

**Nowoczesne Systemy Zarządzania**  
Zeszyt 17 (2022), nr 1 (styczeń-marzec)  
ISSN 1896-9380, s. 77-92  
DOI: 10.37055/nasz/147991

**Modern Management Systems**  
Volume 17 (2022), No. 1 (January-March)  
ISSN 1896-9380, pp. 77-92  
DOI: 10.37055/nasz/147991



Instytut Organizacji i Zarządzania  
Wydział Bezpieczeństwa, Logistyki i Zarządzania  
Wojskowa Akademia Techniczna  
w Warszawie

Institute of Organization and Management  
Faculty of Security, Logistics and Management  
Military University of Technology  
in Warsaw

## Prognozowanie wydatków instytucji z wykorzystaniem modelu Kleina

### Forecasting expenses of the institution with the use of the Klein model

**Bartosz Kozicki**

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Bezpieczeństwa, Logistyki i Zarządzania  
bartosz.kozicki@wat.edu.pl; ORCID: 0000-0001-6089-952x

**Jarosław Tomaszewski**

Sztab Generalny Wojska Polskiego  
jarekt7@wp.pl; ORCID: 0000-0003-2365-0797

**Bartłomiej Korpysz**

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Bezpieczeństwa, Logistyki i Zarządzania  
bartlomiej.korpysz@student.wat.edu.pl

**Abstrakt.** W opracowaniu przeprowadzono analizę i ocenę szeregu czasowego wydatków podmiotu badań. Zbadano rozkład rozpatrywanych danych, wykorzystując wykresy w postaci: histogramu, normalności oraz test Shapiro-Wilka. Następnie poszukiwano istnienia wartości odstających i ekstremalnych poprzez zastosowanie wykresu ramka-wąsy. Następnie zastosowano metodę twarze Chernoffa do wykrycia sezonowości w ujęciu miesięcznym w szeregu czasowym rozpatrywanych wydatków. Wykryte podczas analiz danych prawidłowości w postaci trendu i sezonowości zostały potwierdzone zbudowanym modelem zerowej regresji wielorakiej. W opracowaniu przeprowadzono prognozowanie szeregu czasowego wydatków, stosując model Kleina. Ostatnim etapem badań była analiza i ocena reszt uzyskanej prognozy. Prognoza wydatków na 2021 rok to kwota 575 248 346 zł, natomiast w 2022 roku wzrosła do poziomu 676 989 270 zł.

**Słowa kluczowe:** wydatki, prognozowanie, bezpieczeństwo ekonomiczne, model Kleina

**Abstract.** The study includes an analysis and evaluation of the time series of expenses of the research subject. The distribution of the analyzed data was examined with the use of graphs, such as: a histogram, normality and the Shapiro-Wilk test. The existence of outliers and extreme values was then searched for with a box plot. Chernoff Faces were then used to detect the monthly seasonality in the time series of the expenses under consideration. The regularities in the form of trend and seasonality detected during the data analyzes were confirmed by the binary model of multiple regression. The study includes forecasting of the time series of expenses with the use of the Klein model. The last stage of the research was the analysis and evaluation of the remainder of forecasts. The forecast of expenses for 2021 is an amount of PLN 575 248 346. In 2022, it increased to PLN 676 989 270.

**Keywords:** expenditures, forecasting, economic security, Klein model

## Wstęp

Zmienność jest jednym z ważniejszych terminów współczesnej ekonomii i finansów zarówno w ujęciu teoretycznym, jak i praktycznym w aspekcie planowania, w tym prognozowania danych na przyszłość. Jedną z metod badań zmienności rozpatrywanych danych są analizy szeregow czasowych oraz wielowymiarowe analizy porównawcze. W artykule sformułowano problem badawczy, który brzmi: jakie prawidłowości zostaną wykryte po zastosowaniu wielowymiarowych analiz porównawczych wydatków i czy pozwolą one na dobór metody do ich prognozowania na przyszłość?

Dla tak przyjętego problemu badawczego nakreślono cel pracy. Celem pracy jest przeprowadzenie prognozowania wydatków na dwadzieścia cztery przyszłe okresy. Hipoteza główna artykułu jest następująca: zastosowanie modelu Kleina do prognozowania wydatków rozpatrywanej instytucji pozwoli na osiągnięcie średniego bezwzględnego błędu procentowego poniżej przyjętego poziomu istotności 0,05.

Podmiotem badań jest instytucja funkcjonująca na obszarze Rzeczypospolitej Polskiej, a przedmiotem badań są poniesione wydatki w ujęciu dynamicznym. Okres badawczy to lata 2016-2022. W artykule użyto następujących metod badawczych w postaci:

- analizy literatury;
- prognozowania modelem Kleina;
- wielowymiarowej analizy porównawczej;
- wnioskowania i syntezy.

Artykuł zawiera dogłębną analizę danych w aspekcie wykrycia prawidłowości niezbędnych do poprawnego doboru metody do ich prognozowania na przyszłość. Analiza oparta jest zarówno na analizie szeregu czasowego wydatków, jak i wielowymiarowej analizie porównawczej w postaci twarzy Chernoffa i zbudowanego modelu zerojedynkowego regresji wielorakiej.

## Analiza literatury przedmiotu badań

Termin „bezpieczeństwo” w literaturze przedmiotu jest szeroko interpretowany. Utożsamiane jest ono z pewnością istnienia, przetrwania, stanu posiadania oraz funkcjonowania i rozwoju podmiotu (Zięba, 2016, s. 18). Z kolei Stanisław Koziej uważa, że bezpieczeństwo to teoria i praktyka zapewnienia egzystencji (przetrwania) danego podmiotu w niepewnym środowisku, z zachowaniem przezeń swobody realizacji własnych interesów (Koziej, 2009, s. 6). Według Waltera B. Galliego „bezpieczeństwo” należy do pojęć spornych ze swej istoty (Williams, 2012, s. 1). Z punktu widzenia tego opracowania termin „bezpieczeństwo” należy interpretować jako stan ciągłego zapewnienia środków niezbędnych do realizacji przyjętych celów stawianych przez przełożonych, związanych z realizacją zadań w ściśle określonym czasie i miejscu. Jednym z rodzajów bezpieczeństwa, na którym skupiono się w opracowaniu, jest bezpieczeństwo ekonomiczne.

Bezpieczeństwo ekonomiczne cechuje: stabilność (niezmiennność), pewność, stosunek do wyzwań płynących z otoczenia zewnętrznego, powiązań z zagranicznymi partnerami czy też roli rynku i państwa (Kurek, 2000, s. 28).

Zachowanie bezpieczeństwa ekonomicznego jest szczególnie ważne dla firm i instytucji, gdyż pozwala ono na dalsze funkcjonowanie w aspekcie przyjętych w planach celów. Jedną z form zapewnienia bezpieczeństwa ekonomicznego jest analiza i ocena danych, w tym wykorzystanie wielowymiarowych analiz porównawczych w aspekcie odzwierciedlenia kondycji i koniunktury rozpatrywanych instytucji.

Analiza polega na uporządkowaniu względnie jednorodnego wzoru obiektu (lub cechy) w celu podejmowania decyzji dotyczących wyboru obiektu (lub cechy) według ustalonego z góry kryterium (Grabiński, Wydymus, Zeliaś, 1985, s. 85). Jednym z rodzajów analizy jest wielowymiarowa analiza porównawcza.

W literaturze przedmiotu wielowymiarowa analiza porównawcza oznacza grupę metod statystycznych, za pomocą których jednocześnie analizie poddaje się co najmniej dwie zmienne opisujące każdy obiekt (Łuniewska, Tarczyński, 2006, s. 9). Z kolei Wiesław Pluta stwierdza, że wielowymiarowa analiza porównawcza to zbiór różnych metod służących do wykrywania prawidłowości w zbiorowościach statystycznych (Pluta, 1977, s. 8).

W opracowaniu do analizy danych zastosowano twarze Chernoffa. Jest to rodzaj wykresu obrazkowego, który tworzy samodzielną kategorię. Poszczególne przypadki są tu wizualizowane przez twarze – w taki sposób, że względne wartości zmiennych reprezentowane są przez wielkość lub pozycję różnych elementów twarzy ludzkiej. Z uwagi na unikalne własności technika ta jest uważana przez niektórych badaczy za najbardziej zaawansowaną wielowymiarową technikę eksploracyjną, która pokazuje wzajemne powiązania pomiędzy zmiennymi, niemożliwe do wykrycia w żaden inny sposób (Mitkow, Tomaszewski, Kozicki, 2021, s. 125-126).

W artykule przeprowadzono analizę szeregu czasowego (Luszniewicz, 2003, s. 143-160; Kozicki, Waściński, Brzeziński, Lisowska, 2018, s. 1235-1241; Rabiej, 2018, s. 43-278; Makridakis, Wheelwright, Hyndman, 1998) wydatków. Wydatki to każde zmniejszenie stanu środków pieniężnych z kasy lub rachunku bankowego bez względu na cel ich poniesienia (Gabrusewicz, Kamela-Sowińska, Poetschke, 2000, s. 46).

Oceną przeprowadzonej w opracowaniu analizy było wykrycie prawidłowości w postaci trendu i sezonowości (Jóźwiak, Podgórski, 2012; Głuszkowski, Jabłońska, 2008; Kot, Jakubowski, Sokołowski, 2011). Do realizacji tego celu wykorzystano twarze Chernoffa oraz model regresji wielorakiej. Regresja wieloraka wyjaśnia w sposób analityczny kształtowanie się zmiennej losowej (w przypadku artykułu – wydatków) pod wpływem innych zmiennych (w przypadku opracowania: czasu – zmienna  $t$ ,  $t^2$  i jedenastu zmiennych zerowej jednostkowych miesięcy).

To z kolei pozwoliło na dobór do prognozowania na przyszłość modelu Kleina (Czyżyński, Klóska, 2019). Model ten jest wykorzystywany podczas zaobserwowania prawidłowości w postaci trendu i sezonowości (Mikow, Tomaszewski, Kozicki, 2021). Prognozowanie oznacza racjonalne naukowe przewidywanie przyszłych zdarzeń (Dittmann, 2016, s. 20).

Uzyskane prognozy po zastosowaniu modelu Kleina poddano analizie i ocenie (Zagdański, Suchwałko, 2016, s. 264-267).

## **Analiza szeregu czasowego wydatków**

Badania rozpoczęto od nakreślenia wykresu liniowego danych pierwotnych dotyczących wydatków podmiotu badań od stycznia 2016 do grudnia 2020 roku.

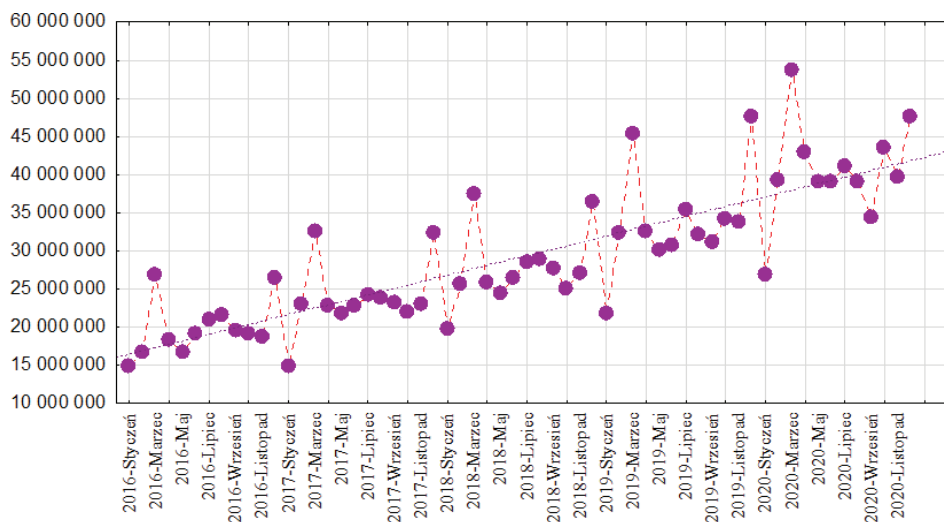
Obserwacja wzrokowa danych nakreślonych na rysunku 1 pozwala na stwierdzenie istnienia trendu o charakterze rosnącym oraz sezonowości w ujęciu miesięcznym.

Dalszym etapem badań będzie analiza szeregu czasowego wydatków pod kątem istnienia wartości odstających i ekstremalnych (zob. rys. 2).

Z rysunku 2 wynika, że w analizowanym szeregu czasowym wydatków brak jest wartości odstających i ekstremalnych. Mediana wydatków znajdujących się w rozpatrywanym szeregu czasowym wynosi 26 977 000 zł.

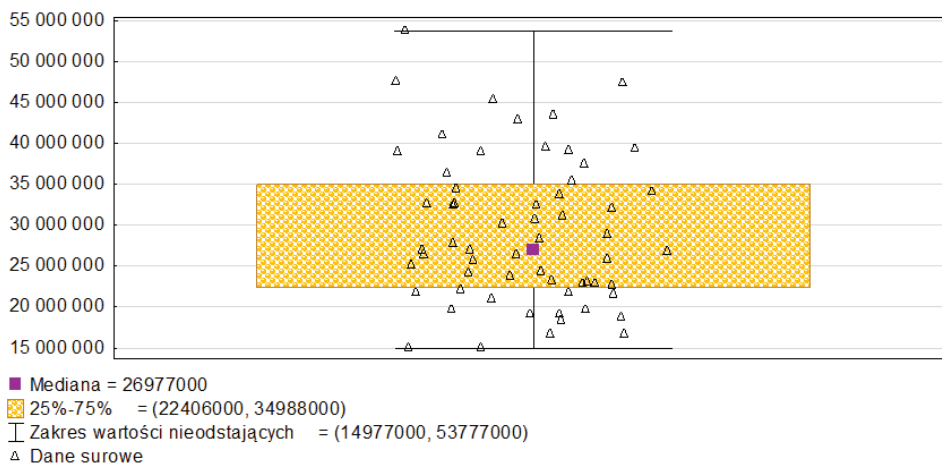
Dalszym etapem badań jest analiza rozkładu zmiennych wchodzących w skład rozpatrywanego szeregu czasowego (zob. rys. 3 i 4).

Z wykonanego histogramu (zob. rys. 3) wynika, że rozkład analizowanych danych jest zbliżony do normalnego. W celu stwierdzenia rozkładu o charakterze normalnym na rysunku 5 nakreślono wykres normalności i wykonano test Shapiro–Wilka.



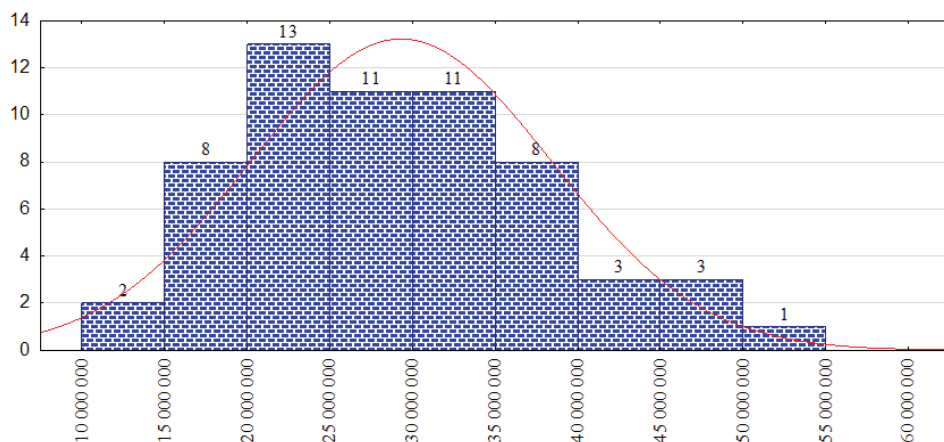
Rys 1. Wykres liniowy wydatków w podmiocie badań od stycznia 2016 do grudnia 2020

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pozyskanych z podmiotu badań



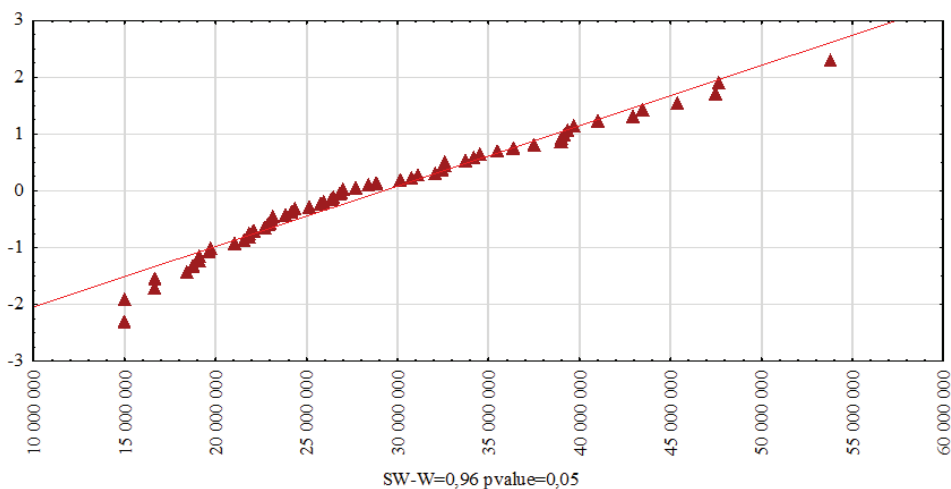
Rys. 2. Wykres puszkowy rozpatrywanych wydatków podmiotu badań

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pozyskanych z podmiotu badań



Rys. 3. Histogram wydatków podmiotu badań

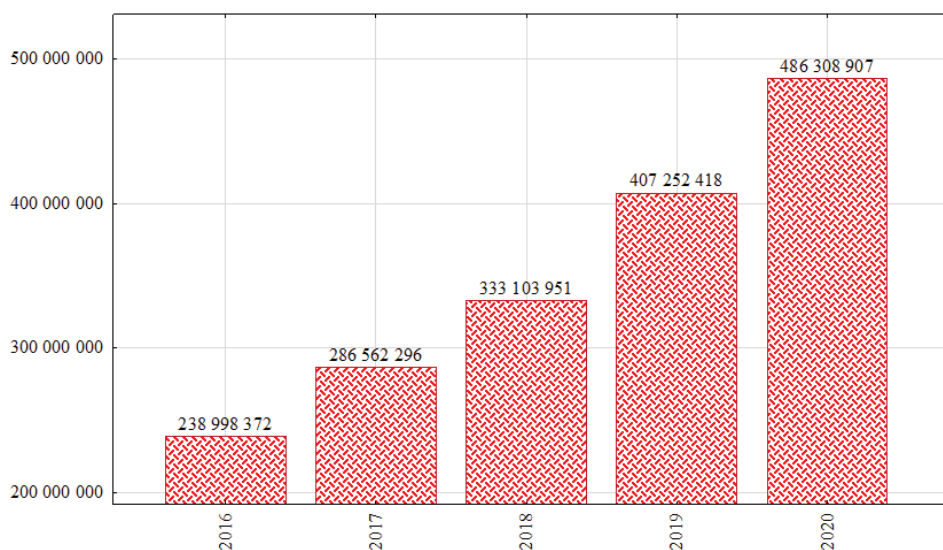
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pozyskanych z podmiotu badań



Rys. 4. Wykres normalności z testem Shapiro–Wilka wydatków podmiotu badań

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pozyskanych z podmiotu badań

Oceną narysowanego wykresu normalności jest potwierdzenie rozkładu o charakterze normalnym. Na rozkład normalny wskazują wyniki przeprowadzonego testu Shapiro–Wilka, w którym pvalue wyniosło 0,05, a test SW-W wyniósł 0,96. Następnie postanowiono zbadać istnienie trendu o charakterze rosnącym. Do realizacji tego celu na rysunku 5 pogrupowano poniesione wydatki w zmienną zależną w latach 2016-2020 i je ze sobą zestawiono.



Rys. 5. Wydatki w poszczególnych latach 2016-2020 podmiotu badań

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pozyskanych z podmiotu badań

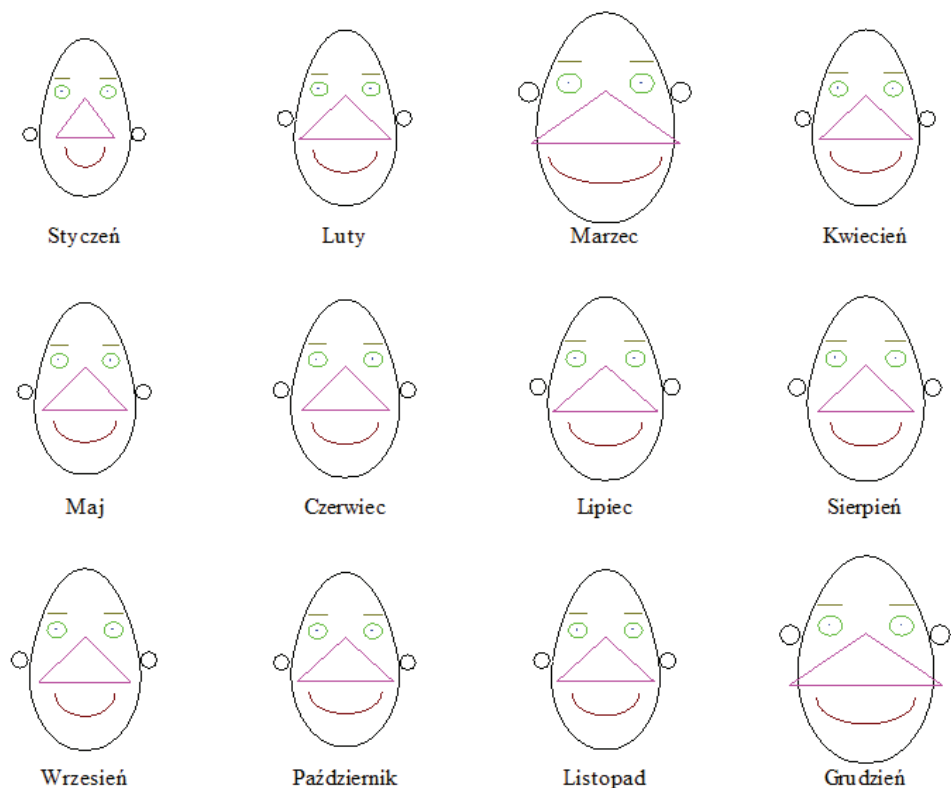
Z rysunku 5 wynika, że najwyższy przyrost wydatków w poszczególnych rozpatrywanych latach 2016-2020 był w 2020 roku. Odnotowano wzrost w porównaniu do 2019 roku o 79 056 489 zł. Na drugim miejscu w rankingu był rok 2019 z przyrostem w porównaniu do roku poprzedniego o 74 148 467 zł. Najniższy przyrost w rozpatrywanym okresie był w 2018 roku i wzrost w porównaniu do wydatków z 2017 roku nastąpił o 46 541 655 zł. W 2017 roku przyrost wydatków w porównaniu do roku 2016 nastąpił o kwotę 47 563 924 zł.

## Wielowymiarowa analiza porównawcza

Kolejnym etapem badań jest zastosowanie wielowymiarowej analizy danych w postaci twarzy Chernoffa do potwierdzenia istnienia prawidłowości w postaci sezonowości w ujęciu miesięcznym. W tym celu wydatkom poniesionym w poszczególnych latach przyporządkowano cechy twarzy:

- szerokość twarzy – zewidencjonowane wydatki w 2016 roku;
- poziom uszu – zewidencjonowane wydatki w 2017 roku;
- połowa wysokości twarzy – zewidencjonowane wydatki w 2018 roku;
- szerokość nosa – zewidencjonowane wydatki w 2019 roku;
- długość ust – zewidencjonowane wydatki w 2020 roku.

Wyniki badań przedstawiono na rysunku 6.



Rys. 6. Twarze Chernoffa wydatków podmiotu badań

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pozyskanych z podmiotu badań

Oceną zastosowanej wielowymiarowej analizy danych w postaci twarzy Chernoffa jest potwierdzenie istnienia sezonowości w ujęciu miesięcznym w rozpatrywanych danych pierwotnych. W jednoimiennych miesiącach: marzec i grudzień zaobserwować można większe twarze i ich poszczególne zakodowane cechy niż w pozostałych miesiącach (10 pozostałych twarzy). To z kolei świadczy o zjawisku sezonowości w ujęciu miesięcznym.

Dalszym etapem badań było zbudowanie modelu zerowej regresji wielorakiej do potwierdzenia istnienia zjawisk w postaci sezonowości i trendu. Do budowy modelu użyto czternastu predyktorów, a istotne, w których p-value było mniejsze od przyjętego poziomu istotności, zestawiono w tabeli 1.

Oceną zbudowanego modelu (zob. tabelę 1) jest potwierdzenie istnienia trendu i sezonowości. Wielokrotny  $R^2$  wyniósł 0,96, a skorygowany  $R^2$  – 0,95. Błąd standardowy estymacji wyniósł 2008 000.



Tabela 1. Model zerowyjedynekowy regresji wielorakiej

N=60	R = 0,98062965 R <sup>2</sup> = 0,96163451 Poprawiony R2 = 0,95079209 Błąd standardowy estymacji: 2008000					
	b*	Bł. std.	b	Bł. std.	t (46)	p
W. wolny			11014102	1141382	9,64979	0,000000
II	0,227280	0,039107	7381163	1270049	5,81171	0,000001
III	0,577935	0,039118	18769102	1270407	14,77409	0,000000
IV	0,236562	0,039135	7682611	1270959	6,04474	0,000000
V	0,157595	0,039157	5118091	1271678	4,02468	0,000211
VI	0,182806	0,039184	5936844	1272546	4,66533	0,000027
VII	0,243209	0,039215	7898487	1273554	6,20193	0,000000
VIII	0,199735	0,039250	6486626	1274702	5,08874	0,000007
IX	0,129631	0,039290	4209912	1275997	3,29931	0,001876
X	0,164304	0,039335	5335956	1277458	4,17701	0,000130
XI	0,139106	0,039386	4517641	1279110	3,53186	0,000951
XII	0,421613	0,039444	13692355	1280988	10,68891	0,000000
t	0,433191	0,117618	224522	60961	3,68304	0,000605
t <sup>2</sup>	0,403644	0,117477	3324	967	3,43596	0,001262

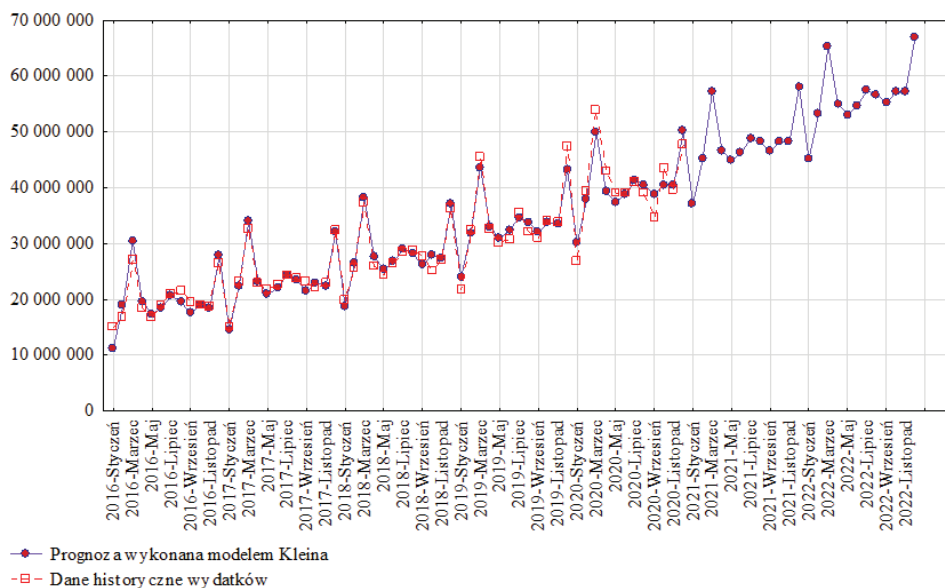
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pozyskanych z podmiotu badań

## Prognozowanie modelem Kleina

Zbudowany model posłuży do wykonania prognozowania rozpatrywanego szeregu czasowego wydatków na dwadzieścia przyszłe okresy. Prognozowanie zostanie wykonane na podstawie nakreślonej poniżej funkcji Y.

$$Y = 11014102,46023780 + II * 7381162,68119612 + III * 18769101,7043683 + IV * 7682610,92551653 + V * 5118090,81464082 + VI * 5936844,16574116 + VII * 7898486,74681755 + VIII * 6486625,95587 + IX * 4209912,43489848 + X * 5335956,45790303 + XI * 4517640,78688361 + XII * 13692354,6718403 + t * 224521,83519319 + t^2 * 3324,22301197404$$

Na rysunku 7 zestawiono wyniki prognozowania wydatków na dwadzieścia cztery przyszłe okresy ze zbudowanym modelem regresji wielorakiej nazywanym w literaturze modelem Kleina.



Rys. 7. Prognoza wydatków podmiotu badań na lata 2021-2022

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pozyskanych z podmiotu badań

Oceną prognozy wydatków wykonanej modelem Kleina jest stwierdzenie dobrego dopasowania wartości przewidywanych i obserwowanych. W prognozach widoczne są zjawiska obserwowalne w danych retrospektywnych analizowanych wydatków. W tabeli 2 nakreślono uzyskane prognozy za pomocą zastosowanego modelu Kleina w ujęciu ilościowym.

Prognoza wydatków na 2021 rok to była kwota w postaci 575 248 346 zł, natomiast w 2022 roku wzrosła ona do poziomu 676 989 270 zł. **Średnia arytmetyczna uzyskanej prognozy w ujęciu miesięcznym to 52 176 567 zł. Odchylenie standardowe było na poziomie 6951 914 zł.**

Tabela 2. Prognoza wydatków podmiotu badań na lata 2021-2022 w ujęciu miesięcznym

Lp.	Miesiąc-rok	Prognoza potrzeb
1.	Styczeń 2021	37 079 368
2.	Luty 2021	45 093 932
3.	Marzec 2021	57 121 921
4.	Kwiecień 2021	46 682 128
5.	Maj 2021	44 770 955
6.	Czerwiec 2021	46 249 703
7.	Lipiec 2021	48 877 989
8.	Sierpień 2021	48 139 420
9.	Wrzesień 2021	46 542 647
10.	Październik 2021	48 355 280
11.	Listopad 2021	48 230 202
12.	Grudzień 2021	58 104 801
13.	Styczeń 2022	45 118 981
14.	Luty 2022	53 213 326
15.	Marzec 2022	65 321 096
16.	Kwiecień 2022	54 961 085
17.	Maj 2022	53 129 693
18.	Czerwiec 2022	54 688 223
19.	Lipiec 2022	57 396 290
20.	Sierpień 2022	56 737 503
21.	Wrzesień 2022	55 220 511
22.	Październik 2022	57 112 925
23.	Listopad 2022	57 067 628
24.	Grudzień 2022	67 022 009

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pozyskanych z podmiotu badań

## Analiza i ocena reszt prognozy modelem Kleina

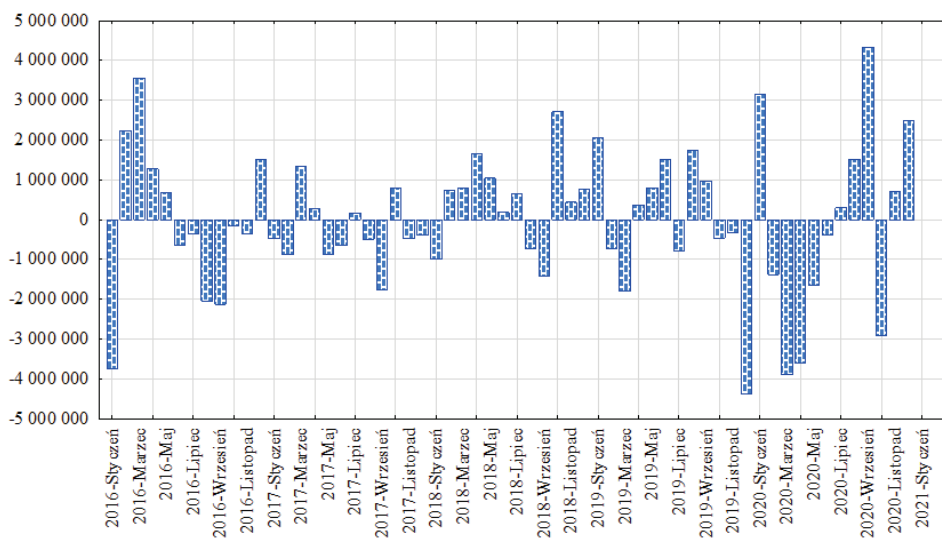
Ostatnim etapem badań było przeprowadzenie analizy reszt uzyskanej prognozy. Badania rozpoczęto od analizy reszt. Na wstępie wyliczono miernik w postaci średniego bezwzględnego absolutnego błędu procentowego (MAPE). Wyniki nakreślono w tabeli 3.

Tabela 3. Analiza błędu prognozowania

Nazwa miernika	Wartość
Średni bezwzględny absolutny błąd procentowy	0,04959951

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pozyskanych z podmiotu badań

Oceną miernika MAPE, który wyniósł 4,96%, jest stwierdzenie, że uzyskane prognozy są bardzo dobre. Następnie na rysunku 8 nakreślono reszty uzyskanej prognozy.

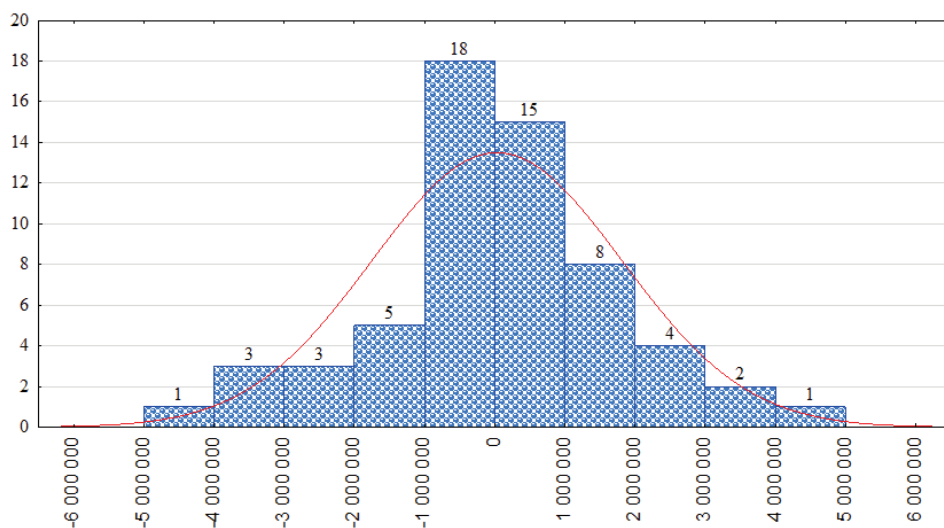


Rys. 8. Wykres liniowy reszt zbudowanego modelu regresji wielorakiej

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pozyskanych z podmiotu badań

Reszty uzyskanej prognozy są zarówno dodatnie, jak i ujemne o długich i krótkich wążach. Z doświadczenia własnego wynika, że w resztach nie powinny być widoczne zależności w opóźnieniach poszczególnych uzyskanych reszt prognozy.

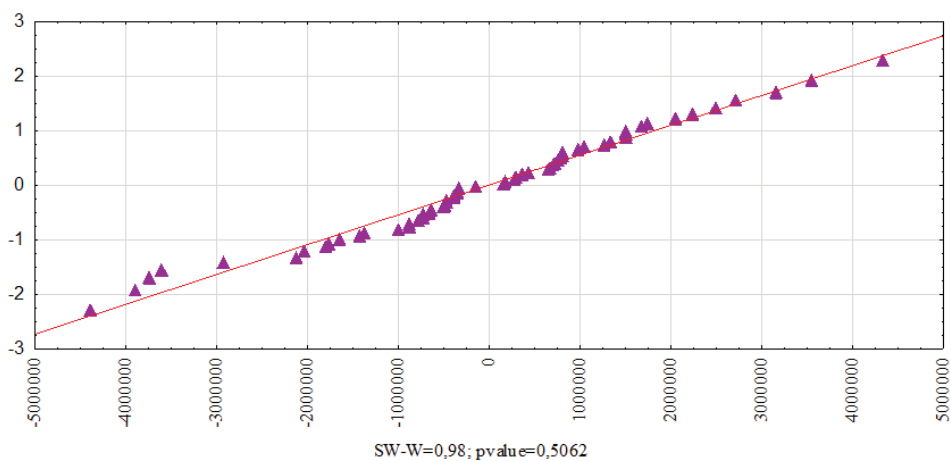
Następnie na rysunkach 9 i 10 zbadano rozkład reszt uzyskanej prognozy.



Rys. 9. Histogram reszt zbudowanego modelu regresji wielorakiej

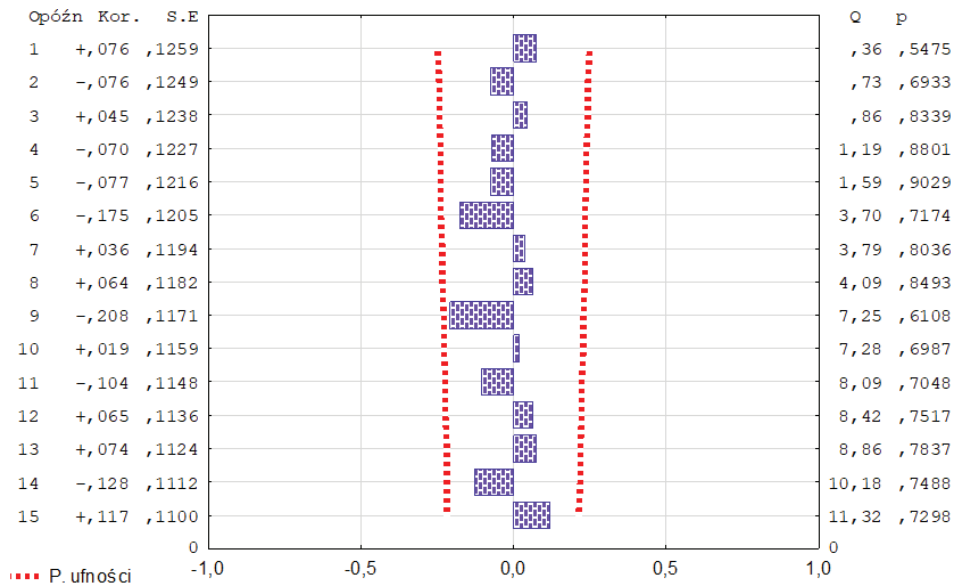
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pozyskanych z podmiotu badań

Nakreślony na rysunku 9 histogram wskazuje na rozkład normalny.



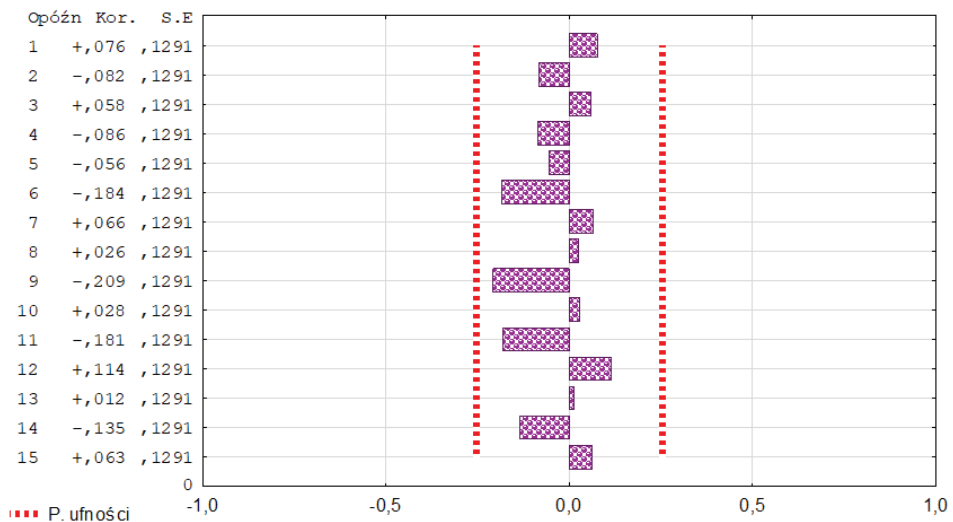
Rys. 10. Wykres normalności z testem Shapiro–Wilka reszt zbudowanego modelu regresji wielorakiej

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pozyskanych z podmiotu badań



Rys. 11. Autokorelacja reszt zbudowanego modelu regresji wielorakiej

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pozyskanych z podmiotu badań



Rys. 12. Autokorelacja cząstkowa reszt zbudowanego modelu regresji wielorakiej

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pozyskanych z podmiotu badań

Rozkład normalny reszt prognozy uzyskanej po zastosowaniu modelu Kleina został potwierdzony po użyciu wykresu normalności i wykonaniu testu Shapiro–Wilka. Następnie postanowiono zbadać zależności w uzyskanych resztach prognozy wykonanej modelem Kleina.

Z obserwacji autokorelacji (zob. rys. 11) wynika, że doszło do zjawiska białego szumu.

Biały szum widoczny jest po zastosowaniu autokorelacji cząstkowej (zob. rys. 12). Oceną przeprowadzonej analizy reszt prognozy modelem Kleina jest stwierdzenie, że uzyskane prognozy powinny być bardzo dobre.

## Podsumowanie i wnioski końcowe

Wykonane w opracowaniu badania zawierają wiele zaawansowanych metod badawczych zastosowanych do analizy, oceny i prognozowania danych na przyszłość. Badania opisane w artykule rozpoczęto od analizy szeregu czasowego wydatków. Obserwacja nakreślonych danych dotyczących wydatków podmiotu badań (zob. rys. 1) pozwoliła na zaobserwowanie prawidłowości w postaci trendu o charakterze rosnącym oraz sezonowości w ujęciu miesięcznym. To z kolei stało się przesłanką do prowadzenia dalszych badań w tym zakresie. Nie wykryto wartości odstających i ekstremalnych (zob. rys. 2). Zaobserwowano, że rozkład szeregu czasowego wydatków jest normalny (zob. rys. 3-5). Do analiz wykorzystano: histogram, wykres kwantyl–kwantyl oraz test Shapiro–Wilka. Trend i sezonowość potwierdzono dzięki użyciu metody twarze Chernoffa (zob. rys. 6) oraz zbudowaniu modelu zerowej regresji wielorakiej (zob. tabelę 1). Przeprowadzone badania oraz ocena analizy literatury przedmiotu pozwoliły na dobór do prognozowania wydatków podmiotu badań modelu Kleina. Prognoza wydatków na 2021 rok wyniosła 575 248 346 zł, natomiast w 2022 roku wzrosła do poziomu 676 989 270 zł. Średnia arytmetyczna uzyskanej prognozy w ujęciu miesięcznym to 52 176 567 zł. Odchylenie standardowe było na poziomie 6951 914 zł.

Ostatnim etapem badań było przeprowadzenie analizy reszt uzyskanej prognozy. Oceną miernika średniego bezwzględnego absolutnego błędu procentowego, który wyniósł 0,0496, jest stwierdzenie, że uzyskane prognozy są bardzo dobre. Rozkład uzyskanych reszt prognozy jest o charakterze normalnym, a w ich opóźnieniach widnieje zjawisko białego szumu. To z kolei jednoznacznie pozwala na stwierdzenie, że uzyskana prognoza jest bardzo dobra. Tym samym cel pracy został osiągnięty, a przyjęta na wstępie hipoteza badawcza zweryfikowana. Odpowiedź na problem badawczy brzmi: zastosowanie wielowymiarowej analizy porównawczej w postaci twarze Chernoffa i zbudowanie modelu regresji wielorakiej pozwoliło na stwierdzenie istnienia trendu i sezonowości w ujęciu miesięcznym. Powyższe stało się przesłanką do prognozowania danych retrospektywnych wydatków z zastosowaniem modelu Kleina.

Użycie zatem modelu Kleina do prognozowania wydatków na przyszłość pozwoli na uzyskanie dobrych prognoz, ale niezwykle ważna jest ciągła analiza i ocena ewidencjonowanych danych pod kątem doboru metody do ich prognozowania w aspekcie zmian związanych z nagłym wystąpieniem czynników losowych mających wpływ na kalkulowane wartości prognoz.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] CZYŻYŃSKI, R., KLÓSKA, R., 2019. *Wybrane zagadnienia z prognozowania*, Szczecin: Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego.
- [2] DITTMANN, P., 2016. *Prognozowanie w przedsiębiorstwie. Metody i ich zastosowanie*, Marki: Wydawnictwo Nieoczywiste.
- [3] GABRUSEWICZ, W., KAMELA-SOWIŃSKA, A., POETSCHKE, H., 2000. *Rachunkowość zarządcza*, Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.
- [4] GŁUSZKOWSKI, T., JABŁOŃSKA, M., 2008. *Prognozowanie i analiza sprzedaży. Modele w Excelu*, Łódź: Wydawnictwo 4TG.
- [5] GRABIŃSKI, T., WYDYMUS, S., ZELIAŚ, A., 1989. *Metody taksonomii numerycznej w modelowaniu zjawisk społeczno-gospodarczych*, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- [6] JÓŹWIAK, J., PODGÓRSKI, J., 2012. *Statystyka od podstaw*, Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.
- [7] KOT, S.M., JAKUBOWSKI, J., SOKOŁOWSKI, A., 2011. *Statystyka*, Warszawa: Difin.
- [8] KOZICKI, B., WAŚCIŃSKI, T., BRZEZIŃSKI, M., LISOWSKA, A., 2018. Cost forecast in a shipping company, *Transport Means 2018*, Litwa (online).
- [9] KOZIEJ, S., 2009. *Podstawy bezpieczeństwa*, Warszawa: Wydawnictwo AON.
- [10] KUREK, S., 2000. *Bezpieczeństwo ekonomiczne państwa*, [w:] Kurini, S., Krc, M. (red.), *Ekonomika bezpieczeństwa państwa średniej wielkości. Teoria i praktyka*, Warszawa–Brno.
- [11] LUSZNIIEWICZ, A., 2003. *Statystyka w zarządzaniu*, Białystok: Wydawnictwo Wyższej Szkoły Finansów i Zarządzania w Białymstoku.
- [12] ŁUNIEWSKA, M., TARCZYŃSKI, W., 2006. *Metody wielowymiarowej analizy porównawczej na rynku kapitałowym*, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- [13] MAKRIDAKIS, S.G., WHEELWRIGHT, S.C., HYNDMAN, R.J., 1998. *Forecasting methods and applications*, New York: John Wiley and Sons.
- [14] MITKOW, SZ., TOMASZEWSKI, J., KOZICKI, B., 2021. *Bezpieczeństwo militarne a potencjał osobowy Sił Zbrojnych RP*, Warszawa: Wojskowa Akademia Techniczna.
- [15] PLUTA, W., 1977. *Wielowymiarowa analiza porównawcza w badaniach ekonomicznych*, Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.
- [16] RABIEJ, M., 2018. *Analizy statystyczne z programami Statistica i Excel*, Gliwice: Helion.
- [17] WILLIAMS, P., 2012. *Studia bezpieczeństwa*, Kraków: Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego.
- [18] ZAGDAŃSKI, A., SUCHWAŁKO, A., 2016. *Analiza i prognozowanie szeregów czasowych. Praktyczne wprowadzenie na podstawie środowiska R*, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- [19] ZIĘBA, R., 2016. *Bezpieczeństwo międzynarodowe w XXI wieku*, Warszawa: Poltext.