Spis treści

Rozdział 1

Wstęp

1.1 Cel projektu

1.2 Motywacja

Rozdział 2

Problem medyczny

Wybrany przeze mnie problem medyczny dotyczy klasyfikacji stanów ostrego brzucha. Za ten stan odpowiedzialne mogą być różne choroby, które zawsze wymagają interwejcji lekarza.

2.1 Opis chorób

Do klasyfikacji jest 8 chorób, zatem sieć neuronowa będzie miała za zadanie przypisać 1 z 8 klas. Są to:

1. Ostre zapalenie wyrostka robaczkowego
2. Zapalenie uchyłków jelit
3. Niedrożność mechaniczna jelit
4. Perforowany wrzód trawienny
5. Zapalenie woreczka żółciowego
6. Ostre zapalenie trzustki
7. Niecharakterystyczny ból brzucha
8. Inne przyczyny ostrego bólu brzucha

Histogram pokazuje, że rozkład klas jest nierównomierny. Na 476 obiektów aż 157 to 'Niecharakterystyczny ból brzucha' i 141 ma etykietę 'Ostre zapalenie wyrostka robaczkowego'. Czyli do 2 klas należy ponad 60% obiektów. Może to mieć negatywny wpływ na jakość klasyfikacji.

2.2 Opis cech

Dane do tego problemu zawierają 31 cech. Są to odpowiedzi z wywiadu medycznego i wyniki przeprowadzonych badań. Możliwe wartości parametrów przedstawione są poniżej. Jak widać wszystkie liczby są naturalne mniejsze niż 11, także normalizacja czy skalowanie danych nie jest konieczne.

- Ogólne
    1. Płeć
        - 1 - męska
        - 2 - żeńska
    2. Wiek
        - 1 - poniżej 20 lat

- 2 - 20 - 30 lat
- 3 - 21 - 30 lat
- 4 - 31 - 40 lat
- 5 - 41 - 50 lat
- 6 - powyżej 50 lat

- Ból

3. Lokalizacja bólu na początku zachorowania
   - 1 - prawa górna ćwiartka
   - 2 - lewa górna ćwiartka
   - 3 - górna połowa
   - 4 - prawa połowa
   - 5 - lewa połowa
   - 6 - centralny kwadrat
   - 7 - cały brzuch
   - 8 - prawa dolna ćwiartka
   - 9 - lewa dolna ćwiartka
   - 10 - dolna połowa

4. Lokalizacja bólu obecnie
   - 0 - brak bólu
   - 1 - prawa górna ćwiartka
   - 2 - lewa górna ćwiartka
   - 3 - górna połowa
   - 4 - prawa połowa
   - 5 - lewa połowa
   - 6 - centralny kwadrat
   - 7 - cały brzuch
   - 8 - prawa dolna ćwiartka
   - 9 - lewa dolna ćwiartka
   - 10 - dolna połowa

5. Intensywność bólu
   - 0 - łagodny/brak
   - 1 - umiarkowany
   - 2 - silny

6. Czynniki nasilające ból
   - 0 - brak czynników
   - 1 - oddychanie
   - 2 - kaszel
   - 3 - ruchy ciała

7. Czynniki przynoszące ulgę
   - 0 - brak czynników
   - 1 - wymioty
   - 2 - pozycja ciała

8. Progresja bólu
   - 1 - ustepujący
   - 2 - bez zmian
   - 3 - nasilający się
9. Czas trwania bólu
   - 1 - mniej niż 12 godzin
   - 2 - 12 - 24 godzin
   - 3 - 24 - 48 godzin
   - 4 - powyżej 48 godzin
10. Charakter bólu na początku zachorowania
    - 1 - przerywany
    - 2 - stały
    - 3 - kolkowy
11. Charakter bólu obecnie
    - 0 - brak bólu
    - 1 - przerywany
    - 2 - stały
    - 3 - kolkowy

- Inne objawy

12. Nudności i wymioty
    - 0 - brak
    - 1 - nudności bez wymiotów
    - 2 - nudności z wymiotami
13. Apetyt
    - 1 - zmniejszony
    - 2 - normalny
    - 3 - zwiększony
14. Wypróżnienia
    - 1 - biegunki
    - 2 - prawidłowe
    - 3 - zaparcia
15. Oddawanie moczu
    - 1 - normalne
    - 2 - dysuria

- Historia

16. Poprzednie niestrawności
    - 0 - nie
    - 1 - tak
17. Żółtaczka w przeszłości
    - 0 - nie

- 1 - tak

18. Poprzednie operacje brzuszne
    - 0 - nie
    - 1 - tak

19. Leki
    - 0 - nie
    - 1 - tak

- Ogólne badanie

20. Stan psychiczny
    - 1 - pobudzony/cierpiący
    - 2 - prawidłowy
    - 3 - apatyczny

21. Skóra
    - 1 - blada
    - 2 - prawidłowa
    - 3 - zaczerwieniona (twarz)

22. Temperatura (pacha)
    - 1 - poniżej 36.5 stC
    - 2 - 36.5 - 37 stC
    - 3 - 37 - 37.5 stC
    - 4 - 37.5 - 38 stC
    - 5 - 38 - 39 stC
    - 6 - powyżej 39 stC

23. Tętno
    - 1 - poniżej 60 /min
    - 2 - 60 - 70 /min
    - 3 - 70 - 80 /min
    - 4 - 80 - 90 /min
    - 5 - 90 - 100 /min
    - 6 - 100 - 110 /min
    - 7 - 110 - 120 /min
    - 8 - 120 - 130 /min
    - 9 - powyżej 130 /min

- Oglądanie brzucha

24. Ruchy oddechowe powłok brzusznych
    - 1 - normalne
    - 2 - zniesione

25. Wzdęcia
    - 0 - nie
    - 1 - tak

- Badania palpacyjne

  26. Umiejscowienie bolesności uciskowej
      - 0 - brak bólu
      - 1 - prawa górna ćwiartka
      - 2 - lewa górna ćwiartka
      - 3 - górna połowa
      - 4 - prawa połowa
      - 5 - lewa połowa
      - 6 - centralny kwadrat
      - 7 - cały brzuch
      - 8 - prawa dolna ćwiartka
      - 9 - lewa dolna ćwiartka
      - 10 - dolna połowa

  27. Objaw Blumberga
      - 0 - negatywny
      - 1 - pozytywny

  28. Obrona mięśniowa
      - 0 - nie
      - 1 - tak

  29. Wzmożone napięcie powłok brzusznych
      - 0 - nie
      - 1 - tak

  30. Opory patologiczne
      - 0 - nie
      - 1 - tak

  31. Objaw Murphy'ego
      - 0 - negatywny
      - 1 - pozytywny

2.3 Selekcja cech

Selekcja cech jest procesem wymaganym, gdy dane nie są dobrej jakości w wielu algorytmach uczenia maszynowego. Polega ona na wyborze podzbioru najlepszych cech według ustalonego kryterium. Analitycy danych przeprowadzają selekcję z następujących powodów:

- uproszczenie modelu, w celu ułatwienia interpretacji przez badaczy,
- skrócenie czasu treningu,
- zmniejszenie wymiarowości modelu,
- zwiększenie generalizacji poprzez uniknięcie zjawiska przeuczenia.

2.3.1 Test chi2

Metoda, którą wybrałem to test chi2. Jest to jedna z technik nieparametrycznych. Nadaje się bardzo dobrze do oceny istotności statystycznej cechy. Test ten polega na obliczeniu podanego poniżej wyrażenia dla każdej z cech i wybraniu takich, dla których wartość jest największa.

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{n} \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Gdzie:

- O_i - wartość mierzona,
- E_i - wartość oczekiwana,
- n - liczba obiektów.

Wartości testu dla wszystkich cech mają następujące wartości:

L.p.	Cecha	Wartość chi2
1	Charakter bólu obecnie	127.811
2	Czynniki przynoszące ulgę	87.453
3	Nudności i wymioty	84.633
4	Czas trwania bólu	84.273
5	Umiejscowienie bolesności uciskowej	77.456
6	Lokalizacja bólu obecnie	70.865
7	Czynniki nasilające ból	59.357
8	Tętno	58.152
9	Apetyt	54.489
10	Wypróżnienia	42.184
11	Charakter bólu na początku zachorowania	32.127
12	Lokalizacja bólu na początku zachorowania	31.430
13	Ruchy oddechowe powłok brzusznych	31.192
14	Progresja bólu	30.502
15	Objaw Blumberga	21.387
16	Wiek	21.228
17	Skóra	20.202
18	Intensywność bólu	18.438
19	Temperatura (pacha)	17.708
20	Stan psychiczny	15.930
21	Leki	15.554
22	Objaw Murphy'ego	13.666
23	Obrona mięśniowa	13.062
24	Oddawanie moczu	12.322
25	Wzmożone napięcie powłok brzusznych	11.406
26	Wzdęcia	8.771
27	Opory patologiczne	8.504
28	Poprzednie operacje brzuszne	7.007
29	Płeć	6.195
30	Poprzednie niestrawności	4.470
31	Żółtaczka w przeszłości	0.590

Najlepszymi cechami są te, które mają wysoką wartość chi2. Zatem ograniczając liczbę cech, do klasyfikacji brane będą te z góry tabeli. Cechy o niskiej wartości, jak na przykład 'Żółtaczka w przeszłości', nie polepszą klasyfikacji, a mogą ją nawet pogorszyć.

Rozdział 3

Techologie

3.1 Python

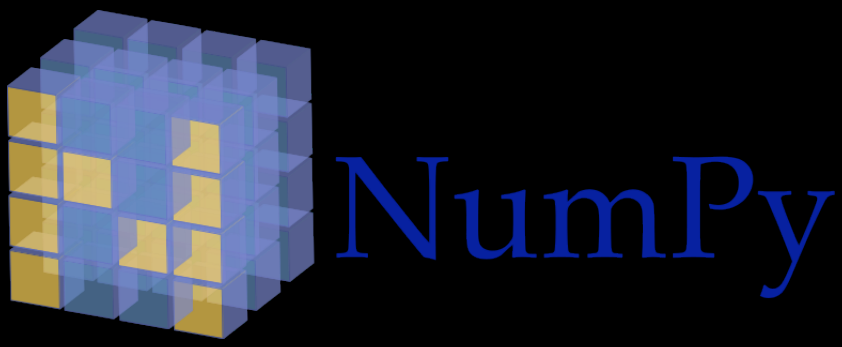
Python to wysoko poziomowy język programowania ogólnego przeznaczenia. Stworzony został 26 lat temu przez holenderskiego programistę Guido van Rossuma. Najpolularniejszy interpreter Pythona napisany jest w języku C. Jednak w odróżnieniu od C, C++ i Javy, Python jest interpretowalny i nie używa się w nim nawiasów klamrowych do oddzielenia bloków kodu. Jest przez to bardziej czytelny i nie odstrasza ludzi aspirujących do bycia programistami. Zamias klamr stosuje się wcięcia w kodzie, które powinny wynosić 4 spacje na każdy poziom. Od wersji 3.5 w Pythonie można jawnie stosować typowanie, czyli na przykład twórca funkcji może umieścić informację w kodzie, jakiego typu powinny być argumenty i jaki typ funkcja zwraca. Dzięki temu czas potrzebny na zrozumienie cudzego kodu staje się krótszy.

Python ma wiele zastosowań:

- nauka programowania,
- web development,
- aplikacje konsolowe,
- aplikacje okienkowe,
- gry komputerowe,
- naukowe,
- analiza danych.

Od kilku lat Python zyskuje duże zainteresowanie naukowców z różnych dziedzin nauki z racji swojej prostoty i wszechstronności. Powstało również wiele gotowych modułów do zastosowania w uczeniu maszynowym, ale nie będę używał ich w tym projekcie.

Rysunek 3.1: Logo języka Python



Rysunek 3.2: Logo numpy

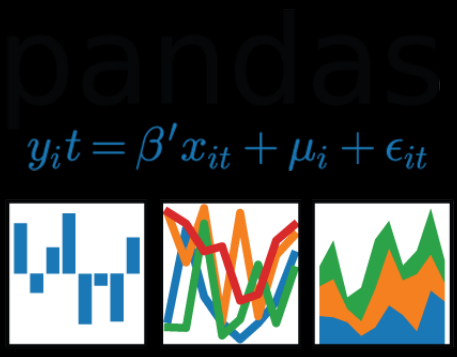
Rysunek 3.3: Logo matplotlib

3.2 numpy

3.3 matplotlib

3.4 pandas

3.5 git



Rysunek 3.4: Logo pandas

Rozdział 4

Sieć neuronowa

4.1 Wprowadzenie

Sztuczna sieć neuronowa to pewna struktura matematyczna, która może być zaimplementowana programowo lub sprzętowo. Początkowo taki twórcy takich modeli inspirowali się zwierzęcym mózgiem, w którym połączone ze sobą neurony tworzą sieć. Taka sieć przetwarza sygnały wejściowe wykonując na nich pewne operacje. Sieci wykorzystywane są często do rozwiązywania problemów klasyfikacji, z racji na ich zdolność uczenia. Np. potrafią przetwarzać zdjęcia i opisywać, co się na nich znajduje. Przed skorzystaniem z sieci należy ją nauczyć, co sprowadza się do przekazywania na wejście sieci danych uczących razem z poprawną klasą, do której dane obiekty należą.

4.2 Neuron

Neuron stanowi podstawowy budulec sztucznej sieci neuronowej. Składa się z ustalonej liczby wejść, wraz z odpowiadającymi im wagami. Ponadto neuron zawiera nieliniową funkcję aktywacji oraz jedno wyjście. Jego zadanie to obliczenie iloczynu skalarnego wektora wejść z wektorem wag. Dodatkowo możemy przyjąć, że bias jest dodatkowym wejściem neuronu o wartości 1. Następnie obliczona suma ważona poddawana jest funkcji aktywacji i przekazywana na wyjście neuronu. W procesie uczenia wagi w neuronie zmieniają się tak, by otrzymany błąd był jak najmniejszy.

4.2.1 Funkcja aktywacji

Funkcja aktywacji to funkcja, która wykorzystywana jest w sztucznych sieciach neuronowych, a dokładniej w samym neuronie do zmiany wartości wyjścia. Ma to na celu sprawienie, że sieć jest w stanie lepiej się uczyć nawet przy małej liczby neuronów. W uczeniu maszynowym znanych jest wiele rodzajów takich funkcji. W tej pracy opiszę tylko dwie, które użyłem do budowy sieci neuronowej.

Sigmoid

Pierwszą opisywaną funkcją jest sigmoid, zwana też 'sigmoidalną funkcją unipolarną'. Bardzo dobrze nadaje się jako funkcja aktywacji, gdyż jej dziedzina to cały zbiór liczb rzeczywistych. Ma tę cechę, że zbiór warości mieści się w zakresie (0, 1). Jest to również wada, że szybko się 'nasyca'. Kolejnym minusem tej funkcji jest to, że wartości nie zcentralizowane wokół zera. Ponadto wykorzystuje funkcję *exp*, która jest kosztowna obliczeniowo. Jej wzór to:

$$\sigma(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

Tangens hiperboliczny

Kolejna funkcja, która wykorzystywana jest w sieciach neuronowych to tangens hiperboliczny (tanh). W tym przypadku również dziedziną jest zbiór liczb rzeczywistych. Spłaszcza wyjście w zakresie (-1, 1).

Podobnie jak sigmoid szybko się 'nasyca'. W przeciwieństwie do poprzedniej funkcji jest scentralizowany wokół zera. Tanh również korzysta z funkcji *exp*. Jej wzór to:

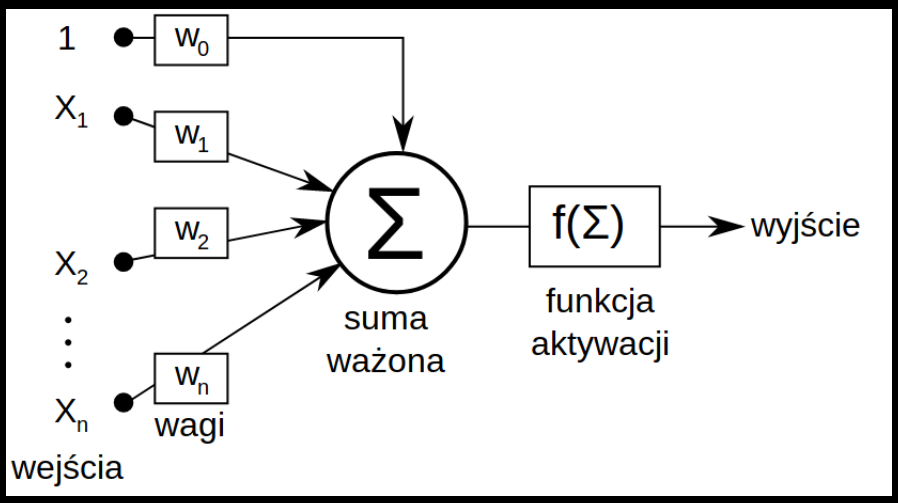
$$tanh(x) = \frac{2}{1 + e^{-2x}} - 1$$

4.3 Model wielowarstwowy

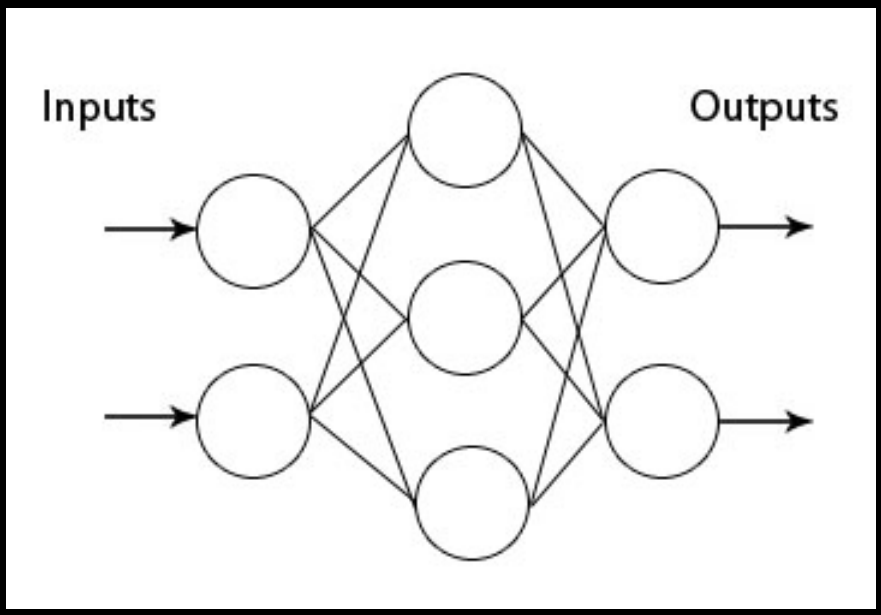
Kiedy pojedyncze neurony mają te same sygnały wejściowe, tworzą wówczas tak zwaną warstwę w sieci neuronowej. Dlatego sieć neuronowa ma budowę warstwową. Zawsze występuje warstwa wejściowa i wyjściowa. Ponadto mogą występować warstwy ukryte. Ich ilość zależy od rozwiązywanego problemu.

W warstwie wejściowej znajduje się tyle neuronów, ile jest badanych cech. W moim przypadku będzie mniej niż 31. Neurony w tej warstwie nie mają wag, lecz przekazują dalej dokładnie to, co otrzymały.

Liczba neuronów w warstwie wyjściowej również nie jest przypadkowa. Warstwa ta składa się z takiej samej liczby neuronów, co liczba klas w zadanym problemie. Problem medyczny, na którym pracuję dotyczy klasyfikacji ośmio klasowej, dlatego będzie osiem neuronów wyjściowych. Każdy z nich będzie zwracał wartość przynależności do danej klasy.



Rysunek 4.1: Schemat neuronu



Rysunek 4.2: Schemat neuronu

Rozdział 5

Opis architektury aplikacji

5.1 Schemat warstwy

```
class Layer:
def __init__(self, shape, activation='sigmoid'):
...

def feedforward(self, x: np.ndarray) -> np.ndarray:
...

def calc_delta(self, d: np.ndarray = None):
...

def calc_gradient(self):
...

def update_weights(self):
...
```

Powyższy fragment kodu przedstawia schemat klasy Layer. Jest to implementacja jednej warstwy w sieci neuronowej. Klasa zawiera w sobie tablicę, która jest składa się z wag połączeń do poprzedniej warstwy. Przy tworzeniu instancji można podać funkcję aktywacji (domyślnie jest to sigmoid).

5.2 Schemat modelu

5.2.1 Proces uczenia

Rozdział 6

Przeprowadzone badania

Rozdział 7

Podsumowanie

7.1 Dalsze możliwości rozwoju

7.2 Co mogłem zrobić lepiej

Tekst podsumowania

Spis rysunków

Spis tablic