

Jan Lewandowski

4 rok Ekonomia, Finanse i rachunkowość przedsiębiorstw

Akademia Nauk Stosowanych w Elblągu

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-6795-6712>

MODEL ARIMA W PROGNOZOWANIU KURSU DOLARA AMERYKAŃSKIEGO

Wstęp

Dolar amerykański, charakteryzujący się płynnym kursem walutowym, odgrywa ważną rolę na globalnym rynku walutowym i pełni w nim istotne funkcje. Waluta ta stanowi najważniejszą walutę rezerwową świata. Wiele banków centralnych utrzymuje swoje rezerwy w dolarach amerykańskich, przez co dolar jest uznawany za filar globalnego systemu finansowego. Jak wskazuje Ireneusz Pszczółka¹, dolar od dekad jest uznawany za główną walutę międzynarodową. Jego pozycja jest powiązana z dominującą pozycją gospodarki amerykańskiej oraz wysokim poziomem zaufania inwestorów do amerykańskiego systemu finansowego.

Na rynku walutowym jest także najczęściej wykorzystywaną walutą w transakcjach spekulacyjnych. USD uczestniczy w ponad 80% globalnych transakcji walutowych, co powoduje, że jest wysoko płynny oraz łatwo dostępny dla podmiotów inwestujących z krajów na całym świecie. Zgodnie z twierdzeniem Jolanty Pasionek oraz Wojciecha Zembura², na kursy walutowe ogromny wpływ wywierają dane makroekonomiczne Stanów Zjednoczonych. Twierdzenie to wyraźniej przedstawia centralną rolę dolara w międzynarodowym systemie finansowym. W warunkach wysokiego ryzyka gospodarczego dolar pełni funkcję tzw. bezpiecznej przystani (ang. *safe haven*)³.

W kontekście Polski rola dolara przejawia się w rezerwach dewizowych oraz w strukturze obrotów na rynku walutowym. Mimo że Polska jest członkiem

1 I. Pszczółka, *Znaczenie dolara amerykańskiego jako waluty kluczowej w międzynarodowym systemie walutowym*, „Optimum. Economic Studies”, 2023, nr 4(114), s. 204-210.

2 J. Pasionek, W. Zembura, *Rola danych makroekonomicznych na rynku Forex*, „Onepress”, 2023, s. 30-82.

3 I. Pszczółka, *Międzynarodowe waluty safe haven- bezpieczna przystań w czasie kryzysu*, „Optimum. Economic Studies”, 2021, nr 103, s. 80-90.

Unii Europejskiej, przez co wiele transakcji przeprowadza się weuro (EUR), dolar pozostaje znaczącą walutą w operacjach finansowych⁴.

Celem opracowania jest analiza praktycznego zastosowania modelu ARIMA w prognozowaniu szeregów czasowych, ocena skuteczności modelu ARIMA w przewidywaniu krótkoterminowych zmian kursu dolara amerykańskiego oraz identyfikacja jego ograniczeń i potencjalnych usprawnień w kontekście analizy szeregów czasowych w odniesieniu do prognozowania kursów walut.

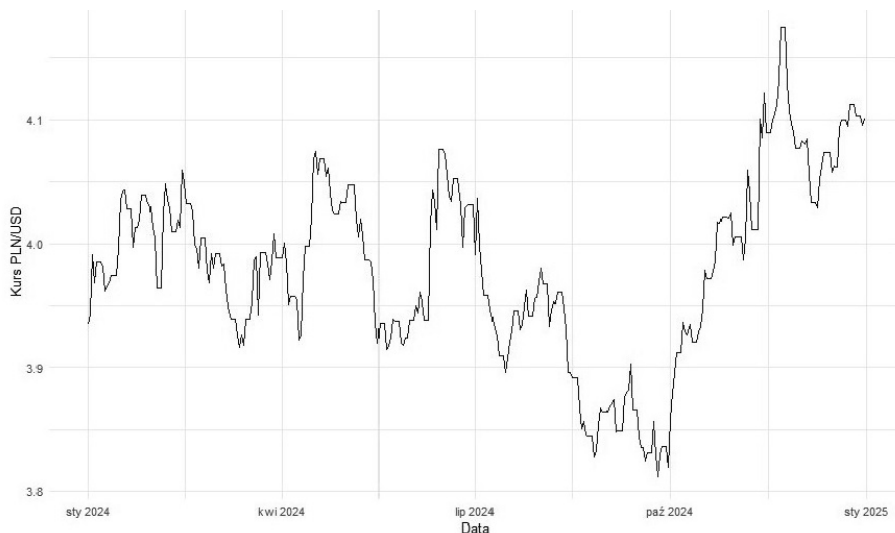
1. Metody badawcze

Badania zostały wykonane na podstawie danych wtórnych pozyskanych z Narodowego Banku Polskiego dotyczących średniego kursu dolara amerykańskiego. Dane z dni wolnych (soboty, niedziele i święta) zostały uzupełnione odpowiednio o kurs średni z dnia poprzedniego. Dokonano ich podziału na dane treningowe (01.01.2024 r. – 31.12.2024 r.) oraz dane testowe (01.01.2025 r. – 30.04.2025 r.). Zakres czasowy został wybrany ze względu na dostępność aktualnych danych oraz wystarczającą liczbę obserwacji niezbędną do estymacji i weryfikacji modelu ARIMA. Wybrany okres charakteryzował się zmiennością kursów walut wynikającą z bieżących uwarunkowań makroekonomicznych oraz geopolitycznych, co stwarza odpowiednie warunki do oceny jakości prognoz generowanych przez model ARIMA. Artykuł przedstawia podstawowe statystyki opisowe oraz prognozę kursu USD. W prognozowaniu kursów walut można zastosować wiele metod, jednak w celach porównawczych zastosowano trzy z nich: metodę średnich ruchomych, metodę wygładzenia wykładniczego oraz model ARIMA. Wszystkie prognozy oraz analizy statystyczne zostały przeprowadzone z wykorzystaniem języka programowania R. Program ten stanowi ważne narzędzie do analizy danych oraz modelowania szeregów czasowych. Środowisko R, z wykorzystaniem bibliotek takich jak: *readxl*, *ggplot2*, *ggridges*, *dplyr*, *zoo*, *kableExtra* oraz *forecast*, umożliwiło dokładne przygotowanie danych wejściowych, estymację parametrów modelu ARIMA, wizualizację wyników oraz obiektywną ocenę dokładności prognoz za pomocą ME, MAE, MAPE oraz RMSE.

4 Narodowy Bank Polski, *Struktura rynku walutowego Polski, Czech, Węgier w relacji do strefy euro*, „Materiały i Studia”, 2012, nr 291, s. 10-35.

2. Analiza kursu dolara amerykańskiego

Analiza badań kursu dolara amerykańskiego względem polskiego złotego umożliwia ocenę zmienności kursu oraz identyfikację ważnych czynników wpływających na jego wartość. Wyniki te stanowią ważny aspekt dla uczestników rynku walutowego, inwestorów oraz decydentów gospodarczych. Rysunek 1 przedstawia średni kurs PLN/USD w okresie od 1 stycznia 2024 do 31 grudnia 2024 roku.



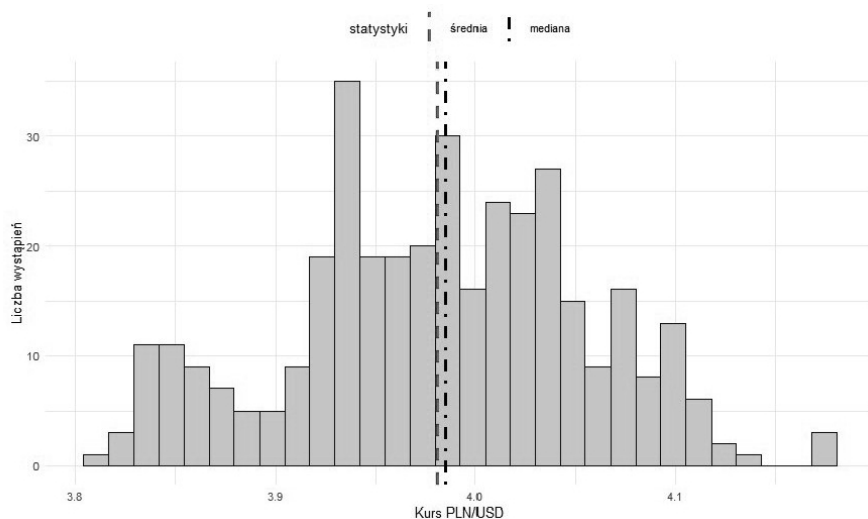
Rysunek 1. Średni kurs dolara amerykańskiego w 2024 roku

Źródło: Opracowanie własne na podstawie tabel kursów średnich walut obcych NBP.

W pierwszym tygodniu stycznia kurs USD wynosił około 3,98 zł. W kolejnych tygodniach widoczny jest stopniowy wzrost. Najwyższy wzrost wartości kursu jest widoczny na początku października. W tym okresie kurs osiąga swoje maksimum 22.11.2024 r. i osiąga 4,1752 zł. Wzrost ten spowodowany był oczekiwaniami dotyczącymi polityki pieniężnej prowadzonej przez Federal Reserve System oraz danymi inflacyjnymi z gospodarki USA. Szczególne znaczenie miały dane inflacyjne publikowane jesienią 2024 r.⁵ Inflacja utrzymywała się powyżej celu inflacyjnego, a niektóre odczyty okazywały się wyższe od prognoz rynkowych, co zwiększyło prawdopodobieństwo utrzymania

5 *Fading rate cut expectations push US dollar even higher*, <https://www.spglobal.com/market-intelligence/en/news-insights/articles/2024/10/fading-rate-cut-expectations-push-us-dollar-even-higher-85840478?utm> (dostęp: 01.06.2026).

relatywnie wysokich stóp procentowych przez dłuższy okres.⁶ W konsekwencji wzrósł popyt na dolara amerykańskiego, co doprowadziło do jego umocnienia względem wielu walut, w tym złotego. W ciągu roku widoczne są powtarzające się wahania kursu. W 2024 roku kurs USD utrzymywał się w stosunkowo wąskim przedziale od 3,81 zł do 4,18 zł. Najniższe wartości kursu dolara odnotowano od połowy sierpnia do początku października. Najwyższe wartości kursu PLN/USD odnotowano w końcowym okresie badanego roku⁷. W celu przeprowadzenia analizy rozkładu kursu dolara amerykańskiego w 2024 roku stworzono rysunek 2.



Rysunek 2. Rozkład wartości poszczególnych kursów USD w 2024 roku

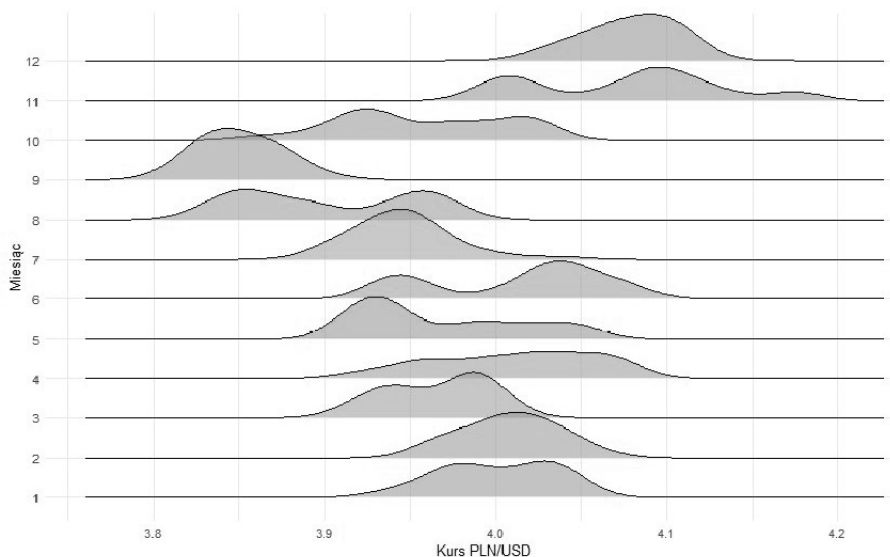
Źródło: Opracowanie własne na podstawie tabel średnich kursów walut obcych NBP.

Niniejsza analiza rozkładu danych uwzględnia trzy podstawowe miary: medianę, średnią arytmetyczną oraz dominantę. Mediana to środkowa wartość w uporządkowanym zestawie danych. Oznacza to, że połowa obserwacji miała kurs niższy, a połowa wyższy niż 3,9850 zł. Wartość średniej arytmetycznej wynosi 3,9812 zł. Dominanta, wynosząca 3,9392 zł, jest najniższą spośród trzech wymienionych miar i wskazuje na najczęściej występujący kurs USD w analizowanym roku.

6 Core inflation rises more than expected in September – lar gest monthly gain Since April, <https://nypost.com/2024/10/31/business/core-inflation-rises-more-than-expected-in-september/?utm> (dostęp:01.06.2026).

7 Tabele średnich kursów walut obcych NBP, tabela nr 251/A/NBP/2023 z dn. 29.12.2023 r. do 252/A/NBP/2024 z dn. 31.12.2024 r.

Układ wartości w kolejności rosnącej (dominanta, średnia, mediana) wskazuje na lekką asymetrię prawostronną⁸. W związku z występowaniem niewielkich różnic (ok. 0,05 zł) między miarami można wnioskować, że rozkład kursów USD w 2024 roku był stosunkowo symetryczny i stabilny. Przeprowadzono analizę rozkładu wartości kursu USD dla poszczególnych miesięcy 2024 roku (rysunek 3).



Rysunek 3. Rozkład wartości kursów USD w poszczególnych miesiącach w 2024 roku

Źródło: Opracowanie własne na podstawie tabel średnich kursów walut obcych NBP.

W lutym oraz w lipcu widoczny jest symetryczny, normalny rozkład kursu USD. W maju widoczny jest asymetryczny kształt wykresów. Wyciągnięty ogon w prawo świadczy o obecności wyższych kursów, które występowały rzadziej, co wpływa na wartość średniej. Świadczy to o asymetrii prawostronnej, w której układ wartości miar w kolejności rosnącej ma postać: dominanta, mediana, średnia. Za przyczynę tego zjawiska należy uznać zdarzenia rynkowe, które sporadycznie, krótkotrwale podnosiły wartość kursu. W styczniu, marcu, czerwcu, sierpniu, październiku oraz listopadzie można zauważyć rozbiecie na dwa mniejsze szczyty, co sugeruje rozkład dimodalny. Zjawisko to jest spowodowane istnieniem dwóch przedziałów kursowych, które występowały najczęściej. Wskazuje to na dynamicznie zmieniającą się sytuację

⁸ D. Tarka, A. M. Olszewska, *Elementy statystyki. Opis statystyczny*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2018, s. 73-109.

rynkową w ciągu danego miesiąca. W kwietniu widoczny był rozkład rozlany i mniej skoncentrowany, co oznaczało większą zmienność oraz brak wyraźnie dominującego poziomu kursu. W tym okresie rynek walutowy był nieprzewidywalny, a typowe wartości kursu były trudne do przewidzenia⁹.

Tabela 1 przedstawia zestawienie podstawowych statystyk opisowych kursu USD względem PLN dla poszczególnych miesięcy 2024 roku. Dla każdego miesiąca wskazano wartość minimalną oraz maksymalną, średnią, odchylenie standardowe oraz współczynnik zmienności wyrażony w procentach. Pozwala to na ocenę nie tylko poziomu kursu, lecz również jego zmienność w czasie.

Tabela 1. Statystyki opisowe dla kursów w poszczególnych miesiącach

miesiąc	min	średnia	mediana	odch. std	max	ws.zmien. [%]
1	3.9350	4.0011	3.9972	0.0318	4.0437	0.79
2	3.9641	4.0083	4.0096	0.0268	4.0593	0.67
3	3.9162	3.9658	3.9820	0.0277	4.0081	0.70
4	3.9223	4.0106	4.0227	0.0457	4.0741	1.14
5	3.9149	3.9675	3.9389	0.0469	4.0474	1.18
6	3.9389	4.0127	4.0320	0.0488	4.0760	1.22
7	3.8960	3.9462	3.9461	0.0292	4.0375	0.74
8	3.8284	3.9020	3.8914	0.0503	3.9802	1.29
9	3.8117	3.8501	3.8488	0.0216	3.9025	0.56
10	3.8590	3.9573	3.9468	0.0479	4.0251	1.21
11	3.9869	4.0763	4.0898	0.0555	4.1752	1.36
12	4.0298	4.0787	4.0803	0.0252	4.1127	0.62

Źródło: Opracowanie własne na podstawie tabel średnich kursów walut obcych NBP.

Wartości minimalna i maksymalna kursu określają zakres wahań w danym miesiącu. Średnia arytmetyczna przedstawia ogólny poziom kursu USD w analizowanym okresie, natomiast odchylenie standardowe wskazuje na wielkość błędu względem wartości średniej kursu. Z wykorzystaniem klasycznego współczynnika zmienności wyrażonego w procentach możliwe jest dokonanie relatywnej oceny zmienności kursu niezależnie od jego poziomu. Mediana obrazuje typowy poziom kursu dolara w poszczególnych miesiącach¹⁰.

Z przeprowadzonej analizy danych wynika, że kurs USD w 2024 roku cechował się względną stabilnością. Zmienność utrzymywała się na niskim poziomie – w większości miesięcy jej wartość nie przekraczała 1,15%. Największą zmienność odnotowano w listopadzie (1,36%), a najmniejszą we wrześniu (0,56%). Bardzo niska wartość współczynnika zmienności może świadczyć o stabilności i jednorodności danych oraz o niskim ryzyku kursowym. Cechą

⁹ *Ibidem*, s. 154-176.

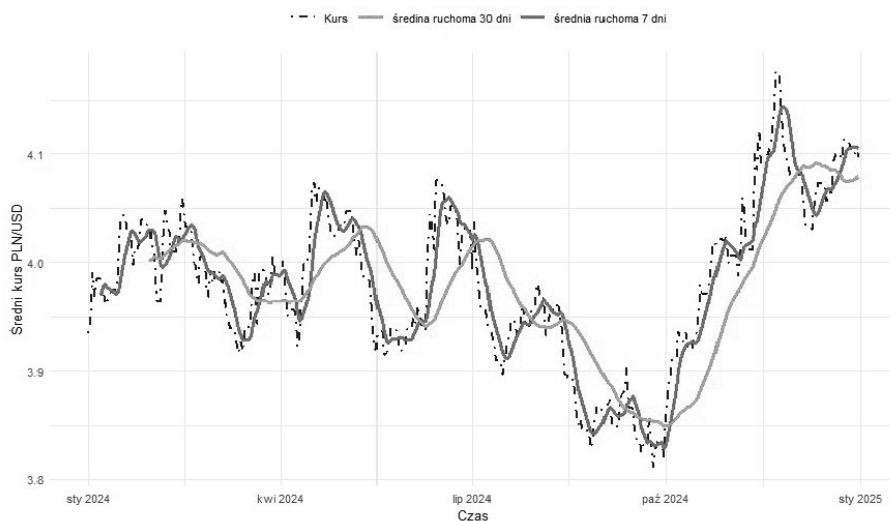
¹⁰ A. Malinowski, *Podstawy statystyki z elementami demografii*, Liber, Warszawa 2014, s. 50-65.

charakterystyczną analizowanego okresu są również niewielkie różnice występujące pomiędzy wartością średnią a wartością mediany¹¹.

3. Ocena różnych metod prognozowania

W celu porównania skuteczności modelu ARIMA w prognozowaniu oraz użycia punktu odniesienia do oceny tego modelu zastosowano trzy rodzaje metod prognostycznych. Pierwsza z nich to prosta średnia ruchoma (ang. *simple moving average*, SMA) – cechą charakterystyczną tej metody jest brak przypisywania wag obserwacjom. Wartość prognozy wynika ze średniej arytmetycznej¹².

Na rysunku 4 przedstawiono wyniki prognoz kursu dolara amerykańskiego z wykorzystaniem metody średniej ruchomej 7-dniowej i 30-dniowej.



Rysunek 4. Porównanie prognoz kursu USD: średnia ruchoma 7-dniowa i 30-dniowa

Źródło: Opracowanie własne na podstawie tabel średnich kursów walut obcych NBP.

Rysunek 4 przedstawia porównanie rzeczywistego kursu USD z prognoząmi otrzymanymi za pomocą średnich ruchomych: 7-dniowych i 30-dniowych.

11 W. Michalczyk, *Skala zmienności kursu złotego względem euro i dolara w latach 2012-2016 na tle wybranych walut narodowych krajów Unii Europejskiej*, „Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach”, 2018, nr 352, s. 141-149.

12 K. Borowski, *Analiza techniczna. Średnie ruchome, wskaźniki i oscylatory*, Difin, Warszawa 2017, s. 10-20.

Z oceny wizualnej wykresu wynika, że 7-dniowa średnia ruchoma jest lepszym odwzorowaniem krótkoterminowych wahań kursu, spowodowanych szybszą reakcją na zmiany. Cechami charakterystycznymi 30-dniowej średniej ruchomej są większe wygładzenie i opóźnienie reakcji, co czyni ją bardziej odpowiednią do analizy trendów długoterminowych¹³.

Kolejną z zastosowanych w analizie metod prognostycznych jest metoda wygładzenia wykładniczego. Jest ona rozwinięciem modelu średnich ważonych – im starsze dane, tym niższa przypisana im waga. Ważnym elementem tej metody jest występowanie parametru wygładzenia wykładniczego. Parametr ten znajduje się w przedziale. Funkcją parametru wygładzenia wykładniczego jest określanie wpływu danych na prognozę. Występuje tutaj zależność: im większa wartość parametru tym większa wrażliwość na bieżące dane. Najczęściej znajduje zastosowanie w analizie szeregów czasowych o umiarkowanych, losowych wahaniami oraz łagodnym trendzie¹⁴.



Rysunek 5. Prognoza kursu USD za pomocą metody wygładzenia wykładniczego

Źródło: Opracowanie własne na podstawie tabel średnich kursów walut obcych NBP.

Rysunek 5 przedstawia rzeczywisty kurs USD oraz prognozę uzyskaną za pomocą metody wygładzenia wykładniczego, w którym parametr

13 A. Zagdański, A. Suchwałko, *Analiza i prognozowanie szeregów czasowych. Praktyczne wprowadzenie na podstawie środowiska R*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2015, s. 109-146.

14 K. Halicka, C. Winkowski, *Wykorzystanie metod wygładzenia wykładniczego do prognozowania kursu sprzedaży EUR*, „Economic and Management”, 2013, nr 2, s. 70-80.

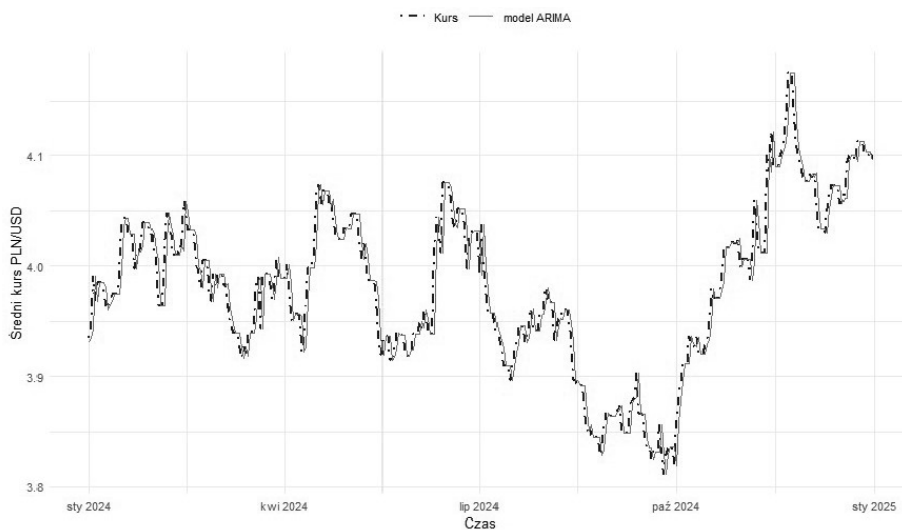
wygładzenia– w celu optymalizacji błędów prognozy, wyliczony automatycznie za pomocą programowania R –jest równy 1. Z uwagi na wartość parametru, linia prognozy jest przesunięta względem rzeczywistej o jeden dzień. Model ten daje dobre przybliżenie w przypadku stopniowej zmiany kursu USD. W okresach nagłych wahań oraz szoków rynkowych prognoza znacząco odbiega od rzeczywistych wartości, gdyż nie uwzględnia żadnych informacji poza ostatnią znaną wartością¹⁵.

Ostatnią zastosowaną metodą prognostyczną był model ARIMA, zwany również modelem Boxa-Jenkinsa. Jest to scałkowany ekonometryczny model autoregresji oraz średniej ruchomej. Zapis modelu ARIMA wynikający z jego elementów konstrukcyjnych ma postać¹⁶:

$$ARIMA(p,d,q)$$

gdzie:

- liczba opóźnień w części autoregresyjnej,
- liczba różnicowań w celu osiągnięcia stacjonarności,
- liczba opóźnień w części średniej ruchomej.



Rysunek 6. Prognoza kursu USD za pomocą modelu ARIMA(0,1,0)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie tabel średnich kursów walut obcych NBP.

15 M. Mróz, *Predykcja wielkości sprzedaży modelem Browna elementem rachunku ekonomicznego na przykładzie firmy Comarch*, „Gospodarka Materiałowa i Logistyka”, 2021, nr 3, s. 40-57.

16 *Modele ARIMA do krótkoterminowego prognozowania obciążeń systemów elektroenergetycznych*, https://gdudek.el.pcz.pl/files/STLF_ARIMA13.pdf (dostęp: 20.06.2025).

Rysunek 6 przedstawia prognozę kursu USD uzyskaną za pomocą modelu ARIMA. Wykorzystując środowisko R w sposób automatyczny dobrano wartości parametrów modelu, w skutek czego uzyskano model ARIMA(0,1,0).

Model zakłada, że wartości kursu jest równa sumie poprzedniej obserwacji i losowego składnika zakłócającego, który powoduje wzrost lub spadek kursu. Ze względu na wartość parametrów model nie uwzględnia części autoregresji oraz średniej ruchomej.

Parametr oznacza, że model analizuje zmiany pomiędzy danymi oraz zakłada losowość różnic. Porównując przebieg obu linii, można zauważyć, że prognoza przyjmuje wartość kursu z dnia poprzedniego. Sytuacja jest podobna jak w przypadku zastosowania metody wygładzenia wykładniczego przy. Pokrycie się prognozowanych wartości z wartościami rzeczywistymi świadczy o dobrym dopasowaniu modelu, a odchylenia pomiędzy liniami są niewielkie i mieszczą się w dopuszczalnym marginesie błędu¹⁷.

W analizie błędów prognoz wygasłych zastosowano mierniki absolutne (ME, MAE, RMSE) oraz miernik względny (MAPE)¹⁸:

- średni błąd predykcji *ex post* (ang. *mean error*, ME) – wartości dodatnie tego miernika świadczą o niedoszacowaniu, a ujemne o przeszacowaniu prognoz wygasłych;
- średni błąd absolutny *ex post* (ang. *mean absolute error*, MAE) – informuje o średnim bezwzględnym odchyleniu rzeczywistej wartości zmiennej prognozowanej od prognoz wygasłych;
- pierwiastek błędu średniokwadratowego *ex post* (ang. *root mean square error*, RMSE) – wykorzystywany jest do pomiaru średniego odchylenia realizacji zmiennej prognozowanej a obliczoną prognozą;
- średni absolutny błąd prognozy (ang. *mean absolute percentage error*, MAPE) – dostarcza informacji o średniej wielkości błędów prognoz w danym okresie. Najczęściej wyrażony jest w procentach.

Dla każdej z opisanych wyżej metod prognozowania obliczono mierniki błędów przedstawione w tabeli 2.

17 M. K. Debnath, K. Bera, P. Mishra, *Forecasting Area, Production, and Yield of Cotton in India using ARIMA Model*, "Research & Reviews: Journal of Space Science & Technology", 2013, vol. 2, issue 1, s. 16-20.

18 M. Szumusta - Zawadzka, J. Zawadzki, *O miernikach dokładności prognoz ex post w prognozowaniu zmiennych o silnym natężeniu sezonowości*, „Metody Ilościowe w Badaniach Ekonomicznych”, 2012, nr 1, s. 212-218.

Tabela 2. Błędy prognoz wygasłych

	me	mae	rmse	mape
średnia 7 dni	0.0010406	0.0180328	0.0231709	0.4520717
średnia 30 dni	0.0032531	0.0409421	0.0502456	1.0281564
wygładzenie wykł.	0.0004541	0.0111175	0.0174941	0.2787899
ARIMA	0.0004648	0.0111282	0.0174953	0.2790631

Źródło: Opracowanie własne na podstawie tabel średnich kursów walut obcych NBP.

We wszystkich zastosowanych metodach prognostycznych ME przyjmował wartości dodatnie. Świadczy to o przeszacowaniu prognoz wygasłych. Największą wartość ME osiąga dla metody średniej ruchomej 30-dniowej (ok. 0,003), a najmniejszą dla metod wygładzenia wykładniczego oraz modelu ARIMA (ok. 0,0005). W przypadku innych mierników błędów predykcji najmniejsze wartości osiągają również metoda wygładzenia wykładniczego oraz model. Najwyższe wartości RMSE oraz MAPE osiąga metoda średniej ruchomej 30-dniowej (odpowiednio w przybliżeniu 0,050 oraz 1,028%). Wszystkie wartości błędów mieszczą się w granicach błędu i mogą być wykorzystane do prognozowania kursów walut¹⁹.

Dokonano oceny trafności modelu, która przebiegała w dwóch etapach. Pierwszy etap polegał na przekształceniu danych do postaci szeregu czasowego (*ts*). Drugi etap to wykorzystanie funkcji *identical*, mającej na celu weryfikację, czy w analizie danych testowych, tj. w przypadku danych treningowych, można zastosować model ARIMA(0,1,0). Funkcja ta porównuje dwa obiekty, w tym przypadku szeregi czasowe, oraz zwraca następujące wartości logiczne: TRUE → prawda, gdy oba obiekty są dokładnie takie same pod względem struktury oraz zawartości, oraz FALSE → fałsz, gdy oba obiekty różnią się pod względem struktury oraz zawartości. Funkcja zwraca wartość logiczną TRUE. Oznacza to, że modele ARIMA w obu przypadkach mają identyczne wartości parametrów, pomimo że zostały oszacowane na podstawie dwóch różnych fragmentów danych o różnym horyzoncie czasowym.

Podsumowanie i wnioski

Analiza literatury przedmiotu oraz badania własne pozwoliły na wyciągnięcie następujących wniosków końcowych:

- Model ARIMA oraz wygładzenie wykładnicze osiągnęły porównywalny poziom dokładności prognoz. Analiza błędów prognoz (ME, MAE, RMSE, MAPE) wykazała, że uwzględnienie w modelu elementów autoregresyjnych oraz średniej ruchomej poprawia dopasowanie prognoz do rzeczywistych wartości kursu.

19 *Ibidem*, s. 212-218.

- Najbardziej skuteczne w wykrywaniu ogólnych trendów okazały się średnie ruchome (7- i 30-dniowe). Widoczną w trakcie analizy wyników badań wadą była ograniczona zdolność adaptacyjna do gwałtownych zmian, przez co w warunkach o dużej zmienności rynkowej tracą na użyteczności. 7-dniowa średnia ruchoma była bardziej wrażliwa na zmiany niż 30-dniowa, jednak wciąż nie zapewniała takiej dokładności jak model ARIMA.
- Lepsze odwzorowanie wewnętrznych zależności i wzorców w danych kursowych jest widoczne w modelu ARIMA niż w przypadku prostych metod wygładzających (średnie ruchome, wygładzenie wykładnicze). Zdolność modelu do uwzględniania trendów i elementów sezonowych, analiza składników modelu oraz dobór jego parametrów przyczyniają się do lepszego odwzorowania rzeczywistych zmian kursowych.
- Mimo że średnia ruchoma 30-dniowa wykazuje największe wartości błędów prognozy, nie wyklucza się jej stosowania do prognozowania kursów walut. Wysokie wartości błędów wynikają z charakterystyki metody, która odznacza się silnym wygładzeniem danych oraz opóźnioną reakcją na nagłe zmiany kursu. Jedną z zalet stosowania tej metody jest eliminacja chwilowych zmian na rynku. Dzięki zdolności do definiowania długotrwałych trendów znajduje zastosowanie w analizie rynkowej. Mimo wyższych błędów metoda ta pozostaje wartościowym narzędziem uzupełniającym w analizie kursów walut.
- Analiza wykazała, że zarówno dla pełnego roku 2024, jak i dla pierwszych czterech miesięcy roku 2025, optymalnym modelem prognostycznym był ARIMA (0,1,0) – na podstawie automatycznego doboru parametrów. Funkcja *identical* wskazuje na stabilną strukturę danych w analizowanych okresach. Otrzymane wyniki świadczą o stochastyczności badanego szeregu czasowego oraz o braku istotnych zmian w jego dynamice na przełomie lat 2024-2025.

Bibliografia

- Borowski K., *Analiza techniczna. Średnie ruchome, wskaźniki i oscylatory*, Difin, Warszawa 2017.
- Core inflation rises more than expected in September – lar gest monthly gain Since April, <https://nypost.com/2024/10/31/business/core-inflation-rises-more-than-expected-in-september/?utm>.
- Debnath M. K., Bera K., Mishra P., *Forecasting Area, Production, and Yield of Cotton in India using ARIMA Model*, "Research & Reviews: Journal of Space Science & Technology", 2013, vol. 2, issue 1.

- Fading rate cut expectations push US dollar even higher*, <https://www.spglobal.com/market-intelligence/en/news-insights/articles/2024/10/fading-rate-cut-expectations-push-us-dollar-even-higher-85840478?utm>.
- Gągolewski M., *Programowanie w języku R. Analiza danych, symulacje, obliczenia*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2016.
- Halicka K., Winkowski C., *Wykorzystanie metod wygładzenia wykładniczego do prognozowania kursu sprzedaży EUR*, „Economic and Management”. 2013, nr 2.
- Malinowski A., *Podstawy statystyki z elementami demografii*, Liber, Warszawa 2014.
- Michalczyk W., *Skala zmienności kursu złotego względem euro i dolara w latach 2012-2016 na tle wybranych walut narodowych krajów Unii Europejskiej*, „Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach”, 2018, nr 352.
- Modele ARIMA do krótkoterminowego prognozowania obciążeń systemów elektroenergetycznych*, https://gdudek.el.pcz.pl/files/STLF_ARIMA13.pdf.
- Mróz M., *Predykcja wielkości sprzedaży modelem Browna elementem rachunku ekonomicznego na przykładzie firmy Comarch*, „Gospodarka Materiałowa i Logistyka”, 2021, nr 3.
- Narodowy Bank Polski, *Struktura rynku walutowego Polski, Czech, Węgier w relacji do strefy euro*, „Materiały i Studia”, 2012, nr 291.
- Pasionek J., Zembura W., *Rola danych makroekonomicznych na rynku Forex*, „Onepress” 2023.
- Pszczółka I., *Międzynarodowe waluty safe haven- bezpieczna przystań w czasie kryzysu*, „Optimum. Economic Studies”, 2021, nr 103.
- Pszczółka I., *Znaczenie dolara amerykańskiego jako waluty kluczowej w międzynarodowym systemie walutowym*, „Optimum. Economic Studies”, 2023, nr 4(114).
- Tabele średnich kursów walut obcych NBP, tabela nr 251/A/NBP/2023 z dn. 29.12.2023 r. do 252/A/NBP/2024 z dn. 31.12.2024 r.
- Tarka D., Olszewska A. M., *Elementy statystyki. Opis statystyczny*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2018.
- Szmuksta - Zawadzka M., Zawadzki J., *O miernikach dokładności prognoz ex post w prognozowaniu zmiennych o silnym natężeniu sezonowości*, „Metody Ilościowe w Badaniach Ekonomicznych”, 2012, nr 1.
- Zagdański A., Suchwałko A., *Analiza i prognozowanie szeregów czasowych. Praktyczne wprowadzenie na podstawie środowiska R*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2015.

Streszczenie

W artykule przedstawiono schemat budowy modelu ARIMA do prognozowania kursu dolara amerykańskiego względem złotego polskiego, zaczynając od wstępnej analizy szeregu czasowego danych treningowych, poprzez wykonanie prognoz z użyciem metody średnich ruchomych (7-dniowej i 30-dniowej) oraz wygładzenia wykładniczego, kończąc na prognozowaniu z użyciem modelu ARIMA. Dokonano również oceny trafności modelu ARIMA(0,1,0) dla danych testowych z wykorzystaniem funkcji *identical* w RStudio. Wyniki prognoz porównano z rzeczywistymi wartościami kursu USD/PLN, wykorzystując miary błędu prognoz (ME, MAE, RMSE oraz MAPE). Należy jednak zwrócić uwagę na ograniczenia modelu, do których należy zaliczyć wrażliwość

na nieprzewidywalne czynniki zewnętrzne (kryzysy geopolityczne, decyzje banków centralnych), które mogą wpływać na trafność prognoz. Praca oparta jest na danych historycznych, pozyskanych z Narodowego Banku Polskiego, obejmujących okres od 01.01.2024 r. do 30.04.2025 r.

Słowa kluczowe: ARIMA, szereg czasowy, kurs walutowy, dolar amerykański, prognozowanie

ARIMA MODEL IN FORECASTING THE US DOLLAR EXCHANGE RATE

Summary

The article presents a scheme for building an ARIMA model to forecast the US dollar exchange rate against the Polish zloty, starting with an initial analysis of the training time series, then forecasting using the moving average method (7-day and 30-day) and exponential smoothing, and finally forecasting with the ARIMA model. The accuracy of the ARIMA(0,1,0) model on the test data was also assessed using the same function in RStudio. The forecast results were compared with the actual USD/PLN exchange rate using forecast error measures (ME, MAE, RMSE, and MAPE). However, it is necessary to note the model's limitations, including sensitivity to unpredictable external factors (e.g., geopolitical crises, central bank decisions) that may affect forecast accuracy. The work is based on historical data obtained from the National Bank of Poland, covering the period from 01.01.2024 to 30.04.2025.

Keywords: ARIMA, time series, exchange rate, US dollar, forecasting