

Wykrywanie występowanie chorób serca,porównanie algorytmów uczenia  
maszynowego nadzorowanego na podstawie zbioru danych dotyczących  
chorób układu krążenia z repozytorium UCI

Magdalena Szulc

2022-05-01

# Contents

<b>Abstrakt</b>	<b>1</b>
<b>Wykrywanie występowanie chorób serca,porównanie algorytów uczenia maszynowego nadzorowanego na podstawie zbioru danych dotyczących chorób układu krążenia z repozytorium UCI</b>	<b>2</b>
<b>Wstęp</b>	<b>3</b>
<b>Cel i zakres pracy</b>	<b>4</b>
<b>Wprowadzenie teoretyczne</b>	<b>5</b>
Ścieżka działania algorytmów uczenia maszynowego nadzorowanego . . . . .	6
Model Danych . . . . .	7
Repozytorium uczenia maszynowego UCI . . . . .	7
Obsługa brakujących wartości . . . . .	7
Standaryzacja . . . . .	8
Obsługa zmiennych kategoryalnych . . . . .	8
<b>Opis praktycznej części projektu</b>	<b>10</b>
Moduły projektu: . . . . .	10
Narzędzia i biblioteki zastosowane w pojeckie . . . . .	10
Trening algorytmu . . . . .	12
Wybrane algorytmy uczenia maszynowego nadzorowanego . . . . .	13
Komparacja działania modeli . . . . .	16
Rezultaty wnioski: Losowe lasy decyzyjne . . . . .	16
Rezultaty wnioski: Metoda wektorów nośnych . . . . .	16
Rezultaty wnioski: K najbliższych sąsiadów . . . . .	16
Porównanie całościowe algorytmów : złożoność czasowa , dokładność , złożoność implementacyjna , wpływ danych wykorzystywanych w modelu . . . . .	16
Podsumowanie i opisanie wpływu danych na model . . . . .	16
<b>todo variants of user data preparatrio</b>	<b>17</b>
porównanie wyników klasfikacji do regresji . . . . .	17
<b>Zestawienie efektywności działania algorytmów</b>	<b>18</b>
Spis ilustracji . . . . .	18
Spis tabel . . . . .	18
<b>Bibliografia</b> . . . . .	18
@article{https://www.run.ai/guides/machine-learning-engineer/machine-learning-workflow/#:~:text=Machine%20learning%20	
@article{https://www.ices.on.ca/Publications/Journal-Articles/2014/January/Cardiovascular-Disease-Population-Risk-Tool-predictive-algorithm-for-assessing-CVD-risk} . . . . .	20
@article{https://towardsdatascience.com/what-are-supervised-and-unsupervised-learning-in-machine-learning-dc76bd67795d} . . . . .	20

# Abstrakt

The aim of the work is to compare selected algorithms of supervised machine learning and build a model based on medical data, which diagnoses the presence or absence of cardiovascular disorders.

Medical data is distinguished by the fact that it is difficult to access it, most often it is not information that is made available for public use, therefore, a key step is to choose the features taken into account when creating the model. The data obtained from the UCI repository has already undergone preliminary processing, the dataset itself, due to its small size, allows you to check the operation of algorithms without getting rid of redundant and insignificant features.

The main motive is to answer the question of how data deficiency strongly influences the outcome and whether there is a difference between the use of selected supervised learning algorithms requires a comparison of the ease of creating a model, accuracy, complexity and time to obtain an answer.

Wykrywanie występowanie chorób  
serca, porównanie algorytmów uczenia  
maszynowego nadzorowanego na podstawie  
zbioru danych dotyczących chorób układu  
krążenia z repozytorium UCI

# Wstęp

Sztuczna inteligencja wśród szerokiego zakresu swoich zastosowań może zostać wykorzystana do analizy bardziej lub mniej złożonych danych medycznych, w celu przewidzenia wystąpienia choroby u konkretnej osoby, bez udziału procesu myślowego od stony specjalisty.

Do tego przeznaczenia istnieje możliwość zastosowania uczenia nadzorowanego (ang. *supervised learning*) tj. rodzaj uczenia maszynowego zakładający istnienie zbioru danych testowych zawierających odpowiedzi, na ich podstawie wyszukiwane są zależności znaczące oraz budowany jest model do przewidywania wartości.

W przypadku danych dotyczących chorób zależności typujące występowanie choroby, bazują na podstawie konkretnych wyników badań zgromadzonych w repozytorium UCI.

W dzisiejszych czasach choroby sercowo-naczyniowe stanowią najczęstszą przyczynę zgonów, a liczba osób cierpiących na te dolegliwości stale rośnie. Głównymi przyczynami zachorowalności diagnozowanymi przez specjalistów są niski poziom świadomości i profilaktyki chorób serca. Objawy są tym silniejsze im gorszy jest stan chorobowy pacjenta.

Dlatego prowadzone są intensywne prace nad zwiększeniem dostępności badań, które wspomogą diagnostykę kardiologiczną na jak najwcześniejszym etapie <sup>1</sup>.

Powodem szukania dokładniejszych sposobów diagnozowania są również wysokie koszty leczenia generowane przez choroby układu krwionośnego. Według analityków firmy konsultingowej KPMG <sup>2</sup> w 2011 r. koszty diagnostyki i terapii chorób serca wyniosły ponad 15 miliardów polskich złotych.

Zastosowanie uczenia maszynowego w medycynie, pozwala na przetwarzanie dużych zasobów historycznych wyników medycznych, głównie zależności przyczynowo skutkowych, które mogą zostać wykorzystane do diagnostyki lub leczenia <sup>3</sup>.

Słowa kluczowe: uczenie maszynowe, uczenie nadzorowane, lasy losowe, maszyna wektorów nośnych, k-najbliższych sąsiadów

---

<sup>1</sup>Wojciech Modrzejewski and Włodzimierz J. Musiał tyt.: "Stare i nowe i czynniki ryzyka sercowo-naczyniowego - jak zahamować epidemię miażdżycy? Część I. Klasyczne czynniki ryzyka", Forum Zaburzeń Metabolicznych 2010;1(2):106-114.

<sup>2</sup>międzynarodowa sieć firm audytorsko-doradczych ze szczególnym uwzględnieniem branży dóbr konsumpcyjnych, usług finansowych, nieruchomości i budownictwa, technologii informacyjnych, mediów i komunikacji (TMT), transportowej (TSL), produkcji przemysłowej, a także sektora publicznego

<sup>3</sup>Korczak, Karol. "Uczenie maszynowe w opiece zdrowotnej." Roczniki Kolegium Analiz Ekonomicznych/Szkoła Główna Handlowa 56 Technologie informatyczne w administracji publicznej i służbie zdrowia (2019): 305-316.

# Cel i zakres pracy

Celem pracy jest porównanie wybranych algorytmów uczenia maszynowego nadzorowanego, przy założeniu że dane wejściowe są wybrakowane, a w rezultacie zbudowanie modelu który na podstawie danych medycznych wystawia diagnozę o występowaniu zaburzeń sercowo-naczyniowych lub ich braku.

Dane medyczne wyróżniają się tym, że trudno uzyskać do nich dostęp, najczęściej nie są to informacje, które się udostępnia do użytku publicznego, z tego powodu, kluczowym krokiem jest wybór cech branych pod uwagę przy tworzeniu modelu. Dane pozyskane z repozytorium UCI przeszły już wstępną obróbkę, sam dataset ze względu na swoje niewielkie rozmiary pozwala na sprawdzenie działań algorytmów bez pozbywania się nadmiarowych i mało znaczących cech.

Zatem odpowiedź na pytanie jak wybrakowanie danych mocno wpływa na rezultat i czy istnieją różnicę między zastosowaniem wybranych algorytmów nauczania nadzorowanego wymaga przedstawienia porównania łatwości tworzenia modelu, dokładności, złożoności oraz czasu uzyskania odpowiedzi.

W pracy opisano następujące algorytmu uczenia nadzorowanego:

- lasy decyzyjne (ang. *decisions-forests*)
- metoda wektorów nośnych (ang. *support vector machines*, SVM)
- k-najbliższych sąsiadów (ang. *k-neares neighbours*, KNN)

# Wprowadzenie teoretyczne

**Uczenie maszynowe** (ang. *machine learning*, ML) to dziedzina zajmująca się tworzeniem modeli do analizy bardzo obszernych zasobów danych. Modele utworzone za pomocą algorytmów uczenia maszynowego są w stanie z wysokim prawdopodobieństwem wystawić predykcję lub dokonać klasyfikacji na temat zadanego problemu.

Model *klasyfikacyjny* służy do przewidzenia etykiety klasy poprzez mapowanie na już z góry ustalony jednowymiarowy podział, model *regresyjny* natomiast mapuje przestrzeń ustalając liczbę klas podziału oraz grupując wartości. Istnieje możliwość przekształcenia problemu regresyjnego na klasyfikację i na odwrót poprzez zamianę wartości oczekiwanego wyniku. Taką modyfikację zastosowano w praktycznej części projektu. Wyniki dla danych występowały w wartościach od 0 do 4, dla wartości  $<1,4>$  przypadek testowy uznawany był za sklasyfikowany pozytywny (chory), dlatego przekształcenie z modelu regresyjnego do modelu klasyfikacyjnego polega na konwersji wyników do wartości liczbowych 0 - brak stwierdzenia stanu chorobowego oraz 1 - stwierdzenie o chorobie układu krążenia.<sup>4</sup>

Sposób wykorzystania segreguje alorytmy uczenia maszynowego na dwie kategorie, jednak powszechnie stosowanym podziałem jest podział zależnie od sposobu *trenowania* algorytmu. Algorytmy dzieli się na min.: uczenie nadzorowane, uczenie częściowo nadzorowane, uczenie bez nadzoru oraz uczenie przez wzmacnianie<sup>5</sup>.

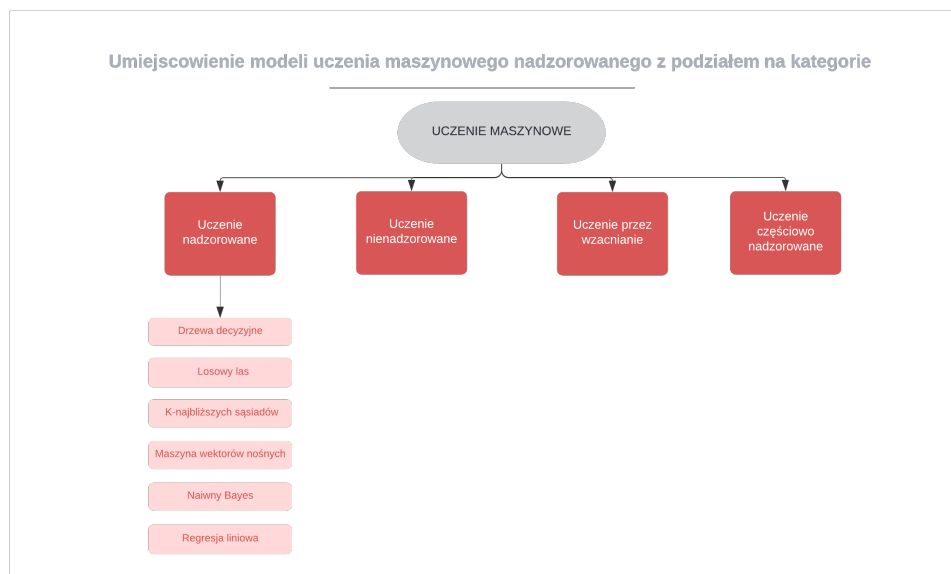


Figure 1: Schemat 1

Dobór typu uczenia oraz algorytmu uzależniony jest od danych wejściowych oraz oczekiwanego rezultatu. Dane wyjściowe mogą przyjmować format odpowiedzi TAK/NIE, klasyfikacji do danego zbioru czy np procentowej oceny ryzyka.

**Uczenie maszynowe nadzorowane** (ang. *supervised learning*) to klasa algorytmów uczenia maszynowego, która bazuje na poetykietowanych danych. Ten typ uczenia świetnie nadaje się do rozwiązywania problemów z zakresu klasyfikacji.

<sup>4</sup>An overview of the supervised machine learning methods Vladimir Nasteski Faculty of Information and Communication Technologies, Partizanska bb, 7000 Bitola, Macedonia

<sup>5</sup>Data Science from Scratch:First Principles with Python, Joel Grus, R.11,str140, Thoughtful Machine Learning with Python A Test-Driven Approach autor :Kirk Matthew r.1 str.8

Nadzór polega na porównaniu rezultatów działania modelu z wynikami które są zawarte w danych wejściowych(*dane oznaczone*)<sup>6</sup>. Algorytm po osiągnięciu żądanej efektywności jest w stanie dokonać klasyfikacji przykładu dla którego nie posiada odpowiedzi. Sprawdza się to obecnie w rekomendacji produktów oraz diagnozie chorób. Z matematycznego punktu widzenia dopasowanie danych oznaczonych nazywane jest aproksymacją funkcji<sup>7</sup>.

**Uczenie maszynowe bez nadzoru** (ang. *unsupervised learning*) to klasa algorytmów uczenia maszynowego która głównie rozwiązuje problemy grupowania. Dane dostarczane do modelu nie zawierają *oznaczeń*, zatem nauczanie polega na wyciąganiu konkluzji z poprzednio wykonanych iteracji. Na skuteczność modeli budownych w oparciu o uczenie bez nadzoru wpływ ma rozmiar dostarczonego do nauki zbioru danych, im jest on większy tym bardziej wzrasta efektywność. Takie zbiory można uzyskać rejestrując dane na bieżąco dlatego do najczęstszych zastosowań tej klasy algorytmów, można zaliczyć rozpoznawanie mowy czy obrazu<sup>8</sup>.

**Uczenie maszynowe przez wzmacnianie** (ang. *reinforcement learning*) to klasa algorytmów uczenia maszynowego której nauczanie nie opiera się na danych wejściowych czy wyjściowych a rezultatami otrzymanymi podczas testu nazywanych tzw. sygnałami wzmocnienia który może przyjmować wartość pozytywną lub negatywną. Algorytm generując dane wejściowe dostosowuje reguły by uzyskać zwrotnie sygnał pozytywny w jak największej liczbie przypadków.<sup>9</sup>

**Uczenie częściowo nadzorowane** (ang. *semi-supervised learning*) to klasa algorytmów uczenia maszynowego która wykorzystuje zbiór danych w większości niepoetykietowany na podstawie których tworzony jest model<sup>10</sup>.

Podział osób na kategorie cierpiące na choroby sercowo-naczyniowe oraz zdrowe, to dylemat klasyfikacyjny nadający się do rozwiązania za pomocą algorytmów uczenia maszynowego nadzorowanego i na nich skupia się dalsza część pracy.

## Ścieżka działania algorytmów uczenia maszynowego nadzorowanego

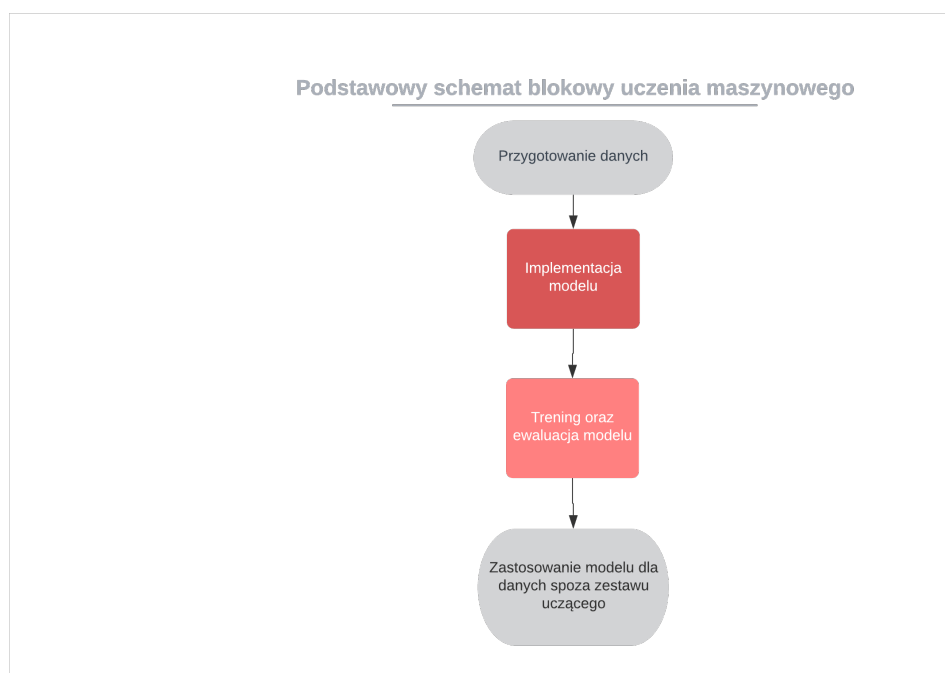


Figure 2: Schemat 2

<sup>6</sup>The use of machine learning methods in predicting stock prices on the stock exchange. Autor: Tomasz Łysiak

<sup>7</sup>Data Science from Scratch:First Principles with Python, Joel Grus, R.11,str140, Thoughtful Machine Learning with Python A Test-Driven Approach autor :Kirk Matthew r.1 str.8

<sup>8</sup>Data Science from Scratch:First Principles with Python, Joel Grus, R.11,str140, Thoughtful Machine Learning with Python A Test-Driven Approach autor :Kirk Matthew r.1 str.8

<sup>9</sup>An Overview of Machine Learning Methods Used in Sentiment Analysis. Justyna Laska

<sup>10</sup>van Engelen, J.E., Hoos, H.H. A survey on semi-supervised learning. Mach Learn 109, 373–440 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10994-019-05855-6>



## Model Danych



11

### Repozytorium uczenia maszynowego UCI

Sensem wykorzystania uczenia maszynowego jest prognoza lub klasyfikacja rzeczywistych wartości z dużego zbioru danych które mogą znaleźć zastosowanie w praktycznych dziedzinach. Im bardziej dokładne i rzeczywiste dane do testowania i tworzenia modelu tym większe prawdopodobieństwo otrzymania realnych wyników na końcu ścieżki uczenia. W celu gromadzenia zaufanej bazy dostępnych zbiorów danych testowych powstało repozytorium uczenia maszynowego UCI. Jak podaje strona informacyjna :

... było ono cytowane ponad 1000 razy, co czyni je jednym ze 100 najczęściej cytowanych „artykułów” w całej informatyce ... <sup>12</sup>

Repozytorium gromadzi dane z wielu rozbieżnych dziedzin , dane medyczne umieszczone w repozytorium nie zawierają wrażliwych danych pacjentów , a niektóre zbiory są poddane już wstępnej obróbce tak jak zbiór danych “Heart Disease Databases” wykorzystany w tym dokumencie, który powstał na podstawie realnych danych medycznych zebrany z lokalizacji

1. Fundacja Cleveland Clinic <sup>13</sup>
2. Węgierski Instytut Kardiologii, Budapeszt <sup>14</sup>
3. V.A. Centrum medyczne, Long Beach, Kalifornia (long-beach-va.data) <sup>15</sup>
4. Szpital Uniwersytecki, Zurych, Szwajcaria (switzerland.data) <sup>16</sup>.

Wyróżniono 14 atrybutów spośród 76 zebranych do wykorzystania w algorytmach uczenia maszynowego, wszystkie z nich mają wartości liczbowe.

W przypadku danych testowych z repozytorium UCI, fakt iż dane pochodziły z różnych lokalizacji ma duże znaczenie ,gdyż od placówki medycznej zależy jakim badaniom poddani zostali pacjenci a co za tym idzie w jakich kolumnach tabelarycznego przedstawienia będą mieć uzupełnione bądź puste wartości. Scalenie ze sobą dataset’ów dostarcza większej różnorodności również dzięki temu że dane pochodzą z różnych krajów. Jeżeli zestaw wejściowy zostałby ograniczony do jednej lokalizacji to cecha dla której nie uzupełniono wartości zostałaby pominięta podczas treningu ze względu na brak danych.

Proces przetwarzania danych może składać się z wielu różnych kroków zależnie od typu, w uczeniu nadzorowanym operującym na danych tekstowo-liczbowych poprawnym będzie zastosowanie schematu przedstawionego poniżej:

Po złączeniu można przeprowadzić szereg działań w celu sztucznego uzupełnienia pustych wartości bazując na wartościach które już istnieją.

### Obsługa brakujących wartości

Możliwości obsługi brakujących wartości są jak już przedstawiono powyżej są 2 : mniej polecana ze względu na utratę danych, redukcja dataset’u lub uzupełnienie go zgodnie z wybranym przez siebie założeniem. Biblioteki do nauczania maszynowego dostarczają już gotowe rozwiązania do upuszczenia wierszy lub kolumn zawierających wartości null. Uzupełnienie danych inaczej imputacja, rozwiązuje problem w mniej stratny sposób i tak samo jak do redukcji są już gotowe

<sup>11</sup>Dua, D. and Graff, C. (2019). UCI Machine Learning Repository [<http://archive.ics.uci.edu/ml>]. Irvine, CA:University of California, School of Information and Computer Science.

<sup>12</sup>Dua, D. and Graff, C. (2019). UCI Machine Learning Repository [<http://archive.ics.uci.edu/ml>]. Irvine, CA:University of California, School of Information and Computer Science.

<sup>13</sup>V.A. Fundacja Centrum Medyczne, Long Beach i Cleveland Clinic:dr n. med. Robert Detrano

<sup>14</sup>Węgierski Instytut Kardiologii. Budapeszt: Andras Janosi, MD

<sup>15</sup>V.A. Fundacja Centrum Medyczne, Long Beach i Cleveland Clinic:dr n. med. Robert Detrano

<sup>16</sup>Szpital Uniwersytecki, Zurych, Szwajcaria: William Steinbrunn, MD i Szpital Uniwersytecki, Bazylea,Szwajcaria: Matthias Pfisterer, MD

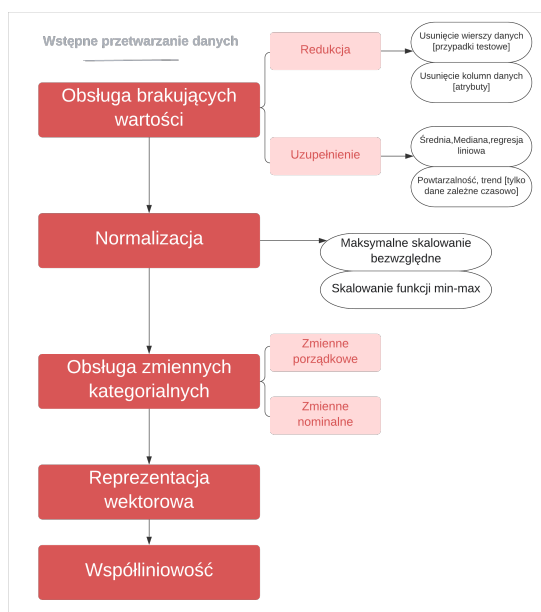


Figure 3: Schemat 4

rozwiązania w bibliotece sklearn. Istnieją 4 różne strategie uzupełniania wykorzystujące proste matematyczne obliczenia takie jak :

- średnia,
- mediana,
- stała,
- najczęściej występująca wartość.

Do wyznaczenia wartości uzupełniających można również użyć regresji liniowej.

## Standaryzacja

Przekształcenie danych również bazujące na statystycznych założeniach i również ustandaryzowane w popularnych bibliotekach. Dążymy aby średnia wartość wynosiła 0, a odchylenie standardowe 1 dla liczbowych reprezentacji danych. Z matematycznego punktu widzenia wykonujemy działanie

$$\frac{\bar{X}}{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X - \bar{X})^2}{N - 1}}}$$

17

## Obsługa zmiennych kategorialnych

Cechy kategorialne dzielą się na dwie zasadnicze grupy ze względu na możliwość uporządkowania , dane takie jak wykształcenie , rozmiar podlegają mapowaniu , dane typu kolor lub płeć podlegają kodowaniu. W ten sposób dane kategorialne stają się wartościami liczbowymi.

<sup>17</sup>Peshawa J. Muhammad Ali, Rezhna H. Faraj; "Data Normalization and Standardization: A Technical Report", Machine Learning Technical Reports, 2014, 1(1), pp 1-6.

**Reprezentacja wektorowa**

Obsługa danych kategoryalnych pozwoliła zmapować/zakodować je w postaci liczbowej, ale można pójść o krok dalej i te same dane mieć w postaci 0 lub 1 na odpowiedniej kolumnie. Rozwiązanie reprezentacji wektorowej polega na utworzeniu tylu kolumn ile jest unikalnych wartości dla kategorii i wpisanie 0 lub 1 dla każdego rekordu danych<sup>18</sup>.

**Współliniowość cech** Aby znaleźć korelacje współliniowości należy szukać liniowej zależności pomiędzy danymi, najłatwiej zauważyć to tworząc wykresy z danych testowych dla każdej pary<sup>19</sup>.

[TODO] Wykresy dla cech

---

<sup>18</sup>Introduction to Data Preprocessing in Machine Learning Beginners Guide for Data Preprocessing Dhairya Kumar

<sup>19</sup>Introduction to Data Preprocessing in Machine Learning Beginners Guide for Data Preprocessing Dhairya Kumar

# Opis praktycznej części projektu

## Moduły projektu:

- Config - zawiera statyczne zasoby oraz konfigurację logowania projektu
- Data - moduł odpowiada za wczytywanie i obróbkę danych testowych, oraz obiekty danych wykorzystywanych przy uczeniu oraz zapisie modelu
- Management:
  - PlotGeneration - moduł odpowiedzialny za prezentację wyników w postaci wykresów porównujących algorytmy oraz odpowiedzi na zadany problem
  - Prediction :
    - \* RF - implementacja treningu algorytmu Lasów losowych
    - \* KNN - implementacja treningu algorytmu K-najbliższych sąsiadów
    - \* SVM - implementacja treningu algorytmu Maszyny wektorów nośnych
- Static - folder z obrazkami , plikami stylów oraz javascript i jQuery wykorzystywanych przez Flask
- Templates - folder z stronami html

Projekt posiada dwa tryby pracy :

- tryb nauczania na podstawie danych testowych - machine learning z wykorzystaniem 3 algorytmów
- tryb aplikacji web - wykorzystanie Flask do prezentacji i wykorzystania utworzonych modeli

Poniżej przedstawiono plan działania:

## Narzędzia i biblioteki zastosowane w pojeckie

Praktyczna część pracy napisana została w języku Python z wykorzystaniem scikit-learn, obsługującym wiele algorytmów maszynowego uczenia się w tym uczenia nadzorowanego i docelowo wybranych algorytmów przedstawionych w teoretycznej części pracy.

Biblioteka opiera się o Numpy oraz Scipy, zestaw narzędzi do obliczeń na macierzach, wektorach oraz umożliwiające metody numeryczne takie jak całkowanie, różniczkowanie itp <sup>20</sup>.

Do przygotowania danych wykorzystano zestaw narzędzi Pandas, ułatwiający tworzenie struktur danych i ich analizę. W celu wizualizacji wyników w postaci wykresów zastosowano Matplotlib. Część prezentacyjna czyli możliwość wprowadzenia danych w formularzu na stronie i weryfikacja wyniku dla wyuczonych już modeli wykorzystuje bibliotkę Flask. Przekazywanie obiektów o bardziej skomplikowanej budowie serializowano do formatu JSON są za pomocą biblioteki jsonpickle, a zapis modeli wykonano za pomocą joblib która zapewnia taką obsługę obiektów Pythona.

Biblioteki w większości posiadają otwarty kod źródłowy , głównie napisany w języku Python<sup>21</sup>.

<sup>20</sup>@article{scikit-learn, title={Scikit-learn: Machine Learning in {P}ython}, author={Pedregosa, F. and Varoquaux, G. and Gramfort, A. and Michel, V. and Thirion, B. and Grisel, O. and Blondel, M. and Prettenhofer, P. and Weiss, R. and Dubourg, V. and Vanderplas, J. and Passos, A. and Cournapeau, D. and Brucher, M. and Perrot, M. and Duchesnay, E.}, journal={Journal of Machine Learning Research}, volume={12}, pages={2825–2830}, year={2011}}

<sup>21</sup>Podjęcie porównawcze do algorytmów uczenia się maszynowego ,Samrudhi Rajendra Kaware , Vinod Subhasharao Wande

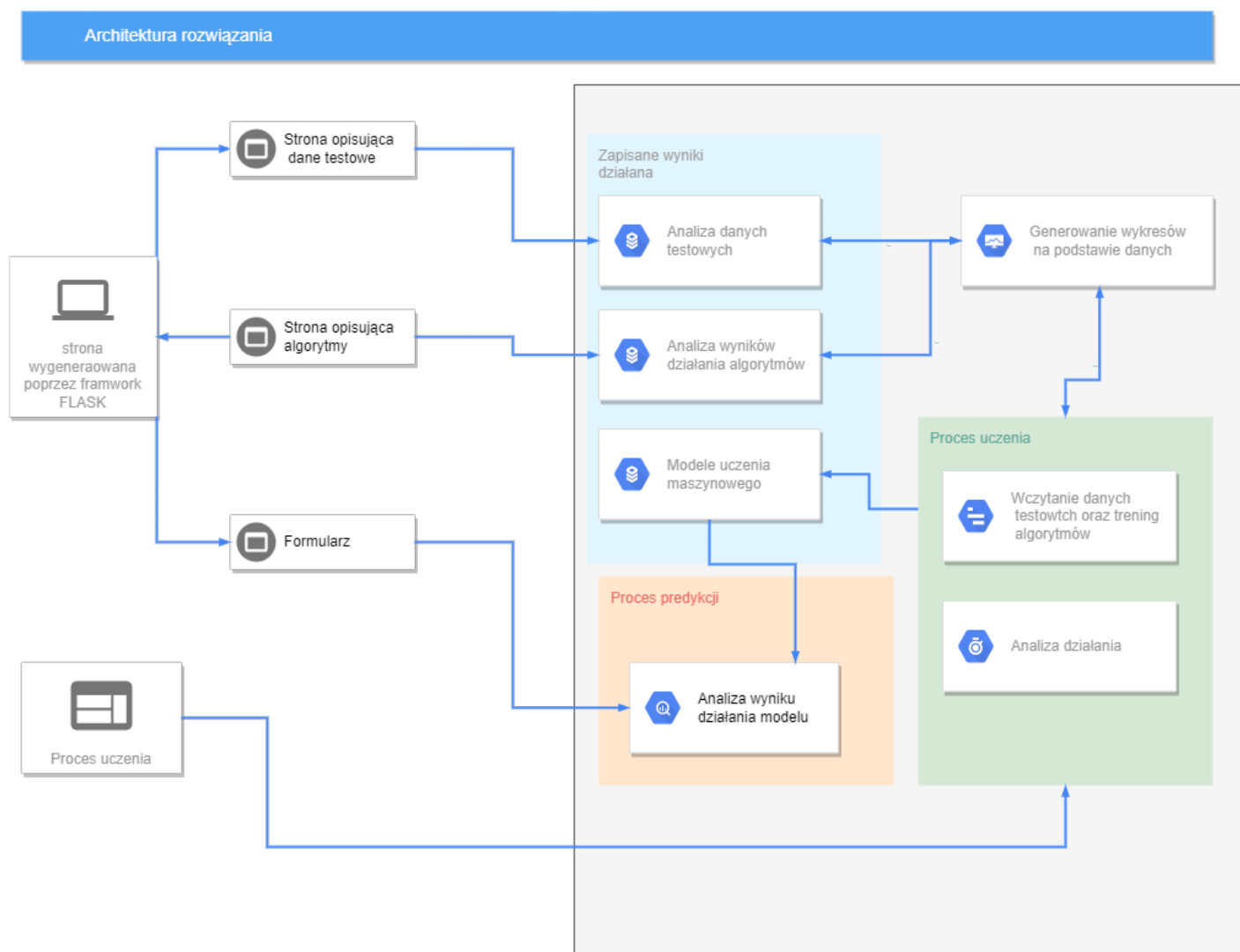


Figure 4: Schemat 6



Figure 5: Schemat 7

[todo rzobudować]

## Trening algorytmu

Zgodnie z poniższym schematem po przetworzeniu wejściowego dataset'u, dane należy podzielić na dane treningowe oraz ewaluacyjne. Powszechnie stosowana K krzyżowa walidacja umożliwia maksymalne wykorzystanie dostarczonego wejścia do dostrajania parametrów modelu, ponieważ optymalizacja hiperparametrów połączone z ciągłą weryfikacją poprawności to sedno treningu.

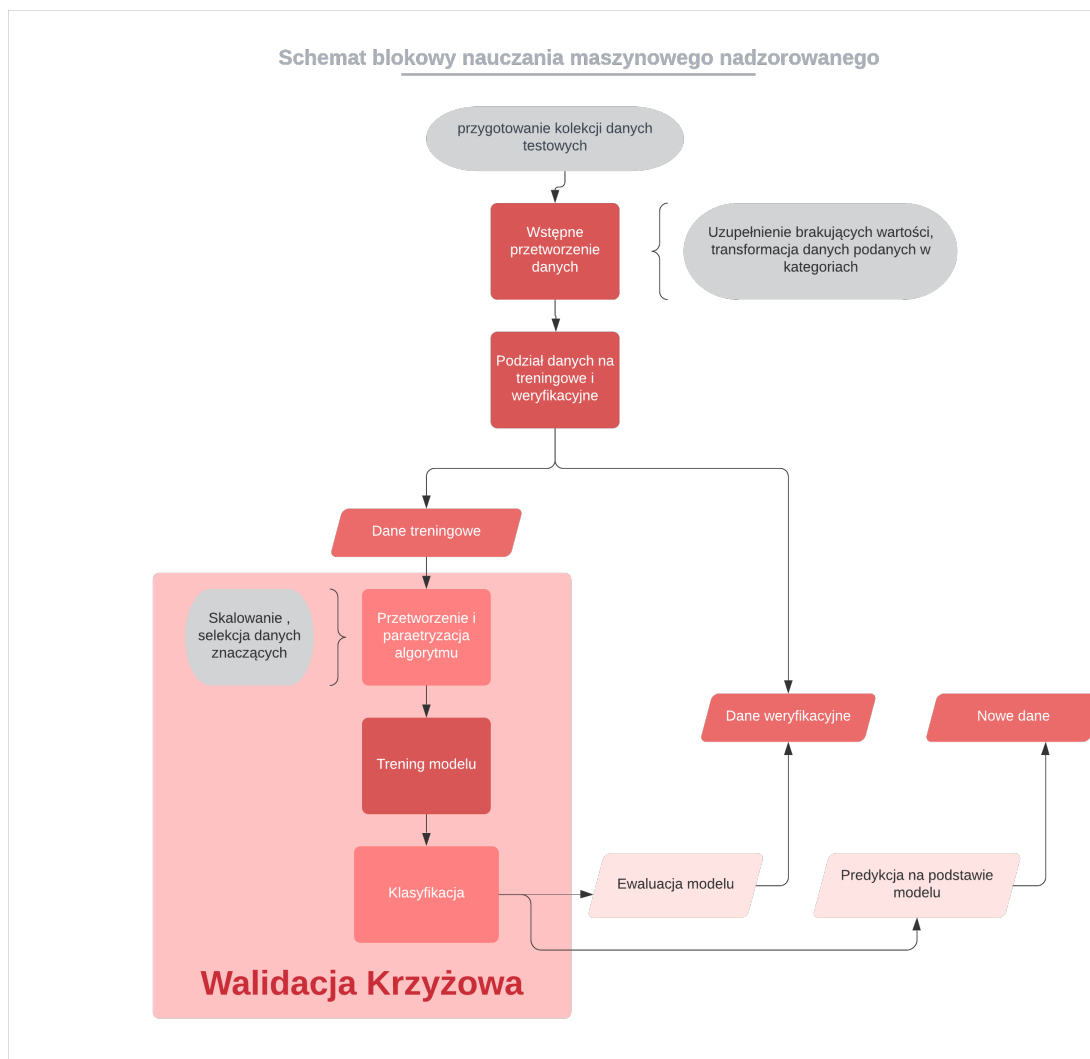


Figure 6: Schemat 8

**K-krotna walidacja krzyżowa** (ang. *K-fold Cross Validation*, KCV) - metoda weryfikacji działająca poprzez podział zbioru danych na k podzbiorów z których każdy przynajmniej raz jest zbiorem oceniającym wydajność, zaznaczając że K musi być równe lub mniejsze niż liczba elementów w zbiorze<sup>22</sup>.

Kluczowym elementem jest ewaluacja która odbywa się na końcu każdej z k-1 iteracji w celu dostosowania parametrów, po osiągnięciu wymaganych lub ustalonych wartości dokładności modelu lub weryfikacji wszystkich możliwych opcji i znalezienie najlepszego modelu można go wykorzystać do weryfikacji na danych spoza zestawu testowego.

<sup>22</sup>The 'K' in K-fold Cross Validation Authors: D. Anguita, L. Ghelardoni, A. Ghio, ONETO, LUCA, S. Ridella oraz Mastering Machine Learning Algorithms: Expert techniques to implement popular machine learning algorithms and fine-tune your models Giuseppe Bonaccorso

## Wybrane algorytmy uczenia maszynowego nadzorowanego

### Losowe lasy decyzyjne

**Drzewa decyzyjne** (ang. *decisions trees*) są uznawane za najprostszyszy i najbliższy ludzkiemu zrozumieniu algorytm uczenia, który swoją nazwę zawdzięcza graficznej reprezentacji w postaci drzewa. Każdy węzeł oznacza atrybut, na podstawie którego następuje rozróżnienie. W modelu kluczowa jest kolejność cech, które występują po sobie ponieważ determinuje to otrzymany rezultat <sup>23</sup>.

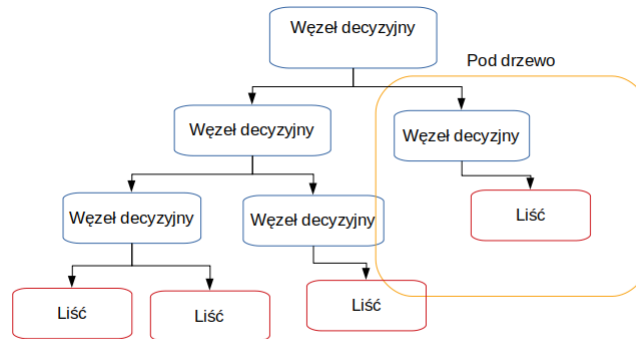


Figure 7: Schemat 9

Prawie każdy algorytm uczenia maszynowego nadzorowanego można podzielić na dwa etapy. W pierwszym opracowywany jest wzorec, na którym bazują późniejsza predykcja. Etap nauki dla drzewa decyzyjnego polega na typowaniu atrybutów, które stają się węzłami decyzyjnymi, dzielącymi rekordy na dwa mniejsze zestawy i tak aż nie ma możliwości dalszego podziału.

Na metodologie drzew decyzyjnych oparta jest dokładniejsza forma nauczania nadzorowanego: *losowe lasy decyzyjne*.

**Losowe lasy decyzyjne** (ang. *random decision forests*) to technika polegająca na połączeniu wielu drzew decyzyjnych w celu uniknięcia problemu z *nadmiernym dopasowaniem* do treningowego zestawu danych na którym został przeszkolony. Utworzony szablon aby poprawnie działać na danych testowych i służących weryfikacji, nie może stać się charakterystycznym przypadkiem rozwiązującym przypadek testowy <sup>24</sup>.

W tym celu dla losowych lasów decyzyjnych najpierw stosuje się **agregację bootstrap'ową**.

Z treningowego zestawu danych losuje się, co ważne z możliwymi powtórzeniami, wiersze danych dla których trenowany będzie model. Jako rezultat brana jest większość lub średnia wartości uzyskanych wyników dla poszczególnych drzew decyzyjnych. Dodatkowo dla drzew decyzyjnych w lasach losowych, atrybuty odpowiadające za kategoryzację są wybierane z wylosowanego podzbioru.

Wśród zalet lasów losowych należy wyróżnić iż potrafią one trafnie wy kalkulować brakujące wartości cech. Idealnie znajdują zastosowanie dla realnych danych, których zasadniczym problemem jest ich niekompletność.

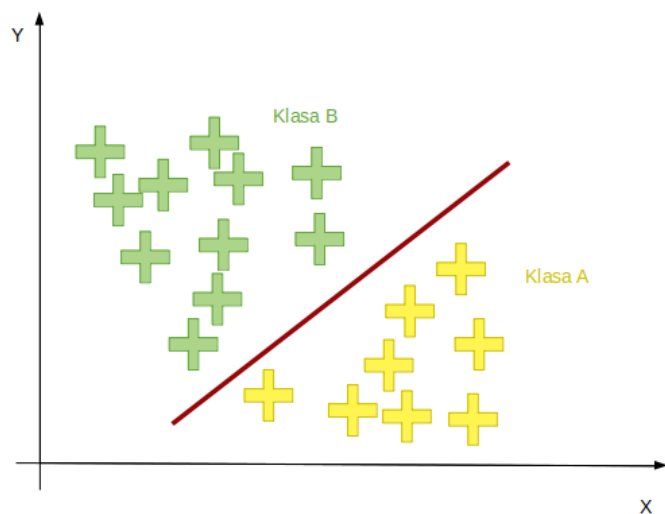
Dane medyczne posiadają szeroką wariację zmiennych z dużym prawdopodobieństwem wybrakowania, zastosowanie do nich lasów decyzyjnych ma potencjał na pozytywne rezultaty.

### Maszyna wektorów nośnych

**Metoda wektorów nośnych** (ang. *support vector machines*, skr. **SVM**) to algorytm uczenia maszynowego nadzorowanego, który każdy parametr z dostępnych cech dla danych wejściowych, traktuje jako punkt w przestrzeni. Na podstawie ułożenia punktów dzieli się je na 2 klasy. Graficznie jest to reprezentowane przez prostą dla której odległość między najbliższymi dwoma punktami dla wektorów jest możliwie największa.

<sup>23</sup>Data Science from Scratch:First Principles with Python, Joel Grus, R.11,str140, Thoughtful Machine Learning with Python A Test-Driven Approach autor :Kirk Matthew r.1 str.8

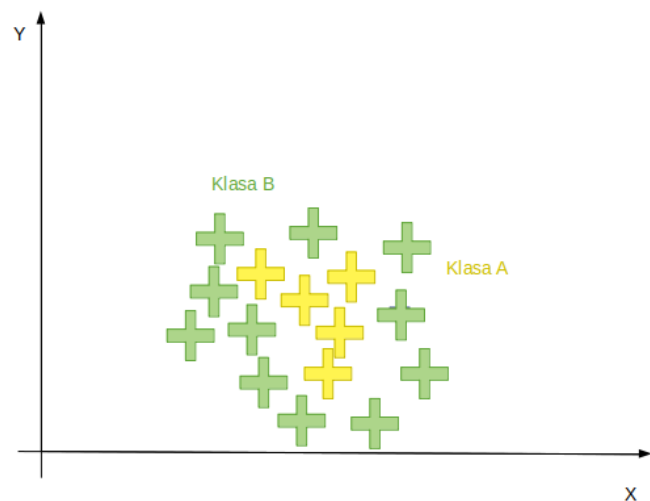
<sup>24</sup>Data Science from Scratch:First Principles with Python, Joel Grus, R.11,str140, Thoughtful Machine Learning with Python A Test-Driven Approach autor :Kirk Matthew r.1 str.8



25

Taka prosta nazywana jest *prostą marginalną* i powstaje ona poprzez generowanie i selekcję tych prostych które rzetelnie szufladkują klasy danych <sup>26</sup>.

Techinka ta gwarantuje precyzyjniejsze rezultaty niż drzewa decyzyjne, niestety dla dużych zbiorów danych czas trwania szkolenia znacznie się wydłuża oraz istnieją przypadki dla których podział jedną prostą jest niewykonalny, taki przypadek reprezentuje rozkład na schemacie nr. 2.



27

Z powyższego schematu widać że prosta marginalna ma zastosowanie w przypadku dwóch wymiarów, dla większej ilości stosowane jest przekształcenie do innego systemu współrzędnych i szukanie hiperpłaszczyzna brzegowej dzielącej tak samo jak prosta punkty w przestrzeni na dwa zbiory.<sup>28</sup>

## Wyszukiwanie podziału

Idea działania maszyny wektorów nośnych opiera się na wyznaczeniu minimalnej wartości wektora wag oraz przesunięcia (ang. *bias*) który geometrycznie opisuje współrzędne hiperpłaszczyzny.

<sup>25</sup>Na podstawie materiałów opublikowanych na <https://www.datacamp.com>

<sup>26</sup>Data Science from Scratch: First Principles with Python, Joel Grus, R.11, str.140, Thoughtful Machine Learning with Python A Test-Driven Approach autor :Kirk Matthew r.1 str.8

<sup>27</sup>Na podstawie materiałów opublikowanych na <https://www.datacamp.com>

<sup>28</sup>@article {HUANG41,author = {HUANG, SHUJUN and CAI, NIANGUANG and PACHECO, PEDRO PENZUTI and NARRANDES, SHAVIRA and WANG, YANG and XU, WAYNE}, title = {Applications of Support Vector Machine (SVM) Learning in Cancer Genomics}, volume = {15}, number = {1}, pages = {41-51}, year = {2018}, publisher = {International Institute of Anticancer Research}, issn = {1109-6535}, URL = {https://cgp.iarjournals.org/content/15/1/41}, eprint = {https://cgp.iarjournals.org/content/15/1/41.full.pdf}, journal = {Cancer Genomics & Proteomics}}



[Schemat 13](img/16svm\_wzor2.png "W min ") <sup>29</sup>

## K najbliższych sąsiadów

**K najbliższych sąsiadów** (ang. *k nearest neighbours*, skr. **KNN**) to algorytm uczenia maszynowego nadzorowanego operujący swoje estymacje dla konkretnego przypadku danych na wartościach jego K najbliższych sąsiadów (punktów) liczonych min. dla przestrzeni Euklidesowej <sup>30</sup>. Do wyznaczenia odległości w metryce Euklidesowej stosowany jest wzór :

$$d_{(x,y)} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad 31$$

popularne są również przestrzenie Manhattan:

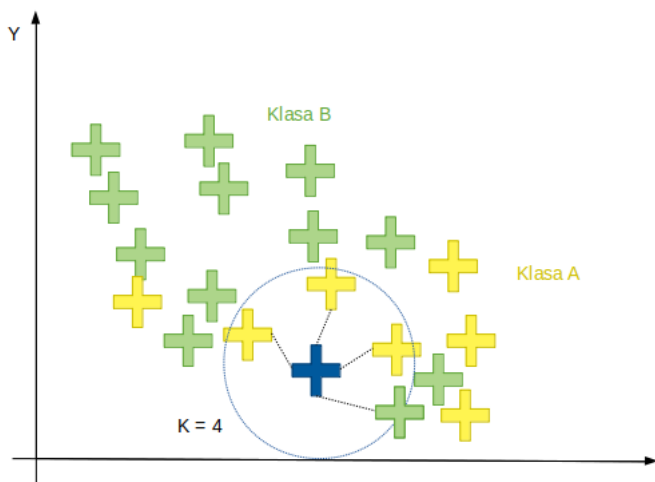
$$d_{(x,y)} = \sum_{i=1}^n |x_i - y_i| \quad 32$$

oraz Mińkowskiego:

$$d = \left( \sum_{i=1}^m |u_i - v_i|^p \right)^{1/p} \quad 33$$

Atrybut który nastraja proces uczenia się modelu i ma na niego największy wpływ określany jest jako hiperparametr. Dla KNN jest to liczba sąsiadów, im większa ilość jednostek mających wpływ, tym wierniejsze będą wyniki. Potęguje się wtedy niestety złożoność czasowa algorytmu, znacząco już większa od przedstawionych powyżej innych algorytmów.

W celu przewidzenia wartości dla nowych danych, należy odnaleźć K najbliższych punktów wyliczając odległości, a następnie przypisać odpowiedź implikowaną przez większość sąsiadów. Dla wartości K równej jeden, metoda ta nazywana jest algorytmem najbliższego sąsiada. K może przyjmować maksymalnie wartości do rozmiaru zbioru cech, jednak im bardziej są to zbliżone wartości tym bardziej wzrasta ryzyko nadmiernego dopasowania do modelu testowanego.



34

Dla lekarza wartością dodatnią jest wykrycie zależności które decydują o uznaniu lub zaprzeczeniu występowania choroby. Zastosowanie algorytmu KNN może nie tylko zakwalifikować osoby chorujące na serce, ale również ułatwić swoją graficzną reprezentacją wpływ cech na ostateczny osąd próbki.

<sup>29</sup>Maszyna Wektorów Nośnych, Anna Pielowska

<sup>30</sup>Data Science from Scratch: First Principles with Python, Joel Grus, R.11, str.140, Thoughtful Machine Learning with Python A Test-Driven Approach autor :Kirk Matthew r.1 str.8

<sup>31</sup>Comparison of A\*, Euclidean and Manhattan distance using Influence Map in Ms. Pac-Man aut.:Sudip Karki, Hari Sagar Ranjitkar, Faculty of Computing Blekinge Institute of Technology

<sup>32</sup>Comparison of A\*, Euclidean and Manhattan distance using Influence Map in Ms. Pac-Man aut.:Sudip Karki, Hari Sagar Ranjitkar, Faculty of Computing Blekinge Institute of Technology

<sup>33</sup>The Minkowski approach for choosing the distance metric in geographically weighted regression Binbin Lua , Martin Charltonb , Chris Brunson and Paul Harrisc , School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, Wuhan, China; National Centre for Geocomputation, National University of Ireland Maynooth, Maynooth, Co. Kildare, Ireland; Sustainable Soils and Grassland Systems, Rothamsted Research, North Wyke, Okehampton, Devon, UK

<sup>34</sup>Na podstawie materiałów opublikowanych na <https://www.datacamp.com>

## Komparacja działania modeli

W tym podrozdziale zamieszczone zostały wyniki oraz wykresy wygenerowane podczas treningu i weryfikacji danych testowych, dla każdego algorytmu wykonano k-krotną walidację z wykorzystaniem:

GridSearchCV

do dostrojenia parametrów oraz znalezienia najlepszego modelu, dla każdego algorytmu zapróbkowano wszystkie dostępne dla danego modelu regresji parametry.

`#tod gridsearch ##` rodzaje `gridsearch ##`todo liczenie błędów w grid search

### Resultaty wnioski: Losowe lasy decyzyjne

###OCENA PODELI ORAZ UŻYTYCH PARAMETRÓW -OCENA SZYBKOŚCI WYKONANIA -OCENA ZALEŻNIE OD UZUPELNIANIA DANYCH -OCENA ZALEŻNIE OD DOBRANEJ PARAMERYZACJI : - które parametry mają i wpływ i dlaczego: - ZALEŻNIE OD METRYKI(SHORT OPIS METRYK)

### Rezultaty wnioski: Metoda wektorów nośnych

###OCENA PODELI ORAZ UŻYTYCH PARAMETRÓW -OCENA SZYBKOŚCI WYKONANIA -OCENA ZALEŻNIE OD UZUPELNIANIA DANYCH -OCENA ZALEŻNIE OD DOBRANEJ PARAMERYZACJI : - które parametry mają i wpływ i dlaczego: - ZALEŻNIE OD METRYKI(SHORT OPIS METRYK)

### Rezultaty wnioski: K najbliższych sąsiadów

###OCENA PODELI ORAZ UŻYTYCH PARAMETRÓW -OCENA SZYBKOŚCI WYKONANIA -OCENA ZALEŻNIE OD UZUPELNIANIA DANYCH -OCENA ZALEŻNIE OD DOBRANEJ PARAMERYZACJI : - które parametry mają i wpływ i dlaczego: - ZALEŻNIE OD METRYKI(SHORT OPIS METRYK)

Plusy Faza uczenia klasyfikacji K-najbliższego sąsiada jest znacznie szybsza w porównaniu z innymi algorytmami klasyfikacji. Nie ma potrzeby uczenia modelu do uogólniania, dlatego KNN jest znany jako prosty algorytm uczenia oparty na instancjach. KNN może być przydatny w przypadku danych nieliniowych. Może być używany z problemem regresji. Wartość wyjściowa obiektu jest obliczana przez średnią k wartości najbliższych sąsiadów.

Cons Faza testowania klasyfikacji najbliższych sąsiadów K jest wolniejsza i bardziej kosztowna pod względem czasu i pamięci. Wymaga dużej pamięci do przechowywania całego zestawu danych treningowych do przewidywania. KNN wymaga skalowania danych, ponieważ KNN wykorzystuje odległość euklidesową między dwoma punktami danych, aby znaleźć najbliższych sąsiadów. Odległość euklidesowa jest wrażliwa na wielkości. Obiekty o dużych jasnościach będą miały większą wagę niż obiekty o niskich jasnościach. KNN nie nadaje się również do dużych danych wymiarowych.

Jak ulepszyć KNN? Aby uzyskać lepsze wyniki, zdecydowanie zaleca się normalizację danych w tej samej skali. Ogólnie rzecz biorąc, rozważany zakres normalizacji między 0 a 1. KNN nie jest odpowiedni dla danych wielkowymiarowych. W takich przypadkach wymiar musi się zmniejszyć, aby poprawić wydajność. Również obsługa brakujących wartości pomoże nam poprawić wyniki.

**Porównanie całościowe algorytmów : złożoność czasowa , dokładność , złożoność implementacyjna , wpływ danych wykorzystywanych w modelu**

### Podsumowanie i opisanie wpływu danych na model

porównanie do dnych statystycznych

# todo variants of user data preparatrio

```
## preparation all -> all test
## preparation best for best
## best from other to best in another -> result and reasons for data anlayse
## fast not best - why is it faster
##
# todo prediction
# todo percentage na true false
```

porównanie wyników klasfikacji do regresji

# Zestawienie efektywności działania algorytmów

Konfrontacja technik uczenia maszynowego zależnie od zestawu danych będzie dawała odmienne wyniki ze względu na ich predyspozycje do zajmowania się odpowiednimi zbiorami danych.

Potencjał algorytmów dla niewielkiego kompletu danych zawierającego wartości wybrakowane zostanie omówiony w późniejszych rozdziałach pracy.

Zczynając od drzew decyzyjnych, można od razu stwierdzić ich niski potencjał. Istnieje zbyt duże prawdopodobieństwo dopasowania się do modelu treningowego, gdyż wspomniany zbiór danych wejściowych nie jest wystarczająco liczny. Dlatego w dalszej części pracy omówione zostaną lasy decyzyjne.

Większej dokładności można się spodziewać po metodzie wektorów nośnych, ale jego złożoność czasowa oraz pamięciowa mogą zaniżyć jego ogólną klasyfikację.

## Wskaźniki wydajności

Określenie stopnia, w jakim skonstruowany model z powodzeniem realizuje wyznaczone zadanie należy do wskaźnika wydajności. Przykładem nieprawidłowego wyboru może być próba przewidzenia wystąpienia rzadkiej choroby u pacjenta i określenie głównym miernikiem *dokładność*. W takim scenariuszu klasyfikacja wszystkich pacjentów jako zdrowych, daje niewiele odbiegającą od perfekcji dokładność, a jednocześnie błędnie osądzać każde wystąpienie choroby.

## Spis ilustracji

## Spis tabel

## Bibliografia

@article{scikit-learn, title={Scikit-learn: Machine Learning in {P}ython}, author={Pedregosa, F. and Varoquaux, G. and Gramfort, A. and Michel, V. and Thirion, B. and Grisel, O. and Blondel, M. and Prettenhofer, P. and Weiss, R. and Dubourg, V. and Vanderplas, J. and Passos, A. and Cournapeau, D. and Brucher, M. and Perrot, M. and Duchesnay, E.}, journal={Journal of Machine Learning Research}, volume={12}, pages={2825–2830}, year={2011} }

- @article{http://www.mif.pg.gda.pl/homepages/kdz/BIGDATA/AniaPielowska.pdf}
- @article{https://www.analyticsvidhya.com/blog/2017/09/common-machine-learning-algorithms/}
- @article{https://myservname.com/what-is-support-vector-machine-machine-learning}
- @article{https://scikit-learn.org/stable/modules/svm.html}
- @article{https://www.hackerearth.com/practice/machine-learning/machine-learning-algorithms/ml-decision-tree/tutorial/}
- @article{https://scikit-learn.org/stable/modules/neighbors.html}
- @article{file:///C:/Users/User/Downloads/od\_pojedynczych\_drzew\_do\_losowego\_lasu.pdf}
- @article{https://scikit-learn.org/stable/modules/naive\_bayes.html}
- @article{https://scikit-learn.org/stable/modules/tree.html}
- @article{https://scikit-learn.org/stable/modules/feature\_selection.html}
- @article{http://pages.cs.wisc.edu/~dpage/kuusisto.thesis.pdf}
- @article{http://www.bme.teiath.gr/medisp/pdfs/PhD\_Glotsos\_Dimitrios.pdf}

- @article{https://www.geeksforgeeks.org/k-nearest-neighbor-algorithm-in-python/}
- @article{https://m.scrip.org/papers/88650}
- @article{https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-24668-8\_21}
- @article{https://erogol.com/machine-learning-work-flow-part-1/}
- @article{https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev-fluid-010719-060214}
- @article{https://towardsdatascience.com/workflow-of-a-machine-learning-project-ec1dba419b94}

- @article{https://cloud.google.com/ai-platform/docs/ml-solutions-overview}
- @article{https://ai.ia.agh.edu.pl/\_media/pl:dydaktyka:mbn:uczenie\_maszynowe.pdf}
- 

@article{https://www.researchgate.net/profile/Krzysztof-Krawiec/publication/235352247\_Sieci\_neuronowe\_i\_uczenie\_maszynowe\_neuronowe-i-uczenie-maszynowe.pdf}

- @article{https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1142/1/012012/pdf}
- 

@article{https://www.statystyczny.pl/co-to-jest-machine-learning/#:~:text=Niekt%C3%B3rzy%20wspominaj%C4%85%20tu%20k

- @article{https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050915024928}
- @article{https://machinelearningmastery.com/types-of-classification-in-machine-learning/}
- @article{https://data-flair.training/blogs/types-of-machine-learning-algorithms/}
- @article{https://ichi.pro/pl/co-to-jest-kodowanie-one-hot-i-jak-uzywac-funkcji-pandas-get-dummies-160729382340976}
- @article{https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5640485/}
- @article{https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5863635/}
- @article{https://towardsdatascience.com/heart-disease-prediction-73468d630cfc}
- @article{https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187705091630638X}
- 

**@article{https://www.ices.on.ca/Publications/Journal-Articles/2014/January/C  
Disease-Population-Risk-Tool-predictive-algorithm-for-assessing-CVD-  
risk}**

@article{https://www.ctvnews.ca/health/test-your-risk-of-heart-disease-with-a-new-online-lifestyle-calculator-1.4030088}

- @article{https://nevonprojects.com/heart-disease-prediction-project/}
- @article{https://scikit-learn.org/stable/modules/neighbors.html}
- @article{https://searchenterpriseai.techtarget.com/definition/machine-learning-ML}
- @article{https://www.forcepoint.com/cyber-edu/machine-learning}
- @article{https://en.wikipedia.org/wiki/Supervised\_learning}
- @article{https://www.techopedia.com/definition/8181/machine-learning}
- @article{https://machinelearningmastery.com/supervised-and-unsupervised-machine-learning-algorithms/}
- @article{https://searchenterpriseai.techtarget.com/definition/supervised-learning}
- @article{https://deeptai.org/machine-learning-glossary-and-terms/supervised-learning}
- 

**@article{https://towardsdatascience.com/what-are-supervised-and-unsupervised  
learning-in-machine-learning-dc76bd67795d}**

@article{https://towardsdatascience.com/what-are-supervised-and-unsupervised-learning-in-machine-learning-dc76bd67795d}

- @article{http://www.cs.ucr.edu/~mwile001/papers/thesis.pdf}
- @article{https://pl.wikipedia.org/wiki/Las\_losowy}
- @article{https://python-graph-gallery.com/111-custom-correlogram/}
- @article{https://python-graph-gallery.com/242-area-chart-and-faceting/}
- @article{https://en.wikipedia.org/wiki/Random\_forest}
- @article{https://web.stanford.edu/~hastie/Papers/ESLII.pdf}
- @article{https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/random-decision-forest}
- @article{https://flask.palletsprojects.com/en/1.1.x/tutorial/install/}
- @article{https://towardsdatascience.com/introduction-to-data-preprocessing-in-machine-learning-a9fa83a5dc9d}
- @article{https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.impute.SimpleImputer.html}
- @article{https://stackabuse.com/k-nearest-neighbors-algorithm-in-python-and-scikit-learn/}
- @article{https://dev.to/alod83/3-different-approaches-for-traintest-splitting-of-a-pandas-dataframe-31p0}
- @article{https://pub.towardsai.net/3-different-approaches-for-train-test-splitting-of-a-pandas-dataframe-d5e544a5316}

- @article{https://docs.python.org/3/library/itertools.html#itertools.zip\_longest}
- @article{https://realpython.com/train-test-split-python-data/}
- @article{https://towardsdatascience.com/flask-and-chart-js-tutorial-i-d33e05fba845}
- @article{https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352914820300125 - pobrane jako pdfy}
- @article{https://en.wikipedia.org/wiki/Ejection\_fraction}
- @article{https://docs.python.org/3/library/zipfile.html}
- @article{https://flask.palletsprojects.com/en/2.0.x/quickstart/}
- @article{https://machinelearningmastery.com/save-load-machine-learning-models-python-scikit-learn/}
- @article{https://joblib.readthedocs.io/en/latest/}
- @article{https://www.kaggle.com/prmohanty/python-how-to-save-and-load-ml-models}
- @article{https://machinelearningmastery.com/machine-learning-in-python-step-by-step/}
- 

@article{https://dobrebadania.pl/zmienna-dyskretna-ang-discrete-variable/#:~:text=Zmienna%20dyskretna%20to%20ka%C5%BC

- https://towardsdatascience.com/data-normalization-in-machine-learning-395fdec69d02
- https://www.ritchieng.com/machine-learning-efficiently-search-tuning-param/
- https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.model\_selection.GridSearchCV.html
- https://www.vebuso.com/2020/03/svm-hyperparameter-tuning-using-gridsearchcv/
- http://jsonpickle.github.io/#jsonpickle-usage
- https://www.geeksforgeeks.org/svm-hyperparameter-tuning-using-gridsearchcv-ml/
- https://ichi.pro/pl/jak-najlepiej-ocenic-model-klasyfikacji-51518447076743