

# SZTUCZNA INTELIGENCJA

nadzieje

wyzwania

perspektywy



I POMORSKA UCZNIOWSKA  
KONFERENCJA NAUKOWA  
ZDOLNI Z POMORZA



I POMORSKA UCZNIOWSKA  
KONFERENCJA NAUKOWA  
„ZDOLNI Z POMORZA”

# SZTUCZNA INTELIGENCJA

Nadzieje, wyzwania,  
perspektywy

Materiały z naukowej konferencji uczniowskiej

Gdańsk, 18 listopada 2017

Urząd Marszałkowski Województwa Pomorskiego  
Pedagogiczna Biblioteka Wojewódzka w Gdańsku

Wydawnictwo  
**bernardinum**

2018



Konferencja zorganizowana przez Samorząd Województwa Pomorskiego we współpracy z Pedagogiczną Biblioteką Wojewódzką w Gdańsku i Politechniką Gdańską

Materiał współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Egzemplarz bezpłatny

Komitet redakcyjny  
dr Grzegorz Stunża  
mgr Arkadiusz Działoszewski  
mgr inż. Dorota Martynow  
mgr inż. Aleksander Mroziński  
mgr inż. Krzysztof Zagórski

Opracowanie redakcyjne: zespół pracowników Pedagogicznej Biblioteki Wojewódzkiej w Gdańsku w składzie Dorota Dela, Arleta Kundera, Małgorzata Kwaśnik, Ewa Różańska i Magdalena Schramm

Projekt okładki: Piotr Bojko z wykorzystaniem elementów graficznych opracowanych przez Urszulę Abucewicz oraz Macieja Drawsa

Zdjęcia: Klaudia Malinowska, Beata Kwaśniewska oraz Uczniowska grupa promocyjna I Pomorskiej Uczniowskiej Konferencji Naukowej „Zdolni z Pomorza”, w skład której weszli uczniowie ze Szkół Okrętowych i Ogólnokształcących Conradinum w Gdańsku: Krzysztof Obara, Adam Rogowski, Alina Rybandt, Małgorzata Kunicka, Karol Szumacher

Działania grupy promocyjnej koordynowała nauczycielka ze Szkół Okrętowych i Ogólnokształcących Conradinum w Gdańsku – Karolina Urbanowicz

Korekta: zespół

© Copyright by Urząd Marszałkowski Województwa Pomorskiego.  
Departament Edukacji i Sportu, Gdańsk 2018

ISBN 978-83-8127-165-3

Wydawnictwo „Bernardinum” Sp. z o.o.  
ul. Biskupa Dominika 11, 83–130 Pelplin  
tel. 58 536 17 57, fax 58 536 17 26  
bernardinum@bernardinum.com.pl  
www.bernardinum.com.pl

Skład, druk i oprawa:  
Drukarnia Wydawnictwa „Bernardinum” Sp. z o.o., Pelplin

# Spis treści

Słowo wstępne Marszałka Województwa Pomorskiego .....	5
Słowo od organizatorów .....	7
Rozdział I Spojrzenie z katedry. Naukowcy o sztucznej inteligencji .....	9
Krzysztof Goczyła <b>Sztuczna inteligencja – oksymoron czy oczywistość?</b> .....	11
Beata Bochentyn <b>Czy fizyka może pomóc w rozwoju sztucznej inteligencji? (Czy sztuczna inteligencja pomoże w rozwoju fizyki?)</b> .....	23
Hubert Cieśliński <b>Przykłady wykorzystania sztucznej inteligencji w różnych dziedzinach nauk biologicznych</b> .....	31
Grzegorz D. Stunża <b>Niepewna przyszłość. Społeczne skutki rozwoju sztucznej inteligencji i rzeczywistości rozszerzonej</b> .....	38
Miłosz Wieczór <b>Sztuczna inteligencja w świecie molekuł</b> .....	42

## Rozdział II

Uczniowie na tropie sztucznej inteligencji ..... 51

Daniel Cieślak

**Sztuczna inteligencja jako przyszłość informatyki, szansa na zrewolucjonizowanie społeczności i pojmowanie świata ..... 53**

Nikola Czerwińska

**Sztuczna inteligencja w XXI wieku ..... 57**

Dominik Gulgowski

**Paradoks Levinthala, czyli jak natura omija obliczenia ..... 65**

Krzysztof Jabczyński

**Czy sztuczna inteligencja zastąpi człowieka? ..... 71**

Magdalena Kielich

**Protezy XXI wieku, czyli o tym, jak człowiek staje się maszyną ..... 78**

Marta Lamkiewicz

**Nanotechnologia i technologia we współczesnej medycynie ..... 88**

Dagna Szwaba

**Rozpoznawanie emocji na zdjęciach i filmach przy zastosowaniu sztucznej inteligencji ..... 94**

## Rozdział III

Okiem fotoreportera. Migawki z konferencji ..... 101

## Szanowni Państwo, Drodzy Uczniowie i Nauczyciele!

**D**zięki sztucznej inteligencji możemy doświadczać życia w zmieniającym się świecie. Jakie ludzkość wiąże z nią nadzieje? Jakie stoją przed nami wyzwania, a jakie perspektywy? Nad tymi zagadnieniami debatowali uczniowie z całego województwa biorący udział w I Pomorskiej Uczniowskiej Konferencji Naukowej organizowanej w ramach projektu „Zdolni z Pomorza”.



W ten sposób rozpoczęty cykl corocznych, pomorskich uczniowskich konferencji naukowych umożliwia wybitnym, młodym Pomorzanom doskonalenie umiejętności oratorskich, sztuki argumentacji, przeprowadzania logicznego wyводу czy stworzenia naukowego tekstu.

Wielu spośród tych uczniów po raz pierwszy występowało przed szerszą publicznością, prezentując swój punkt widzenia, budząc emocje u słuchaczy, ze swadą odpierając ich zarzuty czy odpowiadając na kłopotliwe pytania, ale też po raz pierwszy otrzymało szansę opublikowania swoich tekstów w profesjonalnej naukowej publikacji. Można zatem powiedzieć, że dla wielu uczestników jest to podwójny debiut – jako prelegentów na konferencji naukowej oraz autorów naukowych tekstów opublikowanych w tym tomie.

Z tym większą satysfakcją zauważyć trzeba, że 30 uczniów w 5 panelach dyskusyjnych, a także przedstawiciele świata nauki oraz przedsiębiorców swoje referaty wygłosiło przy pełnych salach, ponieważ na konferencję przybyło ponad 300 słuchaczy zainteresowanych poruszaną tematyką.

Przyznam, że – jako gospodarz regionu – z podziwem i radością patrzę na tych młodych, zdolnych ludzi, którzy już dzisiaj osiągają tak wiele. A przecież to pierwsze kroki w ich karierze naukowej. Co będzie dalej? Może dzięki nim świat przyszłości, do tej pory oglądany w filmach, stanie się rzeczywistością? Głęboko w to wierzę!

Marszałek Województwa Pomorskiego

*Mieczysław Struk*

Samorząd Województwa Pomorskiego wspieranie utalentowanych uczniów rozpoczął już w 2010 roku, a od 2016 roku realizuje wspólnie z pomorskimi powiatami i 7 uczelniami 26 projektów, w ramach których wszechstronne wsparcie mogą uzyskać uczniowie uzdolnieni w dziedzinie matematyki, fizyki, informatyki, biologii, chemii, a także w zakresie kompetencji społecznych (np. język polski, historia). Młodzi ludzie mogą brać udział m.in. w zajęciach pozalekcyjnych, spotkaniach akademickich, konkursach i obozach naukowych. Najlepsi zostają objęci indywidualną opieką mentorską.

## Słowo wstępne

Sztuczna inteligencja, dziedzina nauki, której spektakularny rozwój obserwujemy w ostatnich latach, fascynuje możliwościami, ale i budzi obawy. Nic dziwnego, że to właśnie ona wygrała w internetowym głosowaniu uczniów uczestniczących w projekcie „Zdolni z Pomorza” i została wybrana jako temat przewodni I Pomorskiej Uczniowskiej Konferencji Naukowej, zorganizowanej przez Pedagogiczną Bibliotekę Wojewódzką w Gdańsku oraz Politechnikę Gdańską.

Badania sztucznej inteligencji poprzez swoją interdyscyplinarność idealnie wpasowują się we współczesne tendencje w nauce do coraz częstsze łączenia metod różnych dyscyplin naukowych i współpracy badaczy różnych specjalności. Rozwojem i zastosowaniami sztucznej inteligencji zajmuje się informatyka, biotechnologia, neurologia, psychologia, medycyna i wiele innych dyscyplin i specjalności. Różne aspekty jej funkcjonowania, a szczególnie wpływ na przyszłość naszej cywilizacji, interesują socjologów i filozofów, a nawet religioznawców.

W węższym znaczeniu sztuczna inteligencja to dziedzina technologii zajmująca się konstruowaniem maszyn (inteligentnych robotów) i opracowaniem sterujących nimi programów komputerowych zdolnych do naśladowania wybranych działań ludzkiego umysłu i człowieczych funkcji motorycznych, a dzięki swojej precyzji, niezawodności, nieuleganiu znużeniu i zmęczeniu, przewyższających możliwości człowieka. Właśnie te zastosowania sztucznej inteligencji najczęściej omawiali w swoich wystąpieniach uczestnicy konferencji.

Profesor dr hab. Krzysztof Goczyła z Politechniki Gdańskiej w wykładzie inauguracyjnym nakreślił historię powstania i rozwoju sztucznej inteligencji, jej główne obszary badawcze i perspektywy.

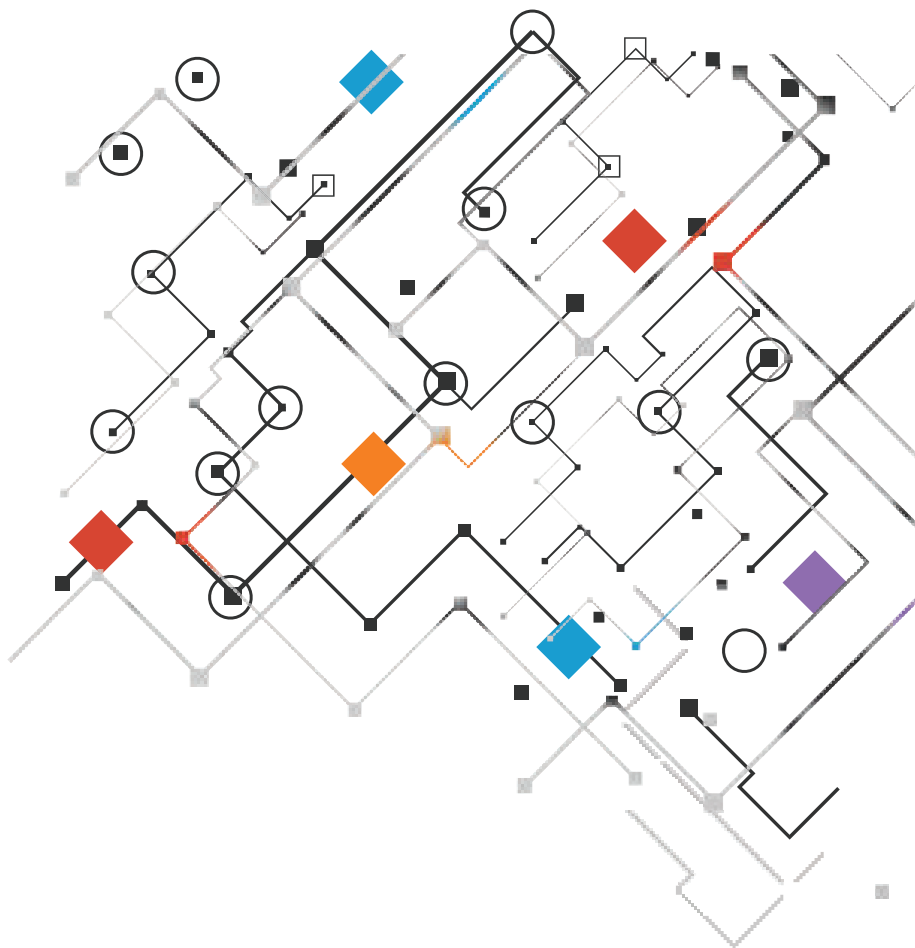
Referaty uczniowskie prezentowane na konferencji zakwalifikowane zostały w toku kilkustopniowej weryfikacji i na podstawie opinii moderatorów poszczególne paneli tematycznych. Autorami 30 prezentacji byli uczniowie

gimnazjów i szkół średnich województwa pomorskiego. Według zgodnej opinii naukowców i słuchaczy wystąpienia uczniów w większości odznaczały się wysokim poziomem merytorycznym, a wszystkie – zaangażowaniem młodych pasjonatów nauki.

Uczniowskie prelekcje pogrupowane zostały w pięciu tematycznych panelach dyskusyjnych: biologii, chemii, fizyki, informatyki i kompetencji społecznych. Każdą z sekcji otwierał wykład naukowca bądź eksperta-praktyka w danej dziedzinie. Często referat wprowadzający wygłaszali młodzi pracownicy naukowi i doktoranci, którzy z zebranymi na sali uczniami dzielili młodzieńczą fascynację dziedziną, lecz podbudowaną większą od nich wiedzą teoretyczną. O zaangażowaniu prelegentów, moderatorów i słuchaczy świadczą burzliwe dyskusje podsumowujące poszczególne panele tematyczne.

Konferencja spotkała się z dużym zainteresowaniem uczniów pomorskich szkół. By wysłuchać referatów swoich kolegów i koleżanek, wykładów naukowców oraz skorzystać z licznych atrakcji naukowych przygotowanych dla uczestników konferencji, 18 listopada 2017 r. na Politechnikę Gdańską przybyło blisko 300 gimnazjalistów i licealistów, często z odległych nawet miejscowości województwa. Specjalnie dla nich otwarte zostały nowoczesne laboratoria Wydziału Nanotechnologii. Na dziedzińcu Fahrenheita ofertę prezentowały trójmiejskie uczelnie oraz instytucje edukacyjne, np. Centrum Hevelianum i Park Naukowo-Technologiczny, a studenckie koła naukowe w interesujący sposób pokazywały swoją działalność i dokonania. Wielu spośród uczestników konferencji dalszą drogę kształcenia planuje właśnie na pomorskich uczelniach, niewątpliwie udział w tym wydarzeniu będzie pomocny w podjęciu decyzji edukacyjnych.

Organizatorzy



## Rozdział I

SPOJRZENIE Z KATEDRY.  
NAUKOWCY O SZTUCZNEJ  
INTELIGENCJI





# Sztuczna inteligencja - oksymoron czy oczywistość?

## Wprowadzenie

Sztuczna inteligencja – czy jest jakiś inny termin z zakresu nowoczesnych technologii, który ostatnio zrobiłby większą karierę? Czym jest ta 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 nie-realne (stąd ów oksymoron w tytule), czy też może jest to tylko kwestia czasu i nieuchronnego wzrostu mocy obliczeniowych maszyn?

Początków sztucznej inteligencji należy upatrywać we wczesnych latach pięćdziesiątych 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 w bardziej lub mniej udany sposób konwersujących z człowiekiem. Podówczas najsłynniejszy z nich,

---

<sup>1</sup> Profesor dr hab. inż. Krzysztof Goczyła, Politechnika Gdańska. Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki.

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. Rok później powstaje pierwszy sztuczny neuron, perceptron, urządzenie elektromechaniczne symulujące działanie ludzkiego neuronu, a kilka lat potem następuje prawdziwa eksplozja systemów wnioskujących, opartych na przetwarzających dużą liczbę 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 temu, 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 postępem 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.

## 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. Sztuczna inteligencja jako dziedzina interdyscyplinarna

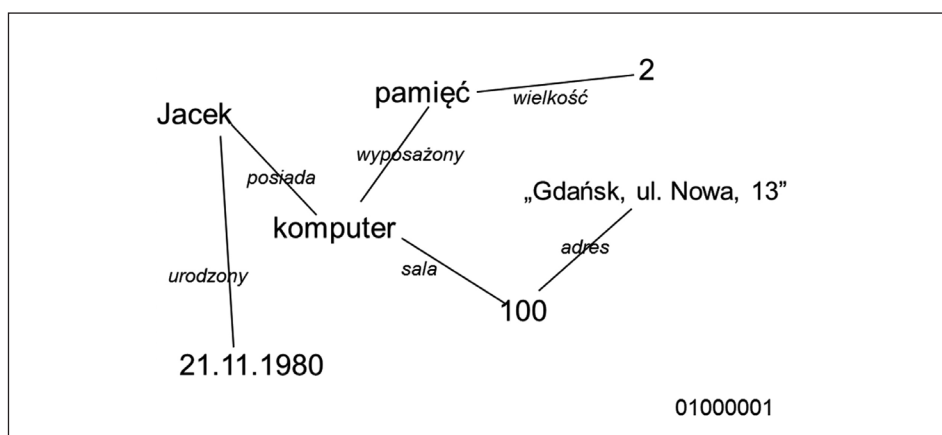
Źródło: opracowanie własne.

Aktualnie najważniejszym obszarem badań nad sztuczną inteligencją jest uczenie maszynowe, omówione bardziej szczegółowo 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, takich jak rozpoznawanie mowy i obrazów, potrzebne robotom i urządzeniom wchodzącym w interakcję z człowiekiem i otoczeniem, czy geolokalizacja niezbędna pojazdom autonomicznym.

### Dane, informacje i wiedza

Żeby dobrze zrozumieć, na czym polega uczenie maszyn zachowań podobnych do zachowania człowieka, 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 między nimi, stają się użyteczne, bo zaczynają nieść informacje.



Rys. 2. Dane + związki = informacje

Źródło: opracowanie własne.

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 pod wskazanym adresem. Jednak nadal nie wiemy, co oznacza niepowiązany 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.



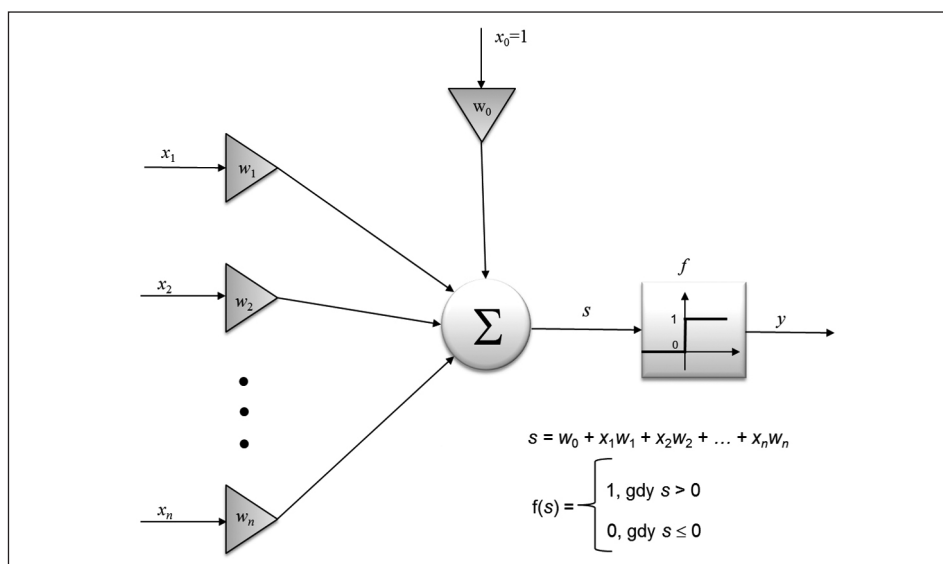
Rys. 3. Wiedza = informacje + uczenie się + wnioskowanie

Źródło: GOCZYŁA K. *Ontologie w systemach informatycznych*. Akademicka Oficyna Wydawnicza Exit, 2011.

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

## 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. Podstawowym elementem sztucznej sieci neuronowej jest wspomniany wcześniej sztuczny neuron, symulujący do pewnego stopnia funkcjonowanie neuronu w ludzkim mózgu.



Rys. 4. Sztuczny neuron ze skokową funkcją aktywacji

Źródło: RUTKOWSKI L. *Metody i techniki sztucznej inteligencji*. Wydawnictwo Naukowe PWN, 2009.

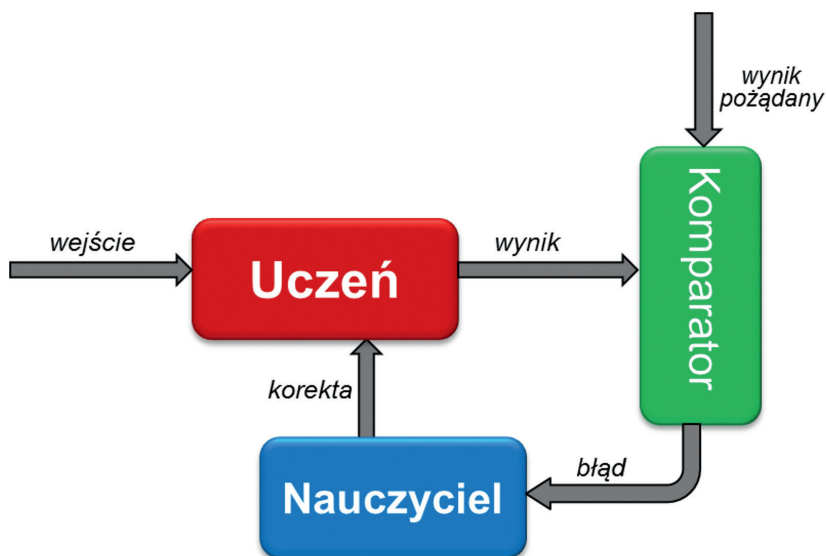
Trójkąty reprezentują dendryty, czyli wejścia neuronu. Na dendryty podawane są sygnały  $x_i$ , pochodzące spoza sieci neuronowej lub od innych neuronów, które po przemnożeniu przez odpowiednie wagi  $w_i$  są sumowane.

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 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 z wyjściem wzorcowym. 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 w przypadku 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

Źródło: opracowanie własne.

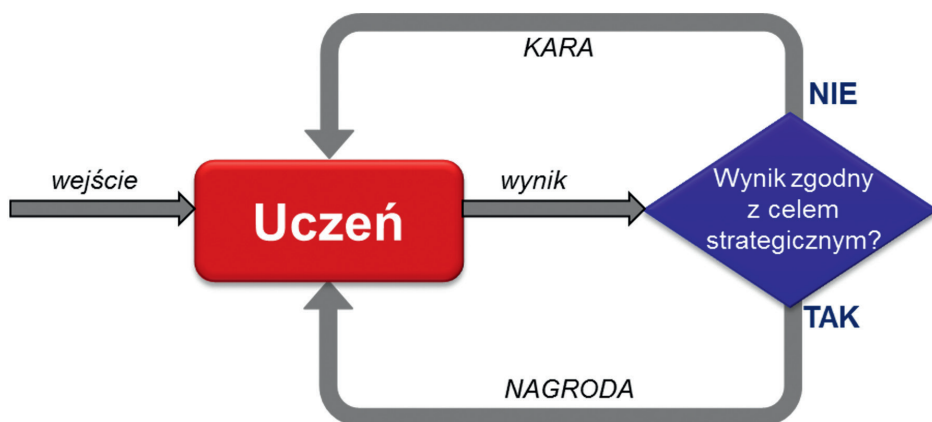
Na drugim biegunie metod uczenia maszynowego jest uczenie nienadzorowane (rys. 6). Uczeń, w tym wypadku sieć neuronowa, sam usiłuje poznać świat i się go nauczyć. Typowym zastosowaniem takiej metody uczenia jest klasteryzacja bez zadanej liczby klastrów, a także niektóre problemy eksploracji danych.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



Rys. 6. Schemat uczenia nienadzorowanego

Źródło: opracowanie własne.

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 między 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

Źródło: opracowanie własne.

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*).

## Eksploatacja 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 rosnącej 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 między 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, a także 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 są lub w najbliższej przyszłości nie będą stosowane metody eksploracji danych jako silne narzędzia analityczne dla systemów inteligentnych.

## 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 Alpha-Go Zero zbudowana jest z nieco ponad tysiąca neuronów (dokładne dane nie są znane), podczas gdy mózg ludzki to ok. 100 miliardów neuronów, i niczego 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 uważają, 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 wątpienia 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. GOCZYŁA K. *Ontologie w systemach informatycznych*. Warszawa: Akademicka Oficyna Wydawnicza Exit, 2011. ISBN 978-83-60434-88-8.
2. RUTKOWSKI L. *Metody i techniki sztucznej inteligencji*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2009. ISBN 978-83-01-15731-9.
3. SILVER D., SCHRITTWIESER J., SIMONYAN K. et al. Mastering the game of Go without human knowledge. *Nature*. 2017, Vol. 550 (19th October), s. 354-371. ISSN1476-4687.

## Czy fizyka może pomóc w rozwoju sztucznej inteligencji? (Czy sztuczna inteligencja pomoże w rozwoju fizyki?)

Co dziennie produkujemy 2,5 eksabajtów danych. To odpowiednik danych zgromadzonych w 250 000 wielkich bibliotek lub w 5 milionach laptopów. W każdej minucie każdego dnia 3,2 miliarda globalnych użytkowników internetu dostarcza bankom danych ponad 9000 pinów na Pinterest, 350 000 tweetów, 4,2 miliona polubień na Facebooku, a ponadto ogrom innych danych, które tworzymy, robiąc zdjęcia i filmy, zapisując dokumenty, otwierając konta itp. [4]

Globalnie jesteśmy na granicy mocy przetwarzania danych za pomocą tradycyjnych komputerów, a zbiory danych wciąż rosną. Prawo Moore'a przewiduje, że liczba tranzystorów na układach scalonych będzie podwajać się co dwa lata. O ile od czasu sformułowania go w 1965 roku okazywało się ono niezwykle trafne, to obecnie te tranzystory są tak małe, że przy użyciu istniejącej technologii nie da się ich już zmniejszyć. Właśnie dlatego istnieje wyścig wśród największych liderów branży, któremu z nich, jako pierwszemu, uda się uruchomić wydajny komputer kwantowy. Byłby on wykładniczo potężniejszy niż dzisiejsze komputery, a tym samym byłby zdolny przetwarzać wszystkie dane generowane każdego dnia i rozwiązywać coraz bardziej złożone problemy [4].

Przewiduje się, że te komercyjne komputery kwantowe będą w stanie w ciągu kilku sekund wykonać obliczenia, które zajęłyby dzisiejszym komputerom tysiące lat. Powinno stać się tak dlatego, że sztuczna inteligencja, a w szczególności uczenie maszynowe, może korzystać z postępów w technologii obliczeń kwantowych i będzie to nadal robić, nawet zanim dostępne będzie pełne rozwiązanie obliczeń kwantowych. Kwantowe algorytmy obliczeniowe pozwalają nam ulepszyć to, co jest już możliwe dzięki uczeniu maszynowemu.

---

<sup>2</sup> Doktor inż. Beata Bochentyn, Politechnika Gdańska, Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej, Katedra Fizyki Ciała Stałego.

U podstaw teoretycznych funkcjonowania komputerów kwantowych leży rozbudowany dział fizyki zwany mechaniką kwantową. Została ona stworzona niezależnie przez Heisenberga i Schrödingera na początku XX wieku, a jej szybki rozwój nastąpił dzięki pracom Maxa Borna i Paula Diraca. Uzupełnia ona mechaniczną teorię ruchu o opis sytuacji, w których nie działa mechanika klasyczna, i opisuje zjawiska dotyczące przede wszystkim obiektów o bardzo małych masach i rozmiarach. Przewiduje, iż cząstka nie musi zachowywać się tylko i wyłącznie jak fala czy cząstka, lecz może jednocześnie spełniać cechy stanu pośredniego, co charakteryzowane jest za pomocą tzw. gęstości prawdopodobieństwa.

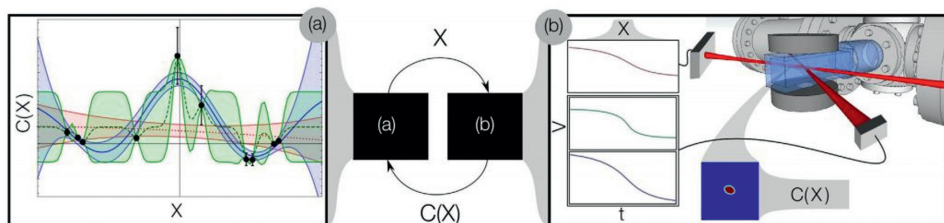
Związki pomiędzy mechaniką kwantową a sztuczną inteligencją badał m.in. austriacki fizyk teoretyk Hans Briegel. Wykazał on, że zasady teorii kwantowej mogą pomóc sztucznej inteligencji przyspieszyć procesy decyzyjne. Działoby się to na zasadzie aktywnego badania otoczenia przez maszynę i nabierania doświadczeń, które potem może ona wykorzystać w podejmowaniu decyzji na wzór człowieka. W miarę rozbudowywania bazy nabytej wiedzy i zgromadzonych doświadczeń roboty obdarzone sztuczną inteligencją powinny być zdolne do wykonywania coraz bardziej skomplikowanych i zróżnicowanych zadań. Całe założenie teoretyczne opiera się na sformułowanym przez Briegela modelu sztucznej inteligencji, która miałaby prowadzić wewnętrzną symulację potencjalnych przyszłych zdarzeń. W sytuacji, gdy stanie ona przed jakimś zagadnieniem problemowym, będzie przeszukiwać swoją bazę doświadczeń w celu odnalezienia powiązanych zdarzeń, by na tej podstawie znaleźć rozwiązanie. Jest to idea tzw. spaceru kwantowego. Powiązanie tej koncepcji z zasadami kwantowego przetwarzania danych przyspieszyłoby dodatkowo procesy decyzyjne inteligentnych maszyn.

O ile założenia Hansa Briegela są w pełni teoretyczne, o tyle w literaturze naukowej można znaleźć bardzo wiele doniesień na temat różnorodnych form stosowania zasad sztucznej inteligencji w rozwiązywaniu problemów z zakresu fizyki, inżynierii materiałowej czy nanotechnologii.

Przykładowo grupa australijskich naukowców z Australian National University, University of Adelaide i University of New South Wales pod kierownictwem prof. Robinsa i prof. Husha wykazała, że system sztucznej inteligencji jest w stanie samodzielnie uzyskać kondensat Bosego-Einsteina [5]. Pojęcie to opisuje stan kwantowy, dzięki któremu uzyskujemy temperatury bliskie zera absolutnego. W praktyce wytworzenie takiego kondensatu wymaga stosowania zestawu laserów schładzających gaz, które przy odpowiednim doborze parametrów



pracy będą stopniowo zmniejszać temperaturę medium do poziomu nanokelwinów. W diskutowanym eksperymencie naukowcy najpierw wstępnie schłodzili gaz do mikrokelwinów, a następnie wydali układowi sztucznej inteligencji polecenie, by tak optymalizował parametry pracy laserów, by osiągnąć pożądaną temperaturę rzędu nanokelwinów. Schemat układu eksperymentalnego został przedstawiony na rys. 1.



Rys.1. Schemat układu eksperymentalnego i sprzężonego z nim systemu sztucznej inteligencji stosowany w doświadczeniu z wytwarzaniem kondensatu Bosego-Einsteina

Źródło: <https://www.nature.com/articles/srep25890.pdf>.

Idea jego pracy polegała na tworzeniu przez obiekt „uczący się” zestawu parametrów  $X$  do przetestowania w eksperymencie, który miał za zadanie jak najbardziej schłodzić gaz. Gdy proces parowania został zakończony, obraz zimnych atomów był analizowany w celu obliczenia funkcji kosztu związanej z uzyskiwaną jakością  $C(X)$ .  $C(X)$  było następnie przekazywane obiektowi „uczącemu się” w celu przeprowadzenia modelowania relacji między wartościami parametrów wejściowych a wartościami funkcji kosztu wygenerowanymi przez eksperyment. W konsekwencji tej wielokrotnej optymalizacji udało się uzyskać kondensat Bosego-Einsteina w skończonym czasie, co z zastosowaniem zwykłych komputerów zajęłoby więcej niż wiek Wszechświata.

Praktyczny potencjał stosowania kondensatu Bosego-Einsteina jest bardzo szeroki. W związku z tym, że kondensat jest bardzo wrażliwy na zewnętrzne zaburzenia (np. pola grawitacyjnego czy magnetycznego), można go pośrednio stosować w nawigacji lub np. do poszukiwania minerałów. Jeśli udałoby się skonstruować przenośne urządzenie, w którym kondensat byłby szybko tworzony ze wsparciem systemu sztucznej inteligencji, to dałoby się go używać np. do pomiarów lokalnych wartości natężenia pola grawitacyjnego bez konieczności angażowania do eksperymentu całego zespołu fizyków.



Innym przykładem zastosowania sztucznej inteligencji do rozwiązywania problemów z zakresu fizyki jest wspólna praca naukowców z Caltech oraz Uniwersytetu w Południowej Kalifornii (pod kierownictwem prof. Marii Spiropulu i prof. Daniela Lidara), którzy zastosowali techniki uczenia maszynowego, zgodnego z zasadami mechaniki kwantowej, do wyłapywania sygnału Bozonu Higgsga z mocno zaszumionych danych eksperymentalnych [3]. Bozon Higgsga jest cząstką elementarną, której istnienie było postulowane przez model standardowy, ale doświadczalne potwierdzenie jej istnienia nastąpiło dopiero w roku 2012 w Wielkim Zderzaczu Hadronów. W eksperymencie z zastosowaniem sztucznej inteligencji naukowcy do wyłapywania sygnału Bozonu Higgsga wykorzystali tzw. **kwantową wyżarzarkę** (ang. *quantum annealer*), czyli rodzaj komputera kwantowego zdolnego przeprowadzać tylko zadania optymalizacyjne i tym samym wyłuskiwać właściwe informacje z pełnych błędów zestawów danych eksperymentalnych. Program kwantowy poszukiwał wzorców w zbiorze danych, aby oddzielić sensowne dane od śmieci. Oczekuje się, że będzie on przydatny również w przypadku problemów wykraczających poza fizykę wysokich energii [3].

Popularną techniką komputerową do klasyfikowania danych jest metoda sieci neuronowej, znana ze swojej skuteczności w wydobywaniu ukrytych wzorców w zbiorze danych. Wzorce identyfikowane przez sieci neuronowe są trudne do zinterpretowania, ponieważ proces klasyfikacji nie ujawnia, w jaki sposób zostały one odkryte. Techniki prowadzące do lepszej interpretowalności są często bardziej podatne na błędy i mniej skuteczne. Nowy program kwantowy to „prosty model uczenia maszynowego, który osiąga wynik porównywalny z bardziej skomplikowanymi modelami bez utraty solidności i interpretacji” – twierdzą autorzy eksperymentu [3].

W przypadku wcześniejszych technik dokładność klasyfikacji zależała w dużym stopniu od wielkości i jakości szkoleniowego zestawu danych, który był ręcznie wybraną częścią zestawu danych do analizy. Było to problematyczne w przypadku badań nad fizyką wysokich energii, które koncentrują się wokół rzadkich zdarzeń pochowanych w dużej ilości szumów. W związku z tym, że Wielki Zderzacz Hadronów generuje ogromną liczbę zdarzeń, fizycy cząstek muszą otrzymane pakiety danych dzielić na małe porcje, aby po żmudnej analizie dowiedzieć się, które z nich są interesujące. Opracowany przez amerykańskich naukowców nowy program kwantowy „jest prostszy, pobiera bardzo mało danych treningowych, a nawet może być szybszy, co uzyskaliśmy dzięki

uwzględnieniu stanów wzbudzonych” – twierdzi jeden z nich. Wzbudzone stany systemu kwantowego mają nadwyżkę energii, która przyczynia się do błędów w wynikach, ale w przypadku zastosowania technik uczenia maszynowego korzystanie ze stanów wzbudzonych i nieoptymalnych rozwiązań okazało się korzystne [3]. „Programowanie komputerów kwantowych zasadniczo różni się od programowania klasycznych komputerów. To jest jak kodowanie bitów bezpośrednio. Cały problem musi zostać zakodowany od razu, a następnie uruchamia się tylko raz, tak jak został zaprogramowany” [3].

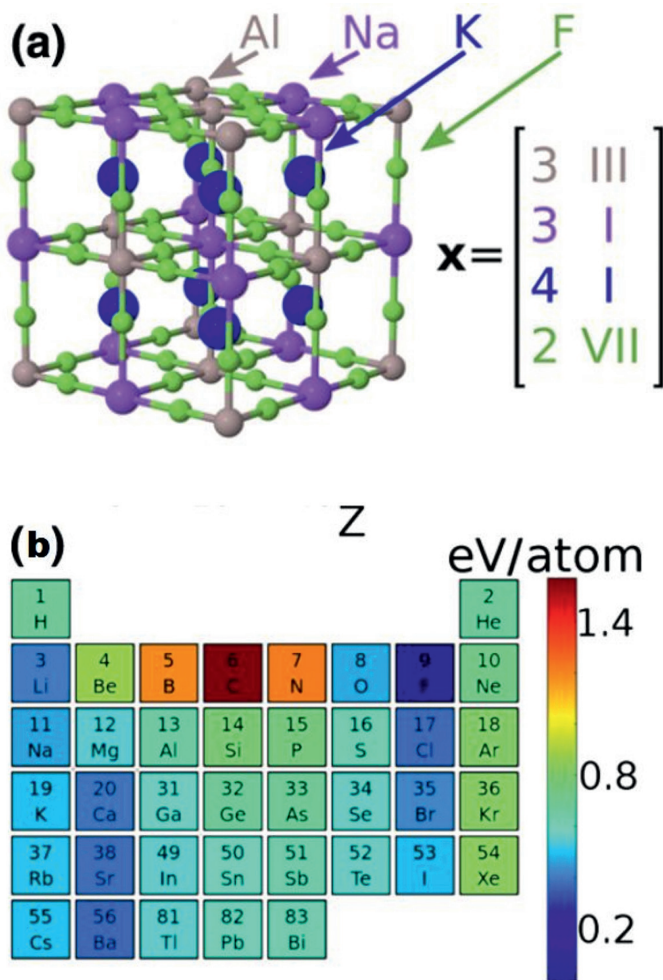
Naukowcy aktywnie poszukują dalszych zastosowań nowej techniki klasyfikacji wyżarzania kwantowego. Udało im się zademonstrować bardzo podobny wynik w zupełnie innej dziedzinie aplikacji. Stosując tę samą metodologię, byli w stanie znaleźć rozwiązanie problemu z zakresu biologii obliczeniowej.

Z kolei chemicy z Uniwersytetu w Bazylei w Szwajcarii wykorzystali sztuczną inteligencję do obliczenia właściwości ok. 2 mln kryształów zawierających cztery rodzaje pierwiastków. W ten sposób udało im się zidentyfikować 90 stabilnych termodynamicznie, a nieznanych dotąd związków [2]. Tym samym wykazali, że sztuczna inteligencja może przyczynić się również do rozwoju kolejnej dziedziny nauki związanej z fizyką, a mianowicie inżynierii materiałowej.

Głównym autorem pracy jest Felix Faber, doktorant w grupie Prof. Anatola von Lilienfelda z Uniwersytetu w Bazylei. Wraz z zespołem analizował on związki o strukturze krystalicznej elpasolitu, który w warunkach naturalnych jest przezroczystym, błyszczącym, miękkim minerałem występującym w górach El Paso County, Górach Skalistych czy Apeninach. Komórka elementarna elpasolitu została przedstawiona na rys. 2. W zależności od składu mogą one wykazywać różne właściwości elektryczne (metal, półprzewodnik lub izolator) oraz emitować światło pod wpływem promieniowania [1].

W pierwszej kolejności naukowcy, korzystając z obliczeń kwantowych, określili prawdopodobieństwa tworzenia związków czteroskładnikowych o różnej stechiometrii. Następnie uzyskane wyniki wykorzystali do uczenia maszynowego, które dzięki lepszej strategii algorytmowej dało dokładność porównywalną ze standardową analizą kwantową.

Na rys. 3 przedstawiono matryce energii tworzenia 2 milionów związków o strukturze krystalicznej elpasolitu. Zawiera ona kombinacje wszystkich głównych pierwiastków układu okresowego (do bizmutu) przewidzianych przez model uczenia maszynowego (ML)  $10 \times 10^3$ . Zewnętrzne osie pozioma i pionowa przedstawiają pierwiastki zajmujące odpowiednio pozycje o symetrii  $x_3$  i  $x_4$

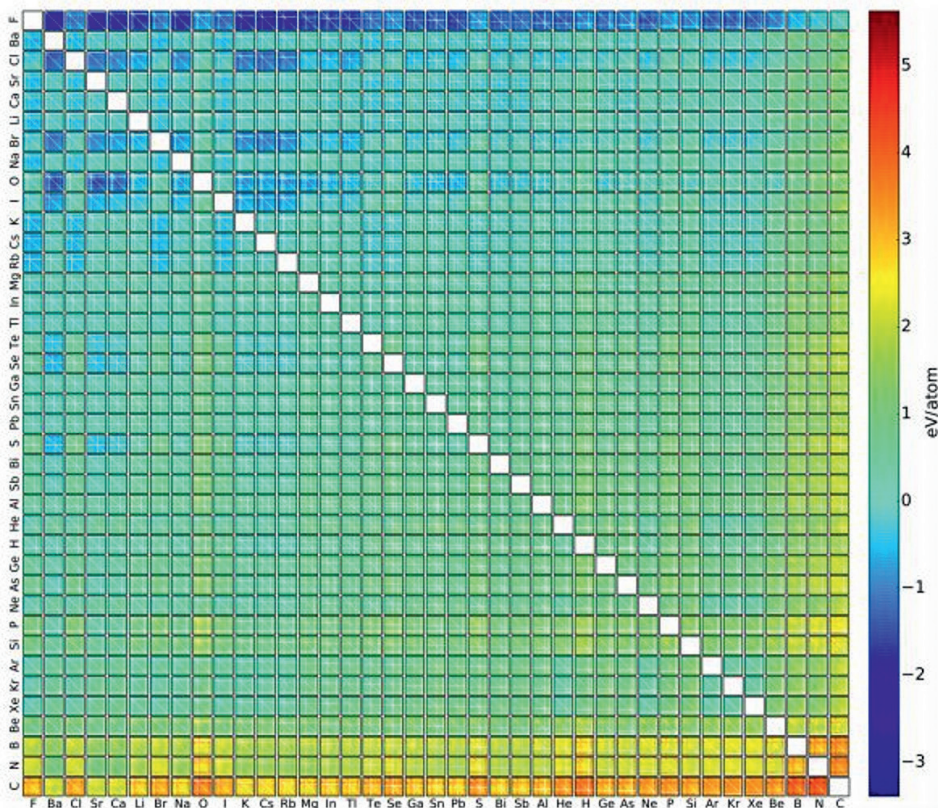


Rys. 2. (a) Komórka elementarna związku o strukturze elpasolitu, (b) Uśredniony wkład energetyczny poszczególnych pierwiastków do tworzenia związków o strukturze elpasolitu

Źródło: <https://journals.aps.org/prl/pdf/10.1103/PhysRevLett.117.135502>.

w komórce. Wewnętrzne osie pozioma i pionowa prezentują pierwiastki zajmujące odpowiednio pozycje o symetrii  $x_1$  i  $x_2$  w komórce. Skala barwna odpowiada położeniu pierwiastków w układzie okresowym zgodnie z rys. 2b. W zależności od kombinacji pierwiastków energia tworzenia związku jest wysoka (kolor czerwony) lub niska (kolor niebieski).

Uczenie maszynowe pozwala uzyskać wyniki kilka rzędów wielkości szybciej niż z obliczeń kwantowych. Obliczenie energii tworzenia ok. 2 mln kryształów zajęło dzięki temu tylko jeden dzień! Analogiczne obliczenia z wykorzystaniem mechaniki kwantowej zajęłyby 20 mln godzin!



Rys. 3. Matryca energii tworzenia 2 milionów związków o strukturze krystalicznej elpasolitu

Źródło: <https://journals.aps.org/prl/pdf/10.1103/PhysRevLett.117.135502>.

Przedstawione w niniejszej pracy przykłady prezentują tylko kilka możliwości zastosowań sztucznej inteligencji w rozwiązywaniu problemów naukowych z zakresu fizyki i dziedzin pokrewnych. Potwierdzają one, że sztuczna inteligencja pozwala uzyskiwać rozwiązania skomplikowanych zagadnień w bardzo krótkim czasie, często o kilka rzędów wielkości krótszym niż w przypadku tradycyjnych metod podejścia do problemu. Można być zatem przekonanym, że

obszar i częstotliwość stosowania sztucznej inteligencji w naukach fizycznych będzie się nieustannie poszerzać, odsłaniając tym samym tajniki niepoznanej dotąd wiedzy.

## Bibliografia

1. Elpasolite. W: *Mindat.org* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <https://www.mindat.org/min-1369.html>. Stan z dnia 08.03.2018.
2. FABER Felix A., LINDMAA Alexander, LILIENFELD Anatol von, ARMIENTO Rickard. Machine Learning Energies of 2 Million Elpasolite Crystals. W: *Physical Review Letters* [Dokument elektroniczny]. 2016, nr 117, s. 1-6. Tryb dostępu: <https://journals.aps.org/prl/pdf/10.1103/PhysRevLett.117.135502>. Stan z dnia 08.03.2018.
3. KIM Mark H. Physics Boosts Artificial Intelligence Methods. W: *Caltech* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <http://www.caltech.edu/news/physics-boosts-artificial-intelligence-methods-80127>. Stan z dnia 08.03.2018.
4. MARR Bernard. How Quantum Computers Will Revolutionize Artificial Intelligence, Machine Learning And Big Data. W: *Forbes* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2017/09/05/how-quantum-computers-will-revolutionize-artificial-intelligence-machine-learning-and-big-data/#1210425e5609>. Stan z dnia 08.03.2018.
5. WIGLEY Paul, EVERITT Patrick, HENGEL Anton van den. Fast machine-learning online optimization of ultra-cold-atom experiments. W: *Scientific Reports* [Dokument elektroniczny]. 2016, nr 6, s. 1-6. Tryb dostępu: <https://www.nature.com/articles/srep25890.pdf>. Stan z dnia 08.03.2018.



## Przykłady wykorzystania sztucznej inteligencji w różnych dziedzinach nauk biologicznych

Idea inteligentnej „maszyny” obdarzonej „sztuczną inteligencją” (*ang. Artificial intelligence, skrót: AI*) ma już bez mała niemal 70 lat. W roku 1950 Alan Mathison Turing zaproponował test pozwalający na stwierdzenie, czy maszyna/komputer jest zdolna/y do przejawiania „sztucznej inteligencji”. Idea testu Turinga wydaje się bardzo prosta. Polega ona na przeprowadzeniu rozmowy między człowiekiem „sędzią” zadającym pytania i oceniającym odpowiedzi oraz drugą stroną, której „tożsamości”, tj. tego, czy odpowiadający na pytania jest maszyną/komputerem czy też człowiekiem, sędzia nie zna. W przedstawionych przez Turinga założeniach do przeprowadzenia tego testu, na podstawie „rozmowy między stronami” trwającej przez 5 minut, „sędzia” miał za zadanie odpowiedzieć na jedno zasadnicze pytanie: „Czy po drugiej stronie jego rozmówcą była maszyna, czy człowiek”? W ocenie Turinga rozwój nauki oraz postęp w informatyce miały umożliwić zdanie tego testu maszynom na początku XX stulecia [4].

Dzisiaj test Turinga nie jest już uznawany za właściwy do oceny miary „sztucznej inteligencji”. Faktycznie termin ten został po raz pierwszy użyty przez innego naukowca, Johna McCarthy’ego, który w 1955 roku zdefiniował go w następujący sposób: „konstruowanie maszyn, o których działaniu dałoby się powiedzieć, że są podobne do ludzkich przejawów inteligencji” [3]. Do dnia dzisiejszego możemy wyróżnić dwa główne nurty badań nad sztuczną inteligencją. Pierwszy, który zasadniczo dominował w badaniach nad sztuczną inteligencją od lat 50. XX wieku i skupiał się na opracowywaniu algorytmów będących podstawową programów komputerowych, które po zaimplementowaniu maszynom

---

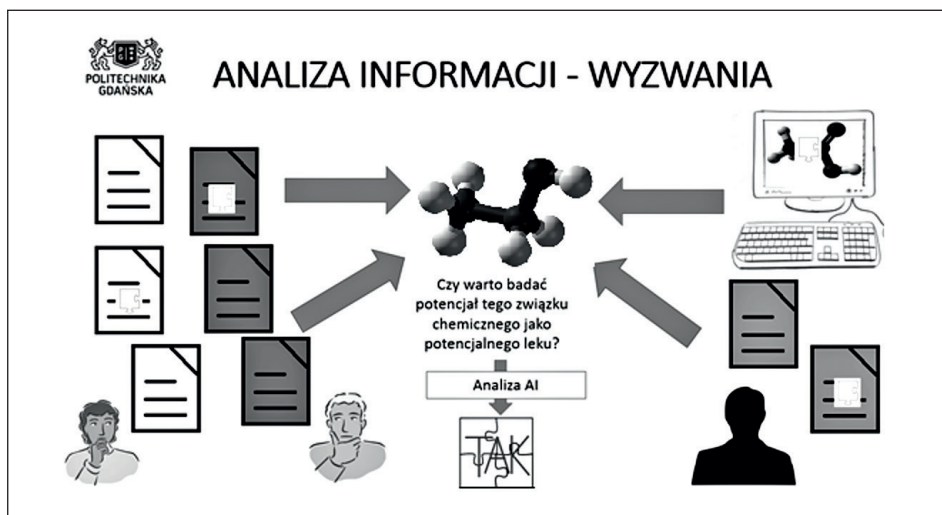
<sup>3</sup> Doktor hab. inż. Hubert Cieśliński, Katedra Biotechnologii Molekularnej i Mikrobiologii, Wydział Chemiczny, Politechnika Gdańska.

pozwalają im na przejawianie działań powszechnie wiązanych z przejawami inteligencji u ludzi, tzw. podejście symboliczne. Drugi – związany z podejściem subsymbolicznym podczas pracy nad sztuczną inteligencją – charakteryzuje się pracą nad przygotowaniem „samouczących się programów”. Podejście to bazuje m.in. na wykorzystaniu tzw. sieci neuronowych oraz opracowaniu algorytmów „uczenia się” wykorzystywanych przez te programy w celu rozwiązywania przez nie konkretnych zadań, np. poszukiwanie odpowiedzi na „konkretne pytania” podczas analizy wybranych zbiorów danych.

W ostatnich latach to drugie podejście do badań nad sztuczną inteligencją, a w szczególności osiągnięte w tej dziedzinie wyniki zainteresowały naukowców, których badania są realizowane na różnych polach biologii i medycyny. Jednym z kierunków badań, w którym coraz chętniej sięga się po zastosowanie sztucznej inteligencji, są badania, których celem jest identyfikacja związków chemicznych o potencjalnym terapeutycznym działaniu, które mogłyby stać się nowymi lekami. Obecnie, mimo zarejestrowania w popularnych bazach danych, np. PubChem, milionów struktur związków chemicznych, zarówno związków naturalnych, jak i syntetyzowanych przez człowieka, o poznanych właściwościach fizykochemicznych, coraz trudniejszym zadaniem staje się znajdowanie związków mogących stać się nowymi lekami. Jedną z głównych przyczyn jest fakt, że wiele związków należy do grupy pochodnych związku obecnie stosowanego już jako lek o znanym mechanizmie działania. Druga – to olbrzymia ilość nowych danych do analizy, których z roku na rok jest coraz więcej. Według jednego z akceptowanych modeli co dziewięć lat zasób danych ulega podwojeniu [5]. Co więcej, dane te nie są gromadzone w jednym jednorodnym źródle. Ich źródłem są publikacje i monografie naukowe, opublikowane prace doktorskie, bazy zawierające opublikowane patenty, specjalistyczne bazy danych, np. Pubchem itp. Jedną z przyczyn i następstw problemu „NADMIARU” danych do analizy jest coraz większa specjalizacja naukowców, którzy pracują na coraz większych zasobach danych, jednakże w zakresie coraz węższych specjalizacji. Dodatkowo należy pamiętać jeszcze o większym lub mniejszym stopniu subiektywnej oceny dostępnych danych przez naukowców. W związku z powyższym rośnie zainteresowanie naukowców rozwiązaniem, aby przy typowaniu związków chemicznych pod kątem otrzymania nowych leków wesprzeć się sztuczną inteligencją wykorzystującą „samouczące się programy” oparte o „sieci neuronowe” lub „sieci asocjacyjne”.

Stosowaniu tego typu wsparcia sprzyja fakt, że w ostatnim dziesięcioleciu większość wspomnianych źródeł danych stała się dostępna w internecie.

A zatem rosnące znaczenie internetu jako miejsca depozycji różnego rodzaju danych uzyskanych w czasie badań naukowych, postęp w informatyce oraz wciąż następujący postęp w zakresie wzrostu mocy obliczeniowej komputerów już dziś daje nam narzędzia pozwalające typować „sztucznej inteligencji” związki chemiczne, które warto przetestować pod kątem możliwego ich zastosowania w medycynie. Co więcej, oznacza to, że bioinformatyczne narzędzia są w stanie analizować szybciej i znacznie większy zakres danych rozproszonych w różnego rodzaju bazach internetowych niż ludzie (rys. 1). Podejście to w swoich badaniach wykorzystał m.in. dr Richard Mead z University of Sheffield w Wielkiej Brytanii. Jego współpraca z bioinformatykami, posługującymi się narzędziem „sztucznej inteligencji” o nazwie BenevolentAI, pozwoliła wytypować dwa związki chemiczne do badań nad ich możliwym zastosowaniem jako potencjalne leki w leczeniu chorób neurodegeneracyjnych [5]. Co ciekawe, jeden z tych związków, wybrany przez BenevolentAI, okazał się bardzo obiecujący w tym zakresie. Uzyskane wyniki wskazują na rzeczywistą przydatność sztucznej inteligencji w poszukiwaniu nowych leków.



Rys. 1. Wykorzystanie sztucznej inteligencji do poszukiwania informacji rozproszonej w różnych bazach danych i ich analizy prowadzonej pod kątem wyboru związków chemicznych testowanych w badaniach nad opracowaniem nowych leków

**Źródło:** Opracowanie własne z użyciem wzoru przykładowej cząsteczki związku chemicznego na podstawie: [https://cdn-a.william-reed.com/var/wrbm\\_gb\\_food\\_pharma/storage/images/3/6/7/2/2782763-1-eng-GB/xplosive-BMJ-article-attacks-UK-for-shameful-alcohol-pricing-U-turn\\_wrbm\\_large.png](https://cdn-a.william-reed.com/var/wrbm_gb_food_pharma/storage/images/3/6/7/2/2782763-1-eng-GB/xplosive-BMJ-article-attacks-UK-for-shameful-alcohol-pricing-U-turn_wrbm_large.png).



Wyniki przedstawionych badań zdają się poświadczać, że sztuczna inteligencja niewątpliwie ma jedną zasadniczą przewagę nad ludźmi. Przewaga ta dotyczy szybkości analizy olbrzymich zbiorów danych. Uzyskane wyniki wskazują na wyraźną przewagę sztucznej inteligencji nad ludźmi w tym zakresie. Dotyczy to nie tylko analizy danych rozproszonych po różnego rodzaju bazach danych. Dzięki tej zalecie rozwiązania bazujące na sztucznej inteligencji trafiły już do diagnostyki medycznej.

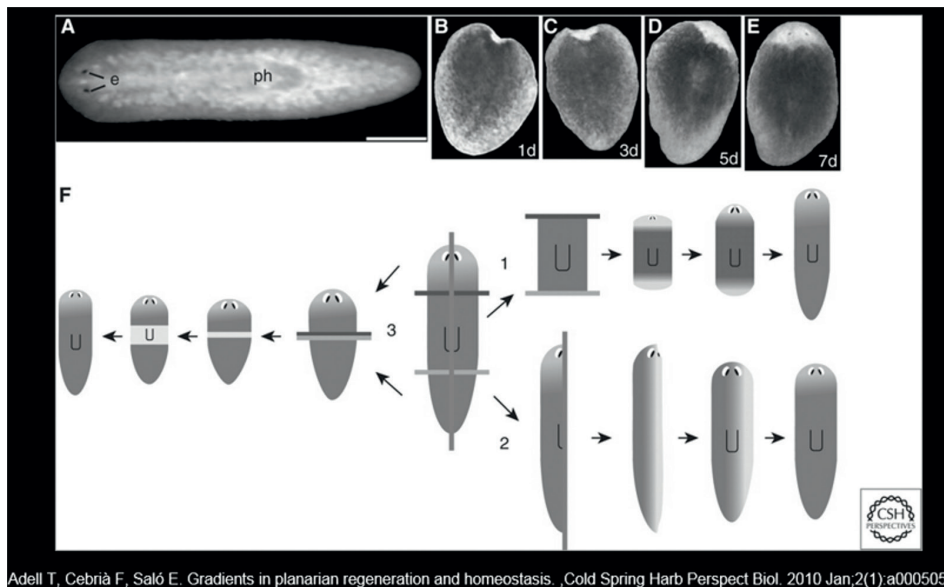
W ostatnich latach pojawiają się różne narzędzia, specjalistyczne programy bazujące na AI, których zadaniem jest wsparcie lekarzy diagnostów w procesie diagnozowania chorób. Są to głównie narzędzia służące do skrócenia czasu analizy obrazów uzyskanych z użyciem różnych metod diagnostycznych. Powstają programy do analizy obrazów uzyskanych z zastosowaniem tomografii komputerowej i rezonansu magnetycznego. Testowane programy pozwalały m.in. znacząco skrócić czas potrzebny lekarzowi diagnoście do podjęcia decyzji koniecznej do określenia granicy obszaru tkanki otaczającej guz, którą należy usunąć wraz z nowotworem. Testowany jest również program, który może znaleźć zastosowanie przy diagnozowaniu chorób płuc, w tym szybkiej identyfikacji chorych na gruźlicę, w oparciu o analizę zdjęć rentgenowskich.

Jednakże na szczególne wyróżnienie zasługuje fakt, że w USA, Food and Drug Administration (FDA), instytucja dopuszczająca do użycia zarówno nowe leki, jak i procedury medyczne pozwoliła na użycie programu bazującego na rozwiązaniach sztucznej inteligencji o nazwie Arterys's, którego zadaniem jest wspieranie lekarzy diagnostów w szybkim i precyzyjnym diagnozowaniu chorób serca [2]. W tej materii prawidłowe postawienie diagnozy w krótkim czasie może decydować o życiu i śmierci pacjenta. Program Arterys's, który bazuje na samouczącym się algorytmie sztucznej inteligencji, został „wyszkolony” na podstawie danych medycznych 1000 prawidłowo zdiagnozowanych przypadków pacjentów cierpiących z powodu różnych chorób serca. Program ten jest w stanie, po wprowadzeniu koniecznych danych, w ciągu 15 sekund postawić diagnozę, z jaką jednostką chorobową mamy do czynienia w analizowanym przypadku. Dla porównania: doświadczony lekarz diagnosta w zakresie chorób serca, analizując te same dane, potrzebuje od pół godziny do godziny na postawienie diagnozy. Wyniki te budzą bardzo dużo emocji, ale pomimo przewagi w prędkości stawiania diagnozy przez program Arterys's nad człowiekiem dopuszczenie go do użycia przez FDA nie oznacza, że ma on wykonywać pracę

„samodzielnego” lekarza diagnosty. Jego podstawowym zadaniem jest wsparcie lekarza w tym procesie, szczególnie tam, gdzie czas jest krytycznym czynnikiem decydującym o życiu pacjenta. Z drugiej strony bardzo zachęcające wyniki użycia programów bazujących na AI w diagnostyce medycznej nadają pewien wymiar realności futurystycznym wizjom rodem z literatury i filmów SF, zakładających użycie w pełni samodzielnych maszyn diagnostycznych zdolnych do wykonania pełnej diagnozy zdrowia pacjenta w ciągu kilku minut. Zanim jednak to nastąpi, o ile nastąpi, istnieje w tej materii wiele problemów lub ograniczeń do rozwiązania lub przewyciężenia.

Zupełnie innym zastosowaniem sztucznej inteligencji jest użycie jej w badaniach biologicznych do projektowania modeli przebiegu wybranych procesów biologicznych. To wysoce specjalistyczne podejście może prowadzić do ciekawych rezultatów. Przekonali się o tym badacze z Uniwersytetu Tufts w USA [1]. Daniel Lobo i Michel Levin postanowili zastosować samouczący się program AI do uzyskania modelu mechanizmu regeneracji organizmu wyplawka, robaka z gromady płazińców, wykorzystywanego jako organizm modelowy w badaniach nad regeneracją. Charakterystyczną cechą tego robaka jest zdolność regeneracji całego ciała po jego przecięciu, niezależnie od tego, czy zostaje on przekrojony wzdłuż, czy w poprzek (rys. 2). Korzystając z wyników 16 eksperymentów jako bazy, na podstawie której program się uczył, pozwolono mu na tworzenie modeli procesu regeneracji do momentu zaproponowania przez program modelu procesu regeneracji, który tłumaczył wszystkie uzyskane wcześniej wyniki.

Po 48 godzinach pracy programu komputer zaproponował model mechanizmu regeneracji wyplawka pozwalający na wytłumaczenie wyników uzyskanych we wszystkich 16 eksperymentach, które dostarczyły danych do uczenia się programu. Co w uzyskanym modelu jest najbardziej ciekawe, to to, że program bazujący na AI zaproponował model regeneracji uwzględniający konieczność działania w tym procesie dwóch nieznanych dotąd białek. Oznacza to, że w ocenie „sztucznej inteligencji komputera” obecnie dostępne dane doświadczalne są niewystarczające, a zaproponowane na ich podstawie przez naukowców modele regeneracji wyplawka zdają się być błędne. Jeżeli obecnie prowadzone badania potwierdzą słuszność tego modelu, zostanie uczyniony ważny krok w kierunku wzrostu zainteresowania badaczy prowadzących badania w dziedzinie biologii z użyciem w swoich badaniach narzędzi badawczych bazujących na technologii sztucznej inteligencji.



Rys. 2. Wyplawek, dojrzały organizm robaka (A), organizmy wyplawka w czasie regeneracji (B-E), schematy cięcia wzdłużnego i poprzecznego dojrzałego organizmu wyplawka i obserwowane modele regeneracji (F, 1-3)

**Źródło:** ADELL Teresa, CEBRIA Francesc, SALO Emili. Gradients in planarian regeneration and homeostasis. *Cold Spring Harb Perspect Biol.* 2010, 2(1):a000505. doi: 10.1101/cshperspect.a000505.

## Bibliografia

1. LOBO Daniel, LEVIN Michel. Inferring Regulatory Networks from Experimental Morphological Phenotypes: A Computational Method Reverse-Engineers Planarian Regeneration. W: *PLoS Comput Biol.* [Dokument elektroniczny]. 2015, 11(6): e1004295. Tryb dostępu: <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1004295>. Stan z dnia 20.10.2017.
2. MARR Bernard. First FDA Approval For Clinical Cloud-Based Deep Learning In Healthcare. W: *Forbes* [Dokument elektroniczny]. January 20th, 2017. Tryb dostępu: <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2017/01/20/first-fda-approval-for-clinical-cloud-based-deep-learning-in-healthcare/2/#b965d941743e>. Stan z dnia 20.10.2017.
3. MCCARTHY John. Review of 'Artificial intelligence: A General Survey'. W: Stanford University [Dokument elektroniczny]. 2000. Tryb dostępu: <http://>

- [www-formal.stanford.edu/jmc/reviews/lighthill/lighthill.html](http://www-formal.stanford.edu/jmc/reviews/lighthill/lighthill.html). Stan z dnia 20.10.2017.
4. SMITH Chris, McGUIRE Brian, HUANG Ting, YANG Gary. The History of Artificial Intelligence. *History of Computing* CSEP 590A [Dokument elektroniczny]. University of Washington, December 2006. Tryb dostępu: <https://courses.cs.washington.edu/courses/csep590/06au/projects/history-ai.pdf>. Stan z dnia 20.10.2017.
  5. Will artificial intelligence help to crack biology? – Health care. W: *The Economist* [Dokument elektroniczny]. January 7<sup>th</sup> 2017. Tryb dostępu: <https://www.economist.com/news/science-and-technology/21713828-si>. Stan z dnia 20.10.2017.

## Niepewna przyszłość. Społeczne skutki rozwoju sztucznej inteligencji i rzeczywistości rozszerzonej

**P**odejmując tematykę sztucznej inteligencji i rzeczywistości rozszerzonej oraz ich potencjalnych skutków społecznych, warto zwrócić się nie tylko do raportów badawczych, przewidywań futurologów i prognoz ekspertów. Istotne i efektywne z punktu widzenia refleksji społecznej, w tym pedagogicznej, którą zajmują się na co dzień, będzie także zwrócenie się do popkultury. Odwołania do produkcji filmowych czy też książek z obszaru fantastyki naukowej pozwalają na wyjście poza bieżącą sytuację i podjęcie, momentami swobodnych, rozważań nad prezentowaną tematyką. Nie znaczy to, że refleksje bazujące na tym, co popularne i w dużej mierze rozrywkowe, mają niewielką wartość, ale że odejście od tu i teraz umożliwia zyskanie szerszej perspektywy oraz zwiększa możliwość odwołań i budowania dzięki nim wyobrażeń potencjalnie nowej rzeczywistości.

Pierwszym utworem, do którego moim zdaniem warto się odwołać, jest „Starość Aksolotla” Jacka Dukaja [1]. Główny bohater w obliczu zbliżającej się katastrofy i zagłady ludzkości, podobnie jak inni ludzie, dysponujący odpowiednim sprzętem, kopiuje swoją świadomość do komputera. W efekcie nowy, postludzki świat jest światem ludzi uwięzionych w komputerach. Mają możliwość sterowania robotami, komunikują się ze sobą, ale wiedzą, że ich dawne życie na zawsze odeszło. Poszukują zatem nowych sposobów funkcjonowania, wiedząc, że nie do końca są ludźmi – oprogramowanie kopiujące świadomość miało swoje wady. Nie wiedzą, jak dokładnie są skopiowani do cyfrowej formy, nie są zatem prostą kontynuacją swoich ludzkich poprzedników. Nie mają nawet snów i muszą tworzyć specjalne oprogramowanie, które symuluje odpoczynek.

<sup>4</sup> Doktor Grzegorz D. Stunża, Pracownia Edukacji Medialnej, Instytut Pedagogiki, Wydział Nauk Społecznych Uniwersytetu Gdańskiego.

Druga warta uwagi z mojej perspektywy publikacja to „Niewyciężony” Stanisława Lema [2]. Wizja sztucznej inteligencji przedstawiona jest tam w inny sposób niż u Dukaja, gdzie bazą dla cyfrowych umysłów były jednak umysły ludzkie i przez to cechowała je tęsknota oraz wspomnianie dawnych czasów. Lem pokazał, że sztuczna inteligencja nie musi oznaczać inteligencji świadomej, będącej odbiciem ludzi. Załoga statku „Niewyciężony” spotyka na obcej planecie sztuczne owady, które w momencie zagrożenia łączą się w rój i atakują wszystko, co przejawia aktywność elektromagnetyczną, zbliżoną do aktywności ośrodków nerwowych żywych istot. Rój, zbiorowa świadomość, służy do obrony i jest pozostałością dawnych wojen prostych, ale odpornych na zniszczenie robotów z ciężkimi, energożernymi i świadomymi maszynami. Te ostatnie zniknęły, przegrały walkę z rojem, ponieważ chciały naśladować swoich żywych twórców, a to wymagało zbyt wiele energii, maszyny były zbyt podatne na ataki i nie mogły równać się z prostotą owadów tworzących rój.

Popkulturowe produkcje wykorzystują lub obrazują również możliwości korzystania z rzeczywistości rozszerzonej. Przykładem, który był szeroko omawiany w mediach oraz zaangażował wielu, zwłaszcza młodych, ludzi to gra Pokemon Go. Po raz pierwszy na tak szeroką skalę pokazano, że smartfony mogą być narzędziem do korzystania z rzeczywistości rozszerzonej. Można, oczywiście, zastanawiać się, co jest ciekawego w ganiu za stworzeniami, które widać tylko przez ekran smartfonu. W dodatku postać nałożona jest na obraz otaczającej nas rzeczywistości. Korzystający z gry nie mieli jednak oporów i z radością skorzystali z nowych możliwości. Zapewne Pokemon Go był dużym testem możliwości wykorzystania rozszerzonej rzeczywistości przez urządzenia mobilne i jeszcze nie raz usłyszymy o podobnych zastosowaniach. Być może nie tylko budowanych z myślą o graczach.

Rzeczywistość rozszerzona w utworach popularnych funkcjonuje również wspólnie ze sztuczną inteligencją. Film „Ona” w reżyserii Spike’a Jonze’a [3] pokazuje opowieść o człowieku, który zakochuje się w swojej sztucznej asystentce – w działającym w tzw. chmurze programie komputerowym, który pomaga mu w organizowaniu dokumentów, wiadomości, redaguje teksty i zapewnia rozrywkę. Bohater przebywa ze swoją sztuczną ukochaną na pograniczu światów – ona obecna jest w jego słuchawce jako głos. On zabiera ją ze sobą w różne miejsca, poznaje ze znajomymi. Ona nie ma formy fizycznej i jest sztucznym, cyfrowym rozszerzeniem jego świata. Na tyle interesującym, że oczarowuje samotnego bohatera filmu. Nieco podobnie do tematu podchodzą

twórcy krótkiego, kilkuminutowego filmu „Strange Beasts” [4]. Dzięki zastosowaniu nowoczesnego wyświetlacza, montowanego bezpośrednio w oku, można korzystać z potencjału rozszerzonej rzeczywistości i spędzać czas ze swoim, wytworzonym dzięki aplikacji i widocznym dla nas, pupilem. Co więcej, nasi bliscy również mogą widzieć nasze sztuczne zwierzątka, a nawet wyprowadzać je wspólnie z nami i swoimi pupilami na spacer. Tworami sztucznymi mogą okazać się także owi bliscy, wykreowani przez nas również dzięki aplikacji. „Strange Beasts”, podobnie jak „Ona”, zwraca uwagę na samotność jednostki w świecie, w którym technologie cyfrowe są powszechne, i wskazuje na możliwości wykorzystania technologii do organizacji samotnego, chociaż właściwie już nie samotnego, życia w rozszerzonej rzeczywistości.

Wybrane przeze mnie odwołania do popkulturowych tekstów pokazują tylko drobną część potencjalnych możliwości rozwoju sztucznej inteligencji i rozszerzonej rzeczywistości. Zasygnalizowałem już możliwe konsekwencje dla osób samotnych – mogłyby one korzystać ze wsparcia technologicznego, by nie czuć, że są same. Z drugiej strony ich samotność, rozumiana jako życie prywatne bez innych ludzi, mogłaby być skutkiem wykorzystania nowych technologii. Nowe aplikacje, technologie pozwalające na integrację naszych zmysłów ze światem cyfrowym, generowanym przez używane przez nas oprogramowanie, mogą zaoferować nie tylko wsparcie dla samotnych lub przyczyniać się do samotności i powszechnego korzystania z cyfrowych towarzyszy i towarzyszek. Dają również opcję wspólnego przebywania w światach, których nie ma w formie niezapośredniczonej medialnie. Dotyczy to raczej tzw. wirtualnej rzeczywistości, na przykład w ostatnich latach rozpowszechniła się technologia gogli, pozwalających na korzystanie z wirtualnych światów przez aplikacje na smartfony, ale nic nie stoi na przeszkodzie, by wirtualne światy były zintegrowane z rzeczywistością rozszerzoną, a tym samym by tworzyły poszerzone uniwersum namacalnej rzeczywistości. Chociaż określenie, co jest namacalne, jeśli wyobrazimy sobie skafandry, hełmy i inne narzędzia, które po założeniu będą próbowały naśladować dotyk, jest sprawą coraz trudniejszą.

Czy obserwując rozwój sztucznej inteligencji, rozszerzonej oraz wirtualnej rzeczywistości oraz znając refleksje na temat skutków korzystania z technologii, przedstawianych w popularnych produkcjach, powinniśmy obawiać się nowości? Wydaje mi się, że nie, o ile zachowamy humanistyczną perspektywę. Będziemy się wciąż zastanawiać, co to znaczy być człowiekiem, i zachowamy jednocześnie możliwość społecznego funkcjonowania. Jesteśmy istotami

społecznymi, co niekoniecznie musi oznaczać, że nasze funkcjonowanie powinno być ograniczone do społecznych relacji ze świata niezapśredniczonego medialnie. Serwisy społecznościowe, choć oczywiście posiadają wady, pozwalają na rozszerzenie rzeczywistości społecznej. I chociaż ich celem nie jest nasze społeczne funkcjonowanie po prostu, ale udział w społecznościach, które utrzymywać będą uwagę, bo to jest potrzebne do realizacji biznesowych celów właścicieli, to jednak dają możliwość dostępu do treści, komunikowania i bycia razem, o jakim można było tylko marzyć jeszcze niedawno, w świecie sieci pierwszej generacji.

Kluczem do bezpiecznego, a jednocześnie wciąż ludzkiego korzystania z cyfrowych narzędzi i cyfrowych światów, poszerzających świat fizyczny, jest i będzie w przyszłości edukacja. Warto nie tylko rozwijać kompetencje korzystania z nowych technologii, ale również kompetencje społeczne w kontekście korzystania z nowych narzędzi i sztucznych światów. Warto mieć na uwadze także coraz częstszy udział botów w sieciowych dyskusjach, powstawanie programów, które będą służyć do rozmów z nami, oraz przenoszenie do sieci naszej aktywności twórczej, kulturalnej, społecznej i edukacyjnej. Dzięki przenośnym urządzeniom z całą paletą aplikacji, które pozwalają nam na twórczy rozwój oraz serwisom ułatwiającym kontakt z ludźmi. Z zastrzeżeniem, że bez edukacji i ciągłego odpowiadania na nowe społeczne i edukacyjne, krótko mówiąc – ludzkie wyzwania, możemy stać się ofiarami postępu technologicznego. Bądźmy więc wciąż tylko, a może aż, ludźmi. Nawet jeśli zanurzamy się w światach, które sztucznie wytworzyliśmy i otaczając się botami dla własnej przyjemności i rozrywki.

## Bibliografia

1. DUKAJ Jacek. *Starość Aksolotla* [Dokument elektroniczny]. Warszawa: Allegro, 2015. ISBN 978-83-941057-1-6.
2. LEM Stanisław. *Niezwycięzony*. Warszawa: Wydawnictwo Literackie, 2015. ISBN 978-83-08-06037-7.
3. *Ona* [film], reż. Jonze Spike. Anapurna Pictures, 2013.
4. *Strange Beasts* [film], reż. Barbe Magali. Peanut, 2017.



## Sztuczna inteligencja w świecie molekuł

**Z**anim rozpoczniemy rozważania o możliwościach zastosowania uczenia maszynowego w szeroko pojętej chemii i biochemii, warto przez chwilę pochylić się nad nieco bardziej fundamentalnym problemem: jak pokazać komputerowi cząsteczkę tak, aby mógł on wiedzieć o niej co najmniej tyle samo co patrzący na wzór chemik? Nie jest to bynajmniej pytanie trywialne. Spróbujmy zacząć od ustalenia, jak sami chemicy przewidują istotne właściwości molekuł; da nam to przynajmniej jasny ogląd tego, jakie podstawowe informacje powinniśmy przekazać komputerom do obróbki.

Jeśli zapytać chemika, „na co patrzy, gdy patrzy na cząsteczkę”, odpowiedzi może być wiele w zależności od tego, w czym ten się specjalizuje. Jeśli jednak ograniczymy się do cząsteczek organicznych, to znaczy opartych na związkach węgla, najczęściej wśród odpowiedzi pojawią się grupy funkcyjne – charakterystyczne ugrupowania atomów, które nadają molekułce specyficzne właściwości: kwasowość lub zasadowość, reaktywność w określonych warunkach czy nawet kolor. Na zajęciach z chemii organicznej uczymy się chociażby wykorzystywać reakcje zachodzące specyficznie dla określonych grup funkcyjnych, dzięki czemu, patrząc na wzór strukturalny cząsteczki, łatwo możemy sobie wyobrazić, jakie inne związki bylibyśmy w stanie z nich wyprodukować. Oczywiście wpływ na to mają też kombinacje grup – niektóre mogą przeszkadzać lub pomagać w zajściu danej reakcji, zarówno przez wpływ na otoczenie elektrostatyczne („zabierając” lub „wpychając” elektrony), jak i poprzez zwykłą geometrię (blokując fizycznie dostęp jednego z substratów do miejsca, gdzie mogłaby zajść reakcja). Wreszcie wiele właściwości molekularnych wynika z takich globalnych parametrów jak elastyczność – zdolność cząsteczki do przyjmowania wielu geometrii potencjalnie

---

<sup>5</sup> Magister inż. Miłosz Wieczór, Komputerowa Biofizyka Molekularna/Katedra Chemii Fizycznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Gdańska.

różniących się własnościami, albo przeciwnie, sztywne i płaska struktura, która będzie zachęcała inne, podobnie płaskie cząsteczki, do układania się w warstwowe agregaty stykające się powierzchniami.

W jaki sposób wszystkie te informacje zapisać w postaci liczb (bo przecież komputery ostatecznie operują na liczbach czy wręcz sygnałach)? Najprostsze rozwiązanie wydaje się narzucać samo: potraktować jądra atomów jako punkty w przestrzeni 3D, po czym zapisać ich współrzędne ( $x, y, z$ ) i rodzaje atomów (węgiel, wodór, tlen etc.), a w razie potrzeby również dodatkowe informacje o ładunkach elektrostatycznych albo lokalnej geometrii (węgiel o hybrydyzacji  $sp^2/sp^3$  etc.). Tak opisane cząsteczki znajdziecie na przykład w bazie danych struktur białek PDB<sup>6</sup>. Jakkolwiek użyteczne, tak opisane dane mogą być dla komputera trudne w interpretacji – dowolne przesunięcie lub obrót cząsteczki zmieniają większość liczb w naszym opisie (współrzędne 3D), a cząsteczka pozostaje przecież ta sama. To zresztą problem podobny do tego, który napotykają algorytmy klasyfikacyjne, gdy próbują na zdjęciu rozpoznać twarz: czasem widzimy przecież człowieka *en face*, a czasem z profilu lub jakiegoś nietypowego kąta; problem daje się obejść, lecz nie bez określonych uciążliwości.

Można byłoby więc spróbować podejścia alternatywnego – znaleźć liczby, które mówią coś o właściwościach cząsteczki i nie zależą od jej położenia w przestrzeni. Możemy sobie takie tzw. deskryptory dość łatwo wyobrazić: wystarczy podać masę cząsteczki, liczbę atomów tlenu, liczbę donorów i akceptorów wiązań wodorowych, całkowity ładunek, parametr hydrofobowości (lipofilowości), liczbę grup karbonylowych, liczbę grup hydroksylowych znajdujących się w pobliżu grup karbonylowych i tak dalej, i tak dalej... Naturalnie im więcej liczb podamy, tym dokładniejszy będzie nasz opis; skąd jednak mamy wiedzieć, które z nich są istotne, a które nie? Czy próbując znaleźć wśród tysięcy parametrów kilka takich, które wyjaśniają zmierzone aktywności naszych cząsteczek, nie skończymy jak ludzie korelujący liczbę zgonów przez utonięcie w basenie z liczbą filmów z Nicholasem Cage'em zrealizowanych w danym roku?

Jeszcze inną perspektywę pozwoli nam uzyskać podejście „lingwistyczne”: potraktujmy chemię jako język, którego alfabetem jest układ pierwiastków, którego słowami są grupy funkcyjne – powtarzające się ugrupowania atomów – a zdaniem całe cząsteczki. Dzięki takiemu pomysłowemu połączeniu koncepcji

<sup>6</sup> Zajrzyj na [pdb101.rcsb.org](http://pdb101.rcsb.org), aby znaleźć masę fascynujących materiałów dotyczących tak zdeponowanych struktur białek.

<sup>7</sup> Jak bezlitośnie wytyka Tyler Virgen na [tylervigen.com/spurious-correlations](http://tylervigen.com/spurious-correlations).

dostajemy gotowe intuicje i idee, które pozwalają nam zastosować wiedzę z lekcji polskiego czy angielskiego do rozwiązywania problemów chemicznych. Można zresztą pokazać, że tak rozumiany „język chemii” faktycznie podlega podobnym trendom ilościowym co rzeczywiste języki – mam tu na myśli choćby proporcje między liczbą popularnych i rzadkich słów i wyrażeń<sup>8</sup>: tak jak wystarczy nauczyć się dwóch-trzech tysięcy słów, aby komunikatywnie posługiwać się nowym językiem, tak wystarczy (z perspektywy komputera) nauczyć się relacji między kilkoma dziesiątkami lub setkami ugrupowań chemicznych – „chemicznej gramatyki” i „chemicznej składni” – żeby „komunikatywnie” i płynnie posługiwać się intuicjami chemicznymi. Co istotne, takie podejście jest faktycznie łatwo przyswajalne dla inteligencji typu ludzkiego, a często próbujemy opierać tzw. *machine learning* właśnie na imitacjach podzespołów ludzkiego mózgu. Należy jednak pamiętać, że każde z zarysowanych podejść (a także inne, niewymienione ze względu na brak czasu i miejsca) ma swoje zalety i ograniczenia i wybór konkretnego powinien być dopasowany do konkretnego zastosowania. Nie zawsze bowiem bardziej skomplikowany, wszechstronny i elastyczny algorytm odwdzięczy się bardziej wiarygodną prognozą; wręcz przeciwnie, w wielu zastosowaniach okazuje się, że prostota czasem płaci.

Ale wróćmy do naszego pierwotnego problemu. Jakiego rodzaju chemii możemy nauczyć komputery i w rozwiązywaniu jakiego rodzaju problemów są one w stanie nam pomóc? To pytanie, podobnie jak poprzednie, będzie miało różne odpowiedzi w zależności od tego, kogo zapytamy. Poniżej chciałbym podać przykłady odwołujące się do perspektywy (a) chemików medycznych, czyli ludzi zajmujących się małymi cząsteczkami mogącymi działać jak leki; (b) biochemików, czyli chemików specjalizujących się w badaniu procesów chemicznych zachodzących w żywych organizmach; (c) biologów i chemików strukturalnych, głowiących się nad trójwymiarowymi strukturami cząsteczek; oraz (d) chemików organików, pracujących nad syntezą i zastosowaniami rozmaitych cząsteczek opartych na związkach węgla.

Mimo że chemicy medyczni są żywo zainteresowani oddziaływaniami między cząsteczkami obecnymi w naszym ciele, to ich zainteresowanie nie jest czysto bezinteresowne. Specyficzne interakcje biomolekuł – zależne (w telegraficznym skrócie) od dopasowania kształtów, elektrostatyki i stężeń – są motorem napędowym życia, począwszy od enzymów selektywnie przyspieszających wybrane reakcje

---

<sup>8</sup> Vsauce opublikował niegdyś znakomity filmik na ten temat: [youtu.be/fCn8zs912OE](https://youtu.be/fCn8zs912OE).

chemiczne, przez oddziaływania stabilizujące mechaniczne elementy komórki, aż po szlaki sygnalizacyjne pozwalające na szybkie przekazywanie informacji o obecności bodźców, niebezpieczeństw czy materiałów budulcowych. U podstaw większości chorób leżą więc konkretne oddziaływania – białek występujących na powierzchni bakterii rozpoznającej komórkę ludzką, enzymu niepoprawnie rozpoznającego swój substrat, cząsteczki niezdolnej do rozpoznania, przekazania lub zapomnienia o sygnale. Cała nadzieja medycyny w tym, że istnieją cząsteczki zdolne do modulowania lub blokowania tych niepoprawnych oddziaływań – właśnie dzięki dopasowaniu kształtem i rozkładem ładunku do miejsca, w którym powinny działać. W tym celu medycyna polega coraz częściej na symulacjach komputerowych, które wykorzystują uproszczone modele do przewidywania siły wiązania dowolnej cząsteczki z wybranym „celem” molekularnym.

Problem, jaki się tu pojawia, jest typowym problemem, z jakim od lat radzą sobie informatycy: moglibyśmy wyobrazić sobie astronomiczną liczbę cząsteczek – rzędu biliardów biliardów biliardów biliardów – więc w jaki sposób chcemy znaleźć tę jedną, która będzie działała tam, gdzie chcemy<sup>9</sup>? (Dla unaocznienia sobie podobnych zagadnień pomyśl o szachach: ile jest możliwych ruchów, jakie można wykonać na szachownicy, i ile w związku z tym partii szachowych można rozegrać? Jasne jest, że komputer nie może rozpatrzyć *absolutnie* wszystkich możliwości i musi przyjąć pewne założenia i uproszczenia, skoro nadal jest w stanie pobić w tej grze najlepszych mistrzów szachowych). Spośród możliwych rozwiązań najbardziej obiecującym okażą się tzw. algorytmy ewolucyjne (genetyczne) – bezpośrednio zapożyczone od Natury i przetestowane na przestrzeni ostatnich miliardów lat. Spośród stosunkowo ograniczonego (miliony?) zbioru małych cząsteczek wybieramy takie, które wyglądają na obiecujące, tj. wykazują pewne korzystne oddziaływania z „celem”; następnie próbujemy podstawiać w różnych miejscach fragmenty, które zwiększą siłę oddziaływania, jednocześnie zapewniając lepszą specyficzność (zdolność do nieoddziaływania z niechcianymi „celami” – inaczej nasz lek będzie wykazywał nieprzyjemne efekty uboczne). Jeśli zmiana poprawia siłę oddziaływania, akceptujemy ją i idziemy dalej; jeśli nie, próbujemy czegoś innego. Możesz o tym myśleć w kontekście naszej „lingwistycznej” analogii jak o pisaniu kolejnego wersu wiersza, zaczynając od najlepiej rymującego się słowa, a następnie dopasowując resztę

<sup>9</sup> Ciekawy komentarz dotyczący problemu można znaleźć tu: [nature.com/news/the-drug-maker-s-guide-to-the-galaxy-1.22683](http://nature.com/news/the-drug-maker-s-guide-to-the-galaxy-1.22683).

słów tak, aby wpisywały się w sens i nastrój. Tak czy inaczej efekt jest taki, że po wielu takich próbach i błędach (błędy w naszym przypadku niewiele nas kosztują) możemy znaleźć sensownych kandydatów na leki, które przynajmniej w próbówce będą wydajnie łączyły się z „celem” molekularnym naszej przyszłej terapii.

Biochemicy i farmaceuci wiedzą jednak, że oddziaływanie w próbówce (*in vitro*) to jeszcze nie wszystko, ponieważ leki najczęściej połykamy, a nie wstrzykujemy bezpośrednio do komórek (czy jeszcze lepiej, konkretnych organelli). Żeby dotrzeć do miejsca działania, cząsteczka leku musi przebrnąć przez enzymy trawienne w kwaśnym i zasadowym środowisku naszego przewodu pokarmowego, pozwolić się wchłonąć do krwiobiegu, uniknąć mechanizmów obronnych organizmu – wątrobowych enzymów metabolizujących i komponentów układu odpornościowego – a ostatecznie „przebić się” przez błonę komórkową i wdrzeć się do komórki w ilości wystarczającej do przeprowadzenia swojej misji. Na tej drodze napotyka mnóstwo innych cząsteczek, z którymi może przypadkowo oddziaływać, powodując nieprzewidziane skutki. Nic więc dziwnego, że wstępny kandydat na lek musi przejść przez gęste sito selekcji, w czasie którego oceniana będzie wydajność wchłaniania, skuteczność transportu do miejsca działania, tempo metabolizmu (rozkładu) i wydalania oraz toksyczność. Na tym etapie często testuje się dziesiątki podobnych cząsteczek, szukając zależności między np. obecnością poszczególnych grup funkcyjnych a liczbową wartością interesującego nas parametru, ustalonego eksperymentalnie na układzie modelowym (oczywiście im bardziej zaawansowane badania, tym bardziej złożone i wiarygodne są te modele – zaczynając od pojedynczych białek, przez komórki w hodowli, po zwierzęta i wreszcie ludzi). To tutaj z pomocą przychodzą badaczom modele regresyjne, pozwalające na szukanie zależności między właściwościami badanej cząsteczki (pomyśl znów o naszych tysiącach desktyptorów) a wynikami eksperymentów. Pokazawszy komputerowi zbiór wyników, możemy zapytać o najkorzystniejsze z danego punktu widzenia modyfikacje albo spróbować przewidzieć, jaki będzie wynik dla podobnej cząsteczki, którą dopiero próbujemy zsyntetyzować, i czy cała procedura warta jest wysiłku. Mimo że bardzo często przybliżone i ograniczone, podobne modele oparte o uczenie maszynowe są dziś nieocenione w pracy badacza zajmującego się projektowaniem leków<sup>10</sup>.

---

<sup>10</sup> Rich Lewis opowiada w zabawny i łatwy do zrozumienia sposób o wykorzystaniu sztucznej inteligencji w analizach tego typu: [youtu.be/kInLYwitfFs](https://youtu.be/kInLYwitfFs).

Ale skąd w ogóle wiemy, jak wyglądają nasze cele molekularne, to znaczy – co tak naprawdę próbujemy blokować? Zwykle światło pozwala nam zaledwie na obserwowanie obiektów o rozmiarach bakterii, a i to z dużym trudem; bakteria z kolei jest setki razy dłuższa od cząsteczki białka i ma długość porównywalną z długością fali światła. Z pomocą przychodzą nam fale o mniejszej długości: promieniowanie rentgenowskie (X-ray) rozpraszane na kryształach (pamiętasz zjawisko dyfrakcji?) oraz promieniowanie beta (czyli po prostu strumienie elektronów) wykorzystywane w mikroskopach elektronowych. O ile pierwsza z tych dwóch technik jest znana od niemal stu lat i pozwoliła na precyzyjne określenie struktur niewyobrażalnej liczby cząsteczek, o tyle druga – rozwinięta dopiero w niedawnych latach – stała się zaczątkiem rewolucji tak drastycznej, że w tym roku przyniosła odkrywcom Nagrodę Nobla w dziedzinie chemii i wydaje się szybko przeganiać starszą konkurentkę.

Idea tak zwanej techniki *cryo-EM* (elektronowa mikroskopia niskotemperaturowa) jest szalenie prosta: mikroskopem elektronowym robimy „zdjęcia” pojedynczym zamrożonym cząsteczkom w różnych orientacjach, a następnie zbieramy ogromną ilość tak otrzymanych niezbyt ostrych dwuwymiarowych obrazków i grupujemy je w oparciu o podobieństwo. Podobne obrazki zapewne odpowiadają podobnym orientacjom, stąd nakładając je na siebie i uśredniając, otrzymujemy obrazy o dobrej rozdzielczości (sygnał wzmacnia się, a szumy są wygaszane). Ostatecznie w oparciu o tak wyostrzone zdjęcia możemy zrekonstruować strukturę trójwymiarową, dopasowując atomy do otrzymanych wzorów i – voila! – oto nasza cząsteczka<sup>11</sup>. Cały trik jest możliwy znów dzięki algorytmom tzw. *unsupervised learning*, które są w stanie automatycznie wyłapywać podobieństwa i trendy w danych wejściowych i na ich podstawie sugerować, które obrazy należy zgrupować ze sobą (sklastrować, ang. *clustering*), aby optymalnie wykorzystać zawartą w nich informację.

Wreszcie zastanówmy się, jak wykorzystać komputery, aby ziścić najgłębsze marzenie każdego niemal studenta chemii: uczynić żmudne wkuwanie reakcji w chemii organicznej zbędnym. Mimo że wiele z nich da się *post factum* wyjaśnić poprzez odwołanie do prostych i eleganckich zasad, często nie jest to bynajmniej oczywiste od początku, i reguły, jakim podlegają reagujące ze sobą cząsteczki, okazują się niejednokrotnie mocno skomplikowane. W tej sytuacji

<sup>11</sup> Przy okazji obrony swojego doktoratu Gabriel Lander stworzył znakomity filmik wyjaśniający w prosty sposób ideę cryoEM: [youtu.be/BJKkC0W-6Qk](https://youtu.be/BJKkC0W-6Qk).

zdecydowanie przydałby się algorytm klasyfikacyjny, dzięki któremu można by spojrzeć na zestaw istniejących reakcji i powiedzieć, co wyjdzie nam z połączenia dwóch substancji w danych warunkach. Innym rozwiązaniem byłby algorytm działający podobnie do znajdującego optymalną drogę algorytmu Google Maps, który zasugerowałby, jakie reakcje najprędzej doprowadzą nas od dostępnego substratu do pożądanego produktu.

Naturalnie wielu badaczy (również w Polsce!) pracuje nad rozwiązaniem podobnych problemów i pewne propozycje – oparte czy to o sieci neuronowe, czy o tzw. drzewa decyzyjne i *random forests* („lasy” drzew decyzyjnych) – stają się coraz bardziej użyteczną pomocą w pracy chemika. Tym niemniej wiele czasu upłynie, nim osiągną one stopień niezawodności pozwalający na zastąpienie nimi właściwej optymalizacji warunków doświadczalnych. Problemem pozostają, jak to często bywa, subtelne i nieliniowe zmiany warunków początkowych prowadzące do znacznych zmian w wyniku: reakcje wrażliwe na temperaturę, obecność innych grup funkcyjnych, rodzaj rozpuszczalnika, kwasowość środowiska etc. Możliwe, że to jedynie kwestia zebrania odpowiedniej ilości danych treningowych dla naszych modeli; może się jednak okazać, że zamiast ograniczać się do pokazywania kolejnych przypadków, powinniśmy spróbować nauczyć komputery bardziej fundamentalnych zasad – i wprowadzić do chemii więcej fizyki (zresztą chemia, jako „stosowana mechanika kwantowa cząstek”, często daje się do niej sprowadzić).

W ramach podsumowania przypomnijmy sobie główne obszary uczenia maszynowego, o których wspomnieliśmy podczas dyskusji:

- uczenie przez wzmacnianie (*reinforcement learning*): ewolucyjna optymalizacja funkcjonalnych struktur molekularnych;
- nadzorowana klasyfikacja (*supervised learning/classification*): przewidywanie klas reakcji/rodzajów odpowiedzi w oparciu o znane przykłady;
- regresja (*supervised learning/regression*): przewidywanie wartości liczbowych wybranych parametrów (aktywności, wydajności w wybranym procesie, siły oddziaływania) na podstawie znanych danych eksperymentalnych;
- uczenie nienadzorowane, klastrowanie, redukcja wymiarowości (*unsupervised learning/clustering/dimensionality reduction*): automatyczne wykrywanie regularności w danych strukturalnych lub wielowymiarowych zestawach danych eksperymentalnych;
- *deep learning*: warstwowe połączenie wielu metod uczenia maszynowego (głównie opartych o sieci neuronowe) w celu osiągnięcia „inteligentnego”



i złożonego zachowania układu, na przykład przetwarzania języka naturalnego.

Z kolei Czytelnikowi zainteresowanemu zabraniam się do roboty od teraz pragnę polecić cały zestaw kursów online i zasobów (w języku angielskim), dzięki którym już licealista może nabrać znakomitych intuicji co do działania sztucznej inteligencji:

- Linear algebra (Gilbert Strang:MIT<sup>12</sup>; 3blue1brown:YouTube<sup>13</sup>);
- Machine learning (Andrew Ng:Coursera/Stanford<sup>14</sup>; mathematicalmonk:YouTube<sup>15</sup>; 3blue1brown:YouTube<sup>16</sup>);
- Python in Data Science (Introduction to Python for Data Science:edX<sup>17</sup>; Applied Data Science with Python:Coursera<sup>18</sup>; Python for Data Science and Machine Learning Bootcamp:Udemy<sup>19</sup>; Learn Python for Data Science:DataCamp<sup>20</sup>);
- Deep learning (Deep Learning A-Z:Udemy<sup>21</sup>; Tensorflow<sup>22</sup>; Siraj Raval:YouTube<sup>23</sup>).

(Hint: spróbuj najpierw zabrać się za jeden z nich i dotrzeć do końca – w takiej ilości materiałów aż nazbyt łatwo się zgubić).

**Powodzenia!**

---

<sup>12</sup> [ocw.mit.edu/18-06S05](https://ocw.mit.edu/18-06S05).

<sup>13</sup> [youtu.be/kjBOesZCoqc](https://youtu.be/kjBOesZCoqc).

<sup>14</sup> [coursera.org/learn/machine-learning](https://coursera.org/learn/machine-learning), [youtu.be/UzxYlBk2c7E](https://youtu.be/UzxYlBk2c7E).

<sup>15</sup> [youtu.be/yDLKJtOVx5c](https://youtu.be/yDLKJtOVx5c).

<sup>16</sup> [youtu.be/aircAruvnKk](https://youtu.be/aircAruvnKk).

<sup>17</sup> [edx.org/course/introduction-python-data-science-microsoft-dat208x-8](https://edx.org/course/introduction-python-data-science-microsoft-dat208x-8).

<sup>18</sup> [coursera.org/specializations/data-science-python](https://coursera.org/specializations/data-science-python).

<sup>19</sup> [udemy.com/python-for-data-science-and-machine-learning-bootcamp/](https://udemy.com/python-for-data-science-and-machine-learning-bootcamp/).

<sup>20</sup> [datacamp.com/courses/intro-to-python-for-data-science](https://datacamp.com/courses/intro-to-python-for-data-science).

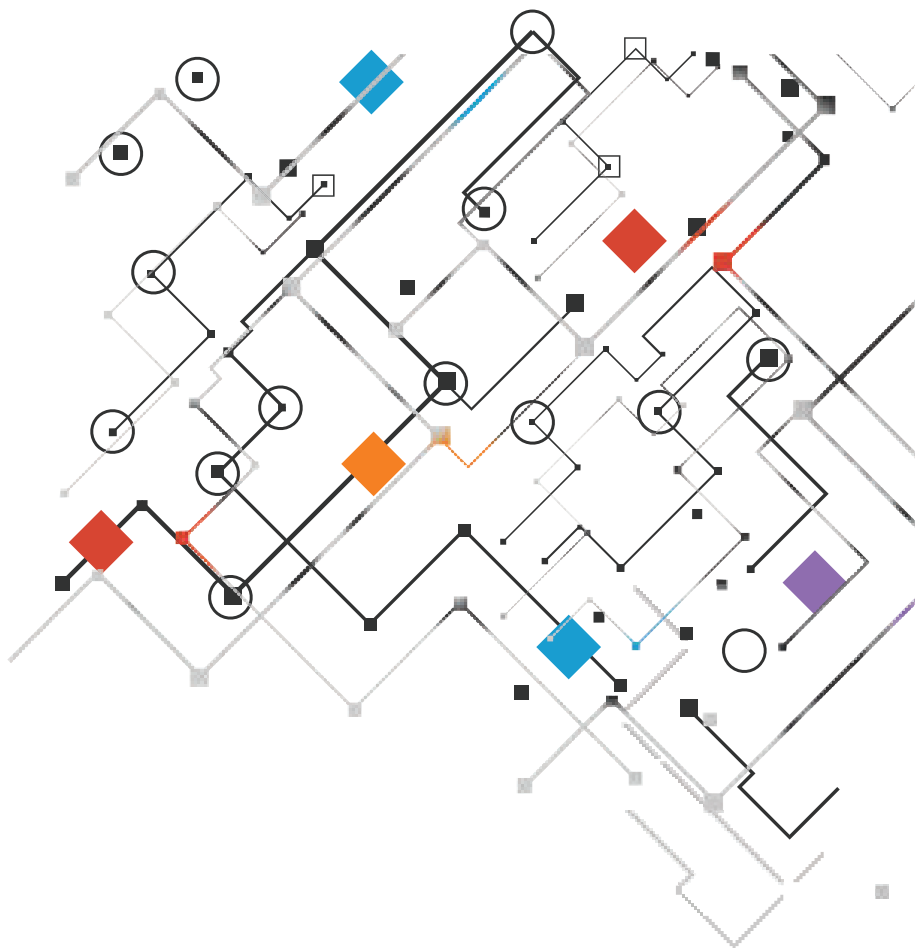
<sup>21</sup> [udemy.com/deeplearning](https://udemy.com/deeplearning).

<sup>22</sup> [playground.tensorflow.org](https://playground.tensorflow.org).

<sup>23</sup> [youtube.com/channel/UCWN3xxRkmTPmbKwht9FuE5A](https://youtube.com/channel/UCWN3xxRkmTPmbKwht9FuE5A).







## Rozdział II

# UCZNIOWIE NA TROPIE SZTUCZNEJ INTELIGENCJI



# Sztuczna inteligencja jako przyszłość informatyki, szansa na zrewolucjonizowanie społeczności i pojmowanie świata

## Wstęp

W dzisiejszych czasach sztuczna inteligencja zaczyna być coraz bardziej popularna. Można się doszukiwać wielu przyczyn sukcesów AlphaGo Zero czy OpenAI Bota w sieciowej grze DOTA. Idea sztucznej inteligencji powstała jednak niedługo po stworzeniu jednego z pierwszych komputerów. Ojcem obojga był bowiem Alan Turing. To on sformułował podstawowy test sztucznej inteligencji, nazwany „Testem Turinga”, który w swoim założeniu był bardzo prosty – aby pozytywnie go przejść, człowiek musiał uznać komputer za człowieka. Podstawowe założenia jednak nie były do końca poprawne [1]. Zdarzały się przypadki, kiedy podczas testów człowiek uznawał innego człowieka za komputer, kiedy ten wydawał się zbyt elokwentny. Niemniej jednak, pomijając te drobne szczegóły, test Turinga stał się ponadczasowym wyznacznikiem, który nie zmienił się od ponad 50 lat. Mimo to sztuczna inteligencja nie rozwinęła się zbyt wiele w przestrzeni tak ogromnego (jak dla rozwoju informatyki) przedziału czasowego. Jednym z powodów były zapewne ograniczenia sprzętowe. Jednak te wydają się zanikać wraz z rozwojem technologicznym. Kilka dni temu Intel poinformował o swoim nowym procesorze „Tangle Lake” o mocy 49 kubitów. Nie jest to może moc porównywalna choćby z ułamkiem potencjału ludzkiego mózgu, ale pozwala stosować coraz nowsze rozwiązania. Co to oznacza dla nas? Odpowiedź jest prosta – automatyzację. To słowo jest bardzo ważne, ponieważ jest zagnieźdzone głęboko w ludzkiej naturze. Każdy z nas chciałby zautomatyzować te codzienne i te niecodzienne czynności. Bez większego uzasadnienia możemy przyjąć ten aspekt za fakt. A co to znaczy dla informatyki? Możemy jedynie

---

<sup>1</sup> Daniel Cieślak, Zespół Szkół Chłodniczych i Elektronicznych w Gdyni.

próbować to przewidzieć, niemniej badając przeszłość, jesteśmy w stanie nakreślić pewien schemat. Sztuczna inteligencja jest przecież jednym z etapów na drodze ludzkości, na miarę ognia, elektryczności, pary czy atomu, który zrewolucjonizował nasze życie. Zastosowania wymienionych odkryć są niezliczone i stanowią podstawę naszej egzystencji, jednak wiążą się z pewnym zagrożeniem. I tak na przykład ogień poparzył już niejedną osobę.

### **Rola sztucznej inteligencji w życiu codziennym**

Puszczając wodzę fantazji, możemy przyjąć błędne założenia, którymi żyją fantastyczne serie typu „Terminator”. Nie oznacza to, że mamy przyjmować wszystkie nowości bez żadnych podejrzeń – ostrożność jest tutaj naturalna, ale szerzenie paniki może przynieść więcej szkód niż pożytku. Wiele osób przesadnie zareagowało na wieść o tym, że Korea Południowa chce użyć 63 robotów w celu udzielania informacji i pomocy turystom. Prawie każdy z nas słyszał kiedyś o tezie „roboty przejmą władzę”. Powinniśmy się do tego zdystansować, myśleć krytycznie, ale logicznie i popierać swoje założenia argumentami. W końcu sztuczna inteligencja sprząta nasze domy, odpowiada na zadawane pytania, wykonuje polecenia, do których jest przeznaczona, a dla niektórych staje się nawet partnerem życiowym. Znane są informacje o ludziach, którzy pokochali robota. Pojawia się ich coraz więcej, i choć z pewnością część z nich jest fałszywa, możemy uznać ten trend za postępujący. Jak to interpretować? Najprościej i najpewniej można uznać, że świadczy to o ogromnej roli sztucznej inteligencji w przyszłości, nie tylko w warstwie technologicznej, lecz także w życiu codziennym.

Odchodząc trochę od tematu wpływu sztucznej inteligencji na nasze przyszłe życie, możemy skupić się na jej obecnych zastosowaniach. Szukając wśród dzisiejszych technologii, natrafiamy na wykrywanie emocji z mimiki twarzy, proponowanie reklam i inteligentnych asystentów, np. do obsługi świateł w domu. Choć istnienie większości jest jedynie ciekawostką prezentującą możliwości jakiejś korporacji albo sztucznym rozbudzeniem ludzkiej ciekawości, część zasługuje na szczególną uwagę. Wykrywanie emocji na twarzy jest dość specyficznym tematem. Z jednej strony jest wykorzystywane przez pewne aplikacje wyłącznie w celach rozrywkowych, ale z drugiej możemy usłyszeć o programach wykrywających, które działają na podstawie przewidywania zagrożeń zamachów i innych aktów przemocy. Program, który jest w stanie przewidzieć takie rzeczy na podstawie gestykulacji czy mimiki twarzy, może wydawać się

wymysłem niemożliwym do spełnienia, skoro jednak człowiek jest w stanie coś takiego odczytać, to dlaczego nie mogłaby tego zrobić sztuczna inteligencja? Zastosowania takiego rozwiązania sięgają zresztą o wiele dalej. Wyobraźmy sobie taki mechanizm działający w wielu innych przypadkach – w ocenianiu zadowolenia klientów z usług, wykrywaniu kłamstw czy potwierdzaniu tożsamości. Przykłady można by mnożyć, opierając się choćby na jednym z pomysłów, który już dziś jest realizowany, czyli na wykrywaniu emocji. Każdy na pewno zdziwił się, gdy zobaczył, że na pasku reklam przeglądanej strony pojawiają się ostatnio obserwowane produkty oraz produkty pokrewne. Reakcje mogą być różne, możemy zostać pozytywnie zaskoczeni, gdy następne zakupy przedstawią się według naszych preferencji. Jednak niektórych fakt ten może zupełnie nie wzruszyć, albo w skrajnych przypadkach nawet przerazić. W końcu może czuć się obserwowany i uważać, że jego prywatność już się nie liczy. Skupmy się jednak na możliwościach, jakie daje nam ten obecny już w naszym życiu fakt. Sztuczna inteligencja prawdopodobnie jest w stanie przewidzieć, co zechcemy zrobić, zanim w ogóle o tym pomyślimy. Nie chodzi tu o skrajne przykłady jak zamawianie pizzy przez program, który słusznie albo niesłusznie założył, że dokładnie za 10 minut sami zamówilibyśmy tę pizzę. Przykład pizzy jest może zbyt abstrakcyjny, jednak powinien dobrze zobrazować ten pomysł. W końcu pewne rzeczy wykonujemy schematycznie – robimy zakupy, oglądamy filmy, szukamy informacji czy nawet zamawiamy jedzenie. Czynności te, które i tak wykonamy, można zautomatyzować. Natomiast asystent domowy, który steruje naszymi światłami, automatycznymi odkurzaczami czy ogrzewaniem, stanowi już idealny wzór automatyzacji. I tutaj lęk przed utratą kontroli został pokonany tym, co przemawia do nas od czasu, kiedy Fenicjanie wymyślili pojęcie pieniądza, czyli zyskiem. Zysk przez oszczędność. Nie pozostawia to zbyt wiele miejsca na polemikę. Wzór, który jest idealnym przedstawieniem tego, co może przynieść w przyszłości zastosowanie sztucznej inteligencji na wielką skalę.

Na zakończenie dobrze jest przedstawić jeszcze jeden aspekt sztucznej inteligencji w oparciu o ideę, która cieszy się coraz większym zainteresowaniem, i która zapewne niedługo zupełnie zdominuje naszą rzeczywistość – internet rzeczy. W skrócie IoT. Technologia ta zakłada podłączenie niemal wszystkiego, co obecne w naszym życiu, do ogromnej światowej sieci: podłączenie czajnika, żeby woda na kawę była gotowa, zanim wstaniemy z łóżka; budzika, by obudzić się stosunkowo wcześniej; sygnalizacji świetlnej, by działała względem natężenia ruchu. Możliwości jest więcej niż aspektów naszego życia.

## Zakończenie

A jak ma się do powyższego sztuczna inteligencja? Niektóre rzeczy są niemożliwe, trudne do obliczenia przez komputer. Rzeczy, które bez trudu wykonuje dziecko, rzeczy, które my wykonujemy instynktownie, niewiele o nich myśląc. Pewne standardowe narzędzia analityki nie nadają się do współczesnych wymagań. Możemy je zastąpić właśnie sztuczną inteligencją, która nie tyle ułatwi, ile umożliwi nam inne nietypowe rozwiązania.

I to właśnie te narzędzia mogą przyczynić się w przyszłości do większego komfortu. Systemy analityczne opierające się na niezbyt dobrze zrozumianych przez nas rzeczach, jednak zakodowanych w nas od samego początku naszej egzystencji. Oryginalne ludzkie przymioty, takie jak kreatywność czy abstrakcja, mogą i powinny być odzwierciedlone cyfrowo. Nawet jeżeli uda nam się stworzyć komputer kreatywniejszy od dziecka, nie powinniśmy myśleć o tym jako o końcu naszej cywilizacji, a raczej jako o kolejnym punkcie w rozwoju, których bez wątpienia będzie na naszej drodze coraz więcej. Nawet jeśli nie znamy samych siebie na tyle dobrze, by ustalać realne granice strefy komfortu dla tego, co ludzkie, i tego, co cyfrowe i mechaniczne. Możemy sobie jedynie wyobrazić, jak nasze życie może się zmienić, co z pewnością kiedyś nastąpi. Dla jednych będzie to lepsza przyszłość, a dla innych nieco mniej, jednak schemat ten powiela się od bardzo długiego czasu i z pewnością powielać się nie przestanie.

## Bibliografia

1. BULLER Andrzej. *Sztuczny mózg. To już nie fantazje*. Warszawa: Prószyński i S-ka, 1998. ISBN 83-7180-948-4.
2. GOZDEK-MICHAËLIS Katarzyna. *Supermożliwości twojego umysłu*. Warszawa: „Comes”, 1995. ISBN 83-85486-21-6.
3. HOLLER Johannes. *Jak zwiększyć potencjał twojego umysłu*. Warszawa: „Comes”, cop. 1998. ISBN 83-85486-75-5.
4. LEM Stanisław. *Okamgnienie*. Kraków: Wydaw. Literackie, 2000. ISBN 83-08-03038-6.
5. TREFIL James. *Czy jesteśmy niepowtarzalni. Fenomen ludzkiego umysłu*. Warszawa: „Amber”, 1998. ISBN 83-7169-594-2.

# Sztuczna inteligencja w XXI wieku

ROBOT – MARZENIE KAŻDEJ PANI DOMU. ZRESZTĄ, KTO BY NIE CHCIAŁ POMOCNIKA, KTÓRY WYRĘCZY WE WSZYSTKICH PRACACH DOMOWYCH, LUB NAUKOWCA, A NAWET DZIECKA (DZISIEJSZE ZABAWKI CORAZ BARDZIEJ PRZYPOMINAJĄ SKOMPLIKOWANE MASZYNY).

## Definicja robota

Pośród wielu definicji robotów najbardziej zwięzłą jest podana przez A. Moreckiego, która określa **robota** jako „urządzenie techniczne, przeznaczone do realizacji niektórych funkcji manipulacyjnych i lokomocyjnych człowieka, posiadające określony poziom energetyczny, informacyjny i inteligencji maszynowej (autonomii działania w pewnym środowisku)” [cit. per 6]. Robotem zatem będzie mechaniczne urządzenie, wykonujące automatycznie pewne zadania. Ciekawą definicją robota posługuje się *Słownik Języka Polskiego PWN*, według którego robot to „urządzenie zastępujące człowieka przy wykonywaniu niektórych czynności”. Pojęcie to idealnie odzwierciedla tematykę niniejszej pracy.

## Zastosowanie robotów

Obszar zastosowania robotów jest bardzo duży, obecnie jedynie względy ekonomiczne mogą ograniczać proces robotyzacji przemysłu. W dzisiejszych czasach roboty znalazły zastosowanie w transporcie, medycynie (rys. 1), produkcji przemysłowej, budownictwie oraz w środowiskach nieprzyjaznych człowiekowi, czyli w kosmosie i głębinach morskich [2]. Jak zatem z powyższego wynika, roboty zdają się bardzo użyteczne w codziennym życiu człowieka. Ale ponieważ człowiek ciągle dąży do rozwoju, same roboty już nie wystarczają. Prawdziwym

---

<sup>2</sup> Nikola Czerwińska, 2 Liceum Ogólnokształcące im. Adama Mickiewicza w Słupsku.



wyzwaniem dzisiejszej nauki są androidy, czyli tzw. roboty humanoidalne – sztucznie stworzone urządzenia, które wykonują automatycznie pewne zadania, a kształt ich przypomina ludzkie ciało.

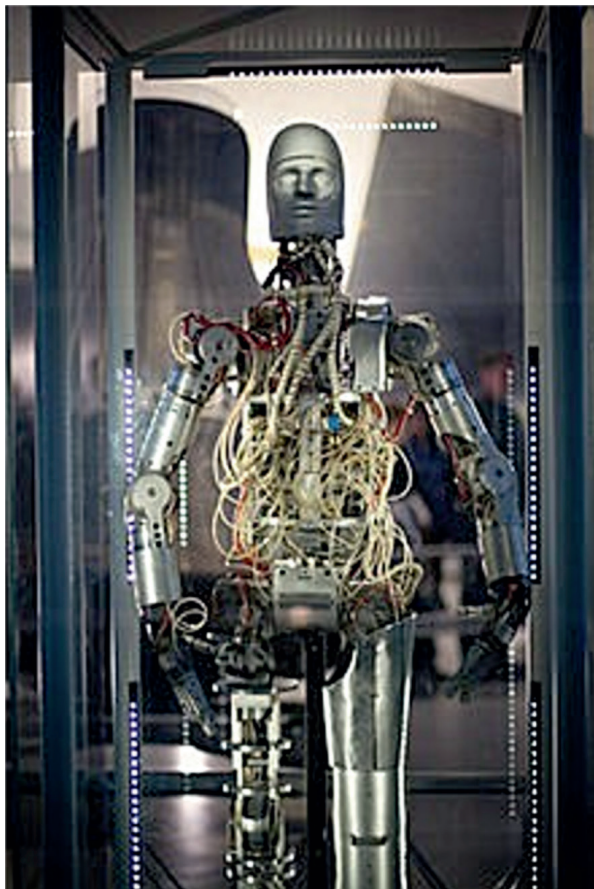


Rys. 1. Amerykański robot da Vinci (wykorzystywany w medycynie). Pierwszy raz wykorzystany w Polsce w 2010 r.

Źródło: <http://www.medim.pl/aktualnosci.php?newsStart=10>.

## Android

Czy w ogóle roboty człękkształtne są nam do czegoś potrzebne? Niektórzy twierdzą, że androidy są zbędne i przydatne jedynie w celu zaspokojenia ciekawości i ambicji wynalazców. Ale czy na pewno? Nie da się ukryć, że androidy (rys. 2) stają się coraz doskonalsze. Ich ruchy nabierają płynności, mimika coraz bardziej przypomina tę ludzką, a możliwości się powiększają. Mają jednak pewien istotny defekt – nie są w stanie odtwarzać myśli i uczuć, które są właściwe ludziom. Dlatego trudno uznać, żeby mogły w przyszłości w zupełności zastąpić człowieka. Nawet jeżeli niektórzy chcieliby mieć w swoim otoczeniu kogoś, kto ich zawsze wysłucha, będzie spełniał każdą prośbę i uśmiechnie się wtedy, gdy tego potrzeba, to nic nie będzie w stanie zastąpić prawdziwych ludzkich uczuć.



Rys. 2. Android (robot)

Źródło: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Android\\_\(robot\)](https://pl.wikipedia.org/wiki/Android_(robot)).

## Sztuczna inteligencja

Naukowcy starają się upodobnić zarówno roboty, jak i androidy (a zwłaszcza te drugie) do człowieka i w tym celu wyposażają je w tzw. sztuczną inteligencję. W informatyce sztuczna inteligencja jest działem zajmującym się tworzeniem modeli zachowań inteligentnych, jak również budowaniem programów, które mogłyby takie zachowania stymulować. Jednak w szerszym ujęciu AI (z ang. *artificial intelligence*) jest całą dziedziną wiedzy, w ramach której mieści się m.in. robotyka, sztuczne życie, logika rozmyta czy sieci neuronowe. Terminu „sztuczna inteligencja” użył po raz pierwszy John McCarthy, nazywając nim

„dział informatyki”, zajmujący się rozwiązywaniem problemów, które nie są efektywnie algorytmizowane” [9].

W zakresie informatycznym sztuczna inteligencja odnosi się do maszyn oraz programów, które będą posiadały zdolności realizowania wybranych funkcji ludzkiego umysłu i zmysłów, niemożliwych do poddania algorytmizacji numerycznej. Oznacza to, że mają to być cyfrowe odpowiedniki procesów myślowych – czynności, jakich nie da się zamknąć w oczywistych ramach zero–jedynkowego świata programowania, a więc na przykład problemy związane chociażby z podejmowaniem decyzji przy braku kompletnych danych, analizowaniu i syntezie języka naturalnego, racjonalnym myśleniu czy zarządzaniu wiedzą [5].

Ważnym postulatem w nauce jest dążenie do tego, by sztuczna inteligencja nie była identyczna z ludzkim umysłem, a jedynie działała w oparciu o jego niektóre cechy. Chodzi o to, żeby AI naśladowała działanie naszego umysłu, ale żeby nie doszło do jego doskonałego odwzorowania, co i tak jest raczej niemożliwe [5].

### Paradoks Moraveca

Warto również mieć w pamięci paradoks Moraveca, niezwykle istotne w historii AI odkrycie. Naukowcy sformułowali następującą tezę: „Stosunkowo łatwo sprawić, żeby komputery przejawiały umiejętności dorosłego człowieka w testach na inteligencję albo w grze w warcaby, ale jest trudne albo wręcz niemożliwe zaprogramowanie im umiejętności rocznego dziecka w percepcji i mobilności”. Sam paradoks polega na tym, że rozumowanie wysokopoziomowe nie wymaga wcale ogromnej mocy obliczeniowej, ale już percepcja niskopoziomowa jest właściwie nieosiągalna, niezależnie od mocy obliczeniowej [5].

Paradoks Moraveca pokazuje, że w pewnych pracach maszyny będą mogły zastąpić ludzi. AI przecież jest już w użyciu. Wojsko posiada pojazdy, które potrafią same się poruszać, znajdując najlepszą drogę np. w trudnym terenie. Oprogramowanie AI wykorzystywane jest w diagnostyce medycznej, inwestycjach giełdowych czy zautomatyzowanym dowodzeniu twierdzeń naukowych. Przytoczone przykłady nie wymagają od programów samodzielnego myślenia: odtwarzają jedynie sposób działania naszego umysłu [5]. Trudno sobie natomiast wyobrazić, by roboty mogły doskonale funkcjonować w takich profesjach, w jakich działają ogrodnicy, kucharze czy psychologowie. Nauczenie maszyny rozróżniania smaków zdaje się dziś perspektywą tak odległą, że wręcz niewyobrażalną.

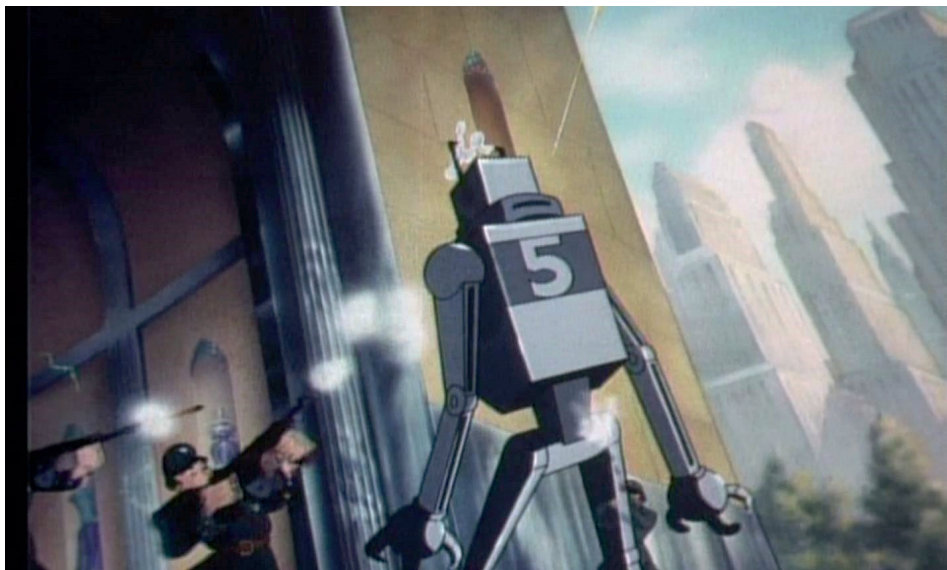
Wielu kognitywistów oraz informatyków skłania się obecnie ku tezie, że aby dysponować prawdziwą inteligencją, maszyny muszą mieć ciała, które

umożliwią im wchodzenie w prawdziwą interakcję ze światem. Bez doznań cielesnych nigdy nie będą mogły robić tego, co potrafią ludzie [11].

### Etyka robotów, czyli prawa Asimova

Zauważmy, nawiązując do paradoksu Moraveca, że istotne są także założenia, tzw. etyki robotów, czyli trzy prawa sformułowane przez Isaaca Asimova:

1. Robot nie może skrzywdzić człowieka, ani przez zaniechanie działania dopuścić, aby człowiek doznał krzywdy.
2. Robot musi być posłuszny rozkazom człowieka, chyba że stoją one w sprzeczności z Pierwszym Prawem.
3. Robot musi chronić sam siebie, jeśli tylko nie stoi to w sprzeczności z Pierwszym lub Drugim Prawem [cit. per 3].



Rys. 3. Robot nieprzestrzegający pierwszego prawa robotów

Źródło: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Etyka\\_robot%C3%B3w](https://pl.wikipedia.org/wiki/Etyka_robot%C3%B3w).

### Roboty i androidy na stanowiskach pracy

Cel, w jakim są tworzone roboty, jest jasny – mają pomagać ludziom zarówno w cięższych pracach fizycznych, jak i tych, które wymagają większej precyzji. Jednak takie zastosowanie nie wystarczało ludziom, więc zaczęliśmy się zastanawiać, czy maszyny nie mogłyby zastąpić ludzi w miejscach pracy.

Wyobrażenia, że roboty mogą zająć nasze miejsca pracy, wydawały się bardzo odległe, lecz okazało się, że jest to możliwe. Dowiedli tego właściciele hotelu Henn-na Hotel (dosłowne tłumaczenie – Dziwny Hotel). Właściciel na miejsce ludzi zatrudnił androidy (rys. 4) i roboty (rys. 5). Hotel ten jest położony



Rys. 4. Android pracujący w hotelu w Sasebo

**Źródło:** <http://www.komputerswiat.pl/nawosci/sprzet/2015/29/roboty-zaczely-zastepowac-ludzi-w-tym-hotelu-pracuja-praktycznie-tylko-maszyny.aspx>.



Rys. 5. Mechaniczny dinozaur pracujący w recepcji w hotelu w Sasebo

**Źródło:** <http://www.komputerswiat.pl/nawosci/sprzet/2015/29/roboty-zaczely-zastepowac-ludzi-w-tym-hotelu-pracuja-praktycznie-tylko-maszyny.aspx>.



w japońskim Sasebo. Każdy, kto nie wie nic o tym hotelu, już w progu zostanie zaskoczony, gdy w holu powita go android operujący wieloma językami, który z wyglądu przypomina zwykłą azjatycką kobietę. Potem spotkają go kolejne zaskoczenia związane z robotami i androidami: w recepcji obsłuży go mechaniczny dinozaur, a zamówienie przyjmie robot. W całym ośrodku zostały tylko pojedyncze stanowiska zajmowane przez ludzi, takie jak stanowisko konserwatora czy kucharki.

## Podsumowanie

W związku z koniecznością zastąpienia człowieka w warunkach, w których jego działalność jest uciążliwa fizycznie, niebezpieczna dla jego życia czy po prostu niemożliwa, rozwój robotyki i automatyki jest najbardziej pożądanym. Dzisiejsze postępy w nauce pozwalają stwierdzić, że do końca XXI wieku człowiek zostanie zastąpiony w tych zawodach czy dziedzinach przemysłu, które są mu nieprzyjemne. Natomiast czy można zastąpić człowieka całkowicie przy pomocy androïdów? Jest to wysoce dyskusyjne i rozważania na ten temat wkraczają w sferę etyki. Dzisiaj wydaje się, że ludzka inteligencja jest najdoskonalszą formą, jaką stworzono do tej pory, i istoty obdarzone taką siłą nie dopuszczają, by zastąpiono je czymkolwiek innym w najważniejszych sferach życia: odczuwaniu, wyrażaniu swoich uczuć i po prostu w istnieniu.

## Bibliografia

1. Android (robot). W: *Wikipedia* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Android\\_\(robot\)](https://pl.wikipedia.org/wiki/Android_(robot)). Stan z dnia 5.06.2017.
2. BURATOWSKI Tomasz. Teoria robotyki. W: *Robotyka.com* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: [http://www.robotyka.com/teoria\\_spis.php](http://www.robotyka.com/teoria_spis.php). Stan z dnia 5.06.2017.
3. Etyka robotów. W: *Wikipedia* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Etyka\\_robot%C3%B3w](https://pl.wikipedia.org/wiki/Etyka_robot%C3%B3w). Stan z dnia 23.07.2017.
4. Human or Machine? The Incredibly Life-Like Android Robots From Japan. In *You Tube* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <https://www.youtube.com/watch?v=hlHrvQ7D5OU>. Stan z dnia 5.06.2017.
5. JADCZAK Michał. Prawdziwy obraz sztucznej inteligencji. W: *Technologie.ngo.pl* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <http://technologie.ngo.pl/x/1026293>. Stan z dnia 5.06.2017.

6. *Kilka definicji robota* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <https://notatek.pl/kilka-definicji-robota>. Stan z dnia 23.07.2017.
7. LENIEK Antoni. Trzy prawa robotyki lub prawa Asimova. W: *Słownik komputerowy i encyklopedia informatyczna* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <https://www.i-sloownik.pl/2344,trzy-prawa-robotyki-lub-prawa-asimova/>. Stan z dnia 5.06.2017.
8. Roboty zaczęły zastępować ludzi. W tym hotelu pracują praktycznie tylko maszyny! W: *Komputer Świat* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <http://www.komputerswiat.pl/nowosci/sprzet/2015/29/roboty-zaczely-z-astepowac-ludzi-w-tym-hotelu-pracuja-praktycznie-tylko-maszyny.aspx>. Stan z dnia 8.09.2017.
9. Sztuczna inteligencja. W: *Wikipedia* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Sztuczna\\_inteligencja](https://pl.wikipedia.org/wiki/Sztuczna_inteligencja). Stan z dnia 20.09.2017.
10. Świat robotów. W: *TVN Fakty* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <http://fakty.tvn24.pl/fakty-ekstra,52/swiat-robotow,380225.html>. Stan z dnia 23.07.2017.
11. ŻYLIŃSKA Marzena. Neurodydaktyka, czyli neurony w szkolnej ławce. Paradoks Moraveca. W: *Oś Świata* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <https://osswiata.pl/zylinska/2013/02/28/paradoks-moraveca/>. Stan z dnia 23.07.2017.

## Paradoks Levinthala, czyli jak natura omija obliczenia

**N**ie od dziś wiadomo, że wszelkie formy życia zbudowane są przede wszystkim z białek. To one nadają komórkom cechy i określają ich właściwości – w ten sposób budują one organizmy. Dzięki nim poruszamy się i myślimy. Kiedy 200 lat temu [2, s. 4–13] zaczęto odkrywać pierwsze aminokwasy, nie wiadano jeszcze, że to one budują białka. Dziś wiemy o wiele więcej, nie tylko to, z czego się składają. Potrafimy bardzo dużo powiedzieć o tym, jak wyglądają one wewnątrz, jakie struktury tworzą się w ich cząsteczkach.

Cząsteczki białek budujących ludzkie ciało składają się z dwudziestu różnych aminokwasów. Nieco ponad drugie tyle znajdziemy, jeśli zaczniemy badać inne organizmy, zwłaszcza bakterie. Skupimy się jednak na tych dwudziestu podstawowych. Konkretną cząsteczkę białka można dość jasno zdefiniować jako sekwencję aminokwasów, są one połączone ze sobą wiązaniami peptydowymi (amidowymi) [4, s. 985]. Różnych sekwencji łańcuchów złożonych z dziesięciu aminokwasów jest  $20^{10}$ , czyli około 10 bilionów (10 pozycji, na każdej – 20 możliwych aminokwasów). Długości cząsteczek białek z reguły mierzone są w setkach i tysiącach aminokwasów, a nieraz występują tam też łańcuchy boczne, których nawet nie uwzględniliśmy przy szacowaniu liczby różnych białek. Możliwych cząsteczek białek jest więc zatrważająca liczba, a każde z nich ma unikalne właściwości. Białka stanowią zatem bardzo szeroką klasę związków organicznych. Badanie ich pozwala lepiej zrozumieć działanie naszych organizmów, jak również przewidywać działanie innych substancji w organizmie ludzkim (np. przy produkcji leków).

Paradoks Levinthala skupia się na przestrzennych ustawieniach cząsteczek. Taka wielka i potężna cząsteczka białka może się składać nawet z kilkudziesięciu tysięcy atomów [1]. Nietrudno sobie wyobrazić, że różnych możliwych

<sup>3</sup> Dominik Gulgowski, III Liceum Ogólnokształcące im. Marynarki Wojennej RP w Gdyni.



ustawień takiej cząsteczki jest bardzo, bardzo wiele. Które z takich ustawień są w jakiś sposób szczególne?

Dobrze wiemy, że w przyrodzie wszystko dąży do tego, by miało jak najniższą energię. Dla białek taki stan również istnieje. Rozważmy różne ustawienia jakiegoś peptydu<sup>4</sup>. Łatwo sobie wyobrazić długi, prosty łańcuch, najprostsze ustawienie (rys.1). Taka konformacja (czyli układ przestrzenny) ma jednak bardzo dużą powierzchnię, a co za tym idzie, bardzo dużą energię. Taki stan nie jest więc optymalny. Aminokwasy nie mogą być też zbyt blisko siebie, ponieważ występowałyby zbyt duże naprężenie steryczne. Coś na kształt kulki [1] zdawałoby się być w miarę dobrym modelem: ma ona małą powierzchnię przy jednocześniej dużej objętości (co oznacza wiele aminokwasów i małą energię).

Dla danej sekwencji aminokwasów istnieje dokładnie jedna konformacja, posiadająca najniższą możliwą energię. Taki stan nazywamy natywnym. Formy występujące w przyrodzie mają kształt bardzo zbliżony do tego natywnego, nigdy nie są jednak idealne. Z czego to wynika? Przede wszystkim z tego, że nigdy nic nie dzieje się idealnie. Proces tworzenia się cząsteczki białka nie jest matematycznym modelem: wystarczy ułamek nanometra [4, s. 1010] w jedną czy drugą stronę, a powstała cząsteczka będzie się coraz bardziej różnić od tej docelowej. Różnica jednak jest bardzo zaniedbywalna, powstała cząsteczka jest prawie taka sama jak stan natywny, ma energię bliską najniższej możliwej.



Rys. 1. Aminokwasy (kolor szary) i wiązania między nimi (kolor czarny)

**Źródło:** opracowanie własne.

Wróćmy do zagadnienia różnorodności i liczby konformacji. Oszacujmy sobie (z dołu) liczbę możliwych konformacji. Oczywiście każdy pojedynczy aminokwas ma swoją natywną konformację. Rozważamy więc jedynie ich ułożenie względem siebie. Powiedzmy, że każde wiązanie peptydowe ma trzy różne ustawienia. Oczywiście jest ich dużo więcej. Wiązań jest 100, więc różnych możliwości jest  $3^{100} > 5 \cdot 10^{47} = 500$  septyliardów. To raczej bardzo dużo. W jaki więc sposób natura znajduje tę optymalną strukturę białka, skoro ma tak wiele struktur do sprawdzenia? Zwróćmy uwagę, że nawet gdyby jedna konformacja była

4 Peptyd – cząsteczka złożona z kilku-kilkudziesięciu aminokwasów.

rozważana w czasie jednej stutysięcznej pikosekundy, czyli  $10^{-17}$  s, to przeszukiwanie wszystkich struktur zajęłoby ponad sto tryliardów lat, czyli kilka bilionów razy dłużej, niż trwa wszechświat. Paradoks Levinthala wskazuje właśnie tę rozbieżność. Najszybszy na świecie superkomputer nie byłby w stanie zanalizować struktury w tak krótkim czasie [5], jak podany wyżej. To oznaczałoby, że natura wykonuje obliczenia o wiele, wiele szybciej niż kiedykolwiek robił to człowiek! Jak zatem natura znajduje odpowiednie konformacje białek?

Z ciekawszych badań należy przywołać modelowanie i szukanie struktur w bardzo prymitywny, zdawałoby się, sposób. Białka sprowadza się do kropek i kresek, a wyginanie się ich jest możliwe tylko równolegle do osi układu współrzędnych. Dany aminokwas ma swoje współrzędne całkowite (w przestrzeni) i traktowany jest jako punkt, wiązanie peptydowe jest odcinkiem łączącym dwa aminokwasy (por. rys.1) [3]. Taki model nazywany jest *lattice protein*. Wydawałoby się, że takie modelowanie niewiele wniesie do nauki. Wbrew pozorom z takich czy podobnych badań można wyciągnąć całkiem sporo wniosków. Na potrzeby zobrazowania paradoksu Levinthala dla łańcucha długości 14 mamy 39.332.272 różnych konformacji [3]. Z badań wynika też, że liczba różnych struktur rośnie wykładniczo, a przy przeszukiwaniu wszystkich struktur tego typu komputery odmawiają posłuszeństwa przy niewiele dłuższych łańcuchach, mimo że kompletnie zignorowano prawdziwą geometrię łańcuchów białkowych.

Przyczyn takiej rozbieżności wyników szacowania i obserwacji jest kilka. Przede wszystkim natura nie rozważa wszystkich możliwych struktur danej cząsteczki białka. Na zdrowy rozsądek, wspomniany już prosty łańcuch na pewno nie będzie optymalną strukturą, tę i wszystkie konformacje z jednym czy dwoma zgięciami (i większość innych) można od razu wykluczyć. To dość intuicyjna droga wytłumaczenia tego zjawiska.

Kolejną obserwację stanowi fakt, że stan natywny składa się z wielu mniejszych natywnych stanów lokalnych, to znaczy jeśli dana cząsteczka ma minimalną energię, to najmniejszą energię mają też jej fragmenty. Przy tworzeniu białka aminokwasy łączą się w małe fragmenty, z których każdy ma najmniejszą możliwą energię, a te następnie łączą się w taki sposób, by powstały fragment miał ponownie najniższą energię itd. Proces tworzenia białka jest więc symultanywny – jednocześnie tworzy się wiele małych oligopeptydów<sup>5</sup>, tworząc

---

<sup>5</sup> Oligopeptyd – mała cząsteczka złożona z kilku-kilkunastu aminokwasów.

struktury drugorzędowe. Te z kolei łączą się w większe, tworząc trzeciorzędowe (określające sposób łączenia się ze sobą struktur drugiego rzędu). Przy omawianiu struktur tworzonych przez kilka cząsteczek białek mówi się już o strukturach czwartego rzędu [4, s. 1010].



Rys. 2. Beta-harmonijka (po lewej), alfa-helisa (po prawej)

Źródło: [https://en.wikipedia.org/wiki/Protein\\_structure](https://en.wikipedia.org/wiki/Protein_structure).

Struktury drugorzędowe są dobrze przebadane. Ze stabilnych wyróżniamy *alfa-helisę*, *beta-harmonijkę* (składającą się z wielu *beta-zgięć*) i prosty łańcuch, z reguły krótki (rys.2) [4, s. 1010-1011]. Jednak zjawiska występujące w strukturach wyższych rzędów nie dają się już tak prosto opisać. Przy takim ograniczeniu można by stworzyć już program szukający optymalnej struktury trzeciorzędowej „brutalnie”, to znaczy przeszukując wszystkie możliwości, znając uprzednio optymalne struktury drugorzędowe dla danych krótkich sekwencji. Taki program działałby już w rozsądnym czasie i faktycznie byłby w stanie przebadać struktury najprostszych białek. Wynik jednak nie byłby dokładny, ponieważ przy białkach liczą się nano-, a nawet pikometry, a między dwoma konformacjami różniącymi się między sobą o nanometr istnieje nieskończenie wiele innych (choć podobnych). Czy pomimo tego da się dokładnie przybliżyć teoretycznie strukturę białka o znanej sekwencji aminokwasów? Odpowiedź jest prosta: tak, ale z pomocą sztucznej inteligencji.

Argumentem na korzyść komputerów i AI jest fakt (zwany hipotezą Anfinsena), że stany o bardzo niskiej energii (bliskiej przewidywanemu minimum stanu natywnego) są bardzo zbliżone do tego właśnie stanu, to znaczy znalezienie stanu o relatywnie niskiej energii wystarczy, by być blisko szukanego stanu natywnego, i następnie przybliżyć go za pomocą małych zmian. Mówi się nawet, że stany energetyczne układają się jakby w lejek, to znaczy stanów o małej energii jest mniej, dlatego łatwiej jest ich szukać [7, s. 3]. Dzięki temu nie musimy

przeszukiwać i badać każdego stanu, wystarczy badać te o niskich energiach, a znalezienie dobrego stanu w zasadzie kończy poszukiwania.

Od 1994 roku, co dwa lata, organizowany jest konkurs CASP [6], w którym biorą udział grupy naukowców. Celem jest jak najlepsze przybliżenie za pomocą AI struktury białka o danej sekwencji aminokwasów. Jest ona poznawana przez jurorów po zawodach, dzięki dokładnym badaniom tego białka metodami jądrowego rezonansu magnetycznego i krystalografii rentgenowskiej [6]. Wyniki są zaskakujące: od kilku konkursów modele białek są bardzo dobre, z wielką dokładnością opisują kształt cząsteczek.

Być może w przyszłości będziemy w stanie idealnie dokładnie i w krótkim czasie znajdować rzeczywiste struktury białek. W takiej sytuacji można by uniknąć wielu obliczeń czy kosztów związanych z rzeczywistym badaniem danego białka. Wszystko mogłoby być dokonane na komputerze. Takie ułatwienie pracy w wielu dziedzinach byłoby zbawienne. Być może w przyszłości AI w połączeniu z komputerami kwantowymi i ich możliwościami przyniesie jeszcze lepsze rezultaty?

Serdecznie dziękuję dr. Piotrowi Arłukowiczowi  
za przygotowanie mnie do konferencji  
i pomoc w pisaniu tej publikacji.

## Bibliografia

1. 6BIT. In *RCSB Protein Data Bank* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <https://www.rcsb.org/structure/6BIT>. Stan z dnia 24.02.2018.
2. HASNEN Sabine, *Die Entdeckung der proteinogenen Aminosäuren von 1805 in Paris bis 1935 in Illinois* [Dokument elektroniczny]. 2005, s. 1–33. Tryb dostępu: <https://www.arginium.de/wp-content/uploads/2015/12/Entdeckung-der-Aminosäuren.pdf>. Stan z dnia 24.02.2018.
3. LIWO Adam, ARŁUKOWICZ Piotr, OŁDZIEJ Stanisław, CZAPLEWSKI Cezary, MAKOWSKI Mariusz, SCHAREGA Harold A. Optimization of the UNRES Force Field by Hierarchical Design of the Potential-Energy Landscape. 1. Tests of the Approach Using Simple Lattice Protein Models. *Journal of Physical Chemistry B*. 2004, nr 108 (43), s. 16934–16949. ISSN 1520-6106.

4. MCMURRY John, *Chemia organiczna. Cz. 4*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2011. ISBN 978-83-01-14404-3.
5. NOVEMBER 2017. W: *TOP500* [Dokument Elektroniczny]. Tryb dostępu: <https://www.top500.org/lists/2017/11/>. Stan z dnia 24.02.2018.
6. *Protein Structure Prediction Center* [Dokument elektroniczny]. Cop. 2007–2018, University of California, Davis. Tryb dostępu: <http://predictioncenter.org>. Stan z dnia 24.02.2018.
7. ROOMAN Marianne, DEHOUCK Yves, KWASIGROCH Jean Marc, BIOT Christophe, GILIS Dimitri. What is Paradoxical about Levinthal Paradox? *Journal of Biomolecular Structure & Dynamics*. 2002, nr 3, s. 327–329 . ISSN 0739-1102.
8. SALI Andrej, SHAKHNOVICH Eugene, KARPLUS Martin. How does a protein fold? *Letters to nature*. 1994, vol 369, s. 248–251. ISSN 0028–0836.

## Czy sztuczna inteligencja zastąpi człowieka?

**M**otyw buntu robotów pojawia się od dawna w filmach i literaturze, na przykład w filmie „Saturn 3” bohater walczy ze zbuntowanym androidem, podobnie jak w „Ja, robot”. Literatura science fiction również jest pełna przykładów dezercji, zawodności i buntu robotów.

Nauki takie jak biomechanika czy robotyka rozwijają się coraz dynamiczniej. Czy nauki te pozwolą stworzyć produkt mający zastąpić człowieka? Nie wydaje się to prawdopodobne. Uważam, iż to raczej człowiek będzie się stawał biomaszyną: silniejszą, szybszą, bardziej wytrzymałą.

### Definicja pojęć „robot” i „android” oraz próba „określenia uczuć” człowieka wobec nich

**Roboty** to mechaniczne urządzenia, które dzięki zaprogramowanemu algorytmowi wypełniają zadania, do których zostały stworzone. Są niezastąpione w produkcji taśmowej (zob. rys. 1), ponieważ nie wymagają odpoczynku, jedynie potrzebują przerwy na konserwację. Nie chorują, nie spóźniają się do pracy i nie negocjują warunków zatrudnienia, i najważniejsze – nie zakładają związków zawodowych. Nie wymagają dodatkowych ubezpieczeń, nie trzeba ich kierować na szkolenia.

Natomiast dla człowieka praca przy seryjnej produkcji może stać się męcząca nie tylko fizycznie, wpływa ona bowiem niekorzystnie na psychikę. Roboty wysoko wyspecjalizowane wykonują pracę niezwykle precyzyjną albo pracę niebezpieczną, nie czując lęku.

Z kolei **android** w każdym koncepcie przedstawiony był jako robot o humanoidalnym kształcie. W moim pojęciu to sztuczna inteligencja, której nadano

<sup>6</sup> Krzysztof Jabczyński, II LO z Oddziałami Dwujęzycznymi im. A. Mickiewicza w Słupsku.



Rys. 1. Stanowisko zrobotyzowanej paletyzacji

Źródło: [http://www.rpo.mechaniczny.p.lodz.pl/p\\_npiarp.html](http://www.rpo.mechaniczny.p.lodz.pl/p_npiarp.html).

ludzką powłokę. Jest on przeznaczony do celów wyższych, czyli do realizacji bardziej złożonych poleceń niż robot i bardziej wielokierunkowej działalności. Oczekujemy od nich, że będą samodzielnie podejmować co najmniej proste decyzje, a nawet złożone. Aby android umiał myśleć i spełnić nasze oczekiwania, człowiek musi go odpowiednio do tego zaprogramować.

W mojej opinii robot o nieludzkim kształcie byłby gorzej odbierany w porównaniu z androidem. Rasa ludzka bałaby się samojezdnych robotów o niehumanoidalnym kształcie, na przykład pająków. Wobec robotów człekokształtnych okazywalibyśmy bardziej przyjazne uczucia.

### **Miejsca pracy, gdzie łatwiej o zatrudnienie robota niż człowieka**

Roboty już od kilku lat zaczęły zastępować miejsca pracy ludzi. Przykładem jest bezzałogowy robot do rozbrajania bomb. To bardzo poręczny, użyteczny mechanizm sterowany intuicyjnym kontrolerem. Obsługa „zmechanizowanego



sapera” nie powinna sprawiać problemu. Mimo prostoty rozwiązań technicznych w tym niedużych rozmiarów robocie jego udział w akcjach znacznie zmniejszył ryzyko zagrożenia życia saperów podczas rozbrajania bomb. Współcześnie saperzy unieszkodliwiają ładunki, np. terrorystyczne, oglądając zdjęcia oraz filmy z kamery przymocowanej do wielofunkcyjnego ramienia mechanizmu (zob. rys. 2). Ten wszędołaz ma wiele zastosowań: może kopać, podnosić lub otwierać, a przede wszystkim rozbraja ładunki i nas swoją precyzją i brakiem lęku [4].



Rys. 2. Robot mobilny

Źródło: <http://gadzetomania.pl/52840,10-lat-do-konca-swiata-myslance-roboty-wojenne>.

Rozwój autonomicznych robotów wojennych z czasem może stać się dla nas poważnym zagrożeniem. Terrorysty zamiast nakładania na siebie ładunków wybuchowych będą mogli stworzyć bardziej niebezpieczną broń, wykorzystując małe roboty zawierające nawigację satelitarną i posłusznie wykonujące konkretne rozkazy. Ponieważ jednym z atutów tych „jeźdźców” jest szybkie oraz bezszelestne poruszanie się, to jego wykrywalność może być znikoma. Będzie mógł wjechać prawie wszędzie i nikt nie zwróci na niego uwagi [1].





Rys. 3. Robot przemysłowy

Źródło: <https://www.asdreports.com/news-3285/industrial-robotics-market-worth-4008-billion-2020-according-new-study-asdreports>.

Roboty aktualnie mają zastosowanie głównie w produkcji przemysłowej. Są substytutami ludzkich rąk pracujących przy taśmach. Nie dość że są bardziej wydajne, to są też o wiele bardziej precyzyjne i skuteczne. Mają odpowiednie oprogramowanie i można nimi manipulować bez zmiany struktury mechanicznej. Można je obserwować przy pracy między innymi:

- w fabrykach samochodów,
- w fabrykach czekolady,
- w hurtowniach lub zakładach pakujących detalicznie.

### Sztuczna inteligencja, czyli umysł niekoniecznie z materialną powłoką

Sztuczna inteligencja również jest w stanie zastąpić człowieka. Potwierdził to niemiecki koncern motoryzacyjny Volkswagen, który stworzył system rozpoznawania znaków drogowych. Już niedługo nie będziemy musieli przejmować się tym, co pokazują nam różnego typu znaki nakazu, zakazu czy ograniczenia: nasz samochód zatroszczy się o nas i dopilnuje przestrzegania zasad ruchu drogowego.

Dekoder mózgu może także znacznie wpłynąć na rozwój sztucznej inteligencji w XXI wieku. Urządzenie skonstruowane zostało przez amerykańskich badaczy z Uniwersytetu Kalifornijskiego w Berkeley. Pozwala na odczytywanie treści ludzkich myśli. Wyniki badań potwierdzają, że odtwarzanie słów ze słuchu oraz wytwarzanie wewnętrznej mowy w myślach podlega tym samym mechanizmom neurofizjologicznym [2]. Teraz tylko trzeba umiejętnie naśladować naturę i zaprogramować androida, by mógł mówić, myśleć, a może nawet czuć.

### Stanowiska pracy ze sztuczną inteligencją

Choć złośliwi mówią, że komputery rozwiązują tylko te problemy, które same generują, nie da się ukryć, że dzięki nim jesteśmy w stanie efektywniej pracować w wielu różnych branżach. Z kolei pręźnie rozwijana sztuczna inteligencja może sprawić, że nasza współpraca z maszynami będzie jeszcze bardziej intuicyjna i przyjemna.

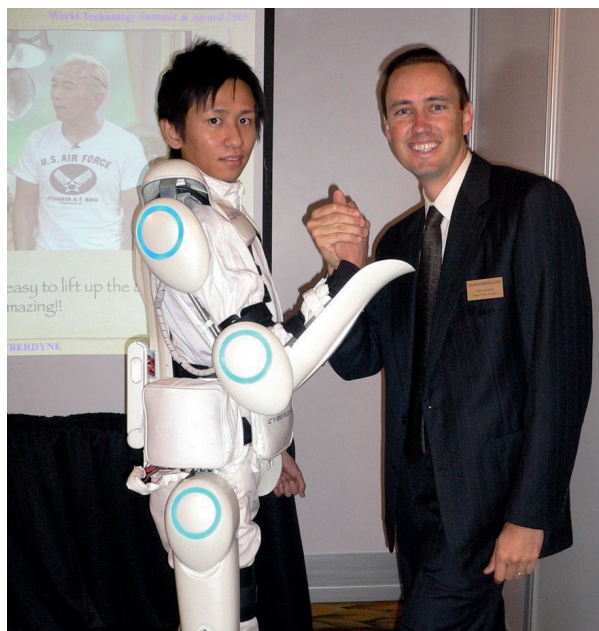
Już dzisiaj komputery wykonują za nas wiele czynności, a ich automatyzacja sprawia, że rzadko musimy podejmować decyzje – te coraz częściej podejmują się, można powiedzieć, same. Z jednej strony można się tego obawiać, z drugiej – trudno nie docenić płynących z tego korzyści. Te zauważalne są przede wszystkim w biznesie: dzięki komputerom można pracować efektywniej i przewidywać kolejne kroki skuteczniej, bo z uwzględnieniem tego, co przy „analogowym” myśleniu mogłoby nam umknąć. Możemy też odciążać się, nakazując komputerowi podejmowanie decyzji i pilnowanie terminów.

Rozwój sztucznej inteligencji może stanowić zagrożenie dla niektórych zawodów, szczególnie tych opierających się na powtarzalności zadań, na przykład w fabrykach. Warto jednak zauważyć, że taka jest naturalna kolej rzeczy. Świat się zmienia, a wraz z nim zmienia się rynek pracy. Obawy przed efektami wprowadzania nowych technologii są zaś obecne w naszym życiu od wielu, wielu wieków. Nawet w dialogach Platona z Sokratesem można znaleźć zdanie, że nauka pisania może być zagrożeniem, gdyż doprowadzi do tego, że ludzie przestaną wykorzystywać swoją pamięć [5].

Jeśli mielibyśmy się opierać wyłącznie na tym, co pokazuje historia, to faktycznie, roboty i sztuczna inteligencja zabiorą część naszych stanowisk. Równocześnie jednak stworzą wiele innych. To nie rywalizacja z nowoczesnymi technologiami, ale ich przemyślane wykorzystanie dawało w przeszłości wymierne korzyści [5].

## Nowa koncepcja - człowiek jako hybryda

Najbardziej prawdopodobnym jest, że to człowiek w dalszym ciągu będzie na szczycie łańcucha pokarmowego na Ziemi i będzie najwyższycenionym pracownikiem.



Rys. 4. Egzoszkielet

Źródło: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Egzoszkielet\\_wspomagany#/media/File:Hybrid\\_Assistive\\_Limb.jpg](https://pl.wikipedia.org/wiki/Egzoszkielet_wspomagany#/media/File:Hybrid_Assistive_Limb.jpg).

By tak się stało, będziemy zmuszeni stworzyć mariaż natury z elektroniką, w celu usprawnienia naszych niektórych funkcji. Można nazwać to hybrydą, która istnieje w małym stopniu, ponieważ w szczególnych przypadkach ludzie już posiadają cząstkę elektroniki w ciele. Mogą to być czipy lokalizacyjne, które wszczepione zostały pod skórę chorych, wielofunkcyjne zaawansowane protezy czy inna elektronika, w którą uzbrojone zostało ludzkie ciało (zob. rys. 4).

## Prawa Asimova

W roku 1942 Asimov stworzył trzy prawa robotów i przedstawił je w fantastycznym opowiadaniu *Zabawa w berka*. Celem tych praw było uregulowanie kwestii stosunków między przyszłymi myślącymi maszynami a ludźmi. Przedstawiały się one następująco:

- Robot nie może skrzywdzić człowieka ani przez zaniechanie działania dopuścić, abyczłowiek doznał krzywdy.
- Robot musi być posłuszny rozkazom człowieka, chyba że stoją one w sprzeczności z Pierwszym Prawem.
- Robot musi chronić samego siebie, o ile tylko nie stoi to w sprzeczności z Pierwszym lub Drugim Prawem.

Następnie w opowiadaniu *Roboty i Imperium* Asimov dodał prawo zerowe, które stało się nadrzędne wobec trzech pozostałych:

- Robot nie może skrzywdzić ludzkości ani poprzez zaniechanie działania doprowadzić do uszczerbku dla ludzkości [cit. per 3].

## Podsumowanie

Nie mam złudzeń, że w przyszłości społeczeństwo będzie zróżnicowane na ludzi zwykłych (naturalnych) i ludzi wspieranych elektroniką.

Jednym z ważniejszych powodów, dla których zrobimy z siebie półrobotów, jest zwiększenie wydajności pracy i możliwość wyższych zarobków, nie mówiąc o wyróżnianiu się w tłumie zwykłych ludzi. Pracownicy przyszłości, którzy z biegiem czasu stają się bardziej *science* niż *fiction*, będą prawdopodobnie posiadali egzozskielety pomagające w pracach fizycznych. Ich pamięć i odruchy będą wzmacniane elektronicznie. Podobnie ich zmysły: zwłaszcza słuch i wzrok. Byłoby to cenne szczególnie w służbach publicznych (strażacy, policjanci, celnicy, piloci, kierowcy autobusów). Szczerze mówiąc, nie chciałbym dożyć czasów, w których dobra praca będzie zależała od tego, ile czipów i protez czy innej elektroniki pozwolę wprowadzić w swój mózg i ciało. Nie chcę być nadczłowiekiem.

## Bibliografia

1. ADAMUS Szymon. 10 lat do końca świata – myślące roboty wojenne. W: *WP Gadzeta* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <http://gadzeta.pl/52840,10-lat-do-konca-swiata-myslance-roboty-wojenne>. Stan z dnia 20.10.2017.
2. Dekoder mózgu. W: *MłodyTechnik.pl* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <https://mlodytechnik.pl/news/28764-dekoder-mozgu>. Stan z dnia 20.10.2017.
3. Etyka robotów. W: *Wikipedia* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Etyka\\_robot%C3%B3w](https://pl.wikipedia.org/wiki/Etyka_robot%C3%B3w). Stan z dnia 20.10.2017.
4. KIEŚ Katarzyna. Dragon Runner – bezzałogowy robot do rozbrajania bomb. W: *WP Gadzeta* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <http://gadzeta.pl/25308,dragon-runner-bezzałogowy-robot-do-rozbrajania-bomb>. Stan z dnia 20.10.2017.
5. KULIK Wojciech. (Współ)praca ze sztuczną inteligencją. W: *Benchmark.pl* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <http://www.benchmark.pl/aktualnosc/wspol-praca-ze-sztuczna-inteligencja.html>. Stan z dnia 20.10.2017.

## Protezy XXI wieku, czyli o tym, jak człowiek staje się maszyną

**Z**yjemy w wieku, w którym postęp następuje z dnia na dzień. Człowiek chce obecnie ulepszyć cały świat, w tym także siebie. Dlatego zaczął tworzyć maszyny i mechanizmy, które mają być lepsze, wydajniejsze i niepodatne na choroby i czas, aby ciało nadążało za postępem. W tym celu uzupełniamy brakujące części ciała lub narządu, czyli tworzymy protezy, albo zastępujemy już niezdolne do pełnienia funkcji narządy i organy implantami i sztucznymi narządami, a jest ich tak wiele, że zaczynamy mówić o stawianiu się maszyną.

Protezy są najbardziej popularnymi elementami, które mogą zastąpić części organizmu ludzkiego. Protezowanie kończyn górnych stanowi bardzo skomplikowany problem z uwagi na złożoność, różnorodność i precyzję wykonywanych rękami czynności. Konstrukcja sztucznej ręki i system jej sterowania muszą umożliwiać chwytanie dowolnego przedmiotu z dużą dokładnością, dynamiką i odpowiednią siłą. Zastosowanie protezy lub innych aparatów ortopedycznych wiąże się z rozpoznaniem możliwości i potrzeb każdego pacjenta. Przy projektowaniu i wytwarzaniu protez wykorzystuje się zasady sterowania ruchem układu mięśniowego, polegające na współdziałaniu mechanizmów fizjologicznych z mechanizmami protez i ich układem sterującym. Zastosowanie protezy lub innych urządzeń ortopedycznych związane jest z indywidualnymi możliwościami i potrzebami ruchowymi pacjenta.

Ludzka ręka jest kontrolowana dzięki nerwowym rozkazom kierowanym z centralnego do peryferyjnego systemu nerwowego. Kontrolując i odpowiednio modulując fale mózgowo, które następnie odczytywane są przez czujnik przekładający te sygnały na polecenia dla protezy, człowiek jest w stanie sterować ruchami protezy za pomocą myśli. Proteza-ręka musi być łatwo sterowalna przy małym zużyciu energii. Nie może także emitować nadmiernego hałasu.

---

<sup>7</sup> Magdalena Kielich, I Akademyckie Liceum Ogólnokształcące w Gdyni.



Budowa sztucznej ręki i jej organizacja muszą umożliwiać chwytnie dowolnego przedmiotu z dużą dokładnością, dynamiką i odpowiednią siłą w sposób zsynchronizowany przez niezależny ruch palców i kciuka.



Rys. 1. Bioniczna proteza ręki

Źródło: <http://www.cando.scot/case-studies/touch-bionics/>.

Jednym z przykładów protezy kończyny górnej jest proteza, która jest nakładką z czujnikami odbierającymi sygnał z mięśni kikutu i przekazującymi polecenia do urządzenia. Jest to najnowocześniejsze rozwiązanie w dziedzinie protezowania kończyn górnych. Każdy palec jest zasilany osobnym silnikiem. Dzięki temu oraz dzięki wyposażeniu palców w specjalne czujniki siła uchwytu jest dostosowywana dla każdego palca niezależnie. Jest to pierwsze rozwiązanie, które umożliwia poruszanie każdym z palców oddzielnie. Proteza ta wyposażona jest w system posiadający funkcję uczenia się typowych zachowań użytkownika. Służy do tego oprogramowanie, które zainstalowane na komputerze, komunikuje się z protezą przy pomocy technologii Bluetooth [2].

Innym modelem protezy jest inteligentna proteza, która naśladuje ruchy prawdziwej dłoni ludzkiej i pozwala pacjentowi odbierać wrażenia dotykowe. W urządzeniu tym elektrody przyczepiane są do skóry kikutu oraz dodatkowo wszczepiane pod skórę. Mogą one owijać się wokół nerwów, przekazując impulsy do silniczków poruszających ręką. Na uwagę zasługuje również to, że kończyna odbiera impulsy dotykowe. Aby było to możliwe, naukowcy opracowali mapę

sensoryczną kikuta. Według nich na skórze kikuta znajdują się miejsca, które, odpowiednio pobudzone, powodują odczuwanie wrażeń fantomowych, np. z amputowanych palców. Po określeniu mapy sensorycznej kikuta, odebraniu bodźców ze sztucznych palców przez sensory oraz po ich analizie skóra jest naciskana w odpowiednim miejscu, co daje wrażenie dotyku w palcach.

**Poza protezami jako zastępniki kończyn górnych wykorzystuje się bioniczną rękę.**

Na zdjęciu przedstawiona jest 26-letnia Claudia Mitchell, która została czwartą osobą i pierwszą kobietą wyposażoną w bioniczną rękę. Ramię zostało zaprojektowane przez naukowców Instytutu Rehabilitacji w Chicago [10].



Rys. 2. Claudia Mitchell z bioniczną protezą ręki

Źródło: <https://www.engadget.com/2006/09/14/first-woman-gets-bionic-arm/>.

Bioniczna ręka różni się od protez tym, że końcówki nerwów w ręce pacjenta połączone są chirurgicznie z mięśniami znajdującymi się na klatce piersiowej. Gdy osoba chce poruszyć sterowaną cyfrowo ręką, impuls z barku „przechodzi” do tych mięśni. Specjalne czujniki przymocowane do mięśni klatki piersiowej i elektroniczny układ w protezie natychmiast wychwytyują ich natężenie, przekazując sygnał do silniczków, które wprawiają w ruch protezę. Tylko protezy

bioniczne są w stanie wykorzystywać technikę przekazywania sygnału „od mózgu do ręki” i „docenić” istniejące połączenia nerwowe amputowanych kończyn. Każda z części protezy: łokieć, przegub, bark, kość barkowa i dłoń – ma własny silnik. Gdy osoba chce zacisnąć dłoń, polecenie z mózgu przekazywane nerwami w formie impulsów elektrycznych „biegnie” do mięśni na klatce piersiowej. Te kurczą się, a przymocowane czujniki odbierają ich pole elektryczne, by przesłać je do specjalnego wzmacniacza, a następnie cyfrowego przetwornika sygnałów. Przetwornik interpretuje sygnał i wysyła polecenie, np. do silnika dłoni, który powoduje jej zaciśnięcie. Wszystko to trwa ułamek sekundy [3].



Rys. 3. Proteza skorupowa

Źródło: <http://www.zsoirkorfantow.pl/protetyka-ortopedyczna/protezy-kończyn-dolnych/protezy-po-amputacji-w-obrębie-uda/>.

Kolejnymi istotnymi częściami ciała, które jesteśmy w stanie zastąpić, są kończyny dolne. Protezy kończyn dolnych dzielimy na protezy skorupowe i modularne. Protezy skorupowe stosowane są dość rzadko. Występują one u pacjentów, u których niedorozwinięta bądź uszkodzona kończyna jest na tyle sprawna, że może stanowić wewnętrzny częściowy szkielet protezy. W innym wypadku proteza ta ma pełnić funkcję jedynie kosmetyczną.

Protezy modularne można stosować na wszystkich wysokościach przeprowadzonej amputacji. Konstrukcja modularna pozwala na lepsze odtworzenie wyglądu zewnętrznego kończyny, co przekłada się również na podwyższenie komfortu noszenia. Protezy modularne, z uwagi na możliwość zastosowania lepszych mechanizmów, przyczyniają się także do wzrostu bezpieczeństwa użytkowania i poprawę funkcji motorycznych kończyny [8].





Rys. 4. Proteza modularna

Źródło: <http://www.protoma.pl/informacje/proteza-podudzia>.

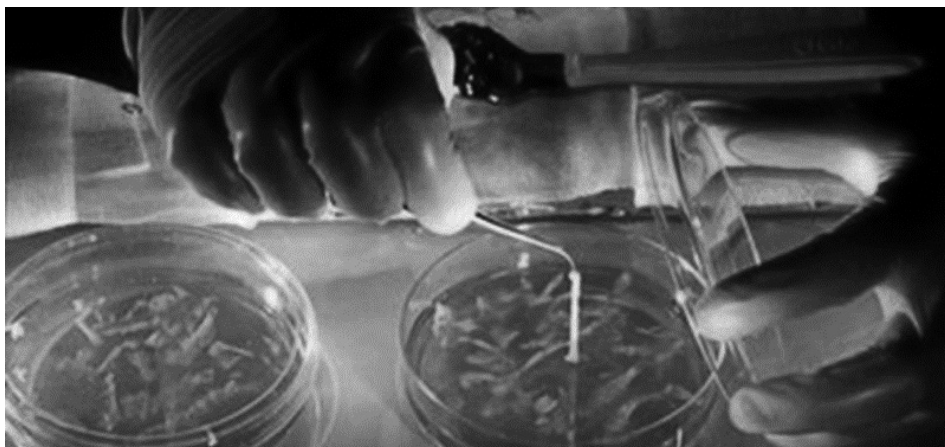
Materiał, który zastosowali, czyli poli(dimetylosilosan), na początku miał bardzo długi czas powrotu swoich molekuł do pierwotnego ułożenia. Aby rozwiązać ten problem, naukowcy zaproponowali pokrycie polimeru mikrowłóknami o piramidalnej strukturze. Mikrowłókna te są stukrotnie cieńsze od ludzkiego włosa, a ich przewodnictwo elektryczne zmienia się pod wpływem zmiany temperatury. Oprócz tego reagują na dotyk zmianą swojej struktury, co w konsekwencji prowadzi do tego, że sztuczna skóra potrafi mierzyć siłę nacisku. Pod warstwą mikrowłókien znajduje się kolejna, wyposażona w zaprojektowane obwody elektryczne, które są w stanie przetwarzać sygnał otrzymywany z mikroczipów i zamieniać go na impulsy elektryczne zrozumiałe dla naszego układu nerwowego. Jednakże projekt ten wymaga udoskonalenia, po-

Już w trakcie tworzenia kształt protezy jest upodabniany do kończyny ludzkiej. Następnie protezę powleka się materiałem, a na koniec tworzywem, przez co staje się ona nie do odróżnienia od prawdziwych kończyn ludzkich. Tworzona aktualnie sztuczna skóra ma pełnić funkcje estetyczną, ale także, co ważniejsze, ma być materiałem, który byłby w stanie zmieniać uczucie dotyku na zrozumiały dla naszego układu nerwowego sygnał elektryczny.

Pani profesor Boa i jej zespołowi z Uniwersytetu Stanforda udało się stworzyć prototyp sztucznej skóry o takich właściwościach. Posiada on trzy kluczowe cechy:

- jest elastyczny i rozciągliwy,
- jest w stanie zmierzyć takie parametry jak siła nacisku na obiekt i jego temperatura.

Potrafi zamienić te informacje w sygnał zrozumiany dla naszego układu nerwowego.



Rys. 5. Polimer będący podstawą sztucznej skóry

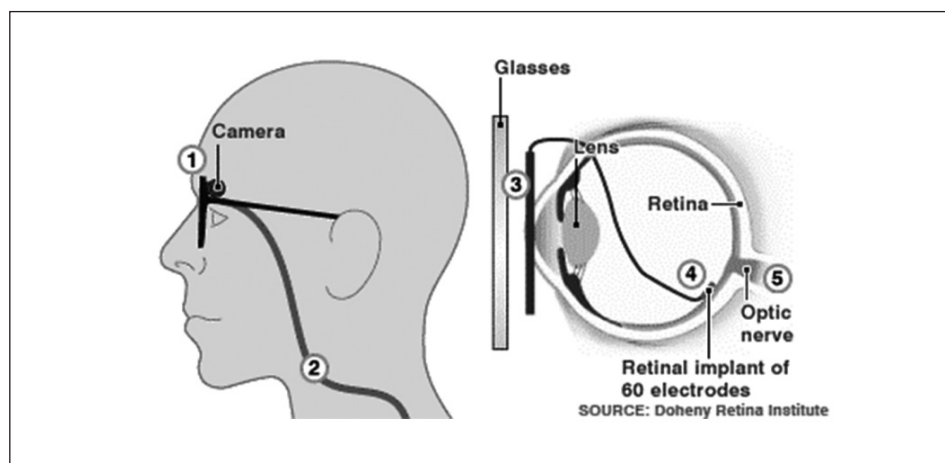
**Źródło:** <http://odkrywczy.pl/kat,111398,title,Polimer-jak-ludzka-skora,wid,15096251,wiadomosc.html?smg4sticaid=61a2a6>.

nieważ do poprawnego działania stworzony w ten sposób materiał wymaga napięcia 20 V.

Nad podobnym rozwiązaniem pracuje też profesor Ali Javey z Uniwersytetu w Berkeley w Kalifornii. Tworzona przez niego konstrukcja opiera się na szeregu tranzystorów połączonych nanokablami, które umieszczono pod powłoką wykonaną z przewodzącej elektryczność gumy. Takie rozwiązanie wymaga o wiele mniejszego napięcia, jednak nie jest aż tak precyzyjne jak powłoka profesor Boa i jej zespołu [5].

Oprócz zastępowania kończyn i skóry naukowcy opatentowali także zastępowanie kości implantami stworzonymi z tytanu. Jednakże implanty te były za ciężkie i za sztywne, przez co powodowały ścieranie się naturalnych kości. Peter Quadbeck wraz z kolegami z Instytutu Fraunhofer w Dreźnie opracował tytanowy materiał o gąbczastej strukturze, zainspirowanej przez równie gąbczastą strukturę kości. Porowaty implant jest elastyczniejszy niż lity, dzięki czemu bardziej przypomina kość. Ponadto łatwiej integruje się z tkanką kostną, która wrasta w puste przestrzenie implantu. By uzyskać gąbczasty tytan, specjaliści nasycili poliuretanową piankę roztworem zawierającym tytanowy proszek i czynniki wiążące. Gdy proszek przyłgął do pianki, piankę i czynnik wiążący odparowano. W ten sposób powstała tytanowa gąbka, utwardzona następnie za pomocą obróbki cieplnej [7].

Postęp w tej dziedzinie ukazuje także stworzenie struktur będących bionicznymi oczami, takich jak na przykład implant Argus II. Jest to pierwszy na świecie implant, który pozwala na czytanie osobom niedowidzącym, głównie z powodu retinopatii barwnikowej. Ta proteza oka powstała w laboratoriach Second Sight. W pierwotnej wersji bioniczny system przywracał wzrok w bardzo podstawowej formie, ale najnowsza jego wersja umożliwia także rozpoznanie liter i cyfr. Składa się on z dwóch elementów. Pierwszy to implant siatkówkowy, który łączy się ze zniszczoną przez chorobę siatkówką naturalną. Drugi element to kamera zamocowana na okularach noszonych przez pacjenta. Elementy połączone są ze sobą bezprzewodowo. Obraz z kamery przesyłany jest do implantu, a tam 60 elektrod pobudza wciąż sprawne komórki siatkówki, by wysyłały do nerwu wzrokowego informacje o obrazie [6].

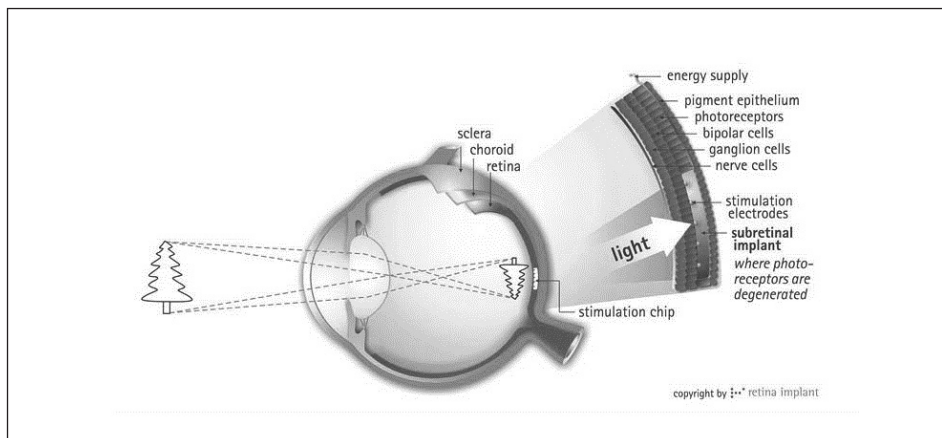


Rys. 6. Argus II

Źródło: <http://haynepolskaa.blogspot.com/2014/04/argus-ii-sztuczne-oko.html>.

Innym implantem oka jest stworzony przez zespół niemieckich naukowców z uniwersytetu okulistycznego w Tübingen implant podsiatkówkowy o nazwie Alpha IMS. Potrafi on rozpoznawać m.in. emocje na ludzkich twarzach, umożliwia widzenie niewielkich przedmiotów, jak telefon i sztuczce, oraz rozróżnia jasność obiektu. Niestety, na obecnym etapie nie odróżnia kolorów. Chip umieszczany tuż pod siatkówką zawiera mikrofotodiody, które wykrywają światło i przetwarzają je w prąd elektryczny, który z kolei stymuluje komórki

zwojowe siatkówki. Zasilanie wewnętrzne potrzebne do funkcjonowania układu jest realizowane za pomocą akumulatorów [1].



Rys. 7. Alpha IMS

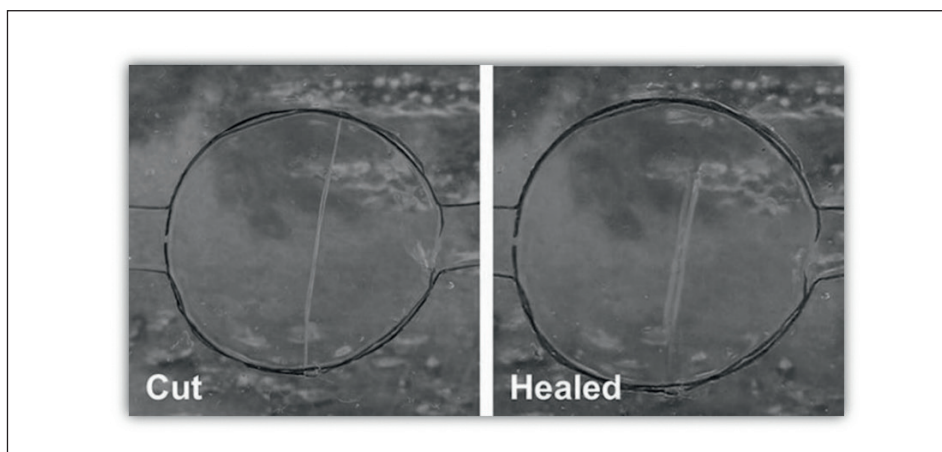
Źródło: <https://beyondthedish.wordpress.com/tag/alpha-ims-implant/>.

Rozwój tej dziedziny nauki jest bardzo dynamiczny i pozwala na zastępowanie implantami coraz większej liczby organów i fragmentów ludzkiego ciała. Warto wymienić następujące, coraz częściej stosowane implanty:

- sztuczna nerka,
- syntetyczne naczynia krwionośne,
- sztuczne płuco,
- elektroniczna krtań,
- sztuczne serce,
- tytanowe płytki usztywniające kręgosłup,
- krążki z włókien sztucznych w czaszce,
- syntetyczna trzustka,
- implanty ślimakowe,
- implanty w mózgu.

Jednakże, aby móc tworzyć takie zastępniki, potrzebne jest odkrywanie nowych wielofunkcyjnych tworzyw i materiałów, takich jak na przykład materiał Wolverine'a. Stworzyli go badacze z Uniwersytetu Kalifornijskiego w Riverside. Przypomina on miękką gumę i może rozciągać się na długość 50 razy większą niż początkowa, a po przecięciu zasklepia się w ciągu doby oraz jest przezroczysty.

Ponadto reaguje na sygnały elektryczne i mogą przez niego przepływać jony. Powstał z połączenia zjonizowanego roztworu soli i rozciągliwego polimeru. Może być wykorzystany jako zasilacz syntetycznych mięśni, ale również może usprawnić pracę bioczuJNIKÓW oraz poprawić pracę baterii, urządzeń elektronicznych i robotów.



Rys. 8. Samoleczący się materiał

Źródło: <https://ucrtoday.ucr.edu/43181>.

Co najważniejsze, naukowcy byli w stanie wykazać, że możliwość samoleczenia nowego materiału może naśladować gojenie ran. Po przecięciu części materiału na dwa oddzielne elementy materiał zregenerował się bez wysyłania bodźców zewnętrznych i wrócił do tego samego poziomu wydajności jak przed cięciem. Materiał ten naukowcy chcą wykorzystać m.in. do tworzenia całych zestawów sztucznych mięśni i sztucznej skóry [9].

## Bibliografia

1. Alpha IMS Vision Restoring Wireless Retinal Implant Now Cleared in Europe. W: *Medgadget* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <https://www.medgadget.com/2013/07/alpha-ims-vision-restoring-wireless-retinal-implant-now-cleared-in-europe-video.html>. Stan z dnia 8.03.2018.
2. Argus II – sztuczne oko. W: *HAYNE : technologia dla optyki* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <http://haynepolskaa.blogspot.com/2014/04/argus-ii-sztuczne-oko.html>. Stan z dnia 8.03.2018.

3. Bioniczna proteza ręki I-Limb. W: *VIGO : Helping People Move On* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <http://www.vigo-ortho.pl/pl-PL/content/bioniczna-proteza-reki-i-limb/110/>. Stan z dnia 8.03.2018.
4. Bioniczne oko szansą dla ludzi z poważnymi wadami wzroku. „Widzą” nawet z zamkniętymi oczami. W: *TVP INFO* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <http://www.tvp.info/20931941/bioniczne-oko-szansa-dla-ludzi-z-powaznym-wadami-wzroku-widza-nawet-z-zamknietymi-oczami>. Stan z dnia 8.03.2018.
5. DOMAŃSKI Tomasz. To będzie rewolucja. Naukowcy pracują nad sztuczną skórą rodem z Westworld. W: *Spider's Web : Blog Blisko Technologii* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <https://www.spidersweb.pl/2017/03/sztuczna-skora.html>. Stan z dnia 8.03.2018.
6. KAMIŃSKI Mariusz. Bioniczne oko coraz doskonalsze. Nauka pomaga odzyskać wzrok! W: *Gadzetomania* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <https://gadzetomania.pl/3736,bioniczne-oko-coraz-doskonalsze-nauka-pomaga-odzyskac-wzrok>. Stan z dnia 8.03.2018.
7. Kości z tytanu. W: *Medonet: zdrowie w Twoich rękach* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <http://www.medonet.pl/zdrowie/wiadomosci,kosci-z-tytanu,artykul,1626695.html>. Stan z dnia 8.03.2018.
8. KOZŁOWSKI Mateusz. Modelowanie i analiza właściwości mechanicznych protezy nogi. W: *Tomasz Stręka Home Page* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <http://www.strek.strefa.pl/students/mes/pinz140211-mk.pdf>. Stan z dnia 8.03.2018.
9. MOSKAL Wojciech. Naukowcy dorównali Hollywood. Stworzyli materiał, który sam się goi jak superbohater Wolverine. W: *Gazeta Wyborcza* [Dokument elektroniczny]. 3 stycznia 2017. Tryb dostępu: <http://wyborcza.pl/7,75400,21198253,tytez-zostaniesz-wolverinem.html?disableRedirects=true>. Stan z dnia 8.03.2018.
9. MELANSON Donald. First woman gets bionic arm. W: *Engadget* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <https://www.engadget.com/2006/09/14/first-woman-gets-bionic-arm/>. Stan z dnia 8.03.2018.
10. NADOLSKI Kamil. Części zamienne człowieka. *Sekrety Medycyny*. 2017, nr 4, s. 52-59. ISSN 2083-5825.
11. Technische Universität Dresden [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: [https://cfaed.tu-dresden.de/news\\_reader/cfaed-distinguished-lecture-prof-zhenan-bao-skin-inspired-organic-electronic-materials-and-devices](https://cfaed.tu-dresden.de/news_reader/cfaed-distinguished-lecture-prof-zhenan-bao-skin-inspired-organic-electronic-materials-and-devices). Stan z dnia 8.03.2018.

## Nanotechnologia i technologia we współczesnej medycynie

Co to jest nanotechnologia i jakie korzyści nam przynosi? Do czego może nam posłużyć? Na te i wiele innych pytań znajdziecie odpowiedź w dalszej części pracy.

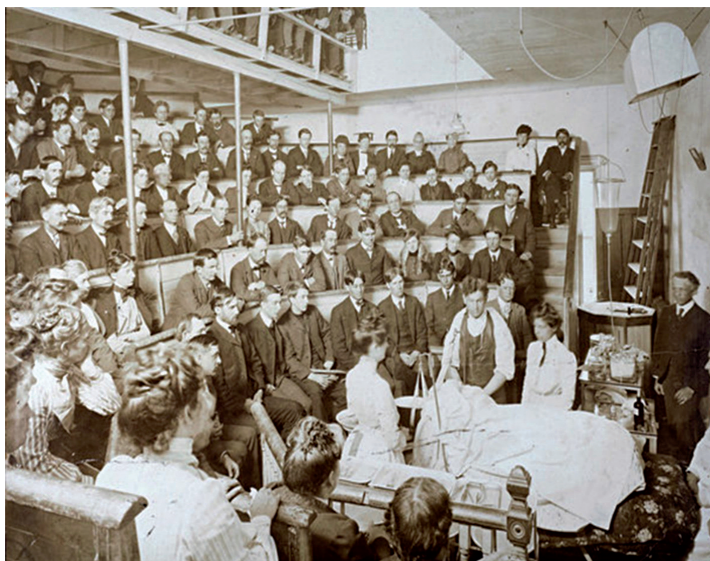
Zacznijmy od samego początku, czyli od wielkiej rewolucji przemysłowej. Cofnijmy się do roku 1900. Lekarze nie znają dokładnej anatomii naszego ciała, pracują na sprzętach analogowych, operują na salach oświetlonych lampą gazową, a do tego przebywa na nich dużo osób [1]. Zapewne nie było to komfortowe. Oprócz tego pacjent jest skazany na duże prawdopodobieństwo zarażenia się drobnoustrojami. Są to przyczyny niskiej przeżywalności operacji w tamtym czasie. Medycyna nie mogłaby się rozwijać bez możliwości, jakie przyniosła nam rewolucja. Dzisiaj nie wyobrażamy sobie sytuacji, kiedy idziemy do lekarza, a on nie zna naszej budowy organizmu. Współcześnie sale mogą przypominać statki kosmiczne. Medycyna wciąż 100 lat rozwinęła się znacząco. Lekarze mają możliwość pracowania na najnowszych sprzętach diagnostycznych, monitorujących nasze czynności życiowe, a ponadto mają dostęp do sprzętów podnoszących przeżywalność. Współcześnie techniki leczenia idą do przodu w tak szybkim tempie, że niedługo możemy spodziewać się urządzenia diagnostycznego na miarę triconder<sup>9</sup>. Różnice w wyglądzie sal operacyjnych dawniej a dzisiaj doskonale oddają te dwa zdjęcia.

---

<sup>8</sup> Marta Lamkiewicz, I Akademyckie Liceum Ogólnokształcące w Gdyni.

<sup>9</sup> Triconder – skaner całego organizmu w formie komórki telefonicznej.





Rys. 1. Dawna sala operacyjna

**Źródło:** Stanley B. Burns, MD/Burns Archive. Cit per: <http://www.burnsarchive.com/operative-scene.s.html>,



Rys 2. Współczesna sala operacyjna

**Źródło:** <http://bi.gazeta.pl/im/e3/73/10/z17248995V,Szpital-w-Brzezinach.jpg>.



Wracając do pytań, nanotechnologia jest to umowna nazwa na technologii używanych w skali nano. Struktury te są na poziomie pojedynczych atomów lub cząsteczek. Rozmiary nie są do końca sprecyzowane. Już teraz potrafimy budować małe urządzenia zwane nanobotami. Nanoboty zostały stworzone do wykonywania specyficznych zadań. W zależności od wykonywanej pracy dany nanobot przybrałby różną formę. Jednym z zadań, jakie miałyby wykonywać, jest przenoszenie cytostatyków<sup>10</sup> do komórek nowotworowych. Ponadto są w stanie określić typ bakterii, jaki nas zaatakował, za pomocą markerów białkowych. Warto jednak pamiętać, że jest to robot. A jak każdy robot, składa się m.in. z zasilacza, czujników, manipulatorów, komputerów pokładowych. W odróżnieniu od tradycyjnych komputerów jest tak mały, że z łatwością przecięnie się przez najcieńsze naczynia układu krwionośnego człowieka. Ponieważ nanobot będzie musiał poruszać się czasami przeciwnie do kierunku przepływu krwi, naukowcy muszą wyposażyć go w układ napędowy. Nanobot byłby napędzany glukozą i tlenem. Tych składników w naszej krwi jest najwięcej, więc organizm nie odbierałby tego jako ciała obcego. Stworzenie nanometrowego silnika wydaje się jednym z mniej abstrakcyjnych pomysłów. Pierwsze próby skonstruowania takiego nanobota odniosły sukces. Sama idea nanobotów przywędrowała do nas ze Stanów Zjednoczonych. Polscy naukowcy również pracują na tym polu. Profesorowi Tomaszowi Ciachowi, naukowcowi z Politechniki Warszawskiej, udało się stworzyć nanobota, który rozpoznaje komórki rakowe i przenosi cytostatyki prosto do komórek nowotworowych [4]. Takie rozwiązanie nie niesie za sobą skutków ubocznych takich jak tradycyjne leczenie.

Należy postawić sobie pytanie, po co człowiek miałby konstruować coś tak małego? Otóż takie małe urządzenie może znacznie usprawnić diagnostykę. W taki sposób dochodzimy do kolejnej kwestii wartej omówienia, którą jest nanodiagnostyka. Nanodiagnostyka to nic innego jak diagnostyka w skali nano. Diagnostyka z wykorzystaniem nanobotów ma sens, sprawia bowiem, że lekarz może mieć dostęp do informacji o stanie pacjenta przez cały czas. Za pomocą akustycznego transmitera mógłby być sterowany przez lekarza specjalistę. Zdobytą w ten sposób informacja przy wykorzystaniu nanobota diagnostycznego znacznie usprawniłaby diagnostykę [3]. Jeżeli napotka on w naszym organizmie niepożądane substancje, za pomocą transmitera wyśle natychmiast do

---

<sup>10</sup> Cytostatyki są to leki, które mogą być pomocne w leczeniu nowotworów, takich jak rak trzustki.

lekarza specjalisty wiadomość o drobnoustroju, którego spotkał. Dzięki temu lekarz szybciej może rozpocząć odpowiednie leczenie, co podniesie szanse całkowitego wyleczenia.

Sam sposób ich działania jest prosty: wykrywają one odpowiednie związki chemiczne w krwi chorej osoby charakterystyczne dla danego typu drobnoustroju. Najczęściej są to markery węglowe. Oprócz tego nanotechnologia oferuje nam coś takiego jak Wearables. Jest to mierzenie jakości życia za pomocą magnetycznych opasek z zamontowanym wewnątrz komputerem pokładowym. Wykorzystywany jest nie tylko do kontrolowania wskaźników medycznych. Stosowane mogą być nie tylko przez fanatyków zdrowia, ale również przez osoby przewlekle chore. Dzięki takiemu rozwiązaniu lekarz ma dostęp do informacji o pacjencie cały czas. Ma wgląd do naszych procesów życiowych przez całą dobę. Pomoże to w lepszym zrozumieniu przebiegu choroby i dostosowaniu odpowiedniego leczenia dla indywidualnego przypadku.

Przedstawione wyżej korzyści nie są jedynymi, jakie gwarantuje nam nanotechnologia. Kolejnym z nich jest zastąpienie uszkodzonego narządu nowym. Chodzi tutaj o tworzenie sztucznych narządów nanowłóknami. Nanowłókna zaaplikowane w odpowiednie miejsce organizmu mogą stać się rusztowaniem do odbudowy takich narządów jak trzustka, wątroba, a nawet serce. Przedstawiona metoda łączy wykorzystanie nanotechnologii z inną wielką nadzieją medycyny, którą są komórki macierzyste [3]. Rusztowania te są zbudowane z biodegradowalnego materiału i wchłanialnego przez organizm. Nanowłókna mają kolejne zastosowanie jako sposób naprawy złamanej kości. Zostały użyte jako rusztowanie do ich odbudowy. Aplikacja takiego „zestawu naprawczego” w miejsce ubytku kostnego ułatwia osiedlanie się osteocytów<sup>11</sup>, a przez to szybszą regenerację tkanki. Metoda ta może być w przyszłości powszechnie wykorzystywana w przypadku złamań kości, ale i konieczności odbudowy organów miękkich [3]. Oprócz tego jesteśmy w stanie zbudować samoorganizacyjne nanorurki nazwane później przez amerykańskich naukowców nanoszkieletem. Nadają się one do pokrywania implantów. Wszczepy tradycyjnie stosowane w medycynie nie przylegają dobrze do powierzchni tkanek lub stawów. Dzięki swoim niewielkim rozmiarom nanorurki perfekcyjnie wyrównują nierówności białkowe, a na dodatek są obojętne dla organizmu, zatem nie występuje ryzyko odrzutu [3]. Jednak największą nadzieją związaną z nanotechnologiami jest

---

<sup>11</sup> Osteocyty są to komórki macierzyste kości, osiedlają się w miejsce ubytku kostnego.

nanoknife. Polega on na unieszkodliwianiu komórek rakowych przez impulsy elektromagnetyczne bez uszkodzeń komórek pacjenta. Nie prowadzi to do skutków ubocznych w postaci nudności, łysienia czy anemii. W wyniku zastosowania odpowiedniego napięcia otwarcie porów powoduje nieodwracalne uszkodzenie komórek, które obumierają, a ich pozostałości są usuwane przez układ chłonny. Procedura jest wykonywana w znieczuleniu ogólnym i wymaga pełnego zwiótczenia mięśni [2]. Jak widać, nanotechnologia przynosi nam szeroki wachlarz możliwości wykorzystania jej w różnych dziedzinach. W życiu często nasz pomysł ma swoje wady i zalety. Także i tutaj możemy je znaleźć. Mamy tutaj zestawienie kilku z nich.

Tab. 1. Zalety i wady nanotechnologii

Zalety	Wady
Szybsza pomoc	Kosztowne leczenie
Lepsze rozpoznanie choroby	Faza badań klinicznych
Większe prawdopodobieństwo całkowitego wyleczenia	Nie wynaleziono jeszcze najdogodniejszej formy leczenia

**Źródło:** opracowanie własne.

Dlaczego takie? Szybsza pomoc wynika z dostępu lekarza do informacji o pacjencie przez cały czas. Może on w odpowiednim momencie rozpocząć leczenie. A co za tym idzie, aby wszcząć odpowiednie leczenie, musi mieć dobre rozpoznanie choroby. Widać tutaj kolejną korzyść, którą jest lepsza diagnoza. Jak wiadomo, im szybciej zostanie postawiona diagnoza, tym szybsza możliwość na podjęcie leczenia przed rozwinięciem się choroby. Dzięki temu wzrasta prawdopodobieństwo całkowitego wyleczenia. Jednak nanotechnologia ma też swoje minusy. Jednym z najważniejszych jest kosztowne leczenie. Koszty leczenia są wysokie ze względu na sposób produkcji pod mikroskopem elektronowym. Ponadto nie wiemy, jak chcemy aplikować je do naszego organizmu. Nie możemy znaleźć odpowiedniej formy poddania, nie wiemy, czy ma to być zastrzyk dożylny, czy tabletkę powlekaną. Ponadto nie wiemy, jak zachowują się nanoroboty w naszym organizmie. Dlatego są wciąż w fazie badań klinicznych. Jednak pierwsze próby na zwierzętach okazały się sukcesem i nie zaobserwowano nawrotów choroby. Jeśli pierwsze próby na ludziach się powiodą, nanoboty zostaną nowym sposobem leczenia. Jak widać, technologie znacznie usprawniły

i wykreowały współczesną medycynę. A nanotechnologie są przyszłością współczesnej medycyny i polem badań dla przyszłych naukowców

## Bibliografia

1. GERSCHM Przemysław. Patrząc na to, jaki skok wykonała medycyna, to smutne, z jakimi problemami nie potrafimy sobie poradzić. W: *Spider's Web* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <https://www.spidersweb.pl/2014/09/medycyna-gigantyczny-skok.html>. Stan z dnia 12.12.2017.
2. *Nanotechnologia w walce z nowotworem. Leczenie NanoKnife* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: [http://www.optimedpro-office.eu/nanoknife/?page\\_id=18](http://www.optimedpro-office.eu/nanoknife/?page_id=18)[http://www.optimedpro-office.eu/nanoknife/?page\\_id=18](http://www.optimedpro-office.eu/nanoknife/?page_id=18). Stan z dnia 12.12.2017.
3. POWĘSKA Marcin. Nanotechnologia w medycynie: miniaturowe roboty naprawią cię od środka. W: *Interia.tech* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <http://nt.interia.pl/raporty/raport-medycyna-przyszlosci/medycyna/news-nanotechnologia-w-medycynie-miniaturowe-roboty-naprawia-cie-,nId,768823>. Stan z dnia 12.12.2017.
4. SKUBIS Aleksandra. Nanotechnologia w medycynie. W: *E-biotechnologia.pl* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <http://www.e-biotechnologia.pl/Artykuly/Nanotechnologia-w-medycynie/>. Stan z dnia 12.12.2017.

# Rozpoznawanie emocji na zdjęciach i filmach przy zastosowaniu sztucznej inteligencji

## Wprowadzenie

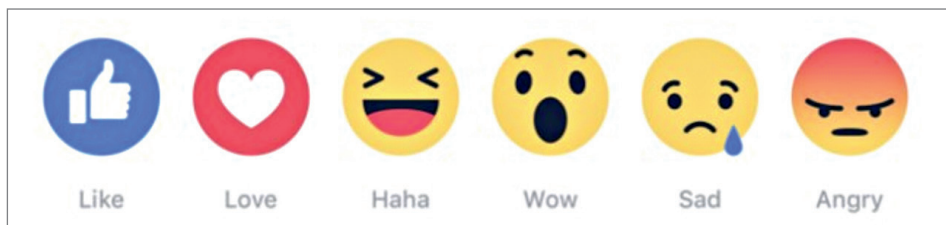
Emocje spełniają ważną funkcję w procesach samoregulacji i komunikacji z otoczeniem. Są istotnym nośnikiem informacji, które wykorzystują również media i firmy społecznościowe, takie jak Google, Microsoft, Facebook. Obecnie algorytmy stosowane w badaniach pozwalają na wykrywanie emocji, takich jak złość, pogarda, obrzydzenie, strach, szczęście, obojętność, smutek i zaskoczenie. Emocje te rozumiane są jako międzykulturowe i komunikowane przez określoną, uniwersalną mimikę twarzy. Badania te mogą być także wykorzystywane na lotniskach i ulicach miast, a także pomagać w diagnostyce chorób, np. depresji, chorobie Aspergera, schizofrenii, stwardnieniu zanikowym bocznym i rozsianym, autyzmie, w procesie psychoedukacji osób chorujących na schorzenia psychiczne i neurologiczne oraz w więziennictwie. W niniejszej pracy poruszona została kwestia rozpoznawania mimiki przez sztuczną inteligencję.

## Rola emocji w naszym życiu

Emocje odgrywają ważną rolę w procesach samoregulacji i komunikacji z otoczeniem. Od nich zależy nasze samopoczucie, doznania i wrażenia. Wpływają one na motywację i poziom realizacji zadań. Są istotnym nośnikiem informacji, na podstawie których można próbować przewidzieć nasze zachowanie. Takie informacje wykorzystują również media i platformy społecznościowe, takie jak Google, Microsoft i Facebook (rys. 1).

---

<sup>12</sup> Dagna Szwaba, kl. VII, Szkoła Podstawowa Towarzystwa Edukacyjnego Vizja w Gdańsku.



Rys. 1. Ikony przedstawiające emocje (Facebook)

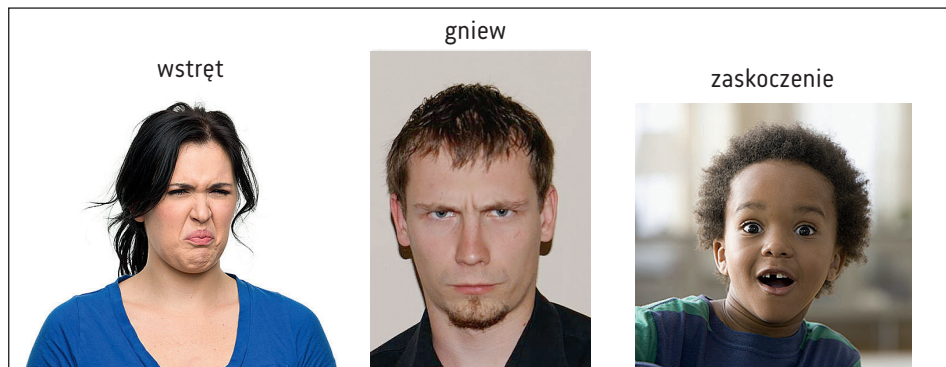
Źródło: <https://nowymarketing.pl/a/7197,wiemy-juz-jak-beda-wygladaly-nowe-przyciski-na-facebooku>.

## Czym jest dziś sztuczna inteligencja?

Mózg to rezultat wielu lat ewolucji i złożonych procesów chemicznych. Uważamy, że ten wspaniały organ, aby zapewnić przetrwanie i przewagę jego właścicielowi w świecie przyrody, posługuje się inteligencją, czyli zdolnością rozumienia, uczenia się oraz wykorzystywania posiadanej wiedzy i umiejętności w różnych sytuacjach, a także ze samoświadomością [1]. Natomiast sztuczna inteligencja to stworzony przez nas algorytm, który będzie posiadał podobne cechy jak nasz mózg.

## Łatwe do rozpoznania emocje

Obecnie algorytmy, stosowane w badaniach na podstawie analizy mimiki, pozwalają na wykrywanie ośmiu emocji, takich jak złość, pogarda, obrzydzenie, strach, szczęście, obojętność, smutek i zaskoczenie. Wybrane przykłady przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Zdjęcia przedstawiające różne emocje

Źródło: <https://azure.microsoft.com/pl-pl/services/cognitive-services/emotion/>.

## Gdzie są te emocje?

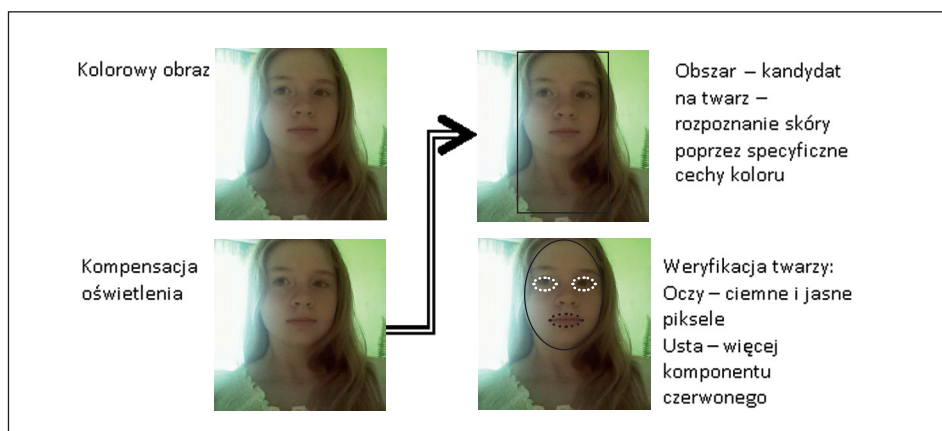
W celu rozpoznania emocji stosujemy algorytmy do wyszukiwania twarzy na obrazach.

Istnieje wiele metod, m. in.:

- algorytmy oparte na sieciach neuronowych – obliczenia sygnałów poprzez rzędy elementów, zwanych sztucznymi neuronami;
- porównanie do wzorca – obraz całkowity;
- uczenie maszynowe – analiza procesów uczenia się, które doskonalą swoje działanie na podstawie doświadczeń z przeszłości [1];
- vector boosting – metoda, dzięki której z dużej liczby słabych klasyfikatorów można otrzymać jeden lepszy, w kolejnych iteracjach trenuje się algorytm, a następnie mierzy błąd wszystkich dostępnych słabych klasyfikatorów. W każdej następnej iteracji „ważność” źle zakwalifikowanych obserwacji jest zwiększana, tak że te klasyfikatory zwracają na nie większą uwagę [3];
- analiza kolorów – szukanie charakterystycznych cech twarzy na kolorowych zdjęciach: kolor skóry, oczu, usta [2].

## Rozpoznawanie twarzy za pomocą analizy kolorów

Analiza kolorów, w której szukamy charakterystycznych cech twarzy na kolorowych zdjęciach: koloru skóry, oczu, ust, została zaprezentowana na rys. 3.



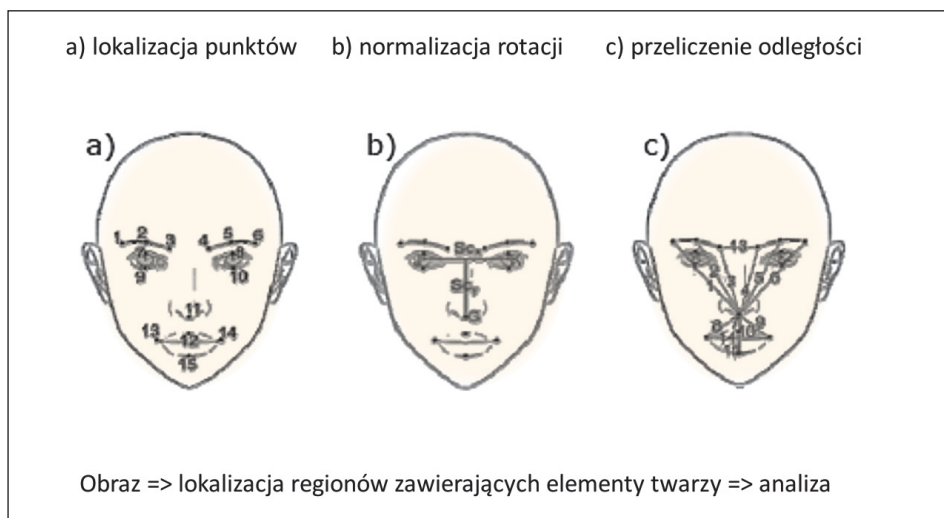
Rys. 3. Schemat rozpoznawania twarzy

**Źródło:** archiwum własne. Opracowanie na podstawie HSU Rein-Lien, ABDEL-MOTTALEB Mohamed, JAIN Anil K. Face detection in color images. IEEE Journals & Magazine [Dokument elektroniczny]. 2002, Vol. 24, Issue 5. Tyb dostępu: 10.1109/34.1000242. Stan z dnia 26.11.2017.

## Rozpoznawanie emocji na obrazach za pomocą sieci neuronowych

Wcześniej wspomniane podstawowe emocje: szczęście, złość, strach, pogarda, obrzydzenie, obojętność, smutek i zaskoczenie, są rozumiane jako międzykulturowe i komunikowane przez określoną uniwersalną mimikę [5].

Podejście antropometryczne – sieci neuronowe wykorzystują do uczenia się spreparowane pliki wzorcowe, wyrażające te podstawowe emocje. W sumie do wygenerowania bazy uczącej się potrzebnych jest co najmniej kilkaset zdjęć, przedstawiających osoby, wyrażające na kolejnych zdjęciach różne emocje. Jeden ze sposobów uczenia sieci neuronowej zaprezentowano poniżej (rys. 4 i 5).



Rys. 4. Normalizacja odległości w modelu antropometrycznym

**Źródło:** JARKIEWICZ Julia, KOCIELNIK Rafał. Rozpoznawanie emocji z twarzy – podejście antropometryczne. In Interfejs użytkownika – Kansei w praktyce 2009 [Dokument elektroniczny], s. 4. Tryb dostępu: [https://repin.pjwstk.edu.pl/xmlui/bitstream/handle/186319/129/kansei2009\\_Jarkiewicz\\_Kocielnik.pdf?sequence=1](https://repin.pjwstk.edu.pl/xmlui/bitstream/handle/186319/129/kansei2009_Jarkiewicz_Kocielnik.pdf?sequence=1). Stan z dnia 12.11.2017.





Rys. 5. Lokalizacja i analiza emocji w różnych obszarach twarzy

Źródło: <https://azure.microsoft.com/pl-pl/services/cognitive-services/emotion/>.

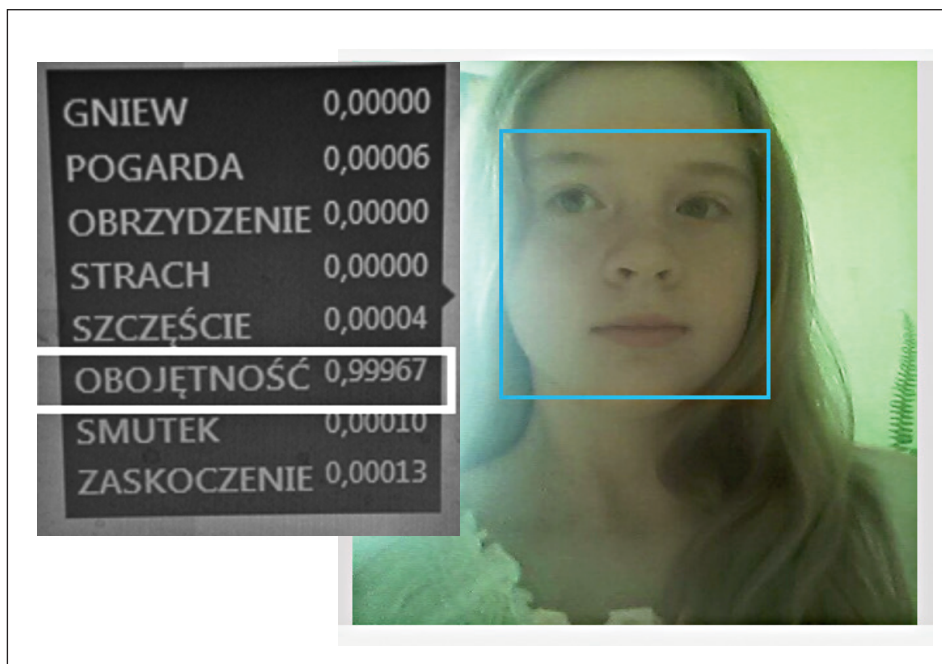
## Algorytm do rozpoznawania emocji

Interfejs API (Microsoft) rozpoznawania emocji jako dane wejściowe bierze mimikę na obrazie. API zwraca poziom pewności z zakresu zestawu emocji dla twarzy na obrazie oraz pole ograniczenia dla twarzy przy użyciu algorytmu rozpoznawania twarzy [5]. Rys. 6 przedstawia opisany proces. Wykrywane emocje to złość, pogarda, obrzydzenie, strach, szczęście, obojętność, smutek i zaskoczenie.

## Zastosowanie sztucznej inteligencji do badań

Badania nad rozpoznawaniem mimiki i mikroekspresji mogą mieć zastosowanie:

- w rekrutacji pracowników,
- dla bezpieczeństwa w transporcie, np. na lotniskach i ulicach miast,
- w diagnostyce chorób, np. depresji, chorobie Aspergera, schizofrenii, stwardnieniu zanikowym bocznym i rozsianym, autyzmie,



Rys. 6. Demonstracja działania algorytmu – MICROSOFT

Źródło: opracowanie na podstawie: <https://azure.microsoft.com/pl-pl/services/cognitive-services/emotion/>.

- w procesie psychoedukacji osób chorujących na schorzenia psychiczne i neurologiczne,
- w więziennictwie [1].

## Podsumowanie

Przedstawiono w dużym skrócie podstawy technik, na których bazują algorytmy w procesie samouczenia.

- Jak wiemy, uczenie się jest tylko jedną z cech inteligencji.
- Obecnie uczenie się SI jest głównym obszarem zainteresowań naukowców w dziedzinie IT.
- W przyszłości, być może, większe postępy w budowaniu SI zyska inne podejście niż to, które stosuje dział IT, tzn. biologiczny emulator mózgu [1].

## Bibliografia

1. BOSTROM Nick. *Superinteligencja. Scenariusze, strategie, zagrożenia*. Gliwice: Wydawnictwo Helion, 2016. ISBN 978-83-283-1934-9.

2. HSU Rein-Lien, ABDEL-MOTTALEB Mohamed, JAIN Anil K. Face detection in color images. *IEEE Journals & Magazine* [Dokument elektroniczny]. 2002, Vol. 24, Issue 5, s. 696-706. Tyb dostępu: DOI: 10.1109/34.1000242. Stan z dnia 26.11.2017.
3. HUANG Chang, HAIZHOU Ai, YUAN Li, SHIHONG Lao. Vector Boosting for Rotation Invariant Multi-View Face Detection. *IEEE International Conference*. 2005.
4. JARKIEWICZ Julia, KOCIELNIK Rafał. Rozpoznawanie emocji z twarzy – podejście antropometryczne. W: *Interfejs użytkownika – Kansei w praktyce 2009* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: [https://repin.pjwstk.edu.pl/xmlui/bitstream/handle/186319/129/kansei2009\\_Jarkiewicz\\_Kocielnik.pdf?sequence=1](https://repin.pjwstk.edu.pl/xmlui/bitstream/handle/186319/129/kansei2009_Jarkiewicz_Kocielnik.pdf?sequence=1). Stan z dnia 12.11.2017.
5. Rozpoznawanie emocji na obrazach. W: *Microsoft Azure* [Dokument elektroniczny]. Tryb dostępu: <https://azure.microsoft.com/pl-pl/services/cognitive-services/emotion/>. Stan z dnia 12.11.2017.

## Słowniczek pojęć

**ALGORYTM** – zbiór procedur w programie komputerowym prowadzący do rozwiązania postawionego zadania.

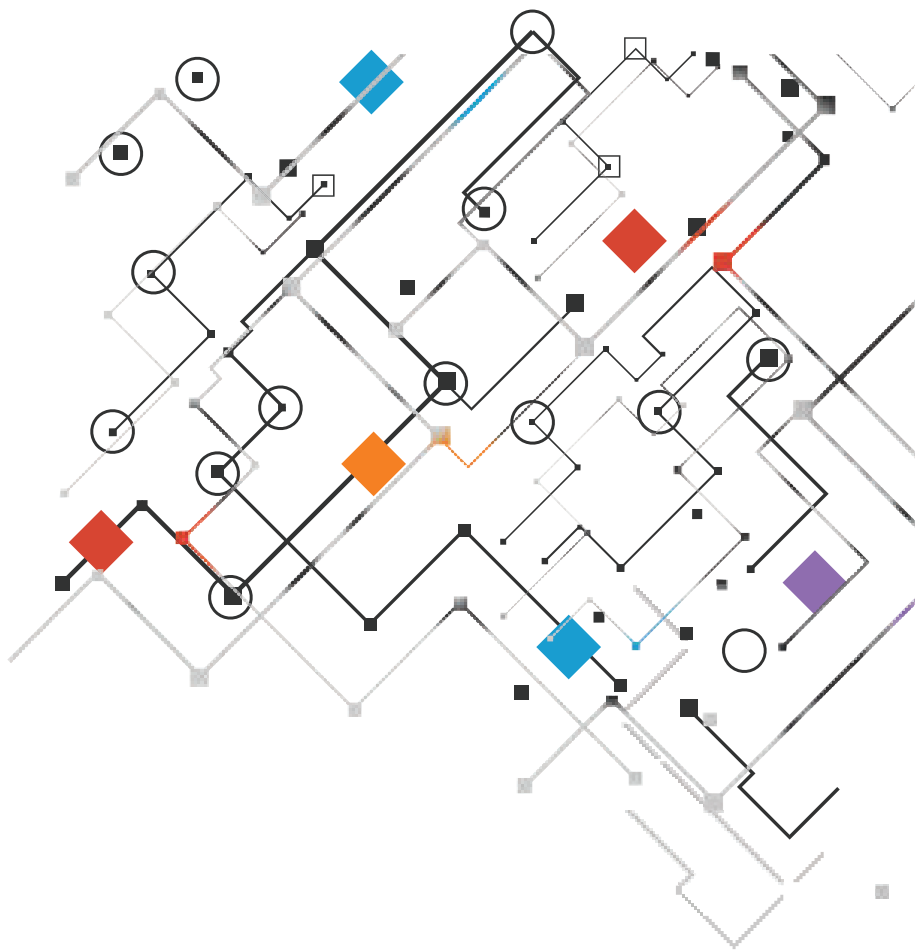
**SZTUCZNE NEURONY** – system przetwarzający sygnały (w sztucznej inteligencji) w podobny sposób do biologicznych neuronów.

**ITERACJA** – czynność wielokrotnego powtarzania tej samej instrukcji (albo wielu instrukcji) w pętli.

**KLASYFIKATOR** – funkcja, której wynikiem jest klasyfikacja badanej cechy.

**KOMPENSACJA** – redukcja silnych punktów oświetlenia tła.

**ANTROPOMETRIA** – zespół technik i metod pomiarowych umożliwiających ściśle badanie zróżnicowanych cech mierzalnych człowieka i ich zmienności w rozwoju osobniczym.



## Rozdział III

OKIEM FOTOREPORTERA.  
MIGAWKI Z KONFERENCJI

# INAUGURACJA I POMORSKIEJ UCZNIOWSKIEJ KONFERENCJI NAUKOWEJ „ZDOLNI Z POMORZA”



Krzysztof Trawicki, wicemarszałek województwa pomorskiego (fot. Beata Kwaśniewska)



Dr hab. inż. Marek Dzida, prorektor Politechniki Gdańskiej (fot. Beata Kwaśniewska)



Konferencję poprowadzili Paulina Nowak i Robert Olszewski (fot. Beata Kwaśniewska)



# INAUGURACJA I POMORSKIEJ UCZNIOWSKIEJ KONFERENCJI NAUKOWEJ „ZDOLNI Z POMORZA”



Prof. dr hab. inż. Krzysztof Goczyła  
(fot. Klaudia Malinowska)



(fot. Beata Kwaśniewska)



Od lewej: wicemarszałek województwa pomorskiego Krzysztof Trawicki, dyrektor Departamentu Edukacji i Sportu Adam Krawiec i kierownik referatu aktywizacji zawodowej i społecznej DES Dorota Gronaszewska-Babiańska  
(fot. Beata Kwaśniewska)



Julia Nowak z Gimnazjum Dwujęzycznego nr 53 w Gdańsku opowiedziała o sztucznej inteligencji i technologii w medycynie (fot. Uczniowska grupa promocyjna I PUKN „Zdolni z Pomorza”)



Kajetan Witkowski z II LO w Chojnicach opowiedział o kryptografii kwantowej (fot. Uczniowska grupa promocyjna I PUKN „Zdolni z Pomorza”)





Maurycy Czajka i Dawid Nowicki z I Akademijskiego Liceum Ogólnokształcącego w Gdyni przybliżyli wykorzystanie superkomputera w diagnozowaniu chorób (fot. Uczniowska grupa promocyjna I PUKN „Zdolni z Pomorza”)



Jakub Lewandowski z V LO w Gdańsku wygłosił referat pt. „Sztuczna inteligencja w prognozowaniu pogody” (fot. Uczniowska grupa promocyjna I PUKN „Zdolni z Pomorza”)

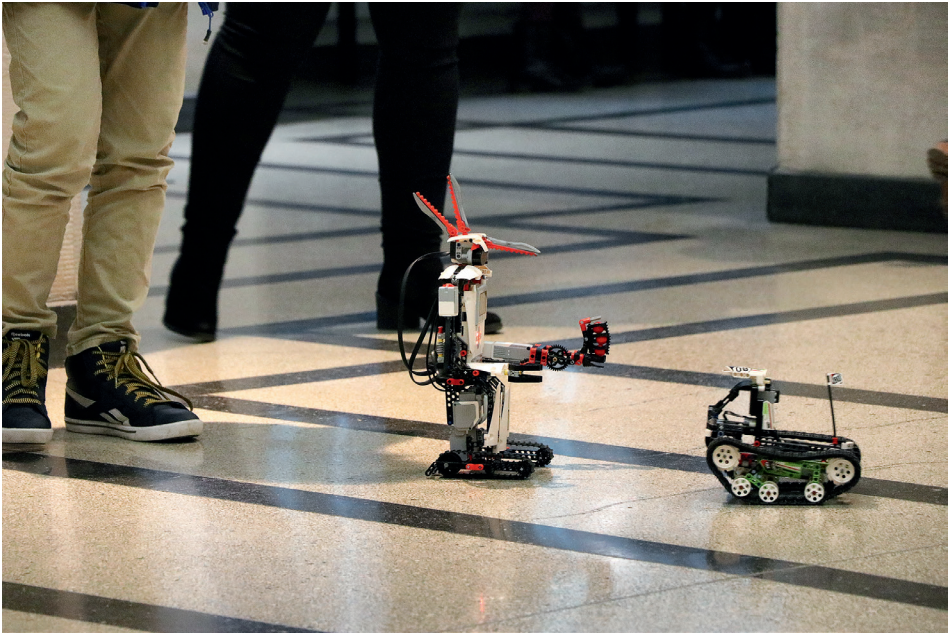




Sale, w których odbywały się panele przedmiotowe, były wypełnione po brzegi  
(fot. Uczniowska grupa promocyjna I PUKN „Zdolni z Pomorza”)



Podczas panelu fizycznego  
(fot. Uczniowska grupa promocyjna I PUKN „Zdolni z Pomorza”)

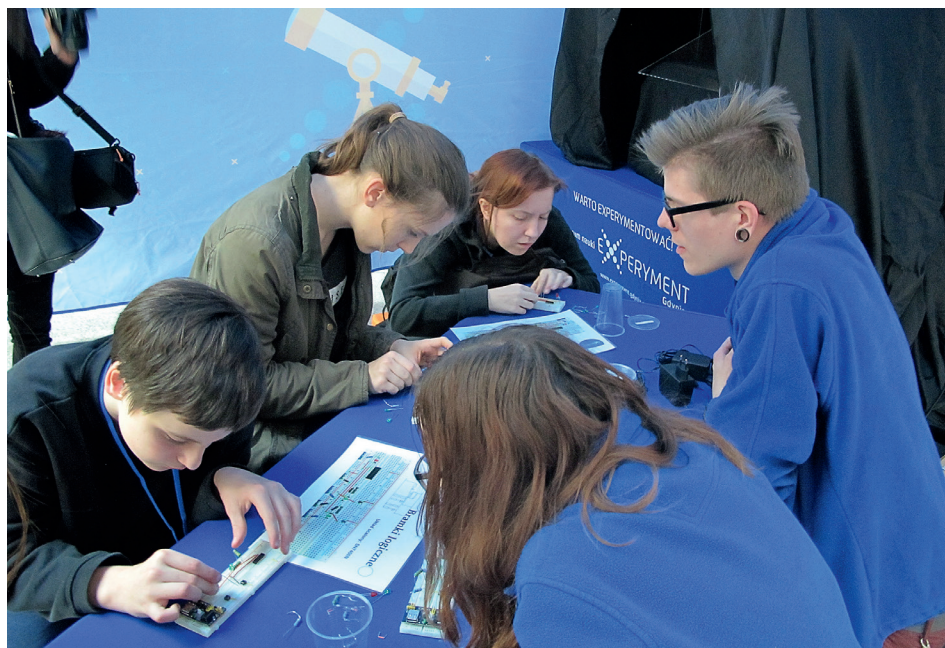


Centrum Interaktywnej Edukacji i Zabawy EduFun  
(fot. Beata Kwaśniewska)



Centrum Hewelianum  
(fot. Beata Kwaśniewska)





Centrum Nauki Experyment w Gdyni  
(fot. Uczniowska grupa promocyjna I PUKN „Zdolni z Pomorza”)



VoiceTel Communications  
(fot. Beata Kwaśniewska)





Lokalne Centrum Nauczania Kreatywnego w Chojnicach  
(fot. Uczniowska grupa promocyjna I PUKN „Zdolni z Pomorza”)



Akademia Morska w Gdyni  
(fot. Klaudia Malinowska)





Koło Naukowe Konstruktorów Pojazdów Politechniki Gdańskiej  
(fot. Beata Kwaśniewska)



Naukowe Koło Chemików Studentów Politechniki Gdańskiej  
(fot. Beata Kwaśniewska)



Koło Naukowe Studentów Politechniki Gdańskiej Mikrobiologia w Inżynierii Środowiska  
(fot. Beata Kwaśniewska)



Polsko-Japońska Akademia Techniki Komputerowych  
(fot. Uczniowska grupa promocyjna I PUKN „Zdolni z Pomorza”)





Koło Naukowe Studentów Fizyki Politechniki Gdańskiej  
(fot. Uczniowska grupa promocyjna I PUKN „Zdolni z Pomorza”)



Uczniowie podczas zwiedzania stanowisk wystawców  
(fot. Uczniowska grupa promocyjna I PUKN „Zdolni z Pomorza”)





Koło Naukowe Politechniki Gdańskiej Gospodarki Wodnej „Konfuzor”  
(fot. Beata Kwaśniewska)



Uczniowie podczas zwiedzania stanowisk wystawców  
(fot. Uczniowska grupa promocyjna I PUKN „Zdolni z Pomorza”)





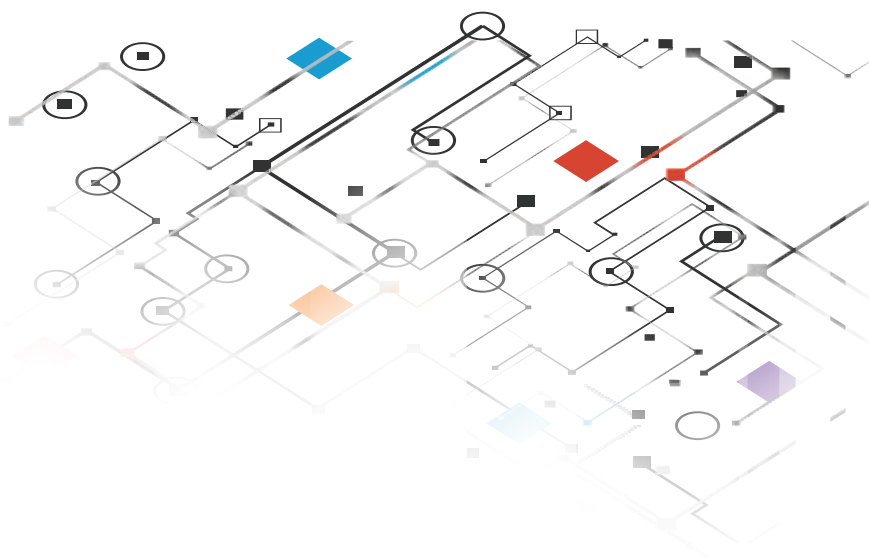
Od lewej: opiekun naukowy konferencji Piotr Winiarz, dyrektor Pedagogicznej Biblioteki Wojewódzkiej w Gdańsku Małgorzata Kłos i prowadzący imprezę Robert Olszewski  
(fot. Uczniowska grupa promocyjna I PUKN „Zdolni z Pomorza”)



Wręczenie nagród prelegentom  
(fot. Uczniowska grupa promocyjna I PUKN „Zdolni z Pomorza”)



Losowanie nagród wśród głosujących na autora, z którym zostanie przeprowadzone spotkanie autorskie w ramach projektu „Zdolni z Pomorza”  
(fot. Uczniowska grupa promocyjna I PUKN „Zdolni z Pomorza”)

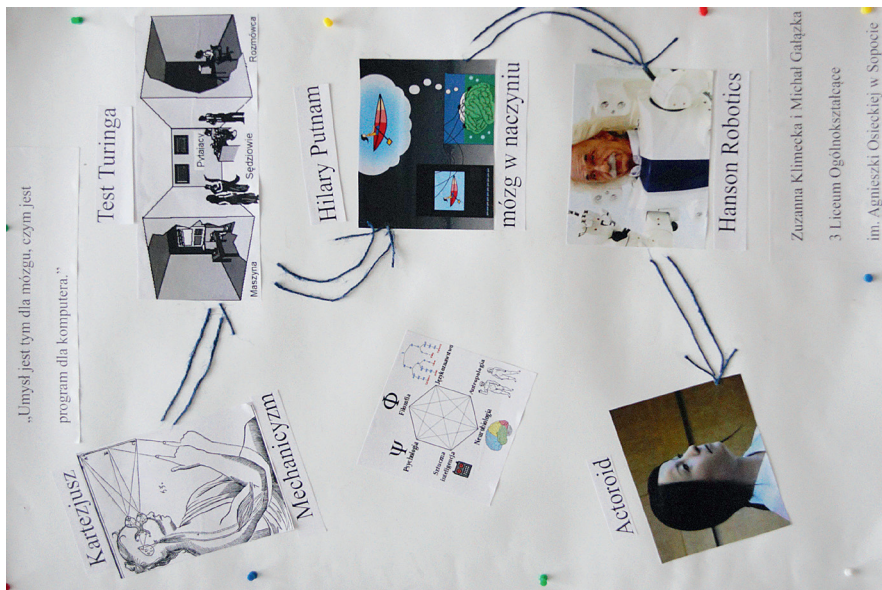




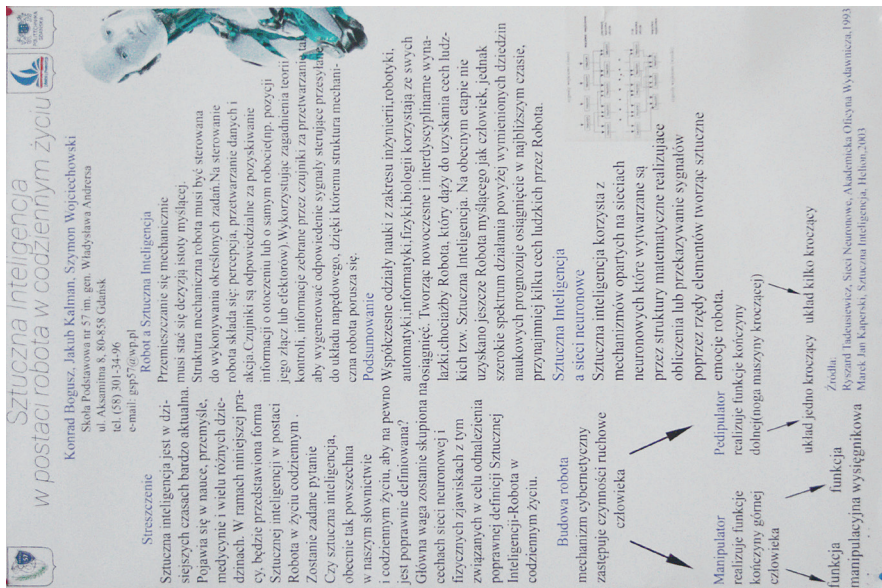


Wspólne zdjęcie pamiątkowe  
(fot. Klaudia Malinowska)





Umysł w ujęciu kognitywistyki, Zuzanna Klimecka, Michał Gałązka, III Liceum Ogólnokształcące w Sopotie (fot. Klaudia Malinowska)



Sztuczna inteligencja w postaci robota w życiu codziennym, Konrad Bogusz, Jakub Kalman, Szkoła Podstawowa nr 57 w Gdańsku (fot. Klaudia Malinowska)





Isaac Asimov, twórca trzech praw robotyki

Robot w Centrum Nauki Kopernik w Warszawie umiętę, komunikować się z ludźmi i odpowiadać na zadane mu pytania

Robot EMIEW jest robotem usługowym pomagającym ludziom w codziennym życiu

Robot Fietzcker BB3-360 sortujący kieliszki szampana

Roboty wykorzystywane w przemyśle samochodowym do montażu i malowania części samochodowych

Odbiornik / Robot samodzielnie sprzątający mieszkanie

Robot IRB 2400 wykorzystywany w przemyśle samochodowym

Martyna Szczepaniak

Robotyka, Martyna Szczepaniak, Gimnazjum nr 33 w Gdańsku  
(fot. Klaudia Malinowska)



URZĄD MARSZAŁKOWSKI  
WOJEWÓDZTWA POMORSKIEGO

Unia Europejska  
Europejski Fundusz Społeczny



## UCZELNIE - PARTNERZY PROJEKTU ZDOLNI Z POMORZA



## ORGANIZATORZY KONFERENCJI



SAMORZĄD  
WOJEWÓDZTWA POMORSKIEGO



PEDAGOGICZNA  
BIBLIOTEKA  
WOJEWÓDZKA  
IM. GDAŃSKIEJ MACIERZY  
SZKOLNEJ W GDANSKU



## PATRONAT HONOROWY



RZECZNIK PRAW DZIECKA  
Marek Michałak

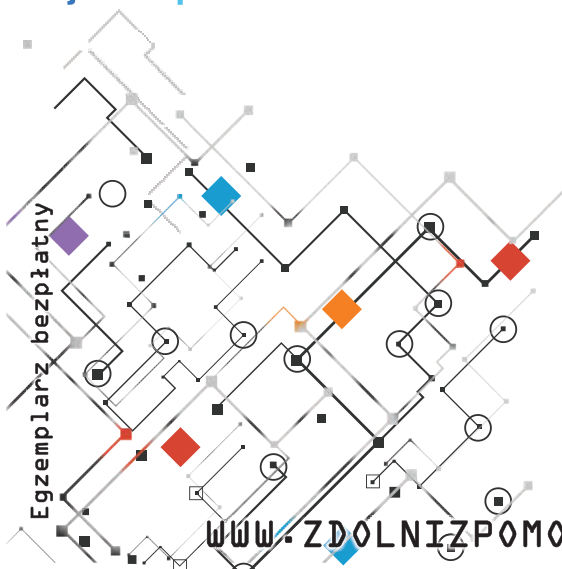
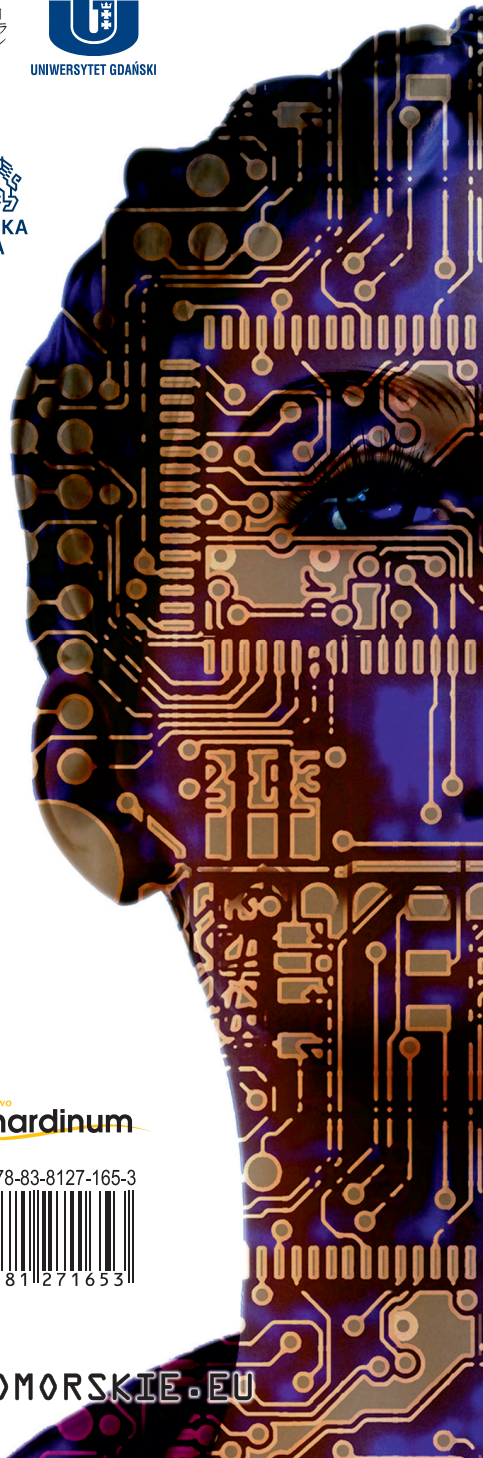


Microsoft

## PARTNERZY KONFERENCJI



## PATRONAT MEDIALNY



Egzemplarz bezpłatny

Wydawnictwo  
**bernardinum**

ISBN 978-83-8127-165-3



9 788381 271653

[WWW.ZDOLNIZPOMORZA.POMORSKIE.EU](http://WWW.ZDOLNIZPOMORZA.POMORSKIE.EU)