

METODY OCENY I WYBORU DOSTAWCY – PRZYKŁAD LICZBOWY

Ewa Sterniczuk, Artur Kołosowski

Abstrakt: Problematyka zarysowana w niniejszym artykule dotyczy metod oceny i wyboru dostawcy. Na podstawie przykładu przedstawiono procedurę wyboru dostawcy w przedsiębiorstwie produkcyjnym. Następnie opracowano kryteria, dzięki którym dokonano oceny kwalifikowanych dostawców. Ostatnie zagadnienie, jakie zostało poruszone w artykule jest ocena ryzyka współpracy z dostawcami.

Słowa kluczowe: logistyka, przedsiębiorstwo, zaopatrzenie, dostawca.

JEL Classifications: R41.

1. Wprowadzenie

Logistyka zaopatrzenia jest jednym z głównych obszarów funkcjonowania przedsiębiorstwa produkcyjnego. Odgrywa ona podstawową rolę w kształtowaniu relacji między uczestnikami łańcucha dostaw. Stąd przedsiębiorstwa produkcyjne za główny cel stawiają sobie zorganizowanie produkcji i świadczonych usług tak, aby zaspokoić wszystkie wymagania klientów, zarówno indywidualne jak i wynikające z ostatniej chwili.

Logistyka zaopatrzenia stanowi obszar łączący przedsiębiorstwo produkcyjne z podmiotami zewnętrznymi, od których nabywa się materiały do produkcji. Dlatego też do najistotniejszych problemów, jakimi zajmuje się logistyka zaopatrzenia zalicza się:

- ustalenie liczby dostawców,
- ustalenie lokalizacji dostawców,
- określenie polityki cenowej,
- wybór dostawców.

Wszystkie wyżej wymienione czynności składają się na procedurę wyboru dostawcy. Natomiast do opracowania samej metodyki obliczeń wyboru dostawcy, wykorzystuje się szereg zasad umożliwiających wyodrębnienie z licznej grupy takich podmiotów, które będzie charakteryzowało najmniejsze ryzyko współpracy jak i najwyższa jakość oferowanych produktów. Najczęściej wykorzystywane metody wyboru dostawcy to:

- metoda punktowa,
- metoda graficzna – wykres radarowy,
- metoda punktowo-graficzna,
- metoda AHP,
- metoda wskaźnikowa.

W artykule przedstawione są procedury wyboru dostawcy z wykorzystaniem kombinacji kilku metod takich jak: metoda punktowa, AHP oraz wskaźnikowa.

2. Procedura wyboru dostawcy

Dobór adekwatnych kryteriów tworzących procedurę wyboru dostawców oraz późniejsza ocena współpracy z nimi, decyduje o jakości wytwarzanego wyrobu a także o efektywności podejmowanych działań zakupowych¹. Jedną ze składowych wpływających na jakość wyrobu stanowią surowce, z których dany wyrób jest wytwarzany. Kryterium to może zostać spełnione tylko przez właściwie dobranych dostawców.

Przykładowa procedura wyboru dostawcy przedsiębiorstwa produkcyjnego, zajmującego się m.in. produkcją elementów do budowy mostów zobrażowana została na rysunku 1.

Poniżej opisano poszczególne czynności przedstawione na rysunku 1².

Aktualny rejestr materiałów

Na podstawie planu produkcji oraz planowanej zmiany asortymentu produkcji dokonuje się aktualizacji grup materiałów.

¹ Krawczyk S., *Logistyka, teoria i praktyka. Część 2*. Warszawa: Difin, 2011, s. 201.

² Sterniczuk E., *Wybrane aspekty dotyczące funkcjonowania przedsiębiorstw produkcyjnych*. Praca magisterska. Warszawa: WAT, 2012, s. 67.



Rys. 1. Procedura wyboru dostawcy

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Sterniczuk E., *Wybrane aspekty dotyczące funkcjonowania przedsiębiorstw produkcyjnych*. Praca magisterska. Warszawa: WAT, s. 66.

Analiza możliwości rynku

W przypadku zmiany asortymentu materiałów używanych do produkcji, przeprowadza się analizę możliwości zabezpieczenia ich dostaw przy uwzględnieniu aktualnej oferty rynkowej.

Wysyłanie zapytań ofertowych

Do firm kieruje się zapytanie ofertowe określające rodzaj i wielkość potrzeb materiałowych a także wymogi jakościowe, z uwzględnieniem kryteriów wewnętrznego systemu kontroli jaki funkcjonuje w przedsiębiorstwie.

Wybór oferty

Otrzymaone odpowiedzi są ofertami deklarowanych dostaw lub informacji negatywnych. Oferty podlegają wstępnej selekcji. Po dokonaniu wyboru zostaje złożone zamówienie na materiały zgodnie z wybraną ofertą.

Sporządzanie listy potencjalnych dostawców

Na podstawie zebranych ofert tworzona jest lista potencjalnych dostawców. Przykładowymi kryteriami przyjętymi do utworzenia listy są:

- posiadanie uprawnień, certyfikaty np. na znak ISO, CE,
- proponowane warunki rozliczeń finansowych,
- okres gwarancyjny,
- deklarowana terminowość dostaw.

Zakupy sprawdzające dostawcę

Dla stwierdzenia wiarygodności dostawcy przeprowadza się transakcję sondazową tzw. zakup sprawdzający. Wywiązanie się dostawcy z postawionych wymogów kwalifikuje go do listy potencjalnych dostawców.

Sporządzanie lub aktualizacja listy dostawców kwalifikowanych

Wynik zakupów sprawdzających umożliwia sporządzenie listy dostawców kwalifikowanych.

Okresowa ocena dostawców

Ocena dostawców wykonywana jest raz na 3 miesiące. Do oceny dostawców wykorzystuje się rejestr terminowości dostaw.

Weryfikacja listy dostawców

Po przeprowadzeniu okresowej oceny dostawców dokonuje się weryfikacji listy dostawców. W wyniku weryfikacji możliwe jest eliminowanie dostawców lub zmiana ich kolejności na tablicy dostawców. Eliminowanie dostawców powoduje konieczność poszukiwania nowych.

W uzasadnionych względami czasowymi sytuacjach, można przeprowadzić dobór dostawców w sposób uproszczony. Takie przypadki najczęściej spotyka się w przedsiębiorstwach produkcyjnych gdzie krótkie terminy realizacji zadań produkcyjnych, a w szczególności produkcji jednostkowej, uniemożliwiają postępowanie według przedstawionej procedury. Można ją skrócić do trzech kroków³:

1. Wysyłanie zapytania ofertowego określającego gatunek, typ, rodzaj, wymiary materiału i termin dostaw.
2. Z otrzymanych ofert wybiera się najkorzystniejszą.
3. Dostawa realizowana zgodna z procedurą zawierającą opis najważniejszych czynności w procesie zaopatrzenia i gospodarki materiałowej ustalonych w przedsiębiorstwie.

Do przeprowadzenia takiej procedury wyznacza się wykwalifikowanych pracowników, ponieważ podejmowane decyzje mają bezpośredni wpływ na sprawne funkcjonowanie przedsiębiorstwa.

³ Lysons K., *Zakupy zaopatrzeniowe*. Warszawa: PWE, 2004, s. 108.

3. Kryteria oceny dostawców

Istotne z punktu widzenia metodyki wyboru są kryteria, jakie przedsiębiorstwo wyodrębni przy wyborze dostawcy. Można je pogrupować według ocen cząstkowych, do których należą⁴:

- ocena techniczna materiału oraz ekonomiczno-handlowa dostawcy, za którą oferent może uzyskać liczbę punktów w skali od 0 do 100,
- ocena systemu zapewnienia jakości dostawy, dla której skala punktów mieści się w przedziale 0 – 30.

Ocena końcowa składa się z sumy ocen cząstkowych, w której dostawcy mogą otrzymać maksymalnie 130 punktów. Bazując na uzyskanych przez nich liczbie punktów otrzymują oni następujące oceny:

- ocena nieodpowiednia – poniżej 70 punktów,
- ocena odpowiednia – 70-100 punktów,
- ocena dobra – 100-130 punktów.

Zgodnie ze strategią przedsiębiorstwa wynik poniżej 70 punktów dyskwalifikuje dostawcę z listy potencjalnych źródeł zaopatrzenia.

Przechodząc do oceny technicznej materiału oraz ekonomiczno-handlowej dostawcy, wyodrębniono grupę kryteriów, które zestawiono w tabeli 1.

W zbiorze kryteriów, które są najczęściej brane pod uwagę mieszczą się: jakość, cena, warunki płatności oraz poziom obsługi.

W początkowym etapie metodyki wyboru należy określić wagi poszczególnych kryteriów, na podstawie wielokryterialnej metody AHP (ang. *Analytic Hierarchy Process*). Pomocnym narzędziem przy przypisywaniu wag jest arkusz kalkulacyjny MS Excel. Przykładowa analiza priorytetów kryteriów została przedstawiona w tabeli 2

W pierwszej kolejności wyznacza się macierz pierwszeństwa kryteriów (tabela 1). Do kryteriów w kolumnie B przyporządkowuje się kryteria z wiersza 14. Na przykład, w kolumnie B kryterium C_1 – jakość ma bardzo wyraźną przewagę w stosunku do kryterium C_6 – warunki płatności (wiersz 14). Innymi słowy, przedsiębiorstwo bardziej interesuje jakość wyrobów niż warunki płatności.

⁴ Śliwczyński B., *Planowanie logistyczne*. Poznań: ILiM, 2007, s. 192.

Tab. 1. Zestawienie kryteriów wyboru dostawcy według oceny technicznej materiału oraz ekonomiczno-handlowej dostawcy

Lp.	Kryterium oceny C_n	Waga kryterium X_n	Przyznana liczba pkt. Y_n w ramach kryteriów 0-100	Uzyskana liczba pkt. Z_n za dane kryterium $Z_n = X_n Y_n: \sum X_n$
1	C_1 – jakość materiału	$X_1 = 30$	Y_1	$Z_1 = X_1 Y_1: \sum X_n$
2	C_2 – cena	$X_2 = 20$	Y_2	$Z_2 = X_2 Y_2: \sum X_n$
3	C_3 – terminowość dostaw	$X_3 = 10$	Y_3	$Z_3 = X_3 Y_3: \sum X_n$
4	C_4 – kompletność dostaw	$X_4 = 10$	Y_4	$Z_4 = X_4 Y_4: \sum X_n$
5	C_5 – poziom obsługi klienta	$X_5 = 10$	Y_5	$Z_5 = X_5 Y_5: \sum X_n$
6	C_6 – warunki płatności	$X_6 = 10$	Y_6	$Z_6 = X_6 Y_6: \sum X_n$
7	C_7 – poprawność dokumentacji Wysyłkowej	$X_7 = 4$	Y_7	$Z_7 = X_7 Y_7: \sum X_n$
8	C_8 – jakość opakowania	$X_8 = 3$	Y_8	$Z_8 = X_8 Y_8: \sum X_n$
9	C_9 – załatwianie kwestii spornych	$X_9 = 3$	Y_9	$Z_9 = X_9 Y_9: \sum X_n$
		$\sum X_n = 100$		$\sum Z_n$

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Śliwczynski B., *Planowanie logistyczne*. Poznań: ILiM, 2007, s. 193.

Tab. 2. Schemat punktowy priorytetów kryteriów

1 – brak przewagi	1 – brak przewagi
2 – nieznaczna przewaga	1/2 – nieznaczna niższość
3 – wyraźna przewaga	1/3 – wyraźna niższość
4 – bardzo wyraźna przewaga	1/4 – bardzo wyraźna niższość
5 – bezdyskusyjna przewaga	1/5 – bezdyskusyjna niższość

Źródło: opracowanie własne.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
13	Macierz pierzeństwa kryteriów										
14		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	
15	C1	1	3,00	4,00	4,00	4,00	4,00	5,00	5,00	5,00	
16	C2	0,33	1	3,00	3,00	3,00	3,00	4,00	5,00	5,00	
17	C3	0,25	0,33	1	1,00	1,00	1,00	4,00	5,00	5,00	
18	C4	0,25	0,33	1,00	1	1,00	1,00	4,00	5,00	5,00	
19	C5	0,25	0,33	1,00	1,00	1	1,00	4,00	5,00	5,00	
20	C6	0,25	0,33	1,00	1,00	1,00	1	4,00	5,00	5,00	
21	C7	0,20	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	1	2,00	2,00	
22	C8	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,50	1	1,00	
23	C9	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,50	1,00	1	
24	Suma	2,93	5,98	11,65	11,65	11,65	11,65	27,00	34,00	34,00	
25	Macierz pierzeństwa kryteriów										
26		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	Średnia
27	C1	0,34	0,50	0,34	0,34	0,34	0,34	0,19	0,15	0,15	0,30
28	C2	0,11	0,17	0,26	0,26	0,26	0,26	0,15	0,15	0,15	0,20
29	C3	0,09	0,06	0,09	0,09	0,09	0,09	0,15	0,15	0,15	0,10
30	C4	=C18/\$C\$24		0,09	0,09	0,09	0,09	0,15	0,15	0,15	0,10
31	C5	0,09	0,06	0,09	0,09	0,09	0,09	0,15	0,15	0,15	0,10
32	C6	0,09	0,06	0,09	0,09	0,09	0,09	0,15	0,15	0,15	0,10
33	C7	0,07	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,06	0,06	0,04
34	C8	0,07	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
35	C9	0,07	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
36										Suma	1,00
37											

Tablica 1. Metodyka obliczania wagi kryteriów

Źródło: opracowanie własne.

Następnym krokiem jest sumowanie kryteriów w poszczególnych kolumnach, po czym dokonuje się obliczeń (przykład komórka C31) oraz wyznacza się średnią (tablica 1). W ten sposób określa się wagę dla poszczególnych kryteriów.

Po wyznaczeniu wag, na podstawie ofert przydziela się punktację w ramach przyjętego poniżej zbioru kryteriów⁵:

1) Kryterium jakości:

Podstawą oceny są wyniki oceny technicznej materiału przeprowadzonej przez kontrolera na podstawie:

- warunków technicznych dostaw,
- instrukcji kontroli dostaw,
- świadectwa jakościowego dostawcy,
- ewentualnych badań własnych.

Skala punktów:

- jakość bez zastrzeżeń = 100 pkt
- niewielkie niezgodności jakościowe = 50 pkt
- poważna niezgodność jakościowa – dostawa odrzucona = 0 pkt

⁵ Śliwczyński B., dz.cyt., s. 193.

2) Kryterium ceny:

Kryteria tej oceny (w skali 0 – 100 pkt) oblicza się na podstawie poniższych zależności:

- $C_k = C_n: Y = 90$
- $C_k < C_n: Y = 90 + [(C_n - C_k): C_n] \cdot 100$
- $C_k > C_n: Y = 90 - [(C_k - C_n): C_n] \cdot 100$

gdzie:

C_k – cena oferowana przez dostawcę poddanego procedurze kwalifikacji,

C_n – najkorzystniejsza z cen oferowanych przez dotychczasowych dostawców,

Y – liczba punktów przyznanych w ocenie według kryterium oceny.

3) Terminowości dostaw:

Podstawą oceny jest:

- termin dostawy wskazany na zamówieniu,
- termin dostawy wskazany na dokumencie przewozowym,
- ewentualne dodatkowe informacje referenta branżysty.

W przedsiębiorstwie została przyjęta poniżej przedstawiona skala punktów:

- dostawa terminowa = 100 pkt
- dostawa po terminie = 100 pkt – 5 pkt · liczba dni po terminie
- dostawa przed terminem = 100 pkt – 3 pkt · liczba dni przed terminem

Zakłada się również, że w przypadku kiedy dostawca uprzedzi o opóźnieniu – liczbę punktów „karnych” mnoży się przez współczynnik 0,75.

4) Kompletność dostaw:

Ocenę wystawia się na podstawie:

- ilości poszczególnych pozycji asortymentowych określonych w zamówieniu,
- ilości pozycji asortymentowych podanych w dokumentach wysyłkowych dostawcy (potwierdzonych przez magazyniera).

Skala punktów jest następująca:

- odchylenie do 10% = 100 pkt
- odchylenie 11-20% = 80 pkt
- odchylenie 21-50% = 50 pkt
- odchylenie 51-80% = 20 pkt
- odchylenie powyżej 81% = 0 pkt

5) Poziom obsługi klienta, który uwzględnia:

- czas realizacji zamówienia,
- dostosowanie się do zmieniających się potrzeb przedsiębiorstwa,
- gotowość dostaw,
- oferowany serwis techniczny,
- gotowość do współpracy w zakresie obniżki kosztów i poprawy jakości,
- rzetelność i wiarygodność informacji.

Skala ocen przyjmowana jest w przedziale od 0 do 10.

6) Warunki płatności są rozumiane jako czas, po którym należy wykonać zapłaty za zrealizowaną dostawę.

W przedsiębiorstwie przyjęto następującą punktację:

- zapłata w terminie powyżej 45 dni po dostawie = 100 pkt
- zapłata w terminie 45 dni po dostawie = 95 pkt
- zapłata w terminie 30 dni po dostawie = 90 pkt
- zapłata w terminie 21 dni po dostawie = 80 pkt
- zapłata w terminie 14 dni po dostawie = 70 pkt
- zapłata w terminie 7 dni po dostawie = 60 pkt
- zapłata przy dostawie = 30 pkt
- zapłata w formie przedpłaty 50% wartości towaru = 10 pkt
- zapłata w formie przedpłaty 100% wartości towaru = 5 pkt

7) Poprawność dokumentacji wysyłkowej:

Skala punktów:

- dokumentacja bez zastrzeżeń = 100 pkt
- drobne niezgodności = 50 pkt
- duże niezgodności = 0 pkt

Jako drobne niezgodności przyjmuje się te, które nie przeszkadzają w sposób istotny w przyjęciu dostawy, nie powodują konieczności wystawienia nowych bądź dodatkowych dokumentów wysyłkowych.

8) Jakość opakowania:

Skala punktów:

- opakowanie bez zastrzeżeń = 100 pkt
- drobne zastrzeżenia = 50 pkt
- opakowanie wadliwe lub poważnie uszkodzone = 0 pkt

Opierając się na ocenie systemu zapewnienia jakości dostawy wyodrębnił następujące kryteria:

- certyfikat potwierdzający zgodność systemu zapewnienia jakości dostawy z normą ISO 9000 – skala punktów 0 – 30 pkt,
 - wyniki audytu, przeprowadzonego u dostawcy, w zakresie systemu zapewnienia jakości – skala punktów 0 – 30 pkt,
 - dotychczasowe długoletnie doświadczenie w stosowaniu danego materiału w przedsiębiorstwie produkcyjnym – skala punktów 0 – 30 pkt.
- Ocena tej dokonuje się na podstawie jednego z wyżej wymienionych kryteriów.

4. Ocena kwalifikowanych dostawców

Na podstawie przyjętych kryteriów, składających się na procedurę wyboru dostawcy w przedsiębiorstwie produkcyjnym, poddano ocenie pięciu dostawców. Ich oferty zostały zobrazowane w tabeli 3.

Tab. 3. Zestawienie ofert pięciu dostawców

Kryterium	Miara [pkt]	Dostawca A1	Dostawca A2	Dostawca A3	Dostawca A4	Dostawca A5
C ₁	0 – 100	100	50	100	0	50
C ₂	0 – 100	92,84	90	92,48	91,06	90,71
C ₃	0 – 100	80	81,25	100	100	91
C ₄	0 – 100	50	100	50	80	80
C ₅	0 – 10	8	7	9	6	7
C ₆	0 – 100	90	70	80	60	95
C ₇	0 – 100	0	50	50	100	100
C ₈	0 – 100	100	50	50	0	50
C ₉	0 – 10	5	6	4	8	6

Zródło: opracowanie własne.

Oferty każdego z dostawców zostały ocenione na podstawie następujących informacji:

- podstawą oceny jakości (C₁) wyrobów są otrzymane próbki oraz informacje uzyskane od innych użytkowników,
- cena (C₂) jest znana z przedłożonej oferty rynkowej,
- informacje o wywiązaniu się z terminów (C₃) i kompletności dostaw (C₄), poziomu obsługi klienta (C₅), poprawności dokumentacji wysyłkowej (C₇),

jakości opakowania (C_8) oraz rozwiązywania kwestii spornych (C_9) zostały uzyskane od innych użytkowników,

- warunki płatności (C_6) są elementem wstępnych negocjacji.

W przypadku kryterium ceny (C_2) przyjęto następujące założenia: najkorzystniejsza z cen stali oferowanych przez dotychczasowych dostawców wynosi 2 820 zł za tonę. Dostawca A1 oferuje cenę 2 900 zł/tonę, dostawca A2 – 2 820 zł/tonę, dostawca A3 – 2 750 zł/tonę, dostawca A4 – 2 790 zł/tonę, dostawca A5 – 2 840 zł/tonę. W zależności od tego czy oferowana kwota jest wyższa bądź niższa od najkorzystniejszej ceny dotychczasowych dostawców dane podstawi się do wzorów:

$$C_k = C_n: \quad Y = 90$$

$$C_k < C_n: \quad Y = 90 + \left[\frac{(C_n - C_k)}{C_n} \right] \cdot 100 \quad (1)$$

$$C_k > C_n: \quad Y = 90 - \left[\frac{(C_k - C_n)}{C_n} \right] \cdot 100 \quad (2)$$

gdzie:

C_k – cena oferowana przez dostawcę poddanego procedurze kwalifikacji,

C_n – najkorzystniejsza z cen oferowanych przez dotychczasowych dostawców,

Y – liczba punktów przyznanych w ocenie według kryterium oceny.

Po przeprowadzeniu obliczeń punktacja przedstawia się następująco:

- dostawca A1 – 92,84,
- dostawca A2 – 90,
- dostawca A3 – 92,48,
- dostawca A4 – 91,06,
- dostawca A5 – 90,71.

Analizując kryterium terminowości (C_3) zakłada się, że:

- dostawca A1 dostarczy towar 4 dni po terminie,
- dostawca A2 – 5 dni po terminie, uprzedzając o tym firmę,
- dostawca A3 oraz A4 dowiezie towar na czas,
- dostawca A5 – 3 dni przed terminem.

W zależności od sytuacji punkty przyznaje się na podstawie poniższych założeń:

- dostawa terminowa = 100 pkt
- dostawa po terminie = 100 pkt – 5 pkt · liczba dni po terminie

- dostawa przed terminem = 100 pkt - 3 pkt · liczba dni przed terminem

W przypadku, gdy dostawca uprzedził o opóźnieniu – liczba punktów „karnych” mnoży się przez współczynnik 0,75.

W wyniku przeprowadzonej oceny punktacja wygląda następująco:

- dostawca A1 – 80 pkt,
- dostawca A2 – 81,25 pkt,
- dostawca A3 – 100 pkt,
- dostawca A4 – 100 pkt,
- dostawca A5 – 91 pkt.

Po określeniu punktów dla poszczególnych dostawców można wyliczyć ocenę końcową wykorzystując poniższy wzór:

$$Z_n = X_n Y_n : \sum X_n \quad (3)$$

gdzie:

- Z_n – uzyskana liczba punktów za dane kryterium,
- X_n – waga kryterium,
- Y_n – przyznana liczba punktów w ramach kryteriów 0 – 100 lub 0 – 10,

Zestawione wyniki zostały przedstawione w tabelicy 2.

Ostatnim punktem jest ocena systemu zapewnienia jakości dostawy, której dokonuje się na podstawie jednego z kryteriów:

- certyfikat potwierdzający zgodność systemu zapewnienia jakości dostawy z normą ISO 9000 – o posiadaniu takiego certyfikatu informacji udziela dostawca,
- wyniki audytu systemu zapewnienia jakości przeprowadzonego u dostawcy – informacja zaczerpnięta od dostawcy,
- dotychczasowe długoletnie doświadczenie w stosowaniu danego materiału w przedsiębiorstwie produkcyjnym.

W danym przykładzie ocena została dokonana w oparciu o audyt systemu zapewnienia jakości (tabela 4).

	L	M	N	O	P	Q
Kryterium	Dostawca A1	Dostawca A2	Dostawca A3	Dostawca A4	Dostawca A5	
C1	29,94	14,97	29,94	0,00	14,97	
C2	18,08	17,53	18,01	17,74	17,67	
C3	8,24	8,36	10,30	10,30	9,37	
C4	5,15	10,30	5,15	8,24	8,24	
C5	0,82	0,72	0,93	0,62	0,72	
C6	9,27	7,21	8,24	6,18	9,78	
C7	0,00	1,95	1,95	3,89	3,89	
C8	2,75	1,38	1,38	0,00	1,38	
C9	0,14	0,17	0,11	0,22	0,17	
Suma	74	63	76	47	66	

Tablica 2. Ocena dostawców

Źródło: opracowanie własne.

Tab. 4. Zestawienie ocen systemu zapewnienia jakości dostaw

Dostawca A1	Dostawca A2	Dostawca A3	Dostawca A4	Dostawca A5
30 pkt	23 pkt	29 pkt	20 pkt	25 pkt

Źródło: opracowanie własne.

Do wyznaczenia rankingu sumuje się wszystkie uzyskane punkty poszczególnych dostawców:

- dostawca A1: $74 + 30 = 104$ pkt
- dostawca A2: $63 + 23 = 86$ pkt
- dostawca A3: $76 + 29 = 105$ pkt
- dostawca A4: $47 + 20 = 67$ pkt
- dostawca A5: $66 + 25 = 91$ pkt

Ranking dostawców, którzy najlepiej spełniają wymagania przedsiębiorstwa wygląda następująco:

- dostawca A3 – 105 pkt,
- dostawca A1 – 104 pkt,
- dostawca A5 – 91 pkt,
- dostawca A2 – 86 pkt,
- dostawca A4 – 67 pkt.

Według założonych kryteriów oceny, z pięciu dostawców, dwóch zalicza się do listy kwalifikowanych dostawców z oceną dobrą oraz dwóch z oceną

odpowiednią. Jeden dostawca (A4) ze względu na niską ilość punktów zostaje skreślony z listy.

5. Ocena ryzyka współpracy z dostawcą

Ryzyko najczęściej określa się jako miarę lub ocenę zagrożenia, niebezpieczeństwa będącego następstwem prawdopodobnych zdarzeń niezależnych od nas, bądź możliwych konsekwencji podjęcia decyzji. Z ryzykiem mamy do czynienia w każdej dziedzinie życia, również przy współpracy przedsiębiorstwa z dostawcami. Każda organizacja stawia określone wymagania, którym nie każdy dostawca jest w stanie sprostać. W konsekwencji może to generować nieprawidłowości ze strony dostawcy, mające bezpośredni wpływ na funkcjonowanie przedsiębiorstwa i jego produkty. Aby zredukować do minimum przyczyny ustalonych zagrożeń przeprowadza się ocenę ryzyka współpracy z dostawcami. W większości przypadków wykorzystuje się do tego zadania arkusz kalkulacyjny MS Excel, który ułatwia dokonanie oceny.

Do wyznaczenia ryzyka cząstkowego dostawców⁶ w przedsiębiorstwie stosuje się iloczyn prawdopodobieństwa i skutku (wzór 4):

$$R_C = P \cdot W \quad (4)$$

gdzie:

R_C – ryzyko cząstkowe, dotyczące danej wartości wskaźnika dla danego dostawcy,

P – prawdopodobieństwo przypisania danej wartości konkretnego wskaźnika,

W – waga, rozróżniająca ważność poszczególnych wartości konkretnego wskaźnika.

Na podstawie czterech wskaźników dokonuje się oceny ryzyka. Należą do nich:

- jakość materiału,
- terminowość dostaw,
- kompletność dostaw,
- jakość opakowania.

Wskaźniki prawdopodobieństwa wraz z opisem oraz oceną poziomu wpływu na prawdopodobieństwo, przedstawiono w pięciopunktowej skali (tabele 5 i 6).

⁶ Król M., Stadnicka D., Ocena ryzyka współpracy z dostawcami. *Problemy Jakości* 2010, nr 10, s. 35.

Tab. 5. Opis poziomów prawdopodobieństwa

Prawdopodobieństwo	
Wartość	Opis
1	Bardzo małe prawdopodobieństwo wystąpienia negatywnych skutków współpracy z dostawcą
2	Małe prawdopodobieństwo wystąpienia negatywnych skutków współpracy z dostawcą
3	Średnie prawdopodobieństwo wystąpienia negatywnych skutków współpracy z dostawcą
4	Duże prawdopodobieństwo wystąpienia negatywnych skutków współpracy z dostawcą
5	Bardzo duże prawdopodobieństwo wystąpienia negatywnych skutków współpracy z dostawcą

Źródło: opracowanie na podstawie Król M., Stadnicka D., Ocena ryzyka współpracy z dostawcami. *Problemy Jakości* 2010, nr 10, s. 34.

Tab. 6. Opis poziomu wpływu na współpracę

Wpływ na współpracę	
Wartość	Opis
1	Wpływ na współpracę jest nieznaczny; wskaźnik mało ważny
2	Wpływ na współpracę stosunkowo znaczący
3	Wpływ na współpracę istotny
4	Duży wpływ na współpracę
5	Bardzo duży wpływ na współpracę; wskaźnik bardzo ważny

Źródło: opracowanie na podstawie Król M., Stadnicka D., Ocena ryzyka współpracy z dostawcami. *Problemy Jakości* 2010, nr 10, s. 34.

Do każdego wskaźnika przypisuje się wartości prawdopodobieństwa oraz skutków (tablica 3), po czym dane podstawia się do wzoru na ryzyko cząstkowe (wzór 4).

Odpowiednio wykwalifikowany i doświadczony personel dobiera ryzyko cząstkowe dla poszczególnych dostawców (tablica 4), uwzględniając opinie osób zajmujących się źródłami zaopatrzenia. Następnym krokiem jest zsumowanie poszczególnych wskaźników dla każdego potencjalnego dostawcy.

Wskaźnik terminowości dostaw					Wskaźnik jakości materiału				
od	do	P	W	Ryzyko cząstkowe	od	do	P	W	Ryzyko cząstkowe
0%	5%	1	2	2	0%	3%	1	4	4
6%	10%	2	3	6	4%	10%	2	5	10
11%	25%	3	4	12	11%	25%	3	5	15
26%	50%	4	5	20	26%	50%	4	5	20
51%	100%	5	5	25	51%	100%	5	5	25

Wskaźnik kompletności dostaw					Wskaźnik opakowań				
od	do	P	W	Ryzyko cząstkowe	od	do	P	W	Ryzyko cząstkowe
0%	5%	1	3	3	0%	5%	1	2	2
6%	10%	2	4	8	6%	10%	2	2	4
11%	25%	3	5	15	11%	25%	3	3	9
26%	50%	4	5	20	26%	50%	4	4	16
51%	100%	5	5	25	51%	100%	5	5	25

Tablica 3. Wartości prawdopodobieństwa (P) i wpływu na współpracę z dostawcą (W) dla danych wskaźników
Źródło: opracowanie własne.

Wskaźnik terminowości dostaw					Wskaźnik jakości materiału				
Dostawca A1	Dostawca A2	Dostawca A3	Dostawca A4	Dostawca A5	Dostawca A1	Dostawca A2	Dostawca A3	Dostawca A4	Dostawca A5
12	12	2	2	6	4	15	4	25	15

Wskaźnik kompletności dostaw					Wskaźnik opakowań				
Dostawca A1	Dostawca A2	Dostawca A3	Dostawca A4	Dostawca A5	Dostawca A1	Dostawca A2	Dostawca A3	Dostawca A4	Dostawca A5
15	3	15	8	8	2	9	9	25	9

Zsumowane wskaźniki				
Dostawca A1	Dostawca A2	Dostawca A3	Dostawca A4	Dostawca A5
33	39	30	60	38

Tablica 4. Wartości przypisane poszczególnym dostawcom
Źródło: opracowanie własne.

Ryzyko danego dostawcy jest wyznaczone na podstawie stosunku wyliczonej sumy ryzyka do maksymalnej możliwej wartości ryzyka (wzór 5) w skali od 0 do 1, gdzie:

- 0 – najmniejsze ryzyko współpracy z dostawcą,
- 1 – największe ryzyko współpracy z dostawcą.

$$R = \frac{\sum_{n=1}^m R_{C_n}}{\max \sum_{n=1}^m R_{C_n}} \quad (5)$$

gdzie:

- R – ryzyko współpracy z dostawcą,
 m – liczba wskaźników przyjętych do oceny.

W danym przykładzie przyjęto trzystopniowe ryzyko (tabela 7), do którego przypisuje się w końcowej fazie poszczególnych dostawców.

Tab. 7. Wartości ryzyka

Wartość ryzyka		Oznaczenie kolorem
Od	do	
0,00	0,30	
0,31	0,45	
0,46	1,00	

Źródło: opracowanie własne.

Opierając się na czterech wskaźnikach przyjętych do obliczeń można wyznaczyć minimalną wartość ryzyka 11 oraz maksymalną wynoszącą 100 punktów (tablica 5).

N	O	P	Q	R	S	T	U
Ryzyko współpracy z dostawcami							
Dostawca A1	Dostawca A2	Dostawca A3	Dostawca A4	Dostawca A5			
0,33	0,39	0,30	0,60	0,38	min. wartość ryzyka	11	
					max. wartość ryzyka	100	

Tablica 5. Ryzyko współpracy z dostawcami

Źródło: opracowanie własne.

Kończącym etapem jest stworzenie rankingu, który przedstawia dostawców niosących ze sobą najmniejsze, jak i największe ryzyko współpracy:

- dostawca A3 – 0,30,
- dostawca A1 – 0,33,
- dostawca A5 – 0,38,
- dostawca A2 – 0,39,
- dostawca A4 – 0,60.

Po zakwalifikowaniu dostawcy do konkretnej grupy przedsiębiorstwo powinno podjąć odpowiednie działania w przypadku dostawców zaznaczonych (A1, A5, A2). Przykładowo, firma może wymusić działania korygujące oraz zapobiegawcze, a także żądać od dostawcy udokumentowania tych działań.

W przypadku grupy zaznaczonej (A4) najlepszym rozwiązaniem jest przeprowadzenie audytu bądź zakończenie współpracy z danym dostawcą. Dobrym sposobem, aby zmotywować dostawców do polepszenia jakości swoich wyrobów jest poinformowanie ich, po każdej ocenie, do jakiej grupy ryzyka zostali przypisani⁷.

6. Podsumowanie

W artykule zaprezentowane zostały metody oceny i wyboru dostawców w przedsiębiorstwie produkcyjnym, które zajmuje się m.in. produkcją wyrobów stalowych do budowy mostów. Na początku przedstawiono procedurę doboru odpowiedniego dostawcy, która w szczególności uwzględnia: aktualny spis materiałów, wybór ofert, sporządzanie lub aktualizację listy dostawców kwalifikowanych, okresową ocenę dostawców oraz weryfikację listy dostawców. Opracowano kryteria i zasady przyznawania punktów dopasowane do charakteru organizacji, a następnie na ich podstawie przeprowadzono ocenę pięciu wybranych dostawców. Opierając się na dokonanej ocenie można stwierdzić, którzy dostawcy oferują swoje produkty w najwyższej jakości, utrzymując przy tym najniższą cenę oraz najlepsze warunki płatności i poziomu obsługi. W części końcowej bazując na czterech wskaźnikach (jakości dostaw, terminowości, kompletności, opakowań), przeprowadzono ocenę ryzyka współpracy z tymi samymi dostawcami.

Reasumując, dobór odpowiedniej procedury, kryteriów i oceny wyboru dostawców oraz późniejsza ocena współpracy z nimi umożliwi organizacji prowadzenie działalności w sposób efektywniejszy, co przekłada się na zadowolonego klienta finalnego. Ponadto ponownie wskazać należy, że wszystkie opisane działania powinny być podejmowane przez doświadczonych i wykwalifikowanych pracowników.

Literatura

- Krawczyk S., *Logistyka, teoria i praktyka. Część 2*. Warszawa: Difin, 2011. ISBN 978-83-7641-456-0.
- Król M., Stadnicka D., Ocena ryzyka współpracy z dostawcami. *Problemy Jakości* 2010, nr 10.
- Lysons K., *Zakupy zaopatrzeniowe*. Warszawa: PWE, 2004. ISBN 83-208-1473-1.
- Sterniczuk E., *Wybrane aspekty dotyczące funkcjonowania przedsiębiorstw produkcyjnych*. Praca magisterska. Warszawa: WAT, 2012.
- Śliwczynski B., *Planowanie logistyczne*. Poznań: ILiM, 2007. ISBN 978-83-87344-23-8.

⁷ Król M., Stadnicka D., dz.cyt., s. 36.

**METODY PROGNOZOWANIA
W ZARZĄDZANIU ŁAŃCUCHEM DOSTAW**

Xenie Lukoszońová, Zdeněk Čujan

Abstrakt: Artykuł zajmuje się łańcuchami dostaw i ich reakcjami na zmiany wielkości popytu, kiedy dochodzi do destabilizacji liniowego przebiegu zaopatrzenia pojedynczych członków łańcucha dostaw, które ma wpływ na jego pojedyncze gałęzie. W ramach łańcucha dostaw rozwija się tzw. efekt byczego bicza. Celem artykułu jest przedstawić możliwości prognozowania popytu w podanych warunkach.

Słowa kluczowe: system dostaw, łańcuch dostaw, oszacowanie popytu, szeregi czasowe wyrównania, partia dostawy.

JEL Classifications: M21.

1. Wprowadzenie

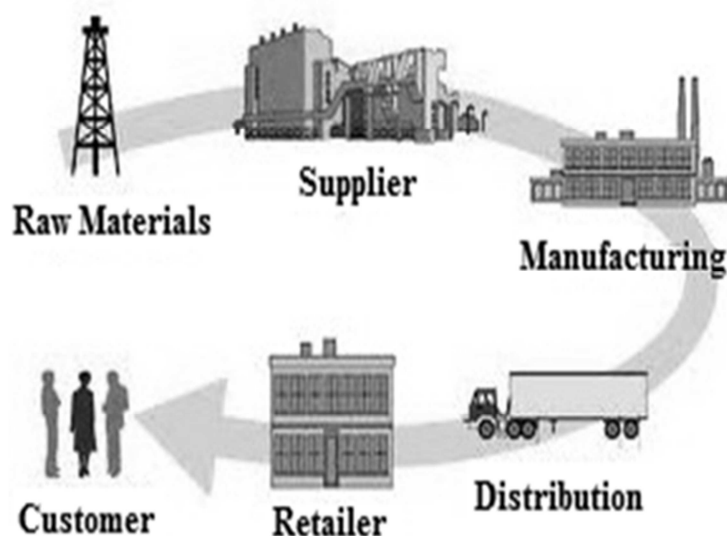
Artykuł zajmuje się łańcuchami dostaw i ich reakcjami na zmiany wielkości popytu, kiedy dochodzi do destabilizacji liniowego przebiegu zaopatrzenia pojedynczych członków łańcucha dostaw, które ma wpływ na jego pojedyncze gałęzie i rozwija się tzw. efekt byczego bicza. W ramach tego artykułu autorzy skupią się na problematyce wykorzystania metod prognozowania w celu ustalenia wielkości popytu. Na podstawie wyników prognozowania wielkości popytu można dalej zaplanować czasy i wielkości odpowiednich dostaw.

2. Łańcuch dostaw

Łańcuch jest tworzony przez mnóstwo elementów i relacji pomiędzy nimi celowo zdefiniowanymi na obiektach rzeczywistych. Zgodnie z teorią systemów¹ możemy definiować trzy podstawowe rodzaje elementów łańcucha dostaw:

- transportowy, w ramach którego główną operacją jest transport, tj. związane ze zmianą lokalizacji transportowanego elementu;
- integracyjny, w którym dochodzi do kumulacji, co jest związane tylko ze zmianą czasu;
- transformacyjny, w którym dochodzi do podwyższenia zmiany rodzaju jakościowego albo ilości parametrów elementu przeznaczonego do transformacji.

Łańcuch dostaw można charakteryzować jako linie działalności zintegrowanych i nawzajem połączonych podmiotów związanych z realizacją przepływów zwrotnych, których działalność jest niezbędna z punktu widzenia spełnienia wymagań końcowego klienta w wymaganym czasie, wielkości, jakości i na wymaganym miejscu.



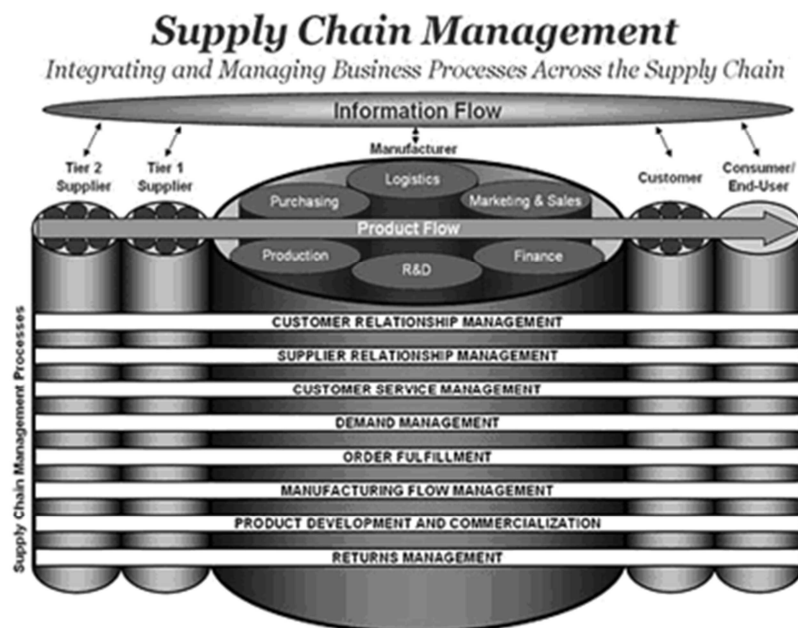
Rys. 1 Łańcuch dostaw – *Supply Chain*

Źródło: <http://www.clresearch.com/research/detail.cfm>

¹ Malindžák, D. a kol. *Teória logistiky*. Košice 2007. Vydavateľstvá Karnet. Technická univerzita Košice, Fakulta BERG. ISBN 978-80-8073-893-8, str. 21 – 38.

3. Zarządzanie łańcuchami dostaw

Zarządzanie łańcuchami dostaw obejmuje planowanie i realizację wszystkich działań, które są potrzebne do wyszukiwania zasobów, zakupów, transformacji zasobów i następnych działań logistycznych [Pernica, 2004]. Ważne jest, że obejmuje kooordinację i współpracę między pojedynczymi elementami (partnerami) łańcucha, którymi mogą być przykładowo dostawcy, pośrednicy, usługodawcy logistyczni i klienci. Łańcuch dostaw integruje zarządzanie podażą i popytem wewnątrz, ale i na zewnątrz łańcucha (pomiędzy organizacjami). Zarządzanie łańcuchem dostaw pełni też funkcję integracyjną i ponosi odpowiedzialność za połączenie procesów biznesowych w otoczeniu modelowym. Obejmuje wszystkie działania logistyczne łącznie z produkcją i zarządza takimi procesami jak marketing, sprzedaż, rozwój produktów, finansowanie i technologie informacyjne.



Rys. 2 Zarządzanie łańcuchem dostaw – *Supply Chain Management*

Źródło: Lambert, D., M. Supply Chain Management. USA: Lambert 2008, s. 3.

Logistyka jest częścią zarządzania łańcuchami dostaw, która planuje, realizuje i efektywnie zarządza wszystkimi przepływami i magazynowaniem towarów i odpowiednich informacji z miejsca ich pochodzenia do miejsca zużycia tak, żeby były spełnione wymagania klienta.

Do typowych procesów zarządzania należy transport, magazynowanie, manipulacja materiałami, realizacja zamówień, projektowanie sieci logistycznych,

zapasy, planowanie podaży i popytu oraz zarządzanie usługodawcami logistycznymi. Logistyczne funkcje obejmują też wyszukiwanie źródeł zakupu, planowanie produkcji, pakowanie i kompletację oraz usługi świadczone dla klientów. Jest włączona do wszystkich poziomów czasowych planowania i realizacji – strategicznego, taktycznego i operatywnego. Logistyka spełnia też funkcję integracyjną, która koordynuje i optymalizuje wszystkie działania logistyczne z innymi funkcjami, takimi jak marketing, produkcja, sprzedaż, finanse i technologie informacyjne.

System zarządzania łańcuchami dostaw jest otoczeniem integrującym wszystkie podstawowe działalności logistyczne, które są elementami logistyki tradycyjnej.

4. Efekt „byczego bicza” w systemach dostaw

Celem zarządzania łańcuchem dostaw jest osiągnięcie takiej koordynacji jego pojedynczych części, która by umożliwiała skrócenie terminu dostarczania (P-time), obniżkę poziomu zapasów i całkowitych kosztów systemu dostarczania. Dużą rolę w ramach koordynacji spełnia wykorzystanie nowoczesnych środków komunikacji, jednak w ramach wymiany informacji w systemie dostawców w ramach implementacji progresywnych rozwiązań logistycznych².

Nacisk na rozwój korzystnych warunków ma na celu wprowadzenie takiego systemu zarządzania, a także wygodnej struktury organizacyjnej w systemie dostawców, dzięki której mają osiągnąć efekty synergiczne i usunąć kilka efektów negatywnych, połączonych z częściowym albo zupełnym brakiem koordynacji i współpracy między elementami systemu.

Problem efektywnego zarządzania łańcuchem dostaw polega na tym, czy się sprawnie uda na wszystkich poziomach systemu dostawców odpowiedzieć na podstawowe pytanie:

„Co, kiedy, gdzie i jakim sposobem produkować, jak transportować towary itp. i to tak, żeby zostały spełnione wymagania klienta końcowego?”³

Informację tego rodzaju ma zazwyczaj do dyspozycji tylko bezpośredni dostawca towarów dla końcowego klienta. Inne organizacje łańcucha posiadają w większości tylko informacje pośrednie i często wykorzystują własne prognozy.

Od poziomu jakości przeprowadzonych prognoz zależy, czy w konkretnym okresie czasowym towar leży na magazynie i czeka na zamówienie klienta albo czy towaru nie ma do dyspozycji i klient go nie otrzyma. W obu wymienionych przypadkach dochodzi do generowania strat. Towary leżące w magazynach podwyższają koszty utrzymywania zapasów i powodują podwyższenie potrzeb

² Gros I., Dyntar J.: Planning System for Distribution System Management, *Logistic News*, Vol.V, No. 6, page 2-3, Praha: Reliant s.r.o., 2008.

³ Forrester J., W.: *Industrial Dynamics*. Cambridge: The MIT Press, 1999.

aktyw (majątku) firmy. Niespełnione zamówienie oznacza utratę przychodów. Problem oceny popytu nie omija bezpośrednich dostawców wyrobów i usług. Problemem priorytetowym zarządzania łańcuchem dostaw jest fakt, że na już tak ciężko przewidywany popyt klientów końcowych ma wpływ kilka zmieniających się czynników.

Wyjątkowymi w łańcuchach dostaw wydają się być systemy produkcji masowej, które oparte są na ramowych umowach z dostawcami na dłuższy okres czasowy. Przykładowo można tu wymienić przemysł samochodowy, w którym odbiorcy są połączeni z dostawcami poprzez ramowe umowy dotyczące produkcji np. części wyposażenia w wielkości potrzebnej dla zaopatrzenia 40.000 sztuk samochodów/rok, co w przeliczeniu oznacza produkcję 200 sztuk części dziennie. Zmiany w dostawach rozwiązywane są codziennie na poziomie operatywnym (poprzez pojedyncze zamówienia). Zazwyczaj chodzi o zmiany w ilości i wielkości kilku sztuk, które nie mają w ramach łańcucha dostaw żadnego znaczenia.

Problemy w planowaniu łańcuchów dostaw sieci handlowych są inne. Podstawowym źródłem informacji o popycie w hurcie są przede wszystkim zamówienia złożone przez detalistów. Sprzedawcy detaliczni zamawiają różne ilości towarów w różnych terminach. Wielkość zamówień powinna uwzględniać koszty i ryzyka połączone z ich realizacją i w końcu dochodzi do tego, że przewidywanie popytu końcowego klienta coraz więcej różni się od rzeczywistości. Planowanie potrzebnych działań w łańcuchu dostaw wzrasta w kierunku odwrotnym przeciw kierunkowi przepływu materiałowego.

Powyżej opisywany efekt jest w literaturze fachowej znany pod nazwą „efekt byczego bicza“, drogi górskiej, neurozy łańcucha dostaw albo też efekt Forrestera według publikacji³, której autor zajmował się modelowaniem komputerowym przepływów towarowych w łańcuchach dostaw na podstawie technik symulacyjnych i wpływu popytu na te przepływy.

Na podstawie wielkości złożonych zamówień i stanu zapasów dochodzi do zmian w całym systemie, wzrostu stanu zapasów i zwłaszcza wydłużenia czasu, który jest dla systemu potrzebny do adaptacji do zmian popytu końcowego. Autorzy zwracają uwagę przede wszystkim na rzeczywistość, w której dochodzi do czasowo ograniczonego wzrostu procenta niespełnionych zamówień aż o 56%.

Znaczenie potrzeby koordynacji wzrasta jeszcze bardziej wtedy, kiedy uświadomimy sobie, że modelowa sytuacja jest bardzo prosta - dochodzi tylko do zmiany popytu na nowy, lecz potem już ustabilizowany poziom. W rzeczywistości popyt zmienia się w obu kierunkach.

³ Forrester J., W.: *Industrial Dynamics*. Cambridge: The MIT Press, 1999.

5. Powody rozwoju efektu „byczego bicza”

Według Chen, Drezner, Ryan a Simchi-Levi [1999] do przyczyn rozwoju efektu „byczego bicza” należy:

- prognoza popytu;
- termin dostaw;
- zamówienie w systemach Just in Case;
- reakcje na oczekiwany brak towarów;
- zmiany cen na krótki okres czasowy (działalności promocyjne).

P. Pernica do kluczowych czynników powodujących efekt zalicza dalej np. odległość od rynku, sposoby produkcji i dystrybucji itp.

Z powodu analizy opisanego efektu byczego bicza jest niezbędne zwracać uwagę na trzy podstawowe wymiary łańcucha dostaw (te, które mają wpływ na efekt w kierunku odwrotnym przeciw przepływu materiałowego):

- metody prognozy popytu (średnia ruchoma, analiza regresji),
- system zamawiania (optymalna wielkość dostawy),
- cykl realizacji zamówień (połączenie systemów JIC, JIT, Kanban).

6. Metody prognozy popytu i ich wpływ na wielkość popytu

Wyjściem dla aplikacji metod ekstrapolacji są dane historyczne wielkości zrealizowanej sprzedaży, które nie muszą być zawsze odzwierciedleniem popytu rzeczywistego na wyroby i usługi wybranego systemu dostaw ponieważ:

- nie zawsze uda się spełnić wszystkie wymagania klientów,
- zazwyczaj nie obejmują całkowitej pojemności rynku, tzn. sprzedaży tego produktu, zrealizowanej przez ostatnich konkurentów.

Długość szeregów czasowych T powinna być tak ustalona tak, żeby:

- wybrane cechy popytu, zwłaszcza popytu średniego i jego wariancja, przypadkowo odchylenie miarodajne były dostatecznie pewne,
- odzwierciedlały ostatni, charakterystyczny rozwój,
- w przypadku szeregów z odchyleniami sezonowymi liczyły z ich pokryciem.

Wyjściem aplikacji następnie opisywanych metod prognozy popytu jest szereg czasowy T wielkości popytu rzeczywistego D w okresie czasowym $i = 1, 2, \dots, T$.

W ramach prognozy punktowej jest nam potrzebna ocena popytu na okres czasowy $T+1$, która będzie nazwana $\mu_{T+1,T}$ ⁴.

Wybór metod szeregów czasowych jest ograniczony. Chodzi o aplikację metod statystycznych - analizji regresji i wygładzania wykładniczego. Inne metody, np. symulacyjne, algorytmy genetyczne postanowiliśmy pominąć w artykule. Opisane przez nas metody są najczęściej używane i co więcej, dla udokumentowania ich wpływu na efekt łańcucha, zupełnie wystarczają.

W ramach aplikacji średniej ruchomej z oceną punktową będzie pierwsza prognoza równa średniej użytego szeregu czasowego:

$$\mu_{T+1,T} = \frac{\sum_{i=0}^{T-1} D_{T-i}}{T} = \frac{D_T + D_{T-1} + \dots + D_1}{T} \quad (1)$$

Wzór dla następnego okresu czasowego $T+1$:

$$\mu_{T+2,T+1} = \frac{\sum_{i=0}^{T-1} D_{T+1-i}}{T} = \frac{D_{T+1} + D_T + \dots + D_2}{T} \quad (2)$$

Obliczamy różnice:

$$\mu_{T+2,T+1} - \mu_{T+1,T} = \frac{1}{T}(D_{T+1} - D_1) \quad (3)$$

Zakładamy, że: $1/T = \alpha$ i substytucją D_1 przez prognozę $\mu_{T+1,T}$ otrzymujemy wzór:

$$\mu_{T+2,T+1} = (1 - \alpha)\mu_{T+1,T} + \alpha D_{T+1} \quad (4)$$

α jest tutaj przyjęte z tego powodu, że dla prognozy na następujące okresy czasowe wystarczy nam tylko prognoza i rzeczywistość z poprzedniego okresu czasowego.

$$\mu_{T+1,T} = (1 - \alpha)\mu_{T,T-1} + \alpha D_T \quad (5)$$

⁴ $T+1, T$ oznacza prognozę wyliczoną za okres czasowy T na okres czasowy $T+1$.

Pierwsza prognoza na okres czasowy $T+1$ zostanie określona na podstawie wzoru:

$$\mu_{T+1,T} = (1 - \alpha)\mu'_{T,T-1} + \alpha D_T \quad (6)$$

Z tego względu, że α należy do $(0 < \alpha \leq 1)$, większe znaczenie w ramach tego sposobu wygładzania przypisuje się nowszym informacjom, nie starszym:

$$\alpha > \alpha(1 - \alpha) > \alpha(1 - \alpha)^2 > \dots > (1 - \alpha)^{T-2} \quad (7)$$

Obliczenia obejmuje tabela 1.

Tab. 1 Obliczenia wygładzonych szeregów czasowych

2. okres czasowy	$\mu'_{2,1} = (1 - \alpha)D_1 + \alpha D_1 = D_1$
3. okres czasowy	$\mu'_{3,2} = (1 - \alpha)\mu'_{2,1} + \alpha D_2 = (1 - \alpha)D_1 + \alpha D_2$
4. okres czasowy	$\mu'_{4,3} = (1 - \alpha)\mu'_{3,2} + \alpha D_3 = \alpha D_3 + (1 - \alpha)((1 - \alpha)D_1 + \alpha D_2) = \alpha D_3 + \alpha(1 - \alpha)D_2 + (1 - \alpha)^2 D_1$
...	
T. okres czasowy	$\mu'_{T,T-1} = \dots = \alpha D_{T-1} + \alpha(1 - \alpha)D_{T-2} + \alpha(1 - \alpha)^2 D_{T-3} \dots (1 - \alpha)^{T-2} D_1$

Źródło: opracowanie własne.

W następnej tabeli 2 jest obliczone wygładzenie szeregów czasowych na okres 6 miesięcy.

Tab. 2 Przykład wygładzenia szeregów czasowych na okres 6 miesięcy

Miesiąc	Sprzedaż produktu w sztukach	Wartości wyładzone
T	D_T	μ'_T
1	125	
2	140	125,0
3	100	120,8
4	120	120,7
5	135	123,1
6	120	122,6

Źródło: opracowanie własne.

W ramach wygładzania szeregów czasowych odpowiednim sposobem dla wybranej krzywej należy ustalić parametry regresji a , b w celu osiągnięcia mini-

mów wielkości sumy kwadratowej odchylen wartości rzeczywistych D_T od teoretycznych.

$$(a, b_i) = \arg \min_{a, b_i} \sum_{i=1}^T (D_i - \mu_i)^2 \quad (8)$$

Tab. 3 Wzory współczynników regresji.

Linia	
$\mu_i = a + bt_i$	$b = \frac{T \sum_{i=1}^T D_i t_i - \sum_{i=1}^T D_i \sum_{i=1}^T t_i}{T \sum_{i=1}^T t_i^2 - (\sum_{i=1}^T t_i)^2}$ $a = \frac{\sum_{i=1}^T D_i}{T} - b \frac{\sum_{i=1}^T t_i}{T}$
Wykładnicza	
$\mu_i = ab^{t_i}$	$\log b = \frac{T \sum_{i=1}^T \log D_i t_i - \sum_{i=1}^T \log D_i \sum_{i=1}^T t_i}{T \sum_{i=1}^T t_i^2 - (\sum_{i=1}^T t_i)^2}$ $\log a = \frac{\sum_{i=1}^T \log D_i}{T} - \log b \frac{\sum_{i=1}^T t_i}{T}$
Parabola	
$\mu_i = a + bt_i + ct_i^2$	$\sum_{i=1}^T D_i = Ta + b \sum_{i=1}^T t_i + c \sum_{i=1}^T t_i^2$ $\sum_{i=1}^T t_i D_i = a \sum_{i=1}^T t_i + b \sum_{i=1}^T t_i^2 + c \sum_{i=1}^T t_i^3$ $\sum_{i=1}^T t_i^2 D_i = a \sum_{i=1}^T t_i^2 + b \sum_{i=1}^T t_i^3 + c \sum_{i=1}^T t_i^4$
Hiperbola	
$\mu_i = a + \frac{b}{t_i}$	$b = \frac{T \sum_{i=1}^T D_i \frac{1}{x_{j_j}} - \sum_{i=1}^T D_i \sum_{i=1}^T \frac{1}{t_i}}{T \sum_{i=1}^T \frac{1}{t_i^2} - (\sum_{i=1}^T \frac{1}{t_i})^2}$ $a = \frac{\sum_{i=1}^T D_i}{T} - b \frac{\sum_{i=1}^T \frac{1}{t_i}}{T}$

Źródło: Gross I., Grosowa S.: *Dodawatełské systémy*. Wysoká škola logistiki. Prerov, 2012.

W modelu regresji obliczamy wielkość popytu D_T jako funkcję zmiennej t , czyli funkcję trendu

Do najczęściej wykorzystywanych funkcji regresji należą:

$$\begin{aligned} \mu_i &= a + b_1 t + b_2 t^2 + \dots + b_k t^k && \text{wielomian } k\text{-poziomu,} \\ \mu_i &= a + b_1 t && \text{funkcja liniowa,} \\ \mu_i &= a + b_1 t + b_2 t^2 && \text{funkcja kwadratowa,} \\ \mu_i &= a.e^{bt} \quad \mu_i = a.b^t && \text{funkcja wykładnicza.} \end{aligned}$$

W następnej tabeli 4 podane są przykłady regresji na podstawie wygładzenia funkcją liniową i funkcjami potęgowymi.

Tab. 4 Przykłady regresji

T	sprzedaż produktów w sztukach	Wartości wygładzone		$(D-\mu)^2$	$(D-\mu)^2$
		D_T	funkcja liniowa	funkcje potęgowe	funkcja liniowa
1	125	104,6	100,6	21,3	0,3
2	140	114,5	117,1	30,2	8,4
3	100	124,4	128	112,6	48,9
4	120	134,3	136,4	203,8	267,6
5	135	144,2	143,2	4,7	1,5
6	120	154	149,1	24,5	98,9
			suma	397,1	425,5

Źródło: Opracowanie własne.

7. Podsumowanie

Istnieje duża różnica pomiędzy wynikami porównywanych metod prognozowania, która może być spowodowana wyborem metody ustalenia prognozy. Wybrana metoda prognozowania ma duży wpływ na wielkość zamówień i tym samym również na poziom jakości zarządzania łańcuchami dostaw.

Literatura

- Forrester J., W.: *Industrial Dynamics*. Cambridge: The MIT Press, 1999.
- Gros, I., Dyntar J.: Planning System for Distribution System Management, *Logistic News*, Vol. V, No. 6, page 2-3, Praha: Reliant s.r.o. 2008.
- Gros I., Grosova S.: Logistika a marketing v dodavatelských řetězcích, *Logistika* 7-8, str.48-49, Praha: Economia 2004.
- Gros I., Grosova S: Supply systems identification, theory and praxis, International conference *Modern Approaches to the Corporate Management*, Bratislava 2009.
- Gros I., Grosova S: *Dodavatelské systémy*. Vysoká škola logistiky. Přerov, 2012. ISBN 978-80-87179-20-8.
- Lambert M.,D.: *Supply Chain Management*, USA: Lambert 2008.
- Malindžák D. a kol.: *Teória logistiky*, Košice: KARNAT 2007.
- Pernica P.: *Logistics for 21.century. Supply Chain Management*. Praha: Radix 2005, page 1660.
- Svenssson G.: Supply chain management, In: *European Business Review*. Bradford: 2002. Vol. 14, 426-437.
- <http://www.clresearch.com/research/detail.cfm>

IV.
PRAWO

