

GAJEWSKA Teresa¹
KACZOR Grzegorz²

Analiza niezawodności dostaw w transporcie chłodniczym

WSTĘP

W ocenie usługi logistycznej najistotniejszą grupę stanowią kryteria typowo logistyczne. Wyróżnia się tu m.in. niezawodność realizowanych dostaw [5]. Jest ona również jednym z najważniejszych ocenianych czynników decydujących o poziomie konkurencyjności przedsiębiorstwa, związanych z realizacją funkcji transportowych [14].

Niezawodność dostaw jako jeden z czynników warunkujących konkurencyjność obejmuje takie parametry jak: dokładność dostaw, kompletność dostaw, terminowość dostaw oraz utrzymywanie na względnie niskim dopuszczalnym poziomie ilościowych ubytków i bezbłędności w prowadzonej dokumentacji. Niezawodność oznacza, że dostawa zostanie zrealizowana zgodnie z wyznaczonym terminem, bez występowania uszkodzeń ładunków, faktury będą prawidłowo sporządzone, bez błędów, dostawa trafi w odpowiednie miejsce, a zgodność asortymentowa oraz ilość zamówionych produktów będą zgodne z zamówieniem [7]. Niezawodność interpretowana jest również jako zdolność i wola dostarczania klientom dokładnej informacji związanej ze stanem realizowanego zamówienia, zaangażowanie dostawców lub sprzedawców w dotrzymanie ustalonych w harmonogramie terminów dostaw, jak również obowiązek poinformowania klientów o sytuacji, gdy dostawa nie może zostać zrealizowana w wyznaczonym czasie lub kompletnie [8]. Niezawodność usługi wg normy PN-EN 13816:2004 definiowana jest także jako „*stopień, do którego klient może być pewny, że usługi będą dostarczone w oferowany sposób*” [13].

Analiza niezawodności dostaw jako czynnika wpływającego na satysfakcję klienta jest przedmiotem prowadzonych badań przez wielu autorów. Meng, Liang, Lin and Chen w prowadzonych badaniach ankietowych analizowali w ramach niezawodności dostaw: systemy szybkiej reakcji (Quick Response Systems), możliwość kompletnej obsługi klienta, integrację możliwości inwentaryzacji systemu, dostawy w terminie ładunków lotniczych, bezpieczeństwo systemu informacji, jakość usług wykonywanych przez pracowników linii montażowych i systemu dystrybucji. Wszystkie czynniki z uwzględnieniem stopnia ważności i satysfakcji są większe lub równe niż 0,6. Świadczy to o tym, że każdy z wymiarów osiąga poziom satysfakcji w zakresie niezawodności [10,11].

Studia literatury przedmiotu i przeprowadzone badania empiryczne potwierdziły istotność podjętego problemu badawczego, jakim jest możliwość dokonania analizy niezawodności dostaw z jakości nabywanych usług logistycznych na przykładzie transportu chłodniczego.

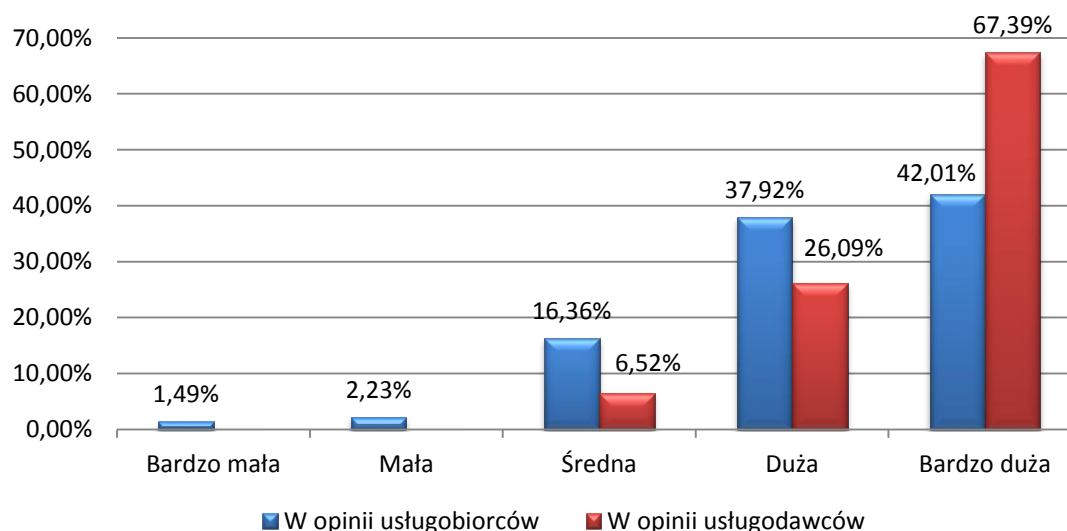
1. NIEZAWODNOŚĆ DOSTAW W OCENIE USŁUGODAWCÓW I USŁUGOBIORCÓW

W celu dokonania oceny ważności niezawodności dostaw jako istotnego czynnika decydującego o poziomie konkurencyjności przedsiębiorstwa świadczącego usługi logistyczne w zakresie transportu chłodniczego przeprowadzono badania ankietowe. Prowadzone badania bezpośrednio miały charakter ilościowy. W badaniu ilościowym została wykorzystana metoda badań ankietowych w oparciu o kwestionariusz ankiety przygotowany zgodnie z zaleceniami literatury [12, 15]. Do realizacji celów badawczych został opracowany kwestionariusz ankiety badawczej skierowany do przedstawicieli przedsiębiorstw usługodawców i usługobiorców. Do badań pozyskano 46 przedsiębiorstw świadczących usługi logistyczne w obszarze drogowego transportu chłodniczego i 269

¹ Dr inż. T. Gajewska, Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki w Krakowie, Wydział Mechaniczny; 31-864 Kraków; al. Jana Pawła II 37. Tel: + 48 374 33 25, Fax: + 48 374 33 11, gajewska@m8.mech.pk.edu.pl

² Mgr inż. G. Kaczor, Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki w Krakowie, Wydział Mechaniczny; 31-864 Kraków; al. Jana Pawła II 37. Tel: + 48 374 33 14, Fax: + 48 374 33 11, g.kaczor@m8.mech.pk.edu.pl

przedsiębiorstw korzystających z powyższych usług. Badania realizowano w dwóch etapach, które przeprowadzono w grudniu 2010 r i pod koniec 2012 r. Na rys. 1 przedstawiono wyniki prowadzonych badań dotyczące ważności niezawodności dostaw jako jednego z najważniejszych czynników decydujących o poziomie konkurencyjności przedsiębiorstwa prowadzącego działalność w zakresie transportu chłodniczego. W opinii prawie 70% przedstawicieli przedsiębiorstw usługodawców i ponad 40% przedstawicieli usługobiorców niezawodność dostaw stanowi bardzo ważny czynnik decydujący o poziomie konkurencyjności przedsiębiorstwa.



Wykres. 1. Ważność niezawodności dostaw w opinii usługodawców i usługobiorców

Analizie statystycznej poddano czynniki decydujące o poziomie konkurencyjności przedsiębiorstwa świadczącego usługi logistyczne w zakresie transportu chłodniczego, w tym niezawodność dostaw. Obliczenia statystyczne przeprowadzono z wykorzystaniem pakietu Statistica. W tabeli 1 podano porównanie średnich ocen obu grup respondentów oraz wartości współczynnika p, będące wynikiem testu Manna Whitney'a. Według przedstawicieli usługodawców w największym stopniu o poziomie konkurencyjności dla nich decydowały: wiarygodność przedsiębiorstwa (4,67 pkt.), niezawodność realizowanych dostaw (4,61 pkt.) oraz koszt dostawy (4,35 pkt.). Z kolei przedstawiciele usługobiorców ocenili, że najważniejszymi czynnikami konkurencyjności przedsiębiorstwa transportowego były: koszt dostawy (4,17 pkt.), niezawodność realizowanych dostaw (4,17 pkt.) oraz jego wiarygodność (4,08 pkt.). Obie grupy badanych respondentów stwierdziły, że wielkość przewożonego ładunku w najmniejszym stopniu stanowi o konkurencyjności przedsiębiorstwa.

Tab. 1. Ocena ważności czynników decydujących o poziomie konkurencyjności przedsiębiorstwa [2]

Czynniki decydujące o poziomie konkurencyjności przedsiębiorstwa	Usługodawcy		Usługobiorcy		Wartość p
	Średnia ocen (w pkt.)	Miejsce w rankingu	Średnia ocen (w pkt.)	Miejsce w rankingu	
Koszt dostawy	4,35	3	4,17	1	0,261
Niezawodność dostaw	4,61	2	4,17	2	0,001
Wiarygodność przedsiębiorstwa	4,67	1	4,08	3	0,000
Wykorzystane środki transportu	4,0	4	3,86	4	0,050
Poziom kosztów alternatywnych	3,58	7	3,84	5	0,370
Trasa przewozu	3,83	6	3,74	6	0,452
Częstotliwość przewozu	3,87	5	3,74	7	0,121
Wielkość przewożonego ładunku	3,50	8	3,64	8	0,367

Zauważono znaczące różnice w odpowiedziach pomiędzy badanymi grupami jedynie w dwóch analizowanych przypadkach. Niezawodność realizowanych dostaw stanowiła dla usługodawców ważniejszy czynnik decydujący o poziomie konkurencyjności niż dla usługobiorców. Podobna sytuacja dotyczyła wiarygodności przedsiębiorstwa, która stanowiła ważniejszy czynnik dla usługodawców niż dla usługobiorców. Należy zauważyć, że zarówno przedstawiciele przedsiębiorstw świadczących usługi logistyczne w zakresie transportu chłodniczego, jak też przedsiębiorstw je nabywających mają świadomość tego, że niezawodność dostaw i wiarygodność przedsiębiorstwa okazały się czynnikami w największym stopniu decydującymi dla nich o konkurencyjności przedsiębiorstwa.

Z uwagi na dużą ważność niezawodności dostaw dla konkurencyjności przedsiębiorstwa, szczególnego znaczenia nabierają metody oceny tej niezawodności. Pomagają one w wyciągnięciu wniosków i podejmowaniu działań mających na celu zwiększenie efektywności funkcjonowania przedsiębiorstwa i wzmocnienia jego pozycji na rynku. Analiza niezawodności dostaw i jej prognoza związana jest z analizą gwarancyjną i może opierać się na wykorzystaniu danych dotyczących zwrotów niezdatnych produktów.

1.1. Niezawodność dostaw w świetle badań

Zapewnienie właściwej jakości, niezawodności i bezpieczeństwa świadczonych dóbr i usług odgrywa istotną rolę w funkcjonowaniu przedsiębiorstwa, szczególnie w ostatnich latach [3]. Zaowocowało to powstaniem licznych prac naukowych poświęconych tej tematyce. Istnieje ciągła potrzeba opracowywania nowych metod ustalania polityk gwarancyjnych. Zagadnienie to zostało poruszone w pracy [16], gdzie autorzy zaproponowali dwa rodzaje rozszerzonych polityk gwarancyjnych. Dobrym przykładem na bezpośredni związek modelowania polityki gwarancyjnej z niezawodnością dóbr i usług jest przemysł motoryzacyjny. W pracy [1] dokonano przeglądu istniejących modeli gwarancyjnych jak również stosowanych analiz kosztów gwarancji. Opierając się na danych empirycznych od autoryzowanego dealera pojazdów samochodowych w Turcji, oszacowali koszty gwarancji używanych pojazdów, biorąc pod uwagę takie czynniki jak: wiek pojazdu i historię związaną z jego utrzymaniem. We wspomnianej pracy przedyskutowano również zalety i wady własnej metody oraz przedstawiono kierunki przyszłych. Większość metod wykorzystywanych do przewidywania okresu gwarancji opiera się na podstawowych technikach analizy niezawodności, co przedstawiono w pracy [19].

Niektóre z ostatnich prac dotyczą dwuwymiarowej analizy gwarancyjnej. Przykładowo, Gupta i inni współautorzy zaproponowali model dla projektowania polityki gwarancji w przypadku niepełnego zbioru danych. Opracowali również narzędzie diagnostyczne do śledzenia zmian funkcji intensywności uszkodzeń obiektów technicznych [4]. Tsoukalas i Agrafiotis [18] prowadzili badania nad modelem polityki gwarancyjnej, która uwzględnia wiek i wykorzystanie obiektów nienaprawialnych. Wzięli oni pod uwagę różne wartości kosztów wymiany tych obiektów.

2. OPIS ZASTOSOWANEJ METODY BADAWCZEJ

W niniejszym rozdziale przedstawiono skrócony opis zastosowanych metod analizy danych statystycznych (z uwagi na ich znaczną obszerność), które posłużyły do przeprowadzenia analizy gwarancyjnej. Szczegółowe opisy tych metod można znaleźć we wskazanej literaturze.

2.1. Metoda największej wiarygodności

Metoda największej wiarygodności (MNV) jest chętnie wykorzystywana do wielu problemów, związanych z estymacją parametrów modeli matematycznych. Związane jest to z jej uniwersalnością i wszechstronnością. Dzięki temu, istnieje możliwość prowadzenia statystycznej analizy zjawisk nieliniowych, również przy niewielkiej liczbie próbek [6].

2.2. Metoda macierzy Fishera – szacowanie przedziałów ufności

Metoda macierzy informacji Fishera jest jednym ze sposobów służących do określania przedziałów ufności zmiennej losowej. Jest ona preferowana w przypadku zbiorów danych o niewielkiej liczbie próbek, dla którego daje możliwie najdokładniejsze wyniki. W miarę wzrostu liczby próbek, różnice w wartościach przedziałów ufności w porównaniu z innymi metodami ich określania maleją.

2.3. Szacowanie dystrybuanty empirycznej

Wartości dystrybuanty empirycznej rozkładu ciągłego oszacowana jako rząd mediany (Median Rank), który można określić na podstawie równania Bernarda [9]:

$$\tilde{F}(t_i) = \frac{i - 0,3}{N + 0,4} \quad (1)$$

gdzie;

i – zamówienie elementu zamiennego

N – przygotowanie systemu do wymiany niezdatnego elementu.

3. ANALIZA NIEZAWODNOŚCI DOSTAW

3.1. Arkusz Nevada

Arkusz w formacie Nevada (tabela 2) zawiera informacje dotyczące ilości wyprodukowanych dóbr, które w określonych przedziałach czasu zostały wprowadzone na rynek. W arkuszu zamieszczone są również ilości zwrotów dóbr, które w odpowiednim czasie uległy uszkodzeniu oraz tych, które pozostały zdadne. Zatem, do każdego okresu czasu, w którym zrealizowano określoną ilość dóbr na rynek, można przyporządkować odpowiadającą mu ilość zwrotów związanych z uszkodzeniami tych dóbr (F) oraz ilość dóbr, które nie uległy uszkodzeniu i mogą nadal realizować swoje funkcje użytkowe (S). Informacje te mogą być dalej przekształcone na wartości prawdopodobieństwa poprawnej pracy i poddane analizie w oparciu o klasyczne techniki probabilistyczne [17, 20].

3.2. Dane do analizy

W tabeli 2 przedstawiono liczbę towarów wprowadzonych na rynek w okresie od stycznia do maja 2013 roku oraz liczbę towarów zwróconych w okresie od lutego do czerwca 2013 roku. Przykładowo, prześledźmy ilość zwrotów towarów w lutym 2013 roku dla każdej z dostaw:

$$F_1 = F_{LUTY,1} + F_{MAR,1} + F_{KWIE,1} + F_{MAJ,1} + F_{CZE,1} = 1 + 1 + 1 + 2 + 4 = 9$$

Tab. 2. Arkusz Nevada dla otrzymanych danych empirycznych

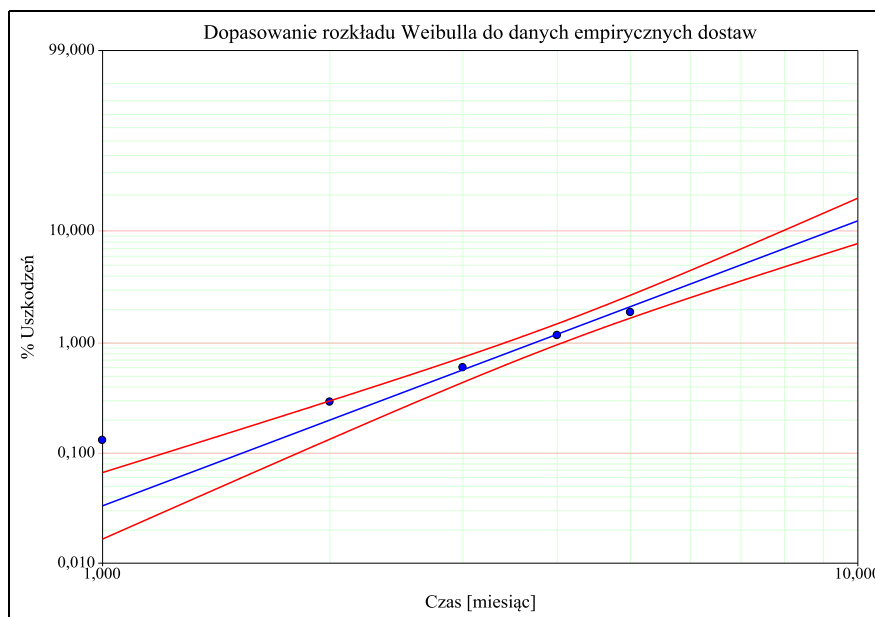
MIESIĄC	DOSTAWY	ZWROTY				
		LUTY	MARZEC	KWIECIEŃ	MAJ	CZERWIEC
STYCZEŃ	1230	1	1	2	7	9
LUTY	1530		1	2	7	9
MARZEC	1420			1	2	4
KWIECIEŃ	1350				2	4
MAJ	1020					4

Spośród 1020 dostaw towarów w maju, odnotowane zostały $F_{MAJ,1} = 4$ zwroty w czerwcu. Zatem ilość towarów, które uznawane są za zdadne, wynosi: $S_{1,MAJ} = 1016$. Postępując analogicznie, można wyznaczyć wartości ilości zdalnych i niezdatnych towarów w pozostałych okresach czasu. Otrzymujemy w ten sposób zbiór danych uciętych prawostronnie (right censored data), które przedstawiono w tabeli 3.

Tab.3. Dane ucięte prawostronnie, otrzymane na podstawie arkusza Nevada

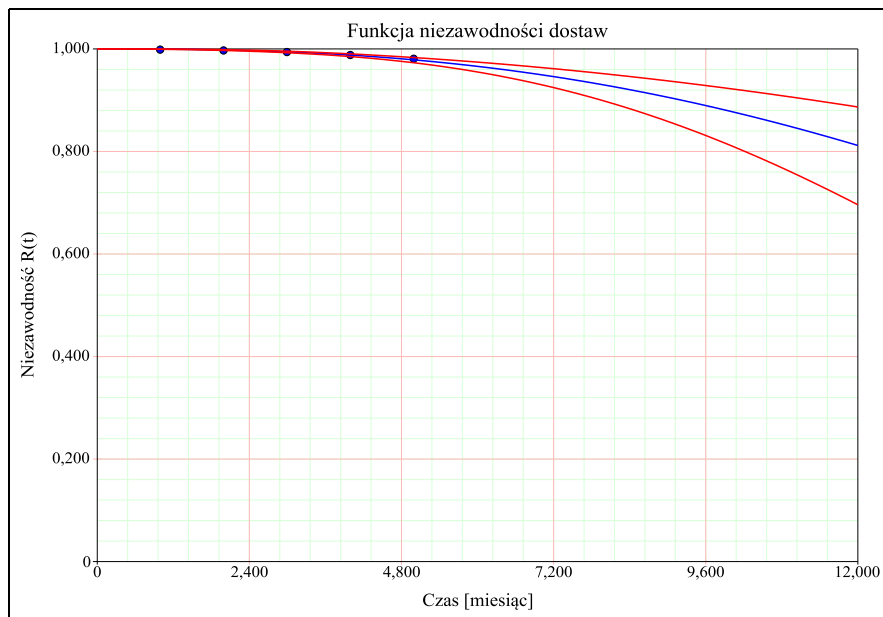
Ilość towarów	Stan techniczny F – niezdatny, S - zdatny	Kolejny miesiąc wprowadzenia na rynek
9	F	1
1016	S	1
9	F	2
1344	S	2
13	F	3
1413	S	3
16	F	4
1511	S	4
9	F	5
1210	S	5

Dokonując analizy powyższych danych w oparciu o przedstawioną wcześniej metodę największej wiarygodności, dokonano parametryzacji jedenastu rozkładów prawdopodobieństwa. W środowisku programowym Weibull++, przeprowadzono ranking dokładności dopasowania tych rozkładów do danych empirycznych. Ostatecznie, do dalszych obliczeń wybrano dwuparametryczny rozkład Weibulla. Dopasowanie tego rozkładu do danych empirycznych, zawartych w tabeli 3, przedstawiono na rysunku 3.

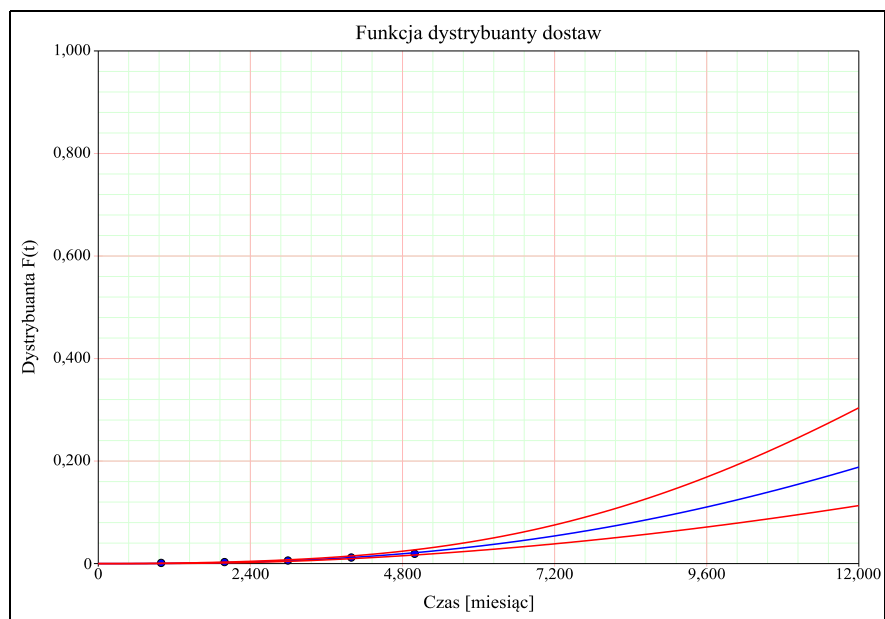
**Wykres. 2.** Dopasowanie dwuparametrycznego rozkładu Weibulla do danych empirycznych

4. WYNIKI BADANIA I ICH ANALIZA

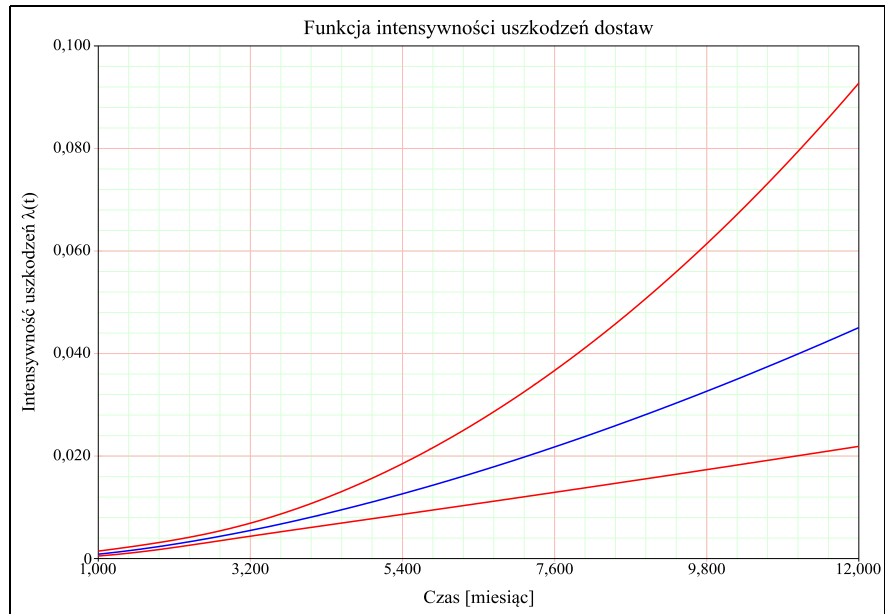
Na podstawie przyjętego rozkładu Weibulla wygenerowano przebiegi wybranych wskaźników funkcyjnych niezawodności, takich jak: funkcja niezawodności dostaw, funkcja dystrybuanty dostaw, funkcja intensywności uszkodzeń dostaw. Wykonano również prognozę liczby zwrotów towarów w okresie od lipca do grudnia 2013 roku.



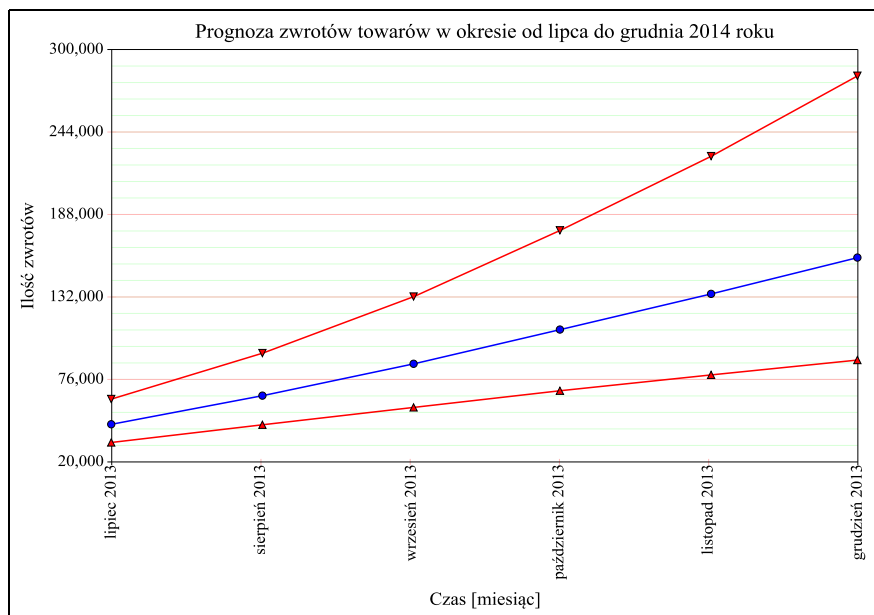
Wykres. 3. Przebieg funkcji niezawodności dostaw z obustronnymi przedziałami ufności na poziomie 0,95



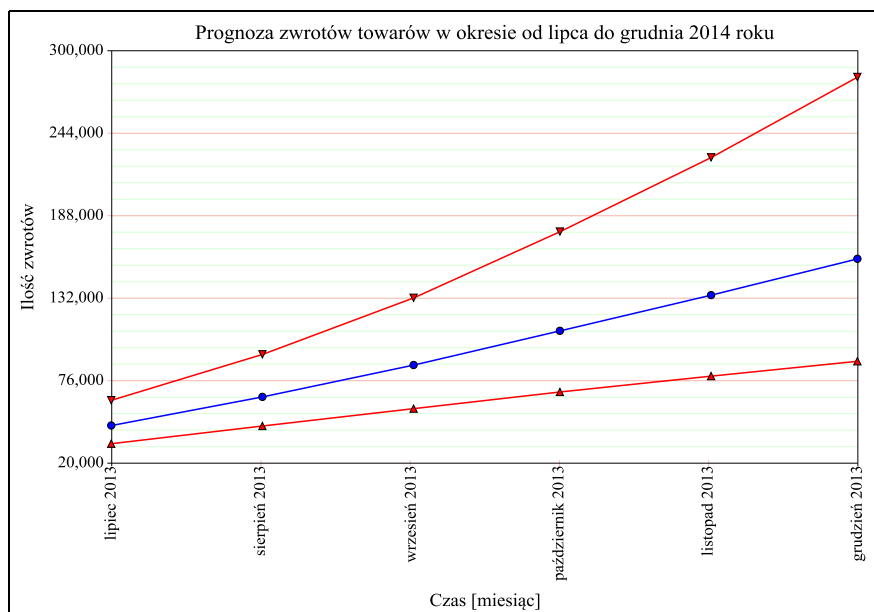
Wykres. 4. Przebieg funkcji dystrybuanty dostaw z obustronnymi przedziałami ufności na poziomie 0,95



Wykres. 5. Przebieg funkcji intensywności uszkodzeń dostaw z obustronnymi przedziałami ufności na poziomie 0,95



Wykres. 6. Przebieg funkcji intensywności uszkodzeń dostaw z obustronnymi przedziałami ufności na poziomie 0,95



Wykres. 7. Przebieg funkcji intensywności uszkodzeń dostaw z obustronnymi przedziałami ufności na poziomie 0,95

Przedstawiony na rysunku 7 przebieg funkcji dystrybuanty dostaw (kolor niebieski) obrazuje zmianę prawdopodobieństwa otrzymania zwrotów towarów, wprowadzonych na rynek w okresie od stycznia do czerwca do maja 2013 roku. Im dłuższy jest okres realizacji dostaw z określonych partii, tym większe prawdopodobieństwo otrzymania zwrotu a co za tym idzie większa liczba zwróconych towarów. Według wykonanej na rysunku 6 prognozy spodziewanej liczby zwrotów uszkodzonych towarów, w grudniu 2013 roku wartość ta będzie ponad trzykrotnie większa niż w lipcu tego samego roku. Oznaczone kolorem czerwonym granice przedziału ufności pokazują, że rozrzut prognozowanej liczby zwrotów towarów wzrasta tym bardziej, im dłuższy jest okres prognozowania. Dokładne wartości wykonanej prognozy przedstawiono w tabeli 4.

Tab.4. Dane ucięte prawostronnie, otrzymane na podstawie arkusza Nevada

Zwroty Dostawy	Lipiec			Sierpień			Wrzesień			Październik			Listopad			Grudzień		
	L	S	U	L	S	U	L	S	U	L	S	U	L	S	U	L	S	U
Styczeń	11	16	23	13	20	32	15	25	41	17	30	52	19	34	63	20	39	74
Luty	10	14	20	13	19	29	16	25	39	18	31	51	21	37	64	23	42	78
Marzec	7	9	11	10	13	18	12	18	27	15	23	36	17	28	47	19	34	59
Kwiecień	4	5	6	7	8	11	9	13	17	12	17	25	14	22	34	16	27	45
Maj	1	2	2	3	4	5	5	6	8	7	9	13	9	13	19	11	17	26

Otrzymane wyniki należy interpretować następująco: wśród spodziewanych średniej liczby zwrotów towarów w lipcu 2013 roku, 16 pochodzi z dostawy w styczniu, 14 z dostawy w lutym, itd. Zatem całkowita średnia liczba spodziewanych zwrotów towarów w lipcu 2013 roku wynosi 46. Ponadto, istnieje prawdopodobieństwo równe 0,95, że wartość rzeczywista będzie mieściła się w przedziale od 33 do 63 zwrotów. W analogiczny sposób można zinterpretować pozostałą część tabeli.

WNIOSKI

W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczące czynników decydujących o poziomie konkurencyjności przedsiębiorstwa. Wykazano, że niezawodność dostaw jest jedną z kluczowych cech, zarówno w opinii usługodawców jak i usługobiorców. W związku z tym istnieje potrzeba posiadania informacji o spodziewanej liczbie zwrotów danych towarów w określonych przedziałach czasowych. Do tego celu może zostać wykorzystana przedstawiona metoda analizy gwarancyjnej. Wykorzystując dane o dotychczasowej liczbie zwrotów towarów, wykonywana jest prognoza dla przyszłych zwrotów. Zastosowanie opisanej metody nie ogranicza się wyłącznie do podanego przykładu. Wykonanie prognozy może w ujęciu ogólnym dotyczyć występowania innych, niepożądanych zdarzeń, takich jak np. przestoje, zatrzymanie działania obiektów, przekroczenie granicznych wartości określonych wielkości fizycznych, itp.

Streszczenie

Niezawodność dostaw jest jednym z najważniejszych czynników decydujących m.in. o konkurencyjności przedsiębiorstwa, związanych z realizacją funkcji transportowych. Celem artykułu jest przedstawienie wyników badań z jakości nabywanych usług logistycznych w zakresie transportu chłodniczego oraz analiza niezawodności dostaw. Badania empiryczne prowadzono w oparciu o opracowany kwestionariusz ankiety badawczej skierowany do przedstawicieli przedsiębiorstw usługodawców i usługobiorców. Do badań pozyskano 46 przedsiębiorstw świadczących usługi logistyczne w obszarze drogowego transportu chłodniczego i 269 przedsiębiorstw korzystających z powyższych usług. W wyniku analizy przedstawiono przebieg wybranych wskaźników funkcyjnych niezawodności dostaw oraz dokonano prognozy liczby zwrotów dostarczonych towarów w poszczególnych miesiącach.

Analysis of the supply reliability in refrigerated transport

Abstract

Supply reliability is one of the most important factors determining, among others, competitiveness of company, concerned with implementation of transport functions. The aim of this paper is to present the results of research on the quality of logistic services acquisition in the field of refrigerated transport and supply reliability analysis. The conducted empirical studies were based on developed questionnaire survey was sent to representatives of the companies service providers and recipient. The study included 46 companies providing logistics services in the area of refrigeration transport and 269 companies benefiting from these services. As a results a selected functional indicators of reliability were shown as well as the forecasted returns of delivered goods in particular month.

BIBLIOGRAFIA

1. Aksezer C. S., *Failure analysis and warranty modelling of used cars*. Engineering Failure Analysis 2011, no. 18.
2. Gajewska T., *Kryteria jakości usług logistycznych w transporcie chłodniczym*. Rozprawa doktorska, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie. Kraków 2012.
3. Gajewska T., *Assessment of companies attitudes connected with perfection of quality logistics services in refrigerated transport*. Logistyka 2014, nr 3.
4. Gupta S. K., De S., Chatterjee A., *Warranty forecasting from incomplete two-dimensional warranty data*. Reliability & System Safety 2014, no. 12.
5. Jezierski A., *Multiperspektywistyczne definiowanie jakości procesów logistycznych w dobie konsumenciej*. LogForum 2005, nr 6.
6. Kaczor G., Zajac G., *Analiza niezawodności wtryskiwaczy*. Czasopismo Techniczne 2012, z. 7-M.
7. Kempny D., *Obsługa logistyczna*. Wydawnictwo AE w Katowicach, Katowice 2008.
8. Kisperska-Moroń D., (red.), *Logistyka*. ILiM, Poznań 2009.
9. Life Data Analysis Reference. Weibull++ 7. Reliasoft Corporation. Tucson AZ USA 1999-2007.
10. Meng S.M., Liang G.S., Lin K., Chen S.Y., *Criteria for services of air cargo logistics providers: How do they relate to client satisfaction?* Journal of Air Transport Management 2010, no. 16.

11. Nunnally J.C., Berstein I.H., *Psychometric Theory*. McGraw-Hill, New York 1994.
12. Oppenheim A. N., *Kwestionariusze, wywiady, pomiary postaw*. Wydawnictwo Zysk i S-ka, Poznań 2004.
13. PN-EN 13816:2004. Transport – logistyka i usługi. Publiczny transport pasażerski. Definicje, cele i pomiary dotyczące jakości usług, s.16.
14. Romanow P., *Zarządzanie transportem przedsiębiorstw przemysłowych*. Wyższa Szkoła Logistyki, Poznań 2003.
15. Sagan A., *Badania marketingowe: podstawowe kierunki*. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Krakowie, Kraków 2004.
16. Su C., Shen J., *Analysis of extended warranty policies with different repair options*. Engineering Failure Analysis 2012, no. 25.
17. Szkoda M., *Assessment of reliability, availability and maintainability of rail gauge change systems*. Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability 2014, nr 16 (3).
18. Tsoukalas M. Z., Agrafiotis G. K., *A new replacement warranty policy indexed by the product's correlated failure and usage time*. Computers & Industrial Engineering 2013, no. 66.
19. Wu S., *Warranty Data Analysis: A Review*. Quality and Reliability Engineering International 2012, no. 28.
20. http://reliawiki.org/index.php/Warranty_Data_Analysis.