

Maria Tymińska

Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy Jana Kochanowskiego w Kielcach¹

Model optymalizacyjny kosztów usług transportowych w sferze dystrybucji przedsiębiorstwa produkcyjnego Alfa SA²

Działania dystrybucyjne decydują często o kompetencji logistycznej przedsiębiorstwa. Rosnące oczekiwania klienta w zakresie szybkości, dokładności, elastyczności i niskich kosztów zmuszają przedsiębiorstwa do wprowadzania innowacji w całym łańcuchu dostaw, a szczególnie w obszarze obsługi klienta. Obserwuje się systematyczny wzrost znaczenia zadań dystrybucyjnych, a tym samym funkcji logistyki w fazie dystrybucji. Chodzi tu o wzrost drożności kanałów dystrybucyjnych w łańcuchu dostaw przy jednoczesnej redukcji kosztów, szczególnie w zakresie posiadanych zasobów transportowo – magazynowych. Jak podaje M. Ciesielski, „...zasoby to czynniki wytwórcze, które firma posiada lub kontroluje. Mogą one być lepiej lub gorzej wykorzystywane w zależności od umiejętności, a więc procesów organizowania, koordynacji itd.³ ...”.

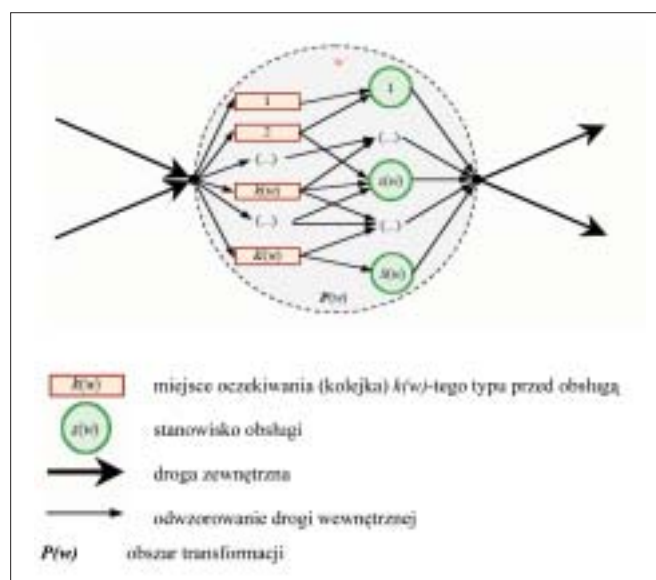
Zaprogramowanie finansowo efektywnych procesów dystrybucji jest jednym z najtrudniejszych zadań firmy. Należy bowiem uwzględnić wymagania dotyczące: układania tras, terminów dostaw, możliwości transportowych, przyjętej strategii współpracy z odbiorcami oraz wiele innych, takich jak: uwarunkowania prawne lub też organizacyjne, przygotowanie odpowiedniej powierzchni magazynowej, podział stanowisk obsługowych i administracyjnych, obowiązków itp.

Dystrybucja, a w szczególności system transportowy, silnie kształtuje efektywność ekonomiczną firmy. Potwierdzeniem tego jest znaczący udział w kosztach i w kształtowaniu dochodów. Badania w tym zakresie wykazują, że koszty transportu stanowią często około 50% całkowitych kosztów logistycznych⁴. Stąd też podejmowane działania powinny wiązać się z: usprawnianiem organizacji przepływu zasobów, zwiększaniem produktywności transportu, spadkiem kosztów, a więc wpływać na poziom zyskowności przedsiębiorstwa w sposób wyraźny.

Optymalizacja procesów logistycznych, w tym także optymalizacja „technologii” wyładunku i załadunku, staje się priorytetowym zadaniem każdej firmy. Taki właśnie problem – próbę zoptymalizowania systemu transportowo-spedycyjnego – podejmuje niniejszy artykuł⁵, przyjmując za S. Krawczykiem, że „...spedycja obejmuje zorganizowanie przemieszczenia ładunków przy zastosowaniu odpowiednio dobranych środków transportu i sposobu przewozu, w wyniku czego następuje przesłanie ładunków od dostawcy do odbiorcy”⁶.

Rachunek optymalizacyjny prowadzony jest na przykładzie przedsiębiorstwa Alfa SA. Jest to producent materiałów wykończeniowych dla budownictwa. Firma realizuje dystrybucję swoich produktów przy udziale około 200 partnerów handlowych w kraju i około 100 poza granicami. Obszar dystrybucji jest więc „mocnym” elementem systemu logistycznego tego przedsiębiorstwa. W jego strukturze organizacyjnej wyodrębniono zakład transportu, który funkcjonuje pod własną nazwą ALFA SERWIS. Na tabor ALFA SERWIS składają się zarówno samochody ciężarowe, jak również pojazdy transportu wewnętrznego, urządzenia dźwigowe itp. ALFA SERWIS jest głównym kontrahentem firmy Alfa SA w obszarze usług transportowych. Wykonywanie wszystkich usług pomiędzy tą jednostką, wyodrębnioną rozrachunkowo, a Alfa SA, odbywa się na podstawie zawartych umów. Z punktu widzenia organizacji i przebiegu czynności transportowo - spedycyjnych mamy tu do czynienia z systemem masowej obsługi.

Graficzny obraz typowych elementów systemu masowej obsługi przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Schemat struktury miejsc obsługi w systemie masowej obsługi. Źródło: M. Wasiak: *Odwzorowanie systemów logistycznych jako systemów masowej obsługi [w:] Systemy logistyczne. Teoria i praktyka.* Warszawa 2006.

¹ UH-PJK w Kielcach, Filia w Piotrkowie Trybunalskim, Wydział Nauk Społecznych, Instytut Ekonomii, Zakład Zarządzania i Logistyki (przyp. red.).

² Artykuł recenzowany (przyp. red.).

³ M. Ciesielski (red.); *Logistyka we współczesnym zarządzaniu*, AE Poznań, 2003, s.27.

⁴ M. Hajdul; *Przebudowa systemu transportowego z wykorzystaniem narzędzi symulacyjnych oraz wielokryterialnego wspomaganie decyzji.* [w:] *Systemy logistyczne. Teoria i praktyka*, Warszawa 2006, s.2.

⁵ Artykuł ten jest kontynuacją rozważań nad efektywnością systemu dystrybucyjno - transportowego: M. Tymińska, Minimalizacja kosztów obsługi transportu w procesie zaopatrzenia przedsiębiorstwa produkcyjnego, „Logistyka” nr 1/2008, s.72-74.

⁶ S. Krawczyk; *Zarządzanie procesami logistycznymi*, PWE, Warszawa 2001, s.84.

W procedurze modelowania optymalizacyjnego dokonuje się:

- 1) minimalizacji łącznych kosztów: oczekiwania na obsługę i kosztów obsługi składów samochodowych (w fazie zaopatrzenia),
- 2) maksymalizacji dochodu (w fazie dystrybucji produktów).

Uzyskane w trakcie badania rezultaty analizy decyzyjnej, to optymalne wartości:

- parametru intensywności obsługi $\mu^* = 0,79$
- parametru intensywności ruchu $\rho = 0,54$
- minimalne łączne koszty funkcjonowania systemu obsługi zgłoszeń i oczekiwania na obsługę:

$$\min K(\mu^*) = \min \left[\mu K_{obj} + \frac{\lambda}{\mu - \lambda} \cdot K_{poj} \right] = 979,0$$

Na podstawie danych firmy Alfa SA, jako parametry uzupełniające przyjmuje się następujące wielkości:

- jednostkowy koszt wynajmu składu samochodowego 1 200 zł.
- nakłady inwestycyjne związane z uruchomieniem nowych stanowisk obsługi w wysokości 350 000 zł., rozłożone na dwa lata (stąd na dzień 486,0 zł.)⁷.

Przytoczone wyżej dotychczasowe wyniki optymalizacji wraz z uzupełniającymi wielkościami i parametrami stanowią podstawę modelu całkowitych kosztów transportu firmy Alfa SA

$$K_c(x) = 979,0 \cdot x + 1200x + \frac{486,0}{x} \quad (1)$$

gdzie:

- $K_c(x)$ – całkowite koszty transportu,
 x – liczba składów samochodowych zaangażowanych w całym systemie (to jest w fazie zaopatrzenia – wyładunek oraz w fazie dystrybucji – załadunek),
 a w końcowym etapie są podstawą opracowania projektu reorganizacji systemu dystrybucyjno-transportowego.

Następnie, zgodnie z właściwościami procedury optymalizacji, został skonstruowany optymalizacyjny model usług transportowych w sferze dystrybucji produktów przy kryterium maksymalizacji dochodu:

$$z = 4800y - \left(979,0n + 1200n + \frac{486,0}{n} \right) \quad (2)$$

gdzie:

- z – wartość dochodu dziennego z zaangażowanych n składów samochodowych
 4800 – średnia wartość ładunku przypadająca na jeden skład samochodowy
 n – oznacza, że zmienna losowa X może przyjmować wartości: 0, 1, ..., x
 z prawdopodobieństwem $p(0), p(1), \dots, p(x)$; jednocześnie ALFA SERWIS dysponuje dziennie liczbą y składów samochodowych; y – może przyjmować wartości:

$$0, 1, 2, \dots, y, \dots, n = 16;$$

w przypadku dziennego zapotrzebowania (x) na usługi dystrybucyjne większego od n składów samochodowych pozostających w dyspozycji ALFA SERWIS, $x-n$ klientów nie będzie obsługiwanych. W modelu (2) uwzględniona jest liczba 16 składów samochodowych, jaka może być obsługiwana średnio na dobę przy dwuzmianowym systemie pracy.

Podjęty problem optymalizacyjny sprowadza się do:

- 1) ustalenia optymalnej ilości zamówień możliwych do realizacji w ciągu dwuzmianowego dnia pracy Alfa SA; dzienna liczba zamówień składanych firmie Alfa SA jest zmienną losową o rozkładzie Poissona i o średniej $\lambda = 5$, w którym parametr $\lambda = 5$ oznacza zaangażowanie 5 składów samochodowych⁸,
- 2) zaangażowania odpowiedniej liczby składów samochodowych (oznaczonej przez n) do realizacji zamówień, przy spełnieniu warunku kryterialnego, jakim jest – z punktu widzenia firmy Alfa SA – maksymalny poziom dochodu.

Prawdopodobieństwo $p(y)$ zaangażowania $y = x$ składów samochodowych przedstawia tablica 1:

Tab. 1. Rozkład Poissona prawdopodobieństwa liczby klientów Alfa SA. Źródło: obliczenia własne.

Realizacja (x)	Prawdopodobieństwo $p(x) = \frac{\lambda^x}{x!} e^{-\lambda}$	Realizacja (x)	Prawdopodobieństwo $p(x) = \frac{\lambda^x}{x!} e^{-\lambda}$
0	0,000	9	0,124
1	0,002	10	0,099
2	0,010	11	0,072
3	0,028	12	0,048
4	0,057	13	0,029
5	0,091	14	0,016
6	0,122	15	0,009
7	0,139	16	0,004
8	0,139	-	-

⁷ Źródło: opracowanie własne na podstawie danych przedsiębiorstwa Alfa SA.

⁸ W. Okręgliński, B. Łopuszyński; *Eksplotacja. Użytkowanie urządzeń mechanicznych*. WNT Warszawa 1980, s.188.

Tab. 2. Rozkład Poissona prawdopodobieństwa liczby zaangażowanych składów samochodowych do realizacji zamówień oraz oczekiwana wartość dochodu. Źródło: obliczenia własne w oparciu o warunki modelowe.

Liczba przygotowanych dziennie składów samochodowych (n)	Liczba zaangażowanych składów samochodowych (y)	Dochód (z) (zł)	Prawdopodobieństwo osiągnięcia dochodu [p(z)]	Oczekiwana wartość dochodu E(z) (zł)
1	2	3	4	5
5	0	-10.992,0	0,000	0,0
	1	-6.192,0	0,002	-12,0
	2	-1.392,0	0,010	-14,0
	3	3.408,0	0,028	95,0
	4	8.208,0	0,057	468,0
	5	13.008,0	0,892	11.603,0
-	-	-	-	-
7	0	-15.322,0	0,000	0,0
	1	-10.522,0	0,002	-21,0
	2	-5.722,0	0,010	-57,0
	3	-922,0	0,028	-26,0
	4	3.878,0	0,057	221,0
	5	8.678,0	0,091	790,0
	6	13.478,0	0,122	1.644,0
	7	18.278,0	0,681	12.447,0
-	-	-	-	-
11	11	28.787,0	0,180	5.182,0
	-	-	-	-
16	16	41.906,0	0,015	629,0

Przykładowe obliczenia w oparciu o wz. (1):

a) na przykład dla $n=5$ oraz $y=2$ będzie:

$$z_2 = 4800 \cdot 2 - \left(979 \cdot 5 + 1200 \cdot 5 + \frac{486}{5} \right) = -1392,0$$

oraz dalej – przy poziomie $p(z)=0,010$ daje oczekiwaną wartość dochodu $E(z) = -1392,0 \cdot 0,010 = -14,0$

b) na przykład dla $n=7$ oraz $y=5$ będzie:

$$z = 4800 \cdot 5 - \left(979 \cdot 7 + 1200 \cdot 7 + \frac{486}{7} \right) = 8678,0$$

oraz dalej – uwzględniając poziom prawdopodobieństwa zmiennej x otrzymujemy ostatecznie dochód równy $790,0 = (8678,0 \cdot 0,091)$; oznacza to, że firma Alfa SA dysponując liczbą n składów samochodowych (tu $n=7$) angażuje jedynie 5 zestawów (zgodnie z liczbą przyjętych zamówień na produkty) z prawdopodobieństwem $0,091$; dochód osiągnięty w tym przypadku wynosi $790,0$.

Rozkład prawdopodobieństwa oczekiwanej wartości dochodu ($p(z)$) z zaangażowanych składów samochodowych wynika bezpośrednio z prawdopodobieństwa zaangażowanych składów samochodowych (y).

Stąd: $p(z) = p(y)$ (3)

gdzie: $p(z)$ – prawdopodobieństwo oczekiwanej wartości dochodu

Wartość oczekiwana dochodu $E(z)$ wynika z zależności (2) i (3):

$$E(z) = z \cdot p(z) \quad (4)$$

Przyjmując dzienną liczbę składanych zamówień jako zmienną losową (według rozkładu Poissona), dochód dzienny jako wartość oczekiwana rozpatrywana jest również w rozkładzie Poissona⁹. Stąd sytuacja decyzyjna jest ułatwiona, a sprecyzowanie optymalnej decyzji jest natychmiastowe. Należy bowiem wyznaczyć wartość oczekiwaną dochodu dla różnej liczby zaangażowanych składów samochodowych i wybrać wariant maksymalizujący tę wartość.

Proces decyzyjny prowadzimy dla przedziału $n=(5 - 11)$. Dla $n < 5$ oraz dla $n > 11$ uzyskujemy znacząco niższą efektywność samochodów w dystrybucji. Otrzymujemy znacząco niższą oczekiwaną wartość dochodu,

aniżeli przy wykorzystaniu samochodów z analizowanego przedziału. Maksimum oczekiwanego dochodu otrzymujemy przy $n=7$ (12.447,0). Stanowi to podstawę konstrukcji projektu reorganizacji systemu transportowego.

Podsumowanie

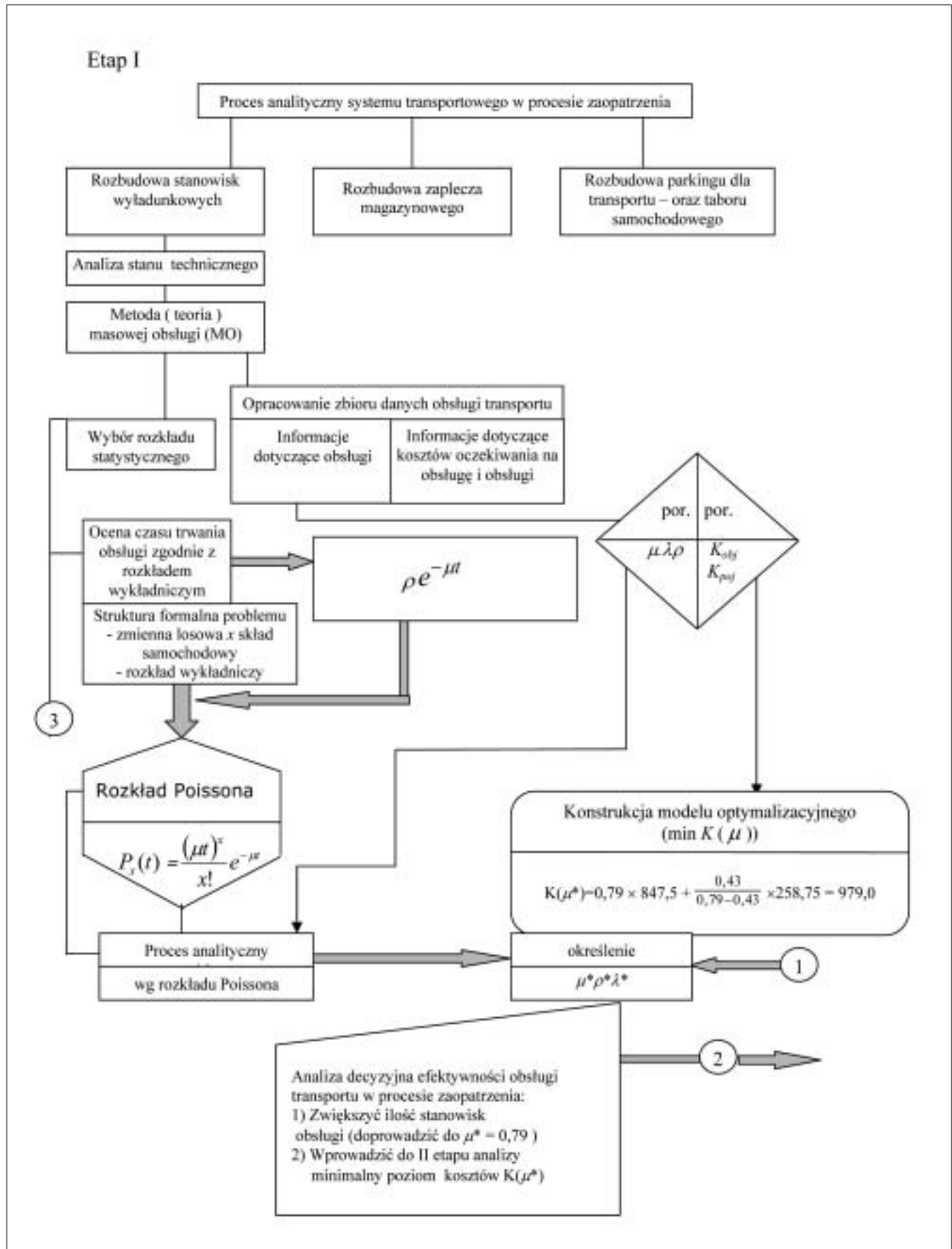
Przeprowadzony rachunek optymalizacyjny organizacji transportu w systemie dystrybucji firmy Alfa SA pozwala określić minimalny poziom łącznych kosztów: obsługi przybywającego po załadunek składu samochodowego oraz oczekiwania na obsługę.

To minimum kosztów w analizowanej firmie dotyczy średniej ilości obsługiwanych składów samochodowych ($\mu^* = 0,79/h$ (przy założeniu *ceteris paribus*, iż przeciętny czas wejścia do obsługi $\left(\frac{1}{\lambda}\right)$ nie ulegnie zmianie i będzie taki sam jak w okresie bazowym, to jest w okresie dwóch ostatnich lat¹⁰). Model efektywności procesu dystrybucji pozwala ustalić optymalną strategię angażowania samochodów $n^* (=7)$.

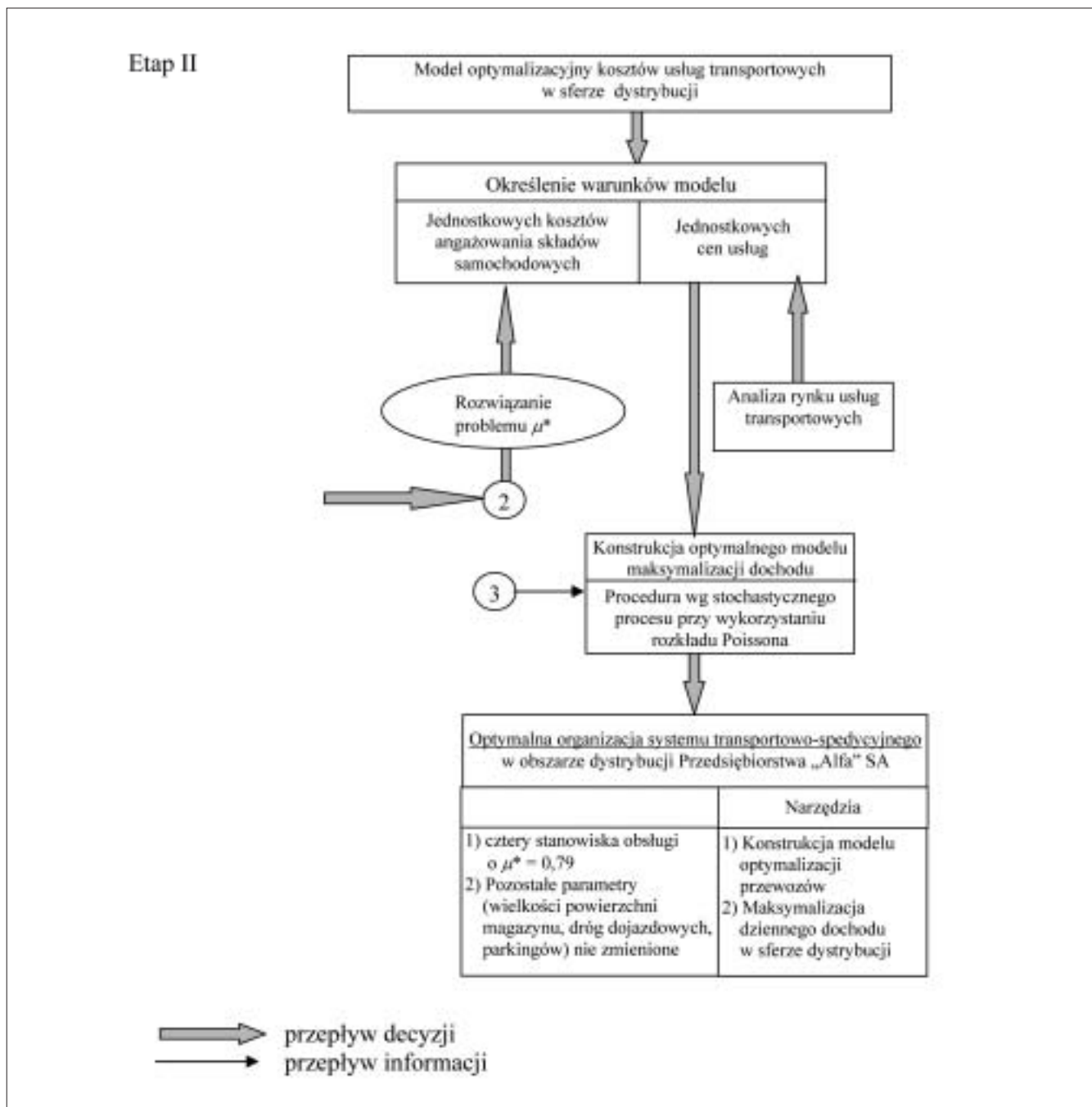
⁹ M. Tyimiński; *Teoria masowej obsługi. Przykłady zastosowania w procesach zarządzania usługami hotelarskimi i turystycznymi*. [w:] *Turystyka i hotelarstwo*, WSTiH, Łódź, 2002, s.103-104.

¹⁰ M. Tyimińska; *Minimalizacja kosztów obsługi transportu...op.cit.*

Zaproponowany proces optymalizacji usług transportowych w podsystemie zaopatrzenia oraz w podsystemie dystrybucji w logistycznym łańcuchu dostaw w przedsiębiorstwie produkcyjnym, stworzył możliwość modyfikacji funkcjonowania tych podsystemów. Pokazuje to rysunek dotyczący zaopatrzenia – odpowiednio I etap zaopatrzenia i II etap dystrybucji.



Schemat projektu etapowej reorganizacji systemu transportowo - spedycyjnego przedsiębiorstwa Alfa SA.



Schemat projektu etapowej reorganizacji systemu transportowo - spedycyjnego przedsiębiorstwa Alfa SA.

Wybrane narzędzia z obszaru teorii masowej obsługi pozwalają przeprowadzić proces badawczy i skonstruować model systemu dystrybucji w sposób precyzyjny, umożliwiając podejmowanie decyzji w nietrywialnych sytuacjach o charakterze losowym.

Decyzje w obszarze dystrybucji wiążą się z wyborem spośród różnych możliwych wartości n , co tworzy – ze względu na losowość zdarzeń – powiązanie wszystkich możliwych decyzji również z odpowiednim prawdopodobieństwem dochodu, którego oczekiwana wartość powinna być maksymalna.

Zatem maksymalizacja wartości oczekiwanego dochodu stanowi końcowy rezultat optymalnej decyzji.

LITERATURA

1. Okręglicki W., Łopuszyński B.; *Użytkowanie urządzeń mechanicznych*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1980.
2. M. Ciesielski (red.); *Logistyka we współczesnym zarządzaniu*, AE Poznań, 2003.
3. John J. Coyle, Edward J. Bardi, C.Johan Langley Jr.; *Zarządzanie logistyczne*, PWE, Warszawa 2002.
4. S. Krawczyk; *Zarządzanie procesami logistycznymi*, PWE, Warszawa 2001.
5. M. Hajdul; *Przebudowa systemu transportowego z wykorzystaniem narzędzi symulacyjnych oraz wielokryterialnego wspomagania decyzji*. [w:] *Systemy logistyczne. Teoria i praktyka*, Warszawa 2006.
6. M. Tyński; *Teoria masowej obsługi. Przykłady zastosowania w procesach zarządzania usługami hotelarskimi i turystycznymi*. [w:] *Turystyka i hotelarstwo*, WSTiH, Łódź, 2002.
7. M. Wasiak; *Odwzorowanie systemów logistycznych jako systemów masowej obsługi* [w:] *Systemy logistyczne. Teoria i praktyka*. Warszawa 2006.