



Działanie sieci neuronowej

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



Działanie sieci neuronowej

Źródło: Robina Weermeijer, domena publiczna.

Wiesz już, że to sieci neuronowe odpowiadają za transkrypcję mowy na tekst czy rozpoznawanie twarzy twoich znajomych na zdjęciach, które wrzucasz na portale społecznościowe. Czy wiesz jednak, jak właściwie działają sieci neuronowe?

Do pełnego zrozumienia ich działania pozostaje dokładniej poznać ideę funkcji aktywacji neuronów. Ich zadaniem jest modyfikacja wartości wyjściowych neuronów, tak aby jak najlepiej pasowały do kryterium naszego problemu.

Więcej informacji o sieci neuronowej znajdziesz w e-materiałach:

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

Twoje cele

- Wyjaśnisz, czym się różnią sieci liniowe od nieliniowych.
- Wskażesz różne typy funkcji aktywacji neuronów.
- Zapoznasz się z koncepcją algorytmu propagacji wstecznej.
- Scharakteryzujesz związki między biologią i nowymi technologiami na przykładzie sieci neuronowych.

Przeczytaj

Funkcja aktywacji neuronu

Głównym zadaniem funkcji aktywacji jest określenie wyjścia, bazując na danych wejściowych i wagach danego neuronu. W biologii ich działanie nie jest zbyt skomplikowane. Neurony w naszym mózgu są aktywne albo nieaktywne.

Matematycznym odpowiednikiem takiego zachowania byłoby zastosowanie funkcji skokowej Heaviside'a. Ma ona następujący wzór:

$$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{dla } x < 0 \\ 1 & \text{dla } x \geq 0 \end{cases}$$

Z tego jednak względu, że mamy dosyć sporą dowolność w wyborze postaci funkcji aktywacji, ściśle trzymanie się biologicznego wzorca nie zawsze jest dobrym pomysłem. Różnorodność w wyborze pozwala na lepsze dopasowanie sieci do konkretnego problemu. Dzięki nim możliwe jest wygodne przedstawienie finalnej wersji wyniku przy problemach klasyfikacji i regresji. Ze względu na rodzaj użytej funkcji aktywacji, sieci dzielimy na **liniowe** i **nieliniowe**.

Sieci liniowe

W liniowych sieciach neuronowych funkcja aktywacji jest zazwyczaj pomijana. Oznacza to, że ostatecznym wynikiem neuronu jest po prostu jego suma iloczynów wartości wejść i wag. Suma ta nie jest następnie przekazywana jako argument pewnej funkcji, tak jak ma to miejsce w sieciach nieliniowych. Sumę tę można modyfikować poprzez dodanie pewnej stałej.

Zapiszmy zatem w postaci matematycznej wzór na wartość wyjściową neuronu. Niech S oznacza wartość wyjściową, w_i wagę i -tego wejścia, a x_i wartość na i -tym wejściu. Załóżmy, że neuron przyjmuje n wejść. Wtedy wzór jest następującej postaci:

$$S = w + \sum_{i=1}^n w_i x_i$$

Przy czym w jest wcześniej wspomnianą opcjonalną stałą.

Bardzo ważną obserwacją jest to, że sieć liniowa nie zostaje w żaden sposób wzbogacana poprzez dodawanie warstw ukrytych. Wszystkie obliczenia wykonywane w neuronach mają

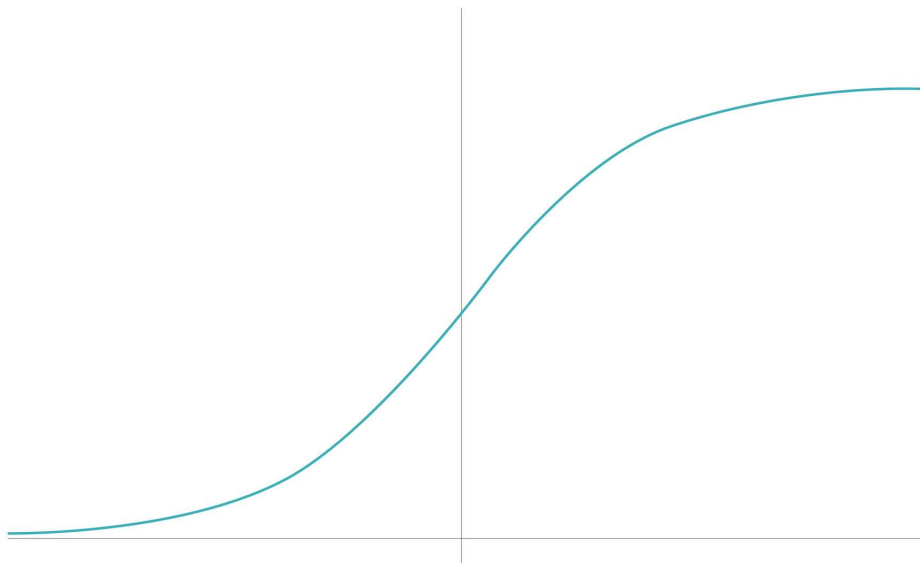
charakter powyższej sumy, zatem zawsze jesteśmy w stanie zastąpić parę warstw poprzez jedną z odpowiednimi wagami.

Sieci nieliniowe

Sieci nieliniowe charakteryzują się tym, że suma iloczynów wartości wejść i wag jest przekazywana jako argument do funkcji aktywacji neuronu, która nie jest liniowa. Następnie wartość zwracana przez funkcję jest przekazywana dalej jako wartość wyjściowa danego neuronu. Zastosowanie nieliniowej funkcji aktywacji pozwala sieciom neuronowym rozwiązywać skomplikowane problemy przy pomocy mniejszej liczby neuronów i przyspiesza uczenie sieci.

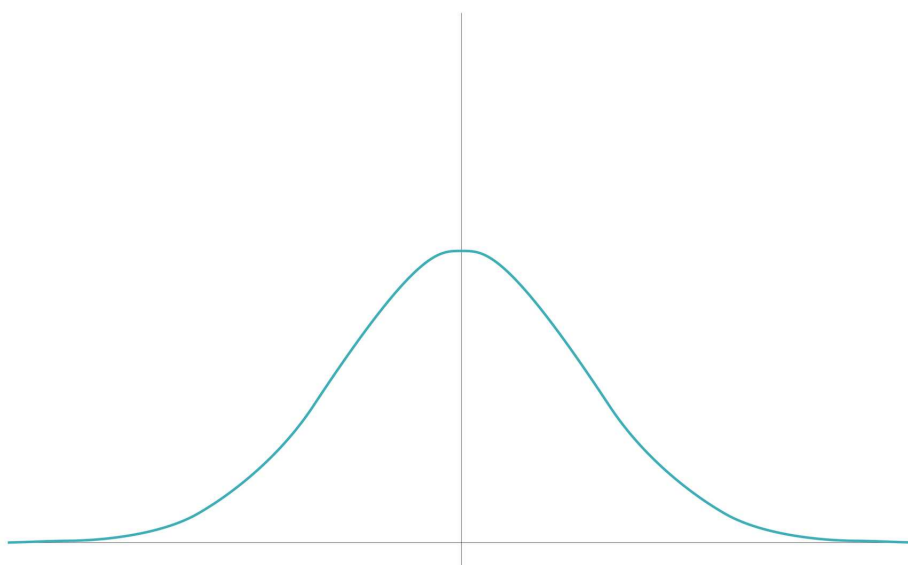
Najczęściej stosowane funkcje są następujących typów:

- sigmoidalna,
- Gaussa,
- sinusoidalna,
- skokowa.



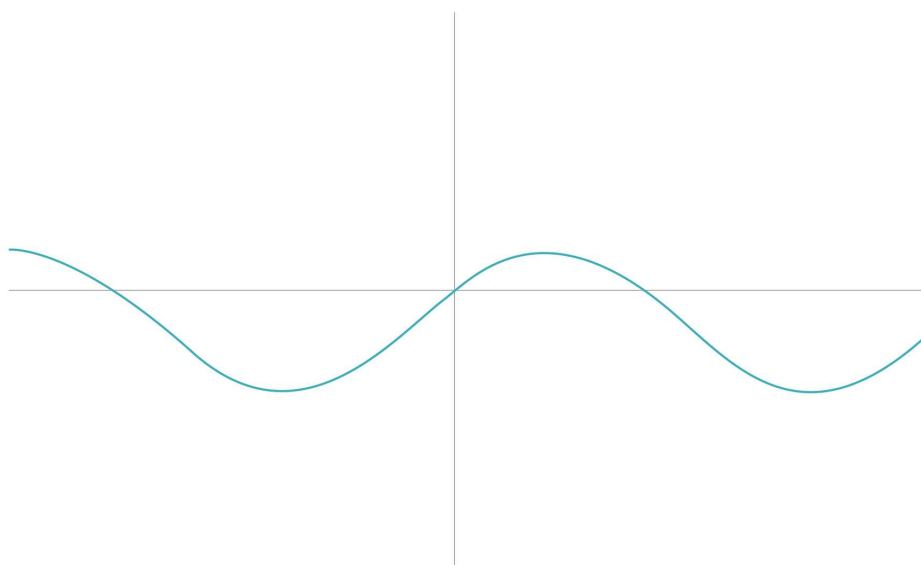
Funkcja sigmoidalna

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



Funkcja Gaussa

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



Funkcja sinusoidalna

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



Funkcja skokowa

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

Algorytm propagacji wstecznej

Głównym celem uczenia sieci jest odpowiednie dostosowywanie wag połączeń, tak aby minimalizować wartość błędu. Jednym z podstawowych algorytmów uczących dla wielowarstwowych jednokierunkowych sieci neuronowych jest **algorytm propagacji wstecznej** (z ang. *Backpropagation*). Wykorzystuje się go podczas uczenia z nadzorem i do swojego działania wykorzystuje on metodę gradientową najszybszego spadku.

Aby lepiej zrozumieć ogólną ideę działania algorytmu propagacji wstecznej, najpierw spróbujmy przedstawić w sposób matematyczny działanie sieci neuronowej. Wprowadźmy następujące oznaczenia:

- x - wektor danych wejściowych
- y - wektor żądanych danych wyjściowych
- N - liczba warstw sieci
- W^i - macierz wag połączeń pomiędzy i -tą i $(i - 1)$ -szą warstwą sieci
- f^i - funkcja aktywacji dla neuronów w i -tej warstwie
- S - **funkcja straty** (z ang. *loss function*)

Mając wprowadzone powyższe oznaczenia, jesteśmy w stanie zapisać działanie naszej sieci neuronowej w postaci matematycznej funkcji. Oznaczmy ją jako F . Jej wzór jest następujący:

$$F(x) = f^N(W^N f^{N-1}(W^{N-1} f^{N-2}(W^{N-2} \dots f^1(W^1 x) \dots)))$$

Wtedy wartość naszej funkcji straty dla i -tego zestawu przykładowych danych składającego się z danych wejściowych x_i oraz prawidłowej odpowiedzi y_i jest postaci $S(F(x_i), y_i)$.

Wartość zwracana przez naszą funkcję straty jest pewnego rodzaju wyznacznikiem, jak bardzo wynik naszej sieci neuronowej różni się od prawidłowego.

Chcemy dążyć do minimalizacji wartości zwracanej przez funkcję straty. Zapewne wiesz z lekcji matematyki, że do wyznaczania monotoniczności funkcji oraz do obliczania jej ekstremów lokalnych, potrzebujemy policzyć pochodną danej funkcji względem jej argumentu. W tym przypadku sprawa jest o wiele bardziej skomplikowana, ponieważ musimy obliczyć pochodną funkcji straty, która jest funkcją wielu zmiennych. Zagadnienie to mocno wybiega poza zakres materiału, więc nie będziemy zagłębiać się w jego szczegóły.

Dzięki policzeniu pochodnej funkcji straty jesteśmy w stanie odpowiednio zmieniać wagi połączeń w poszczególnych warstwach tak, aby dążyć do minimalizacji wartości, którą ona zwraca. Na tym właśnie polega algorytm propagacji wstecznej i jest on podstawowym narzędziem wykorzystywanym podczas uczenia z nadzorem.

Słownik

funkcja straty

funkcja, która zwraca różnicę pomiędzy dwoma zestawami danych wyrażoną za pomocą liczby rzeczywistej; wykorzystywana w problemach statystycznych i optymalizacyjnych

Audiobook

Polecenie 1

Zapoznaj się z audiobookiem i wykonaj ćwiczenie.

Biologia i technologia

Audiobook można wysłuchać pod adresem: <https://zpe.gov.pl/b/PnhoQxkO5>

Sieci neuronowe to jeden z wielu przypadków odwzorowywania procesów biologicznych w świecie techniki. Kiedyś mogło się wydawać, że światy technologii i przemysłu oraz nauki przyrodnicze nie korzystają wzajemnie ze swoich potencjałów, jednak dzisiaj wiemy, że to nieprawda.

Przy badaniu zjawisk naturalnych czy analizie budowy różnych organizmów bardzo przydają się narzędzia i urządzenia opracowane przez wyspecjalizowanych techników. Z kolei wspomniane sieci neuronowe znajdują zastosowanie na przykład podczas pisania oprogramowania przeznaczonego do rozpoznawania pisma. Nie oznacza to jednak, że przedstawione dziedziny tylko czerpią ze swoich osiągnięć, nie przenikając się nawzajem. Przykładem łączenia nauk przyrodniczych i techniki jest biocybernetyka. Zajmuje się ona badaniem i opisywaniem różnych procesów biologicznych, stosując do tego modele, urządzenia i pojęcia ze świata techniki. Warto dodać, że do zakresu zainteresowań biocybernetyki zaliczamy zarówno praktyczne projekty oraz eksperymenty, jak i typowo teoretyczne, matematyczne analizy i opisy procesów biologicznych.

Dziedzina ta jest najbardziej obecna w medycynie. Nad rozwojem nowoczesnego sprzętu do badań, diagnostyki i terapii czy tworzeniem protez i sztucznych organów pracują grupy ekspertów, którzy zajmują się właśnie biocybernetyką. Ich osiągnięcia umożliwiają sprawniejsze wykrywanie i leczenie wielu chorób, a także zwiększają możliwości i komfort życia osób z niepełnosprawnościami. Zapewne w przyszłości będziemy świadkami jeszcze bardziej imponujących dokonań biocybernetyki w zakresie medycyny.

Przedstawione przykłady możemy sklasyfikować jako sytuacje wykorzystywania techniki w biologii, jednak omawiana dziedzina zajmuje się również przypadkami odwrotnymi. Naukowcy przeprowadzają wiele analiz żywych organizmów, by później

odwzorować na przykład ich sposób poruszania się lub odbierania bodźców w konstruowanych robotach.

Rozwój sztucznej inteligencji również częściowo jest zasługą obserwacji i badań ekspertów z zakresu biocybernetyki. Dzięki temu możemy być świadkami takich wydarzeń, jak na przykład utworzenie humanoidalnego robota Sophia czy konstruowania maszyn kroczących. Świat stworzony przez naturę odwzorowujemy poprzez technikę, co świadczy o coraz lepszym jego zrozumieniu.

Biocybernetykę możemy więc określić jako przejście pomiędzy pozornie dwoma odległymi światami, które jednak naturalnie się przenikają, a ich połączenie daje niewyobrażalne możliwości. Istnienie tego typu dziedziny jest też dowodem na wielką potrzebę współpracy pomiędzy wieloma dyscyplinami naukowymi. Jest to również wielka szansa rozwoju i spełniania swoich ambicji dla ludzi posiadających zainteresowania zarówno z zakresu na przykład informatyki, jak i nauk przyrodniczych. Zachęcający również jest fakt, że potencjalni biocybernetycy nie muszą ograniczać się jedynie do medycyny czy robotyki. Interesująca ich dziedzina obejmuje ogromną pulę różnych dyscyplin. Daje to dużą elastyczność oraz większą szansę na odnalezienie wymarzonej pracy. Jeżeli więc nasze pasje koncentrują się nie tylko wokół technicznych przedmiotów, ale również i świata natury, warto zastanowić się nad biocybernetyką jako kierunkiem studiów i rozwoju.

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

Ćwiczenie 1

Wskaż, gdzie jeszcze może zostać wykorzystana biocybernetyka.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Nazwij funkcję o następującym wzorze:

$$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{dla } x < 0 \\ 1 & \text{dla } x \geq 0 \end{cases}$$

Ćwiczenie 2



Rozstrzygnij, czy sieć liniowa zostaje wzbogacona przez dodawanie warstw ukrytych.

Uzasadnij odpowiedź.

Ćwiczenie 3



Oceń prawdziwość stwierdzenia.

Wartość zwracana przez funkcję straty jest wyznacznikiem, jak bardzo wynik naszej sieci neuronowej różni się od prawidłowego.

☐ fałsz

☐ prawda

Ćwiczenie 4



Wyjaśnij, na czym polega działanie algorytmu propagacji wstecznej.

Ćwiczenie 5



Wskaż, do której kategorii uczenia nie należy algorytm propagacji wstecznej.

- ☐ uczenie bez nadzoru
- ☐ uczenie z nadzorem
- ☐ uczenie ze wzmocnieniem

Ćwiczenie 6



Wskaż wszystkie typy najczęściej stosowanych nieliniowych funkcji aktywacji neuronu.

- ☐ liniowa
- ☐ sigmoidalna
- ☐ straty
- ☐ sinusoidalna
- ☐ skokowa
- ☐ dyskretna
- ☐ Gaussa

Ćwiczenie 7



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

Głównym celem uczenia sieci jest odpowiednie dostosowywanie połączeń, tak aby wartość błędu. Jednym z podstawowych algorytmów uczących dla wielowarstwowych jednokierunkowych sieci neuronowych jest . Jego działanie polega na obliczeniu funkcji straty, która jest funkcją . Dzięki temu jesteśmy w stanie wyznaczyć jej ekstrema lokalne i monotoniczność, co pozwala na odpowiednie dostosowanie wag.

pochodnej

algorytm dekoherencji elementarnej

algorytm stochastycznego spadku gradietnu

długości

kierunków

jednej zmiennej

algorytm propagacji wstecznej

wag

miejsz zerowych

maksymalizować

wielu zmiennych

całki

liniową

minimalizować

Ćwiczenie 8



Uzupełnij wzór na wartość wyjściową neuronu liniowego. Niech S oznacza wartość wyjściową, w_i wagę i -tego wejścia, a x_i wartość na i -tym wejściu. Załóżmy, że neuron przyjmuje N wejść oraz że w oznacza opcjonalną stałą.

$$S = w + \text{}$$

$$\frac{w_i}{x_i}$$

$$\sum_{i=1}^N$$

$$w_i x_i$$

$$\frac{x_i}{w_i}$$

$$\prod_{i=1}^N$$

Dla nauczyciela

Autor: Bartosz Zadrozny

Przedmiot: Informatyka

Temat: Działanie sieci neuronowej

Grupa docelowa:

Szkoła ponadpodstawowa, liceum ogólnokształcące, technikum, zakres rozszerzony

Podstawa programowa:

Cele kształcenia – wymagania ogólne

IV. Rozwijanie kompetencji społecznych, takich jak: komunikacja i współpraca w grupie, w tym w środowiskach wirtualnych, udział w projektach zespołowych oraz zarządzanie projektami.

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

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

Zakres rozszerzony. Uczeń spełnia wymagania określone dla zakresu podstawowego, a ponadto:

2) dokonuje kompresji informacji, objaśnia różnice między kompresją stratną i bezstratną tekstów, obrazów, dźwięków, filmów;

IV. Rozwijanie kompetencji społecznych.

Zakres podstawowy. Uczeń:

2) podaje przykłady wpływu informatyki i technologii komputerowej na najważniejsze sfery życia osobistego i zawodowego; korzysta z wybranych e-usług; przedstawia wpływ technologii na dobrobyt społeczeństw i komunikację społeczną;

5) przedstawia trendy w historycznym rozwoju informatyki i technologii oraz ich wpływ na rozwój społeczeństw;

Zakres rozszerzony. Uczeń spełnia wymagania określone dla zakresu podstawowego, a ponadto:

3) przygotowuje się do świadomego wyboru kierunku i zakresu dalszego kształcenia, głównie informatycznego, z myślą o przyszłej karierze zawodowej.

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):

- Wyjaśnisz, czym się różnią sieci liniowe od nieliniowych.
- Wskażesz różne typy funkcji aktywacji neuronów.
- Zapoznasz się z koncepcją algorytmu propagacji wstecznej.
- Scharakteryzujesz związki między biologią i nowymi technologiami na przykładzie sieci neuronowych.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

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

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;
- telefony z dostępem do internetu.

Przebieg lekcji

Przed lekcją:

1. **Przygotowanie do zajęć.** Nauczyciel loguje się na platformie i udostępnia e-materiał: „Działanie sieci neuronowej”. Uczniowie mają zapoznać się z treściami w sekcji

„Przeczytaj”.

Faza wstępna:

1. Przedstawienie tematu i celów zajęć.
2. **Rozpoznanie wiedzy uczniów.** Nauczyciel prosi wybranego ucznia lub uczniów o przedstawienie sytuacji problemowej związanej z tematem lekcji.

Faza realizacyjna:

1. **Praca z tekstem.** Jeżeli przygotowanie uczniów do lekcji jest niewystarczające, nauczyciel prosi o indywidualne zapoznanie się z treścią zawartą w sekcji „Przeczytaj”. Każdy uczestnik zajęć podczas cichego czytania wynotowuje najważniejsze kwestie poruszane w tekście.
2. **Praca z multimediami.** Uczniowie wspólnie słuchają audiobooka, a następnie wspólnie zastanawiają się, gdzie jeszcze wykorzystana może zostać biocybernetyka.
3. **Ćwiczenie umiejętności.** Uczniowie realizują indywidualnie ćwiczenia nr 1-8, po ich wykonaniu porównują otrzymane wyniki z inną osobą.

Faza podsumowująca:

1. Wybrany uczeń podsumowuje zajęcia, zwracając uwagę na nabyte umiejętności.

Praca domowa:

1. Uczniowie opracowują FAQ (minimum 3 pytania i odpowiedzi) do tematu lekcji („Działanie sieci neuronowej”).

Wskazówki metodyczne:

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