

INTELIGENCJA +

Maciej M. Sysło
Warszawska Wyższa Szkoła Informatyki
syslo@ii.uni.wroc.pl, <http://mmsyslo.pl>

Abstract. In this talk we focus on artificial intelligence (AI), its history, areas of applications, enthusiastic and less successful achievements. We propose also AI standards for K-12, as an extension of CS education. In the view presented here, artificial intelligence appears to be simply Intelligence +.

maszyna jest inteligentna inteligencją programisty
Edward Nęcka, 2005, [11]

1. Wprowadzenie

Faktycznie to wystąpienie jest na temat sztucznej inteligencji, którą w skrócie będziemy nazywali i oznaczali jako **AI** od oryginalnej nazwy *Artificial Intelligence*. W tytule użyliśmy określenia **Inteligencja +**, które oddaje pogląd autora na AI. Jak zilustrujemy, wszystko, co działo się i dzieje wokół AI, jest dziełem inteligencji człowieka i to najczęściej osób „z najwyższej półki” w hierarchii inteligencji, a ich celem – osób i działań – jest poszerzenie, wsparcie, czy nawet zastąpienie ludzkiego umysłu przez maszyny myślące.

Bliski jest nam pogląd Kurta Gödla¹, że „ludzki umysł nieskończenie przewyższa moc jakiegokolwiek skończonej maszyny” (ang. *The human mind infinitely surpasses the powers of any finite machine*) – słowa wypowiedziane w 1951 roku jeszcze przed powołaniem do życia dziedziny AI – i opinia Rogera Penrose’a z 1996 roku, że „mamy dostęp do matematycznych prawd, które są poza zasięgiem możliwości jakiegokolwiek robota (ang. *We have access to mathematical truths that are beyond any robot’s capabilities*).

¹ Kurt Gödel (1906-1978), autor słynnego twierdzenia o niezupełności, z którego można wywnioskować, że żadnego komputera nie da się zaprogramować, by zdołał rozstrzygnąć wszystkie problemy matematyczne. Wyznacza to w pewnym sensie również granice informatyki. ...

Chociaż AI rodziła się w czasach, gdy maszyny, a zwłaszcza komputery jeszcze w niewielkim stopniu mogły wesprzeć ludzkie myślenie, to jednak olbrzymi boom AI od końca lat 1990', a zwłaszcza w tym wieku, zawdzięczamy stale rosnącym możliwościom komputerów. Pozostają one jednak skończonymi maszynami, nawet jeśli uruchomimy w nich nieskończony proces z interakcją² – taki charakter mają wszelkiego rodzaju systemy czasu rzeczywistego, jak np. sztuczna nerka czy sztuczne serce. Wizjonerzy rozwoju mocy komputerów są jednak niepoprawnymi optymistami i twierdzą na przykład, że następna wersja superkomputera, niezwykle szybkiego już komputera Cray, będzie wykonywać nieskończone pętle w 3 minuty!

W pierwszej części tego wystąpienia skupimy uwagę na ideach i przemyśleniach z przeszłości, które odnosiły się do ówczesnych oczekiwań od coraz potężniejszych komputerów, prób zaprzęgnięcia ich do zastąpienia człowieka z lepszym efektem w działaniach, które dotychczas wykonywał człowiek. Następnie pokusimy się o zdefiniowanie, czym jest AI i przytoczymy wyzwania, cały czas stojące przed dla komputerami. W kolejnym rozdziale przyjrzymy się bliżej aktualnie dostępnym systemom o cechach sztucznej inteligencji. Wreszcie zastanowimy się, jaka powinna być odpowiedź systemów edukacji na coraz większą ekspansję systemów i urządzeń działających inteligentnie. Kończymy kilkoma przykładami, „inteligentnych” działań, z których nie wszystkie zapewne znajdują naszą akceptację.

Głównym celem tego wystąpienia jest przybliżenie sztucznej inteligencji kręgom edukacyjnym z przekonaniem, że ta dziedzina czeka na uwzględnienie jej w realizacji powszechnego kształcenia wszystkich uczniów, a ponieważ jest mocno związana z komputerami – właściwym dla niej miejscem jest kształcenie informatyczne.

Dobłą okazją jest przypomnieć, że przy zajmowaniu się komputerami w edukacji informatycznej przypomina się, iż „Mądrością staje się symbioza tego, w czym mózg jest najlepszy, z tym, co komputer potrafi wykonać nawet lepiej” (Mark Prensky, 2013). Ponadto, kształtowana jest ważna umiejętność myślenia komputacyjnego [21, 14-18], które powinno wyprzedzać i kłaść podwaliny pod posłużenie się technologią, nawet jeśli jest ona naszpikowana „myślącymi” rozwiązaniami AI.

2. Rzut oka na historię AI

Wśród prekursorów AI wymienia się wiele świątłych umysłów z historii nauki. Naszą uwagę skupimy na tych, bliskich komputerom i informatyce, gdyż dzieje AI są w istocie dziejami technik obliczeniowych a współczesny rozwój AI i jej sukcesy nie byłyby możliwe bez tak potężnego wsparcia.

² Bardzo ciekawy punkt widzenia prezentuje Peter Wegner (*Comm. ACM* 40(1997), 81-91), którego zdaniem systemy z interakcją mają większą moc w rozwiązywaniu problemów niż klasyczne rozwiązania bazujące na algorytmach w modelu Maszyny Turinga.

Zanim powstały pierwsze koncepcje komputerów i same maszyny, Blaise Pascal (1623-1662) i Gottfried W. Leibniz (1646-1716), zwłaszcza ten drugi, pochylali się nad zautomatyzowaniem obliczeń i czynili to dosłownie, czego efektem były jedne z pierwszych kalkulatorów zbudowane przez człowieka, wyprzedził ich tylko Wilhelm Schickard (1592-1635), który w 1623 roku skonstruował kalkulator dla Johanna Keplera (1571-1630). I tak, Pascal zbudował *pascalinę* dla swojego ojca poborcy podatkowego, powieloną później w wielu egzemplarzach również dla geodetów. Zaś Leibniz skonstruował „żywą ławę do obliczeń” o znacznie większych możliwościach rachunkowych niż *pascalina*, i chociaż tylko w jednym egzemplarzu, to użyty w niej bęben schodkowy był wykorzystywany po ostatnie dni mechanicznych kalkulatorów (w kalkulatorze Curta do lat 1970³). Koncepcje Leibniza wykraczały znacznie dalej niż tylko automatyzacja obliczeń, wspomnijmy tylko, że uznaje się go za prekursora liczb i obliczeń binarnych.

Pierwsza połowa XIX wieku była świadkiem wysiłków Charlesa Babbage’a (1792-1871), najpierw nad zbudowaniem maszyny różnicowej, a później maszyny analitycznej, której koncepcja niewiele odbiegała od funkcjonowania dzisiejszych komputerów. Żadnej z tych maszyn nie zbudował, ale tą drugą maszyną zachwyciła się Lady Augusta Ada Lovelace (1815-1852), córka Byrona, i napisała dla tej nieistniejącej maszyny program, dzięki czemu uznaje się ją za pierwszą programistkę³.

Pozostańmy jeszcze przy Adzie. W swoich *Notes* o maszynie analitycznej, zachwyciła się jej koncepcją, i:

- uznała, że będzie tkać wzory algebraiczne tak, jak krosno Jacquarda tka kwiaty i liście (ang. *the Analytical Engine weaves algebraic patterns, just as the Jacquard-loom weaves flowers and leaves*);
- zwróciła uwagę na znaczenie, jakie może mieć wykonywanie różnych instrukcji w zależności od spełnienia określonych warunków;
- pisała o korzyściach płynących ze zdolności tej maszyny do wielokrotnego wykonywania tych samych obliczeń;
- przewidziała rachunek symboliczny (algebraiczny), np. do komponowania muzyki;
- jednak stwierdziła, że „maszyna analityczna nie ma aspiracji, by zapoczątkować cokolwiek. Potrafi wykonać cokolwiek, my wiemy, jak to wykonać” (ang. *The Analytical Engine has no pretensions to **originate** anything. It can do **whatever we know how to order it to perform**; [wyróżnienia Ady]*)

³ Warto ten fakt przytaczać dzisiaj uczniom i innym adeptom informatyki, w tym programistom, że komputer nie jest specjalnie potrzebny do zaprojektowania programu, jest on oczywiście potrzebny, gdy program trzeba wykonać, wtedy wcześniej trzeba go zakodować w języku zrozumiałym dla konkretnej maszyny.

Ostatnie ze stwierdzeń Ady, uznając je za *Lady Lovelace's Objection* skomentował Alan M. Turing w swojej słynnej pracy z 1950 roku *Computing machinery and intelligence*, w której pisał (na podstawie [4]):

„Wierze, że za pięćdziesiąt lat stanie się możliwe programowanie maszyn cyfrowych [...] tak, aby grały w grę w naśladownictwo tak dobrze, że przeciętny pytający po pięciu minutach zadawania pytań nie będzie miał więcej niż 70 procent szansy dokonania prawidłowej identyfikacji [...] wierzę, że pod koniec tego stulecia [XX wieku] używanie słów i ogólna opinia ludzi wykształconych zmieni się tak bardzo, że będzie można mówić o maszynach myślących, nie spodziewając się sprzeciwu.”

Wspomniana „gra w naśladownictwo”, znana jest dzisiaj pod nazwą Testu Turinga, w której człowiek próbuje odróżnić innego człowieka od maszyny rozmawiając z każdym z nich, ale nie wiedząc, z kim. Jeśli człowiek nie jest w stanie odróżnić tego innego człowieka od maszyny, to mówimy, że maszyna przeszła test. Innymi słowy, Test ten ma więc na celu określenie zdolności maszyny do opanowania przez nią (w dialogu z człowiekiem) umiejętności myślenia w sposób podobny do ludzkiego. W 1950 roku Turing przewidywał, że wystarczy 50 lat na zbudowanie takiej maszyny. Chociaż z nawiązką minęły te lata, badacze AI uważają to oczekiwanie za nadal uzasadnione, wsparci zwłaszcza obecnym rozwojem myślenia maszynowego. Test Turinga stał się impulsem dla rozwoju AI, a Turinga uznaje się za inicjatora AI.

Proste programy konwersacyjne, takie jak ELIZA Josepha Weizenbauma z 1967 roku, były w stanie sprawić, że ludzie z pewnego kręgu wierzyli, iż rozmawiają z żywym człowiekiem.

Podwaliny pod rozwój elektronicznej techniki komputerowej położył Claude Shannon (1916-2001) w swojej pracy magisterskiej na MIT z 1935 roku, w której przedstawił implementację operacji algebry Boole'a w postaci obwodów elektrycznych. Praca ta została uznana za najwybitniejszą pracą magisterską XX wieku. Shannon jest też twórcą teorii informacji i kodowania (1948). W 1950 roku napisał artykuł o szachach komputerowych, w którym oszacował, że wielkość drzewa przeszukiwań w tej grze wynosi 10^{120} – to tzw. liczba Shannona – która nie zachęca do tworzenia programów komputerowych do gry w szachy, opartych na pełnym przeglądzie przestrzeni możliwych sytuacji (tzw. *brute force*). W 1956 uruchomił program do gry w szachy na komputerze MANIAC I.

Przytoczmy jeszcze zdanie Johna von Neumanna (1912-1957) z 1948 roku, twórcy tzw. architektury von Neumanna współczesnych komputerów (*First Draft*, 1945): „Twierdzisz, że jest coś, czego maszyna nie może wykonać? Powiedz mi, co to takiego, a stworzę komputer, który właśnie wykona to zadanie.” To było dość optymistyczne spojrzenie na powstające wtedy komputery, chociaż znane już były problemy, które są nierozwiązywalne, a dzisiaj – cała gama problemów NP-zupełnych i NP-trudnych nie poddaje się szybkim obliczeniom nawet dla niewielkich danych.

Docieramy wreszcie do Johna McCarthy'a (1927-2011), informatyka, twórcy dziedziny AI, który takim tytułem nazwał konferencję naukową w 1956 roku zorganizowaną w Dartmouth. Inicjatorami tej konferencji byli również m.in. Marvin Minsky (1927-2016) z Harvardu i Claude Shannon z Bell telephone Labs. McCarthy określił tę dziedzinę jako „naukę i inżynierię tworzenia inteligentnych maszyn”. Chciał tą nazwą odróżnić swoją inicjatywę od popularnej wtedy cybernetyki Norberta Wienera (1894-1964), która zajmowała się badaniem sterowania i komunikacji u zwierząt i maszyn.

Dzisiaj, badania nad sztuczną inteligencją wykorzystują wiedzę, metody i narzędzia z wielu dziedzin, m.in. informatyki, psychologii, filozofii, neuronauki, kognitywistyki, lingwistyki, badań operacyjnych, ekonomii, teorii sterowania, prawdopodobieństwa, optymalizacji i logiki.

Od połowy lat 1980', potężnym narzędziem AI stały się sztuczne sieci neuronowe, które są złożonymi systemami matematycznymi, uczącymi się rozwiązywania zadań analizując ogromne ilości danych. Na przykład, mogą analizować naturalną mowę analizując rozmowy telefoniczne. Zamiast więc kodowania systemu, jak ma się zachowywać/działać, budowane są systemy, które same uczą się, jak mają się zachowywać (dalej opisujemy taki system do gry w szachy). Systemy takie uczą się na olbrzymich zbiorach danych (*big data*) – przewidują rozwiązanie określonego problemu na olbrzymim zasobie danych na podstawie dużej ilości próbek z danych, ale niewielkich i odpowiednio dobranych. Na przykład, próbując nauczyć się malować (ale nie kopiować) portret, maszyna pobiera próbki z tysięcy innych portretów (patrz rozdz. 4). W ten sposób program/komputer może uczyć się rozpoznawania obrazów, twarzy, dźwięków, muzyki, spamu komputerowego i innych obiektów. Ostatnie lata to bujny rozwój sieci neuronowych, jako narzędzi uczenia maszynowego⁴ i wielowarstwowych sieci neuronowych stosowanych w głębokim uczeniu się.

Zdaniem specjalistów, obecnie największym wyzwaniem AI jest stworzenie sztucznej świadomości.

3. Czym jest sztuczna inteligencja

Określenie, czym jest sztuczna inteligencja, wypada zacząć od określenia, czym jest inteligencja, w domyśle – inteligencja człowieka.

W Wikipedii znajdujemy, że „inteligencja to [...] zdolność rozumienia, uczenia się oraz wykorzystywania posiadanej wiedzy i umiejętności w różnych sytuacjach.” Edward Nęcka dyskutuje o inteligencji w szerszym kontekście [11] i powiada, że „Inteligentny człowiek to ktoś sprawnie przetwarzający informacje, dobrze rozwiązujący

⁴ Wiadomość z 7 stycznia 2019:: Rozwiązanie problemu *estimating the maximum* za pomocą uczenia maszynowego jest równoważne hipotezie kontinuum – nie można więc stwierdzić czy ma, czy nie ma rozwiązania.

problemy, rozumiejący złożone kwestie i dobrze radzący sobie w sytuacjach nowych.” Dodaje przy tym „Podobnie mówimy o inteligentnych kremach, że robią coś sprytnego [...], więc „dysponują” pewną umiejętnością.” Zapytany „Czy maszyna może być inteligentna?” odpowiada także „Uściślijmy, że nie chodzi po prostu o komputery, ale o programy komputerowe. Większość z nich nie jest inteligentna w takim sensie jak człowiek. Wykonuje tylko polecenia według zadanego porządku, czyli algorytmu.” I w konkluzji stwierdza, co przyjęliśmy za motto tego wystąpienia, że „[...] maszyna jest inteligentna inteligencją programisty.” Wracamy jakby do przepowiedni Ady z połowy XIX wieku.

W innej wypowiedzi w swojej książce z 2005 roku, E. Nęcka odniósł się do koncepcji Inteligencji wielorakich Howarda Gardnera z 1983 roku uznając, że są to po prostu wyodrębnione talenty lub specjalne zdolności, można by je nazwać inteligentnymi, gdyby ich podłożem było myślenie, rozwiązywanie problemów lub inne czynności poznawcze.

Przechodząc do określenia sztucznej inteligencji, zacytujmy ważniejsze źródła. Zaczniemy od serwisu [19], w którym znaleźć można dział poświęcony również AI w edukacji. Słownik w tym serwisie może być także źródłem definicji wielu pojęć związanych z AI, w szczególności, AI jest definiowana jako:

„naśladowanie przez maszyny, zwłaszcza systemy komputerowe, procesów decydujących o inteligencji człowieka. Inaczej mówiąc, sztuczna inteligencja to nauka o tym, jak produkować maszyny wyposażone w niektóre cechy ludzkiego umysłu, takie jak umiejętność rozumienia języka, rozpoznawania obrazów, rozwiązywania problemów i uczenia się.”

W ankiecie OPIPIB badającej zakres zainteresowania uczelni i uczonych, AI zdefiniowano jako:

„katalog technik i metod cyfrowych umożliwiających realizację zadań, które do tej pory mogły być wykonywane tylko przez ludzi (np. rozpoznawanie obrazu, przetwarzanie mowy, podejmowanie decyzji, tłumaczenie maszynowe, wnioskowanie na podstawie dużych zbiorów danych, rozwiązania z zakresu robotyki).”

Na koniec tego rozdziału powróćmy do określenia AI podanego przez inicjatora tej dyscypliny, Johna McCarthy’go, patrz [5], str. 15:

„[...] koncepcje stworzenia programów komputerowych zdolnych do takiego zachowania, które uznalibyśmy za inteligentne, gdyby przejawiali je udzie.” to „proces, który sprawia, że maszyna zachowuje się w sposób, który nazwalibyśmy inteligentnym, gdyby w ten sposób zachowywał się człowiek.”

Każdą z tych i wielu innych niewiele różniących się od siebie definicji AI uzupełnijmy wcześniej przytoczoną, bardzo zgrabną wypowiedzią E. Nęcki, stanowiącą motto tego wystąpienia: „maszyna jest inteligentna inteligencją programisty”, którą przyjmujemy za kolejne uzasadnienie tytułu tego wystąpienia na temat AI.

4. Systemy inteligentne wokół nas

Przytaczamy tutaj wybrane przykłady wykorzystania AI w różnych sferach aktywności człowieka.

1. Gry, a w szczególności szachy, na długo przed erą komputerów były przedmiotem zainteresowania specjalistów od ich zautomatyzowania. Na początku były to automaty szachowe. Pod koniec lat 1940', maszynami szachowymi interesowali się Alan Turing i Claude Shannon. Turing napisał oprogramowanie do rozegrania pełnej partii szachów przez maszynę MADM, a Shannon zbudował maszynę Caissac do rozgrywania końcówek szachowych. W drugiej połowie lat 1980' zaczęto tworzyć maszynę (wyspecjalizowane układy scalone) i do niej oprogramowanie, która miała pokonać Garri Kasparowa. Tak powstał najpierw *Deep Thought*, a później *Deep Blue* w firmie IBM. W pierwszym meczu w lutym 1996 roku Kasparow wygrał 4:2, wygrywając 3 partie, dwie remisując i jedną przegrywając. Oceniono, Kasparow osiągnął zwycięstwo dzięki stosowaniu zmiennej strategii, na co *Deep Blue* nie był zaprogramowany. W maju 1997 roku *Deep Blue* odnosi jednak zwycięstwo wygrywając dwie partie, jedną przegrywając a pozostałe trzy – remisując. Zwycięstwo maszyny uznano za sukces potęgi systemu obliczeniowego. Szachy zostały potraktowane jako bardzo złożony problem obliczeniowy, a nie wyzwanie z zakresu sztucznej inteligencji. Maszyna nie imitowała procesu myślowego i nie miała funkcji samodzielnego uczenia się, jej moc polegała na wielkiej sile obliczeniowej (metodą *brute force*) oraz możliwości szybkiego korzystania z olbrzymiej ilości zgromadzonych danych o rozgrywkach szachowych.

2. Pod koniec lat 1990' firma IBM rozpoczęła prace nad superkomputerami w architekturze *Blue Gene*, przeznaczonych głównie do bardzo złożonej analizy procesów związanych z tzw. zwiżaniem białek.

3. Imponującym osiągnięciem, ale już z zakresu AI jest program szachowy AlphaZero stworzony przez Google. Pokonał on program Stockfish 8, który w 2016 roku zdobył mistrzostwo świata w szachach komputerowych. Stockfish 8 przegrał, mimo że dysponował dostępem do gromadzonych przez stulecia doświadczeń w grze w szachy, zbierał dodatkowe doświadczenia przez wiele lat i potrafił analizować 70 milionów pozycji na sekundę. AlphaZero natomiast analizował tylko 80 tysięcy ruchów, nie dysponował danymi z innych partii, ale wykorzystał uczenie się maszynowe, by opanować grę w szachy poprzez grę przeciw samemu sobie. W 100 partiach rozegranych pod koniec 2017 roku, AlphaZero pokonał Stockfishem 8 wygrał 28 razy, a pozostałe partie zremisował 72 razy. Zajęło mu to cztery godziny.

4. W latach 2016-2017 duże sukcesy w grze w go odnosił program AlphaGo stworzony przez firmę DeepMind należącą do Google, zdecydowanie pokonując najlepszych graczy z Korei i Chin. Zastosowano w nim algorytm będący kombinacją technik sieci neuronowych, uczenia maszynowego oraz wyszukiwania metodą Monte Carlo.

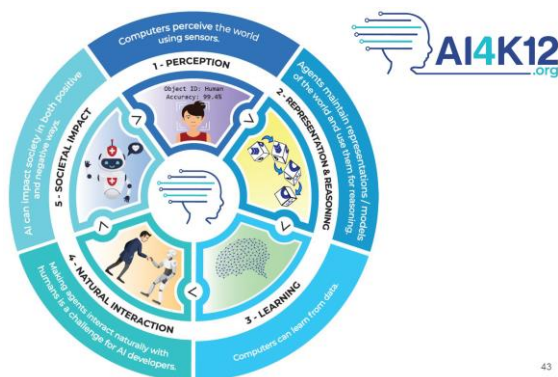
5. Można poczynić pewien zarzut tym inteligentnym programom. Czy na przykład program AlphaGo jest na tyle inteligentny, aby usiąść do gry szachy z programem AlphaZero i wygrać? Lub przynajmniej zagrać w warcaby i wygrywać? Na czym polega inteligencja tych programów?
6. Opisany w rozdz. 2 Test Turinga doczekał się współcześnie nowej wersji z odwróconymi rolami. W Teście Turinga 2, program komputerowy podejmuje tekstowy dialog z człowiekiem i innym komputerem. Zadaniem programu jest odróżnienie człowieka od komputera. Popularną wersją tego testu jest CAPTCHA (ang. *Completely Automated Public Turing test to tell Computers and Humans Apart*). W najbardziej popularnej wersji, wyświetlany jest zniekształcony obraz losowo wbranych znaków, a człowiek ma odpowiedzieć wpisując z klawiatury znaki poprawnie odczytane z obrazu. W innej wersji należy wpisać rozwiązanie równania. Oczekuje się przy tym, że komputer nie jest w stanie „odczytać” obrazka lub znaleźć rozwiązanie. Zdarza się jednak nieuczciwa gra innego komputera, gdy prosi o podpowiedź innego użytkownika komputerów.
7. Popularny jest internetowy tłumacz Google na stronie <https://translate.google.pl/>. Szacuje się, że korzysta z niego 600 mln użytkowników dziennie w blisko 100 językach. Każdy, kto korzystał z tego programu wie, że niemal każde tłumaczenie trzeba zweryfikować i często poprawić. Na ogół ten program ma problem z idiomami, nie mówiąc o przysłowiach. Nauczył się już, że „it’s raining cats and dogs” to po polsku „leje jak z cebra”, ale zapytany o przekład „raining cats and dogs” podaje „deszcz kotów i psów”, nie domyślając się naszej pomyłki. Nie kojarzy też, że „east or west home is best” oraz „wszędzie dobrze, ale w domu najlepiej”, to odpowiadające sobie przykłady. Ale uczy się stosując uczenie maszynowe, do tego przyjmuje sugestie użytkowników. Przekładów raczej nie da się zalgorytmizować w pełni nawet metodami sieci neuronowych, bywają bowiem unikatowe. Przekładów słów lub większych fragmentów o kulturowych odcieniach trzeba go nauczyć.
8. Google map to kolejny serwis bazujący na rozwiązaniach AI.
9. Internet rzeczy⁵ jest jednym z tych rozwiązań, które zalicza się do zastosowań AI. Faktycznie jest to na wysokim poziomie zautomatyzowany system gospodarki towarami, ich dostawą i dystrybucją. Można powiedzieć, że jest to sieć połączonych ze sobą rzeczy. Poszerzeniem Internetu rzeczy jest Internet Wszecchrzeczy, w którym poza rzeczami, do sieci są podłączone również zasoby danych, ludzie i procesy.
10. Świat obiegł obraz „Portretu mężczyzny”, namalowany przez „algorytm”, który poważny dom aukcyjny Christie wystawił za mniej niż 10 tys. dolarów, a został sprze-

⁵ Zagadnieniom związanym z tym zastosowaniem AI są poświęcone dwa referaty na tej konferencji.

dany za 400 tys. dolarów. Portret ten powstał na drodze uczenia (się) maszynowego na podstawie danych zebranych przez artystów i naukowców w wyniku analizy ponad 15 tysięcy innych portretów. Zastosowano wielowarstwowe sieci neuronowe i algorytmy głębokiego uczenia się. Patrząc z boku można by przyrównać proces powstawania tego dzieła do procesu, jaki towarzyszy artyście przy tworzeniu dzieł tradycyjną metodą – również ogląda wiele innych dzieł, rzeczywistych wzorów, wykonuje wiele szkiców, zbiera w ten sposób dane do swojego dzieła. Jednak w tym procesie tradycyjnego artysty towarzyszy mu cały bagaż doświadczeń życiowych, dawnych i tych z chwili tworzenia. Maszynie jest to obce. Faktycznie, dziełem sztuki nie jest sam obraz, ale cały proces jego powstawania. Różnice między procesami, tym tradycyjnym i wspartym AI, rzutują na finalny efekt.

5. Sztuczna inteligencja w edukacji

W niedalekiej przyszłości dotychczasowa znajomość technologii i jej praktycznych aspektów będzie musiała być poszerzona o podstawową wiedzę na temat AI. W szczególności już teraz należy zacząć przygotowywać uczniów od najmłodszych lat do korzystania z rozwiązań AI i poruszania się w świecie „napędzanym” sztuczną inteligencją jednocześnie uczulając ich na aspekty etyczne i społeczne. AI ma możliwość zmiany form i organizacji nauczania i uczenia, gdy np. w edukacji językowej zaczną być wykorzystywane aplikacje do rozpoznawania i przetwarzania naturalnego języka. Ta ekspansja AI wymaga uwzględnienia w podstawie programowej informatyki zapisów dotyczących AI, a ich realizacja powinna uwzględnić zaopatrzenie szkół w odpowiednie urządzenia, oprogramowanie i przede wszystkim przygotowanie i wsparcie nauczycieli.



Poniżej przedstawiamy 5 głównych idei AI, patrz powyżej, które zdaniem CSTA [2] wystarczająco pokrywają najważniejsze aspekty AI i nie są zbyt zaawansowane dla nauczycieli [20]. W tych zapisach jest wiele elementów, które bez trudu można odna-

leżć w naszej podstawie programowej informatyki, w wielu przypadkach to kwestia położenia nacisku na odpowiednie cele kształcenia, metody pracy oraz wykorzystywane aplikacje i urządzenia, jak i programowalne i „inteligentne” roboty.

1. Postrzeganie otoczenia

Komputery postrzegają i odbierają świat za pomocą czujników, w które są wyposażane, w tym m.in. do

- rozpoznawania mowy, rozpoznawania twarzy,
- rozpoznawania obiektów, rozumienie otoczenia/scen,
- rozpoznawania innych form przekazu: dźwięków, promieni itp.

Uczniowie powinni umieć określić typ czujników (samodzielnych i w innych urządzeniach), ich funkcji, przeznaczenie i ograniczenia.

2. Reprezentowanie, rozumowanie i podejmowanie decyzji

Agenci komputerowi dysponując reprezentacją i modelem otoczenia (świata) i podejmują na ich podstawie decyzje. Dotyczy to m.in.

- reprezentacji wiedzy, np. w postaci graficznych schematów,
- komputerowych sieci semantycznych, które rozumieją nasze pytania,
- wyszukiwania, w tym wyszukiwania heurystycznego,
- algorytmów wnioskowania, w tym w szczególności: dowodzenie twierdzeń, rozumowanie i uzasadnienie na podstawie reguł, optymalizacja, czyli efektywne działanie.

Uczniowie w klasach 4+ powinni umieć narysować drzewo wyszukiwania obiektów w różnych kontekstach sytuacji problemowych.

3. Uczenie się

Komputery mogą się uczyć na podstawie danych. Obejmuje to m.in.

- uczenie się maszynowe (ang. *machine learning*), w tym: klasyfikatory, dyskryminatory, przybliżacze funkcji, naukę o danych, zestawy treningowe,
- sieci neuronowe, jako narzędzie wnioskowania na podstawie dużych zbiorów danych.

Uczniowie powinni umieć szkolić klasyfikatora, w klasach K-2 trenując dyskryminatora gestów .a w klasach 6-8 definiując odpowiednie funkcje trenują klasyfikatora w postaci drzewa decyzyjnego.

4. Naturalne interakcje

W ramach AI dąży się stworzenia agentów, które w naturalny sposób będą oddziaływały z ludźmi, m.in. w zakresie:

- rozumienie języka naturalnego,
- prowadzenia dialogu,
- afektywnych obliczeń,
- interakcji człowieka z robotem,

Uczniowie w klasach K-2 powinni umieć porozmawiać z agentem, a w klasach 6-8 – powinni umieć stworzyć prostego chatbota.

5. Konsekwencje społeczne

AI może wpływać na społeczeństwo zarówno pozytywnie, jak i negatywnie, m.in. w zakresie:

- etyki:
 - jakie aplikacje są pożądane i dopuszczalne?
 - przejrzystość i odpowiedzialność systemów AI,
 - prywatność versus bezpieczeństwo
 - kto powinien mieć dostęp do naszych danych i odpowiedzialnie zarządzać nim?
- spodziewanych efektów wpływów technologii AI na społeczeństwo:
 - roboty jako służący, ratownicy, współpracownicy
 - efekty gospodarcze, zmiany w charakterze pracy
 - skutki niezamierzonych konsekwencji

Uczniowie w klasach 6+ powinni być w stanie zidentyfikować kwestie etyczne wywołane przez aplikacje AI.

W realizacji powyższych celów kształcenia użyteczne mogą być odpowiednie aplikacje, z których wiele jest dostępnych w naszych szkołach (jak roboty), a do większości jest otwarty dostęp w sieci. Wśród nich można wyróżnić aplikacje do: (1) rozpoznawania i pamiętanie twarzy, ludzi, (2) rozpoznawania i identyfikacji obiektów, manipulowania obiektami, np. robotami lub za pomocą robotów (np. przemysłowych), (3) nawigacji w terenie (robotami na zajęciach, samochodami, ludźmi), (4) automatycznego tłumaczenia tekstów (np. tłumacz Google), (5) generowania mowy, rozpoznawanie mowy (boty).

AI to nie przyszłość, to już teraźniejszość. Szkoła powinna przygotować uczniów na nie tak odległe wyzwania i spodziewane ich potrzeby, jak również odpowiadać na ich zainteresowania. Większość aplikacji AI w prostej postaci jest dostępnych już dla najmłodszych.

Zauważmy jeszcze, że większość idei, koncepcji, aplikacji i urządzeń AI sklasyfikowanych powyżej w pięciu grupach można znaleźć w zapisach obowiązującej podstawy programowej przedmiotu informatyka odpowiednio je interpretując, nieco rozszerzając i dodatkowo kładąc nacisk na aspekty związane z AI. To materiał na inne wystąpienie.

6. Wątpliwości, zagrożenia

Komentujemy tutaj kilka medialnych informacji związanych z AI i jej wpływem na nasze otoczenie.

1. Na pierwszej stronie jednej z broszur Google (*Graw with Google*) można przeczytać, że “Google dokłada wszelkich starań, aby wszyscy czerpali korzyści z możliwości, jakie stwarza nowa technologia (ang. *Google is committed to making sure everyone benefits from the opportunities created by new technology*). A na ostatniej stronie tej broszury czytamy, że “Zawsze nas inspiruje widząc, co ludzie robią, gdy mają dostęp do technologii” (ang. *We are always inspired to see what people do when they have access to technology*). Google jest więc zainteresowany “podglądaniem” nas (see *what people do*) i to ich inspiruje do działania (*We are always inspired!*)

2. Z kolei, z jednego z wywiadów z szefem AI w Facebooku można się było dowiedzieć, że chociaż FB dysponuje technologią rozpoznawania twarzy, to nikomu jej nie udostępni, trudno jednak uwierzyć, że nie stosuje jej we własnych celach i interesie.

3. Wyobraźmy sobie sytuację, gdy dociekliwi uczniowie chcą się dowiedzieć, co to jest dziecięca pornografia, bo wszędzie o tym bębnią. Wpisują takie hasło w Google na swoich domowych komputerach (na szkolnych jest pewnie blokada) i wysyłają sobie maile na ten temat. Przełączają na Grafikę, ale nic ciekawego nie widzą. Zapominają więc o całej historii, ale Google – Wielki Brat – już zapamiętał i przy różnych okazjach przychodzi na konta uczniów „tematyczne” wiadomości lub linki. Domowy komputer może być także używany przez rodziców. Mija jakiś czas, i tatuś jednego z nich popada w tarapaty, więc pewnego dnia o 6.00 rano budzi go brutalnie kilku panów i zabiera wraz całą elektroniką. To nie jest wymyślony scenariusz.

4. Można mieć wątpliwości, czy każde rozwiązanie z zakresu AI jest rzeczywiście przejawem inteligencji. Czy jest tym bot wytworzony przez osobę, która nie grzeszy inteligencją? Kto ma to ocenić? Maszyna? Samo posłużenie się inteligentnym narzędziem nie gwarantuje tego samego w finalnym wytworze.

5. Autonomiczny samochód Ubera zabił już pieszego w Arizonie – system pokładowy zbyt dużo czasu spędził na analizie „obiektu”, który „widział” przed sobą, zamiast natychmiast zatrzymać się. A kto ponosi odpowiedzialność za taki wypadek? Właściciel (może nim być wypożyczalnia), pasażerowie, konstruktor, a może programista?

Nie będziemy dalej mnożyć przykładów na niekorzyść AI. Edukacja ma na szczęście dobrze określone cele – piszemy o nich w poprzednim punkcie – których realizacja ma wskazać uczniowi korzyści z AI i z wykorzystanej przez nią technologii, właściwe sposoby z niej korzystania, jak również zwrócić uwagę na aspekty etyczne i społeczne, oraz na zagrożenia. Polem ekspansji AI, może w jeszcze większym stopniu niż w edukacji, jest niemal każdy aspekt współczesności. Można mieć tylko nadzieję, że postawa uczniów wyniesiona ze szkoły skieruje ich zainteresowania na właściwe tory wykorzystania współczesnej technologii, w coraz większym stopniu „naszpikowanej” rozwiązaniami sztucznej inteligencji. I że przeważą w tym ich ludzka inteligencja i wrażliwość.

Literatura

Poniżej zamieszczamy głównie publikacje książkowe w języku polskim związane ze sztuczną inteligencją polecając ich lekturę. Nie do wszystkich odwołujemy się w treści.

1. AI4K12: <https://github.com/touretzkyds/ai4k12/wiki>
2. CSTA: Computational Thinking Task Force, <http://csta.acm.org/Curriculum/sub/CompThinking.html>
3. Papert S., *Burze mózgow*, WN PWN, Warszawa 1997 (oryginalne wydanie Basic Books 1980).
4. Feigenbaum E., Feldman J. (red.), *Maszyny matematyczne I myślenie*, PWN, Warszawa 1972.
5. Kaplan J., *Sztuczna inteligencja*, PWN, Warszawa 2019.
6. Kasperski M. J., *Sztuczna inteligencja*, Helion, Gliwice 2003.
7. Kisielewicz A., *Sztuczna inteligencja i logika*, WN-T, Warszawa 2011.
8. Kloch J., *Świadomość komputerów?*, OBI Kraków and BIBLOS, Tarnów, 1996.
9. Marciszewski W., *Sztuczna inteligencja*, Znak, Kraków 1998.
10. Nęcka E., *Pobudzenie intelektu. Zarys formalnej teorii inteligencji*, Univeritas, Kraków 2000.
11. Nęcka E., *Człowiek – umysł – maszyna*, Znak, Kraków 2005.
12. ReadyAI: <https://www.readyai.org/>
13. Walsh T., *To żyje! Sztuczna inteligencja*, PWN, Warszawa 2018.
14. Sysło M.M., Myślenie komputacyjne: informatyka dla wszystkich, Materiały Konferencji „Informatyka w Edukacji, VIII”, UMK Toruń, 2011.
15. Sysło M.M., Kwiatkowska A.B., Myśl logarytmicznie!, *Delta* nr 12/2014.
16. Sysło M.M., Kwiatkowska A.B., Learning Mathematics Supported by Computational Thinking, w: Materiały *Constructionism and Creativity*, Wiedeń 2014.
17. Sysło M.M., Kwiatkowska A.B., Introducing Students to Recursion: a Multi-Facet and Multi-Tool Approach, w: Materiały *ISSEP 2014*, Istanbul (Turkey), 2014.
18. Sysło M.M., Myślenie komputacyjne. Nowe spojrzenie na kompetencje informatyczne, w: Materiały „Informatyka w Edukacji, XI”, UMK Toruń 2014, 15-32.
19. Sztuczna inteligencja: <https://www.sztucznainteligencja.org.pl/>
20. Touretzky D., Gardner-McCune C., Martin F., Seehorn D., Envisioning AI for K-12: What should every child know about AI?, AI4K12.org
21. Wing J., Computational thinking benefits society, <http://socialissues.cs.toronto.edu/index.html%3Fp=279.html>