

WPŁYW PANDEMII COVID-19 NA RUCH PASAŻERSKI W TRANSPORCIE LOTNICZYM W UE

Agnieszka Barczak^{1*}

¹ Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Ekonomiczny, Polska


Streszczenie: Pandemia COVID-19 miała negatywny wpływ na wiele aspektów działalności gospodarczej na całym świecie. W dużej mierze – z powodu wprowadzanych obostrzeń – ucierpiał transport, w tym pasażerski transport lotniczy. Dlatego też celem opracowania jest sprawdzenie, jak duży negatywny wpływ miała pandemia COVID-19 na lotniczy transport pasażerski w Unii Europejskiej, i zobrazowanie ewentualnych różnic pomiędzy wartościami rzeczywistymi a prognozowanymi. W badaniu posłużono się danymi kwartalnymi za lata 2013-2021 publikowanymi przez Eurostat. Prognoza kombinowana została zbudowana w oparciu o średnią ważoną, z wykorzystaniem takich metod prognostycznych, jak: analiza widmowa Fouriera, trendy jednoimiennych okresów, wskaźniki sezonowości oraz metoda wygładzania wykładniczego. Badania wykazały duże różnice w analizowanych wielkościach, wynoszące nawet blisko 30 milionów obsłużonych pasażerów.

Słowa kluczowe: analiza widmowa Fouriera, pandemia COVID-19, prognozy kombinowane, transport lotniczy, trendy jednoimiennych okresów, wskaźniki sezonowości, wygładzanie wykładnicze

Kod klasyfikacji JEL: C22, C53, R41

Wprowadzenie

Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) 11 marca 2020 roku ogłosiła pandemię COVID-19. W celu ograniczenia rozprzestrzeniania się wirusa w wielu krajach na świecie wprowadzono obostrzenia w podróżowaniu przede wszystkim transportem lotniczym. Restrykcje te dotknęły również krajów Unii Europejskiej. Zdaniem Marie

¹ Agnieszka Barczak, dr, ul. Janickiego 31, 71-270 Szczecin, agnieszka-barczak@zut.edu.pl,
 <https://orcid.org/0000-0001-7584-7183>

* Autor korespondencyjny: Agnieszka Barczak, agnieszka-barczak@zut.edu.pl

Owens Thomsen, głównej ekonomistki IATA, w szczytowym okresie wprowadzania lockdownów (w pierwszej fali pandemii) spadek ruchu lotniczego przekraczał 90% (Walków, 2022). Na znaczne spadki liczby pasażerów w transporcie lotniczym na świecie zwróciło uwagę również ICAO (ICAO, 2020). Jedno z przeprowadzonych badań wskazuje wręcz na to, że jeszcze przed ogłoszeniem obostrzeń informacje o rozprzestrzenianiu się wirusa SARS-CoV-2 spowodowały niekorzystne zmiany na rynku usług lotniczych (Maneenopa & Kotcharin, 2020).

Ponowne uruchomienie lotów nie spowodowało wzrostu liczby pasażerów do poziomu sprzed pandemii. Wynika to z wielu przyczyn. Niepełna wiedza na temat choroby COVID-19 i strach o zdrowie oraz niespójne zasady podróżowania (testy, wymóg szczepienia, kwarantanna) między państwami spowodowały, że wiele osób rezygnowało z tej formy przemieszczania się. Z drugiej strony uziemienie samolotów w wyniku lockdownu spowodowało odcięcie linii lotniczych, a za tym portów lotniczych, agentów obsługi naziemnej, dostawców, działających na lotniskach firm handlowych, usługowych i gastronomicznych od przychodów (Linden, 2020; Sun et al., 2020). Spowodowało to falę zwolnień, w konsekwencji czego po poluzowaniu obostrzeń brakowało między innymi personelu obsługi naziemnej na lotniskach (Walków, 2022).

Pandemia COVID-19 i jej skutki dla transportu lotniczego są szeroko badane na całym świecie (np. Suau-Sanchez et al., 2020; Barczak, 2021; Barczak et al., 2022). Badacze analizują konsekwencje pandemii dla rynku transportu lotniczego (np. Arena & Aprea, 2021; Sun et al., 2021). Badany jest również wpływ pandemii na mobilność w transporcie lotniczym, a za tym zmniejszenie jego negatywnego wpływu na środowisko naturalne (np. Nižetić, 2020; Jiménez-Crisóstomo et al., 2021). Naukowcy prognozują prawdopodobne kształtowanie się potoków pasażerskich w najbliższych latach (np. Abate et al., 2020; Gallego & Font, 2020; Gudmundsson et al., 2020). Szacuje się, że odbudowa popytu na pasażerskie przewozy lotnicze potrwa od dwóch do czterech lat. Zdaniem Wollega (2021) zauważalne ożywienie w ruchu pasażerskim w transporcie lotniczym było mało prawdopodobne do połowy 2022 roku, zaś Gudmundsson, Cattaneo i Redondi (2020) są zdania, że w Europie ożywienie pojawi się po upływie 2,7 roku. Niestety przeprowadzone prognozy mogą okazać się nie trafne w przypadku niektórych krajów sąsiadujących z Ukrainą, ze względu na trwający tam konflikt zbrojny (od 24 lutego 2022 roku). Między innymi Polska jest postrzegana przez zagranicznych turystów jako kraj zlokalizowany zbyt blisko konfliktu zbrojnego, a za tym – miejsce podwyższonego ryzyka (Business Insider Polska, 2022).

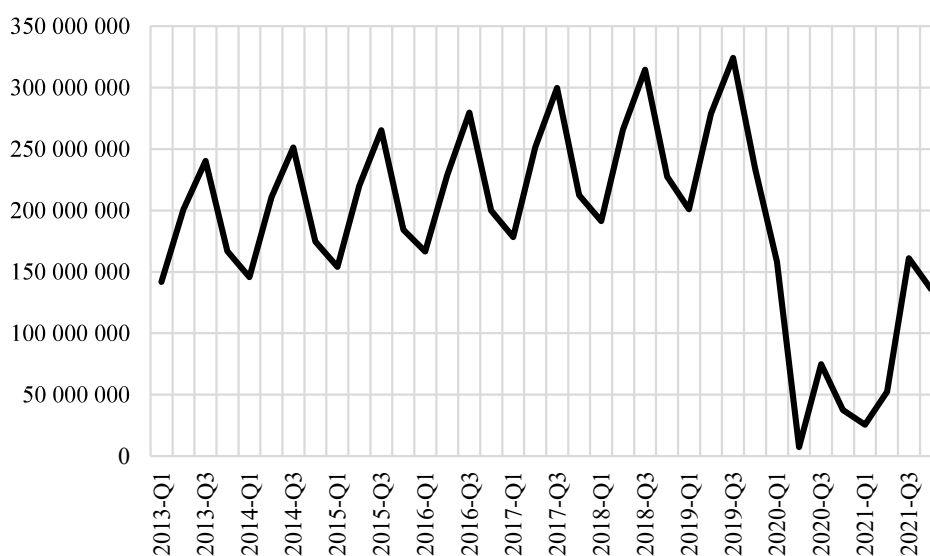
Jednakże w dalszym ciągu warto prowadzić analizy dotyczące wpływu pandemii COVID-19 na wszystkie gałęzie transportu, zarówno z perspektywy pojedynczych krajów (np. Barczak et al., 2022; Warnock-Smith et al., 2021), jak i biorąc pod uwagę szerszą perspektywę (Zhang et al., 2021). Dlatego też celem opracowania jest sprawdzenie, jak duży negatywny wpływ pandemia COVID-19 miała na lotniczy transport pasażerski w UE, i zobrazowanie ewentualnych różnic pomiędzy wartościami rzeczywistymi a prognozowanymi.

Do prognozowania ruchu pasażerskiego w transporcie lotniczym w UE wykorzystano analizę widmową Fouriera, metodę wskaźników sezonowości, metodę trendów jednoimiennych okresów oraz metodę wygładzania wykładniczego. Na tej podstawie sporządzono prognozę kombinowaną.

Do sporządzenia prognoz wykorzystano dane kwartalne za lata 2013-2019, a do porównań dodatkowo za lata 2020-2021. Nie rozszerzono analiz na kolejny 2022 rok, ponieważ w wyniku konfliktu zbrojnego w Ukrainie nastąpiły pewne zmiany w pasażerskim transporcie lotniczym i nie ma możliwości rozróżnienia wpływu pandemii COVID-19 i wojny.

Metodologia

Na Rysunku 1 przedstawiono kształtowanie się liczby pasażerów w transporcie lotniczym w UE. Widoczne są wyraźne wahania sezonowe o charakterze addytywnym oraz wyraźny spadek liczby pasażerów w II kwartale 2020 roku. Stąd też do analizy posłużono się metodami dostosowanymi do analizy szeregów czasowych z sezonowością.



Rysunek 1. Kształtowanie się liczby pasażerów w latach 2013-2021 w UE

Źródło: Opracowanie własne w oparciu o dane Eurostat

Ze względu na to, że budowanie prognoz kombinowanych pozwala na uzyskiwanie bardziej obiektywnych wyników, na potrzeby opracowania wybrano łączenie prognoz z wykorzystaniem średnich ważonych (Winkler & Makridakis, 1983). Najczęściej wykorzystywanym i wybranym na potrzeby opracowania miernikiem błędu jest średni absolutny błąd procentowy, wyznaczany ze wzoru:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{y_t - y_t^P}{y_t} \right| \quad (1)$$

gdzie:

n – liczba obserwacji w szeregu czasowym,

y_t – rzeczywista wartość zmiennej prognozowanej,

y_t^P – wartość prognozy wygasłej.

Przy konstrukcji prognozy kombinowanej zastosowano metodę średniej ważonej, gdzie wagi były odwrotnie proporcjonalne do błędów *ex post*:

$$y_{CT} = \sum_{i=1}^m \lambda_i y_{iT}^P \quad (2)$$

gdzie:

m – liczba prognoz składowych prognozy kombinowanej,

λ_i – waga i -tej prognozy indywidualnej ($0 \leq \lambda_i \leq 1$),

y_{iT}^P – i -ta prognoza indywidualna zmiennej y na okres/moment T .

Do budowy prognoz kombinowanych wykorzystano wyniki uzyskane za pomocą czterech metod: analizy widmowej Fouriera, metody wskaźników sezonowości, metody trendów jednoimiennych okresów oraz wygładzania wykładniczego.

Analiza widmowa Fouriera, inaczej analiza harmoniczna², to metoda służąca do badania zjawiska okresowości w szeregach czasowych. Model budowany jest w postaci sumy tzw. harmonik, czyli funkcji sinusoidalnych bądź cosinusoidalnych o danym okresie (Dittmann, 2004).

Metoda ta składa się z dwóch etapów: etap pierwszy to zidentyfikowanie zjawiska rytmiczności. Kolejno określana jest istotna długość cyklu i następuje badanie zmienności amplitudy wahań. Może mieć ona oscylacje stałe, tłumione bądź rosnące. Etap drugi polega na wyznaczeniu funkcji cyklometrycznej (Cieślak, 1970). Model zapisuje się w postaci (Zeliaś et al., 2003):

$$y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{n/2} A_i \cos\left(\frac{2\pi}{n} it - \delta_i\right) \quad (3)$$

gdzie:

i – numer harmoniki,

α_0 – poziom średni,

A_i – amplituda i -tej harmoniki (moduł z największej różnicy między wartością i -tej harmoniki a poziomem średnim α_0),

δ_i – faza i -tej harmoniki (przesunięcie najwyższego lub najniższego punktu i -tej harmoniki względem początku układu współrzędnych w lewo lub w prawo).

Wykorzystanie własności funkcji cosinus pozwala na przedstawienie modelu w następującej postaci:

$$y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{n/2} \left[\alpha_i \sin\left(\frac{2\pi}{n} it\right) + \beta_i \cos\left(\frac{2\pi}{n} it\right) \right] \quad (4)$$

gdzie:

$\alpha_0, \alpha_i, \beta_i$ – parametry.

Jest to model, który odnosi się do przypadku wahań wokół stałego średniego poziomu, jaki reprezentowany jest przez parametr α_0 .

² Metodyka została przedstawiona w pracy (Barczak, 2016).

Otrzymane za pomocą metody najmniejszych kwadratów wartości a_0 , a_i , b_i ocen parametrów α_0 , α_i , β_i przedstawiają wzory:

$$a_0 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n y_t, \quad (5)$$

$$a_i = \frac{2}{n} \sum_{t=1}^n y_t \sin\left(\frac{2\pi}{n} it\right) \text{ dla } i = 1, \dots, \frac{n}{2} - 1 \quad (6)$$

$$b_i = \frac{2}{n} \sum_{t=1}^n y_t \cos\left(\frac{2\pi}{n} it\right) \text{ dla } i = 1, \dots, \frac{n}{2} - 1 \quad (7)$$

Należy zaznaczyć, że w przypadku ostatniej harmoniki o numerze $n/2$ wartości te wynoszą:

$$a_{n/2} = 0 \quad (8)$$

$$b_{n/2} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n y_t \cos(\pi t) \quad (9)$$

Amplitudy dla poszczególnych harmonik wyznaczane są ze wzoru:

$$A_i = \sqrt{a_i^2 + b_i^2} \quad (10)$$

Aby zlokalizować amplitudy i fazy na osi czasu dla każdej harmoniki, wyznaczana jest wartość przesunięcia fazowego zgodnie z formułą:

$$\tau_i = \frac{\delta_i}{\vartheta_i} = \frac{\arctg\left(\frac{a_i}{b_i}\right)}{\frac{2\pi}{n}i} \text{ dla } i = 1, \dots, \frac{n}{2} \quad (11)$$

Im dłuższy jest szereg czasowy, tym większa liczba harmonik, które należy wyznaczyć. Najczęściej jednak w modelu bierze się pod uwagę te harmoniki, których udział w wyjaśnieniu wariacji zmiennej prognozowanej jest największy. Część ogólnej wariacji zmiennej prognozowanej uwzględnionej przez i -tą harmonikę wyznacza się ze wzoru:

$$\omega_i = \frac{a_i^2 + b_i^2}{2s_Y^2} \text{ dla } i = 1, \dots, \frac{n}{2} - 1 \quad (12)$$

oraz dla ostatniej harmoniki:

$$\omega_{n/2} = \frac{a_{n/2}^2 + b_{n/2}^2}{s_Y^2} \quad (13)$$

gdzie:

s_Y^2 – wariacja zmiennej prognozowanej.

W celu uwzględnienia trendu stosuje się model postaci:

$$y_t = f(t) + \sum_{i=1}^{n/2} \left[\alpha_i \sin\left(\frac{2\pi}{n} it\right) + \beta_i \cos\left(\frac{2\pi}{n} it\right) \right] \quad (14)$$

gdzie:

$f(t)$ – funkcja trendu.

Prognoza wyznaczana jest w oparciu o wzór (4) lub (14) z wykorzystaniem tylko tych harmonik, których udział w wyjaśnianiu wariacji zmiennej prognozowanej jest największy (Zeliaś et al., 2003; Dittmann, 2004).

Kolejną metodą wykorzystaną w opracowaniu jest metoda wskaźników sezonowości³. Opiera się ona na ilorazie wartości empirycznych przez wartości trendu. Kolejno wyznacza się średni wskaźnik dla okresów jednoimiennych bądź stosuje się iloraz średnich okresów jednoimiennych przez średnią wartość trendu okresów jednoimiennych (Krzysztofiak & Urbanek, 1981):

$$S_i = \frac{\sum y_i}{\sum \hat{y}_i} \cdot 100 \quad (15)$$

lub

$$S_i = \frac{\sum \bar{y}_i}{\sum \hat{y}_i} \cdot 100 = \frac{\sum \bar{y}_i}{\sum \hat{y}_i} \cdot 100 \quad (16)$$

gdzie:

S_i – wskaźnik sezonowości dla i -tego podokresu cyklu sezonowości,
 y_i – wartość empiryczna zmiennej okresu i ,
 \bar{y}_i – średnia wartość empiryczna zmiennej okresów jednoimiennych,
 \hat{y}_i – wartość trendu okresu i ,
 $\hat{\bar{y}}_i$ – średnia wartość trendu okresów jednoimiennych,
 n – liczba okresów jednoimiennych.

W przypadku gdy suma wskaźników sezonowości nie spełnia warunku $\sum_{i=1}^d S_i = d$, konieczne jest wyznaczenie współczynnika korygującego:

$$k = \frac{d}{\sum_{i=1}^d S_i} \quad (17)$$

gdzie:

d – liczba podokresów w cyklu.

Współczynnik ten pozwala na przekształcenie surowych (nieoczyszczonych) wskaźników sezonowości na wskaźniki oczyszczone za pomocą formuły:

$${}_k S_i = k \cdot S_i \quad (18)$$

Znajomość miar wahań sezonowych i funkcji trendu badanego zjawiska pozwala na uzyskiwanie prognoz. W przypadku addytywnych wahań sezonowych, w celu uzyskania prognozy dla okresu $t = T$ stosuje się następującą formułę:

$$y_T^P = \hat{y}_T + S_i \quad (19)$$

gdzie:

\hat{y}_T – wartość oszacowanej funkcji trendu.

Następną metodą jest metoda trendów jednoimiennych okresów. Polega ona na oszacowaniu parametrów analitycznych funkcji trendów, dla poszczególnych faz cyklu oddzielnie. Trend może przyjmować różne postaci, w zależności od jego dopasowania do danych rzeczywistych. Jednakże, ze względu na zwykle niewielką liczbę obserwacji powstająca po podziale szeregów wyjściowych, w praktyce najczęściej występuje liniowa funkcja trendu (Zeliaś et al., 2003).

Ostatnią z metod jest metoda wygładzania wykładniczego. Wygładzanie wykładnicze to metoda, w której szeregi czasowe przewidywanej zmiennej są wygładzane

³ Metodyka została przedstawiona w pracy (Barczak, 2015).

za pomocą ważonej średniej ruchomej. Polega to na zastąpieniu każdego elementu szeregu średnią ważoną n sąsiednich wartości, gdzie n jest tak zwaną szerokością okna wygładzania. Należy zauważyć, że wagi są wyznaczone zgodnie z prawem wykładniczym. Parametry alfa i delta użyte w modelowaniu (parametr wygładzający składni sezonowej) zostały wybrane za pomocą automatycznego wyszukiwania najlepszej wartości parametru z wykorzystaniem procedury minimalizacji funkcji quasi-newtonowskiej (Statistica 13.3). Wartości te dobierane są na zasadzie minimalizacji średniokwadratowego błędu prognozy ex post, czyli minimalizacji sumy kwadratów różnic między wartościami empirycznymi a prognozowanymi na jeden okres do przodu. Realizując proces wygładzania wykładniczego, można polegać na różnych modelach, dostosowanych do rodzaju składowych przewidywanych szeregów czasowych (Billah et al., 2006; Ostertagova & Ostertag, 2012; Dembińska et al., 2022).

Rezultaty badań

Pierwszą z wykorzystanych metod jest analiza widmowa Fouriera. W wyniku jej zastosowania uzyskano poniższą funkcję, wykorzystaną do dalszej analizy. Należy zaznaczyć, że wyjaśnia ona 95,22% wariancji zmiennej prognozowanej.

$$y_t = 3\,371\,984,1303t + 172\,919\,341,9683 + 21\,723\,581,5588 \sin\left(\frac{2\pi}{28}7t\right) - 53\,521\,673,8697 \cos\left(\frac{2\pi}{28}7t\right)$$

W wyniku zastosowania metody wskaźników sezonowości otrzymano oczyszczone wskaźniki sezonowości, które informują o tym, że w pierwszym i czwartym kwartale, w wyniku sezonowości, liczba pasażerów była niższa odpowiednio o 48 382 804 i 26 862 451 pasażerów w stosunku do linii trendu. W kwartale drugim i trzecim była ona wyższa w odniesieniu do linii trendu o 16 584 712 i 58 660 544 pasażerów.

Następną wykorzystaną w analizach metodą jest metoda trendów jednoimiennych okresów. W Tabeli 1 przedstawiono trendy dla poszczególnych kwartałów wraz z ich dopasowaniem do danych rzeczywistych.

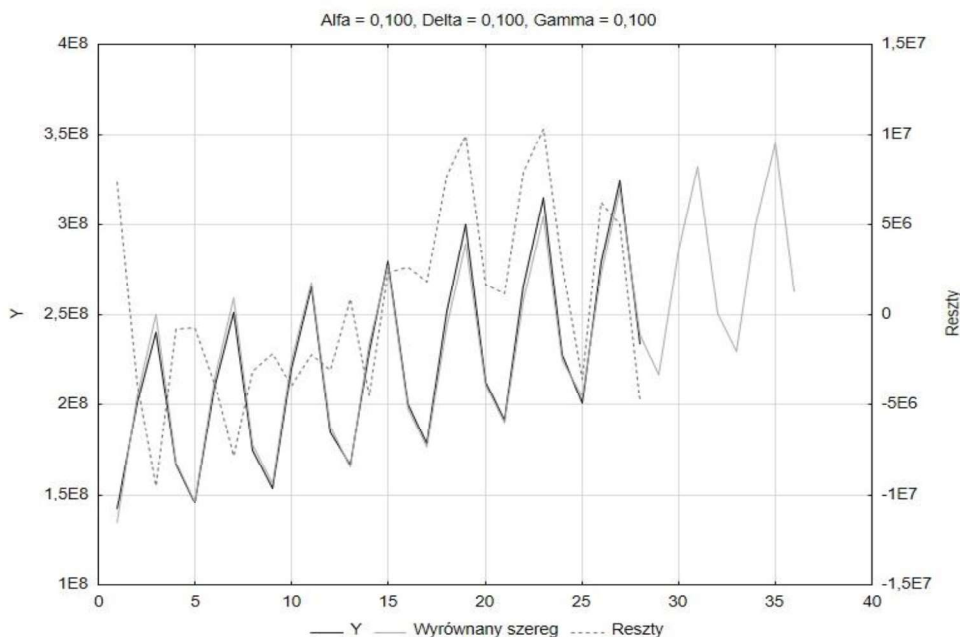
Tabela 1. Metoda trendów jednoimiennych okresów – funkcje trendów

Okres	Funkcja trendu	R^2	Vs
I kwartał	$y_t = 10\,460\,090,3571t + 126\,531\,970,2857$	0,9839	1,88%
II kwartał	$y_t = 13\,448\,175,8929t + 182\,919\,127,8571$	0,9798	1,93%
III kwartał	$y_t = 14\,756\,217,4286t + 223\,134\,778,0000$	0,9937	0,99%
IV kwartał	$y_t = 11\,954\,859,6071t + 152\,189\,198,1429$	0,9897	1,44%

Gdzie: współczynnik determinacji R^2 określa dopasowanie modeli do danych rzeczywistych, współczynnik zmienności Vs informuje o tym, jaką część średniej wartości zmiennej stanowi jej odchylenie standardowe reszt; współczynnik ten jest charakterystyką zmienności losowej zmiennej.

Źródło: Opracowanie własne w oparciu o dane Eurostat

Ostatnią z wykorzystanych metod jest metoda wygładzania wykładniczego. Analiza szeregu wskazała na konieczność wykorzystania modelu addytywnego z sezonowością (Rysunek 2).



Rysunek 2. Metoda wygładzania wykładniczego

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Eurostat z wykorzystaniem pakietu Statistica

W Tabeli 2 przedstawiono wartości prognoz uzyskane przy zastosowaniu czterech metod prognozowania. Ze względu na specyfikę (liczba pasażerów), wartości prognoz zaokrąglono do pełnych liczb. Dodatkowo przedstawiono wartości błędu MAPE, który jak już wspomniano, posłuży do sporządzenia wartości prognozy kombinowanej.

Tabela 2. Wartości prognoz uzyskane z zastosowaniem poszczególnych metod

Okres	Analiza Fouriera	Wskaźniki sezonowości	Trendy jednoimiennych okresów	Wygładzanie wykładnicze
I kw. 2020	292 436 164	222 324 078	210 212 693	216 968 626
II kw. 2020	327 598 146	290 663 578	290 504 535	286 579 495
III kw. 2020	255 721 174	336 111 394	341 184 517	332 335 715
IV kw. 2020	227 303 714	253 960 383	247 828 075	250 354 602
I kw. 2021	305 924 887	235 812 014	220 672 783	229 527 528
II kw. 2021	341 085 763	304 151 514	303 952 711	299 138 397
III kw. 2021	269 208 324	349 599 330	355 940 735	344 894 617
IV kw. 2021	240 791 970	267 448 319	259 782 935	262 913 505
MAPE	8,7248	7,9202	7,8191	7,7777

Źródło: Opracowanie własne w oparciu o dane Eurostat

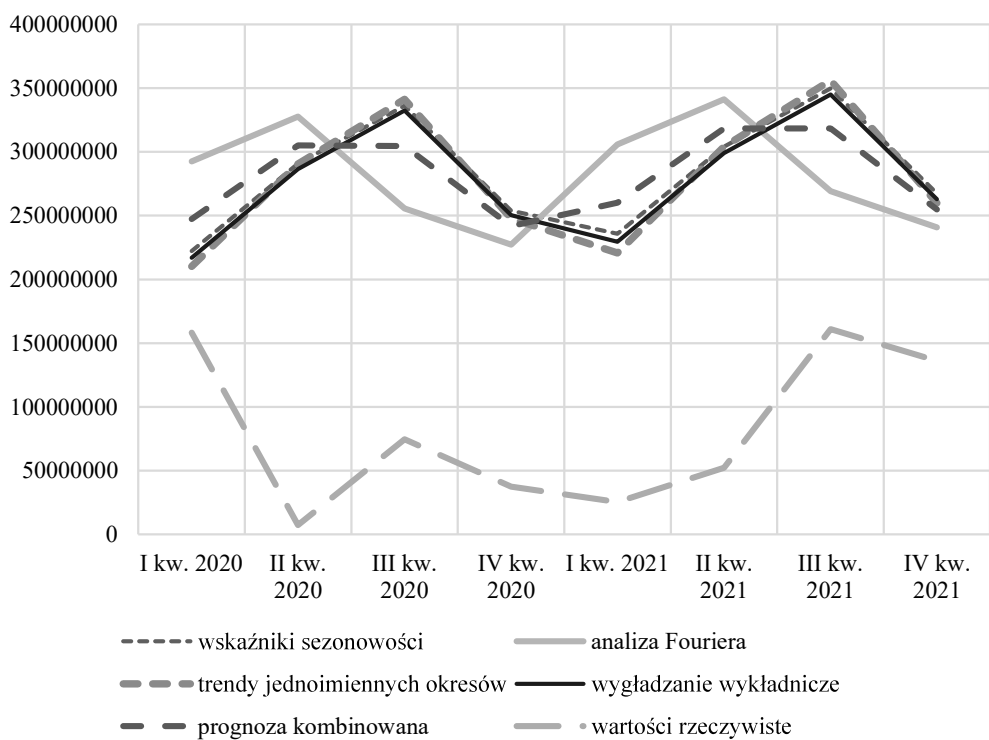
Na podstawie sporządzonych prognoz wyznaczono prognozy kombinowane dla poszczególnych kwartałów (Tabela 3).

Tabela 3. Wartości prognoz kombinowanych

Okres	Prognoza kombinowana na rok 2020	Okres	Prognoza kombinowana na rok 2021
I kw. 2020	247 411 090	I kw. 2021	260 200 869
II kw. 2020	304 997 188	II kw. 2021	318 384 141
III kw. 2020	304 592 363	III kw. 2021	318 240 737
IV kw. 2020	241 710 676	IV kw. 2021	254 799 221

Źródło: Opracowanie własne w oparciu o dane Eurostat

Na Rysunku 3 przedstawiono porównanie prognoz uzyskanych z wykorzystaniem wszystkich wspomnianych w pracy metod z prognozą kombinowaną i wartościami rzeczywistymi.



Rysunek 3. Porównanie wartości prognozowanych z rzeczywistymi

Źródło: Opracowanie własne w oparciu o dane Eurostat

O ile większość sporządzonych prognoz jest do siebie zbliżona, to rzeczywista realizacja zmiennej prognozowanej jest wyraźnie bardzo niska. Wskazuje to jednoznacznie na negatywny wpływ pandemii COVID-19 na liczbę pasażerów przewiezionych transportem lotniczym w UE.

Podsumowanie

Przeprowadzona analiza wyraźnie wskazuje na negatywny wpływ pandemii COVID-19 na pasażerski transport lotniczy, jeśli weźmie się pod uwagę całą wspólnotę Unii Europejskiej (Tabela 4). Wartości ujemne świadczą o tym, że uzyskane wartości prognoz przewyższają faktyczną realizację liczby przewiezionych pasażerów.

Tabela 4. Różnice ilościowe i procentowe pomiędzy rzeczywistą realizacją liczby przewiezionych pasażerów a wartościami uzyskanymi w wyniku prognozy kombinowanej

Okres	Różnica ilościowa	Różnica procentowa
I kw. 2020	-89 249 558	-36,07%
II kw. 2020	-297 636 176	-97,59%
III kw. 2020	-229 865 884	-75,47%
IV kw. 2020	-204 228 869	-84,49%
I kw. 2021	-234 732 045	-90,21%
II kw. 2021	-265 967 575	-83,54%
III kw. 2021	-157 154 885	-49,38%
IV kw. 2021	-118 628 133	-46,56%

Źródło: Opracowanie własne w oparciu o dane Eurostat

Największa różnica pomiędzy wartością rzeczywistą a prognozowaną wynosi 97,59% i została wyznaczona dla II kwartału 2020 roku. Był to okres pierwszego lockdownu, w którym liczba pasażerów była niższa od tej prognozowanej o 297 636 176 osób. Równie dużą różnicę odnotowano w przypadku I kwartału 2021 roku, kiedy to ponownie wprowadzono rygorystyczne obostrzenia wynikające z nadejścia kolejnej fali zachorowań.

Zastosowane metody prognostyczne, jak wszystkie prognozy, obarczone są błędami. Wprowadzenie w procesie analizy prognozy kombinowanej pozwoliło na zmniejszenie błędów wynikających z każdej z metod z osobna. Jednakże nie jest wykluczone, że inny zestaw metod prognozowania wykorzystany do budowy prognoz kombinowanych wskazałby inne wartości prognoz.

Wstrzymanie, ograniczanie i spadek liczby pasażerów w transporcie lotniczym wywołał wiele konsekwencji, zwłaszcza finansowych. Ucierpiały linie i porty lotnicze oraz infrastruktura gastronomiczna i handlowa. Tym samym dotkliwie skutki odczuły wszystkie podmioty w łańcuchach dostaw związanych z tą branżą. Konsekwencje finansowe odczuły również podmioty obsługujące potoki pasażerskie, np. transport publiczny czy prywatne firmy przewozowe, z których wiele ogłosiło upadłość.

Pandemia COVID-19 miała również skutki społeczne związane z personelem obsługi branży lotniczej. Pracowników wysyłano na urlopy, obniżano ich wynagrodzenia i dokonywano redukcji etatów. W wyniku tego wiele rodzin straciło płynność finansową, a w dalszej kolejności pojawiła się niepewność jutra i pogorszenie kondycji psychicznej. Jednocześnie przywrócenie ruchu lotniczego unaocznilo braki pracownicze i w miarę wzrostu liczby przewożonych pasażerów – konieczność odbudowy załóg pracowniczych.

Podsumowując, należy zaznaczyć, że oszacowanie finansowych, gospodarczych i społecznych skutków pandemii COVID-19 nie jest w pełni możliwe w żadnej branży. Wynika to między innymi z braku możliwości przekalkulowania tzw. kosztów alternatywnych, czyli kosztów utraconych możliwości.

Literatura

- Abate, M., Christidis, P., & Purwanto, A. J. (2020). Government Support to Airlines in the Aftermath of the COVID-19 Pandemic. *Journal of Air Transport Management*, 89, 101931. DOI: 10.1016/j.jairtraman.2020.101931
- Arena, M., & Aprea, C. (2021). Impact of Covid-19 Pandemic on Air Transport: Overview and Implications. *Advances in Environmental and Engineering Research*, 2(1), 002. DOI: 10.21926/aecer.2101002
- Barczak, A. (2015). Pomiar wahań sezonowych ruchu pasażerskiego na przykładzie Portu Lotniczego Gdańsk. *Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis. Oeconomica*, 321(80)3, 5-14.
- Barczak, A. (2016). Wykorzystanie analizy harmonicznej w procesie prognozowania ruchu pasażerskiego w transporcie lotniczym na przykładzie Portu Lotniczego Szczecin-Goleniów. *Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis. Oeconomica*, 329(84)3, 21-30. DOI: 10.21005/oe.2016.84.3.02
- Barczak, A. (2021). COVID-19 Pandemic-Financial Consequences for Polish Airports-Selected Aspects. *Aerospace*, 8(11), 353. DOI: 10.3390/aerospace8110353
- Barczak, A., Dembińska, I., Rozmus, D., & Szopik-Depczyńska, K. (2022). The Impact of COVID-19 Pandemic on Air Transport Passenger Markets-Implications for Selected EU Airports Based on Time Series Models Analysis. *Sustainability*, 14(7), 4345. DOI: 0.3390/su14074345
- Billah, B., King, M. L., Snyder, R., & Koehler, A. B. (2006). Exponential Smoothing Model Selection for Forecasting. *International Journal of Forecasting*, 22(2), 239-247. DOI: 10.1016/j.ijforecast.2005.08.002
- Business Insider Polska. (2022). *Turyści boją się przyjeżdżać do Polski. 40 proc. rezerwacji anulowanych przez wojnę*. <https://businessinsider.com.pl/gospodarka/turysci-boja-sie-przyjezdzac-do-polski-40-proc-rezerwacji-anulowanych-przez-wojne/4bxv7x8> (dostęp: 07.02.2023).
- Cieślak, M. (1970). Metody analizy rozwoju zjawisk w czasie. W: Z. Hellwig (Red.), *Zarys ekonometrii*. PWE.
- Dembińska, I., Barczak, A., Szopik-Depczyńska, K., Dul, I., Koliński, A., & Ioppolo, G. (2022). The Impact of the COVID-19 Pandemic on the Volume of Fuel Supplies to EU Countries. *Energies*, 15(22), 8439. DOI: 10.3390/en15228439
- Dittmann, P. (2004). *Prognozowanie w przedsiębiorstwie. Metody i ich zastosowanie*. Oficyna Ekonomiczna.
- Gallego, I., & Font, X. (2020). Changes in Air Passenger Demand as a Result of the COVID-19 Crisis: Using Big Data to Inform Tourism Policy. *Journal of Sustainable Tourism*, 29(9), 1470-1489. DOI: 10.1080/09669582.2020.1773476
- Gudmundsson, S., Cattaneo, M., & Redondi, R. (2020). Forecasting Recovery Time in Air Transport Markets in the Presence of Large Economic Shocks: The Case of COVID-19. *SSRN Electronic Journal*. DOI: 10.2139/ssrn.3623040

- ICAO. (2020). *Effects of Novel Coronavirus (COVID-19) on Civil Aviation: Economic Impact Analysis Air Transport Bureau Contents*. International Civil Aviation Organization (ICAO). https://www.icao.int/sustainability/Documents/COVID-19/ICAO_Coronavirus_Econ_Impact.pdf (dostęp: 07.02.2023).
- Jiménez-Crisóstomo, A., Rubio-Andrada, L., Celemin-Pedroche, M. S., & Escat-Cortés, M. (2021). The Constrained Air Transport Energy Paradigm in 2021. *Sustainability*, 13(5), 2830. DOI: 10.3390/su13052830.
- Krzysztofiak, M., & Urbanek, D. (1981). *Metody statystyczne*. PWN.
- Linden, E. (2020). Pandemics and Environmental Shocks: What Aviation Managers Should Learn from COVID-19 Long-Term Planning. *Journal of Air Transport Management*, 90, 101944. DOI: 10.1016/j.jairtraman.2020.101944
- Maneenopa, S., & Kotcharin, S. (2020). The Impacts of COVID-19 on the Global Airline Industry: An Event Study Approach. *Journal of Air Transport Management*, 89(3), 101920. DOI: 10.1016/j.jairtraman.2020.101920
- Nižetić, S. (2020). Impact of Coronavirus (COVID-19) Pandemic on Air Transport Mobility, Energy, and Environment. A Case Study. *International Journal of Energy Research*, 44(13), 10953-10961. DOI: 10.1002/er.5706
- Ostertagova, E., & Ostertag, O. (2012). Forecasting Using Simple Exponential Smoothing Method. *Acta Electrotechnica et Informatica*, 12(3), 62-66. DOI: 10.2478/v10198-012-0034-2
- Suau-Sanchez, P., Voltes-Dorta, A., & Cugueró-Escofet, N. (2020). An Early Assessment of the Impact of COVID-19 on Air Transport: Just Another Crisis or the End of Aviation as We Know It?. *Journal of Transport Geography*, 86(2), 102749. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2020.102749
- Sun, X., Wandelt, S., & Zhang, A. (2020). How Did COVID-19 Impact Air Transportation? A First Peek Through the Lens of Complex Networks. *Journal of Air Transport Management*, 89, 101928. DOI: 10.1016/j.jairtraman.2020.101928
- Sun, X., Wandelt, S., Zheng, C., & Zhang, A. (2021). COVID-19 Pandemic and Air Transportation: Successfully Navigating the Paper Hurricane. *Journal of Air Transport Management*, 94(5), 102062. DOI: 10.1016/j.jairtraman.2021.102062
- Walków, M. (2022). *Inne wielkie kryzysy wydają się kichnięciem. Ten wykres pokazuje, jak bardzo COVID-19 spustoszył lotnictwo*. <https://www.money.pl/gospodarka/inne-wielkie-kryzysy|wydaja-sie-kichnieciami-ten-wykres-pokazuje-jak-bardzo-covid-19-spustoszy-lotnictwo-6841347586447936a.html> 9 (dostęp: 06.02.2023).
- Warnock-Smith, D., Graham, A., O'Connell, J. F., & Efthymiou, M. (2021). Impact of COVID-19 on Air Transport Passenger Markets: Examining Evidence from the Chinese Market. *Journal of Air Transport Management*, 95(C), 102085. DOI: 10.1016/j.jairtraman.2021.102085
- Winkler, R. L., & Makridakis, S. (1983). The Combination of Forecasts. *Journal of the Royal Statistical Society Series A (General)*, 146(2), 150-157. DOI: 10.2307/2982011
- Wolle, B. (2021). *Stochastic Modelling of Air Passenger Volume During the COVID-19 Pandemic and its Financial Impact on German Airports*. Institut für Integrierte Naturwissenschaften (IfIN) Technical Report. DOI: 10.13140/RG.2.2.25286.40009
- Zeliaś, A., Pawelek, B., & Wanat, S. (2003). *Prognozowanie ekonomiczne. Teoria, przykłady, zadania*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Zhang, A., Sun, X., Wandelt, S., Zhang, Y., Xu, S., & Shen, R. (2021). *COVID-19, Air Transportation, and International Trade in the ASEAN+5 Region*. ERIA Discussion Paper Series No. 401. <http://hdl.handle.net/11540/14041> (dostęp: 31.01.2023).

Wkład autorów: 100% – Agnieszka Barczak.

Konflikt interesów: Brak konfliktu.

Źródła finansowania: Brak finansowania.

IMPACT OF THE COVID-19 PANDEMIC ON AIR PASSENGER TRAFFIC IN THE EU

Abstract: The COVID-19 pandemic has had a negative impact on many aspects of economic activity around the world. In large part, transportation – including passenger air transport – has suffered due to the restrictions imposed. Therefore, the purpose of the study is to see how much of a negative impact the COVID-19 pandemic has had on passenger air transport in the European Union and to illustrate any differences between actual and projected values. The study used quarterly data published by Eurostat for the period 2013-2021. The combined forecast was built on a weighted average basis, using such forecasting methods as Fourier spectral analysis, univariate period trends, seasonality indices and the exponential smoothing method. The research showed large differences in the analyzed volumes, amounting to as much as nearly 30 million passengers served.

Keywords: Fourier spectral analysis, COVID-19 pandemic, combined forecasts, air transport, one-period trends, seasonality indices, exponential smoothing

Articles published in the journal are made available under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License. Certain rights reserved for the Czestochowa University of Technology.

