POLITECHNIKA WARSZAWSKA

WYDZIAŁ MATEMATYKI  
 I NAUK INFORMACYJNYCH

Przewidywanie szeregów czasowych i indeksów giełdowych

Wyniki i analiza testów

Projekt nr 2 na potrzeby przedmiotu „Sieci Neuronowe”

Maciej Kachniarz

Tomasz Luśtyk

Spis treści

[1 Finalna aplikacja 3](#_Toc410314193)

[2 Pliki wejściowe 3](#_Toc410314194)

[2.1 Szeregi czasowe 3](#_Toc410314195)

[2.2 Indeks giełdowy WIG20 3](#_Toc410314196)

[3 Założenia testów 4](#_Toc410314197)

[4 Testy szeregów czasowych 4](#_Toc410314198)

[4.1 Test wstępny 4](#_Toc410314199)

[4.1.1 Dane wejściowe 4](#_Toc410314200)

[4.1.2 Wyniki i wnioski 4](#_Toc410314201)

[4.2 Test zwiększenia iteracji 5](#_Toc410314202)

[4.2.1 Dane wejściowe 5](#_Toc410314203)

[4.2.2 Wyniki i wnioski 6](#_Toc410314204)

[4.2.3 Weryfikacja empiryczna 6](#_Toc410314205)

[4.3 Test zmiany współczynników 6](#_Toc410314206)

[4.3.1 Dane wejściowe 6](#_Toc410314207)

[4.3.2 Wyniki i wnioski 6](#_Toc410314208)

[4.4 Wnioski końcowe 7](#_Toc410314209)

[5 Testy Indeksu giełdowego WIG20 7](#_Toc410314210)

[5.1 Oznaczenia 7](#_Toc410314211)

[5.2 Obserwacje 8](#_Toc410314212)

[5.3 Test wstępny dla danych 1-wymiarowych 8](#_Toc410314213)

[5.3.1 Dane wejściowe 8](#_Toc410314214)

[5.3.2 Wyniki i wnioski 8](#_Toc410314215)

[5.3.3 Wykresy 10](#_Toc410314216)

# Finalna aplikacja

Utworzono aplikację do predykcji wartości indeksów giełdowych oraz szeregów czasowych. Podana aplikacja posiada możliwość ustalania następujących parametrów.

Parametry budowy sieci:

* Rodzaj sieci (do wyboru: MLP, Elman, Jordan)
* Ilość neuronów w poszczególnych warstwach (tzw. architektura sieci)
* Rodzaj funkcji pobudzenia (do wyboru: unipolarna, bipolarna)

Parametry algorytmu uczącego:

* Współczynnik uczenia
* Współczynnik bezwładności
* Współczynnik podziału na zbiór testowy i treningowy

Parametry przeprowadzanego testu:

* Ilość iteracji

Parametry danych testowych:

* Rodzaj przewidywanego indeksu (do wyboru: szereg czasowy, WIG20, S&P 500)
* Optymalizacja danych wejściowych za pomocą algorytmu PCA (do wyboru: brak, liczba kolumn)
* Okno czasowe danych wejściowych (do wyboru: z ostatniego dnia, tygodnia, 2 tygodni, miesiąca, 3 miesięcy, roku)
* Częstość próbkowania danych wejściowych
* Krok

# Pliki wejściowe

## Szeregi czasowe

Pojedyncza wartość szeregu określonego wzorem dla dla kolejnych 1000 wyrazów

## Indeks giełdowy WIG20

Pojedynczy dzień opisany jest następującymi wartościami:

* Otwarcie (wartość indeksu giełdowego podczas otwarcia giełdy, poniżej analogicznie)
* Maksimum
* Minimum
* Zamknięcie
* Zmiana procentowa (od poprzedniego dnia)
* Wolumen
* SMA15 (Oscylator)
* SMA30 (Oscylator)
* SMA45 (Oscylator)
* WMA15 (Oscylator)
* WMA30 (Oscylator)
* WMA45 (Oscylator)
* EMA (Oscylator)
* RSI7 (Oscylator)
* RSI9 (Oscylator)
* RSI14 (Oscylator)
* 14-dniowy oscylator stochastyczny (Oscylator)
* Kurs euro / złoty
* Kurs dolar / złoty
* Kurs frank szwajcarski / złoty
* Kurs funta brytyjskiego / złoty
* Kurs złota

Dane obejmują okres od 18.04.1994 do 28.11.2014 (5074 dni). Dla niektórych wartości (kursów walut, złota, wolumen) od dat późniejszych. Wartości oznaczone atrybutem „Oscylator” przekazywane są do sieci tylko z pierwszego dnia okna czasowego, pozostałe z całego okna czasowego.

# Założenia testów

Do wszystkich przeprowadzonych testów użyto stałych parametrów:

* Rodzaj funkcji pobudzenia: unipolarna
* Współczynnik podziału na zbiór testowy i treningowy (treningowy zawiera walidacyjny): 0.7
* Częstość próbkowania danych wejściowych: dzień (dla szeregów czasowych kolejna wartość)
* Krok: dzień (dla szeregów czasowych kolejna wartość)

Funkcją błędu jest błąd średniokwadratowy.

# Testy szeregów czasowych

Opis przeprowadzonych testów szeregów czasowych.

## Test wstępny

Początkowo przeprowadzono testy ogólne aby wstępnie wyłonić najlepsze parametry startowe.

### Dane wejściowe

Testowano dla następujących kombinacji parametrów:

* Rodzaj sieci: MLP, Elman, Jordan
* Architektura sieci:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 3-1 | 5-1 | 10-1 | 20-1 | 30-1 |
| 3-3-1 | 5-5-1 | 10-10-1 | 20-20-1 | 30-30-1 |

* Współczynnik uczenia: 0,2; 0.4; 0,6; 0,8; 1.0
* Współczynnik bezwładności: 0; 0,2; 0.4; 0,6; 0,8
* Ilość iteracji: 100
* Liczba powtórzeń: 5

### Wyniki i wnioski

* Najlepszy wynik otrzymywano dla danych wejściowych:
  + Rodzaj sieci: MLP
  + Architektura: 10-10-1
  + Współczynnik uczenia: 1.0
  + Współczynnik bezwładności: 0.0

I wynosił on 1.35E-05

* Najlepsze wyniki otrzymano kolejno dla sieci typu

|  |  |
| --- | --- |
| **Typ sieci** | **Średni błąd** |
| Elman | 0,000488 |
| Jordan | 0,000526 |
| MLP | 0,000427 |

Pomimo tej różnicy najlepsze wyniki (rzędu 1E-05) osiągane są przez wszystkie sieci. Parametr ten zdaje się nie mieć bardzo dużego znaczenia.

* Najlepsze wyniki otrzymano kolejno dla architektury:

|  |  |
| --- | --- |
| **Architektura** | **Średni błąd** |
| 10~10~1 | 0,000032 |
| 20~20~1 | 0,000044 |
| 30~30~1 | 0,000071 |
| 20~1 | 0,000275 |
| 30~1 | 0,000286 |
| 5~5~1 | 0,000363 |
| 10~1 | 0,000523 |
| 5~1 | 0,000937 |
| 3~1 | 0,001256 |
| 3~3~1 | 0,001467 |

|  |  |
| --- | --- |
| **Architektura** | **Minimalny błąd** |
| 10~10~1 | 0,000014 |
| 20~20~1 | 0,000014 |
| 5~5~1 | 0,000025 |
| 30~30~1 | 0,000025 |
| 20~1 | 0,000122 |
| 30~1 | 0,000123 |
| 3~1 | 0,000294 |
| 10~1 | 0,000332 |
| 5~1 | 0,000851 |
| 3~3~1 | 0,001112 |

Zdecydowanie najlepsze wyniki otrzymano dla architektury typu X-X-1 dla X równych 10, 20 itp. W porównaniu do pozostałych różnica wynosi nawet do 2 rzędów.

* Dla współczynnika uczenia zaobserwowano zależność im wyższy współczynnik tym lepszy wynik. Dla współczynnika bezwładności zaobserwowano zależność odwrotną. Najlepsze wyniki otrzymano dla współczynnika uczenia równego 1 i współczynnika bezwładności równego 0.

## Test zwiększenia iteracji

Celem testu jest sprawdzenie czy zwiększenie ilości iteracji polepszy wynik.

### Dane wejściowe

Testowano dla następujących kombinacji parametrów (najlepsze z testu wstępnego):

* Rodzaj sieci: Elman
* Architektura sieci: 10-10-1
* Współczynnik uczenia: 1
* Współczynnik bezwładności: 0
* Ilość iteracji: 100, 500, 1000
* Liczba powtórzeń: 5

### Wyniki i wnioski

Najlepszy wynik otrzymano dla 1000 iteracji i wynosił on 8,14604E-06

|  |  |
| --- | --- |
| **Ilość iteracji** | **Błąd** |
| 1000 | 0,000008 |
| 500 | 0,000018 |
| 100 | 0,000051 |

Zwiększenie ilości iteracji zmniejsza wartość błędu.

### Weryfikacja empiryczna

W celu sprawdzenia czy dalsze zwiększanie ilości iteracji zmniejsza wartość błędu postanowiono przeprowadzić jednorazowy (liczba powtórzeń równa 1) test dla ilości iteracji równej 10k.

Otrzymany błąd wynosił 8,05E-07

|  |  |
| --- | --- |
| **Numer iteracji** | **Błąd** |
| 1k | 2,30E-06 |
| 2k | 1,67E-06 |
| 3k | 1,83E-06 |
| 4k | 1,69E-06 |
| 5k | 1,47E-06 |
| 6k | 1,27E-06 |
| 7k | 1,10E-06 |
| 8k | 9,97E-07 |
| 9k | 8,83E-07 |
| 10k | 8,05E-07 |

Poprawa wyniku była jednak bardzo powolna i istniały iteracje (np. 2000-3000) podczas których dochodziło do pogorszenia wyniku.

## Test zmiany współczynników

Podczas testu wstępnego ustalono, zależność im wyższy współczynnik tym lepszy wynik. Celem testu jest sprawdzenie czy dalsze zwiększenie współczynnika uczenia polepszy wynik.

### Dane wejściowe

Testowano dla następujących kombinacji parametrów (najlepsze z testu wstępnego):

* Rodzaj sieci: Elman
* Architektura sieci: 10-10-1
* Współczynnik uczenia: od 1 do 2 co 0.1
* Współczynnik bezwładności: 0
* Ilość iteracji: 100
* Liczba powtórzeń: 10

### Wyniki i wnioski

Najlepszy wynik otrzymano dla współczynnika uczenia równego … i wynosił on 0,000050

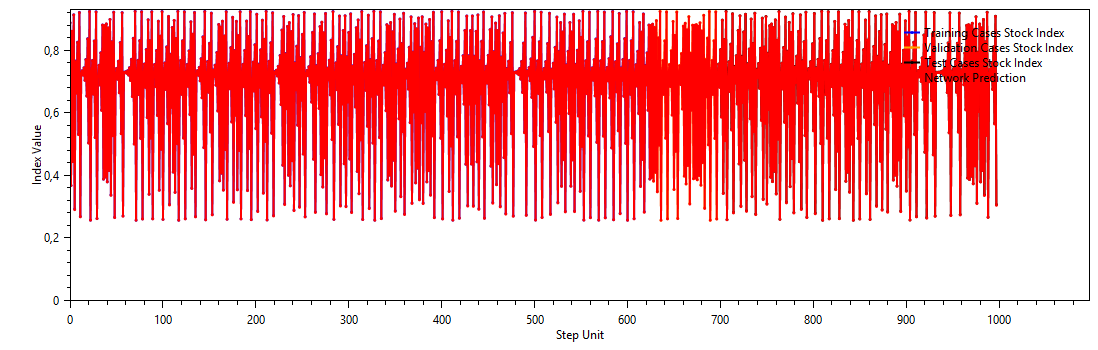
|  |  |
| --- | --- |
| **Współczynnik uczenia** | **Średni błąd** |
| 1,4 | 0,000093 |
| 1,2 | 0,000105 |
| 1 | 0,000112 |
| 1,5 | 0,000118 |
| 1,6 | 0,000169 |
| 1,1 | 0,000180 |
| 1,3 | 0,000268 |
| 1,7 | 0,000311 |
| 1,9 | 0,000335 |
| 2 | 0,001044 |

## Wnioski końcowe

Najlepsze parametry:

* Rodzaj sieci: Elman
* Architektura sieci: 10-10-1
* Współczynnik uczenia: 1,2
* Współczynnik bezwładności: 0
* Ilość iteracji: im więcej tym lepiej

Najlepszy osiągnięty wynik: 8,05E-07



Rysunek 1. Pokrycie wykresu szeregu czasowego przez test z punktu 4.2.3.

# Testy Indeksu giełdowego WIG20

Początkowe testy dla wielowymiarowych danych wejściowych zwracały predykcję sieci nie pokrywającą się w ogóle z rzeczywistością w związku z tym przeprowadzono testy dla danych wejściowych o jak najmniejszym rozmiarze i rozmiar ten metodycznie zwiększano.

## Oznaczenia

* WPPZK – współczynnik poprawnych przewidzeń zmiany kierunku
* WPPZK\_UP – współczynnik poprawnych przewidzeń zmiany kierunku dla rzeczywistej zmiany do góry
* WPPZK\_DOWN – współczynnik poprawnych przewidzeń zmiany kierunku dla rzeczywistej zmiany do dołu
* WPPZK\_TRAIN – współczynnik poprawnych przewidzeń zmiany kierunku na zbiorze treningowym

## Obserwacje

* Jeśli WPPZK\_TRAIN jest znacznie niższy niż WPPZK może to oznaczać, że sieć nie tyle osiągnęła wysoki wynik ze względu na poprawne działanie, ale mogło to wynikać z innych okoliczności. Przypadek ten oznaczany będzie w poniższym dokumencie jako CASE1 .
* Jeśli ze współczynników WPPZK\_UP i WPPZK\_DOWN jest bardzo niski a drugi bardzo wysoki a WPPZK będący ich średnią ważoną wynosi więcej niż 50% i jest wielkości trendu oznacza to, że sieć zwraca wartość maksymalną lub minimalną i nie przewiduje poprawnie. Przypadek ten oznaczany będzie w poniższym dokumencie jako CASE2 .

## Test wstępny dla danych 1-wymiarowych

Początkowo przeprowadzono testy ogólne dla pliku wejściowego jedynie z wartością zamknięcia.

### Dane wejściowe

Testowano dla następujących kombinacji parametrów:

* Rodzaj sieci: MLP, Elman, Jordan
* Architektura sieci:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 3-1 | 10-1 | 30-1 |
| 3-3-1 | 10-10-1 | 30-30-1 |

* Współczynnik uczenia: 0,25; 0,5; 0,75; 1
* Współczynnik bezwładności: 0; 0,25; 0,5; 0,75; 1
* Ilość iteracji: 1000
* Liczba powtórzeń: 2
* Okno czasowe danych wejściowych: dzień, tydzień, 2 tygodnie, miesiąc

### Wyniki i wnioski

* Najmniejszy błąd otrzymywano dla danych wejściowych:
  + Rodzaj sieci: Elman
  + Architektura: 10-10-1
  + Współczynnik uczenia: 0,75
  + Współczynnik bezwładności: 0,25
  + Okno czasowe danych wejściowych: miesiąc

I wynosił on 885 (WPPZK 53%, WPPZK\_DOWN 8%, WPPZK\_UP 97%, WPPZK\_TRAIN 56%). Przypadek typu CASE2.

* Największy WPPZK:
  + Rodzaj sieci: Elman
  + Architektura: 3-1
  + Współczynnik uczenia: 1
  + Współczynnik bezwładności: 0,75
  + Okno czasowe danych wejściowych: 2 tygodnie

I wynosił on 59,94% (błąd 1021, WPPZK\_DOWN 54%, WPPZK\_UP 66%, WPPZK\_TRAIN 53%)

* Największy WPPZK\_TRAIN:
  + Rodzaj sieci: Elman
  + Architektura: 3-3-1
  + Współczynnik uczenia: 1
  + Współczynnik bezwładności: 0
  + Okno czasowe danych wejściowych: miesiąc

I wynosił on 57,12% (błąd 1371, WPPZK 49%, WPPZK\_DOWN 44%, WPPZK\_UP 54%)

* Najlepsze wyniki otrzymano dla sieci typu:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Rodzaj sieci** | **Średni błąd** | **Minimalny błąd** | **Średni WPPZK** | **Maksymalny WPPZK** |
| Elman | **1326** | **885** | **53,55%** | **59,94%** |
| Jordan | 2005 | 896 | 53,19% | 59,88% |
| MLP | 1974 | 900 | 53,25% | 59,06% |

Sieci typu Elman daje nieznacznie, ale za to prawie zawsze, lepsze rezultaty niż inne typy sieci.

* Najlepsze wyniki otrzymano dla architektury:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Architektura sieci** | **Średni błąd** | **Minimalny błąd** | **Średni WPPZK** | **Maksymalny WPPZK** |
| 3~1 | **1150** | 946 | 53,03% | **59,94%** |
| 10~1 | 1249 | 943 | 53,10% | 58,77% |
| 10~10~1 | 1745 | **885** | 52,93% | 59,06% |
| 30~30~1 | 1900 | 907 | 53,44% | 59,88% |
| 3~3~1 | 2254 | 953 | **53,92%** | 59,88% |
| 30~1 | 2311 | 942 | 53,57% | 59,36% |

Architektury zwracają zbliżone wyniki.

* Najlepsze wyniki otrzymano dla współczynnika uczenia:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Architektura sieci** | **Średni błąd** | **Minimalny błąd** | **Średni WPPZK** | **Maksymalny WPPZK** |
| 1 | **1452** | 895 | **53,85%** | **59,94%** |
| 0,75 | 1576 | **885** | 53,50% | 59,65% |
| 0,5 | 1760 | 897 | 53,30% | 59,88% |
| 0,25 | 2285 | 936 | 52,68% | 59,88% |
|  |  |  |  |  |

Wartości dla różnych współczynników uczenia są zbliżone, ale widać wyraźną tendencję, że współczynniki wyższe osiągają wyniki lepsze.

* Najlepsze wyniki otrzymano dla współczynnika bezwładności:

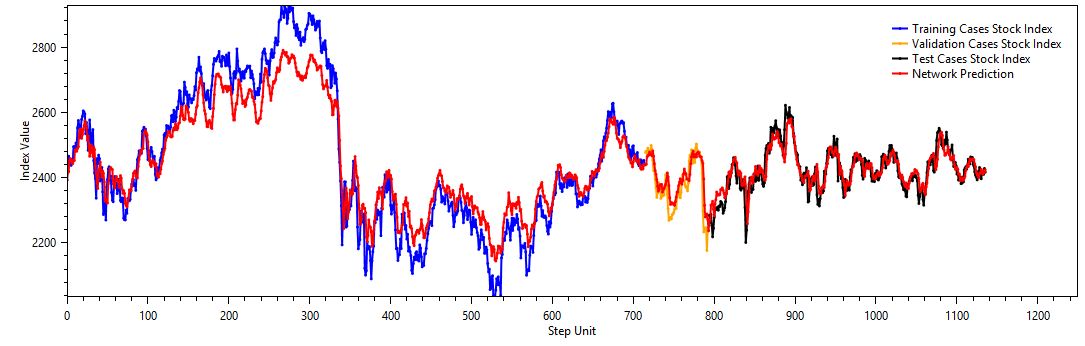
|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Architektura sieci** | **Średni błąd** | **Minimalny błąd** | **Średni WPPZK** | **Maksymalny WPPZK** |
| 0 | **1048** | 916 | **54,94%** | 59,74% |
| 0,25 | 1061 | **885** | 53,26% | 59,88% |
| 0,5 | 1297 | 955 | 52,51% | 59,06% |
| 0,75 | 2165 | 965 | 52,83% | **59,94%** |
| 1 | 3271 | 1026 | 53,12% | 59,88% |

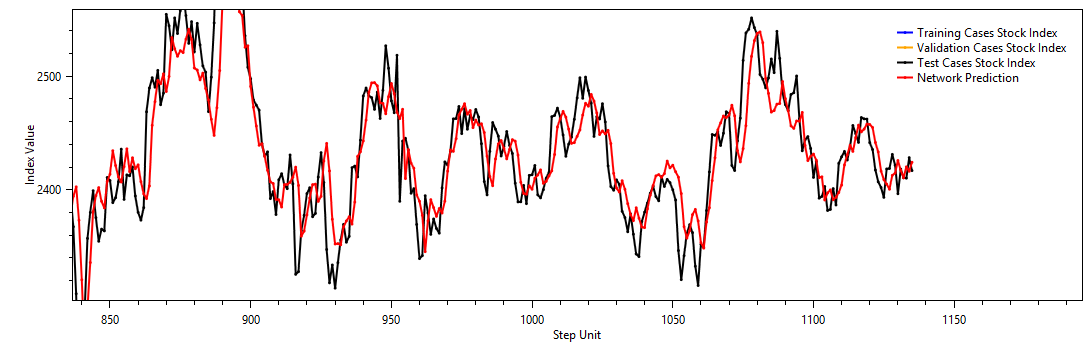
Odwrotnie niż dla współczynnika uczenia, najlepsze wyniki uzyskano dla współczynnika mniejszego bezwładności, zbliżonego do zera.

* Najlepsze wyniki otrzymano dla okna czasowego:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Architektura sieci** | **Średni błąd** | **Minimalny błąd** | **Średni WPPZK** | **Maksymalny WPPZK** |
| Day | **1563** | 988 | 52,78% | 59,88% |
| Week | 1713 | 960 | 54,69% | 59,88% |
| TwoWeeks | 1864 | 957 | **54,73%** | **59,94%** |
| Month | 1933 | **885** | 51,13% | 58,55% |
|  |  |  |  |  |

### Wykresy

Rysunek 2. Pokrycie wykresu WIG20 przez sieć dla danych dla największego WPPZK

Rysunek 3. Rysunek 2 na zbliżeniu