



**POLITECHNIKA ŚLĄSKA**  
**WYDZIAŁ AUTOMATYKI, ELEKTRONIKI I INFORMATYKI**

**Praca dyplomowa inżynierska**

Tworzenie muzyki za pomocą sztucznych sieci neuronowych

autor: Grzegorz Kazana

kierujący pracą: dr inż. Grzegorz Baron

Gliwice, listopad 2019



## Oświadczenie

Wyrażam zgodę / Nie wyrażam zgody\* na udostępnienie mojej pracy dyplomowej / rozprawy doktorskiej\*.

Gliwice, dnia 24 listopada 2019

.....  
(podpis)

.....  
(poświadczenie wiarygodności  
podpisu przez Dziekanat)

\* podkreślić właściwe



## Oświadczenie promotora

Oświadczam, że praca „Tworzenie muzyki za pomocą sztucznych sieci neuronowych” spełnia wymagania formalne pracy dyplomowej inżynierskiej.

Gliwice, dnia 24 listopada 2019

.....  
(podpis promotora)



# Spis treści

<b>1</b>	<b>Wstęp</b>	<b>1</b>
1.1	Cel i zastosowania . . . . .	2
1.2	Zakres pracy . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Analiza tematu</b>	<b>3</b>
2.1	Wprowadzenie do dziedziny . . . . .	3
2.2	Założenia . . . . .	4
2.3	Przegląd literatury . . . . .	5
2.4	Odniesienie do istniejących prac . . . . .	5
2.5	Opis narzędzi . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Wymagania i narzędzia</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Specyfikacja zewnętrzna</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>Specyfikacja wewnętrzna</b>	<b>11</b>
<b>6</b>	<b>Weryfikacja i walidacja</b>	<b>13</b>
<b>7</b>	<b>Podsumowanie i wnioski</b>	<b>15</b>
<b>8</b>	<b>Test</b>	<b>17</b>
8.1	test . . . . .	17
8.1.1	test . . . . .	18
8.1.2	test . . . . .	18





# Rozdział 1

## Wstęp

Współczesne zastosowania metod uczenia maszynowego są bardzo szerokie. Z pośród niezliczonej ilości problemów praktycznie niemożliwych do rozwiązania podejściami klasycznymi, duża część zostaje rozwiązana z wykorzystaniem szerokiej gamy algorytmów oraz modeli uczenia.

Zadania stawiane przed systemami sztucznej inteligencji można podzielić między innymi na problemy:

- klasyfikacji - polegające na przypisaniu przykładu do określonej kategorii, np. rozpoznawanie obiektów na obrazie
- grupowania - polegające na wyodrębnieniu przypadków o podobnych cechach lub współwystępujących, np. systemy sugerujące przedmioty w sklepach internetowych
- regresji - polegające na oszacowaniu wartości ciągłej dla poszczególnych przykładów, np. przewidywanie cen produktów.

Pomimo doniosłości oraz znaczenia zastosowań powyższych zagadnień, nie można w nich dostrzec przejawów kreatywności. Jednym z problemów, w którym można doszukiwać się inwencji jest tworzenie muzyki.

## 1.1 Cel i zastosowania

Celem pracy jest analiza i porównanie wyników różnych podejść do obróbki plików muzycznych oraz sposobów syntezy próbek z wykorzystaniem metod uczenia maszynowego.

Pomimo że praca ma charakter badawczo-eksperymentatorski, opracowane metody oraz ich wyniki mogą potencjalnie znaleźć zastosowanie w zadaniach ekstrakcji stylu, augmentacji istniejących zbiorów danych, lub w optymistycznym scenariuszu jako narzędzie wspierające proces twórczy muzyków.

## 1.2 Zakres pracy

Do zadań autora pracy należy

- dobór zbioru danych
- dobór, implementacja i analiza metod przetwarzania plików muzycznych
- dobór i parametryzacja architektury modelu uczenia maszynowego
- wykorzystanie przygotowanych danych w procesie uczenia i syntezy nowych próbek
- ocena uzyskanych wyników

# Rozdział 2

## Analiza tematu

Celem zadania doboru i analizy metod obróbki plików muzycznych jest przekształcenie danych do postaci użytecznej przez algorytmy uczenia maszynowego. Do istotnych aspektów tego kroku należy między innymi stopień kompresji danych, sposób wyrażania relacji między przykładami, możliwość bezstratnej transformacji odwrotnej.

Zadanie generowania muzyki polega na ekstrakcji pewnych cech charakterystycznych przykładowych utworów, np. stylu konkretnego artysty, i wykorzystaniu ich przy syntezie tworzonych próbek.

### 2.1 Wprowadzenie do dziedziny

Jedną z najbardziej rozpowszechnionych metod uczenia maszynowego jest zastosowanie sieci neuronowych. Zaproponowane w latach czterdziestych i rozwijane w drugiej połowie XX wieku, sztuczne sieci neuronowe czerpią inspirację z sposobu funkcjonowania ludzkiego mózgu zbudowanego z komórek nerwowych - neuronów. Połączenia między komórkami są modelowane poprzez wagi, reprezentujące siłę połączenia, a zjawisko aktywacji komórek w sieci poprzez operację ważonej sumy informacji z połączonych neuronów oraz ich wag. W latach siedemdziesiątych opracowano algorytm uczenia sztucznych sieci z powodzeniem wykorzystywany do dziś - propagację wsteczną. Metoda ta polega na minimalizacji błędu predykcji poprzez regulację wag w oparciu o pochodną funkcji błędu. Zastosowania sieci neuronowych

są szerokie, co potwierdza twierdzenie stanowiące o ich możliwości aproksymacji dowolnej funkcji ciągłej w zamkniętym przedziale.

Mimo tego, że ta metoda uczenia maszynowego jest znana od wielu dekad, dopiero w ostatnich latach przeżywa swoisty renesans spowodowany wzrostem dostępnej mocy obliczeniowej oraz możliwością zastosowania w procesie uczenia kart graficznych znacząco przyspieszających równoległe operacje matematyczne.

Ponieważ dane reprezentujące muzykę mają postać sekwencji rozłożonej w czasie, konieczne jest wykorzystanie sieci mających możliwość agregacji stanu tj. posiadające pamięć. Sieciami spełniającymi powyższy warunek są modele należące do grupy rekurencyjnych sieci neuronowych. Najprostszym przykładem rekurencyjnej sieci neuronowej jest sieć na której wejście przekazywany jest również stan wyjść z analizy poprzedniego elementu sekwencji. Niestety, taka architektura jest narażona na wiele problemów, takich jak trudność tworzenia powiązań pomiędzy odległymi elementami sekwencji oraz znikający gradient.

Architekturą rozwiązującą powyższe problemy jest zasugerowana przez XXXXXX architektura Long short-term memory network (LSTM). Kosztem jej większych możliwości jest zwielokrotnienie ilości parametrów, co może przekładać się na dłuższy czas uczenia.

## 2.2 Założenia

Na potrzeby pracy została przyjęta następująca definicja muzyki:

Muzyką nazywamy ciągi dźwięków tworzące kompozycyjną całość.

Utwory muzyczne można analizować pod wieloma względami, takimi jak:

- rytmiczność - organizacja dźwięków w czasie
- melodyczność - sposób zestawiania następujących dźwięków
- harmonicznosc - spójność i ład występujący między dźwiękami
- dynamika - zróżnicowanie siły dźwięków

W kontekście pracy skupiono się na dwóch aspektach wynikających z powyższej definicji: rytmiczności i tonalności.

## 2.3 Przegląd literatury

## 2.4 Odniesienie do istniejących prac

## 2.5 Opis narzędzi



# Rozdział 3

## Wymagania i narzędzia

- wymagania funkcjonalne
- wymagania niefunkcjonalne
- przypadki użycia (diagramy uml)
- opis narzędzi
- metodyka pracy nad projektowaniem i implementacją





# Rozdział 4

## Specyfikacja zewnętrzna

- wymagania sprzętowe i programowe
- sposób instalacji
- sposób aktywacji
- kategorie użytkowników
- sposób obsługi
- administracja systemem
- kwestie bezpieczeństwa
- przykład działania
- scenariusze korzystania z systemu



# Rozdział 5

## Specyfikacja wewnętrzna

- przedstawienie idei
- architektura systemu
- opis struktur danych
- komponenty, moduły, biblioteki
- przegląd ważniejszych klas
- przegląd ważniejszych algorytmów (własnych)
- szczegóły implementacji ważniejszych fragmentów
- diagramy uml
- zastosowane wzorce projektowe



# Rozdział 6

## Weryfikacja i walidacja

- sposób testowania w ramach pracy
- organizacja eksperymentów
- przypadki testowe
- zakres testowania (pełny / niepełny)
- wykryte i usunięte błędy
- opcjonalne wyniki badań eksperymentalnych



# Rozdział 7

## Podsumowanie i wnioski

- uzyskane wyniki w świetle postawionych celów i zdefiniowanych wyżej wymagań
- kierunki ewentualnych dalszych prac (rozbudowa funkcjonalna)
- problemy napotkane w trakcie pracy





# Rozdział 8

## Test

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Sed nunc odio, vulputate at sollicitudin sit amet, facilisis nec mi. Nam tincidunt, urna non facilisis imperdiet, tortor felis vehicula arcu, mattis fringilla elit quam ac enim. Aenean eleifend elit a consequat aliquet. Ut mattis eros eu euismod feugiat. Pellentesque bibendum porta nulla non hendrerit. Mauris tincidunt lectus eget dui placerat semper. Vestibulum ac semper turpis. Aenean vulputate egestas nunc sit amet consequat.

1. Nam egestas, libero eget sodales sodales, enim massa fringilla nulla, vel pharetra leo dui in tellus. Vestibulum sed justo eu quam porta tincidunt.
2. Nam egestas, libero eget sodales sodales, enim massa fringilla nulla, vel pharetra leo dui in tellus. Vestibulum sed justo eu quam porta tincidunt.
3. Nam egestas, libero eget sodales sodales, enim massa fringilla nulla, vel pharetra leo dui in tellus. Vestibulum sed justo eu quam porta tincidunt.

### 8.1 test

Nam egestas, libero eget sodales sodales, enim massa fringilla nulla, vel pharetra leo dui in tellus. Vestibulum sed justo eu quam porta tincidunt. Proin eleifend nulla sem, quis ultricies elit laoreet sed. Nulla venenatis fringilla luctus. Nullam porta turpis sit amet diam volutpat fermentum. Maecenas vehicula fringilla felis at varius.

### 8.1.1 test

Nam egestas, libero eget sodales sodales, enim massa fringilla nulla, vel pharetra leo dui in tellus. Vestibulum sed justo eu quam porta tincidunt. Proin eleifend nulla sem, quis ultricies elit laoreet sed. Nulla venenatis fringilla luctus. Nullam porta turpis sit amet diam volutpat fermentum.

Maecenas vehicula fringilla felis at varius.

### 8.1.2 test

Nam egestas, libero eget sodales sodales, enim massa fringilla nulla, vel pharetra leo dui in tellus. Vestibulum sed justo eu quam porta tincidunt. Proin eleifend nulla sem, quis ultricies elit laoreet sed. Nulla venenatis fringilla luctus. Nullam porta turpis sit amet diam volutpat fermentum. Maecenas vehicula fringilla felis at varius.

# Bibliografia



# Dodatki

