

Agata Mesjasz-Lech<sup>1</sup>

## WYBRANE PROBLEMY ZASTOSOWANIA METOD STATYSTYCZNYCH W ANALIZIE POPYTU W PRZEDSIĘBIORSTWIE

### Streszczenie

Zagadnienia związane z popytem są szczególnie istotne w planowaniu logistycznym. Biorąc pod uwagę fakt, że podstawowym celem logistyki jest zaspokojenie popytu na rynku przy możliwie najniższych kosztach, znajomość popytu jest niezbędna do jego realizacji. Znajomość popytu rynkowego determinuje prawidłowe planowanie potrzeb materiałowych oraz zmniejsza niepewność w zarządzaniu logistycznym. Analiza popytu jest w związku z tym zagadnieniem często poruszonym w literaturze przedmiotu. Niestety nie da się jej przeprowadzić bez znajomości metod statystycznych. Celem artykułu jest przedstawienie możliwości zastosowania metod statystycznych, a przede wszystkim wnioskowania statystycznego oraz funkcji regresji w celu uniknięcia błędów w analizie popytu. Uwagę zwrócono przede wszystkim na nieparametryczne testy istotności, w tym testy zgodności, które umożliwiają badanie rozkładu empirycznego popytu z rozkładem teoretycznym oraz analizę funkcji regresji, a w szczególności występowanie w szeregach czasowych obserwacji nietypowych i wpływowych oraz tzw. regresję pozorną, czyli pozorną zależność między zmiennymi, podczas gdy nie da się określić związku przyczynowo-skutkowego między nimi. W artykule pokazano nie tylko konsekwencje wynikające ze źle zastosowanych narzędzi, ale wskazano również na możliwości ich uniknięcia.

**Słowa kluczowe:** logistyka, analiza popytu, analiza statystyczna, wnioskowanie statystyczne, funkcja regresji.

## CHOSEN PROBLEMS OF APPLICATION OF STATISTICAL METHODS FOR THE DEMAND ANALYSIS IN THE ENTERPRISE

### Abstract

Problems related to demand are particularly important in the logistics planning. Given that the primary goal of logistics is the realization of demand at the lowest possible cost, knowledge of demand is necessary to achieve it. Knowledge of market demand determines the correct planning of material requirements, and reduces uncertainty in the logistics management. The demand analysis is therefore the issue which is often discussed in the literature. Unfortunately, it can not be removed without the knowledge of statistical methods. The article presents the possibility of applying statistical methods, especially statistical inference and regression function to avoid errors in the demand analysis. The attention was paid on nonparametric tests of significance, including goodness of fit tests, which allow examination of the empirical distribution of demand from the theoretical distribution and the regression analysis, in particular the occurrence of outliers and influential observations in time series, and so. spurious regression, which is an spurious correlation between variables, while it is impossible to determine the causal relationship between them. The paper shows not only the consequences resulting from incorrectly applied tools, but also indicates the possibility of avoiding them.

**Key words:** logistics, demand analysis, statistical analysis, statistical inference, regression function.

### 1. WPROWADZENIE

Analiza popytu jest punktem wyjścia do planowania potrzeb materiałowych i zmniejszenia niepewności w zarządzaniu logistycznym. Znajomość popytu jest niezbędna do realizacji podstawowego celu logistyki, jakim jest zaspokojenie popytu na rynku przy możliwie najniższych kosztach. W literaturze przedmiotu znaleźć można różne podziały popytu. Najczęściej popyt dzieli się na popyt niezależny i zależny. Popyt niezależny, zwany również pierwotnym, determinowany jest przez otoczenie zewnętrzne przedsiębiorstwa, a zatem powstaje poza przedsiębiorstwem. Popyt zależny (wtórny) z kolei wynika z potrzeb mate-

<sup>1</sup> Politechnika Częstochowska, Wydział Zarządzania.

riałowych przedsiębiorstwa. Kryterium podziału stanowią mogą również miary statystyczne, a w szczególności wartość średnia i wariancja<sup>2</sup>. Na rysunku 1 przedstawiono rodzaje popytu określone wartościami miar statystycznych. Zaznaczyć przy tym należy, że w przypadku wyznaczania miar dla szeregów z wartościami zerowymi, należy je w obliczeniach pominąć.



Rys. 1. Rodzaje popytu

Źródło: N. Altay, F. Rudisill, L.A. Litteral, *Adapting Wright's modification of Holt's method to forecasting intermittent demand*, „International Journal of Production Economics” 2008, No. 111, s. 390.

Niepewność i zmienność popytu będzie determinowała decyzje w zakresie planowania zapasów i dystrybucji. Przedsiębiorstwa z jednej strony chcą utrzymać wysoki poziom zapasów w celu zaspokojenia potrzeb klientów, a tym samym generowania przychodów ze sprzedaży. Z drugiej strony jednak z wysokim poziomem zapasów związane są wysokie koszty ich tworzenia i utrzymania. Utrzymywanie wysokiego poziomu zapasów jest zatem inwestycją ryzykowną, w szczególności przy małym prawdopodobieństwie wystąpienia popytu ponad ten zaplanowany. Przedsiębiorstwa podejmują zatem różne działania, które mają w znacznym stopniu ograniczyć niepewność popytu, przy czym najczęściej wymienianym w literaturze działaniem jest centralizacja i konsolidacja zapasów w kilku różnych miejscach, ponieważ badania wykazały, że całkowite zapasy w systemie są proporcjonalne do pierwiastka kwadratowego z liczby miejsc, w których produkt jest magazynowany<sup>3</sup>.

Przy wyborze odpowiedniego działania w zakresie przepływów materiałowych pomóc może statystyczna analiza popytu. Wśród metod statystycznych stosowanych w analizie popytu najczęściej przydają się: wnioskowanie statystyczne, a w szczególności weryfikacja hipotez statystycznych, analiza regresji, prognozowanie na podstawie szeregów czasowych.

## 2. ROZKŁAD TEORETYCZNEGO A ROZKŁAD DOŚWIADCZALNY POPYTU

Dopasowanie do rozkładu doświadczalnego popytu jednego z rozkładów teoretycznych jest jednym z elementów analizy popytu. Właściwe określenie rozkładu teoretycznego profilu popytu jest niezbędne, np. do ustalenia właściwej polityki uzupełniania zapasów. W stochastycznym podejściu do ustalania odpowiedniej polityki uzupełniania zapasów zakłada się, że popyt jest zmienną losową. Parametry rozkładu prawdopodobieństwa zmiennej losowej ustala się na podstawie danych historycznych kształtowania się popytu. Wielkości popytu w poszczególnych okresach analizowanego odcinka czasu określane są za pomocą:

- 1) funkcji gęstości  $f_D(d)$  i jej dystrybuanty  $F_D(d)=P\{D\leq d\}$ , w przypadku, gdy opisany jest on jako zmienna losowa ciągła,
- 2) prawdopodobieństwa  $P\{D=d, d=d_{min}, \dots, d=d_{max}\}$ , w przypadku, gdy opisany jest on jako zmienna losowa dyskretna<sup>4</sup>.

<sup>2</sup> N. Altay, F. Rudisill, L.A. Litteral, *Adapting Wright's modification of Holt's method to forecasting intermittent demand*, „International Journal of Production Economics” 2008, No. 111, s. 390.

<sup>3</sup> Y.-J. Hsieh, *Demand switching criteria for multiple products: An inventory cost analysis*, „The International Journal of Management Science” 2011, Omega 39, s. 130.

<sup>4</sup> H. Tempelmeier, *Materiallogistik. Modelle und Algorithmen für die Produktionsplanung und -steuerung und das Supply Chain Management*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York 1999, s. 364.

Często dopasowania rozkładu teoretycznego dokonuje się porównując wartość średnią z odchyleniem standardowym lub wariancją (tabela 1).

Tabela 1. Rodzaje rozkładów i kryteria ich doboru

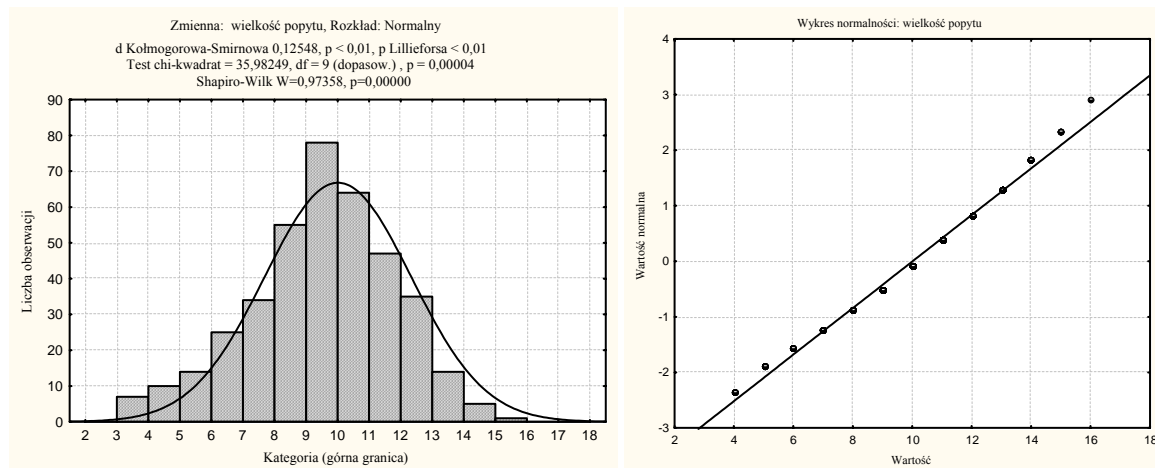
Typ rozkładu	Charakterystyka popytu	Kryterium doboru rozkładu
Rozkład Poissona	towary „rzadko” wydawane	$\bar{d} \approx s_d^2$
Rozkład normalny	towary szybko rotujące, zużywane lub sprzedawane w dużych ilościach	$\bar{d} > s_d^2$
Rozkład wykładniczy	„wolna” sprzedaż (zużycie)	$\bar{d} \approx s_d$

$\bar{d}$  – średnia arytmetyczna,  $s_d$  – odchylenie standardowe

Źródło: opracowanie własne na podstawie S. Krzyżaniak, *Podstawy zarządzania zapasami w przykładach*, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań 2002, s. 31–35.

Nie zawsze jednak wyróżnione kryteria prowadzą do określenia właściwego rozkładu popytu dla rozkładu doświadczalnego. Załóżmy, że znany jest rozkład wielkości dziennego popytu na pewien produkt, dla którego średnia równa jest 10,01 i odchylenie standardowe równe 2,323 (obie miary liczone są w jednostkach określających wielkość popytu). Obliczone miary statystyczne świadczą zgodnie z kryteriami przyjętymi w tabeli 1 o rozkładzie normalnym. Również postać graficzna rozkładu popytu zdaje się potwierdzać tezę o jego normalności. Ponieważ histogram może wskazywać na pewne odstępstwa od rozkładu normalnego, dlatego też sporządzono normalny wykres prawdopodobieństwa, pozwalający wnioskować, że rozkład jest normalny, gdy występuje duża zbieżność między danymi i linią prostą<sup>5</sup>. Histogram i normalny wykres prawdopodobieństwa dla analizowanych danych przedstawiono na rysunku 2.

W celu potwierdzenia normalności rozkładu popytu przeprowadzono nieparametryczne testy zgodności:  $\chi^2$  Pearsona, Smirnowa-Kołmogorowa, Lillieforsa, Shapiro-Wilka. Wyniki testów przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Podobieństwo badanego rozkładu z rozkładem normalnym – histogram i normalny wykres prawdopodobieństwa

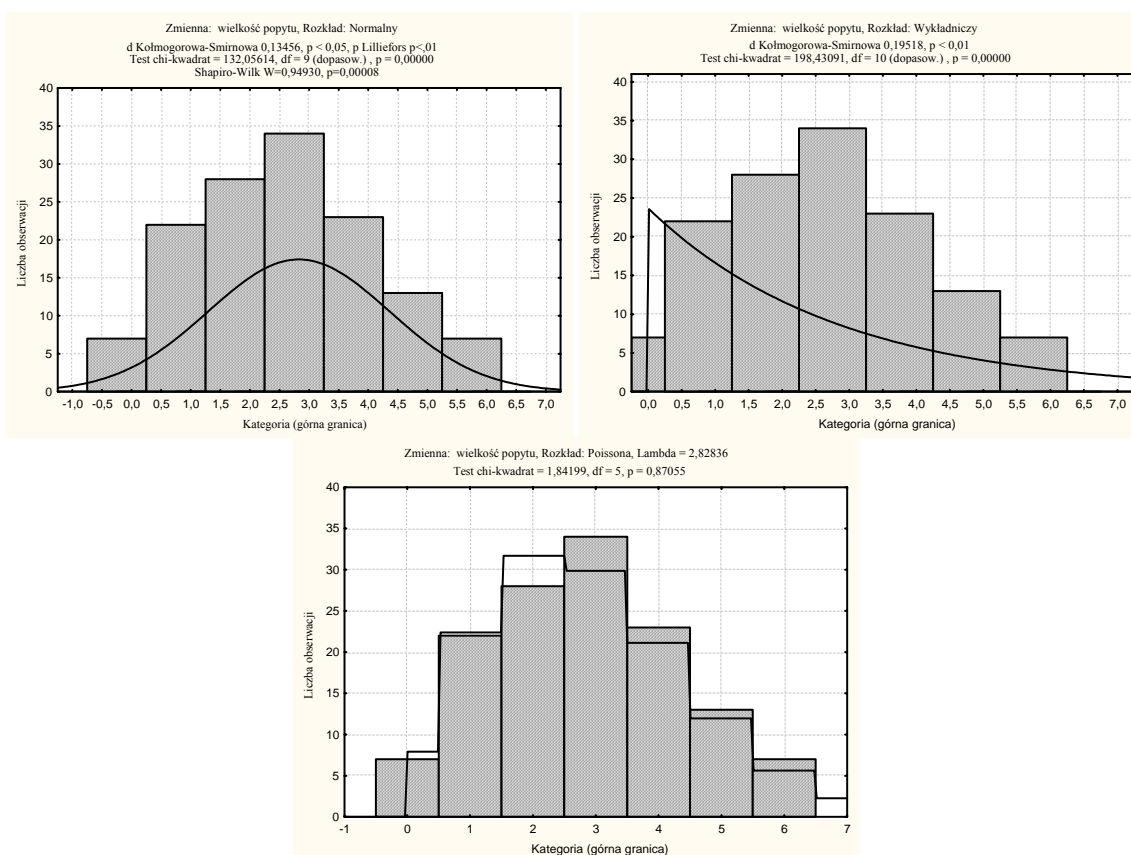
Źródło: obliczenia własne z wykorzystaniem pakietu STATISTICA.

Przeprowadzone testy wykazały, że hipotezę o normalności rozkładu należy odrzucić. Podjęta decyzja weryfikacyjna jest w pełni jednoznaczna, bowiem krytyczny poziom istotności wskazany został jako śladowej wielkości prawdopodobieństwo zmiany jej na odwrotną.

<sup>5</sup> T. Sałaciński, *SPC statystyczne sterowanie produkcją*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2009, s. 89.

W przypadku tym zatem hipotezy statystyczne nie potwierdziły decyzji podjętej na podstawie miar opisowych.

Kolejny przykład również wskazuje na potrzebę kierowania się wynikami odpowiednich testów statystycznych. Obliczone wartości średniej arytmetycznej i odchylenia dla pewnego rozkładu wielkości dziennego popytu wynoszą odpowiednio 2,828 i 1,528 jednostki, co niestety nie pozwala zgodnie z kryteriami zawartymi w tabeli 1 na podjęcie decyzji odnośnie postaci rozkładu. Dlatego też przeprowadzono testy statystyczne, w których założono, że badany rozkład jest: normalny, wykładniczy, Poissona, a wyniki przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Podobieństwo badanego rozkładu z rozkładem normalnym, wykładniczym, Poissona

Źródło: obliczenia własne z wykorzystaniem pakietu STATISTICA.

Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że rozkład popytu jest rozkładem Poissona.

Miary opisowe wskazują na pewne właściwości popytu. Pomagają one tym samym dobrać odpowiednie metody dalszej jego analizy. W celu dopasowania rozkładu teoretycznego do rozkładu doświadczalnego należy się jednak kierować przede wszystkim odpowiednimi testami statystycznymi, które pozwalają na przyjęcie określonego rozkładu z małym prawdopodobieństwem podjęcia błędnej decyzji w tym zakresie.

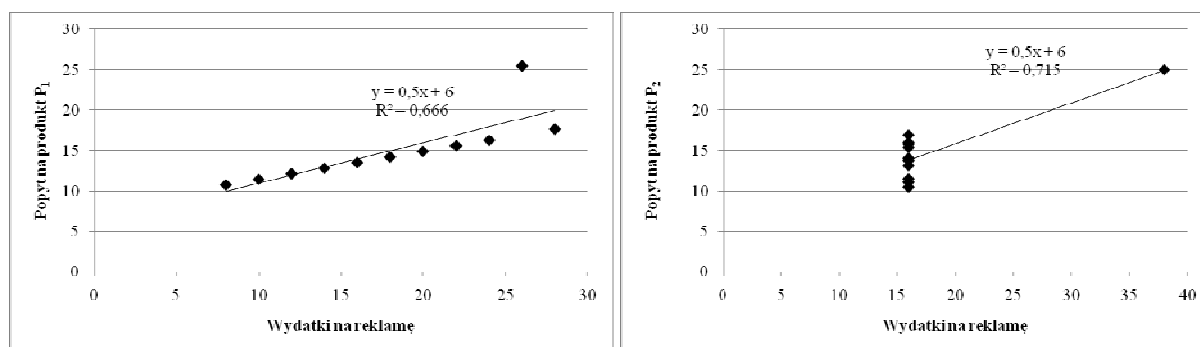
### 3. OBSERWACJE NIETYPOWE I WPLYWOWE W ANALIZIE POPYTU

Problemem w analizie popytu są również obserwacje nietypowe i wpływowe, które odróżniają się od pozostałych pewnymi cechami. Pojawienie się obserwacji nietypowych jest sygnałem ostrzegawczym, że zmianom ulegają dotychczasowy trend i otoczenie. Przyczynami pojawienia się obserwacji nietypowych są, np. niejednorodność zbiorowości statystycznej, z której pobrano próbę, nieoczekiwane wydarzenia, błąd popełniony przez badacza przy

pomiarze lub zapisie danych<sup>6</sup>. Kryteriami wyodrębnienia obserwacji nietypowych i wpływowych są skutki ich oddziaływania na model ekonometryczny: obserwacje nietypowe charakteryzuje duża różnica między wartością empiryczną a teoretyczną wynikającą z modelu ekonometrycznego, obserwacje wpływowe z kolei charakteryzują się tym, że nawet nieznaczna zmiana ich wartości bądź usunięcie z danych znacznie zmieniają parametry oszacowanego modelu<sup>7</sup>. Istnieje wiele sposobów pozwalających na identyfikację zmiennych nietypowych i wpływowych. Do najczęściej stosowanych zaliczyć można:

- określenie statystyki  $h_i$ , tzw. dźwigni (*leverage*),
- wystandaryzowaną miarę przyrostu teoretycznej wartości zmiennej wynikającą z pominięcia konkretnych obserwacji DFFITS (*different of fits*),
- wskazanie reszt większych co do wartości bezwzględnej od dwuipółkrotnego błędu standardowego reszt,
- wyznaczenie odległości Mahalanobisa  $MD_i$ <sup>8</sup>.

Określenie obserwacji nietypowych i wpływowych jest ważne również z punktu widzenia testowania hipotez o zgodności badanego rozkładu z rozkładem normalnym. Pojawienie się obserwacji znacznie odbiegających swoimi wartościami od pozostałych może spowodować wypaczenie wyników w tym zakresie<sup>9</sup>. Załóżmy, że znane są wielkości kształtowania się popytu na dwa różne produkty z 11 równych okresów. Zbudowano model ekonometryczny pokazujący zależność między wielkością popytu na dane dobro a wydatkami na jego reklamę. Otrzymane równania regresji wraz z oszacowanymi parametrami przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Równania regresji dla dwóch różnych zbiorów danych

Źródło: opracowanie własne na podstawie G.S. Maddala, *Ekonometria*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006, s. 127.

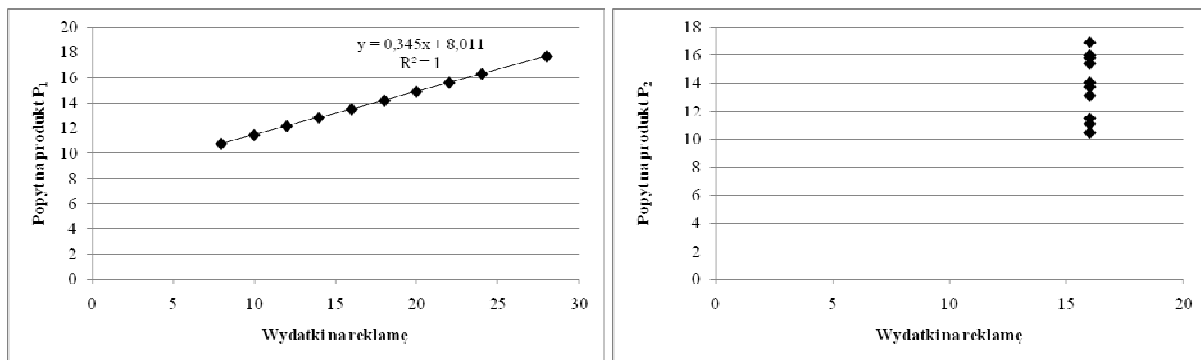
Dla obydwu zbiorów danych otrzymano takie same funkcje regresji liniowej. Z rysunku wynika jednak, że w każdym zbiorze danych wystąpiły obserwacje nietypowe, które odkształciły linię regresji. Usunięcie obserwacji nietypowych ze zbioru danych doprowadzi do uzyskania innych wyników w obu przypadkach, co pokazano na rysunku 5.

<sup>6</sup> A. Zeliaś, B. Pawełek, *Obserwacje nietypowe w badaniach ekonometrycznych*, [w:] A. Zeliaś (red.), *Prze-strzenno-czasowe modelowanie i prognozowanie zjawisk gospodarczych*, Materiały z XVIII Ogólnopolskiego Seminarium Naukowego, Zakopane 24–26 IV 1996, Akademia Ekonomiczna w Krakowie, Kraków 1997, s. 216.

<sup>7</sup> T. Kufel, *Ekonometria. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem programu GRETL*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007, s. 64.

<sup>8</sup> T. Kufel, *Ekonometria...*, op. cit., s. 64–65.

<sup>9</sup> Przykład wpływu obserwacji nietypowych na rodzaj rozkładu znaleźć można w: M. Szajt, *Statystyka w badaniach inżynierskich – wybrane problemy metodologiczne*, [w:] A. Mesjasz-Lech, *Nowoczesne instrumenty zarządzania*, Sekcja Wydawnictwa Wydziału Zarządzania Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2009, s. 12.



Rys. 5. Równania regresji dla dwóch różnych zbiorów danych po usunięciu obserwacji nietypowych

Źródło: opracowanie własne.

Wyeliminowanie obserwacji nietypowych z analizowanych szeregów często umożliwi wykorzystanie danych w modelowaniu ekonometrycznym<sup>10</sup>. Nie wszystkie obserwacje nietypowe należy jednak usuwać, gdyż ich pojawienie się może być spowodowane różnymi czynnikami, np. ograniczeniami spowodowanymi wystąpieniem różnych wydarzeń gospodarczych, społecznych, politycznych, opóźnieniami w dostosowaniach się wartości popytu do zidentyfikowanych czynników, wystąpieniem trendu w kształtowaniu się reszt<sup>11</sup>. Dlatego analiza powinna być dokonywana przez osoby nie tylko dobrze znające instrumentarium statystyki, ale również przez specjalistów dobrze znających analizowany proces ekonomiczny.

#### 4. REGRESJA POZORNA W ANALIZIE POPYTU

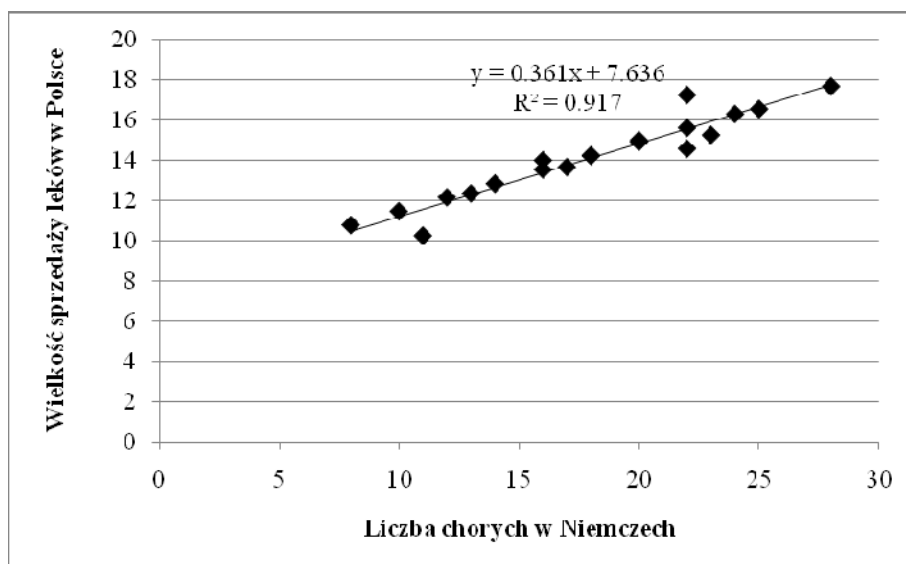
W modelach szacowanych na podstawie szeregów czasowych istotnym problemem może być również regresja pozorna<sup>12</sup>. Regresja pozorna jest pozorną zależnością, która występuje między zmiennymi mimo braku związku przyczynowo-skutkowego między nimi. Przyczyną występowania regresji pozornej może być, np. niestacjonarność zmiennych objaśnianej i objaśniającej, która powoduje, że w wyniku procedury regresji zmiennej objaśnianej zostaną przyporządkowane te zmiany w zmiennej objaśnianej, które są wywołane w rzeczywistości przez czynnik wpływający na obie zmienne, np. trend. Występowanie wspólnego trendu sprawia, że zmienne mogą kształtować się w podobny sposób, współczynnik determinacji i statystyki istotności *t*-Studenta i *F* Walda zostaną zawyżone, a tym samym wnioskowanie na ich podstawie nie będzie poprawne. W celu zbadania, czy występuje regresja pozorna, można porównać współczynnik determinacji ze statystyką Durбина-Watsona modelu. Jeżeli współczynnik determinacji będzie większy od statystyki Durбина-Watsona, można spodziewać się wystąpienia regresji pozornej.

Załóżmy, że zbadano wpływ liczby chorych w Niemczech na miesięczną sprzedaż leków w Polsce, a wyniki przedstawiono na rys. 6.

<sup>10</sup> M. Szajt, *Statystyka w badaniach inżynierskich – wybrane problemy metodologiczne*, [w:] Mesjasz-Lech A., *Nowoczesne instrumenty zarządzania*, Sekcja Wydawnictwa Wydziału Zarządzania Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2009, s. 12.

<sup>11</sup> G.S. Maddala, *Ekonometria*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006, s. 131.

<sup>12</sup> M. Gruszczyński, M. Podgórska (red.), *Ekonometria*, Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, Warszawa 2004, s. 188.



Rys. 6. Funkcja regresji popytu

Źródło: opracowanie własne.

W tabeli 2 przedstawiono parametry modelu zależności wielkości sprzedaży leków w Polsce od liczby chorych w Niemczech.

Tabela 2. Parametry modelu zależności wielkości sprzedaży leków w Polsce od liczby chorych w Niemczech

Parametr	Wartość
Współczynnik determinacji	0,91702
Statystyka t-Studenta dla wyrazu wolnego	15,89544
Statystyka t-Studenta dla parametru przy zmiennej objaśniającej	14,10391
Statystyka Durbina-Watsona	0,620324

Źródło: obliczenia własne.

Wysoki współczynnik determinacji oraz istotność parametrów dobrze świadczą o modelu, chociaż brakuje logicznych przesłanek istnienia zależności przyczynowo-skutkowej między obiema zmiennymi. Wartości współczynnika determinacji i statystyki Durbina-Watsona świadczą o możliwości wystąpienia regresji pozornej. Ewentualną pośrednią zależność między wielkością sprzedaży leków w Polsce a liczbą chorych w Niemczech wytłumaczyć można tym, że w przypadku obydwu zmiennych obserwuje się ten sam trend.

Efektu regresji pozornej można pozbyć się, np. przez:

- obliczania kolejnych przyrostów w celu uzyskania stacjonarnego szeregu czasowego, choć nie zawsze zabieg ten kończy się sukcesem, a często pozbawia model ciekawych zależności długookresowych,
- włączenie zmiennej czasowej do zbioru zmiennych objaśniających w celu wyodrębnienia trendu w szeregach trendostacjonarnych<sup>13</sup>.

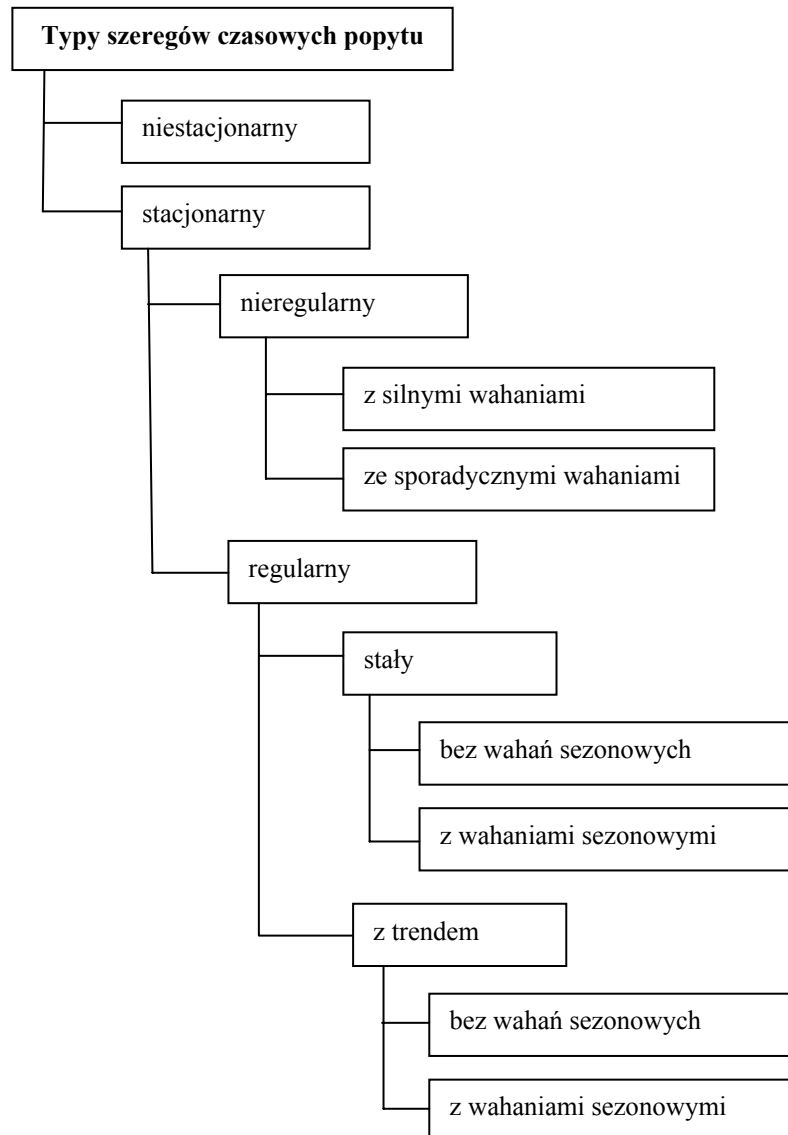
## 5. PROGNOZOWANIE POPYTU NIEREGULARNEGO

Prognozy popytu są wykorzystywane w szerokim zakresie w działalności gospodarczej, a w szczególności w zarządzaniu zapasami, transporcie, dystrybucji, uzupełnieniu zapasów, produkcji, zarządzaniu łańcuchem dostaw. Dokładne i trafne prognozy pomagają przedsiębiorstwom dostosować się do zmieniających się wymagań rynku<sup>14</sup>.

<sup>13</sup> M. Gruszczyński, M. Podgórska, *Ekonometria*, op. cit., s. 189–190.

<sup>14</sup> C.D. Smith, J.T. Mentzer, *Forecasting task-technology fit: The influence of individuals, systems and procedures on forecast performance*, „International Journal of Forecasting” 2010, No. 26, s. 144.

W statystycznej analizie popytu dość często spotkać się można z dużą nieregularnością popytu, a w szczególności z pojawieniem się zerowych wartości popytu w wybranych okresach analizowanego odcinka czasu. Pojawia się wtedy problem związany z możliwością prognozowania popytu na podstawie szeregu czasowego. W literaturze wyróżnić można wiele metod prognozowania popytu, a wybór odpowiedniej z nich zależy od właściwego określenia rodzaju szeregu czasowego opisującego kształtowanie się popytu (rys. 7).



Rys. 7. Typy szeregów czasowych opisujących kształtowanie się popytu

Źródło: H. Tempelmeier, *Materiallogistik. Modelle und Algorithmen für die Produktionsplanung und -steuerung und das Supply Chain Management*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York 1999, s. 29.

Najczęściej wykorzystywaną metodą do prognozowania krótkoterminowego popytu jest prosty model wygładzania wykładniczego (model Browna)<sup>15</sup>. Niestety zastosowanie modelu Browna w przypadku popytu nieciągłego jest kwestionowane, choć wyniki procesu prognozowania mogą okazać się pod pewnymi względami lepsze niż w przypadku innych metod<sup>16</sup>.

<sup>15</sup> P. Wallström, A. Segerstedt, *Evaluation of forecasting error measurements and techniques for intermittent demand*, „International Journal of Production Economics” 2010, No. 128, s. 625.

<sup>16</sup> Por. A.A. Syntetos, J.E. Boylan, *The accuracy of intermittent demand estimates*, „International Journal of Forecasting” 2005, No. 21, s. 313.



Znajomość przyszłego kształtowania się popytu jest niezbędna do ułożenia właściwych planów uzupełniania zapasów, a odpowiednio dobrane metody wyznaczania przyszłych wielkości popytu mogą znacząco wspomóc ten proces<sup>17</sup>. Prognozowanie popytu nieciągłego jest zadaniem trudnym nie tylko ze względu na zmienność częstości występowania popytu, ale również zmienność wielkości popytu<sup>18</sup>. Wśród metod, które pozwalają na sporządzanie dokładnych i trafnych prognoz w przypadku popytu nieciągłego wymienia się najczęściej metodę Crostona i jej modyfikacje oraz modyfikację Wrighta dla modelu Holta.

## 6. PODSUMOWANIE

Analiza popytu jest narzędziem wspomagającym proces decyzyjny w zakresie sterowania strumieniami materialnymi, które stanowią istotę problemów logistycznych na poziomie operacyjnym. Zastosowanie odpowiednich metod analizy popytu będzie determinowało poprawność i skuteczność podjętych decyzji. W literaturze przedmiotu często zwraca się uwagę na istotność metod statystycznych w badaniu popytu. Zastosowanie metod statystycznych nie stanowi w obecnych czasach problemu ze względu na zaawansowane technologie informacyjne, a w szczególności ze względu na profesjonalne programy komputerowe wykorzystywane do prowadzenia wszelkiego rodzaju analiz. Niestety stosowane metody mają pewne ograniczenia, co często może zmniejszyć ich użyteczność w prowadzonych badaniach. Z zastosowaniem każdej metody związany jest zatem pewien błąd, który powinien być znany, albo możliwy do oszacowania. Ważne jest, aby zastosowanie określonej metody do rozwiązania konkretnego problemu miało swoje uzasadnienie naukowe. Dobrze jest również przeprowadzać analizy wieloma metodami, aby móc porównać uzyskane wyniki. Wybór odpowiednich metod oraz interpretacja ich wyników wymaga, aby analiza przeprowadzona była przez osoby dobrze znające specyfikę analizowanych problemów i zastosowanych metod.

## LITERATURA

- [1] Altay N., Rudisill F., Litteral L.A., *Adapting Wright's modification of Holt's method to forecasting intermittent demand*, „International Journal of Production Economics” 2008, No. 111, s. 389–408.
- [2] Gruszczyński M., Podgórska M. (red.), *Ekonometria*, Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, Warszawa 2004.
- [3] Hsieh Y.-J., *Demand switching criteria for multiple products: An inventory cost analysis*, „The International Journal of Management Science” 2011, Omega 39, s. 130–137.
- [4] Krzyżaniak S., *Podstawy zarządzania zapasami w przykładach*, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań 2002.
- [5] Kufel T., *Ekonometria. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem programu GRETL*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007.
- [6] Maddala G.S., *Ekonometria*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006.
- [7] Sałaciński T., *SPC statystyczne sterowanie produkcją*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2009.
- [8] Smith C.D., Mentzer J.T., *Forecasting task-technology fit: The influence of individuals, systems and procedures on forecast performance*, „International Journal of Forecasting” 2010, No. 26, s. 144–161.
- [9] Syntetos A.A., Boylan J.E., *On the stock control performance of intermittent demand estimators*, „International Journal of Production Economics” 2006, No. 103, s. 36–47.
- [10] Syntetos A.A., Boylan J.E., *On the variance of intermittent demand estimates*, „International Journal of Production Economics” 2010, No. 128, s. 546–555.
- [11] Syntetos A.A., Boylan J.E., *The accuracy of intermittent demand estimates*, „International Journal of Forecasting” 2005, No. 21, s. 303–314.

<sup>17</sup> Syntetos A.A., Boylan J.E., *On the variance of intermittent demand estimates*, „International Journal of Production Economics” 2010, No. 128, s. 546.

<sup>18</sup> Syntetos A.A., Boylan J.E., *On the stock control performance of intermittent demand estimators*, „International Journal of Production Economics” 2006, No. 103, s. 37.

- [12] Szajt M., *Statystyka w badaniach inżynierskich – wybrane problemy metodologiczne*, [w:] Mesjasz-Lech A., *Nowoczesne instrumenty zarządzania*, Sekcja Wydawnictwa Wydziału Zarządzania Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2009.
- [13] Tempelmeier H., *Materiallogistik. Modelle und Algorithmen für die Produktionsplanung und -steuerung und das Supply Chain Management*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York 1999.
- [14] Wallström P., Segerstedt A., *Evaluation of forecasting error measurements and techniques for intermittent demand*, „International Journal of Production Economics” 2010, No. 128, s. 625–636.
- [15] Zeliaś A., Pawełek B., *Obserwacje nietypowe w badaniach ekonometrycznych*, [w:] Zeliaś A. (red.), *Przestrzenno-czasowe modelowanie i prognozowanie zjawisk gospodarczych*, Materiały z XVIII Ogólnopolskiego Seminarium Naukowego, Zakopane 24–26 IV 1996, Akademia Ekonomiczna w Krakowie, Kraków 1997.