



Uczenie sieci neuronowej

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Prezentacja multimedialna](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)

Bibliografia:

- Źródło: *Organizacja zachowań*, dostępny w internecie: <https://encyklopedia.biolog.pl/> [dostęp 29.04.2022].



Uczenie sieci neuronowej

Źródło: Robina Weermeijer, domena publiczna.

Gdy mamy zaprojektowaną strukturę sieci neuronowej, zaczynamy proces uczenia. Dzięki odpowiedniemu treningowi na zbiorze przykładowych danych, sieć zostanie dostosowana tak, aby jak najlepiej rozwiązywała zadany problem. Istnieje kilka różnych systemów uczenia. Dobór odpowiedniego systemu do sieci ma bardzo duży wpływ na poprawność uzyskanych wyników.

Więcej informacji o sieci neuronowej znajdziesz w e-materiałach:

- [Sieci neuronowe,](#)
- [Struktura sieci neuronowej,](#)
- [Działanie sieci neuronowej,](#)
- [Typy sieci neuronowych.](#)

Twoje cele

- Zapoznasz się z koncepcjami różnych metod uczenia sieci neuronowych.
- Prześledzisz, jakie są wady i zalety poszczególnych metod uczenia sieci neuronowych.
- Przeanalizujesz podstawowe pojęcia związane z metodami uczenia sieci neuronowych.

Prawo Hebba a uczenie głębokie

Z biologicznego punktu widzenia, dzięki plastyczności neuronów, jesteśmy w stanie się uczyć i odpowiednio reagować na dane bodźce. Struktura układu i siły synaps w mózgu człowieka podlegają ciągłym zmianom na skutek przeżyć oraz nowych doświadczeń.

Dzięki odkryciu kanadyjskiego psychologa, Donalda Hebba, wiemy, jak struktura połączeń przechowuje informacje. W 1949 roku opublikował on książkę „Organizacja zachowań”, w której przedstawił teorię dotyczącą neuronalnych podstaw uczenia się.

Hebb zaobserwował, że jeżeli pewna para neuronów jest aktywna mniej więcej w tym samym czasie, to następuje wzmocnienie połączenia między nimi. Dziś nazywamy to zjawisko **prawem Hebba**. Jest ono wykorzystywane nie tylko do efektywnego utrwalania informacji w ludzkim mózgu, ale także do uczenia sztucznych sieci neuronowych.

“ Organizacja zachowań

Współczesna psychologia uważa za całkowicie uzasadnione, że zachowanie się koreluje doskonale z funkcją nerwową, że wiąże je ścisły determinizm. Nie istnieje żadna oddzielna dusza czy siła życiowa ingerująca w działanie mózgu i aktywizująca jego komórki do specyficznej czynności, do której bez tego nie byłoby zdolne. (...) Urągałoby to logice być deterministą w fizyce, chemii i biologii, a mistykiem w psychologii.

Źródło: *Organizacja zachowań*, dostępny w internecie: <https://encyklopedia.biolog.pl/> [dostęp 29.04.2022].

Dzięki prawu Hebba wiemy, że podczas nauki sztucznej sieci neuronowej należy modyfikować wagi połączeń między sąsiednimi neuronami. Dzięki temu stają się wzmocnione i są w stanie wzajemnie się aktywować w specyficznych przypadkach. Jednym z modeli wykorzystujących prawo Hebba jest **perceptron** zaproponowany przez Franka Rosenblatta w 1957 roku. Perceptron uważany jest za jeden z pierwszych modeli sztucznej sieci neuronowej.

Idee Donalda Hebba przyczyniły się do powstania modelu równoległego rozproszonego przetwarzania informacji, czyli tzw. koneksjonizmu, spopularyzowanego w latach 80. przez naukowców Uniwersytetu Stanforda: Jamesa McClellanda i Davida Rumelharta. Sieć Hopfielda jest najlepszym przykładem takiego modelu. Istnieje przekonanie, że właśnie z koneksjonizmu wyewoluowała dziedzina głębokich sieci neuronowych. Do zwolenników

tej idei należy m.in. Geoffrey Hinton, absolwent psychologii kognitywnej, uważany za ojca chrzestnego nurtu *deep learning*.

Ważne!

Deep learning, czyli tzw. uczenie głębokie, to podkategoria uczenia maszynowego. Polega na tworzeniu sieci neuronowych, które mają za zadanie udoskonalić technikę rozpoznawania głosu, przetwarzania języka naturalnego. Jest to poddziedzina uczenia maszynowego, a podstawowym czynnikiem wyróżniającym *deep learning* jest fakt, że proces uczenia nie wymaga kontroli człowieka, czyli zachodzi w sposób nienadzorowany.

Metody uczenia sieci neuronowych

Sieci neuronowe mają zdolność uczenia się, czyli modyfikacji i dostosowywania wag swoich połączeń między neuronami. Dzięki temu mają one charakter sztucznej inteligencji, gdyż potrafią same dostosowywać się do przekazywanych danych. Celem uczenia jest taki dobór wag, aby sieć jak najlepiej rozwiązywała zadany problem.

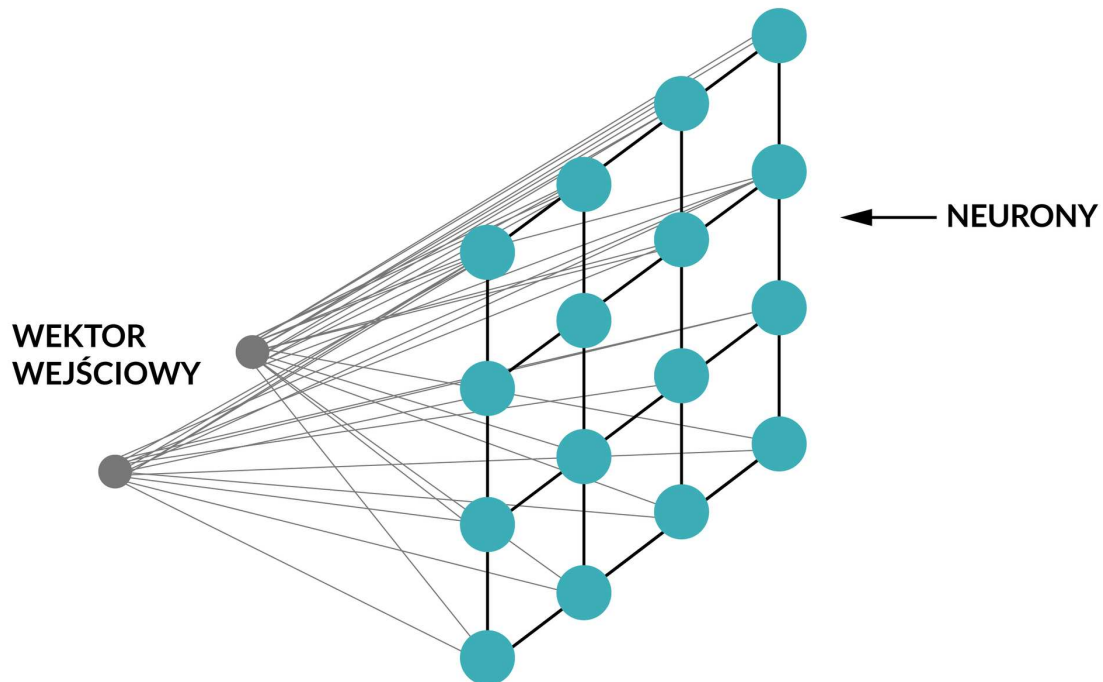
Z punktu widzenia systemu uczącego można wyróżnić następujące metody uczenia:

- uczenie z nadzorem,
 - uczenie stochastyczne,
 - stochastyczny spadek wzdłuż gradientu,
 - wzmacnianie gradientowe,
 - metoda gradientu prostego,
 - metoda najmniejszych kwadratów,
 - propagacja wsteczna,
- uczenie ze wzmocnieniem,
 - proces decyzyjny Markowa,
 - metoda różnic tymczasowych,
 - algorytm SARSA,
- uczenie bez nadzoru (samoorganizujące się),
 - reguła Hebba,
 - uczenie z rywalizacją.

Uczenie nienadzorowane

Sieć neuronowa Kohonena to najczęściej stosowana sieć samoucząca się, realizująca zasadę samoorganizacji (SOM). Jest to także najbardziej znany przykład sieci konkurencyjnej, wykorzystującej koncepcję sąsiedztwa. W wyniku uczenia tej sieci powstaje mapa topologiczna, której aprioryczna interpretacja jest niemożliwa (bo sieć uczy się bez nauczyciela i użytkownik nie może kontrolować aktywności sieci). Jednak po procesie

Sieci Kohonena cechują się tym, że działają w wielowymiarowych przestrzeniach danych wejściowych, w związku z czym warstwa wejściowa zawiera bardzo wiele neuronów (skojarzonych z wieloma sygnałami wejściowymi). Podobnie typowa warstwa topologiczna sieci Kohonena zawiera bardzo wiele neuronów, dzięki czemu sieć – po nauczaniu – może prezentować bardzo subtelne rozróżnienia i klasyfikacje danych wejściowych. Nazwa pochodzi od nazwiska fińskiego uczonego, **Teuvo Kohonena**.



Źródło: Contentplus.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Słownik

najprostsza sieć neuronowa, składająca się z jednego bądź wielu niezależnych neuronów, implementująca algorytm uczenia nadzorowanego klasyfikatorów binarnych; perceptron jest funkcją, która określa przynależność parametrów wejściowych do jednej z dwóch klas, poprzez wskazanie, czy coś należy czy nie do pierwszej klasy; perceptron może być wykorzystywany tylko do klasyfikowania zbiorów liniowo separowalnych, aby testować przynależność do więcej niż dwóch klas, należy użyć perceptronu z większą liczbą neuronów, w którym klasy zakodowane są jako wyjścia perceptronu (dla danych testowych), w postaci bitów

stwierdzenie, zgodnie z którym połączenia synaptyczne są wzmacniane, gdy dwa lub więcej neuronów aktywuje się w sposób ciągły w czasie i przestrzeni; zachodzą wtedy

zmiany strukturalne sprzyjające pojawianiu się złożeń lub sieci neuronowych

Teuvo Kalevi Kohonen

wybitny fiński uczony zajmujący się badaniami na tle sieci neuronowych; opublikował kilka książek i ponad 300 artykułów; jest najbardziej znany ze swoich samoorganizujących się map, określanych także jako sieci neuronowe Kohonena

Prezentacja multimedialna

Polecenie 1

Zapoznaj się z prezentacją. Zastanów się, czy znasz przykłady praktycznego wykorzystania uczenia sieci neuronowej z twojego otoczenia.

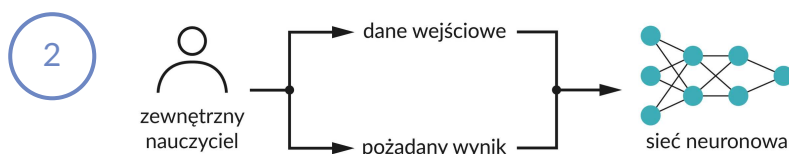
Materiał audio dostępny pod adresem:

<https://zpe.gov.pl/b/PReptgi5Q>

1

Uczenie z nadzorem

Uczenie z nadzorem odbywa się pod nadzorem zewnętrznego nauczyciela – funkcji, która pomaga dostrajać wartości wag tak, aby poprawnie wytrenować sieć. Odległość pomiędzy rzeczywistą a pożądaną odpowiedzią jest miarą błędu używaną do korelacji parametrów.



Źródło: Contentplus.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Materiał audio dostępny pod adresem:

<https://zpe.gov.pl/b/PReptgi5Q>

3

Dostrajanie wag może być oparte o system nagród i kar w celu zmniejszenia błędu – tak jak

ma to miejsce w naturalnym nauczaniu. Zestaw danych wejściowych wraz z oczekiwanymi odpowiedziami nazywamy zbiorem uczącym albo treningowym. Czasem zbiór ten może być wygenerowany losowo i formuła minimalizacji błędu musi to uwzględniać. W rezultacie większość algorytmów uczenia z nadzorem sprowadza się do statystycznej minimalizacji błędu, opierając się na pożądanym i otrzymanym wyniku.

4

Materiał audio dostępny pod adresem:

<https://zpe.gov.pl/b/PReptgi5Q>

Uczenie ze wzmocnieniem

Uczenie ze wzmocnieniem jest odmianą uczenia pod nadzorem, w którym nie występuje informacja o dokładnej wartości oczekiwanej na wyjściu. Nasza sieć – w trakcie procesu uczenia – otrzymuje jedynie informacje, czy podjęta przez system akcja daje wyniki pozytywne czy negatywne.

Materiał audio dostępny pod adresem:

<https://zpe.gov.pl/b/PReptgi5Q>

5

Jeżeli działanie daje wynik pozytywny, to następuje wzmocnienie tendencji do podobnego zachowania się sieci w przyszłości. W przeciwnym wypadku należy tak modyfikować wartości wag, aby tę tendencję osłabić.



6

Materiał audio dostępny pod adresem:

<https://zpe.gov.pl/b/PReptgi5Q>

Uczenie ze wzmocnieniem – w porównaniu do uczenia z nadzorem – jest uniwersalne, ale jego realizacja praktyczna może okazać się bardziej skomplikowana.

Materiał audio dostępny pod adresem:

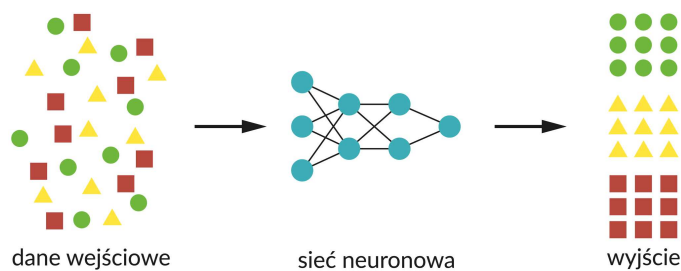
<https://zpe.gov.pl/b/PReptgi5Q>

7

Uczenie bez nadzoru

Uczenie bez nadzoru polega na wykorzystaniu algorytmów, które uczą się na temat danych wejściowych, ale nie mają do dyspozycji określonych wartości wyjściowych. Biologiczną analogią może być zwierzę, które urodziło się ślepe i uczy się postrzegać obiekty.

8



Źródło: Contentplus.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Materiał audio dostępny pod adresem:

<https://zpe.gov.pl/b/PReptgi5Q>

9

Do uczenia bez nadzoru wykorzystuje się bardzo często regułę Hebba, ponieważ – jeżeli

w chwili początkowej – któryś z neuronów miał zestaw wag zbliżony do prezentowanego sygnału, to w następnych iteracjach reakcja neuronu na ten sygnał będzie coraz silniejsza. Jednak tym samym reguła ta niesie za sobą dosyć poważną wadę, ponieważ przebieg samego uczenia zależy od wartości początkowych wag.

10

Materiał audio dostępny pod adresem:

<https://zpe.gov.pl/b/PReptgi5Q>

Innym sposobem wytrenowania sieci jest uczenie z rywalizacją. Autorem takiego uczenia jest znany fiński uczony Teuvo Kalevi Kohonen. Metoda ta polega na tym, że treningowi poddany zostaje neuron, którego sygnał wyjściowy jest najsilniejszy. Przy każdorazowym podaniu sygnału wejściowego, neurony rywalizują ze sobą i wygrywa ten, który uzyskał najsilniejszy sygnał wyjściowy. Następnie tylko jego połączenia zostają odpowiednio wzmocnione.

11

Materiał audio dostępny pod adresem:

<https://zpe.gov.pl/b/PReptgi5Q>

Uczenie bez nadzoru jest zazwyczaj znacznie powolniejsze – w porównaniu do pozostałych metod uczenia sieci. Bez nauczyciela nie można z góry określić, który neuron wyspecjalizuje się w rozpoznawaniu danej klasy sygnałów. Dodatkowo, nie można określić, czy sieć uczona w ten sposób nauczy się wszystkich prezentowanych jej wzorców. Szacunkowo, sieć uczona bez nadzoru powinna mieć co najmniej trzykrotnie więcej elementów warstwy

wyjściowej, niż wynosi oczekiwana liczba
rozpoznanych wzorców.

Źródło: Contentplus.pl sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Uzupełnij tekst brakującymi informacjami.

W roku 1949 kanadyjski psycholog opublikował książkę „Organizacja zachowań”, w której przedstawił teorię dotyczącą neuronalnych podstaw organizmów.

Ćwiczenie 2



Oceń prawdziwość stwierdzenia „Prawo Hebb’a jest wykorzystywane do uczenia sztucznych sieci neuronowych”.

☐ Fałsz

☐ Prawda

Ćwiczenie 3



Wskaż dokończenie zdania.

Algorytm wykorzystywany do uczenia z nadzorem podczas aktualizacji wag połączeń opiera się na...

☐ czasie, po jakim sieć zwraca odpowiedź.

☐ sumie kwadratów różnic poszczególnych połączeń pomiędzy warstwą wejściową a wyjściową.

☐ odległości pomiędzy rzeczywistą a pożądaną odpowiedzią.

Ćwiczenie 4



Dokończ zdanie.

Sieć w trakcie procesu uczenia się ze wzmocnieniem...

- ☐ nie dostaje żadnych informacji, jest samoorganizująca.
- ☐ otrzymuje informację, czy podjęta przez system akcja daje wyniki pozytywne, czy negatywne.
- ☐ dostaje informację, jak bardzo podjęta przez system akcja różni się od optymalnej.

Ćwiczenie 5



Zaznacz wszystkie wady uczenia bez nadzoru.

- ☐ Nie można określić, czy sieć uczona w ten sposób nauczy się wszystkich prezentowanych wzorców.
- ☐ Nie można określić, jakiej liczby warstw ukrytych wymaga sieć.
- ☐ Nie można z góry określić, która funkcja aktywacji będzie optymalna.
- ☐ Jest ono znacznie powolniejsze w porównaniu do pozostałych metod uczenia sieci.
- ☐ Nie można z góry określić, który neuron wyspecjalizuje się w rozpoznawaniu konkretnej klasy sygnałów.

Ćwiczenie 6



Wskaż, jaką metodę uczenia wymyślił fiński uczony Tuevo Kohonen.

- ☐ Uczenie z rekurencją.
- ☐ Uczenie z propagacją wsteczną.
- ☐ Uczenie z rywalizacją.
- ☐ Uczenie z miarą.

Ćwiczenie 7



Wstaw brakujące wyrażenia tak, aby treść przedstawionego tekstu była prawdziwa.

Sieci neuronowe mają zdolność uczenia się, czyli zmiany swoich połączeń między neuronami. Istnieją trzy główne rodzaje uczenia, a mianowicie: bez nadzoru, z nadzorem i . W zależności od stosowanej metody uczenia, czas potrzebny na ten proces znacząco się różni. Najwięcej czasu zajmuje metoda .

z ulepszeniem

długości

ze wzmocnieniem

uczenia z nadzorem

kierunków

uczenia z przetrenowaniem

wag

uczenia bez nadzoru

Ćwiczenie 8



Wstaw elementy do grup, które najbardziej im odpowiadają.

Uczenie z nadzorem

reguła Hebba

propagacja wsteczna

uczenie z rywalizacją

Uczenie bez nadzoru

metoda najmniejszych kwadratów

metoda gradientu prostego

uczenie stochastyczne

Dla nauczyciela

Autor: Bartosz Zadrozny

Przedmiot: Informatyka

Temat: Uczenie sieci neuronowej

Grupa docelowa:

Szkoła ponadpodstawowa, liceum ogólnokształcące, technikum, zakres rozszerzony

Podstawa programowa:

Cele kształcenia – wymagania ogólne

III. Posługiwanie się komputerem, urządzeniami cyfrowymi i sieciami komputerowymi, w tym: znajomość zasad działania urządzeń cyfrowych i sieci komputerowych oraz wykonywania obliczeń i programów.

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

III. Posługiwanie się komputerem, urządzeniami cyfrowymi i sieciami komputerowymi.

Zakres podstawowy. Uczeń:

- 1) zapoznaje się z możliwościami nowych urządzeń cyfrowych i towarzyszącego im oprogramowania;
- 2) objaśnia funkcje innych niż komputer urządzeń cyfrowych i korzysta z ich możliwości;
- 3) rozwiązuje problemy korzystając z różnych systemów operacyjnych;

Kształtowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje cyfrowe;
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii.

Cele operacyjne (językiem ucznia):

- Zapoznasz się z koncepcjami różnych metod uczenia sieci neuronowych.
- Prześledzisz, jakie są wady i zalety poszczególnych metod uczenia sieci neuronowych.
- Przeanalizujesz podstawowe pojęcia związane z metodami uczenia sieci neuronowych.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- dyskusja;
- rozmowa nauczająca z wykorzystaniem multimediu i ćwiczeń interaktywnych.

Formy pracy:

- praca indywidualna;
- praca w parach;
- praca w grupach;
- praca całego zespołu klasowego.

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda.

Przebieg lekcji

Przed lekcją:

1. **Przygotowanie do zajęć.** Nauczyciel loguje się na platformie i udostępnia e-materiał: „Uczenie sieci neuronowej”. Nauczyciel prosi uczniów o zapoznanie się z treściami w sekcji „Przeczytaj”.

Faza wstępna:

1. Nauczyciel wprowadza uczniów szczegółowo w temat lekcji i jej cele. Może posłużyć się wyświetloną na tablicy zawartością sekcji „Wprowadzenie”.
2. Prowadzący prosi uczniów, aby zgłaszali swoje propozycje pytań do tematu. Jedna osoba może zapisywać je na tablicy. Gdy uczniowie wyczerpią swoje pomysły, a pozostały jakieś ważne kwestie do poruszenia, nauczyciel je dopowiada.

Faza realizacyjna:

1. **Praca z tekstem.** Nauczyciel ocenia, na podstawie informacji na platformie, stan przygotowania uczniów do zajęć. Jeżeli jest ono niewystarczające, prosi wybraną osobę o przedstawienie najważniejszych informacji z sekcji „Przeczytaj”.
2. **Ćwiczenie umiejętności.** Nauczyciel przechodzi do sekcji „Prezentacja multimedialna”. Uczniowie indywidualnie zapoznają się zamieszczoną w tej sekcji prezentacją.

W przypadku trudności ze zrozumieniem zawartych w nim treści nauczyciel omawia je na forum klasy.

3. Uczniowie dobierają się w pary i wykonują ćwiczenia nr 1-8 z sekcji „Sprawdź się”. Następnie konsultują swoje rozwiązania z inną parą uczniów.

Faza podsumowująca:

1. Nauczyciel wyświetla na tablicy temat lekcji i cele zawarte w sekcji „Wprowadzenie”. W kontekście ich realizacji podsumowuje przebieg zajęć, a także wskazuje mocne i słabe strony pracy uczniów.
2. Na koniec zajęć nauczyciel prosi uczniów o rozwinięcie zdania: „Na dzisiejszych zajęciach nauczyłam/łem się jak...”.

Praca domowa:

1. Uczniowie przygotowują notatkę na temat szans oraz zagrożeń związanych z procesem uczenia sieci neuronowej.

Wskazówki metodyczne:

- Treści w sekcji „Prezentacja multimedialna” można wykorzystać na lekcji jako podsumowanie i utrwalenie wiedzy uczniów.