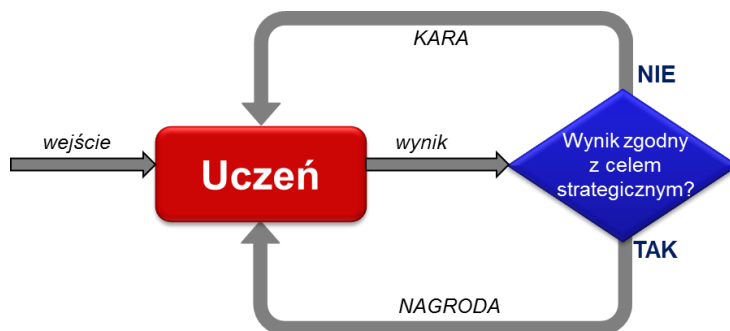
Rys. 5. Schemat uczenia nadzorowanego

Na drugim biegunie metod uczenia maszynowego jest uczenie nienadzorowane (rys. 6). Uczeń, w tym wypadku sieć neuronowa, sam usiłuje poznać świat i się go nauczyć. Typowym zastosowaniem takiej metody uczenia jest klasteryzacja bez zadanej liczby klastrów, a także niektóre problemy eksploracji danych. Sieć neuronowa sama potrafi ocenić jakość rozwiązania i zdecydować o zakończeniu procesu grupowania.



Rys. 6. Schemat uczenia nienadzorowanego

Uczenie nienadzorowane ma dość wąski zakres stosowalności z uwagi na to, że w ogólności nie jest znane poprawne rozwiązanie, co czasem może prowadzić do „błądzenia” sieci podczas uczenia, tak jak uczeń niewspomagany wskazówkami nauczyciela może pobłądzić w uczeniu się. Metodą pośrednią pomiędzy obiema metodami jest uczenie nienadzorowane ze wzmocnieniem (rys. 7). W tej metodzie uczniowi (sieci neuronowej) znana jest ogólna strategia dojścia do właściwego rozwiązania problemu. W pewnym sensie, uczeń jest jednocześnie swoim nauczycielem. W kolejnych iteracjach za postęp w realizacji tej strategii uczeń przyznaje sobie nagrodę (owo wzmocnienie), a za regres – karę.



Rys. 7. Schemat uczenia nienadzorowanego ze wzmocnieniem

Ostatnio najgłośniejszym sukcesem tej metody okazało się nauczenie programu komputerowego AlphaGo Zero [3] gry w go (popularna w Azji gra, uważana za najbardziej złożoną grę logiczną; liczbę węzłów drzewa tej gry szacuje się na  $10^{100}$ , podczas gdy rozmiar drzewa gry w szachy szacuje się na  $10^{80}$  węzłów). Sercem AlphaGo Zero jest wielowarstwowa sieć neuronowa, uruchamiana na bardzo wydajnym klastrze komputerowym. Inicjalnie, sieć tę wyposażono jedynie w podstawową wiedzę o zasadach gry (w wersji chińskiej). Następnie przez trzy doby sieć neuronowa AlphaGo Zero grała sama ze sobą, ucząc się w ten sposób osiągnięcia wygranej. Po kilku milionach rozegranych partii osiągnęła takie mistrzostwo, że rozegrany w roku 2017 mecz ze swoim poprzednikiem, programem AlphaGo, który w roku 2016 pokonał ludzkich arcymistrzów tej gry, wygrała w stosunku 100:0. Jest to, jak dotąd, najbardziej spektakularny, przez niektórych badaczy uważany za przełomowy, efekt nienadzorowanego uczenia ze wzmocnieniem wielowarstwowych sieci neuronowych, czyli tzw. uczenia głębokiego (ang. *deep learning*).

## 5. Eksploracja danych

Rozważając aktualny rozwój metod sztucznej inteligencji w kontekście zarówno technologicznym, jak i społecznym nie sposób pominąć zjawiska określanego terminem *Big Data*. Big Data (wielkie dane) to zbiory informacji o bardzo dużej objętości, dużej szybkości narastania i dużej różnorodności, które wymagają nowych, nieklasycznych metod i narzędzi do ich przechowywania, przetwarzania i analizowania dla potrzeb podejmowania decyzji, odkrywania nowych zjawisk i optymalizacji procesów. Obszerne dane generowane są wszędzie tam, gdzie działa człowiek. Są to dane powstające z działalności gospodarczej (banki, zakłady przemysłowe, usługi, giełda, ...), wyniki badań naukowych (dane z badań kosmosu, dane biologiczne, geologiczne, ...), dane medyczne, dane meteorologiczne, informacje dotyczące transportu, dane generowane przez użytkowników Internetu i wiele, wiele innych. Ten proces nieuchronnie będzie narastał w miarę urzeczywistniania się idei *Internetu Rzeczy* (ang. *Internet of Things*) – koncepcji, zgodnie z którą wszystko będzie podłączone do jednej globalnej sieci i będzie wymieniało między sobą informacje i sygnały.

Szacuje się, że już teraz światowe zasoby cyfrowe sięgają niewyobrażalnej liczby 10 ZB (1 ZB to jedynka z 21 zerami) i rosną w tempie geometrycznym zbliżonym do słynnego prawa Moore'a (odnoszącego się do gęstości upakowania tranzystorów w jednym układzie scalonym). Jasne jest, że analizowanie takich danych, nawet dotyczących tylko jednej, wąskiej dziedziny, przekracza

możliwości ludzkiego umysłu. Stąd też potrzebne są inteligentne metody analizowania wielkich danych zarówno pod kątem wydobywania prawidłowości statystycznych, jak i odkrywania ukrytej wiedzy, która może być przydatna człowiekowi w jego działalności. Proces ten, nazywany eksploracją danych (ang. *data mining*), jest nieodłącznym elementem budowy inteligentnych maszyn. Dzięki coraz bardziej wyrafinowanym metodom eksploracji danych, opartych na statystyce matematycznej, uczeniu maszynowym i algorytmice, potrafimy wykrywać prawidłowości w danych, klasyfikować i grupować podobne do siebie obiekty, wykrywać relacje zachodzące pomiędzy danymi, identyfikować sytuacje nietypowe i wyjątkowe, prognozować przyszłe zachowania i przebiegi procesów, wykrywać cykle i korelacje w przebiegach czasowych i dokonywać innych, specyficznych dla danego zastosowania analiz danych.

Wyniki analiz eksploracyjnych znajdują zastosowanie w licznych dziedzinach gospodarowania i życia społeczeństwa. W sektorze finansowym pomagają w polityce kredytowej i wykrywaniu oszustw. W usługach i handlu służą analizowaniu profili klientów, organizowaniu kampanii promocyjnych czy też podpowiadają, jak rozmieścić na półkach towary w supermarketach. W sektorze produkcji pomagają wykrywać przyczyny usterek towarów i kradzieże (np. w rurociągach). Liczne zastosowania obejmują sektor medyczny (na jaką chorobę wskazują dane objawy?, czy dana choroba ma związek z uprawianym zawodem lub miejscem zamieszkania? itp.). Nieustannie, metodami eksploracji danych, analizowane są zachowania (kliknięcia) i treść wpisów użytkowników Internetu. Różne metody eksploracji danych są nieocenione w badaniach naukowych – w astronomii pomagają odkrywać nowe zjawiska i obiekty astronomiczne i weryfikować hipotezy, w biologii służą do analizy genotypów i klasyfikacji roślin i zwierząt, w geologii – do przewidywania ruchów skorupy ziemskiej. W zasadzie trudno wymienić taką dziedzinę życia, w której nie jest lub, w najbliższej przyszłości, nie będą stosowane metody eksploracji danych jako silne narzędzia analityczne dla systemów inteligentnych.

## 6. Perspektywy

Sztuczna inteligencja powoli staje się wszechobecna w naszym życiu. Różne urządzenia, nawet te codziennego użytku, zaczynają być wyposażane w komponent nazywany „sztuczną inteligencją”. Celowo został tu użyty cudzysłów, gdyż nierzadko dochodzi do takich absurdów, jak reklamowane niedawno „inteligentne” lokówki do włosów. Na drugim biegunie jest „prawdziwa” sztuczna inteligencja, jak na przykład ta, która jest najważniejszym komponentem autonomicznych pojazdów.. Ale i tu cudzysłów został użyty celowo. Dlaczego? Wydaje się, że słowem-kluczem rozstrzygającym o tym, co jest naprawdę inteligentne, a co nie jest, jest świadomość. Intuicyjnie rozumiemy, czym jest świadomość, ale i tu odwołajmy się do definicji słownikowej: świadomość to zdolność poznawania i oceniania siebie i otoczenia, umożliwiająca odczuwanie emocji i innych uczuć właściwych człowiekowi. Czy sztuczne sieci neuronowe osiągną kiedyś stan, który odpowiadałby ludzkiej świadomości?

Program AlphaGo Zero nie jest świadomy tego, że jest najlepszym graczem na świecie w najbardziej skomplikowanej grze logicznej, jaką wymyśliła ludzkość, nie potrafi się z tego cieszyć ani nie jest z tego dumny. Nic w tym dziwnego, jeśli przyjrzymy się parametrom czysto liczbowym: sztuczna sieć AlphaGo Zero zbudowana jest z nieco ponad tysiąca neuronów (dokładne dane nie są znane),



podczas gdy mózg ludzki to ok. 100 miliardów neuronów, i nic tu nie zmienia fakt, że wykorzystujemy z tego nie więcej niż 10 procent. Ale czy sedno problemu tkwi tylko w skali?

Zgodnie z *mocną hipotezą sztucznej inteligencji* odpowiedź na to pytanie jest twierdząca. Zwolennicy tej hipotezy twierdzą, że jedynie kwestią czasu jest zbudowanie inteligentnej maszyny świadomej swojego istnienia, która będzie mogła osiągać stany psychiczne właściwe człowiekowi. Takie maszyny będą zdolne do reprodukcji i, w skrajnej wersji tej hipotezy, w końcu zastąpią człowieka, który stanie się niepotrzebny na Ziemi i wyginie. Ale nie ulegajmy nadmiernemu pesymizmowi – wysunięto również *słabą hipotezę sztucznej inteligencji* głoszącą, że maszyny, jakkolwiek inteligentne by nie były, będą jedynie potrafiły symulować ludzki proces poznawczy, ale nigdy nie uzyskają świadomości ani nie będą mogły doświadczać stanów psychicznych i, w konsekwencji, zawsze będą podlegały władzy człowieka.

Nie rozstrzygniemy teraz, która z tych hipotez jest bardziej prawdopodobna. Pewne jest, że obecnie wszystkie sztuczne systemy działają według zaprogramowanych przez człowieka zasad i że ich złożoność jest nieporównywalnie mniejsza niż złożoność (i uniwersalność!) ludzkiego mózgu. W realnej perspektywie nie widać też możliwości, by mogły osiągnąć stan choćby zbliżony do ludzkiej świadomości. Jednak bez wątplenia systemy wyposażone w sztuczną inteligencję będą znajdowały coraz szersze zastosowanie jako pomoc człowiekowi w wykonywaniu żmudnych i trudnych czynności. Będą także wykonywały zadania niewykonalne przez człowieka z uwagi na wielkość danych. Ale czyż nie po to właśnie wynaleziono komputery?

## Bibliografia

1. K. Goczyła. *Ontologie w systemach informatycznych*. Akademicka Oficyna Wydawnicza Exit, 2011.
2. L. Rutkowski. *Metody i techniki sztucznej inteligencji*. Wydawnictwo Naukowe PWN, 2009.
3. D. Silver, J. Schrittwieser, K. Simonyan *et al.* „Mastering the game of Go without human knowledge”. *Nature*, Vol. 550, 19th October 2017, pp. 354-371.

Postprint of: Goczyła, K. “Sztuczna inteligencja - oksymoron czy oczywistość?” Sztuczna inteligencja : nadzieje, wyzwania, perspektywy : I Pomorska Uczniowska Konferencja Naukowa “Zdolni z Pomorza”, Gdańsk, 18 listopada 2017 : materiały z naukowej konferencji uczniowskiej, Wydawnictwo “Bernardinum,” 2018, pp. 11–22.