**Aldona Świrad**

Predykcja szeregów czasowych: metody klasyczne i elementy uczenia maszynowego

**Praca dyplomowa inżynierska**

Opiekun pracy:  
dr Ewa Rejwer-Kosińska

Rzeszów, 2024

Spis treści

[Wstęp 4](#_Toc182556548)

[Cel pracy 4](#_Toc182556549)

[Zakres pracy 4](#_Toc182556550)

[2. Wprowadzenie teoretyczne 5](#_Toc182556551)

[2.1 Definicja szeregów czasowych 5](#_Toc182556552)

[2.2 Model ARIMA 5](#_Toc182556553)

1. Wstęp
2. Wprowadzenie teoretyczne
   1. Definicja szeregów czasowych
   2. Model ARIMA
3. Analiza wybranych szeregów czasowych metodami klasycznymi
   1. Analiza – opis, wykresy, zakres zmienności
   2. Dobór modelu
4. Metody uczenia maszynowego dla szeregów czasowych

4.1 Model RNN

4.2 Model LSTM

1. Prognozowanie szeregów czasowych

5.1 Prognozowanie metodą ARIMA

5.2 Prognozowanie metodą LSTM

5.3 Porównanie

1. Podsumowanie
2. Bibliografia
3. Dodatek

# Wstęp

Tekst akapitu.

Tekst akapitu.

## Cel pracy

Celem niniejszej pracy inżynierskiej jest zbadanie i porównanie skuteczności metod analizy szeregów czasowych z wykorzystaniem podejścia klasycznego oraz metod opartych na uczeniu maszynowym, ze szczególnym uwzględnieniem modeli LSTM. Głównym celem jest zastosowanie tych modeli do prognozowania szeregów czasowych oraz ocena ich przydatności w różnych scenariuszach analizy danych czasowych.

## Zakres pracy

1. Przegląd literatury dotyczący klasycznych metod analizy szeregów czasowych, w tym ich definicji, charakterystyki i zastosowań.
2. Zbadanie oraz przedstawienie klasycznych metod analizy oraz predykcji szeregów czasowych.
3. Zbadanie roli uczenia maszynowego w analizie szeregów czasowych, w tym wprowadzenie do podstawowych pojęć i metod uczenia maszynowego oraz omówienie zalet tego podejścia.
4. Przedstawienie modeli RNN, LSTM jako przykładowych modeli uczenia maszynowego do analizy szeregów czasowych, wraz z opisem ich działania, zastosowań i ograniczeń.
5. Porównanie wybranych motod pod kątem ich skuteczności w prognozowaniu szeregów czasowych na podstawie eksperymentów przeprowadzonych na rzeczywistych danych.
6. Analiza i dyskusja uzyskanych wyników, wraz z wnioskami dotyczącymi przydatności poszczególnych modeli w różnych scenariuszach analizy szeregów czasowych.
7. Podsumowanie pracy, wraz z sugestiami dotyczącymi dalszych badań w tej dziedzinie oraz potencjalnych zastosowań praktycznych uzyskanych wyników.

Praca będzie opierać się głównie na analizie literatury naukowej oraz eksperymentach przeprowadzonych na rzeczywistych danych, co umożliwi kompleksowe zbadanie tematu oraz wyciągnięcie trafnych wniosków dotyczących analizy szeregów czasowych za pomocą metod klasycznych i uczenia maszynowego.

# 2. Wprowadzenie teoretyczne

Dodać: (trend, sezonowość, proces stochastyczny, biały szum, def. Parametry, szereg czasowy – parametry, wykresy i rysunki obrazujące szereg czasowy, poprawić wzory)

Wprowadzenie teoretyczne ma na celu przybliżenie podstawowych pojęć związanych z szeregami czasowymi oraz zaprezentowanie jednego z najczęściej wykorzystywanych modeli do ich analizy – modelu ARIMA. Zrozumienie tych pojęć oraz metodologii jest kluczowe do poprawnej analizy danych i prognozowania wartości w przyszłości.

## 2.1 Definicja szeregów czasowych

Szereg czasowy (ang. *time series*) to sekwencja danych uporządkowanych według czasu, zbierana w równych odstępach czasowych, np. dziennie, miesięcznie, rocznie. Każda obserwacja w szeregu czasowym składa się z dwóch elementów: momentu w czasie, do którego się odnosi, oraz wartości zmiennej mierzonej w tym momencie. Przykładami szeregów czasowych mogą być kursy walut, wartości indeksów giełdowych, liczba sprzedanych produktów w danym okresie czy zmiany temperatury w ciągu roku.

Charakterystyczną cechą szeregów czasowych jest to, że ich wartości są zależne od czasu, co oznacza, że kolejność obserwacji ma istotne znaczenie. W praktyce, analiza szeregów czasowych ma na celu identyfikację struktury danych, wyodrębnienie trendów, sezonowości oraz innych wzorców, a także prognozowanie przyszłych wartości na podstawie dostępnych danych historycznych, czy będziemy się zajmować w tej pracy.

Szeregi czasowe mogą być stacjonarne lub niestacjonarne. Szereg stacjonarny charakteryzuje się stałą średnią, wariancją i autokorelacją w czasie, natomiast szereg niestacjonarny może zawierać zmieniające się średnie, wariancje lub inne nieliniowe zależności. Aby skutecznie analizować szeregi czasowe i budować modele prognostyczne, często stosuje się metody przekształcania niestacjonarnych szeregów na stacjonarne.

## 2.2 Model ARIMA

Poprawić ten opis!!!

Model ARIMA (ang. *AutoRegressive Integrated Moving Average*) to jeden z najpopularniejszych modeli stosowanych w analizie szeregów czasowych. Jest to model liniowy, który łączy trzy kluczowe elementy: autoregresję (AR), różnicowanie (I) i średnią ruchomą (MA).

Autoregresja polega na przewidywaniu wartości zmiennej w danym momencie na podstawie wcześniejszych wartości tej samej zmiennej. Model AR(p), gdzie ppp oznacza liczbę opóźnionych obserwacji (lagów), zakłada, że wartość zmiennej zależy od jej wcześniejszych wartości:

Obraz zawierający tekst, Czcionka, zrzut ekranu, algebra

Opis wygenerowany automatycznie

Różnicowanie służy do przekształcania niestacjonarnych szeregów czasowych w stacjonarne, eliminując zmiany trendu lub sezonowości. Model ARIMA(d), gdzie ddd oznacza liczbę różnicowań, odnosi się do stopnia różnicowania, który jest stosowany w celu osiągnięcia stacjonarności. Proces różnicowania polega na obliczeniu różnicy między kolejnymi obserwacjami:



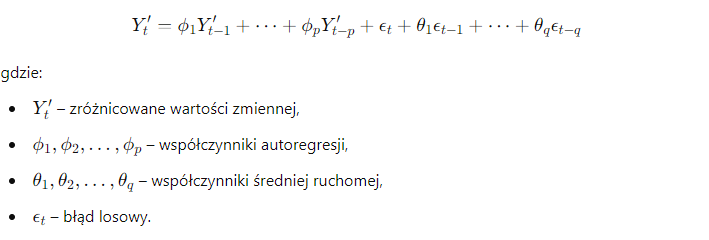
Dzięki temu procesowi eliminowane są długoterminowe trendy i ułatwia to modelowanie fluktuacji w krótszych okresach.

Średnia ruchoma zakłada, że bieżąca wartość zmiennej jest kombinacją poprzednich błędów losowych. Model MA(q), gdzie qqq oznacza liczbę opóźnień błędów losowych, zakłada, że wartość zmiennej w danym momencie zależy od wcześniejszych błędów:

Obraz zawierający tekst, Czcionka, zrzut ekranu, linia

Opis wygenerowany automatycznie

Model ARIMA łączy w sobie powyższe trzy elementy: autoregresję (p), różnicowanie (d) oraz średnią ruchomą (q). Model ten opisuje szereg czasowy za pomocą kombinacji wcześniejszych wartości zmiennej oraz błędów losowych, przy jednoczesnym uwzględnieniu odpowiedniej liczby różnicowań w celu zapewnienia stacjonarności. Ogólna postać modelu ARIMA(p, d, q) wygląda następująco:



Model ARIMA jest szeroko stosowany w prognozowaniu szeregów czasowych ze względu na swoją elastyczność oraz zdolność do modelowania różnych wzorców, takich jak trendy i sezonowość. Jednak dobór odpowiednich wartości parametrów ppp, ddd i qqq wymaga analizy danych oraz testów diagnostycznych, takich jak autokorelacja reszt czy testy stacjonarności (np. test Dickeya-Fullera).

# 4. Metody uczenia maszynowego dla szeregów czasowych

## 4.1 Model RNN

Rekurencyjne sieci neuronowe (RNN, ang. Recurrent Neural Networks) to sieci neuronowe zaprojektowane w ten sposób, aby przetwarzać dane sekwencyjne. Ich charakterystycznym elementem są komórki pamięci. Odróżnia je to od tradycyjnych sieci neuronowych. RNN potrafią „pamiętać” wcześniejsze stany, co jest kluczowe w dalszym podejmowaniu decyzji, np.: jak w przetwarzaniu języka naturalnego, rozpoznawaniu mowy, analizie wideo, czy analizie szeregów czasowych.

Struktura RNN umożliwia rekurencję, co oznacza, że wynik jednej operacji jest wykorzystywany jak wejście dla kolejnej.

Każdy krok czasowy w RNN można opisać jako:

W tym wzorze:

– macierz zawierająca dane wyjściowe w takcie t dla poszczególnego elementu, gdzie m to ilość próbek, a n liczba neuronów

- macierz zawierająca dane wejściowe dla wszystkich przykładów, gdzie n to liczba wejść

– macierz wag dla wejść w danym t

- wag dla danych wyjść z poprzedniego taktu

– wektor o wymiarze będący obciążeniem (*ang. bias*) dla każdego neuronu

W takcie t=0 nie istnieją żadne dane wyjściowe, więc zakłada się, że ich wartość równa jest 0.

Neuron RNN zachowuje pamięć o wartości stanu w poszczególnych taktach w **komórkach pamięci**. Jeden neuron lub warstwa RNN zachowuje w pamięci tylko krótkie sekwencje. Funkcja (*ang. hidden*) określa dane wejściowe w aktualnym kroku czasowym oraz stan z poprzedniego, t.zn.:

Obraz zawierający tekst, diagram, Czcionka, szkic

Opis wygenerowany automatycznie

Neuron można wyobrazić sobie jako zapętlony sam w sobie, czyli działający rekurencyjnie. Można to też przedstawić w postaci rozwijającego się neuronu na kolejne neurony. Ta wizualizacja jest bardziej przejrzysta dla dalszych rozumowań.

Obraz zawierający diagram, tekst, szkic, linia

Opis wygenerowany automatycznie

Modele RNN możemy podzielić na różne rodzaje sieci:

1. Sieć sekwencyjna (*ang. sequence-to-sequence network*)

Dostaje informację i dokonuje predykcji na ciąg kolejnych taktów, np.: podając cenę produktu z N ostatnich dni przewiduje jakie ceny będzie miał w kolejnych dniach (od N-1 do jutra).

1. Sieć sekwencyjno-wektorowa (*ang. sequence-to-vector network*)

Otrzymuje dane i zbierając ich informacje może dac końcowy wynik, np.: zbierając sekwencję zdań można określić , czy są one pozytywne czy negatywne.

1. Sieć wektorowo sekwencyjna (*ang. vector-to-sequence network*)

Stale jest jej przekazywana ta sama informacja na postawie której otrzymujemy wynik, np.: przedstawiamy sygnał dzwiekowy i dostajemy jego opis.

1. Koder-dekoder

Bardziej rozbudowana sieć przetwarzająca część danych na podstawie poprzednich. Stosowana między innymi do przetwarzania języka naturalnego.

Tutaj można wstawić wizualizację opisanych sieci.

Dla modelu RNN, charakterystyczne jest stosowanie BPTT (*ang. backpropagation through time*) – propagacji wstecznej w czasie, zamiast jej klasycznego odpowiednika.

Najpierw dokonywany jest przebieg do przodu poprzez sieć. Następnie sekwencja jest oceniana poprzez funkcję straty. Czy mogę tak zapisać ten wzór?

, gdzie:

– wartości znane z zestawu danych,

– wartości przewidywane

– maksymalny takt

Po zakończeniu BPTT przeprowadza etap gradientu prostego celu uaktualnienia parametrów.

Jeśli pojawi się coś nowego z RNN dopisać tutaj!

## 4.2 Model LSTM

|  |  |
| --- | --- |
| POLITECHNIKA RZESZOWSKA im. I. Łukasiewicza | Rzeszów, Rok |
| Wydział Elektrotechniki i Informatyki |  |
|  |  |

**STRESZCZENIE (wybierz rodzaj pracy)**

**TYTUŁ PRACY**

Autor: Imię Nazwisko, nr albumu: (wybierz symbol studiów)-123456 Opiekun: (tytuł naukowy przed) Imię Nazwisko(tytuł naukowy po)

Słowa kluczowe: (max. 5 słów kluczowych w 2 wierszach, oddzielanych przecinkami)

(tekst streszczenia - max. 10 wierszy)

RZESZOW UNIVERSITY OF TECHNOLOGY Rzeszow, Rok

Faculty of Electrical and Computer Engineering

**DIPLOMA THESIS (wybierz rodzaj pracy) ABSTRACT**

**TYTUŁ PRACY W WERSJI ANGIELSKIEJ**

Author: Imię Nazwisko, code: (wybierz symbol studiów) -123456 Supervisor: (tytuł naukowy przed) Imię Nazwisko (tytuł naukowy po)

Key words: (max. 5 słów kluczowych w 2 wierszach, oddzielanych przecinkami)

(tekst streszczenia w jęz. angielskim - max. 10 wierszy)