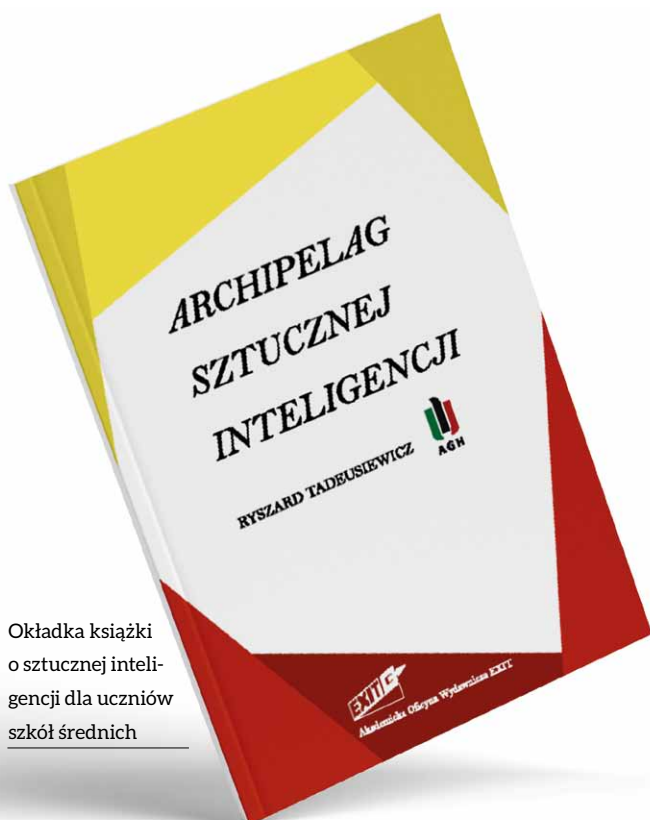


Jak zapewnić kontynuację rozwoju sztucznej inteligencji?

Ryszard Tadeusiewicz



Okładka książki o sztucznej inteligencji dla uczniów szkół średnich

Sztuczna inteligencja (oznaczana często skrótem AI od angielskiej nazwy *Artificial Intelligence*) w takiej lub innej postaci zajmuje się coraz większa liczba inżynierów i naukowców. Wynika to z potrzeb, gdyż niemal każdy system techniczny jest obecnie wyposażony w komputer pełniący funkcje kontrolne, sterujące i optymalizacyjne. Zaś funkcjonowanie każdego komputera jest tym wygodniejsze, im więcej inteligencji zdołamy umieścić w jego oprogramowaniu. W efekcie mamy już inteligentne obrabiarki, inteligentne telefony, inteligentne pojazdy i inteligentne domy. Różnie się o tym mówi, ale ja postrzegam sztuczna inteligencję jako przyjazną dłoń wyciągniętą do użytkownika różnych komputerowo sterowanych urządzeń i usług (rys. 1), dlatego sam intensywnie pracuję nad rozwojem sztucznej inteligencji i staram się zachęcać do tego także moich współpracowników.

Tworzenie systemów sztucznej inteligencji i ich implementacja są źródłem wielu satysfakcji dla twórców i dużej wygody dla użytkowników. Pojawia się jednak pewien problem. Wiele osób zajmujących się (między innymi) rozwojem sztucznej inteligencji dobiega do kresu swojej działalności zawodowej. Upływ czasu jest nieubłagany, więc nadejdzie nieuchronnie taka chwila,

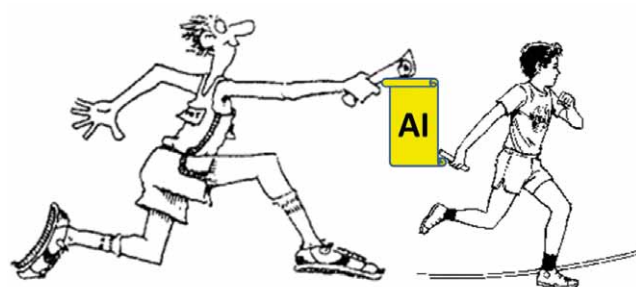
kiedy trzeba będzie przekazać to, co stworzyliśmy i rozwijaliśmy, w młodsze ręce. Warto więc zadbać o to, by owe młode ręce (i młode umysły) były dobrze przygotowane do przejęcia tego, co my osiągnęliśmy, i do dalszego efektywnego doskonalenia i rozwoju sztucznej inteligencji dla dobra własnego i społecznego. Nie ma w tym nic nadzwyczajnego – po prostu sztafeta pokoleń (rys. 2).

Ale warunkiem skutecznej sztafety jest pozyskanie tych, którzy od nas „pałeczkę” przejmą i poniosą ją w przyszłość. Podstawowym warunkiem jest rozbudzenie w młodych ludziach, w tych, którzy dopiero planują swoje życie, zainteresowania sztuczna inteligencją. Z wiadomością, że sztuczna inteligencja jest ciekawa i dobrze rokuje dla osobistej kariery zawodowej każdego, kto się nią zajmie – trzeba dotrzeć do uczniów szkół średnich.

Podjąłem próbę takiego „dotarcia” i napisałem książkę, której okładkę przedstawiam obok.



Rys. 1. Sztuczna inteligencja jako element sprzyjający wygodzie ludzi korzystających z komputerowo sterowanych urządzeń i usług

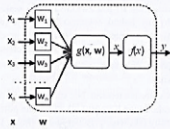


Rys. 2. Dla dalszego rozwoju sztucznej inteligencji potrzebna jest sztafeta pokoleń

Uszkodzenie osłony mielinowej prowadzi do powstawania zwart pomiędzy aksonami, co manifestuje się jako bardzo groźna choroba: stwardnienie rozsiane. Niestety – nieuleczalne... Ale to już jest temat na osobne opowiadanie.

Sztuczny neuron

Przedstawione wyżej rozważania przygotowały nas do tego, by wprowadzić podstawowy element sztucznej sieci neuronowej – sztuczny neuron. Jego typową budowę przedstawia rysunek 16. Jest on wzorowany na rzeczywistym biologicznym neuronie, ale zachowane są (i to w wielkim uproszczeniu) jedynie najważniejsze funkcje biologicznego oryginału.



Rys. 16. Schemat sztucznego neuronu. Omówienie w tekście.

Ma on wiele wejść, więc tak jak biologiczny neuron może odbierać wiele sygnałów wejściowych z różnych źródeł. One dochodzące do neuronu sygnały wejściowe oznaczone są x_1, x_2, \dots, x_n . Łącznie tworzą one sygnał X opisujący to, co się dzieje na zewnątrz neuronu. Z tymi sygnałami wejściowymi związane są parametry neuronu, tak zwane wagi. Mają one taką samą numerację, jak sygnały wejściowe: w_1, w_2, \dots, w_n , a cały ich zestaw może być oznaczony W . Wagi mają bardzo duże znaczenie, ponieważ określają, jak bardzo ważny jest dla danego neuronu każdy z docierający do niego sygnał wejściowy. Jeśli – przykładowo – wartość parametru w_1 jest większa od wartości w_2 , to sygnał x_1 będzie silniej wpływał na zachowanie neuronu, niż sygnał x_2 . Wartości wag mogą także prowadzić do „przepychanek” pomiędzy sygnałami wejściowymi, bo jeśli przykładowo – wartość parametru w_1 jest dodatnia od wartości w_2 , ujemna – to sygnał x_1 będzie pchał neuron w kierunku zachowań pozytywnych, a sygnał x_2 będzie wymuszał zachowania negatywne. O końcowym zachowaniu neuronu zdecydować więc to, czy sygnał na wejściu dodatnim okaże się silniejszy niż ten na wejściu ujemnym – czy odwrótnie.

Omawiając biologiczny neuron pokazany schematycznie na rysunku 15 wspominałem, że w miejscu wprowadzania sygnałów wejściowych do neuronów są złożone

struktury biologiczne, tak zwane synapsy. Otóż w sztucznych neuronie właściwości owych synaps modelują właśnie omówione (w słrkieci) wagi. Istotą procesu uczenia neuronu i całej sieci będą celowe i kontrolowane zmiany wag. Ale o tym napiszę nieco dalej.

W strukturze sztucznego neuronu na wynik końcowy złożony się muszą wszystkie sygnały wejściowe i wszystkie wagi, wprowadzana jest więc funkcja agregacji $g(X, W)$, która wypracowuje sygnał x – całościowego pobudzenia neuronu przez wszystkie sygnały wejściowe.

W odpowiedzi na to pobudzenie neuron powinien wyprodukować swój sygnał wyjściowy y . Do tego celu służy funkcja generacji $f(y)$.

Nie będę przedstawiał szczegółów obu wymienionych funkcji, bo wielu autorów definiowało je na wiele różnych sposobów, a ponadto przytoczenie wzorów matematycznych w popularnonaukowej książce zniechęca wielu Czytelników – więc po szczegóły odsyłam do książki pokazanej na rysunku 11.

Sposób realizacji sztucznych neuronów

Pierwsi użytkownicy sieci neuronowych budowali sztuczne neurony w postaci układów elektronicznych, które potem łączyli ze sobą i przedstawiali zadania do rozwiązania w formie elektronicznych sygnałów, jak również w takiej samej formie odbierali i interpretowali wyniki. Sam tak robiłem, więc wiem, jakie to było kłopotliwe. Dzisiaj do celów specjalnych (na przykład w robotyce) także stosuje się sieci budowane z elektronicznych neuronów mające formę specjalizowanych układów scalonych. Jeden z takich układów pokazuje na rysunku 17.

Jednak dzisiaj w większości przypadków używa się programów komputerowych, pozwalających używać sieci neuronowych w postaci modeli symulacyjnych (rys. 18).

Jak połączyć neurony, żeby wyszła dobra sieć?

Po wielu próbach budowy sieci neuronowych o różnej strukturze zdecydowano, że będzie się używać sieci neuronowych o budowie warstwowej. Już przy omawianiu rysunku nr 9 wspominałem, że najpowszechniej stosowane są sieci o strukturze MLP (*Multi-Layer Perceptron*) czyli perceptronu wielowarstwowego. Przykładowa struktura takiej sieci neuronowej przedstawiona jest na rysunku 19. Zaznaczono tam warstwy neuronów wchodzących w skład sieci i podano ich role. Sztuczne neurony zaznaczono na tym rysunku jako kwadraty.

Rys. 3. Krótkie rozdziały ułatwiają czytanie

Książka ta nie jest adresowana do profesjonalistów, bo oni opisywane w niej zagadnienia świetnie znają i do każdego rozdziału mogliby dopisać obszerny tekst uzupełniający i pogłębiający jego treść. Nawiasem mówiąc, ja też mógłbym, ale się od tego świadomie powstrzymałem. Książka ta także nie jest przeznaczona dla studentów. Dlatego, że tych, którzy już wybrali kierunek studiów w obszarze informatyki, automatyki, robotyki, mechatroniki, ale także ekonomii z informatyką itp. zachęcać nie trzeba, bo oni sami wiedzą, że sztuczna inteligencja „to jest to”. Z kolei tych, którzy wybrali inne studia, agitować nie warto, bo oni już wybrali coś innego i nie wolno im mieszać planów życiowych.

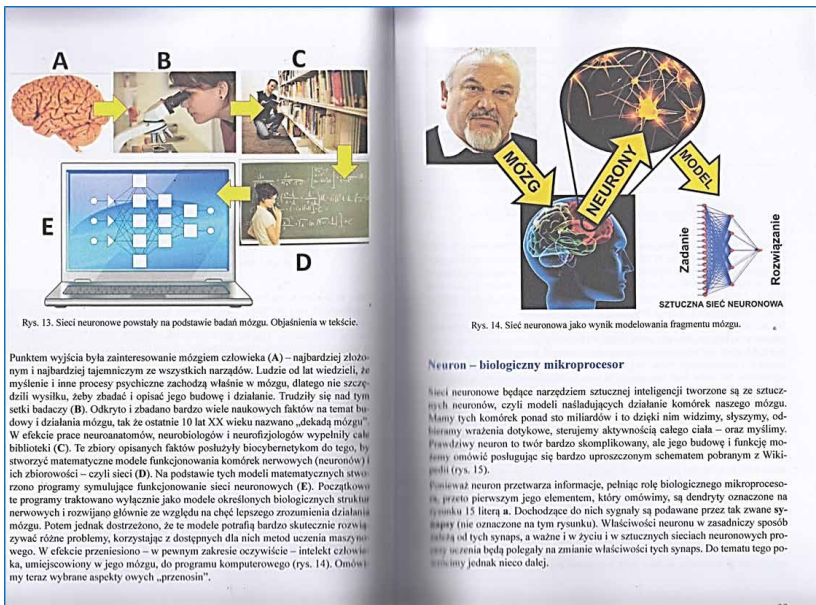
Natomiast młodzież szkół średnich jest właściwym adresatem. Oni dopiero szukają swojej drogi i pomysłu na swoją przyszłość, więc warto im pokazać, że istnieje coś takiego, jak sztuczna inteligencja, że to jest ciekawe i dobrze rokujące. Im więcej zdolnych młodych ludzi zdecyduje się pójść właśnie w tym kierunku, tym więcej specjalistów w tej ważnej dziedzinie będzie miała Polska, a to w przyszłości zadecyduje o tym, jakie miejsce przypadnie naszemu krajowi w międzynarodowym podziale pracy (i o związanej z tym pozycji gospodarczej oraz politycznej).

Choć może tego od razu nie widać, ale dołożyłem sporo wysiłku do tego, żeby dostosować strukturę książki do preferencji i gustów młodzieży.

Po pierwsze (co było oczywiste), starałem się wszystkie omawiane zagadnienia przedstawiać możliwie prosto, popularnie i zrozumiale, ale bez tak daleko idących uproszczeń i skrótów, które by powodowały, że jakieś treści byłyby tak dalekie od ujęć ścisłych i naukowych, że stałyby się wręcz nieprawdziwe.

Po drugie, podzieliłem tekst na bardzo dużą liczbę krótkich rozdziałów. Jest ich 79 w książce liczącej w całości 126 stron. Dążyłem do takiego podziału treści na małe pigułki, mając na względzie to, że młodzi ludzie przyzwyczajeni są do krótkich tekstów. Wysyłają i odbierają sms-y, e-maile, wpisują na Instagramie, więc długi tekst ich nuży. Na rysunku 3 pokazałem dwie przykładowe strony, na których zmieściły się aż trzy rozdziały. Takich miejsc jest w książce wiele!

Dzięki takiemu „poszatkowaniu” treści uczeń czytający książkę może po minucie czytania zrobić sobie przerwę, zajrzeć do Instagramu, wysłać e-mail do kolegi, otworzyć puszkę napoju, wyrzucić za okno, czy już nie pada – a potem wrócić do lektury. Psychologowie twierdzą, że taką wiedzę przekazywaną w porcjach z możliwością krótkiego odpoczynku



Rys. 4. Przykład rysunków zamieszczonych w książce



Rys. 5. Przykład funkcji przynależności do zbioru „młodzież”

Jeśli kogoś te formuły matematyczne znużą, znużą albo zniechęcą – to niech pominiemy dwa następne rozdziały i od razu niech przejdzie do kolejnego rozdziału, poświęconego tak zwanym zbiorom przybliżonym. Ostatecznie bez znajomości logiki rozmytej i arytmetyki rozmytej da się przeżyć, natomiast ja bym nie przeżył, gdyby niecierpliw Czytelnik, widząc te matematyczne robaczki, cisnął książką w ciemny kąt. To, co zaprezentuję w dwóch następnych rozdziałach, przeznaczone jest wyłącznie dla odważnych ochotników.

Więcej o logice rozmytej – niestety z kilkoma wzorami matematycznymi

Zacniemy od matematycznej formuły opisującej zbiór rozmyty. Był on przedstawiony opisowo w poprzednim rozdziale, ale teraz musimy go opisać formalnie. W dalszych rozważaniach *universum* utożsamiać będziemy z pewną przestrzenią, oznaczaną X. Po przyjęciu tego założenia zbiorem rozmytym A, określonym na przestrzeni X, będzie zbiór uporządkowanych par:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in X\}$$

Rys. 6. Oznaczenie części książki, która niektórym uczniom mogłaby sprawić trudność

między jedną a drugą porcją przyswajają się łatwiej i zapamiętują trwale!

Po trzecie, zadbałem o to, żeby możliwie dużo treści przekazać w postaci obrazków. Jest ich w książce 122, więc występują na niemal każdej stronie. Przykładowe strony z obrazkami przedstawione są na rysunku 4.

Po czwarte, starałem się tak dobrać przykłady, żeby przemawiały one do wyobraźni młodych czytelników, nawiązując do sytuacji znanych im z codziennego życia, a nie – przykładowo – z robotyki, którą młodzi ludzie znają tylko „z drugiej ręki”, najczęściej z filmów, mających zwykle niewiele wspólnego z rzeczywistością. Dlatego jako przykład zbioru rozmytego podany został przykład pojęcia „młodzież”, zilustrowanego jak na rysunku 5.

Po piąte wreszcie, gdy zaszła potrzeba użycia (w jednym miejscu) wzorów matematycznych, odpowiedni fragment tekstu został oznakowany jako fakultatywny (rys. 6).

Podsumowując – książka *Archipelag sztucznej inteligencji* powinna dotrzeć do młodzieży szkół średnich i powinna sprawić, że jako osoby zajmujące się dziś AI doczekamy się godnych następców w postaci młodych ludzi, których (oby!) uda się tą książką zainteresować. Ze zdobyciem książki nie ma trudności, bo jest dostępna we wszystkich księgarniach wysyłkowych!

Literatura

[1] TADEUSIEWICZ R.: *Archipelag sztucznej inteligencji*. Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 2021.

prof. dr hab. inż. Ryszard Tadeusiewicz,
AGH - Akademia Górniczo-Hutnicza
w Krakowie, e-mail: rtad@agh.edu.pl,
www.Tadeusiewicz.pl