

*Agnieszka Barczak*

Katedra Analizy Systemowej i Finansów  
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

## Regionalne porty lotnicze w Polsce – podejście ilościowe

---

### Streszczenie

Parlament Europejski zaznacza, że rozwój regionalnych portów lotniczych powinien przebiegać w taki sposób, by wystrzegać się tworzenia niewykorzystanej bądź nieefektywnie użytkowanej infrastruktury lotniskowej. Dlatego też jako cel artykułu przyjęto analizę ruchu pasażerskiego w wybranych portach lotniczych. Analiza opiera się na wybranych metodach statystycznych i ekonometrycznych wykorzystanych do badania regionalnych portów lotniczych, które nie należą do sieci TEN-T. Analiza kierunku trendów liczby obsłużonych pasażerów i zrealizowanych operacji lotniczych w pięciu regionalnych portach lotniczych, a także przeprowadzony proces prognostyczny pozwoliły na wskazanie przypuszczalnych tendencji dalszego rozwoju badanych jednostek.

**Słowa kluczowe:** analiza harmoniczna, metoda wskaźników sezonowości, transport lotniczy

**Kody klasyfikacji JEL:** C51; C53; R40

---

## 1. Wprowadzenie

Działalność niektórych regionalnych portów lotniczych budzi wiele wątpliwości i kontrowersji [np. Bujalski, 2017a; Bujalski, 2017b; Bryła, 2017; Marszycki, 2018; Rydzikowski, 2018]. Parlament Europejski w Rezolucji z dnia 10 maja 2012 r. w sprawie przyszłości regionalnych portów lotniczych i usług lotniczych w UE stwierdza, iż „należy unikać szybkiego wzrostu liczby regionalnych portów lotniczych i odnotowuje, że rozwój regionalnych portów lotniczych powinien być ukierunkowany tak, aby unikać tworzenia niewykorzystanej czy nieefektywnie wykorzystywanej infrastruktury lotniskowej, co mogłoby spowodować ciężar finansowy dla właściwych władz” [Rezolucja 2011/2196 (INI), 2013/C 261 E/01, pkt 2]. Dlatego też bardzo istotne wydaje się przeprowadzenie analizy ruchu lotniczego w regionalnych portach lotniczych, a także zbadanie tendencji rozwojowych w przyszłości. W związku z tym, celem artykułu jest analiza ruchu pasażerskiego w wybranych portach lotniczych poszerzona o jego prognozę na rok 2018.

W analizie posłużono się danymi dotyczącymi ruchu pasażerskiego oraz liczby operacji lotniczych w latach 2013–2017, publikowanymi przez Urząd Lotnictwa Cywilnego, które uzupełniono danymi za trzy pierwsze kwartały 2018 r., publikowanymi przez analizowane porty lotnicze.

Oceniając perspektywy przyszłej działalności wybranych portów lotniczych, warto pokuścić się o dokonanie prognozy analizowanych wartości. W opracowaniu została przedstawiona prognoza liczby pasażerów oraz operacji lotniczych w pięciu wskazanych portach lotniczych z wykorzystaniem metody wskaźników sezonowości oraz analizy harmonicznej.

## 2. Charakterystyka analizowanych obiektów

Badaniem objęto regionalne porty lotnicze, które nie należą do transeuropejskiej sieci transportowej. Zgodnie z postanowieniami Decyzji nr 661/2010 w sprawie unijnych wytycznych dotyczących rozwoju transeuropejskiej sieci transportowej [Decyzja 661/2010/UE, art. 14], transeuropejska sieć portów lotniczych obejmuje porty, które są usytuowane na terenie Unii Europejskiej i są otwarte dla komercyjnego ruchu lotniczego. Oprócz tego, muszą one spełniać kryteria zawarte w Załączniku II sekcja 6 przytoczonej Decyzji. Dotyczą one wymogów odnośnie do liczby obsługiwanych pasażerów, przelotów handlowych oraz wagi przewożonych ładunków. Porty lotnicze w Polsce, które nie spełniają określonych kryteriów i nie należą do sieci, to:

- Port Lotniczy Bydgoszcz (BZG),
- Port Lotniczy Lublin (LUZ),
- Port Lotniczy Łódź im. Władysława Reymonta (LCJ),
- Port Lotniczy Olsztyn-Mazury (SZY),

- Port Lotniczy Radom (RDO),
- Port Lotniczy Warszawa-Modlin (WMI),
- Port Lotniczy Zielona Góra (IEG).

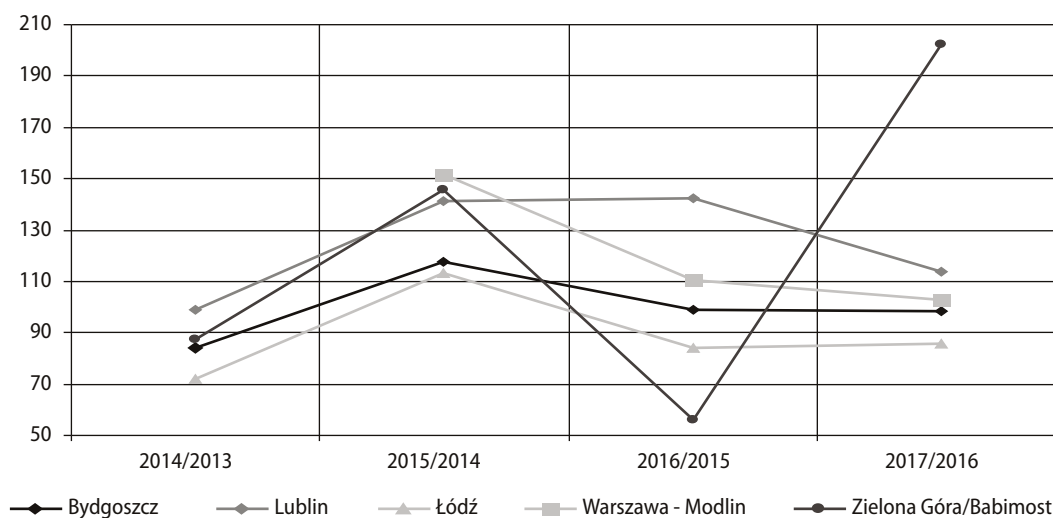
Z procesu prognostycznego wykluczono dwa porty lotnicze: Port Lotniczy Olsztyn-Mazury oraz Port Lotniczy Radom. Wynika to z krótkiego okresu ich funkcjonowania – PL Radom rozpoczął działalność w trzecim kwartale 2015 r., natomiast PL Olsztyn-Mazury w pierwszym kwartale 2016 r.

Zgodnie ze wspomnianą wcześniej Decyzją nr 661/20103, badane porty lotnicze są regionalnymi punktami połączeń i punktami dostępu, które nie spełniają następujących kryteriów:

- liczba obsługiwanych w ciągu roku pasażerów wynosi od 500 000 do 899 999, z czego mniej niż 30% stanowią przeloty niekrajowe, lub
- liczba obsługiwanych w ciągu roku pasażerów wynosi od 250 000 minus 10% do 499 999, lub
- waga przewożonych w ciągu roku ładunków wynosi od 10 000 ton do 49 999 ton, lub
- zlokalizowane są na wyspie należącej do państwa członkowskiego, lub
- zlokalizowane są w regionie bez dostępu do morza, należącym do Unii, gdzie przewozy komercyjne wykonują samoloty o maksymalnej masie startowej powyżej 10 ton.

Ciekawych informacji dotyczących badanych obiektów dostarcza analiza dynamiki zachodzących zmian. Wykorzystano w tym celu indeksy łańcuchowe oraz średnie tempo zmian, które wyznaczono kolejno dla liczby obsłużonych pasażerów (rysunek 1) oraz liczby zrealizowanych operacji lotniczych (rysunek 2) w poszczególnych portach w latach 2013–2017 (pełna metodyka jest zaprezentowana w pracy Barczak [2015b]).

Rysunek 1. Dynamika zmian – indeksy łańcuchowe – liczba pasażerów (w %)

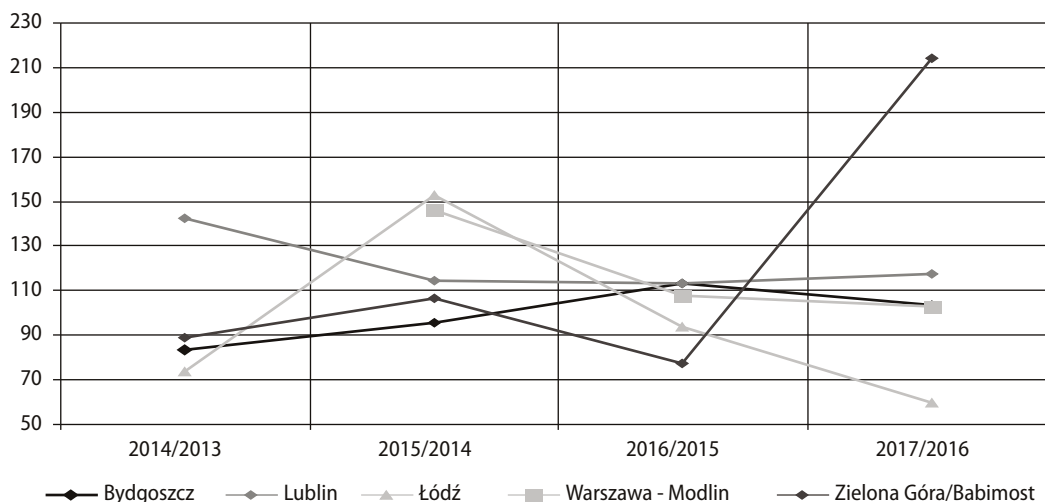


Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Urzędu Lotnictwa Cywilnego i portów lotniczych.

Analizując zmiany liczby pasażerów w Porcie Lotniczym Bydgoszcz, zauważa się duże wahania. W stosunku do roku poprzedniego, spadek liczby pasażerów odnotowano w 2014 r.

oraz w latach 2016–2017. Jedyne wzrost zaobserwowano w 2015 r. i wyniósł on 17,89%. Nieco inaczej kształtowała się liczba operacji lotniczych. W latach 2014–2015 odnotowano ich spadek, natomiast w pozostałym okresie nieznaczne wzrosty.

Rysunek 2. Dynamika zmian – indeksy łańcuchowe – liczba operacji lotniczych (w %)



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Urzędu Lotnictwa Cywilnego i portów lotniczych.

W latach 2014–2017 liczba pasażerów w Porcie Lotniczym Lublin z roku na rok rosła średnio o 31,89%. Również liczba zrealizowanych operacji lotniczych rosła w latach 2013–2017 z roku na rok średnio o 21,49%.

Liczba obsłużonych pasażerów w Porcie Lotniczym Łódź, w stosunku do roku poprzedniego, zmalała w 2014 r. o 28,24%, w 2016 r. – o 16,12% i w 2017 r. – o 14,05%. Jedyne wzrost zanotowano w 2015 r. – 13,34%. Ta sama tendencja jest widoczna w przypadku liczby operacji lotniczych: w 2014 r. spadek o 26,31%, w 2016 r. – o 6,28%, a w 2017 r. – o 40,11%. Wzrost odnotowany w 2015 r. wyniósł 52,60%.

W latach 2014–2017 liczba pasażerów w Porcie Lotniczym Warszawa-Modlin z roku na rok rosła średnio o 19,84%, natomiast liczba zrealizowanych operacji lotniczych rosła średnio o 17,48%.

W Porcie Lotniczym Zielona Góra liczba pasażerów ulegała ciągłym wahaniom. W stosunku do roku poprzedniego spadek liczby pasażerów odnotowano w 2014 r. i 2016 r. kolejno o 12,41% i 43,76%. W 2015 r. i 2017 r. można zauważyć wzrost liczby pasażerów odpowiednio o 45,57% i 102,42%. Podobnie kształtowała się liczba operacji lotniczych: w 2014 r. i 2016 r. odnotowano spadek o 11,24% i 22,62%, natomiast w 2015 r. i 2017 r. wzrost odpowiednio o 6,33% i 114,23%.

### 3. Prognozowanie ruchu pasażerskiego – metoda wskaźników sezonowości

Prognoza z wykorzystaniem metody wskaźników sezonowości (pełna metodyka jest zaprezentowana w pracy Barczak [2015a] dotyczyła dwóch zmiennych: liczby pasażerów i liczby operacji lotniczych w portach lotniczych: Bydgoszcz, Lublin, Łódź, Warszawa-Modlin oraz Zielona Góra.

Dla wszystkich zmiennych wyznaczono wykresy danych empirycznych za lata 2015–2017 w przekroju kwartalnym, a na ich podstawie można wnioskować, że we wszystkich analizowanych portach lotniczych są to szeregi z wahaniami okresowymi o amplitudzie rosnącej w czasie. Oznacza to, że obserwowane wielkości charakteryzują się właściwościami multiplikatywnymi.

Dane rzeczywiste dotyczące liczby pasażerów i operacji lotniczych wykazują tendencję rozwojową z sezonowością, dlatego też w tabeli 1 przedstawiono wyznaczone funkcje trendu wykładniczego dla tych wielkości.

Tabela 1. Funkcje trendu wykładniczego

Port lotniczy	Liczba pasażerów	Operacje lotnicze
Bydgoszcz	$y = 79295,4057 e^{0,0059t}$	$y = 1342,1006 e^{0,0210t}$
Lublin	$y = 52706,2159 e^{0,0737t}$	$y = 765,7255 e^{0,0470t}$
Łódź	$y = 72619,2336 e^{-0,0297t}$	$y = 940,3166 e^{-0,0699t}$
Warszawa-Modlin	$y = 618859,0892 e^{0,0177t}$	$y = 3930,9689 e^{0,0141t}$
Zielona Góra	$y = 2525,3484 e^{0,0351t}$	$y = 123,5090 e^{0,0591t}$

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Urzędu Lotnictwa Cywilnego i portów lotniczych.

Wyodrębnienie funkcji trendów pozwoliło na wyznaczenie wskaźników sezonowości dla poszczególnych podmiotów. Na ich podstawie można wnioskować, jak w badanym okresie, jedynie na skutek działania sezonowości, zmieniała się liczba pasażerów oraz operacji lotniczych. Wskaźniki te przedstawiono w tabeli 2.

Analiza wyznaczonych wskaźników sezonowości wskazuje, że w badanym okresie, jedynie z powodu działania sezonowości, liczba pasażerów w pierwszym kwartale była niższa w porównaniu z trendem we wszystkich analizowanych portach. Podobnie sytuacja wyglądała w przypadku operacji lotniczych (z wyjątkiem PL Zielona Góra). W drugim i trzecim kwartale liczba pasażerów i operacji lotniczych była wyższa w porównaniu z trendem we wszystkich portach, z wyłączeniem Portu Lotniczego Zielona Góra.

Tabela 2. Wskaźniki sezonowości

Port lotniczy	Kwartał	Liczba pasażerów (w %)	Kwartał	Operacje lotnicze (w %)
Bydgoszcz	I	-22,27	I	-25,94
	II	9,37	II	20,91
	III	23,46	III	30,40
	IV	-10,56	IV	-25,38
Lublin	I	-22,68	I	-29,14
	II	4,81	II	19,46
	III	21,33	III	15,65
	IV	-3,46	IV	-5,98
Łódź	I	-16,20	I	-12,23
	II	3,82	II	7,06
	III	16,58	III	9,42
	IV	-4,20	IV	-4,25
Warszawa-Modlin	I	-9,89	I	-7,21
	II	8,74	II	6,28
	III	6,89	III	5,51
	IV	-5,74	IV	-4,59
Zielona Góra	I	-33,01	I	1,51
	II	-11,15	II	-6,03
	III	35,05	III	15,14
	IV	9,11	IV	-10,62

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Urzędu Lotnictwa Cywilnego i portów lotniczych.

W tym przypadku w drugim kwartale wartości te były niższe (liczba pasażerów o 11,15%, liczba operacji o 6,03%), natomiast w trzecim – wyższe (liczba pasażerów o 35,05%, liczba operacji o 15,14%). W czwartym kwartale liczba pasażerów, w porównaniu z trendem, była niższa (z wyłączeniem PL Zielona Góra – wzrost o 9,11%). Podobnie kształtowała się sezonowość liczby operacji lotniczych.

Wyznaczone wskaźniki sezonowości pozwalają również zauważyć, że wahania sezonowe miały najmniejszy wpływ na ruch pasażerski w Porcie Lotniczym Warszawa-Modlin.

Uzyskane wskaźniki sezonowości dały możliwość wyznaczenia prognozowanej liczby pasażerów oraz operacji lotniczych na poszczególne kwartały 2018 r. Ze względu na to, że ta metoda prognozowania nie jest oparta na formalnym modelu, nie ma możliwości wyznaczenia błędów prognozy *ex ante* [Jóźwiak, Podgórski, 2009]. Jednakże, w miarę dostępności danych, zweryfikowano uzyskane hipotezy z wykorzystaniem błędu bezwzględego i względnego *ex post* według formuły:

bezwzględny błąd prognozy *ex post*:  $q_t = y_t - y_t^*$ ,  $t > n$ ,

względny błąd prognozy *ex post*:  $\psi_t = \frac{y_t - y_t^*}{y_t} \cdot 100$ ,

gdzie:

$y_t$  – realizacja zmiennej  $y$  w czasie  $t > n$ ,

$y_t^*$  – prognoza zmiennej  $y$  na czas  $t > n$  otrzymana z danej metody [Cieślak, 1997; por. Barczak, Nurzyńska, Król, 2017].

Uzyskane prognozy przedstawiono w tabeli 3, natomiast błędy prognoz – w tabeli 4.

Tabela 3. Prognozy oparte na wskaźnikach sezonowości

Port lotniczy	Kwartał	Liczba pasażerów	Kwartał	Operacje lotnicze
Bydgoszcz	I	66 550	I	1306
	II	94 194	II	2177
	III	106 956	III	2398
	IV	77 943	IV	1401
Lublin	I	106 233	I	1000
	II	155 007	II	1766
	III	193 179	III	1792
	IV	165 456	IV	1527
Łódź	I	41 365	I	333
	II	49 745	II	378
	III	54 224	III	361
	IV	43 255	IV	294
Warszawa-Modlin	I	701 936	I	4381
	II	862 147	II	5090
	III	862 654	III	5125
	IV	774 332	IV	4700
Zielona Góra	I	2670	I	270
	II	3668	II	265
	III	5774	III	345
	IV	4832	IV	284

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Urzędu Lotnictwa Cywilnego i portów lotniczych.

Tabela 4. Błędy prognoz

Port lotniczy		Liczba pasażerów		Liczba operacji lotniczych	
		błąd bezwzględny	błąd względny (w %)	błąd bezwzględny	błąd względny (w %)
Bydgoszcz	I	8753	11,62	239	15,47
	II	19 568	17,20	513	19,07
	III	23 687	18,13	391	14,02
Lublin	I	4044	3,67	144	12,59
	II	-24 396	-18,68	-93	-5,56
	III	-65 177	-50,92	-320	-21,74
Łódź	I	5148	11,07	-51	-18,06
	II	4821	8,84	36	8,70
	III	8598	13,69	101	21,86

cd. tabeli 4

Port lotniczy		Liczba pasażerów		Liczba operacji lotniczych	
		błąd bezwzględny	błąd względny (w %)	błąd bezwzględny	błąd względny (w %)
Warszawa-Modlin	I	-19 034	-2,79	-149	-3,52
	II	-39 326	-4,78	-253	-5,23
	III	-	-	-	-
Zielona Góra	I	2926	52,29	-8	-3,05
	II	2783	43,14	111	29,52
	III	-221	-3,98	48	12,21

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Urzędu Lotnictwa Cywilnego i portów lotniczych.

Celem potwierdzenia tendencji uzyskanych wartości prognozowanych, oprócz metody wskaźników sezonowości, zastosowano także metodę analizy harmonicznej.

#### 4. Prognozowanie ruchu pasażerskiego – analiza harmoniczna

Analiza wykresów szeregów czasowych, dla danych kwartalnych, liczby pasażerów i operacji lotniczych wskazuje na występowanie w nich trendu, wahań sezonowych oraz wahań przypadkowych. W związku z tym, możliwe jest wyznaczenie prognoz przy użyciu analizy harmonicznej z uwzględnieniem trendu (pełna metodyka jest zaprezentowana w pracy Barczak [2016]).

Ze względu na to, że analiza obejmuje lata 2015–2017, czyli dwanaście kwartałów, w modelu występuje sześć harmonik [Zeliaś, Pawełek, Wanat, 2003]:

- pierwsza harmonika – 12 kwartałów – 3 lata,
- druga harmonika – 6 kwartałów – 1,5 roku,
- trzecia harmonika – 4 kwartały – 1 rok,
- czwarta harmonika – 3 kwartały,
- piąta harmonika – 2,4 kwartału,
- szósta harmonika – 2 kwartały.

W pierwszej kolejności oszacowano modele dotyczące Portu Lotniczego Bydgoszcz, odpowiednio dla liczby obsłużonych pasażerów oraz liczby operacji lotniczych:

$$\begin{aligned}
 y_t = & 82\,144,0152 + 311,4720t + 4\,581,8765 \sin\left(\frac{2\pi}{12}t\right) - 1\,518,7003 \cos\left(\frac{2\pi}{12}t\right) - \\
 & - 562,0825 \sin\left(\frac{2\pi}{12}2t\right) - 115,1387 \cos\left(\frac{2\pi}{12}2t\right) - 21\,573,1947 \sin\left(\frac{2\pi}{12}3t\right) - \\
 & - 8\,527,9720 \cos\left(\frac{2\pi}{12}3t\right) - 506,9148 \sin\left(\frac{2\pi}{12}4t\right) + 1\,217,6947 \cos\left(\frac{2\pi}{12}4t\right) + \\
 & + 43,8448 \sin\left(\frac{2\pi}{12}5t\right) + 3\,156,2563 \cos\left(\frac{2\pi}{12}5t\right) - 60,1807 \cos(\pi t).
 \end{aligned}$$



Pierwsza harmonika wyjaśnia 4,06% wariancji zmiennej prognozowanej, a pozostałe odpowiednio: 0,06%, 93,84%, 0,30%, 1,74% oraz 0,00%. Największe odchylenia liczby pasażerów od linii trendu powodują wahania kwartalne o okresie rocznym (harmonika trzecia). Wyjaśnia ona aż 93,84% zmienności liczby pasażerów. Dlatego w modelu prognostycznym uwzględniono tylko tę harmonikę:

$$y_t = 82\,144,0152 + 311,4720t - 21\,573,1947 \sin\left(\frac{2\pi}{12}3t\right) - 8\,527,9720 \cos\left(\frac{2\pi}{12}3t\right).$$

W przypadku liczby operacji lotniczych oszacowany model ma postać:

$$\begin{aligned} y_t = & 1\,382,5 + 33,1538t - 7,3797 \sin\left(\frac{2\pi}{12}t\right) - 37,6551 \cos\left(\frac{2\pi}{12}t\right) + \\ & + 19,1740 \sin\left(\frac{2\pi}{12}2t\right) + 66,4295 \cos\left(\frac{2\pi}{12}2t\right) - 446,3462 \sin\left(\frac{2\pi}{12}3t\right) - \\ & - 373,9871 \cos\left(\frac{2\pi}{12}3t\right) + 76,4411 \sin\left(\frac{2\pi}{12}4t\right) - 11,9038 \cos\left(\frac{2\pi}{12}4t\right) - \\ & - 3,0051 \sin\left(\frac{2\pi}{12}5t\right) + 2,1809 \cos\left(\frac{2\pi}{12}5t\right) - 42,4102 \cos(\pi t). \end{aligned}$$

Kolejne harmoniki wyjaśniają odpowiednio: 0,41%, 1,35%, 95,53%, 1,69%, 0,00% i 0,51% wariancji zmiennej prognozowanej. Największe odchylenia liczby operacji lotniczych od linii trendu powodują, podobnie jak w przypadku liczby pasażerów, wahania kwartalne o okresie rocznym – harmonika trzecia. Wyjaśnia ona 95,53% zmienności liczby operacji lotniczych. Model zawierający harmonikę trzecią ma postać:

$$y_t = 1\,382,5 + 33,1538t - 446,3462 \sin\left(\frac{2\pi}{12}3t\right) - 373,9871 \cos\left(\frac{2\pi}{12}3t\right).$$

Kolejnym portem lotniczym, dla którego zbudowano modele jest PL Lublin. Model liczby pasażerów jest następujący:

$$\begin{aligned} y_t = & 51\,418,5303 + 5\,846,6748t + 5\,529,9314 \sin\left(\frac{2\pi}{12}t\right) - 6\,422,7761 \cos\left(\frac{2\pi}{12}t\right) - \\ & - 5\,766,2469 \sin\left(\frac{2\pi}{12}2t\right) + 6\,435,4085 \cos\left(\frac{2\pi}{12}2t\right) - 18\,801,6585 \sin\left(\frac{2\pi}{12}3t\right) - \\ & - 4\,024,8415 \cos\left(\frac{2\pi}{12}3t\right) + 1\,578,6746 \sin\left(\frac{2\pi}{12}4t\right) - 2\,233,5915 \cos\left(\frac{2\pi}{12}4t\right) - \\ & - 298,5655 \sin\left(\frac{2\pi}{12}5t\right) - 869,4068 \cos\left(\frac{2\pi}{12}5t\right) - 204,4207 \cos(\pi t). \end{aligned}$$

Pierwsza harmonika wyjaśnia 13,69% wariancji zmiennej prognozowanej, a pozostałe odpowiednio: 14,23%, 70,47%, 1,43%, 0,16% oraz 0,01%. Największe odchylenia liczby pasażerów od linii trendu powodują wahania kwartalne o okresie trzyletnim, półtorarocznym

i rocznym (harmoniki pierwsza, druga i trzecia). Wyjaśniają one 98,40% zmienności liczby pasażerów, dlatego też uwzględniono je w modelu prognostycznym:

$$y_t = 51\,418,5303 + 5\,846,6748t + 5\,529,9314 \sin\left(\frac{2\pi}{12}t\right) - 6\,422,7761 \cos\left(\frac{2\pi}{12}t\right) - \\ - 5\,766,2469 \sin\left(\frac{2\pi}{12}2t\right) + 6\,435,4085 \cos\left(\frac{2\pi}{12}2t\right) - 18\,801,6585 \sin\left(\frac{2\pi}{12}3t\right) - \\ - 4\,024,8415 \cos\left(\frac{2\pi}{12}3t\right).$$

W przypadku liczby operacji lotniczych oszacowany model ma postać:

$$y_t = 778,3788 + 46,2238t + 73,0449 \sin\left(\frac{2\pi}{12}t\right) - 27,1955 \cos\left(\frac{2\pi}{12}t\right) - \\ - 98,9137 \sin\left(\frac{2\pi}{12}2t\right) + 26,1095 \cos\left(\frac{2\pi}{12}2t\right) - 231,2762 \sin\left(\frac{2\pi}{12}3t\right) - \\ - 141,7238 \cos\left(\frac{2\pi}{12}3t\right) + 55,2645 \sin\left(\frac{2\pi}{12}4t\right) + 4,9429 \cos\left(\frac{2\pi}{12}4t\right) - \\ - 3,6497 \sin\left(\frac{2\pi}{12}5t\right) - 25,7521 \cos\left(\frac{2\pi}{12}5t\right) + 64,5548 \cos(\pi t).$$

Kolejne harmoniki wyjaśniają odpowiednio: 5,94%, 11,32%, 74,99%, 3,01%, 0,66% i 4,08% wariacji zmiennej prognozowanej. Największe odchylenia liczby operacji lotniczych od linii trendu powodują wahania kwartalne o okresie półtorarocznym i rocznym (harmoniki druga i trzecia). Wyjaśniają one 86,31% zmienności liczby operacji lotniczych. Model zawierający te harmoniki ma postać:

$$y_t = 778,3788 + 46,2238t - 98,9137 \sin\left(\frac{2\pi}{12}2t\right) + 26,1095 \cos\left(\frac{2\pi}{12}2t\right) - \\ - 231,2762 \sin\left(\frac{2\pi}{12}3t\right) - 141,7238 \cos\left(\frac{2\pi}{12}3t\right).$$

Modele liczby pasażerów i liczby operacji lotniczych dla Portu Lotniczego Łódź kształtują się następująco:

$$y_t = 74\,761,9242 - 2\,062,3986t + 2\,325,8341 \sin\left(\frac{2\pi}{12}t\right) - 3\,163,9321 \cos\left(\frac{2\pi}{12}t\right) + \\ + 217,9746 \sin\left(\frac{2\pi}{12}2t\right) - 9\,765,8514 \cos\left(\frac{2\pi}{12}2t\right) - 11\,590,8986 \sin\left(\frac{2\pi}{12}3t\right) - \\ - 2\,215,7681 \cos\left(\frac{2\pi}{12}3t\right) - 3\,106,7165 \sin\left(\frac{2\pi}{12}4t\right) + 8\,031,8153 \cos\left(\frac{2\pi}{12}4t\right) + \\ + 3\,018,5715 \sin\left(\frac{2\pi}{12}5t\right) + 3\,467,8959 \cos\left(\frac{2\pi}{12}5t\right) + 127,6993 \cos(\pi t).$$

Pierwsza harmonika wyjaśnia 4,46% wariacji zmiennej prognozowanej, a pozostałe odpowiednio: 27,62%, 40,31%, 21,47%, 6,12% oraz 0,00%. Największe odchylenia liczby pasażerów od linii trendu powodują wahania kwartalne o okresie półtorarocznym, rocznym i trzech kwartałów (harmoniki druga, trzecia i czwarta). Wyjaśniają one 89,40% zmienności liczby pasażerów, dlatego też uwzględniono je w modelu prognostycznym:

$$y_t = 74\,761,9242 - 2\,062,3986t + 217,9746 \sin\left(\frac{2\pi}{12}2t\right) - 9\,765,8514 \cos\left(\frac{2\pi}{12}2t\right) - \\ - 11\,590,8986 \sin\left(\frac{2\pi}{12}3t\right) - 2\,215,7681 \cos\left(\frac{2\pi}{12}3t\right) - 3\,106,7165 \sin\left(\frac{2\pi}{12}4t\right) + \\ + 8\,031,8153 \cos\left(\frac{2\pi}{12}4t\right).$$

Dla liczby operacji lotniczych model ma postać:

$$y_t = 894,0303 - 38,0175t - 22,6886 \sin\left(\frac{2\pi}{12}t\right) - 155,7788 \cos\left(\frac{2\pi}{12}t\right) + \\ + 25,8054 \sin\left(\frac{2\pi}{12}2t\right) - 152,7325 \cos\left(\frac{2\pi}{12}2t\right) - 114,8508 \sin\left(\frac{2\pi}{12}3t\right) - \\ - 31,9825 \cos\left(\frac{2\pi}{12}3t\right) - 34,2171 \sin\left(\frac{2\pi}{12}4t\right) + 100,1008 \cos\left(\frac{2\pi}{12}4t\right) + \\ + 17,7853 \sin\left(\frac{2\pi}{12}5t\right) + 55,8138 \cos\left(\frac{2\pi}{12}5t\right) + 14,7588 \cos(\pi t).$$

Kolejne harmoniki wyjaśniają odpowiednio: 31,75%, 30,74%, 18,21%, 14,34%, 4,40% i 0,28% wariacji zmiennej prognozowanej. Największe odchylenia liczby operacji lotniczych od linii trendu powodują wahania kwartalne o okresie trzyletnim, półtorarocznym, rocznym i trzech kwartałów (harmoniki od pierwszej do czwartej). Wyjaśniają one 95,04% zmienności liczby operacji lotniczych. Model zawierający te harmoniki ma postać:

$$y_t = 894,0303 - 38,0175t - 22,6886 \sin\left(\frac{2\pi}{12}t\right) - 155,7788 \cos\left(\frac{2\pi}{12}t\right) + \\ + 25,8054 \sin\left(\frac{2\pi}{12}2t\right) - 152,7325 \cos\left(\frac{2\pi}{12}2t\right) - 114,8508 \sin\left(\frac{2\pi}{12}3t\right) + \\ + 31,9825 \cos\left(\frac{2\pi}{12}3t\right) + 34,2171 \sin\left(\frac{2\pi}{12}4t\right) - 100,1008 \cos\left(\frac{2\pi}{12}4t\right).$$

W Porcie Lotniczym Warszawa-Modlin liczba pasażerów i operacji lotniczych kształtują się następująco:

$$\begin{aligned}
y_t = & 623\,732,6364 + 11\,465,5944t + 9\,392,3223 \sin\left(\frac{2\pi}{12}t\right) - 26\,055,8207 \cos\left(\frac{2\pi}{12}t\right) - \\
& - 13\,844,7228 \sin\left(\frac{2\pi}{12}2t\right) + 647,4889 \cos\left(\frac{2\pi}{12}2t\right) - 57\,745,0723 \sin\left(\frac{2\pi}{12}3t\right) - \\
& - 49\,877,9277 \cos\left(\frac{2\pi}{12}3t\right) - 7\,880,9785 \sin\left(\frac{2\pi}{12}4t\right) - 3\,729,3444 \cos\left(\frac{2\pi}{12}4t\right) - \\
& - 12\,841,1114 \sin\left(\frac{2\pi}{12}5t\right) + 15\,183,9653 \cos\left(\frac{2\pi}{12}5t\right) + 9\,168,8695 \cos(\pi t).
\end{aligned}$$

Pierwsza harmonika wyjaśnia 11,34% wariacji zmiennej prognozowanej, a pozostałe odpowiednio: 2,59%, 78,59%, 1,02%, 5,33% oraz 1,13%. Największe odchylenia liczby pasażerów od linii trendu powodują wahania kwartalne o okresie trzyletnim i rocznym (harmonika pierwsza i trzecia). Wyjaśniają one 89,93% zmienności liczby pasażerów, dlatego też uwzględniono je w modelu prognostycznym:

$$\begin{aligned}
y_t = & 623\,732,6364 + 11\,465,5944t + 9\,392,3223 \sin\left(\frac{2\pi}{12}t\right) - 26\,055,8207 \cos\left(\frac{2\pi}{12}t\right) - \\
& - 57\,745,0723 \sin\left(\frac{2\pi}{12}3t\right) - 49\,877,9277 \cos\left(\frac{2\pi}{12}3t\right).
\end{aligned}$$

Model oszacowany dla liczby operacji lotniczych ma postać:

$$\begin{aligned}
y_t = & 3\,940,9697 + 59,1713t + 83,1950 \sin\left(\frac{2\pi}{12}t\right) - 88,3300 \cos\left(\frac{2\pi}{12}t\right) - \\
& - 132,6343 \sin\left(\frac{2\pi}{12}2t\right) + 72,2454 \cos\left(\frac{2\pi}{12}2t\right) - 275,9954 \sin\left(\frac{2\pi}{12}3t\right) - \\
& - 234,1713 \cos\left(\frac{2\pi}{12}3t\right) - 95,0168 \sin\left(\frac{2\pi}{12}4t\right) - 93,7546 \cos\left(\frac{2\pi}{12}4t\right) - \\
& - 119,1764 \sin\left(\frac{2\pi}{12}5t\right) + 33,4874 \cos\left(\frac{2\pi}{12}5t\right) + 28,4977 \cos(\pi t).
\end{aligned}$$

Kolejne harmoniki wyjaśniają odpowiednio: 7,24%, 11,62%, 64,44%, 8,76%, 7,54% i 0,40% wariacji zmiennej prognozowanej. Największe odchylenia liczby operacji lotniczych od linii trendu powodują wahania półtoraroczne, roczne i trzech kwartałów (harmoniki od drugiej do czwartej). Wyjaśniają one 84,82% zmienności liczby operacji lotniczych. Model zawierający te harmoniki ma postać:

$$\begin{aligned}
y_t = & 3\,940,9697 + 59,1713t - 132,6343 \sin\left(\frac{2\pi}{12}2t\right) + 72,2454 \cos\left(\frac{2\pi}{12}2t\right) - \\
& - 275,9954 \sin\left(\frac{2\pi}{12}3t\right) - 234,1713 \cos\left(\frac{2\pi}{12}3t\right) - 95,0168 \sin\left(\frac{2\pi}{12}4t\right) - \\
& - 93,7546 \cos\left(\frac{2\pi}{12}4t\right).
\end{aligned}$$

Ostatnim analizowanym portem lotniczym jest PL Zielona Góra. Wykorzystując analizę harmoniczną, oszacowano następujące modele, kolejno dla liczby pasażerów i liczby operacji lotniczych:

$$\begin{aligned}
 y_t = & 2609,7273 + 136,9266t + 1113,5157 \sin\left(\frac{2\pi}{12}t\right) + 1082,9904 \cos\left(\frac{2\pi}{12}t\right) - \\
 & - 570,5325 \sin\left(\frac{2\pi}{12}2t\right) - 178,9266 \cos\left(\frac{2\pi}{12}2t\right) - 1106,5734 \sin\left(\frac{2\pi}{12}3t\right) + \\
 & + 383,0734 \cos\left(\frac{2\pi}{12}3t\right) - 44,2084 \sin\left(\frac{2\pi}{12}4t\right) + 808,5734 \cos\left(\frac{2\pi}{12}4t\right) + \\
 & + 379,6907 \sin\left(\frac{2\pi}{12}5t\right) + 44,6564 \cos\left(\frac{2\pi}{12}5t\right) - 3,2133 \cos(\pi t).
 \end{aligned}$$

Pierwsza harmonika wyjaśnia 48,81% wariancji zmiennej prognozowanej, a pozostałe odpowiednio: 7,23%, 27,74%, 13,26%, 2,96% oraz 0,00%. Największe odchylenia liczby pasażerów od linii trendu powodują wahania kwartalne o okresie trzyletnim, rocznym i trzech kwartałów (harmonika pierwsza, trzecia i czwarta). Wyjaśniają one 89,81% zmienności liczby pasażerów, dlatego też uwzględniono je w modelu prognostycznym:

$$\begin{aligned}
 y_t = & 2609,7273 + 136,9266t + 1113,5157 \sin\left(\frac{2\pi}{12}t\right) + 1082,9904 \cos\left(\frac{2\pi}{12}t\right) - \\
 & - 1106,5734 \sin\left(\frac{2\pi}{12}3t\right) + 383,0734 \cos\left(\frac{2\pi}{12}3t\right) - 44,2084 \sin\left(\frac{2\pi}{12}4t\right) + \\
 & + 808,5734 \cos\left(\frac{2\pi}{12}4t\right).
 \end{aligned}$$

W przypadku liczby operacji lotniczych model wygląda następująco:

$$\begin{aligned}
 y_t = & 105,8030 + 13,2867t + 19,0893 \sin\left(\frac{2\pi}{12}t\right) + 55,3413 \cos\left(\frac{2\pi}{12}t\right) - \\
 & - 20,5761 \sin\left(\frac{2\pi}{12}2t\right) - 10,6200 \cos\left(\frac{2\pi}{12}2t\right) - 12,5466 \sin\left(\frac{2\pi}{12}3t\right) - \\
 & - 5,4534 \cos\left(\frac{2\pi}{12}3t\right) - 5,8965 \sin\left(\frac{2\pi}{12}4t\right) + 10,0466 \cos\left(\frac{2\pi}{12}4t\right) - \\
 & - 18,2758 \sin\left(\frac{2\pi}{12}5t\right) - 16,2480 \cos\left(\frac{2\pi}{12}5t\right) - 18,3100 \cos(\pi t).
 \end{aligned}$$

Kolejne harmoniki wyjaśniają odpowiednio: 62,73%, 12,65%, 3,37%, 2,44%, 12,77% i 6,04% wariancji zmiennej prognozowanej. Największe odchylenia liczby operacji lotniczych od linii trendu powodują wahania trzyletnie, półtoraroczne i 2,4 kwartału (harmonika pierwsza,

druga i piąta). Wyjaśniają one 88,15% zmienności liczby operacji lotniczych. Model zawierający te harmoniki ma postać:

$$y_t = 105,8030 + 13,2867t + 19,0893 \sin\left(\frac{2\pi}{12}t\right) + 55,3413 \cos\left(\frac{2\pi}{12}t\right) - 20,5761 \sin\left(\frac{2\pi}{12}2t\right) - 10,6200 \cos\left(\frac{2\pi}{12}2t\right) - 18,2758 \sin\left(\frac{2\pi}{12}5t\right) - 16,2480 \cos\left(\frac{2\pi}{12}5t\right).$$

Na podstawie zaprezentowanych modeli analizy harmonicznej w tabeli 5 przedstawiono prognozowane wartości liczby pasażerów oraz liczby operacji lotniczych w poszczególnych portach lotniczych na kolejne kwartały 2018 r. Tabela 6 natomiast zawiera wartości błędu bezwzględnego i błędu względnego uzyskanych prognoz.

Tabela 5. Prognozy na podstawie analizy harmonicznej

Port lotniczy	Kwartał	Liczba pasażerów	Kwartał	Operacje lotnicze
Bydgoszcz	I	64 533	I	1363
	II	94 792	II	2216
	III	108 490	III	2331
	IV	78 875	IV	1545
Lublin	I	104 040	I	1074
	II	130 442	II	1466
	III	156 990	III	1678
	IV	150 873	IV	1451
Łódź	I	24 953	I	163
	II	51 533	II	350
	III	73 290	III	467
	IV	37 849	IV	511
Warszawa-Modlin	I	696 585	I	4317
	II	828 487	II	4979
	III	863 342	III	4942
	IV	779 130	IV	4697
Zielona Góra	I	4347	I	317
	II	5262	II	332
	III	7693	III	316
	IV	5196	IV	355

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Urzędu Lotnictwa Cywilnego i portów lotniczych.

Tabela 6. Błędy prognoz – analiza harmoniczna

Port lotniczy		Liczba pasażerów		Liczba operacji lotniczych	
		błąd bezwzględny	błąd względny (w %)	błąd bezwzględny	błąd względny (w %)
Bydgoszcz	I	10 770	14,30	182	11,78
	II	18 970	16,68	474	17,62
	III	22 153	16,96	458	16,42
Lublin	I	6237	5,66	70	6,12
	II	169	0,13	207	12,37
	III	-28 988	-22,65	-206	-13,99
Łódź	I	21 560	46,35	119	42,20
	II	3033	5,56	64	15,46
	III	-10 468	-16,66	-5	-1,08
Warszawa-Modlin	I	-13 683	-2,00	-85	-2,01
	II	-5666	-0,69	-142	-2,94
	III	-	-	-	-
Zielona Góra	I	1249	22,32	-55	-20,99
	II	1189	18,43	44	11,70
	III	-2140	-38,54	77	19,59

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Urzędu Lotnictwa Cywilnego i portów lotniczych.

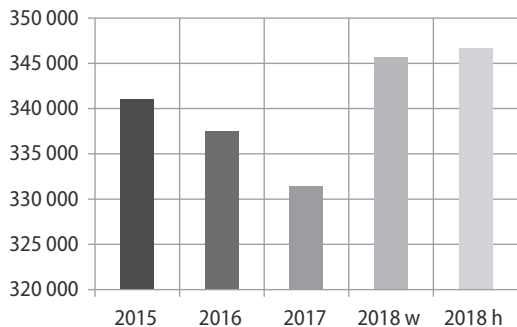
Porównanie uzyskanych wyników z prognozami wyznaczonymi z wykorzystaniem wskaźników sezonowości pozwala na wyciągnięcie wniosków z przeprowadzonego badania.

## 5. Analiza porównawcza wyników

Ponieważ błędy prognoz, uzyskanych metodą wskaźników sezonowości oraz z wykorzystaniem analizy harmonicznej, w większości przypadków nie przekraczają poziomu 20%, można pokusić się o sporządzenie wykresów dotyczących badanych wielkości w poszczególnych portach lotniczych (w ujęciu rocznym) i zestawienie ich z wartościami prognozowanymi. Pozwoli to na zobrazowanie dotychczasowych i przyszłych tendencji. Na rysunkach 3–7 przedstawiono kształtowanie się liczby pasażerów w poszczególnych portach lotniczych w latach 2015–2018. Liczba pasażerów w 2018 r. to wartość prognozowana z wykorzystaniem dwóch metod: analizy wskaźnikowej (2018 w) oraz analizy harmonicznej (2018 h).

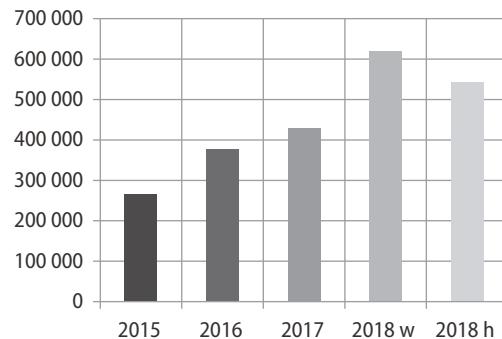
Na rysunkach 8–12 przedstawiono kształtowanie się liczby operacji lotniczych w poszczególnych portach w latach 2015–2018. Liczba operacji w 2018 r. jest wartością prognozowaną z wykorzystaniem metody analizy wskaźnikowej (2018 w) oraz analizy harmonicznej (2018 h).

Rysunek 3. Port Lotniczy Bydgoszcz



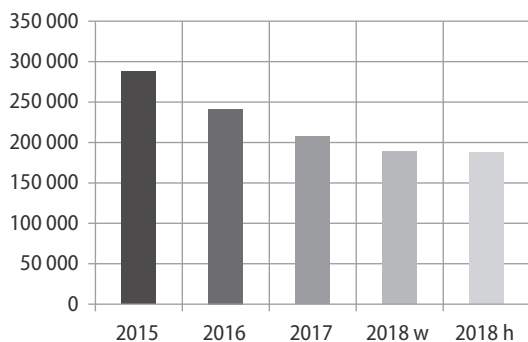
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Urzędu Lotnictwa Cywilnego i portów lotniczych.

Rysunek 4. Port Lotniczy Lublin



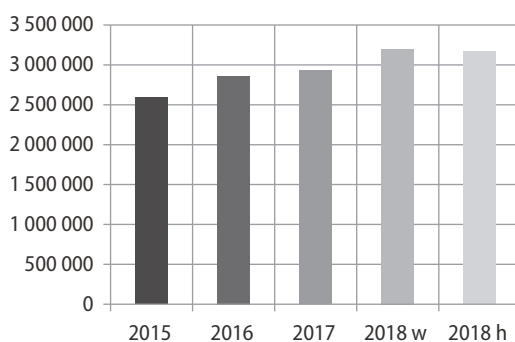
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Urzędu Lotnictwa Cywilnego i portów lotniczych.

Rysunek 5. Port Lotniczy Łódź



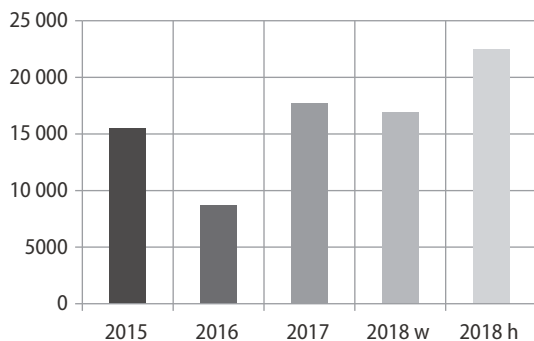
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Urzędu Lotnictwa Cywilnego i portów lotniczych.

Rysunek 6. Port Lotniczy Warszawa-Modlin



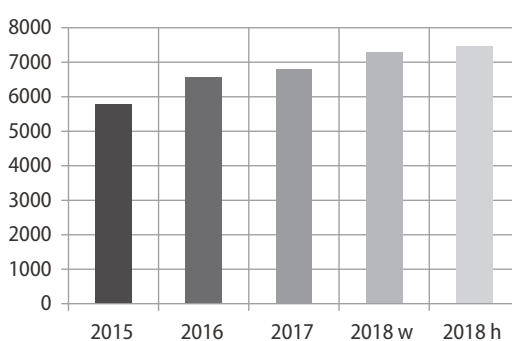
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Urzędu Lotnictwa Cywilnego i portów lotniczych.

Rysunek 7. Port Lotniczy Zielona Góra



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Urzędu Lotnictwa Cywilnego i portów lotniczych.

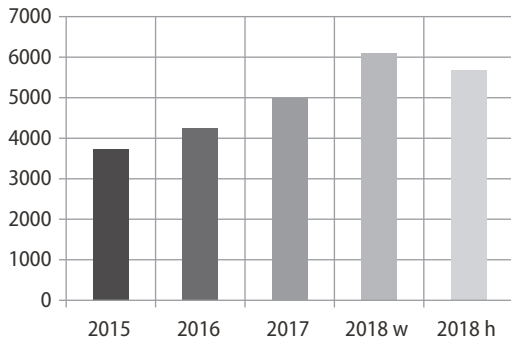
Rysunek 8. Port Lotniczy Bydgoszcz



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Urzędu Lotnictwa Cywilnego i portów lotniczych.

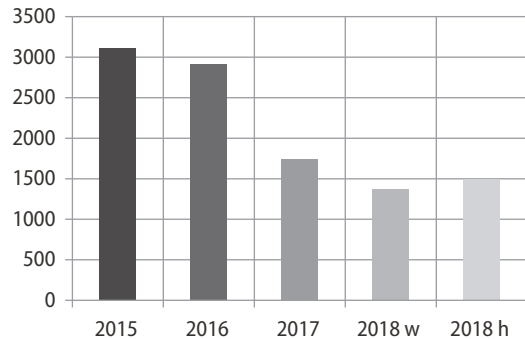


Rysunek 9. Port Lotniczy Lublin



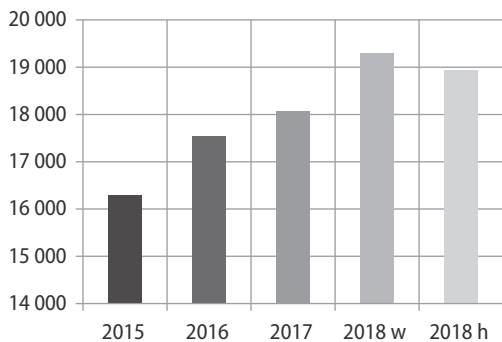
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Urzędu Lotnictwa Cywilnego i portów lotniczych.

Rysunek 10. Port Lotniczy Łódź



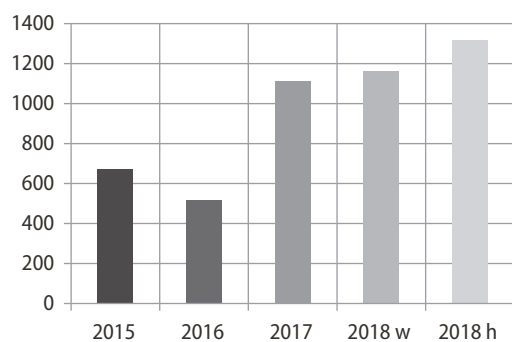
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Urzędu Lotnictwa Cywilnego i portów lotniczych.

Rysunek 11. Port Lotniczy Warszawa-Modlin



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Urzędu Lotnictwa Cywilnego i portów lotniczych.

Rysunek 12. Port Lotniczy Zielona Góra



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Urzędu Lotnictwa Cywilnego i portów lotniczych.

Analiza rysunków 3–7 pozwala na wyciągnięcie wniosków dotyczących liczby pasażerów. Liczba pasażerów w Porcie Lotniczym Warszawa-Modlin oraz Lublin w całym badanym okresie wykazywała tendencje rosnące. Również prognozy z zastosowaniem dwóch metod wskazują na to, że takie tendencje się utrzymają. Zarówno dotychczasowe realizacje liczby obsłużonych pasażerów, jak i uzyskane prognozy wskazują na to, że tendencja spadkowa liczby pasażerów w PL Łódź w dalszym ciągu będzie się utrzymywała. Trudno wskazać kierunek zmian liczby pasażerów w PL Bydgoszcz. W latach 2015–2017 obserwowano tendencję spadkową, natomiast prognozowane wartości wskazują na duży wzrost liczby pasażerów. Mimo że błędy prognoz kształtują się na poziomie poniżej 20%, w przypadku tej jednostki warto posłużyć się kolejną metodą prognozowania. Podobna sytuacja dotyczy PL Zielona Góra. Ponieważ liczba pasażerów przez cały analizowany okres odznaczała się dużymi wahaniami, ciężko jest jednoznacznie wskazać kierunek zmian.

Analiza rysunków 8–12 pozwala na następujące wnioski dotyczące liczby zrealizowanych operacji lotniczych. Liczba zrealizowanych operacji lotniczych w portach lotniczych:

Bydgoszcz, Lublin oraz Warszawa-Modlin charakteryzowała się ciągłym trendem wzrostowym. Uzyskane prognozy potwierdzają, że tendencja ta utrzyma się w kolejnych okresach. Podobnie jak w przypadku liczby pasażerów, w Porcie Lotniczym Łódź są notowane ciągłe spadki liczby operacji lotniczych. Wartości prognozowane także potwierdzają tę niepokojącą tendencję. Mimo wahań wydaje się, że liczba realizowanych operacji lotniczych w Porcie Lotniczym Zielona Góra w 2018 r. będzie nieco wyższa niż w roku poprzednim.

## 6. Podsumowanie

Analiza wyników przeprowadzonych badań pozwala na wyciągnięcie następujących wniosków:

1. W PL Warszawa-Modlin i PL Lublin liczba pasażerów w dalszym ciągu będzie wykazywała tendencję rosnącą. Podobne tendencje dotyczą liczby operacji lotniczych.
2. W PL Łódź w przyszłych okresach będzie utrzymywała się tendencja spadkowa liczby pasażerów oraz liczby operacji lotniczych.
3. W przypadku PL Bydgoszcz i PL Zielona Góra trudno jednoznacznie wskazać kierunek zmian liczby pasażerów, ze względu na duże wahania tej wielkości. Liczba operacji lotniczych w obu jednostkach powinna wykazywać trend rosnący.

W związku z tym, chcąc realizować Rezolucję Parlamentu Europejskiego z dnia 10 maja 2012 r. w sprawie przyszłości regionalnych portów lotniczych i usług lotniczych w UE, należy monitorować intensywność ruchu pasażerskiego w analizowanych portach lotniczych, jak również dobierać właściwe działania do uzyskanych wyników.

## Bibliografia

1. Barczak A. [2015a], *Pomiar wahań sezonowych ruchu pasażerskiego na przykładzie Portu Lotniczego Gdańsk*, „Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis Oeconomica”, 321(80) 3, s. 5–14.
2. Barczak A. [2015b], *Wykorzystanie wybranych metod ilościowych w analizie pasażerskiego ruchu lotniczego w Polsce*, „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Ekonomia”, nr 401, s. 26–35.
3. 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, Szczecin, s. 21–30.
4. Barczak A., Nurzyńska A., Król S. [2017], *Transport we współczesnej gospodarce – wybrane aspekty*, Wydawnictwo Naukowe Sophia, Katowice, s. 55.
5. Cieślak M. [1997], *Organizacja procesu prognostycznego*, w: *Prognozowanie gospodarcze. Metody i zastosowania*, red. M. Cieślak, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, s. 53.

6. Decyzja Parlamentu Europejskiego i Rady nr 661/2010/UE z dnia 7 lipca 2010 r. w sprawie unijnych wytycznych dotyczących rozwoju transeuropejskiej sieci transportowej, eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX%3A32010D0661 [dostęp 05.08.2018].
7. Józwiak J., Podgórski J. [2009], *Statystyka od podstaw*, PWE, Warszawa, s. 441–442.
8. Marszycki M. [2018], *Co dalej z Modlinem?*, „PGT Polska Gazeta Transportowa”, nr 16–17 (1232), 25 kwietnia, s. 1,
9. Rezolucja Parlamentu Europejskiego z dnia 10 maja 2012 r. w sprawie przyszłości regionalnych portów lotniczych i usług lotniczych w UE (2011/2196 (INI)) (2013/C 261 E/01) [dostęp 05.08.2018].
10. Rydzikowski W. [2018], *Moim zdaniem*, „PGT Polska Gazeta Transportowa”, nr 18–20(1233), 16 maja, s. 2.
11. Zeliaś A., Pawełek B., Wanat S. [2003], *Prognozowanie ekonomiczne. Teoria, przykłady, zadania*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, s. 110.

### Materiały internetowe

1. Broł W. [2018], *Dostępność czasowa portów lotniczych 2018*, 1 marzec 2018, wldata.pl/dostepnosc-czasowa-portow-lotniczych-2018/ [dostęp 25.08.2018].
2. Bryła E. [2017], *Ryanair chce przenieść loty z lotniska w Modlinie na Okęcie. LOT znowu zagrożony. „Firma już robi analizy”*, „Gazeta Wyborcza” 8 listopada, wyborcza.pl/7,155287,22620398,ryanair-chce-przeniec-loty-z-lotniska-w-modlinie-na-okecie.html [dostęp 25.08.2018].
3. Bujalski S. [2017a], *Łódź-Lublinek czyli lotnisko widmo Łódź-Lublinek, czyli lotnisko widmo. Trzecie miasto w Polsce, środek wakacji... i pustki*, „Gazeta Wyborcza” 17 sierpnia, wyborcza.pl/7,155287,22239550, lodz-lublinek-czyli-lotnisko-widmo-trzecie-miasto-w-polsce.html?-disableRedirects=true [dostęp 25.08.2018].
4. Bujalski S. [2017b], *Ostatni lot Adrii za nami. Co dalej z lotniskiem w Łodzi?*, „Gazeta Wyborcza” 30 czerwca, lodz.wyborcza.pl/lodz/7,35136,22033316,ostatni-lot-adrii-za-nami-co-dalej-z-lotniskiem-w-lodzi.html [dostęp 25.08.2018].

---

## Regional Airports in Poland: Quantitative Approach

---

### Summary

European Parliament emphasises that the growth of regional airports should avoid developing idle or inefficiently used airport infrastructure. Hence, the goal of the paper is to examine the passenger traffic in selected airports; the analysis is expanded with the forecast of passenger traffic for 2018. The study was conducted based on selected statistical and econometric methods typically used in analyses of regional airports, which are not members of the TEN-T network. The analysis of trends in passenger traffic and intensity of air traffic operations in five regional airports and the forecast have helped in identifying probable development trends for units included in the study.

**Keywords:** harmonic analysis, seasonality indicator method, air transport

---