**Politechnika Wrocławska**

**Wydział Informatyki i Telekomunikacji**

Kierunek: **Informatyka Techniczna (ITE)** Specjalność: **Inżynieria Systemów Informatycznych (INS)**

PRACA DYPLOMOWA

MAGISTERSKA

**Wykorzystanie algorytmów genetycznych w systemach wykrywania intruzów w sieciach**

**komputerowych**

inż. Bartosz Błyszcz

Opiekun pracy **dr inż. Tomasz Babczyński**

Słowa kluczowe: 3-6 słów

WROCŁAW, 2024

**Streszczenie**

**Wykaz skrótów**

**Tabela 1.** Tabela skrótów

Źródło: opracowanie własne

**GA** *Genetic Algorithm* Algorytm Genetyczny

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **GP** | *Genetic Programming* | Programowanie Genetyczne |
| **GNB** | *Gaussian Naive Bayes* | Naiwny Klasyfikator Bayesa  wykorzystujący rozkład Gaussa |
| **ANN** | *Artificial Neural Network* | Sztuczna sieć neuronowa |
| **CNN** | *Convolutional Neural Network* | Konwolucyjna sieć neuronowa |
| **ML** | *Machine Learning* | Uczenie maszynowe |
| **AI** | *Artificial Intelligence* | Sztuczna Inteligencja |
| **IDS** | *Intrusion Detection System* | System Wykrywania Intruzów |
| **SVM** | *Support Vector Machine* | Maszyna Wektorów Nośnych |
| **AUC** | *Area Under Roc Curve* | Przestrzeń pod krzywą ROC |
| **LCDPs** | *Low-code Development Platforms* | Platforma Low-code |
| **BI** | *Business Intelligence* | Narzędzia biznesowe do  przekształcania danych |
| **CDN** | *Content Delivery Network* | Sieć dostarczania zawartości |
| **MLP** | *Multilayer Perceptron network* | Sieć wielowarstwowa  perceptronowa |
| **Azure ML** | *Azure Machine Learning Studio* |  |
| **GAGNB** | *Gaussian Naive Base - with GA* |  |
| **HTTPS** | *Hyper Text Transfer Protocol Secure* | Protokół służący do komunikacji w sieci internetowej |
| **REST** | *Representative State Transfer* | Rozwiązanie architektoniczne służące do komunikacji w sieci  internetowej |

**Spis treści**

[**1. Wstęp** 7](#_Toc102528)

[1.1. Wprowadzenie i uzasadnienie tematu pracy 7](#_Toc102529)

[1.2. Cel pracy dyplomowej 7](#_Toc102530)

[1.3. Założenie techniczne 8](#_Toc102531)

[**2. Sztuczna inteligencja** 9](#_Toc102532)

[2.1. Uczenie maszynowe 9](#_Toc102533)

[2.1.1. Uczenie nadzorowane 10](#_Toc102534)

[2.1.2. Uczenie nienadzorowane 11](#_Toc102535)

[2.1.3. Uczenie przez wzmocnienie 11](#_Toc102536)

[2.1.4. Uczenie częściowo nadzorowane 12](#_Toc102537)

[2.2. Sieć neuronowa 12](#_Toc102538)

[2.2.1. Głębokie uczenie 15](#_Toc102539)

[**3. Klasyfikacja danych** 17](#_Toc102540)

[3.1. Metryki 17](#_Toc102541)

[3.1.1. Dokładnośc 18](#_Toc102542)

[3.1.2. Precyzja 18](#_Toc102543)

[3.1.3. Czułość 18](#_Toc102544)

[3.1.4. F1 18](#_Toc102545)

[3.1.5. AUC 18](#_Toc102546)

[**4. Podejście low-code/no-code** 19](#_Toc102547)

[4.1. Platformy 20](#_Toc102548)

[4.1.1. Microsoft PowerApps 20](#_Toc102549)

[4.1.2. Amazon QuickSight 20](#_Toc102550)

[4.1.3. Google AppSheet 21](#_Toc102551)

[**5. Microsoft Azure** 23](#_Toc102552)

[5.1. Infrastruktura 24](#_Toc102553)

[5.2. Machine Learning Studio 25](#_Toc102554)

[**6. Opis doświadczenia** 27](#_Toc102555)

[6.1. Dane 27](#_Toc102556)

[6.2. Środowisko programistyczne 28](#_Toc102557)

[6.3. Algorytmy 30](#_Toc102558)

[6.3.1. Two-Class Support Vector Machine 30](#_Toc102559)

[6.3.2. Two-Class Boosted Decision Tree 31](#_Toc102560)

[6.3.3. Two-Class Decision Forest 31](#_Toc102561)

[6.3.4. Two-class Neural Network 32](#_Toc102562)

[6.3.5. Two-Class Average Perceptron 33](#_Toc102563)

[6.3.6. Autorskie rozwiązanie 34](#_Toc102564)

[6.3.7. DANet 35](#_Toc102565)

[**7. Przebieg badań** 37](#_Toc102566)

[7.1. Metodologia badawcza 37](#_Toc102567)

[7.2. Przygotowanie platformy 38](#_Toc102568)

[7.2.1. Przygotowanie danych 38](#_Toc102569)

[7.2.2. Trenowanie oraz testowanie algorytmów 38](#_Toc102570)

[7.2.3. Utworzenie tabeli porównawczej 40](#_Toc102571)

[7.3. Weryfikacja potoku 41](#_Toc102572)

[7.4. Próba badawcza 43](#_Toc102573)

[7.4.1. Dopasowanie 45](#_Toc102574)

[7.4.2. Precyzja 46](#_Toc102575)

[7.4.3. Czułośc 47](#_Toc102576)

[7.4.4. F1 48](#_Toc102577)

[7.4.5. AUC 49](#_Toc102578)

[7.5. Analiza wyników 50](#_Toc102579)

[7.5.1. Hipoteza *H*0: Nie ma istotnej różnicy pomiędzy wynikami](#_Toc102580)

[”dopasowania” próby testowej i treningowej 50](#_Toc102581)

[7.5.2. Hipoteza *H*0: Nie ma istotnej różnicy pomiędzy wynikami](#_Toc102582)

[”dopasowania” prób testowych 51](#_Toc102583)

[7.5.3. Hipoteza *H*0: Wynik dopasowania algorytmów nie przekracza dolnej](#_Toc102584)

[granicy przedziału ufności 51](#_Toc102585)

[7.6. Wnioski 51](#_Toc102586)

[**8. Perspektywy rozwoju** 53](#_Toc102587)

# Wstęp

## Wprowadzenie i uzasadnienie tematu pracy

Klasyfikacja danych tabelarycznych jest zagadnieniem, które na codzień dostarcza wyzwań jej twórcom z powodu mnogości danych, a także mnogości cech, a także z nierzadko małą ilością próbek. Jednym z problemów jest między innymi dobór odpowiedniego algorytmu do problemu. Dane tebalryczne występują w każdej dziedzinie, przez co raz na jakiś czas proponowane są nowe rozwiązania i algorytmy mające rozwiązać problem klasyfikacji w sposób lepszy i wydajny. Częśc twórców próbuje podchodzić do tego w sposób innowacyjny, lecz nie zawsze to wychodzi z powodu chociażby dosotoswania algorytmu pod konkretną strukturę danych, co powoduje problemy z wykorzystaniem rozwiązania dla innych danych.

Obecnie jednymi z najpopularniejszych algorytmów do klasyfikacji danych są logiczna regresja(*ang. logistic regression*), drzewo decyzyjne(*ang. decision tree*), losowy las(*ang. random forest*), maszyna wektorów nośnych(*ang. support vector machine*), naiwny bayes(*ang. Naive Bayes*). Dlatego też bardzo ważne jest porównanie wytworzonego wcześniej rozwiązania z grupą innych algorymów, które próbują przetworzyć ten sam zestaw danych.

W dzisiejszych czasach próba taka jest bardzo uproszczona chociażby przez takie platformy jak *Machine Learning Studio*, które pozwalają na wykorzystanie mocy obliczeniowej sklasteryzowanych jednostek wirtualnych do wykonywania obliczeń na odpowiednich maszynach wirtualnych, a także do budowania skomplikowanych zautomatyzowanych procesów złożonych z wielu zadań(*ang. pipeline*). W związku z czym możliwośc wykorzystania platformy chmurowej pozwoli na zautomatyzowanie procesu porównawczego oraz oddelegowanie zadań od chmury obliczeniowej co pozwoli na uniezależnienie powodzenia doświadczenia od mocy obliczeniowej komputera lokalnego, a także na ukazanie całościowo procesu porównania algorytmów klasyfikacyjnych.

## Cel pracy dyplomowej

Celem niniejszej pracy dyplomowej jest porównanie algorytmu klasyfikacji danych tabelarycznych wypracowanego w trakcie pisania pracy inżynierskiej, do algorytmów dostępnych w aplikacji *Machine Learning Studio* znajdującej się na platformie *Microsoft Azure*.

## Założenie techniczne

Dane prezentowane w **tabeli 1.1** określają podstawowe założenia techniczne przyjęte w trakcie wykonywania analizy porównawczej. Dane te dotyczą między innymi środowiska, w którym wykonane było doświadczenie. Dodatkowo uwzględniono zestaw danych oraz biblioteki użyte w trakcie tworzenia doświadczenia.

**Tabela 1.1.** Założenia techniczne pracy dyplomowej

Źródło: Opracowanie własne

|  |  |
| --- | --- |
| **Środowisko uruchomieniowe** | Machine Learning Studio[1] |
| **Język oporogramowania** | Python 3.x |
| **Wykorzystane biblioteki** | scikit-learn [**sckit-learn**] |
| Numpy [**Harris2019**] |
| Pandas [2, 3] |
| **Wykorzystane dane** | CICDS2017 [4] |

# Sztuczna inteligencja

Według słownika *Oxford English Dictionary* słowo ”**inteligencja**” oznacza zdolność do rozumienia, a analizy i dostosowania się do zmian[5].

Sztuczna inteligencja(*ang. Artificial Intelligence*) (**AI**) jest wykorzystywana na wiele sposobów podczas prowadzenia badań naukowych: od stawiania hipotez oraz budowania twierdzeń matematycznych, tworzenia i monitorowania badań, zbierania danych i wielu innych czynności towarzyszącymi podczas badań. Najpopularniejszymi zastosowaniami jest między innymi uczenie nienadzorowane oraz wykrywanie anomalii[6, 7]. Schemat podziału sztucznej inteligencji pokazano na **obrazie 2.1**.

**Sztuczna**

**Inteligencja**

**Uczenie**

**maszynowe**

**Sieci**

**neuronowe**

**Uczenie**

**głębokie**

Przetważanie

języka

naturalnego

Reprezentacja

wiedzy

Inteligentne

roboty

Automatyczne

rozumowanie

Percepcja

wizualna

Automatyczne

programowanie

Drzewa

decyzyjne

Logiczna/Liniowa

Regresja

SVM

GNB

Losowy

las

Sieć

Boltzmana

Sieć

Hopfielda

DBN

CNN

RNN

**Rys. 2.1.** Graficzne przedstawienie podziałów sztucznej inteligencji

Źródło: [8]

## Uczenie maszynowe

Uczenie maszynowe(*ang. Machine Learning*) (**ML**) jest to dziedzina nauki nad algorytmami oraz modelami statystycznymi, które mogą być wykorzystywane do specyficznych zadań na przykład klasyfikacji, rozpoznawania obrazów bądź mowy, a dodatkowo nie są zaprogramowane specyficznie pod konkretne zadanie, a jedynie pod grupę zadań tak jak pokazano na **obrazie 2.2**. Dlatego też nie ma jednego najlepszego rozwiązania, które można wykorzystać w każdym przypadku. Wykorzystanie konkretnego algorytmu determinuje typ zadania jaki ma być rozwiązany.

Uczenie maszynowe

Uczenie

nadzorowane

Uczenie

nienadzorowane

Uczenie przez

wzmocnienie

Drzewa

decyzyjne

Naiwny

Bayes

SVM

K-Średnie

Agenci

Metoda

Monte-Carlo

**Rys. 2.2.** Podział uczenia maszynowego

Źródło: [7]

### Uczenie nadzorowane

- w trakcie tego uczenia stosuje się zbiór posiadający etykiety. Model uczy się przyporządkowywać określone cechy do konkretnych kategori. Dane wejściowe dzielone są na dane treningowe i dane testowe. Zbiór treningowy jest wykorzystywany do trenowania modelu, a zbió testowy do sprawdzenia rezultatu, na bazie którego może nastąpić korekta uczeniam zilustrowano to **obrazem 2.3**. Algorytmy uczenia nadzorowanego można zastosować między innymi do weryfikacji ruchu sieciowego w celu określenia czy ruch bezpieczny, przez co można to zastosować w systemach wykrywania intruzów(*ang. Intrusion Detection System*) (**IDS**). Algorytmy wchodzące w skład uczenia nadzorowanego to między innymi klasyfikacja naiwna bayesa, drzewa decyzyjne, maszyny wektorów nośnych[6, 7].

Zbiór danych

Trenowanie modelu

Dane testowe

Dane

treningowe

Wdrażanie

Model

Testowanie modelu

Regulacja

Produkcja

**Rys. 2.3.** Uczenie nadzorowane

Źródło: [7]

### Uczenie nienadzorowane

- w tym przypadku nie wykorzystuje się zbioru oznaczonego, algorytm sam próbuje odkryć prawidłową odpowiedź. Dzieję się tak, w danych, których nie da się nazwać albo doprecyzować. Wykorzystuje się to do między innymi detekcji anomalii, co pozwoli do na przykład wykrycia zbyt dużego zużycia prądu w pokoju domu studenckiego dzieki czemu uda się wyłapać nieautoryzowaną koparkę kryptowalut. Dodatkowo można wykorzystać je do szukanai wzorców, albo zarządzania magazynem. W skład takich algorytmów wchodzi: K-średnie, klasteryzacja. Schemat uczenia nienadzorowanego poprzez klasteryzację jest pokazany na **obrazie 2.4**.

Model

**Rys. 2.4.** Uczenie nienadzorowane

Źródło: Opracowanie własne

### Uczenie przez wzmocnienie

- jest to uczenie poprzez nagradzanie dobrych rozwiązań, a karanie złych, potocznie mówiąc jest to metoda ”*kija i marchewki*”. Wykorzystywana w trenowaniu pojazdów autonomicznych pozwala na nagradzanie pojazdów za wybór lepszych tras przykładowo za wybór dróg asfaltowych zamiast polnych. Skupia się w dużym stopniu na agencie i jego decyzjach w danym środowisku co pokazano na **schemacie 2.5**. Należy do jednych z trzech głównych paradygmatów obok uczenia nadzorowanego i nienadzorowanego.

akcja

Agent

nagroda

stan

Środowisko

**Rys. 2.5.** Uczenie przez wzmocnienie

Źródło: [7]

### Uczenie częściowo nadzorowane

- do trenowania takich modeli stosuje się niewielkie zbiory oznaczone, oraz większe zbiory nieoznaczone, dzięki którym można próbować rozpoznać rozległe zbiory danych na podstawie pewnych cech wspólnych. Stosuje się to ze względu na mnogość danych na świecie, których opisanie byłoby niemożliwe oraz albo zbyt kosztowne. Przykładowo można znaleźć zastosowanie tych algorytmó w bankowości albo klasyfikowaniu stron internetowych poprzez wyszukiwanie treści na stronie i kategoryzowaniu ich[9]. Jest to połączenie uczenia nadzorowanego i nienadzorowanego[7].

## Sieć neuronowa

Ludzki mózg jest najbardziej złożonym organem znany ludziom. Badacze zainspirowani jego strukturą składającą się z połączonych ze sobą komórek neuronowych, które przetwarzają równolegle wiele informacji, próbują przenieść pewien poziom inteligencji do komputerów. Przykładem tego jest wiele algorytmów, wchodzących w skład sztucznych sieci neuronowych(*ang. artificial neural network*) (**ANN**), między innymi sieci Kohonena, sieci Hopfielda, sieci konwolucyjne. Sieci te próbują w pewien sposób odwzorować próbę na przykład klasyfikacji danych przez jednostkę wzorowaną na ludzkim mózgu, pomimo tych osiągnięć symulacja ludzkiej świadomości oraz emocji wciąż jest jedynie w sferach fantazji naukowych[**Wang2003**].

Sieć neuronowa jest zbudowana z połaczonych ze sobą warstw neuronów tak jak na **rysunku 2.7**, które w pewien sposób mają wykonać zadania uczenia maszynowego. Najprostszym przykładem sieci neuronowej jest pojedynczy neuron, który może służyć do prostych zadań klasyfikacyjnych: **schemat 2.6**. Sieć ta potrafi się dostosowywać do danych wejściowych tak aby uzyskać odpowiedni wynik, wykonuje w tedy proces uczenia stosując do tego na przykład algorytm wstecznej propagacji wag. W zależności od problemu istnieje wiele różnych sieci, które można zastosować. Jednym z trudniejszych rzeczy w doborze sieci jest dobór warstw ukrytych oraz ilości neuronów, ponieważ w tym celu twórca możę opierać się jedynie na własnej wiedzy i doświadczeniu. Podstawy teorii sieci neuronowych zostały stworzone w połowie XX wieku. Złota era uczenia maszynowego rozpoczęła się dopiero na początku XXI wieku, kiedy to jednocześnie pojawiły się takie trendy jak: Big Data, redukcja kosztów obliczeń równoległych, oraz pierwsze badania nad głębokimi sieciami neuronowymi(*ang. Deep Neural Network*) (**DNN**). Największe zastosowanie DNN miało miejsce dopiero w ostatniej dekadzie kiedy to pojawiły się:

* **Google Braine** - grupa badawcza założona w 2011 roku, zajmująca się badaniami nad sztuczną inteligencja
* **DeepFace** - rozwiązanie stworzone przez firmę Facebook w 2014 roku, służące do rozpoznawania twarzy na zdjęciu [10, 11].

Σ

f(x)

y

w

1

x

1

w

2

x

2

w

n

x

n

Σ: sumator *f*(*x*): funkcja aktywacyjna *wx* ∀*x* ∈ [1*,*2*,...,n*]: wagi *xx* ∀*x* ∈ [1*,*2*,...,n*]: wejścia

**Rys. 2.6.** Schemat neuronu

Źródło: Opracowanie własne

i

1

i

2

i

3

v

1

v

2

v

3

v

4

o

1

o

2

*ix* ∀*x* ∈ [1*,*2*,*3]: dane wejściowe *vx* ∀*x* ∈ [1*,*2*,*3*,*4]: neurony w warstwie ukrytej *ox* ∀*x* ∈ [1*,*2]: dane wyjściowe

**Rys. 2.7.** Schemat sieci neuronowej

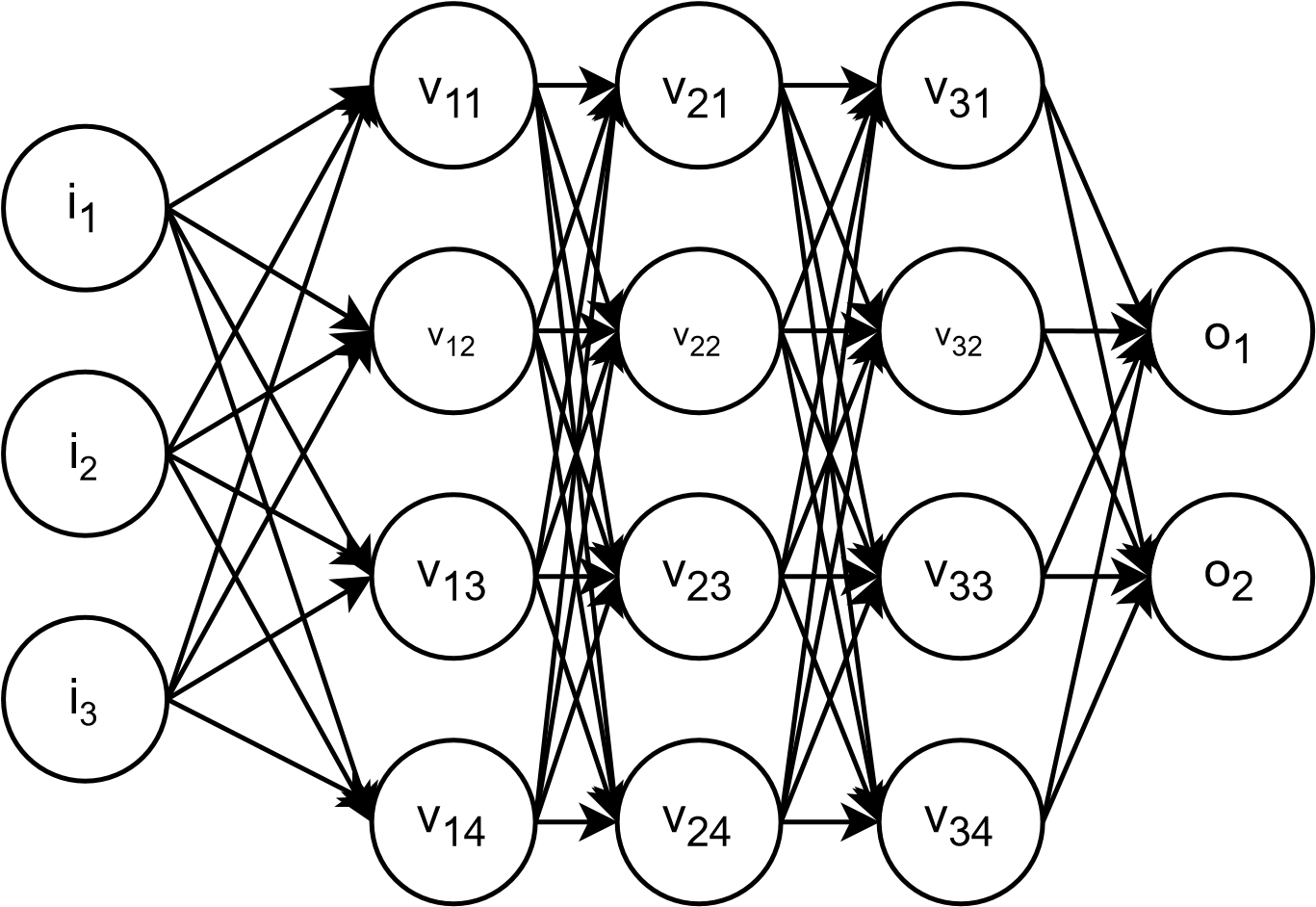
Źródło: Opracowanie własne

Sieci neuronowe możemy podzielić na wiele rodzajów, do których możemy zaliczyć między innymi:

* **perceptron** - jest to najstarszy przykład sieci neuronowej złożonej z jednego perceptronu (neuronu). Można je zastosować w problemach klasyfikacji;
* **sieci wielowarstwowe perceptronowe** - jest to sieć złożona z wielu warstw połączonych ze sobą neuronów, najprostszy model sieci zaprezentowany na **rysunku 2.7**. Składa się z warstwy wejściowej, warstw (jednej bądź wielu) ukrytych oraz warstwy wyjściowej. W neurony w tej sieci w porównaniu do perceptronów, mają funkcję aktywacyjną sigmoidalną, ze względu na rozwiązywanie problemów nieliniowych (posiadających więcej rozwiązań niż dwa 0/1). Można je zastosować na przykład do klasyfikacji danych;
* **sieci konwolucyjne (CNN)** - są to sieci służące do rozpoznawania obrazów, nazwa wzięła się od wykonywanej na obrazie operacji konwolucji (splotu). Sieci te posiadają dodatkowe warstwy konwolucyjne oraz spłaszczania, które pozwalają zamienić reprezentację obrazu w pojedyncz;
* **sieci rekurencyjne** - charakteryzują się pętlą zwrotną w warstwie ukrytej. Mogą być wykorzystane do generowania tekstu, tłumaczen maszynowych, a także na przykład przewidywania cen rynkowych;
* **sieci samoorganizujące się** - wykorzystuje uczenie nienadzorowane oraz. Składają sie jedynie z warstwy wejściwej i wyjściowej. Zaś cechą charakterystyczną jest to, że neurony określające podobne klasy znajdują się obok siebie. Sieci te mogą być wykrozystywane do podziału klientów na odpowiednie grupy bądź do wskazania jakim klientom zaproponować karty kredytowe [12, 13].

### Głębokie uczenie

Jest to podkategoria uczenia maszynowego polegająca na tworzeniu wielowarstwowych sieci neuronowych. W porównaniu do podstawowych sieci neuronowych potrzebuje ogromnych zbiorów danych do utworzenia modelu predykcyjnego. Potrzebuje również dużo więcej mocy obliczeniowej przez wzgląd na ilość warstw ukrytych, których może być dużo więcej, przykładem najprosztszej sieci głębokiej jest **obraz 2.8**.



*ix* ∀*x* ∈ [1*,*2*,*3]: dane wejściowe *vx* ∀*x* ∈ [11*,*12*,*13*,*21*,*22*,*23*,*31*,*32*,*33]: neurony w warstwie ukrytej *ox* ∀*x* ∈ [1*,*2]: dane wyjściowe

**Rys. 2.8.** Schemat prostej głębokiej sieci neuronowej

Źródło: Opracowanie własne

Warstwa wyjściowa DNN może dostarczać dane róznego formatu, może to być na przykłąd, tekst, liczba bądź dźwięk. Posiada również bardzo dużo zastosowań w któych skład wchodzi generowanie treści, Deepfake, analiza obrazów, wskazywanie obiektów na obrazach, projektowanie leków, czatboty. Jest to udoskonalenie podstawowych sieci neuronowych. Tak więc częśc typów sieci opisanych w **sekcji 2.2** będzie odnosić się do głębokich sieci neuronowych, należy do nich CNN[**MicrosoftDepp2023**].

**16**

# Klasyfikacja danych

Klasyfikacja jest to próba rozpoznania obiektów na bazie ich cech. Jest to jedna z pierwszych rzeczy jaką uczą się niemowlęta, zaczynając od rozpoznania rodziców, próby rozróżnienia kształtów, kolorów, rzeczy. W otaczającym świecie istnieje wiele mechanizmów mających sklasyfikować rzeczy. Należą do nich katalogi biblioteczne, klasyfikacja trunków, kaw, pojazdów, produktów spożywczych i wielu innych rzeczy. Człowiek od zawsze próbuję skategoryzować i uporządkować posiadaną wiedzę w zbiory ułatwiające obcowanie z tą wiedzą.

W uczeniu maszynowym klasyfikacja jest to metoda uczenia nadzorowanego, podczas której model próbuje przewidzieć etykietę obiektu na podstawie jego cech. Proces uczenia modelu klasyfikacji jest oparty o dwa zbiory, treningowy i testowy, z czego zbiór treningowy powinien być mniejszy od zbioru testowego. Po udanym procesie trenowania modelu, następuje proces testowania na podstawie któego wylicza się odpowiednie metryki pozwalające na ewaluacje modelu. W pracy magisterskiej wykorzystano zbor danych, który posiada dwa typy etykiet [0, 1], dlatego też na tej podstawie zbudowano macierz pomyłek.

## Metryki

W trakcie ewaluacji algorytmu służącego do klasyfikacji wykorzystuje się metryki bazujące na macierzy pomyłek, która zostałą opisana w **tabeli 3.1**

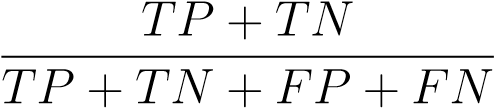
**Tabela 3.1.** Macierz pomyłek

Źródło: Opracowanie własne

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  | **Prawdziwe wartości** | |
|  |  | **1** | **0** |
| **Przewidziane**  **wartości** | **1** | TP | FN |
| **0** | FP | TN |

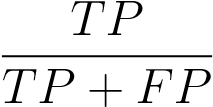
* **TP** - prawdziwie pozytywny
* **FN** - fałszywie negatywny
* **FP** - fałszywie pozytywny
* **TN** - prawdziwie negatywny

### Dokładnośc

 (3.1)

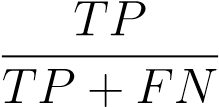
Stosunek wszystkich dobrze oznaczonych obiektów do liczby wszystkich prób.

### Precyzja

 (3.2)

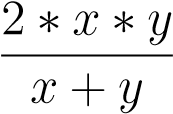
Stosunek poprawnie wybranych obiektów klasy ”*1*”, do wszystkich wybranych obiektów tej klasy.

### Czułość

 (3.3)

Stosunek poprawnie sklasyfikowanych obiektów klasy ”*1*”, do wszystkich obiektów, które powinny być w tej klasie.

### F1

 (3.4)

Jest średnia harmoniczna precyzji (*x*) i czułości (*y*);

### AUC

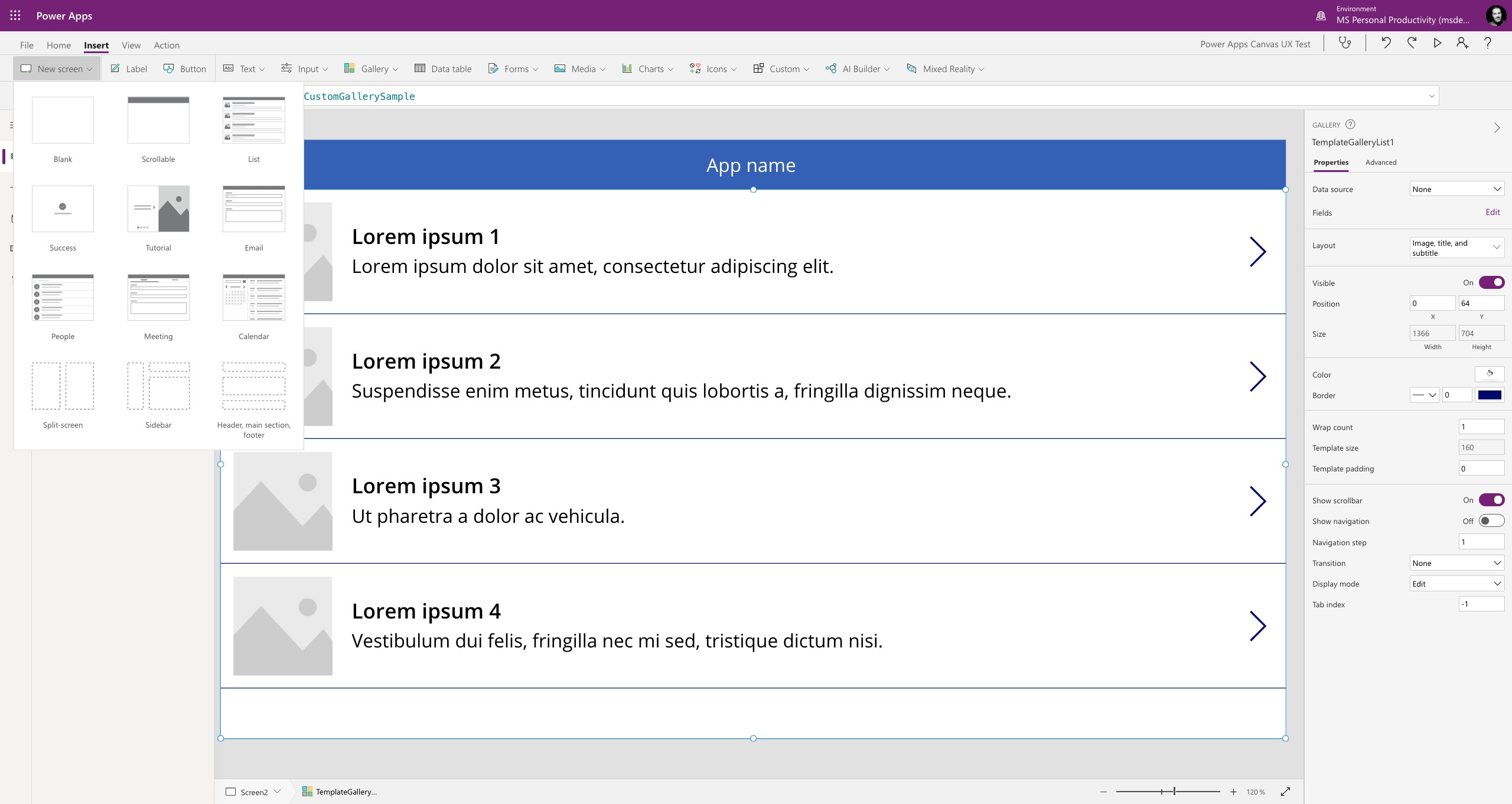
AUC - (*Area Under Roc Curve*) - Jest to pole pod krzywą ROC pokazuje sprawność klasyfikatora. Im wyższa wartość AUC tym lepiej. Wynik AUC jest z zakresu <0, 1>:

* AUC = 1 - klasyfikator idealny,
* AUC = 0,5 - klasyfikator losowy,
* AUC < 0,5 - klasyfikator gorszy niż losowy[14].

**18**

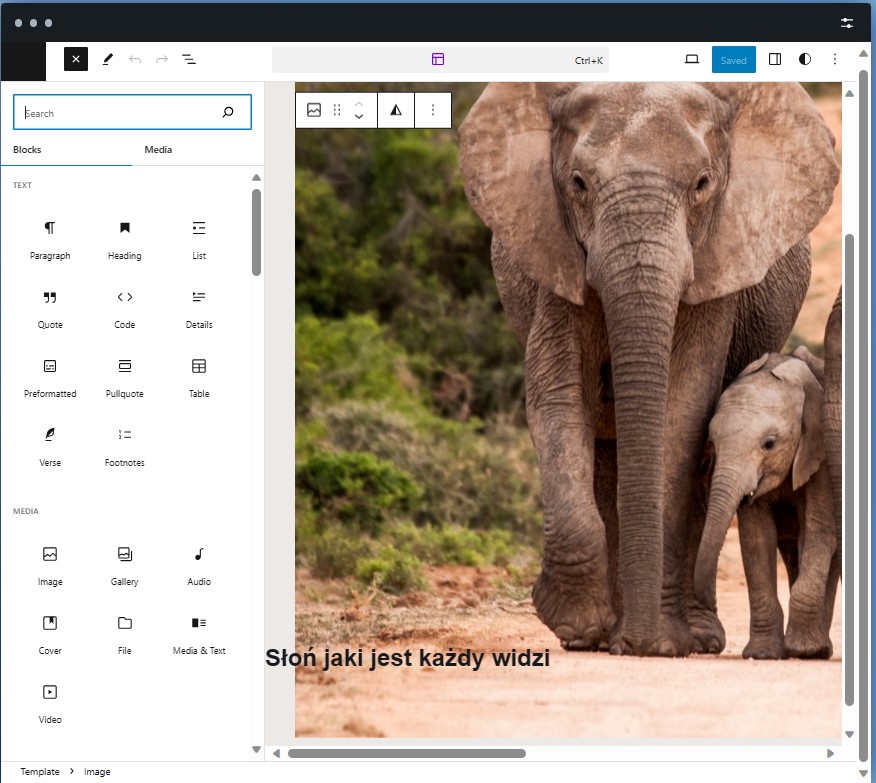
# Podejście low-code/no-code

Low-Code oraz no-code to nowe podejście skupiające się na umożliwieniu tworzenia programów w sposób nie wymagający znajomości języka oprogramowania. Podejście to ma pozwolić osobom nie będącymi programistami na tworzenie aplikacji biznesowych. Ma to zwiększyć tempo tworzenia rozwiązań biznesowych, na które zapotrzebowanie wciąż rośnie.Jednakżepodejścietojeststosounkowoświeżympodejściem,któregopoczątkimożna było obserwować w codziennym życiu na przykład podczas tworzenia stron internetowych korzystając z narzędzi takich jak *Wordpress*, *Joomla*, *Wix*. Narzędzia te umożliwiają w łatwy sposób tworzyć stronę z tak zwanych kafelków, które umieszczone w odpowiednim miejscu były odpowiedzialne za jedną konkretną rzecz[15, 16, 17]. Przykład na **obrazie 4.1**, **4.2**.



**Rys. 4.1.** PowerApps od Microsoft

Źródło: [18]



**Rys. 4.2.** Wordpress.com

Źródło: [19]

Coraz większa popularnością cieszą się platformy low-code(*ang. Low-code Development Platforms*) (**LCDPs**) dostarczane między innymi przez Google, Microsoft, Amazon pozwalają one na tworzenie wysoko skalowalnych rozwiązań przy niewielkim albo i żadnym nakładzie programowania. Ma to umożliwić osobom z niewielkim doświadczeniem w programowaniu, na szybkie wdrożenie oraz tworzenie niezawodnego oprogramowania. Twórcy platform oferują również korzystającym zmniejszenie ilości pracy potrzebnej do wdrożenia albo rozwijania kolejnych funkcjonalności[20, 21].

## Platformy

LCDP udostępniane twórcom aplikacji, umożliwiają skalowalność rozwiązań tworzonych na własne potrzeby. Dodatkowo są popularne przy tworzeniu aplikacji typu ”*aplikacja jako usługa*” (*ang. Software-as-a-Service*) (SaaS), które opłacane są tylko za stopień ich użycia, co w niektórych przypadkach może się okazać dużo bardziej opłacalne niż utrzymywanie swoich rozwiązań serwerowych. Dzięki takim rozwiązaniom wiele małych firm będzie mogło pozwolić sobie na tworzenie i utrzymywanie dostosowanych rozwiązań opartych o ekosytem *Microsoft365* / *Google Workspace*.

### Microsoft PowerApps

Jest to platforma programistyczna umożliwiająca tworzenie niestandardowych aplikacji dla rozwiązań biznesowych. Umożliwia ona tworzenie aplikacji opartych o różnorakie źródła danych do których należą między innymi: SQL Server, SharePoint, Dynamics 365. Dodatkową zaletą tego rozwiązania jest tworzenie aplikacji responsywnych, działających dobrze na wielu rodzajach urządzeń. Dodatkowow platforma ta pozwala tworzyć trzy typy aplikacji przy braku konieczności kodowania[22]

* **Kanwa** - jest to typ aplikacji oparty o model danych znajdujący się na przykład w Excelu. Aplikację tego typu tworzy się za pomcą przesuwanych kafelek, a proces przypomina po trochu robienie prezentacji przy użyciu aplikacji Powerpoint, co umożliwia pełną dowolność w tworzonym interfejsie graficznym[23].
* **Oparte na modelu** - w ramach korzystania z usługi Microsoft Dataverse można wygenerować aplikacje bazujące na danym modelu danych, przez co użytkownicy otrzymują produkt ułatwiający im analizę danych[24].
* **Karty** - są to uproszczone aplikacje, które można dodać do usługi Micrsoft Teams w określonym biznesowym celu. Dużą zaletą tego rozwiązania jest możliwość korzystania z źródeł danych, dzięki czemu poszczególne karty mogą odpowiadać za jedno zadanie biznesowe[25].

### Amazon QuickSight

Jest to rozwiązanie firmy Amazon, które umożliwia firmom dostarczanie rozwiązań z zakresu analityki biznesowe(*ang. business intelligence*) (BI) dzięki interaktywnym pulpitom korzystającym z jednego źródła prawdy. Dodatkowo korzystanie z interaktywnych formularzy, raportów oraz zapytań w języku naturalnym pozwala interesariuszom otrzymać możliwość korzystania z jednolitych rozwiązań opartych o różne modele danych[26].

**20**

### Google AppSheet

Platforma AppSheet od firmy Google umożliwia tworzenie aplikacji mobilnych oraz desktopowych bez użycia kodu. Firma wskazuje na możliwości integracyjne z różnymi dostawcami danych, do których należą między innymi Microsoft, Dropbox, a także wbudowaną integrację z aplikacjiami Google Workspace do któych należą Gmail, Sheets oraz Spaces. Platforma pozwala również na tworzenie automatycznych botów, które wykonują zadania w oparciu o bodźce zewnętrzne bądź wewnętrzne. Narzędzie pozwala w prosty sposób na tworzenie szybkich rozwiązań biznesowych w oparciu o ekosystem firmy Google[27].

**22**

# Microsoft Azure

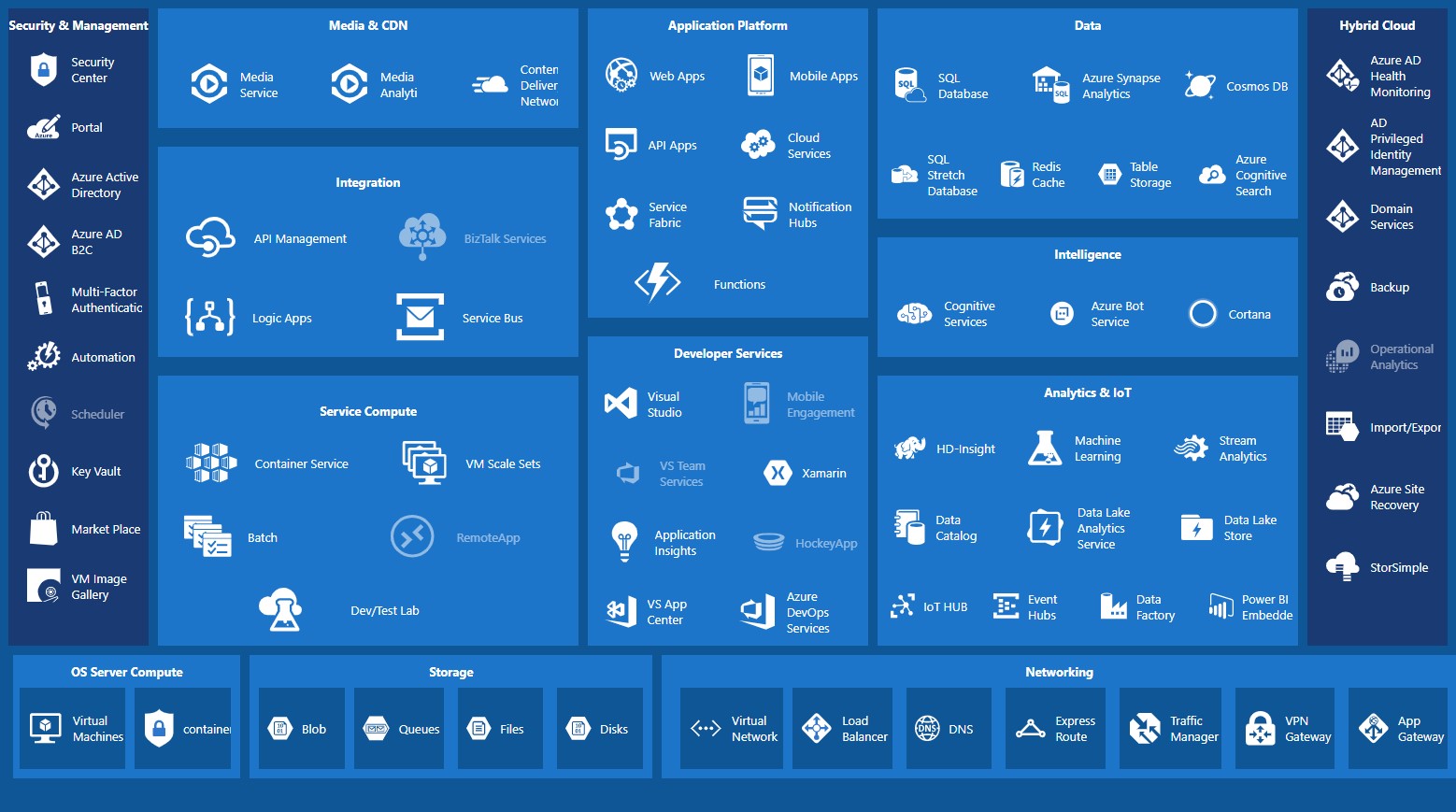
Platforma została oddana do użytku w 2008 roku jako Windows Azure. Usługa ta została zbudowana na modułach Windows NT. Platforma została udostępniona komercyjnie po 2010 roku, kiedy to dodano możliwość korzystania z szerszej ilości usług i języków programowania. Do usług należało między innymi udostępnienie baz danych Microsoft SQL Server opartych o .NET Framework 4; obsługę aplikacji pisanych w języku C#, Java, PHP; sieć dostarczania zawartości(*ang. Content Delivery Network*) (**CDN**).

Następnym krokiem było przemianowanie platformy na Microsoft Azure oraz pójście w kierunku infrastruktury definiowanej jako serwis(*ang. Infrastructure-as-a-Service*) (**IaaS**), oraz powolne adoptowanie usług open-source.

W kolejnej generacji Microsoft zaadoptował rozwiązania Big Data do swojej platformy, umożliwiając korzystanie z języka **R**, połączenie do Power BI, a także umożliwienie połączenia do rozwiązań end-to-end.

W czwartej generacji platformy, Microsoft skupił się na rozwiązaniach uczenia maszynowego oraz integracji z bazami danych, dzięki czemu powstało Azure Machine Learning Studio oraz Azure Machine Learning Operations (MLOps).

Obecnie platforma została wzbogacona o Kubernetesa, dzięki czemu konteneryzacja ułatwiła pracę z klastrami wirtualnymi, dzięki którym można w lepszy sposób zarządzać aplikacjami i usługami. Dodatkowo zostało udostępnione wiele kombinacji usług takich jak: aplikacja jako usługa (*ang. Software-as-a-Service*) (**SaaS**), Interfejs jako usługa (*ang. Infrastucture-as-a-Service*) (**IaaS**), Platforma jako usługa (*ang. Platfrom-as-a-Service*) (**PaaS**), dzięki czemu uzyskano platformę przyjazną użytkownikowi umożliwiając korzystanie z ponad 200 dostępnych usług. Dodatkowo płatność za platformę jest rozliczana tylko za zużytą przestrzeń oraz wykorzystaną moc obliczeniową.[28, 29, 30].



**Rys. 5.1.** Schemat podziału usług MS Azure

Źródło: [31]

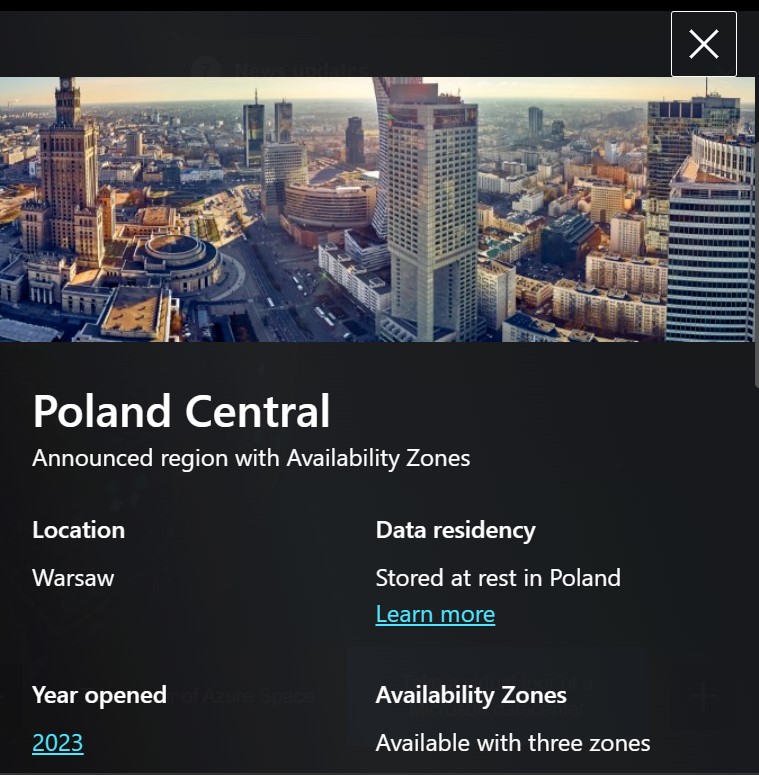
**Schemat 5.1** pokazuje jak obecnie podzielone są usługi oraz co jest udostępnione komercyjnie w ramach platformy Azure. Według schematu platforma podzielona jest na trzynaście obszarów, do których zaliczono między innymi bezpieczeństwo, zarzazanie danymi, usługi deweloperskie, analiza danych, platformy aplikacji.

## Infrastruktura

Infrastruktura globalna Azure składa się z dwóch części: fizycznej infrastruktury oraz globalnej łączności. Infrastruktura fizyczna składa się z ponad 200 centrów danych na całym świecie, połaczonych w jedną globalną sieć. Dzięki czemu Azure umożliwia wysoką skalowalność i dostępność swoich rozwiązań. Jednakże cały ruch sieciowy jest utrzymywany wewnątrz sieci Microsoft dzięki czemu informacje o adresach IP i ruchu sieciowym nie trafiają do publicznej części internetu[32].

Na swojej stronie internetowej Microsoft udostępnia wirtualną mapę umożliwiającą zobaczenie na własne oczy jak rozległa jest sieć Microsoftu. Dzięki interaktywności jest możliwość uzyskania informacji o kraju oraz centrum danych, a także komplikacjach jakie wynikają z przepisów wewnętrznych, pokazuje to **zdjęcie ??**.

##### 24



(

b)Informacjeo

centrum

danych

Źródło:[34]

(a) Globalna mapa infrastruktury sieciowe Źródło: [33]

## Machine Learning Studio

Azure Machine Learning Studio umożliwia łatwe i szybkie tworzenie wysoce wydajnych modeli uczenia maszynowego, a także zarządzanie nimi. Rozwiązanie wspiera pełen cykl życia kompleksowego uczenia maszynowego. Platforma umożliwia tworzenie potoków zadań, które połączone w jeden potok, wykonują poszczególne zadania w odpowiedniej kolejności. Dzięki modułowości modeli uzyskano rozwiązanie wielokrotnego użytku, a w ramach jednego doświadczenia dany moduł, jeśli nie zostanie zmodyfikowany on, bądź zadania nad nim, zostaje ponownie użyty wynik danego modułu z poprzedniego doświadcenia. Dodatkowo poza predefiniowanymi operacjami można wykorzystać moduły języka Python/R. Dodatkowo można tworzyć rozwiązania w oparciu o ”**Jupiter Notebook**”, bądź wizualne narzędzie wykorzystujące wizualne układanie ”*kafelek*” do tworzenia potoków zadań. Dodatkowo każde zadanie wykorzystuje wczesniej przygotowaną jednostkę obliczeniową, dzięki czemu można przewidzieć albo dostosowac koszt korzystania z modelu. Umożliwione zostało również wdrażanie modeli jako punktów końcowych, co umożliwia komunikowanie się z nimi za pomocą REST API.

Microsoft umożliwia płatność jedynie za użytkowanie usług, co oznacza, że jeśli klaster komputerowy był wykorzystywany jedynie przez 1 godzinę, to za tą jedną godzinę zostanie obciążony klient[35].

**26**

# Opis doświadczenia

Przeprowadzone doświadczenie polega na porównaniu dostępnych w środowisku Microsoft Azure algorytmów klasyfikacji danych dwu-klasowych wraz z algorytmem stworzonym na potrzeby pracy inżynierskiej o tytule ”*Wykorzystanie algorytmów genetycznych w systemach wykrywania intruzów w sieciach komputerowych*”[36] oraz z algorytmem DANet[37]. Doświadczenie przebiegało według **schematu 6.1**.

. Określenie zbioru

1

danych

. Wybranie

2

środowiska pracy

3

. Konfiguracja

środowiska

4

. Utworzenie

doświadczenia

5

. Przeprowadzenie

badania

6

. Analiza wyników

**Rys. 6.1.** Schemat przebiegu doświadczenia

Źródło: Opracowanie własne

## Dane

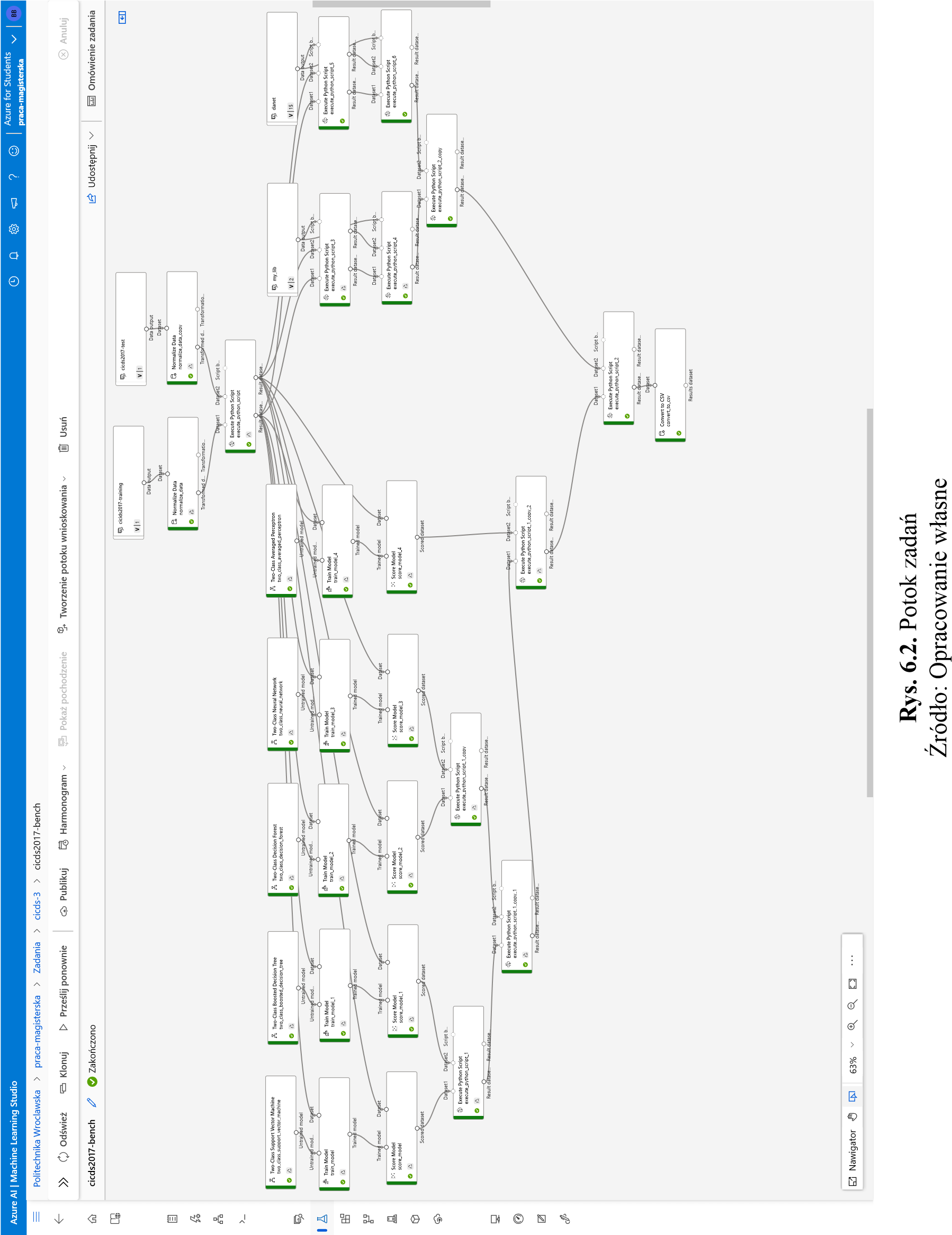
Zbiór danych został przygotowany przez Kanadyjski Instytut Cyberbezpieczeństwa działający przy Uniwersytecie Nowy Brunszwik za pomocą narzędzia CICFlowMeter[38].

Zbiór zawiera 79 cech ruchu sieciowego do których zaliczyć można: etykietę, czas trwania przesyłu, minimalną długość pakietu zwrotnego, maksymalną długość pakietu zwrotnego, port docelowy, długość pakietów. Zbiór pozwala na określenie czy ruch sieciowy jest życzliwy (*ang. BENING*), czy nieżyczliwy (różne możliwe formy ataku na sieć). Dodatkowo zbiór został podzielony na pięć dni roboczych: poniedziałek 3.07.2017 - piątek 7.07.2017. Dane z poniedziałku zawierają jedynie ruch życzliwy, zaś w pozostałe dni zostały zasymulowane ataki na sieć komputerową[36, 39].

## Środowisko programistyczne

Jako środowisko programistyczne zostało wybrane Azure Machine Learning Studio z powodu możliwości uniezależnienia obliczeń od komputera lokalnego, dodatkowo platforma umożliwia łatwy sposób na tworzenie skomplikowanych potoków zadań, które składają się z komponentów wielokrotnego użytku. Każdy komponent uruchamia się w środowisku odizolowanym od pozostałych operacji. Dzieje się tak dzięki wykorzystaniu wielo węzłowych klastrów obliczeniowych, bazujących na oprogramowaniu Docker, klastry te mogą skalować się w zależności od potrzeb oraz dostępnej jednostki[40].

Całe doświadczenie zostało odwzorowane w graficznym potoku narzędzia ”*Projektant*” oraz przedstawione na **zdjęciu 6.2**.



## Algorytmy

W trakcie eksperymenty zastosowano różne algorytmy klasyfikacji danych. Charakterystyczną cechą tych algorytmów jest klasyfikacja ukierunkowana na 2 kategorie wejściowe. W tym wypadku są to kategorie ruchu sieciowego: [**BENIGN** (*pl. życzliwy*), **Other** (*pl. inne*)], gdzie inne to pozostałe typy ruchu sieciowego.

### Two-Class Support Vector Machine

Algorytm SVM ma za zadanie znaleźć hiperpłaszczyznę w przestrzeni K-wymiarowej (K liczba cech), która rozdziela zbiory punktów odpowiadających różnym klasom. W pierwszej kolejności szuka się separatora między klasami, a następnie przekształca się dane w taki sposób, by można przekształcić separator w hiperpłaszczyznę[41]. Sposób działania został zobrazowany za pomocą **wykresów 6.3b**. Część **potoku 6.2** odpowiedzialnego za SVM to

**schemat 6.3a**.

**Two-Class Support Vector Machine**

two\_class\_support\_vector\_machine

Untrained model

**Score Model**

score\_model

Trained model

Dataset

Scored dataset

**Train Model**

train\_model

Untrained mod...

Dataset

Trained model

1. Potok zadań dla modelu *Two-Class Support*

*Vector Machine*

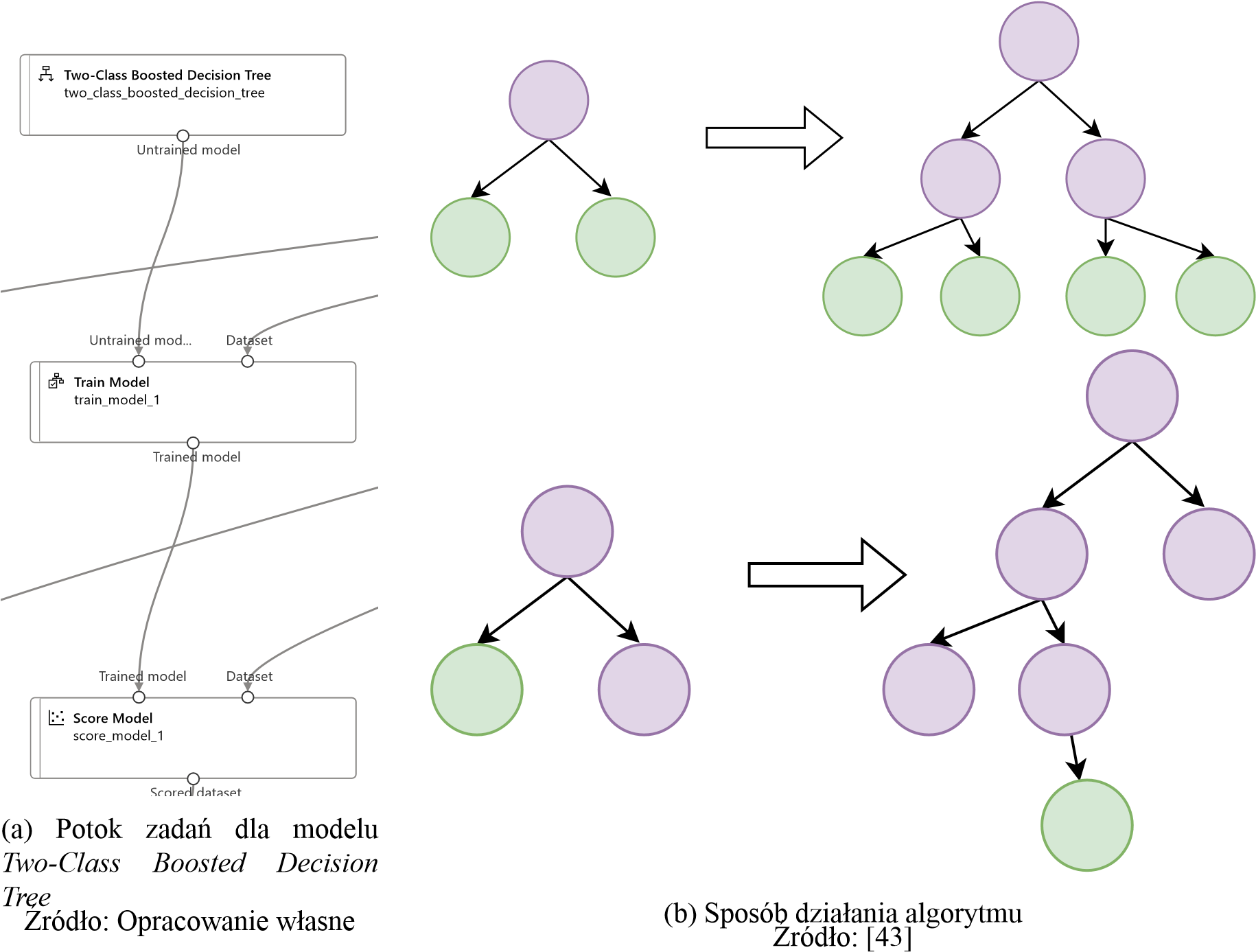
Źródło: Opracowanie własne

1. Schemat SVM

Źródło: [42]

### Two-Class Boosted Decision Tree

Jest to algorytm drzewa decyzyjnego oparty o algorytm LightGBM. Dzięki zastosowaniu tego podejścia algorytm oparty o drzewo decyzyjne działa szybciej oraz ma mniejszą złożoność obliczeniową. Algorytm ten działa na zasadzie doboru odpowiedniego liścia zamiast jak w przypadku klasyzcnych algorytmów opartych na drzewie, wyboru odpowiedniej warstwy warstwy[43]. Sposób podejścia liściastego został ukazany na **schemacie 6.4b**. Model wykorzystywany w Azure ML został ukazany na **rysunku 6.4a**.



### Two-Class Decision Forest

Las decyzyjny to algorytm którego wynik opiera się o agregację wyników wielu drzew decyzyjnych. Uzyskanie wyniku zależy od algorytmu trenowania lasu. Przykładowo w klasyfikacji losowym lasem wieloklasowym (*ang. Multi-class random forest classification*), każde drzewo głosuje na jedną klasę i ta, która zostanie wybrana większością głosów zostaje uznana za wynikową[44]. Model wykorzystany w Azure ML jest pokazany na **modelu 6.5**

**Two-Class Decision Forest**

two\_class\_decision\_forest

Untrained model

**Score Model**

score\_model\_2

Trained model

Dataset

Scored dataset

**Train Model**

train\_model\_2

Untrained mod...

Dataset

Trained model

**Rys. 6.5.** Potok zadań dla modelu *Two-Class Decision Forest*

Źródło: Opracowanie własne

### Two-class Neural Network

Jest to sieć neuronowa składająca się w tym wypadku z warstwy wejściowej, trzech warstw ukrytych każda po 100 węzłów, oraz z warstwy wyjściowej. Przykładowa sieć neuronowa została zobrazowana na **schemacie 2.7**. Moduł wykrozystany w Azure ML ukazano na **rysunku 6.6**.

**Two-Class Neural Network**

two\_class\_neural\_network

Untrained model

**Train Model**

train\_model\_3

Untrained mod...

Dataset

Trained model

**Score Model**

score\_model\_3

Trained model

Dataset

Scored dataset

**Rys. 6.6.** Potok zadań dla modelu *Two-Class Neural Network*

Źródło: Opracowanie własne

### Two-Class Average Perceptron

Jest to najprostsza odmiana sieci neuronowej czyli pojedynczy perceptron, który jest matematycznym modelem neuronu. Składa się on z *n* wejść, takiej samej ilości wag, progu Θ, sumatora, funkcji aktywującej i wyjścia. Został zobrazowany na **schemacie 2.6**. Może służyć za prosty klasyfikator binarny, albo za regresor. Model wykorzystany w Azure ML ukazano na **zdjęciu 6.7**.

**Train Model**

train\_model\_4

Untrained mod...

Dataset

Trained model

**Score Model**

score\_model\_4

Trained model

Dataset

Scored dataset

**Two-Class Averaged Perceptron**

two\_class\_averaged\_perceptron

Untrained model

**Rys. 6.7.** Potok zadań dla modelu *Two-Class Average Perceptron*

Źródło: Opracowanie własne

### Autorskie rozwiązanie

Algorytm ten polega na połączeniu algorytmu genetycznego (GA) wraz z klasyfikatorem naiwnym Bayesa wykorzystującego rozkład Gaussa (GNB). Zadaniem algorytmu genetycznego jest znalezienie naistotniejszych cech w zbiorze tabelarycznym, które pozwolą na zmniejszenie wymiarowości danych, oraz na zmniejszenie kosztów obsługi samego klasyfikatora w późniejszych etapach testowania, ze względu na zmniejszoną ilość danych wymaganych do przetworzenia. GA wykrozystywał w metodzie **fitness** algorytm GNB w celu określenia dopasowania danych. Zadaniem GNB było znalezienie najlepszej dostępnej kombinacji cech, któe pozwalały na uzyskanie najlepszego dopasowania [36]. Model wykorzystywany w Azure ML różni się od gootwych modeli tym, że dołączono do niego bibliotekę napisaną w języku python, która zawiera kod wykorzystywany w pracy inżynierskiej autora[45].

**Execute Python Script**

execute\_python\_script\_4

Dataset1

Dataset2

Script b...

Result datase...

Result datase...



**my\_lib**

**V**

2

Data output

**Execute Python Script**

execute\_python\_script\_3

Dataset1

Dataset2

Script b...

Result datase...

Result datase...

**Rys. 6.8.** Potok zadań dla modelu

Źródło: Opracowanie własne

### DANet

Twórcy tego algorytmu wprowadzają dodatkową warstwę abstrakcyjną o nazwie ”*Abstract Layer*”. Wartswy te budują sieć o nazwie ”*Deep Abstract Network*” (DANet). Zadanie dodatkowych warstw jest grupowanie cech w skorelowanych zbiorach. Zbiory te budują sieć powiązań między sobą w formie sieci semantycznej. Gdy sieć semantyczna jest zbudowana w ostatnim kroku wykonywana jest klasyfikacja w trzywarstwowej sieci perceptronów (*ang. Multilayer Perceptron network*) (MLP)[37, 46]. Model znajdujący się z Azure ML został przedstawiony na **zdjęciu 6.9a**, zaś sposób działania ukazano na **schematach 6.9b**.

**Execute Python Script**

execute\_python\_script\_5

Dataset1

Dataset2

Script b...

Result datase...

Result datase...

**Execute Python Script**

execute\_python\_script\_6

Dataset1

Dataset2

Script b...

Result datase...

Result datase...

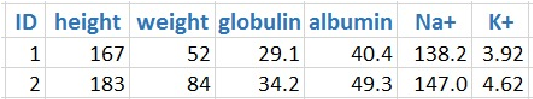


**danet**

**V**

15

Data output



ection

&

abstraction.

(

b) The process of our proposed DAN

ET

.

h

?

?

?

?

?



①

feature

selection

②

higher

level

feature

abstraction

①

②

kidney health

physique

liver health

health conditions



(a) Potok zadań dla modelu *DANet* ble path to extract critical semantics by feature sele

Źródło: Opracowanie własne (b) Sposób działania DANet

Źródło: [37]

**36**

# Przebieg badań

Doświadczenie polegało na analizie porównawczej sprawności algorytmów opisanych w **rozdziale 6** w **sekcji 6.3**. Celem doświadczenia było określenie jakości algorytmu utworzonego w ramach pracy inżynierskiej autora[36]. Szczegółowa metodologia badawcza została określona w **podrozdziale 7.1**.

## Metodologia badawcza

Przyjęta w projekcie metodologia badawcza została określona w poniższej **tabeli 7.1**.

Przyjęta metodologia ma za zadanie określić jakoś porównywanego algorytmu.

**Tabela 7.1.** Metodologia badawcza

Źródło: Opracowanie własne

|  |
| --- |
| **Problem badawczy:**  Czy algorytm klasyfikacji danych utworzony w ramach pracy inżynierskiej może konkurować z rozwiązaniami dostępnymi w środowiskach komercyjnych |
| **Pytania badawcze:**  1. Czy algorytm jest konkurencyjny pod względem wybranych metry:   * dokładność algorytmu * czas działania * precyzja * czułość * f1 * auc |
| **Hipotezy:**   1. Nie ma istotnej różnicy pomiędzy wynikami próby testowej i treningowej. 2. Nie ma istotnej różnicy pomiędzy wynikami prób testowych. 3. Wynik dopasowania algorytmów nie przekracza dolnej granicy przedziału ufności dla próby testowej |

## Przygotowanie platformy

Do badań wykorzystano narzędzie ”*Projektant*” znajdujące się na platformie ”*Azure Machine Learning Studio*” (Azure ML). Narzędzie to umożliwiło utworzenie interaktywnego potoku zadań. Potok ten składa się z kilku części:

* Przygotowanie i obróbka zbiorów danych
* Trenowanie oraz testowanie algorytmów klasyfikacji danych
* Utworzenie tabeli porównawczej dla wyników poszczególnych algorytmów (**obraz**

**6.2**).

### Przygotowanie danych

W pierwszym kroku dane zostały znormalizowane za pomocą metody **MinMax**, która przekształca dane numeryczne do wartości w zakresie 0*,*1. W następnym kroku za pomocą języka Python oraz biblioteką Pandas oraz Numpy zostają zamienione etykiety słowne na wartości **0** i **1** oraz następuje zamiana wartości [*NaN,*−*inf,inf*] na cyfrę 0. Cały proces został zobrazowany na **diagramie 7.1**

**Normalize Data**

normalize\_data\_copy

Dataset

Transformed d...

Transformatio...



**cicids2017-training**

**V**

1

Data output

**Normalize Data**

normalize\_data

Dataset

Transformed d...

Transformatio...



**cicds2017-test**

**V**

1

Data output

**Execute Python Script**

execute\_python\_script

Dataset1

Dataset2

Script b...

Result datase...

Result datase...

**Rys. 7.1.** Potok normalizacji danych

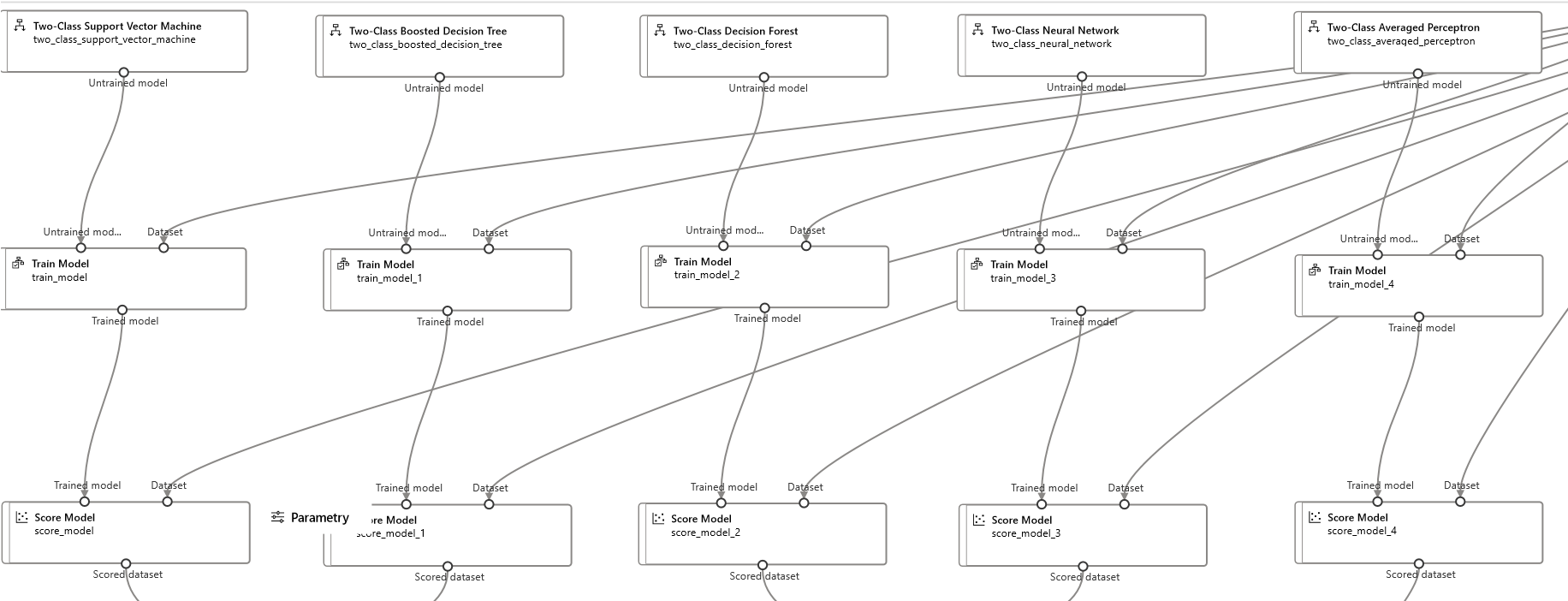
Źródło: Opracowanie własne

### Trenowanie oraz testowanie algorytmów

Kolejną grupą zadań widoczną w potoku są te związane z trenowaniem i testowaniem poszczególnych algorytmów opisanych w **rozdziale 6**. Każdy test składa się 3 kafelek. W przypadku algorytmów dostarczonych wraz z platformą Azure ML są to:

* **model klasyfikujący** - odpowiada za przygotowanie algorytmu klasyfikacyjnego
* **bloktreningowy**-tworzywytrenowanymodel,zapomocąpołączonegozbiorudanych
* **blok ewaluacyjny** - sprawdza wcześniej wytrenowany model za pomocą powiązanego zbioru danych.

Potok zadań wykorzystujący algorytmy dostarczone przez Microsoft Azure został ukazany na **schemacie 7.2**



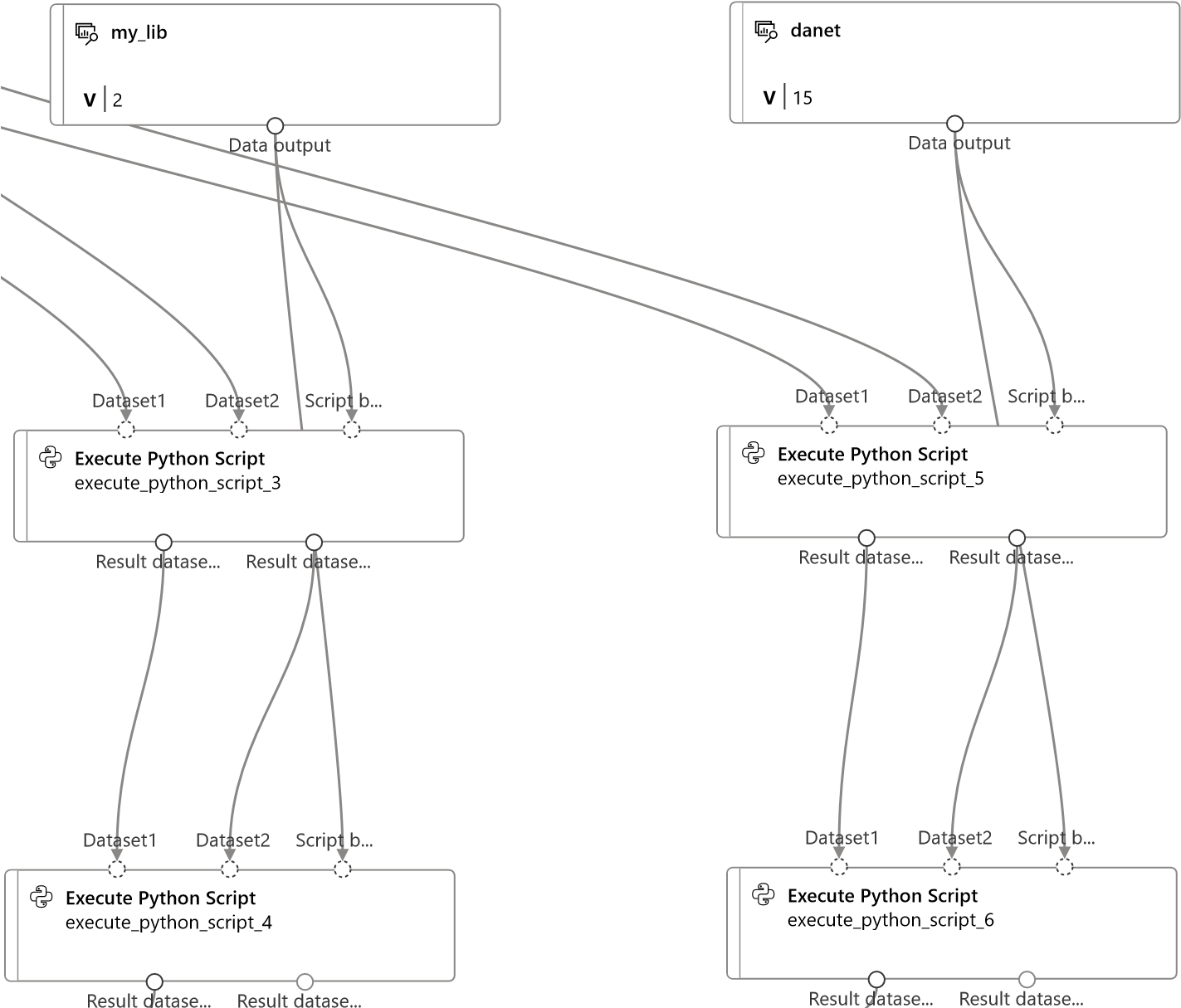
**Rys. 7.2.** Potok zadań dla algorytmów klasyfikacyjnych

Źródło: Opracowanie własne

Algorytmy dostarczone w ramach pracy badawczej składają się z:

* **biblioteka Python** - archiwum o rozszerzeniu **.zip**, które zawiera w sobie odpowiednie pliki napisane w języku Python
* **blok treningowy** - wykorzystuje dostarczoną bibliotekę do wytrenowania modelu oraz zapisania na platformie Azure najlepszego uzyskanego wyniku za pomocą powiązanego zbioru danych
* **blok ewaluacyjny** - wykorzystuje dostarczoną bibliotekę do ewaluacji algorytmu za pomocą połączonego zbioru danych

Potok zadań dla algorytmów niestandardowych został ukazany na **rysunku 7.3**

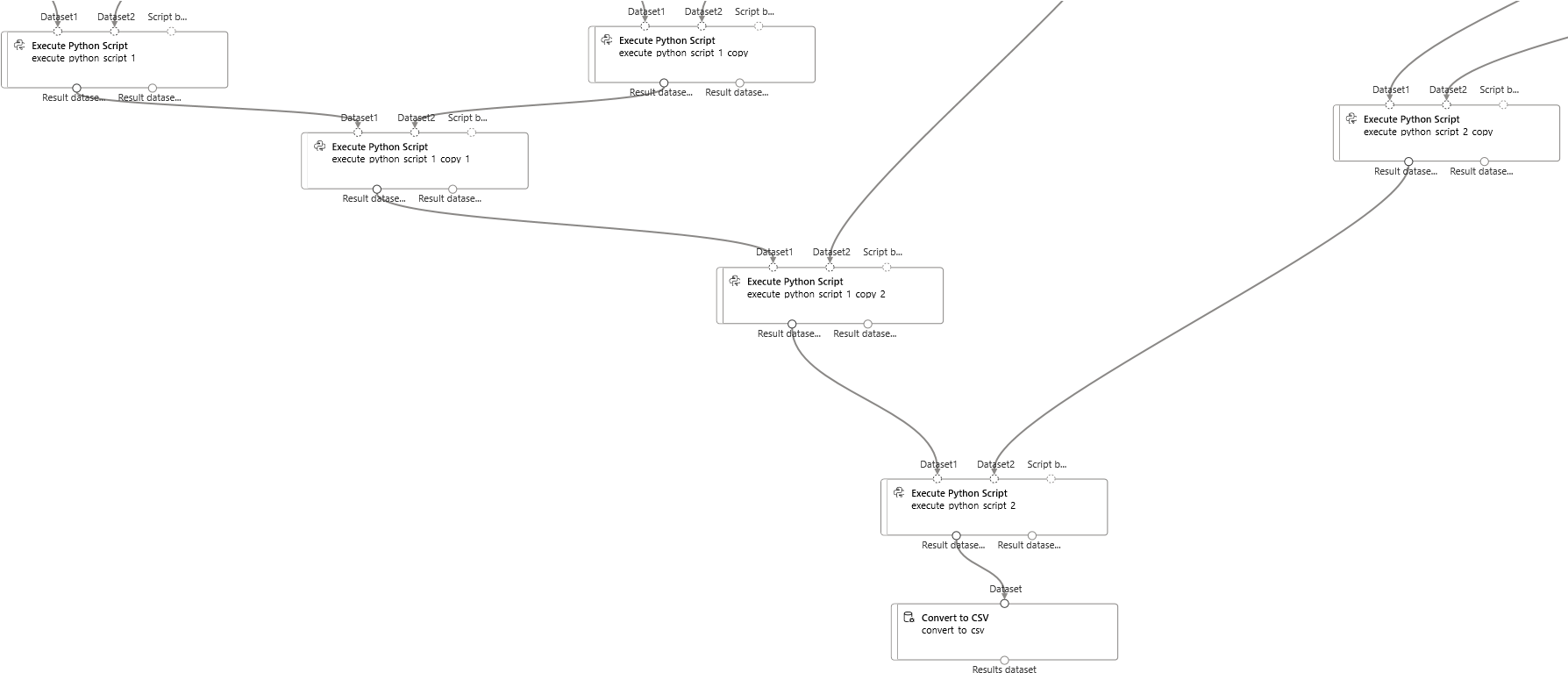


**Rys. 7.3.** Potok zadań dla algorytmów klasyfikacyjnych

Źródło: Opracowanie własne

### Utworzenie tabeli porównawczej

Kolejną częścią zadań jest zebranie wyników poszczególnych algorytmów oraz połączenie ich w jedną całość. Wykorzystano do tego moduły języka Pyton, które zwracają przetwożone wyniki oraz łączą je w jedną tabelę zbiorczą, co pokazano na **rysunku 7.4**.



**Rys. 7.4.** Moduły odpowiedzialne za przetwożenie wyników

Źródło: Opracowanie własne

## Weryfikacja potoku

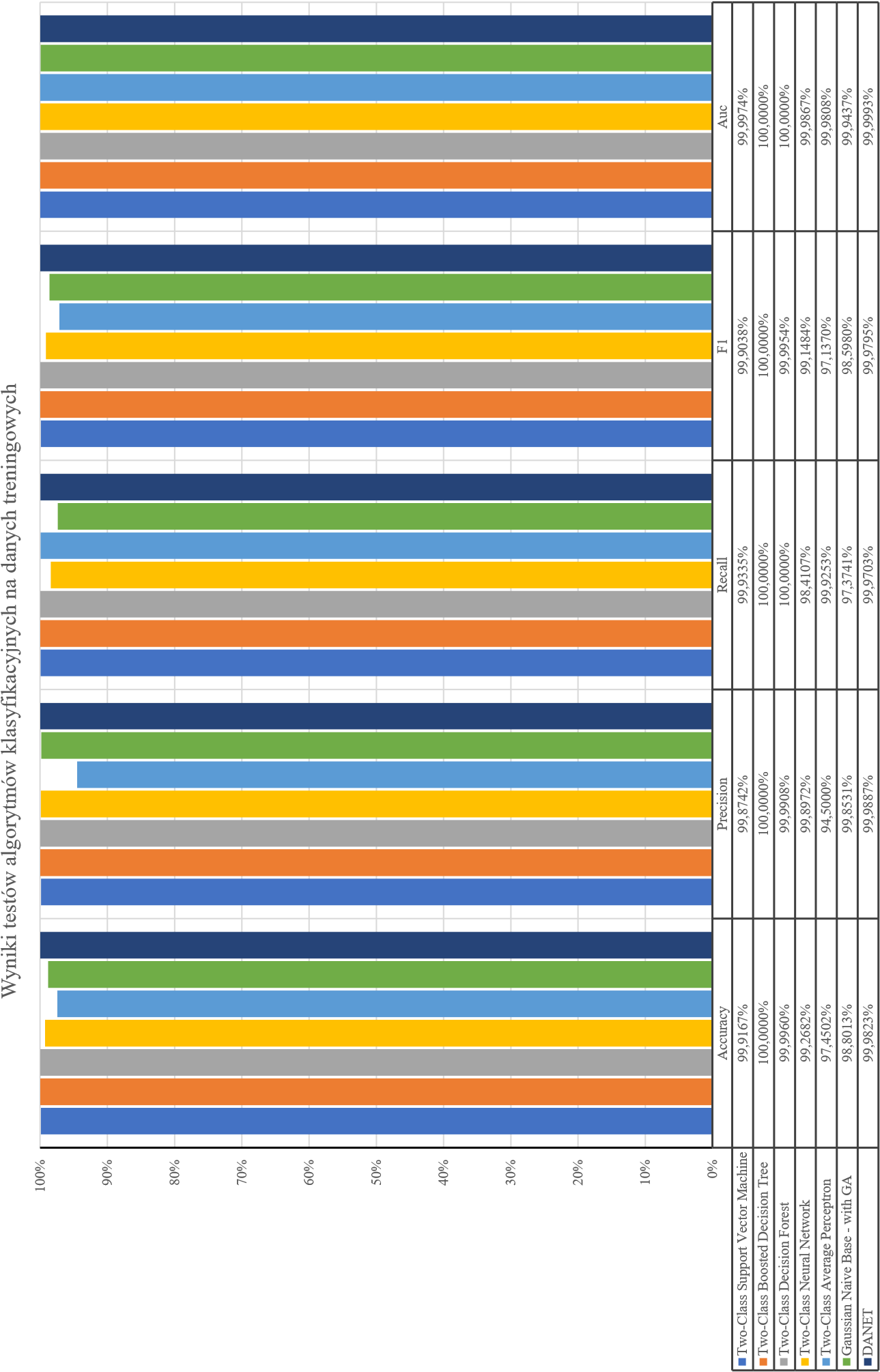
Aby zweryfikować działanie całego procesu wykorzystano znormalizowane dane treningowe do wytrenowania oraz przetestowania działania algorytmów klasyfikacyjnych. Cały proces trwał ”**1 dzień 10 godzin 55 minut 53 sekundy**”. Wyniki tych działań widać na **rysunku 7.5**. Analizując wykres można zauważyć, że uzyskane wyniki znajdują się w przedziale [94%*,*100%] w każdej metryce co pokazuje jakość każdego z algorytmów, a także to, że algorytmy poradziły sobie niemal bezbłędnie w rozpoznawaniu ruchu sieciowego, na którym były uczone. Zbiór, który wykorzystano do trenowania oraz testowania danych zawierał w sobie 225805 wpisów z czego 97718 należało do klasy ”**1**”, zaś 128087 należało do klasy ”**0**”.

**Tabela 7.2.** Liczba elementów przynależących do danej klasy w zniorze treningowym

Źródło: Opracowanie własne

|  |  |
| --- | --- |
| **Klasa** | **Liczba wystąpień** |
| 1 | 97718 |
| 0 | 128027 |
| **Suma** | 225805 |

Bazując na tym zbiorze oraz uzyskanych wynikach udało się udowodnić poprawność działania procesu klasyfikacji wieloma algorytmami genetycznymi.



**Rys.7.5.**

Wynikitestówalgorytmówklasyfikacyjnychnadanychtreningowych

Źródło:Opracowaniewłasne

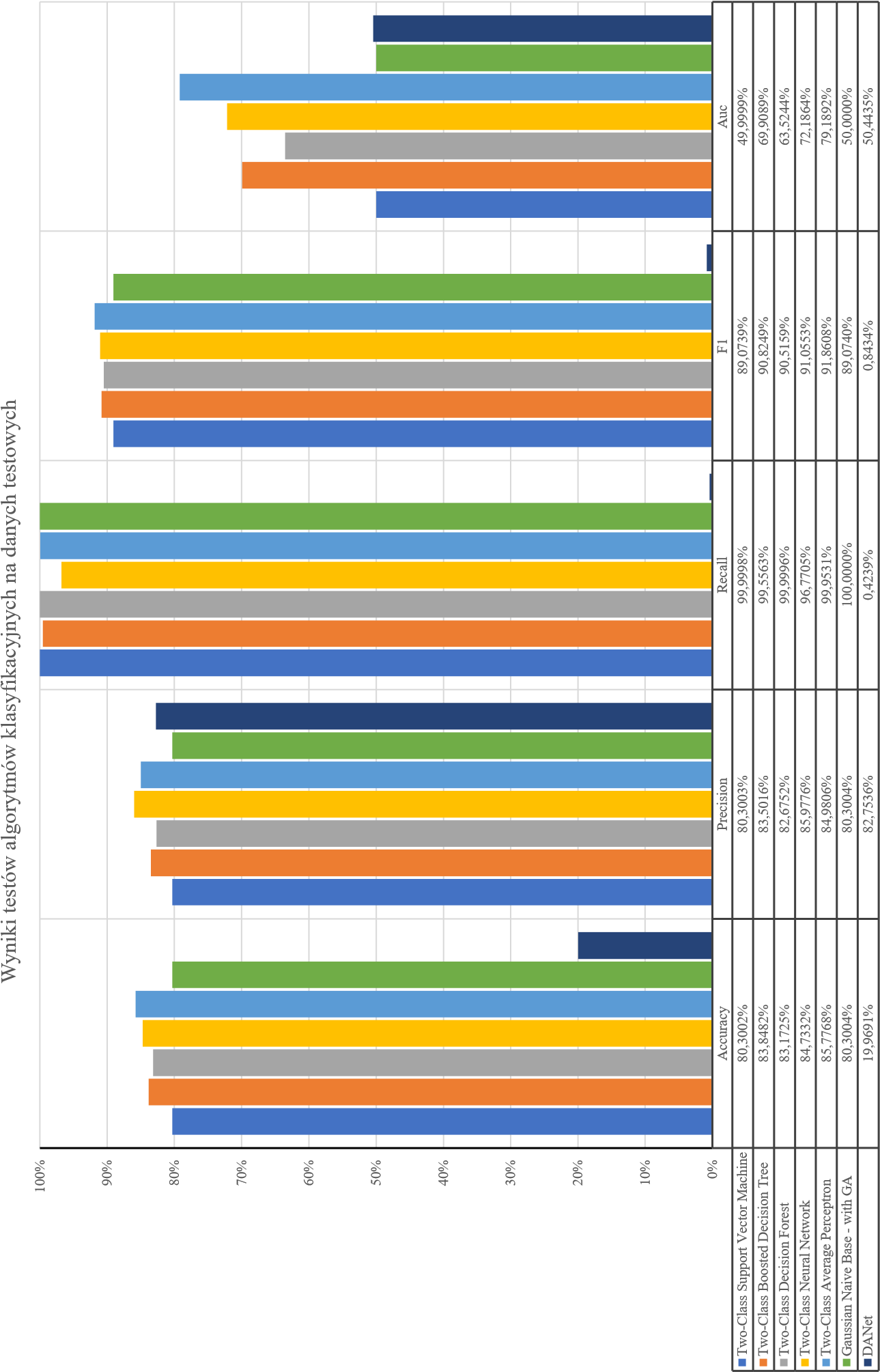
## Próba badawcza

Aby uzyskać realne wyniki podczas porównywania poszczególnych algorytmów zastosowano zbiór treningowy opisany w **tabeli 7.2** oraz zbiór testowy, który zawierał 2273097 wpisów należących do klasy ”**1**” oraz 557646 wpisów należących do klasy ”**0**” co sumarycznie daje: 2830743 wpisów tak jak to zostało pokazane w **tabel 7.3**. Pomiary testowe powtórzono 2 razy dzięki czemu uzyskano 3 próby badawcze.

**Tabela 7.3.** Liczba elementów przynależących do danej klasy w zbiorze testowym

Źródło: Opracowanie własne

|  |  |
| --- | --- |
| **Klasa** | **Liczba wystąpień** |
| 1 | 2273097 |
| 0 | 557646 |
| **Suma** | 2830743 |



**Rys.7.6.**

Wynikitestówalgorytmówklasyfikacyjnychnadanychtestowych

Źródło:Opracowaniewłasne

Poniżej zostały przedstawione wyniki zbiorcze dla poszczególnych metryk. Dodatkowo przedstawiono również wynik pomiaru treningowego, który w większości przypadków jest wyższy od danych testowych. Co prawdopodobnie jest spowodowane różnicą w ilości danych testowych i treningowych. Dodatkowo w każdej kolumnie oznaczono kolorem zielonym najwyższy wynik dla danej metryki, a kolorem czerwonym najniższy wynik dla danej metryki.

### Dopasowanie

Najlepszy wynik dopasowania dla danych testowych uzyskał algorytm *Two-Class Average Perceptron*, który poprawnie rozpoznał 85*,*7768% próbek. Najgorszy wynik uzyskał algorytm *DANet* z dopasowaniem rzędu: 19*,*9691%. Dla próby treningowej najlepszy wynik uzyskał *Two-Class Boosted Decision Tree* z wynikiem 100*,*00%, a najgorszy *Two-Class Average Perceptron* z wynikiem 97*,*4502%. Wyniki dopasowania dla poszczególnych prób zostały przedstawione na **tabeli 7.4** oraz na wykresie **wykresie 7.7**.

**Tabela 7.4.** Wynik dopasowania algorytmów.

Kolorem zielonym określono najlepszy wynik w kolumnie. Kolorem czerwonym określono najgorszy wynik w kolumnie.

Źródło: Opracowanie własne

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Wynik dopasowania** | | |  | |
| **Algorytm** | **Próba 1** | **Próba 2** | **Próba 3** |  | **Próba testowa** |
| Two-Class Support Vector Machine | 80*,*3002% | 80*,*3002% | 80*,*3002% |  | 99*,*9167% |
| Two-Class Boosted Decision Tree | 83*,*8482% | 83*,*8482% | 83*,*8482% |  | 100*,*0000% |
| Two-Class Decision Forest | 83*,*1725% | 83*,*1725% | 83*,*1725% |  | 99*,*9960% |
| Two-Class Neural Network | 84*,*7332% | 84*,*7332% | 84*,*7332% |  | 99*,*2682% |
| Two-Class Average Perceptron | 85*,*7768% | 85*,*7768% | 85*,*7768% |  | 97*,*4502% |
| Gaussian Naive Base - with GA | 80*,*3004% | 80*,*3004% | 80*,*3004% |  | 98*,*8013% |
| DANet | 19*,*9691% | 19*,*7899% | 19*,*7899% |  | 99*,*9823% |

0

,0000%

,0000%

10

,0000%

20

,0000%

30

40

,0000%

,0000%

50

,0000%

60

,0000%

70

80

,0000%

90

,0000%

100,0000

%

Two-Class

Support

Vector

Machine

Two-Class

Boosted

Decision

Tree

Two-Class

Decision

Forest

Two-Class

Neural

Network

Two-Class

Average

Perceptron

Gaussian

Naive Base

-

with GA

DANet

Dokładność

**Rys. 7.7.** Dokładność algorytmów

Źródło: Opracowanie własne

### Precyzja

Najlepszy wynik precyzji dla danych testowych uzyskał algorytm *Two-Class Neural Network* (85*,*9776%). Najgorszy wynik uzyskał algorytm *Two-Class Support Vector Machine* (80*,*3003%). Dla próby treningowej najlepszy wynik uzyskał *Two-Class Boosted Decision Tree* (100%), a najgorszy *Two-Class Average Perceptron* (94*,*5%). Wyniki precyzji dla poszczególnych prób zostały przedstawione w **tabeli 7.5** oraz na wykresie **wykresie 7.8**.

**Tabela 7.5.** Wynik precyzji algorytmów.

Kolorem zielonym określono najlepszy wynik w kolumnie. Kolorem czerwonym określono najgorszy wynik w kolumnie.

Źródło: Opracowanie własne

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | **Wynik precyzji** | | |  | | |
| **Algorytm** | | **Próba 1** | **Próba 2** | **Próba 3** |  | **Próba testowa** | |
| Two-Class Support Vector Machine | | 80*,*3003% | 80*,*3003% | 80*,*3003% |  | 99*,*8742% | |
| Two-Class Boosted Decision Tree | | 83*,*5016% | 83*,*5016% | 83*,*5016% |  | 100*,*0000% | |
| Two-Class Decision Forest | | 82*,*6752% | 82*,*6752% | 82*,*6752% |  | 99*,*9908% | |
| Two-Class Neural Network | | 85*,*9776% | 85*,*9776% | 85*,*9776% |  | 99*,*8972% | |
| Two-Class Average Perceptron | | 84*,*9806% | 84*,*9806% | 84*,*9806% |  | 94*,*5000% | |
| Gaussian Naive Base - with GA | | 85*,*7768% | 80*,*3004% | 80*,*3004% |  | 99*,*8531% | |
| DANet | | 82*,*7536% | 85*,*9516% | 85*,*9516% |  | 99*,*9887% | |
| Precyzja  87,0000%   |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | |  |  |  | | | |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |   86,0000%  85,0000%  84,0000%  83,0000%  82,0000%  81,0000%  80,0000%  79,0000%  78,0000%  77,0000%  Two-Class Two-Class Two-Class Two-Class Two-Class Gaussian DANet  Support Boosted Decision Neural Average Naive Base Vector Decision Forest Network Perceptron - with GA Machine Tree | | | | | |

**Rys. 7.8.** Precyzja algorytmów

Źródło: Opracowanie własne

### Czułośc

Najlepszy wynik czułości dla danych testowych uzyskał algorytm *Gaussian Naive Base - with GA* (100*,*00%). Najgorszy wynik uzyskał algorytm *DANet* (0*,*4239%). Dla próby treningowej najlepszy wynik uzyskał *Two-Class Boosted Decision Tree* oraz *Two-Class Decision Forest* (100%), a najgorszy *Gaussian Naive Base - with GA* (97*,*3741%). Wyniki czułości dla poszczególnych prób zostały przedstawione w **tabeli 7.6** oraz na wykresie **wykresie 7.9**.

**Tabela 7.6.** Wynik czułości algorytmów.

Kolorem zielonym określono najlepszy wynik w kolumnie. Kolorem czerwonym określono najgorszy wynik w kolumnie.

Źródło: Opracowanie własne

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | **Wynik czułości** | | |  | | |
| **Algorytm** | | **Próba 1** | **Próba 2** | **Próba 3** |  | **Próba testowa** | |
| Two-Class Support Vector Machine | | 99*,*9998% | 99*,*9998% | 99*,*9998% |  | 99*,*9335% | |
| Two-Class Boosted Decision Tree | | 99*,*5563% | 99*,*5563% | 99*,*5563% |  | 100*,*0000% | |
| Two-Class Decision Forest | | 99*,*9996% | 99*,*9996% | 99*,*9996% |  | 100*,*0000% | |
| Two-Class Neural Network | | 96*,*7705% | 96*,*7705% | 96*,*7705% |  | 98*,*4107% | |
| Two-Class Average Perceptron | | 99*,*9531% | 99*,*9531% | 99*,*9531% |  | 99*,*9253% | |
| Gaussian Naive Base - with GA | | 100*,*0000% | 100*,*0000% | 100*,*0000% |  | 97*,*3741% | |
| DANet | | 0*,*4239% | 0*,*1343% | 0*,*1343% |  | 99*,*9703% | |
| Czułość   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   100%  90%  80%  70%  60%  50%  40%  30%  20%  10%  0%  Two-Class Two-Class Two-Class Two-Class Two-Class Gaussian DANet  Support Boosted Decision Neural Average Naive Base Vector Decision Forest Network Perceptron with GA Machine Tree | | | | | |

**Rys. 7.9.** Czułość algorytmów

Źródło: Opracowanie własne

### F1

Najlepszy wynik F1 dla danych testowych uzyskał algorytm *Two-Class Average Perceptron* (91*,*8606%). Najgorszy wynik uzyskał algorytm *DANet* (0*,*8434%). Dla próby treningowej najlepszy wynik uzyskał *Two-Class Boosted Decision Tree* (100%), a najgorszy *Two-Class Average Perceptron* (97*,*1370%). Wyniki precyzji dla poszczególnych prób zostały przedstawione w **tabeli 7.7** oraz na wykresie **wykresie 7.10**.

**Tabela 7.7.** Wynik F1 algorytmów.

Kolorem zielonym określono najlepszy wynik w kolumnie. Kolorem czerwonym określono najgorszy wynik w kolumnie.

Źródło: Opracowanie własne

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Wynik F1** | | |  | |
| **Algorytm** | **Próba 1** | **Próba 2** | **Próba 3** |  | **Próba testowa** |
| Two-Class Support Vector Machine | 89*,*0739% | 89*,*0739% | 89*,*0739% |  | 99*,*9038% |
| Two-Class Boosted Decision Tree | 90*,*8249% | 90*,*8249% | 90*,*8249% |  | 100*,*0000% |
| Two-Class Decision Forest | 90*,*5159% | 90*,*5159% | 90*,*5159% |  | 99*,*9954% |
| Two-Class Neural Network | 91*,*0553% | 91*,*0553% | 91*,*0553% |  | 99*,*1484% |
| Two-Class Average Perceptron | 91*,*8608% | 91*,*8608% | 91*,*8608% |  | 97*,*1370% |
| Gaussian Naive Base - with GA | 89*,*0740% | 89*,*0740% | 89*,*0740% |  | 98*,*5980% |
| DANet | 0*,*8434% | 0*,*2682% | 0*,*2682% |  | 99*,*9795% |

%

0

%

10

%

20

%

30

%

40

50

%

%

60

%

70

%

80

%

90

%

100

Two-Class

Support

Vector

Machine

Two-Class

Boosted

Decision

Tree

Two-Class

Decision

Forest

Two-Class

Neural

Network

Two-Class

Average

Perceptron

Gaussian

Naive Base -

with GA

DANet

F1

**Rys. 7.10.** F1 algorytmów

Źródło: Opracowanie własne

### AUC

Najlepszy wynik precyzji dla danych testowych uzyskał algorytm *Two-Class AveragePerceptron* (79*,*1892%). Najgorszy wynik uzyskał algorytm *Two-Class Support Vector Machine* (49*,*999%). Dla próby treningowej najlepszy wynik uzyskał *Two-Class Boosted Decision Tree* oraz *Two-Class Decision Forest* (100%), a najgorszy *Gaussiaon Naive Base - with GA* (99*,*9437%). Wyniki precyzji dla poszczególnych prób zostały przedstawione w **tabeli 7.8** oraz na wykresie **wykresie 7.11**.

**Tabela 7.8.** Wynik AUC algorytmów.

Kolorem zielonym określono najlepszy wynik w kolumnie. Kolorem czerwonym określono najgorszy wynik w kolumnie.

Źródło: Opracowanie własne

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | **Wynik AUC** | | |  | | |
| **Algorytm** | | **Próba 1** | **Próba 2** | **Próba 3** |  | **Próba testowa** | |
| Two-Class Support Vector Machine | | 49*,*9999% | 49*,*9999% | 49*,*9999% |  | 99*,*9974% | |
| Two-Class Boosted Decision Tree | | 69*,*9089% | 69*,*9089% | 69*,*9089% |  | 100*,*0000% | |
| Two-Class Decision Forest | | 63*,*5244% | 63*,*5244% | 63*,*5244% |  | 100*,*0000% | |
| Two-Class Neural Network | | 72*,*1864% | 72*,*1864% | 72*,*1864% |  | 99*,*9867% | |
| Two-Class Average Perceptron | | 79*,*1892% | 79*,*1892% | 79*,*1892% |  | 99*,*9808% | |
| Gaussian Naive Base - with GA | | 50*,*0000% | 50*,*0000% | 50*,*0000% |  | 99*,*9437% | |
| DANet | | 50*,*4435% | 76*,*7282% | 76*,*7282% |  | 99*,*9993% | |
| Auc  100% 90%   |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | |  | | | | | | | | | |  | | |  |  | | | | | |  | | |  |  | | | | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   80%  70%  60%  50%  40%  30%  20%  10%  0%  Two-Class Two-Class Two-Class Two-Class Two-Class Gaussian DANet  Support Boosted Decision Neural Average Naive Base Vector Decision Forest Network Perceptron with GA Machine Tree | | | | | |

**Rys. 7.11.** AUC algorytmów

Źródło: Opracowanie własne

## Analiza wyników

Wszystkie poniższe testy statystyczne zostały wykonane dla założeń z **tabel 7.9**:

**Tabela 7.9.** Założenia wykorzystywane do analizy statystycznej danych

Źródło: Opracowanie własne

|  |  |
| --- | --- |
| **Założenie** | **Wartość** |
| Przedział ufności | 95% |
| *α* | 0*,*05 |
| Liczba elementów | 7 |

### Hipoteza *H*0: Nie ma istotnej różnicy pomiędzy wynikami

#### ”dopasowania” próby testowej i treningowej

Wykorzystując statystyczny test t Studenta dla prób zależnych dla danych z **tabeli 7.4** oraz założenia z **tabeli 7.9** określono, że wartość *p* − *value* = 0*,*0163. Oznacza to, że zmienna *p* − *value < α*, dzięki czemu można odrzucić hipotezę *H*0. Wyniki tej analizy określają, że widać istotne różnice pomiędzy danymi z próby testowej i treningowej. Największą różnicę widać w rezultacie algorytmu *DANet*, który uzyskał w próbie testowej 19*,*9691% dopasowania, a w próbie treningowej 99*,*9823%.

### Hipoteza *H*0: Nie ma istotnej różnicy pomiędzy wynikami

#### ”dopasowania” prób testowych

Za pomocą testu t Studenta dla prób zależnych określono porównano dane w próbach testowych z **tabeli 7.4**. Uzyskane wyniki, przedstawione w **tabeli 7.10**, pozwalają zachować Hipotezę *H*0, stwierdzającą, że pomiędzy danymi w poszczególnych próbach testowych nie ma istotnych różnic.

**Tabela 7.10.** Wyniki testu t Studenta dla poszczególnych prób testowych

Źródło: Opracowanie własne

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *H*0 Brak istotnych różnic między wynikami dla *α* = 0*,*05 | | |
| **Relacja** | **P-value** | **Rezultat** |
| Próba 2 ↔ Próba 3 | 0*,*5 *> α* | Brak istotnych różnic |
| Próba 2 ↔ Próba 1 | 0*,*5 *> α* | Brak istotnych różnic |
| Próba 3 Próba 1 | 0*,*5 *> α* | Brak istotnych różnic |

↔

### Hipoteza *H*0: Wynik dopasowania algorytmów nie przekracza

#### dolnej granicy przedziału ufności

Przedział ufności dla dokładności algorytmów wyniósł 17*,*7218 dla *α* = 0*.*05. Biorąc pod uwagę ten fakt można stwierdzić, że dokładność algorytmu DANet jest poniżej dolnej granicy. Dolna granica przedziału ufności wynosi 56*,*2925%, zaś DANet uzyskał 19*,*9691% oraz poprawnie zaklasyfikował jedynie 565273 wpisów. Oznacza to, że można odrzucić *H*0, ponieważ jeden algorytm przekracza dolny próg granicy ufności

## Wnioski

Microsoft Wyszedł na przeciw potrzebom użytkowników dlatego przygotował zestaw prekonfigurowanych algorytmów klasyfikacyjnych, dzięki czemu możliwości narzędzia Azure ML pozwalają na odpowiadanie na konkretne potrzeby przy relatywnie niewielkich kosztach. Jednakże to nie oznacza, że tworzenie autorskich rozwiązań mija się z celem. Jak ukazano na **wykresie 7.6** autorskie rozwiązania również mają rację bytu. Wykorzystanie połączenia algorytmu genetycznego i klasyfikatora naiwnego Bayesa z rozkładem normalnym pozwala na uzyskanie zbliżonych wyników co algorytmu utworzone przez giganta technologicznego. Różnica około 5 punktó procentywych między najlepszym algorytmem a algorytmem GAGNB ukazuje niewielką różnicę w jakości algorytmu. Dodatkowo wciąż trudno korzysta się z rozwiązań takich jak DANet, któe są nieprzetestowe na różnorakich zbiorach lecz na tych wcześniej specjalnie spreparowanych.

Dodatkowo korzystanie z tego typu prostych rozwiązań autorskich pozwala na prototypownierozwiązańbiznesowychopartycho klasyfikacjędanych.Samowykorzystanie algorytmu genetycznego z algorytmem GNB umożliwia skupienie się na tworzenie ugólnego rozwiązania bez wcześniejszej znajomości zbioru oraz korzystając z programów lokalnie nie ponosząc kosztów wykorzystania platformy chmurowej. Kolejnym atutem utworzonego przez autora rozwiązania jest zmniejszenie kosztów lokalnego użytkowania poprzez zmniejszenie wymiarowości zbioru danych do klasyfikacji poprzez wykorzystanie jedynei wytypowanych kolumn.

Doświadczenie to ukazuje, że wciąż należy próbować tworzyć wydajniejsze i dokładniejsze rozwiązania, lecz nie zaprzecza faktu iż rozwiązania ogólnie dostępne są na bardzo wysokim poziomie. Uzyskano dokładność z zakresu [80%*,*85%] przy czym plik testowy był 12 krotnie większy od pliku treningowego.

# Perspektywy rozwoju

Stworzony projekt jest jedynie silnikiem klasyfikacyjnym, który pozwala na wytrenowanie i wyłonienie najlepszego algorytmu do klasyfikacji danych. Dzięki możliwościom platformy Azure ML stworzenie całego środowiska testowego jest relatywnie tanie i nie wymaga wielu wyspecjalizowanych umiejętności. Bazując na wynikach i najlepszym klasyfikatorze, można utworzyć odpowiednie Przepływy służące do klasyfikacji danych wejściowych, do których dostęp może odbywać się za pomocą utworzonych Punktów Dostępowych (*(*)ang. Endpoints), a dzięki którym możliwa jest komunikacja za pomocą protokołu HTTPS *(ang. Hyper Text Transfer Protocol Secure)* i komunikacji typu REST *(ang. Representative State Transfer)*.

Utworzony w ten sposób punkt dostępu może zostać wykorzystany w klasyfikacji ruchu sieciowego w niewielkich aplikacjach z dostępem do internetu. Pozwoliłoby to na realizację analizy danych w chmurze, co mogłoby przyspieszyć cały proces oraz utworzyć pojedyncze źródło prawdy dla wielu instancji aplikacji. A wykorzystanie dodatkowo konteneryzacji, którą zapewnia platforma Azure, cały proces mógłby zostać zoptymalizowany pod kątem wydajnościowym i lokalizacyjnym. Pojedyncze źródło prawdy jest zaletą wykorzystania ”*zewnętrznego*” klasyfikatora, ponieważ zapewnia jednakowe wyniki klasyfikacji w poszczególnych instancjach samej aplikacji instalowanej na wielu urządzeniach. Pozwala to również na lepsze dostrajanie całego procesu, a wykorzystanie kolejnych wersji przepływów umożliwia utrzymywanie kopii zapasowych poszczególnych rozwiązań, dzięki czemu po wykryciu nieprawidłowości w nowych klasyfikacjach, można cofnąć proces do poprzedniej wersji.

**Wykaz rysunków**

2.1 Graficzne przedstawienie podziałów sztucznej inteligencji . . . . . . . . . 9

2.2 Podział uczenia maszynowego . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 10

2.3 Uczenie nadzorowane . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 11

2.4 Uczenie nienadzorowane . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 11

2.5 Uczenie przez wzmocnienie . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 12

2.6 Schemat neuronu . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 13

2.7 Schemat sieci neuronowej . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 14

2.8 Schemat prostej głębokiej sieci neuronowej . . . . . . . . . . . . . . . . . 15

4.1 PowerApps od Microsoft . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 19

4.2 Wordpress.com . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 19

5.1 Schemat podziału usług MS Azure . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 24

6.1 Schemat przebiegu doświadczenia . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 27

6.2 Potok zadań . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 29

6.5 Potok zadań dla modelu *Two-Class Decision Forest* . . . . . . . . . . . . . 32

6.6 Potok zadań dla modelu *Two-Class Neural Network* . . . . . . . . . . . . . 33

6.7 Potok zadań dla modelu *Two-Class Average Perceptron* . . . . . . . . . . . 34

6.8 Potok zadań dla modelu . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 35

7.1 Potok normalizacji danych . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 38

7.2 Potok zadań dla algorytmów klasyfikacyjnych . . . . . . . . . . . . . . . . 39

7.3 Potok zadań dla algorytmów klasyfikacyjnych . . . . . . . . . . . . . . . . 40

7.4 Moduły odpowiedzialne za przetwożenie wyników . . . . . . . . . . . . . 40

7.5 Wyniki testów algorytmów klasyfikacyjnych na danych treningowych . . . 42

7.6 Wyniki testów algorytmów klasyfikacyjnych na danych testowych . . . . . 44

7.7 Dokładność algorytmów . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 46

7.8 Precyzja algorytmów . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 47

7.9 Czułość algorytmów . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 48

7.10 F1 algorytmów . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 49

7.11 AUC algorytmów . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 50

**Wykaz tabel**

1. Tabela skrótów . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 4

1.1 Założenia techniczne pracy dyplomowej . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 8

3.1 Macierz pomyłek . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 17

* 1. Metodologia badawcza . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 37
  2. Liczba elementów przynależących do danej klasy w zniorze treningowym . 41
  3. Liczba elementów przynależących do danej klasy w zbiorze testowym . . . 43
  4. Wynik dopasowania algorytmów. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 45
  5. Wynik precyzji algorytmów. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 46
  6. Wynik czułości algorytmów. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 47
  7. Wynik F1 algorytmów. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 48
  8. Wynik AUC algorytmów. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 49
  9. Założenia wykorzystywane do analizy statystycznej danych . . . . . . . . . 50
  10. Wyniki testu t Studenta dla poszczególnych prób testowych . . . . . . . . 51

**56**

**Bibliografia**

1. Microsoft. „*Microsoft Machine Learning Studio (classic)*”. 2022. URL: *https://studio. azureml.net/* (term. wiz. 2023-09-01).
2. ThePandasdevelopmentteam.„*pandas-dev/pandas:Pandas*”.Lut.2019.DOI:*9.5281/ zenodo.3509134*. URL: *https://doi.org/9.5281/zenodo.3509134*.
3. Wes McKinney. „*Data Structures for Statistical Computing in Python*”. W: *Proceedings of the 9th Python in Science Conference*. 2010, s. 56–61. DOI: *10.25080/ majora-92bf1922-00a*.
4. UNB. „*CICIDS2017 | Kaggle*”. URL: *https://www.kaggle.com/datasets/cicdataset/ cicids2017* (term. wiz. 2023-09-01).
5. Oxford University Press. „*intelligence, n., sense 1*”. W: *Oxford English Dictionary*. Lip. 2023. DOI: *10.1093/OED/3757635879*.
6. „*Artificial Intelligence in Science*”. OECD, czer. 2023. DOI: *10.1787/a8d820bd-en*.
7. Batta Mahesh. „*Machine Learning Algorithms-A Review*”. W: *International Journal of Science and Research* (2018). ISSN: 2319-7064. DOI: *10.21275/ART20203995*.
8. Satavisa Pati. „*The Difference Between Artificial Intelligence and Machine Learning*”. W: *Emerj* Ml (2018), s. 3–8.
9. Chun Zhang i in. „*Semi-supervised behavioral learning and its application*”. W: *Optik* 127.1 (2016), s. 376–382. ISSN: 00304026. DOI: *10.1016/j.ijleo.2015.10.089*.
10. Robert Koch. „*History of Machine Learning – A Journey through the Timeline*”. 2022. URL: *https://www.clickworker.com/customer-blog/history-of-machine-learning/* (term. wiz. 2023-09-02).
11. Alexander L. Fradkov. „*Early history of machine learning*”. W: *IFAC-PapersOnLine*. T. 53. 2. Elsevier, sty. 2020, s. 1385–1390. DOI: *10.1016/j.ifacol.2020.12.1888*.
12. Austin Pollard. „*What are neural networks?*” 1990. DOI: *10.1108/eb007822*. URL: *https://www.ibm.com/topics/neural-networks*.
13. Karolina Bartos. „*SIEĆ SOM JAKO PRZYKŁAD SIECI SAMOORGANIZUJACEJ*

*SI*”. W: (2012). ISSN: 1507-3866.

1. Algolytics. „*Jak ocenić jakość i poprawność modeli klasyfikacyjnych ? Czść 4Krzywa ROC*”. URL: *https://algolytics.pl/tutorial-jak-ocenic-jakosc-i-poprawnoscmodeli-klasyfikacyjnych-czesc-4-krzywa-roc/* (term. wiz. 2023-09-04).
2. Wordpress. „*WordPress.com: Build a Site, Sell Your Stuff* ”. 2023. URL: *https : / / wordpress.com/* (term. wiz. 2023-09-04).
3. JoomlaORG. „*Joomla! - Content Management System to build websites*”. 2021. URL:

*https://www.joomla.org/%20https://www.joomla.org/about-joomla.html* (term. wiz. 2023-09-04).

1. Wix. „*Free website builder | Create a free website*”. 2016. URL: *https://www.wix.com/* (term. wiz. 2023-09-04).
2. Microsoft. „*PowerApps*”. 2023. URL: *https://guidedtour.microsoft.com/guidedtour/ scenarios/power-apps/2.2.png* (term. wiz. 2023-09-04).
3. Wordpress. „*Playground Demo*”. 2023. URL: *https : / / developer . wordpress . org / playground/demo/* (term. wiz. 2023-09-04).
4. Alexander C. Bock i Ulrich Frank. „*Low-Code Platform*”. W: *Business and Information Systems Engineering* 63.6 (grud. 2021), s. 733–740. ISSN: 18670202. DOI: *10.1007/S12599-021-00726-8/FIGURES/1*.
5. Martin Hirzel. „*Low-Code Programming Models*”. W: (maj 2022). arXiv: *2205.02282*.
6. Microsoft. „*Co to jest usługa Power Apps? - Power Apps | Microsoft Learn*”. URL:

*https://learn.microsoft.com/pl-pl/power-apps/powerapps-overview* (term. wiz. 2023-09-05).

1. Microsoft. „*Omówienie tworzenia aplikacji kanw - Power Apps | Microsoft Learn*”. URL: *https://learn.microsoft.com/pl-pl/power-apps/maker/canvas-apps/gettingstarted* (term. wiz. 2023-09-05).
2. Microsoft. „*Omówienie tworzenia aplikacji opartej na modelu z Power Apps - Power Apps | Microsoft Learn*”. URL: *https://learn.microsoft.com/pl-pl/power-apps/maker/ model-driven-apps/model-driven-app-overview* (term. wiz. 2023-09-05).
3. Microsoft. „*Omówienie kart dla usługi Power Apps - Power Apps | Microsoft Learn*”. URL: *https://learn.microsoft.com/pl-pl/power-apps/cards/overview* (term. wiz. 2023-09-05).
4. AmazonQuickSight. „*Business Intelligence Service – Amazon QuickSight – AWS*”. URL: *https://aws.amazon.com/quicksight/* (term. wiz. 2023-09-05).
5. GoogleAppSheet. „*Google AppSheet | Build apps with no code*”. URL: *https://about. appsheet.com/home/* (term. wiz. 2023-09-05).
6. Abandy Roosevelt. „*History of Microsoft Azure*”. 2022. URL: *https://techcommunity. microsoft.com/t5/educator-developer-blog/the-history-of-microsoft-azure/ba-p/ 3574204%20https://techcommunity.microsoft.com/t5/educator-developer-blog/thehistory-of-microsoft-azure/ba-p/3574204#* (term. wiz. 2023-09-08).
7. Microsoft Azure. „*Poznaj platform Azure*”. URL: *https://azure.microsoft.com/plpl/explore/* (term. wiz. 2023-09-06).
8. Datashift. „*Microsoft Azure*”. URL: *https : / / www . datashift . eu / technology / microsoft - azure ? fbclid = IwAR262r9Kdc0oeF1I8PmCmCuu - P6 -*

*5VSHnoKfPvjTJTsEmOkIgmVmfSuuIS8* (term. wiz. 2023-09-08).

1. Datashift. „*MS Azure.png*”. URL: *https://cdn.nimbu.io/s/znvdo1j/pages/8g7p2fo/MS% 20Azure.png?33zmiw4* (term. wiz. 2023-09-08).
2. Microsoft Azure. „*Infrastruktura globalna*”. URL: *https://azure.microsoft.com/plpl/explore/global-infrastructure/* (term. wiz. 2023-09-06).

**58**

1. Microsoft Azure. „*Azure global infrastructure experience*”. URL: *https://datacenters. microsoft.com/globe/explore* (term. wiz. 2023-09-08).
2. Microsoft Azure. „*Azure global infrastructure experience*”. URL: *https://datacenters. microsoft.com/globe/explore?info=region\_polandcentral* (term. wiz. 2023-09-08).
3. Microsoft Azure. „*Azure Machine Learning — uczenie maszynowe jako usługa*”. URL:

*https : / / azure . microsoft . com / pl - pl / products / machine - learning* (term. wiz. 2023-09-08).

1. Bartosz Błyszcz. „*Wykorzystanie algorytmów genetycznych w systemach wykrywania intruzów w sieciach komputerowych*”. Praca Inżynierska. Kraków: Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, wrz. 2022.
2. Jintai Chen i in. „*DANETs: Deep Abstract Networks for Tabular Data Classification and Regression*”. W: *Proceedings of the 36th AAAI Conference on Artificial Intelligence, AAAI 2022*. T. 36. Association for the Advancement of Artificial Intelligence, grud. 2022, s. 3930–3938. ISBN: 1577358767. DOI: *10.1609/aaai.v36i4. 20309*. arXiv: *2112.02962*.
3. Ahlashkari. „*GitHub - ahlashkari/CICFlowMeter: CICFlowmeter-V4.0 (formerly known as ISCXFlowMeter) is an Ethernet traffic Bi-flow generator and analyzer for anomaly detection that has been used in many Cybersecurity datsets such as Android Adware-General Malware datas*”. 2022. URL: *https://github.com/ahlashkari/ CICFlowMeter* (term. wiz. 2023-09-11).
4. Iman Sharafaldin, Arash Habibi Lashkai i Ali A Ghorbani. „*IDS 2017 | Datasets | Research | Canadian Institute for Cybersecurity | UNB*”. 2018. URL: *https://www.unb. ca/cic/datasets/ids-2017.html* (term. wiz. 2023-09-01).
5. Microsoft Learn. „*Create compute clusters - Azure Machine Learning | Microsoft Learn*”. 2023. URL: *https://learn.microsoft.com/en-us/azure/machine-learning/howto-create-attach-compute-cluster?view=azureml-api-2&tabs=python* (term. wiz. 2023-09-11).
6. IBM. „*Sposób działania algorytmu SVM - IBM Documentation*”. URL: *https://www.*

*ibm.com/docs/pl/spss-modeler/saas?topic=models-how-svm-works* (term. wiz. 2023-09-13).

1. Statsoft. „*SVMIntro3.gif (obraz GIF, 358×131 pikseli)*”. URL: *https://www.statsoft.pl/ textbook/graphics/SVMIntro3.gif* (term. wiz. 2023-09-13).
2. LightGBM. „*Features — LightGBM 4.0.0 documentation*”. URL: *https://lightgbm. readthedocs.io/en/stable/Features.html* (term. wiz. 2023-09-16).
3. Google. „*Lasy decyzyjne | Machine Learning | Google for Developers*”. URL: *https: //developers.google.com/machine-learning/decision-forests/intro-to-decisionforests-real?hl=pl* (term. wiz. 2023-09-16).
4. Suvres2023. „*GitHub - Suvres/gnb-gp: comparison of GNB with GNB-GA*”. URL: *https://github.com/Suvres/gnb-gp* (term. wiz. 2023-09-15).
5. Danet. „*GitHub - WhatAShot/DANet: DANets (a family of neural networks) for tabular data classification/ regression.*” URL: *https : / / github . com / WhatAShot / DANet* (term. wiz. 2023-09-01).