

Tomasz AMBROZIAK*, Ilona JACYNA**

REGULARNE HIERARCHICZNE STRUKTURY SIECI LOGISTYCZNYCH W ZASTOSOWANIU DO OBSŁUGI PRZEDSIĘBIORSTWA PRODUKCYJNEGO

Streszczenie

Przedmiotem artykułu jest przedstawienie ogólnego podejścia do projektowania regularnych sieci logistycznych dla potrzeb obsługi przedsiębiorstwa produkcyjnego. Sieci logistyczne stanowią ogniwa pośrednie w dystrybucji towarów. Problemem jest wyznaczenie optymalnej liczby centrów logistycznych oraz przyporządkowanie do nich klientów, w taki sposób aby koszty obsługi obszaru były minimalne, a przy tym spełnione były z jednej strony wymagania przedsiębiorstwa produkcyjnego, zaś z drugiej strony możliwości techniczno-ekonomiczne dostawców usług logistycznych.

Słowa kluczowe: sieć logistyczna, regularna struktura, hierarchiczne sieci, przedsiębiorstwo produkcyjne

1. WPROWADZENIE

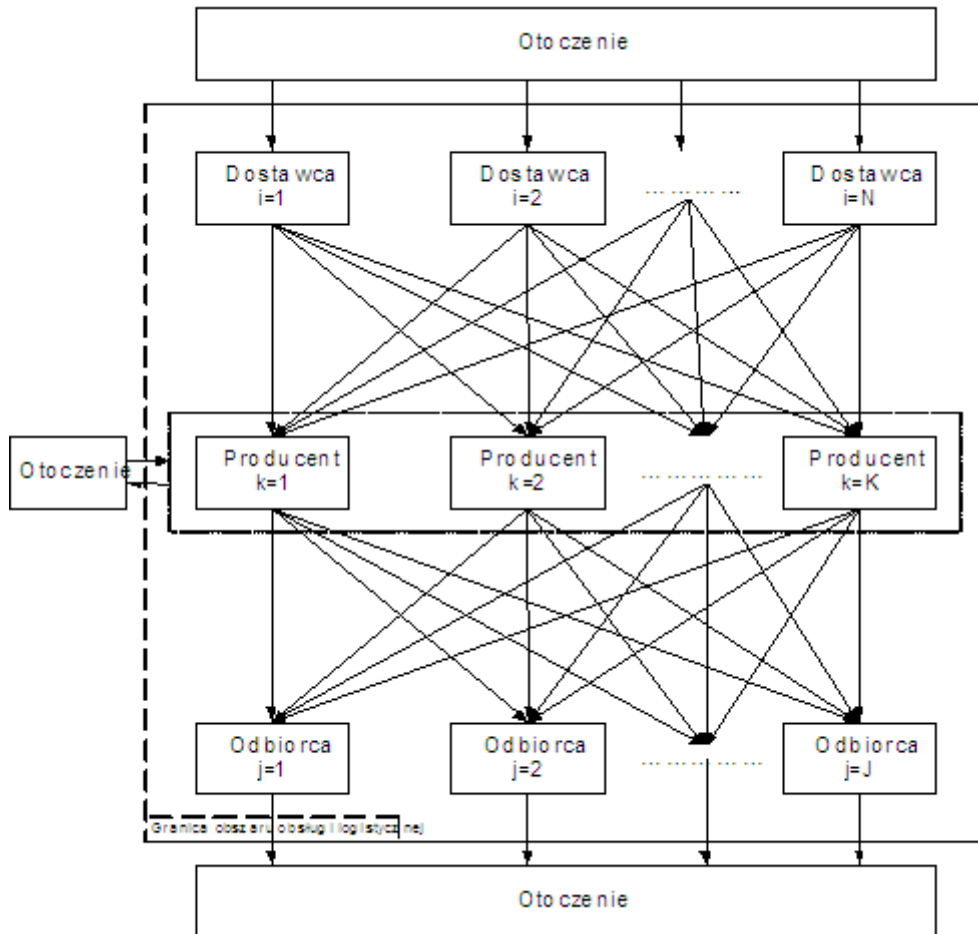
W dzisiejszych czasach przedsiębiorstwa produkcyjne coraz częściej zwracają uwagę na organizację ich sieci logistycznych. Konkurencyjny w porównaniu z innymi przedsiębiorstwami poziom obsługi klienta bardzo często może decydować o powodzeniu przedsiębiorstwa w rywalizacji rynkowej. Jednym ze sposobów, jakim mogą się posłużyć przedsiębiorstwa w celu zwiększenia poziomu obsługi klientów, jest analiza oraz ulepszenie całego łańcucha dostaw. Generalnie problem optymalizacji łańcuchów dostaw polega na wyznaczeniu najlepszego sposobu przemieszczania towarów od dostawców do odbiorców poprzez wybór struktury sieci logistycznej w taki sposób, aby zaspokoić zapotrzebowania odbiorców oraz zminimalizować koszt dystrybucji wyrażany przeważnie jako koszt transportu oraz magazynowania. Zależności między procesami przemieszczania i magazynowania można przedstawić graficznie za pomocą sieci zależności, w której węzły są ze sobą połączone liniami sprzężeń. W węzłach obiekty są czasowo gromadzone lub przekazywane na inną drogę, prowadzącą przez sieć zależności. Różne połączenia węzłów determinują różne możliwości poruszania się po sieci logistycznej.

2. PRZEDMIOT BADAŃ

Wybór odpowiedniej sieci logistycznej zależy od umiejscowienia zarówno popytu, jak i podaży towarów, a czynniki wpływające na strukturę sieci logistycznej determinują istnienie różnych struktur. Tradycyjna struktura sieci – jednostopniowa (bezpośrednia) zdominowana była przez stronę podażową. W tym przypadku zaspokajanie potrzeb rozmieszczonych przestrzennie i czasowo polega na bezpośrednim przepływie ładunków od dostawców do odbiorców i nie zachodzą w niej żadne dodatkowe procesy magazynowania (rys. 1).

* Politechnika Warszawska, Wydział Transportu

** Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Produkcji

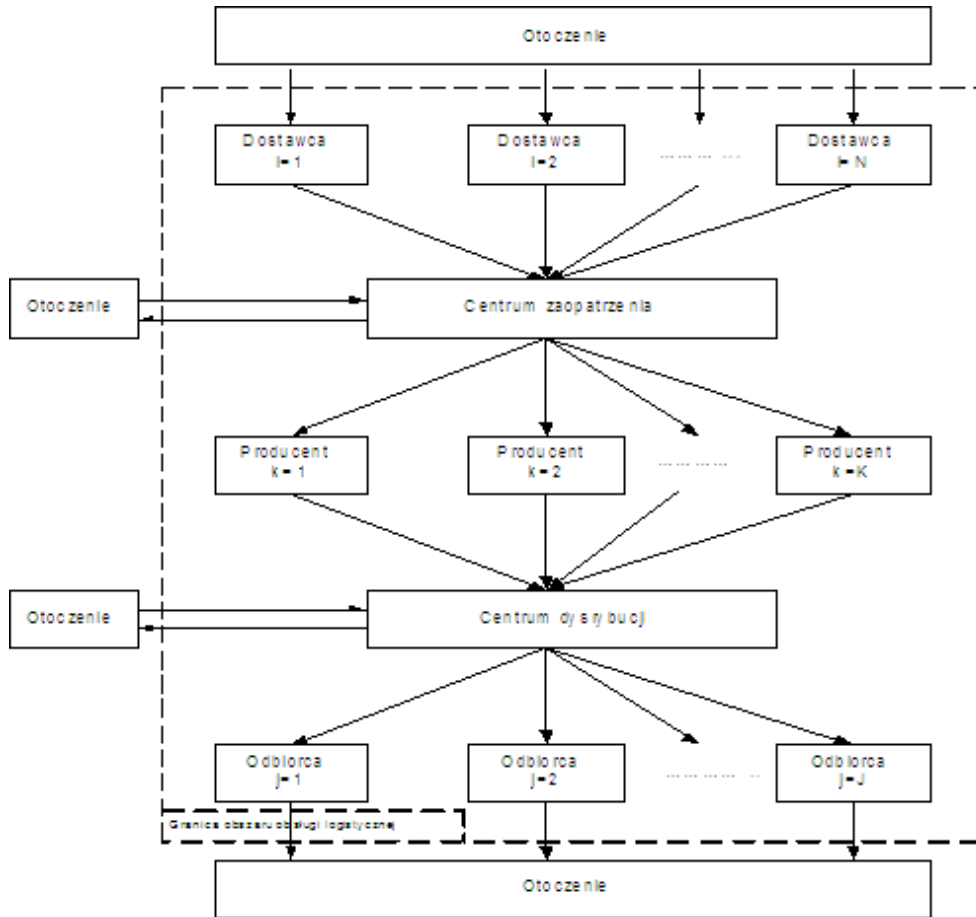


Rys. 1. Struktura jednostopniowej struktury logistycznej

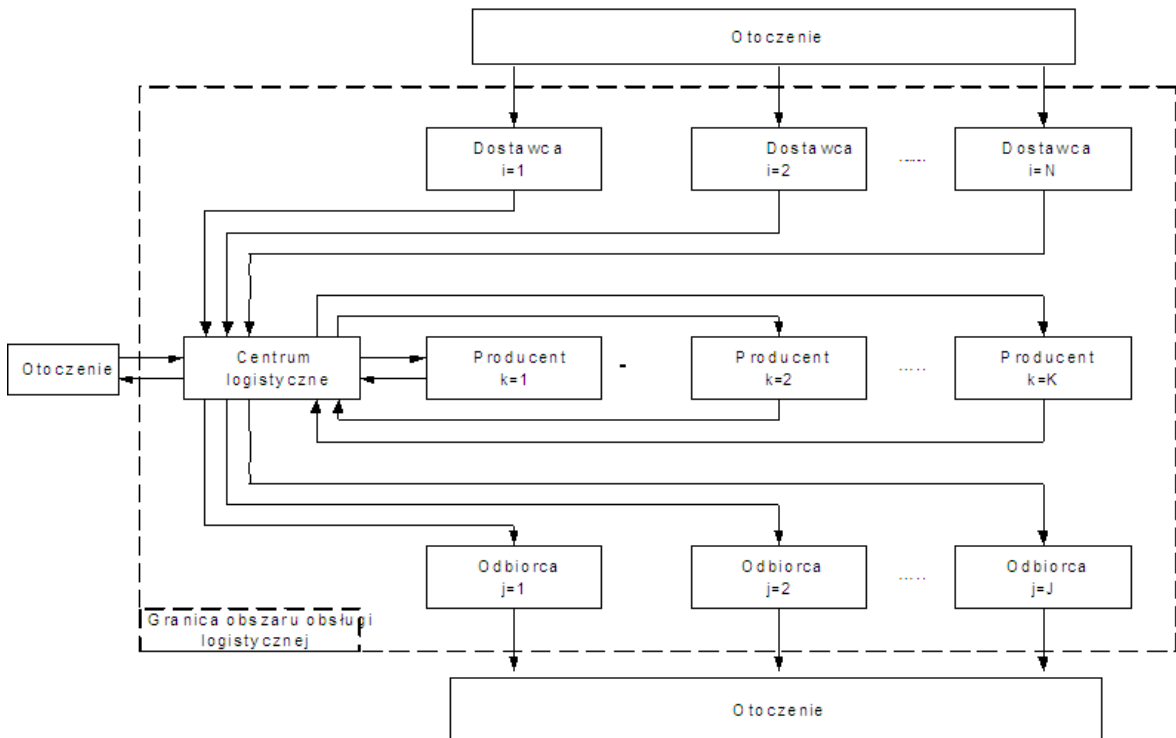
Źródło: Opracowanie własne

Strukturalne zmiany makroekonomiczne, poszukiwania rynków zbytu, sprawiły, że w strukturach sieci logistycznej wykorzystuje się pośredników, którymi mogą być, np. branżowe centra zaopatrzenia (rys. 2), centra logistyczne (rys. 3), itp. W tym przypadku mamy do czynienia ze strukturą pośrednią.

Struktura pośrednia polega na przestrzennym i czasowym sprzężeniu dostawców oraz odbiorców poprzez pośrednie fazy przepływu ładunków. Struktury te mogą być piętrzone, a co za tym idzie, w tego typu strukturach przepływ ładunków jest przerywany co najmniej w jednym punkcie. Z reguły w tym punkcie ma miejsce magazynowanie lub sortowanie ładunków, a następnie wysyłanie do odbiorców. Struktury sieci, w których występuje więcej niż jeden pośrednik, nazywamy wielopoziomowe. W takich sieciach towar, zanim dotrze do finalnego odbiorcy, musi przejść przez kolejne centra logistyczne, centra regionalne lub też branżowe centra zaopatrzenia. Problem wielopoziomowej struktury sieci logistycznej zostanie poruszony w dalszej części artykułu.



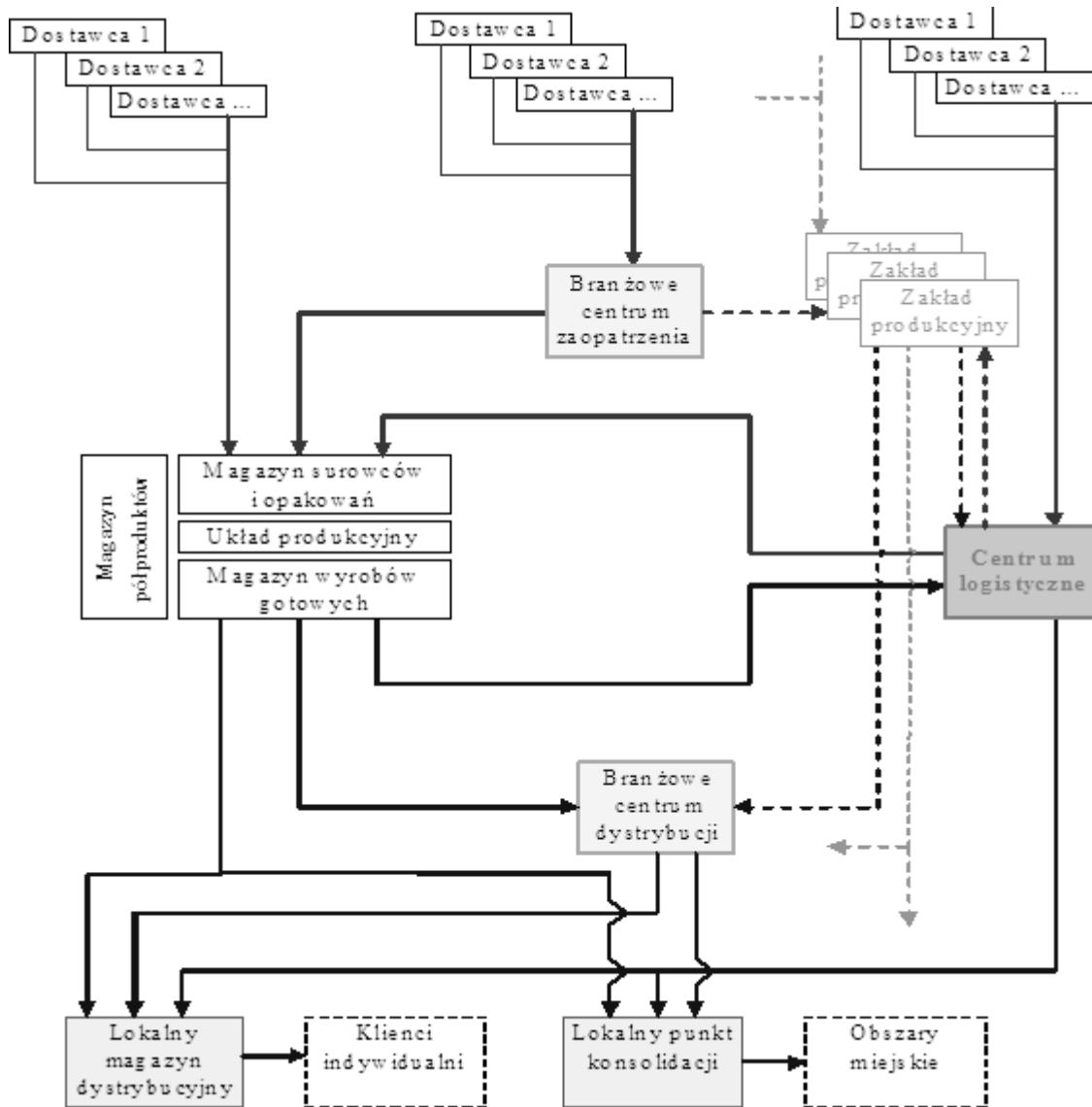
Rys. 2. Struktura pośredniej sieci logistycznej z wykorzystaniem branżowych centrów zaopatrzenia
 Źródło: Opracowanie własne



Rys. 3. Struktura pośredniej sieci logistycznej z wykorzystaniem centrów logistycznych
 Źródło: Opracowanie własne

Zarówno dostawa wyrobów gotowych do zakładu produkcyjnego jak i ich odbiór z zakładu produkcyjnego może być dokonywana na różne sposoby (rys. 4):

- pośrednio przez lokalne magazyny dystrybucyjne do odbiorców indywidualnych lub przez lokalne punkty konsolidacji do aglomeracji miejskich,
- pośrednio przez Branżowe Centra Dystrybucji,
- pośrednio przez Centra Logistyczne.



Rys. 4. Miejsce centrów logistycznych w procesie dystrybucji

Źródło: Opracowanie własne.

3. ISTOTA PROJEKTOWANIA REGULARNYCH HIERARCHICZNYCH SIECI LOGISTYCZNYCH

Na potrzeby projektowania zakładamy zatem, że zdefiniowany został zbiór źródeł popytu na usługi logistyczne skierowanego do dostawców usług logistycznych, tj.:

$$A = \{a_i : i = 1, 2, \dots, N\} \quad (1)$$

gdzie:

N - liczebność zbioru A .

Ponadto zbiór źródeł popytu na usługi logistyczne skierowanego do dostawców usług logistycznych będzie zbiorem postaci

$$B = \{b_j : j = 1, 2, \dots, M\} \quad (2)$$

gdzie:

M - liczebność zbioru B .

Dodatkowo zakładamy, że zdefiniowany został zbiór centrów logistycznych pośredniczących w realizacji popytu na usługi logistyczne postaci:

$$CL = \{c_l : l = 1, 2, \dots, CL\} \quad (3)$$

gdzie:

CL - liczebność zbioru CL .

W badaniach przepływów między centrami logistycznymi możemy również nadać inną interpretację elementom zbioru CL . A mianowicie elementy tego zbioru traktujemy jako wartości odwzorowania centrum logistycznego na obszarze nabywców usług logistycznych ciężącym do tego centrum. Dla transportu ładunków z lub do obszaru ciężenia wygodnie jest posługiwać się pojęciem przewozów lokalnych w skrócie LOCO. Pozwala ono na wystarczające odwzorowanie strumieni zgłoszeń z lub do centrum z pominięciem A i B . Wówczas relacje przewozu definiowane są jako pary elementów zbioru CL .

Obecność pośredników zwiększa możliwości potencjalnej sprzedaży produktów poprzez zwiększenie obszaru, na którym dany produkt ma być rozprowadzany. Tym samym zwiększa się liczba potencjalnych odbiorców tego towaru. Liczba pośredników określa liczbę poziomów hierarchii. Im więcej pośredników występuje w łańcuchu dostaw, tym jest więcej poziomów hierarchii w sieci logistycznej. Pośrednicy są określanymi różnymi terminami i wykonują różne funkcje.

W tym aspekcie niezbędne jest zdekomponowanie zbioru CL na podzbiory centrów logistycznych dla różnych poziomów hierarchii. Na potrzeby formalizacji zapisu hierarchicznej sieci logistycznej należy zatem zdefiniować zbiór numerów poziomów hierarchii oznaczonego jako S . Indeksami s zanumerowano poszczególne poziomy hierarchii struktury sieci logistycznej:

$$S = \{s : s = 1, 2, \dots, S\} \quad (4)$$

gdzie:

S - liczebność zbioru S .

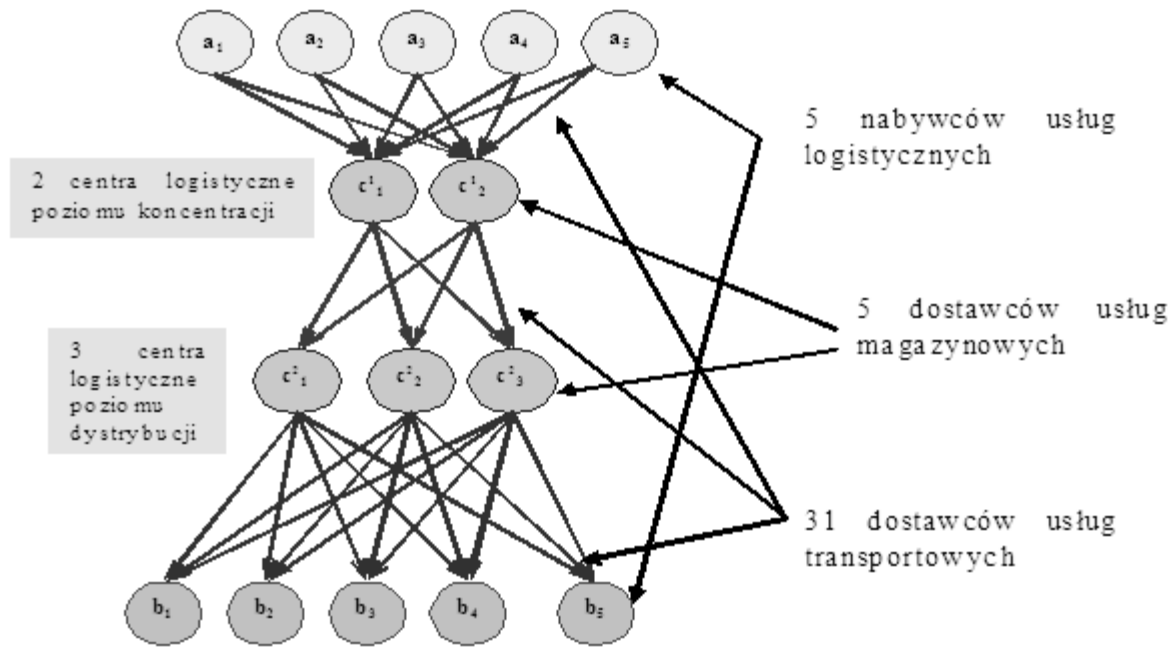
Ponadto niech CL^s będzie zbiorem wyróżnionych centrów logistycznych zlokalizowanych na s -tym poziomie hierarchii, tj:

$$CL^s = \{c_l^s : l = 1, 2, \dots, L(s)\} \quad (5)$$

gdzie:

$L(s)$ - liczebność zbioru CL^s .

Liczba centrów logistycznych o różnorodnych zadaniach i funkcjach, determinuje liczbę szczebli dystrybucji. W takim rozumieniu miejsce centrów logistycznych w sieci logistycznej w najprostszej 2-poziomowej strukturze centrów logistycznych można przedstawić jak na rys. 5.



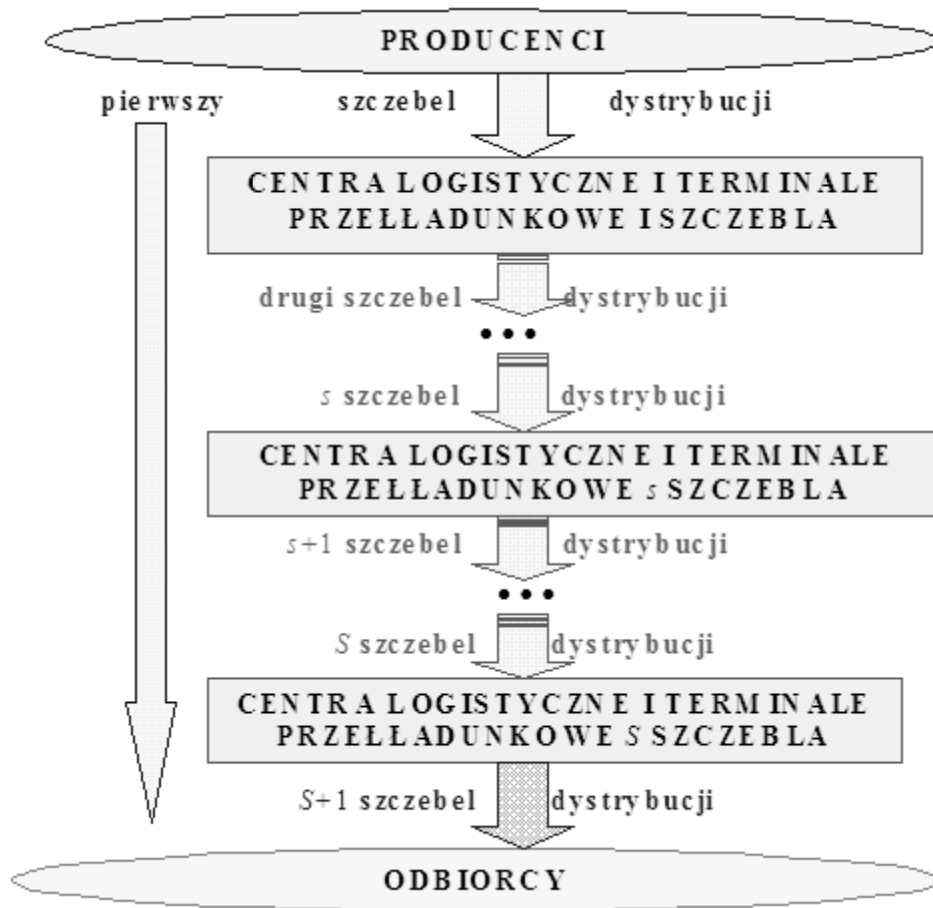
Rys. 5. Ilustracja sieci logistycznej ograniczona do dwóch poziomów – poziomu koncentracji i poziomu dystrybucji

Źródło: Opracowanie własne

Wielkością $L(s)$ oznaczono liczbę centrów logistycznych na s -tym poziomie hierarchii. Wszystkie wartości $L(s)$ utworzą wektor:

$$L = [L(1), L(2), \dots, L(s), \dots, L(S)] \quad (6)$$

Tak zapisaną sieć logistyczną o strukturze wieloszczelowej można przedstawić jak na rysunku 6.



Rys. 6. Poziomy hierarchii w sieci logistycznej

Źródło: Opracowanie własne

Natomiast liczba CL będzie sumą centrów logistycznych zlokalizowanych na wszystkich poziomach hierarchii, tj.:

$$CL = \sum_{s \in S} L(s) \quad (7)$$

Analizując powyższe zapisy poszczególnych centrów logistycznych struktury, zbiór \tilde{CL} można zapisać jako:

$$\tilde{CL} = \bigcup_{s \in S} CL^s \quad (8)$$

Na tej podstawie zdefiniowano zbiory:

- Zbiór połączeń pierwszego poziomu hierarchii (zwózka od dostawców do centrów logistycznych zlokalizowanych na pierwszym poziomie hierarchii), tj:

$$W^0 = \{(a_i, c_l^1) : a_i \in A, l = 1, 2, \dots, L(1)\} \quad (9)$$

gdzie:

(a_i, c_l^1) – zbiór połączeń między a_i -tymi dostawcami a c_l – tymi centrami logistycznymi zlokalizowanymi na pierwszym poziomie hierarchii;

$L(1)$ – liczba wszystkich centrów logistycznych zlokalizowanych na pierwszym poziomie hierarchii.

Dodatkowo:

$$W^0 = A \cup CL^1 \quad (10)$$

- Zbiór połączeń pośrednich poziomów hierarchii (rozwózka towarów pomiędzy centrami logistycznymi zlokalizowanymi na poszczególnych poziomach hierarchii), dla $s > 1$.

$$\forall s \in S \setminus \{1\} W^{s-1, s} = CL^{s-1} \cup CL^s \quad (11)$$

- Zbiór połączeń S -tego poziomu hierarchii (rozwózka towarów z centrów logistycznych zlokalizowanych na S -tym poziomie hierarchii do odbiorców), tj.:

$$W^s = \{(c_l^s, b) : l = 1, \dots, L(S); b = 1, \dots, B\} \quad (12)$$

gdzie:

(c_l^s, b_j) – zbiór połączeń między c_l – tymi centrami logistycznymi zlokalizowanymi na S -tym poziomie hierarchii a b_j -tymi odbiorcami, $L(S)$ – liczba wszystkich centrów logistycznych zlokalizowanych na S -tym poziomie hierarchii.

Ponadto:

$$CL^s = CL^s \cup B \quad (13)$$

Oczywiście między parą węzłów (a_i, c_l^1) oraz (c_l^s, b_j) może istnieć więcej niż jedno połączenie danego typu (np. drogowe). Z tego też powodu zasadnym jest zdefiniowanie zbioru numerów połączeń transportowy r -tego typu występujących między węzłami a_i i c_l^1 oraz c_l^s, b_j .

Na potrzeby formalnego zapisu połączeń w hierarchicznej strukturze sieci logistycznej symbolem R oznaczymy zbiór numerów relacji transportowych w strukturze sieci logistycznej pomiędzy a_i -tym dostawcą, poprzez c_l^s -te centrum logistyczne, a b_j -tym odbiorcą usług logistycznych, tj.:

$$R = \{r_1(a_i, c_l^s b_j), \dots, r_g(a_i, c_l^s b_j), \dots, r_G(a_i, c_l^s b_j)\} \quad (14)$$

gdzie:

G jest liczebnością zbioru R .

Liczba dróg D w relacji $d(a_i, b_j)$, gdzie $D = \{d: d(a_i, c_l^s, b_j): (a_i, c_l^s, b_j) \in R\}$ będzie wówczas przedstawiała się następująco:

$$D = \prod_{s=1}^S L(s), \quad (15)$$

Między parą sąsiednich węzłów odwzorowujących miejsca lokalizacji dostawców oraz miejsca lokalizacji centrów logistycznych na pierwszym szczeblu dystrybucji, tj. między węzłem transportowym o numerze a_i , $a_i \in A$ oraz węzłem o numerze c_l , $c_l \in CL$, $a_i \neq c_l$, istnieją bezpośrednie połączenia transportowe.

$$d(1) \subset A \times CL^1 = \{(a_i, c_l): a_i \in A, c_l \in CL\} \quad (16)$$

Podobnie między parą sąsiednich węzłów odwzorowujących miejsca lokalizacji centrów logistycznych pomiędzy poszczególnymi szczeblami dystrybucji, tj. między węzłami transportowymi o numerach c_l , $c_l \in CL$, istnieją bezpośrednie połączenia transportowe.

$$\forall s \in S \setminus \{S\} d(s) \subset CL^s \times CL^{s+1} = \{c_l: c_l \in CL\} \quad (17)$$

Między parą sąsiednich węzłów odwzorowujących miejsca lokalizacji centrów logistycznych na S -tym szczeblu dystrybucji oraz miejsca lokalizacji odbiorców, tj. między węzłami transportowymi o numerach c_l , $c_l \in CL$ oraz węzłami o numerach b_j , $b_j \in B$, $c_l \neq b_j$, istnieją bezpośrednie połączenia transportowe.

$$d(S) \subset CL^S \times B = \{(c_l, b_j): c_l \in CL, b_j \in B\} \quad (18)$$

Dla tak zapisanej regularnej hierarchicznej struktury sieci logistycznej należy określić w dalszej kolejności ograniczenia, jakie należy nałożyć na sieć oraz przyjąć kryteria według których można ostatecznie optymalizować przepływ towarów.

PODSUMOWANIE

Podsumowując, należy stwierdzić, iż właściwie zdefiniowana struktura regularnej hierarchicznej sieci logistycznej pozwala ustalić liczbę centrów logistycznych na poszczególnych poziomach hierarchii. Prześladowana dokładnie droga daje pełny obraz przepływu, na podstawie którego może być opracowany projekt transportu i magazynowania. Przy projektowaniu regularnych hierarchicznych struktur sieci logistycznych niewątpliwie ułatwieniem jest zastosowanie odpowiedniego pakietu komputerowego, który to będzie opracowywany w dalszym etapie pracy autorów.

LITERATURA

- [1] Ahuja R. K., Magnanti T. L., and Orlin J. B., *Network Flows: Theory, Algorithms and Applications*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1993.
- [2] Aronson J. E., A survey of dynamic network flows, *Ann. Oper. Res.*, 20 (1989), pp. 1-66.
- [3] Ambroziak T., Jacyna M.: Wybrane aspekty organizacji centrów logistycznych. *Wyd. Prace Naukowe „TRANSPORT” nr 1(17)/2003*. Politech.Radomska, PAN – Komitet Transportu, Szczyrk 2003.
- [4] Bertsekas D. P., *Dynamic Programming: Deterministic and Stochastic Models*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1987.
- [5] Bertsekas D. P., *Linear Network Optimization*, MIT Press, Cambridge, MA, 1991.
- [6] Blanchini F., Rinaldi F., Ukovich W.: A network design problem for a distribution system with uncertain demands. *J. Optim. Theory Appl.*, 78 (1993), pp. 523-539.
- [7] Bostel N, Dejax P., Lu Z.: *The Design, Planning, and Optimization of Reverse Logistics Networks*. *Logistics Systems: Design and Optimization*, p.171, Springer US, 2005.
- [8] Chan F.T.S., Chung S.H.: Multicriterion genetic optimization for due date assigned distribution network problems. *Elsevier, Decision Support Systems* 39 (2005) 661– 675, 2004.
- [9] Jacyna M.: Modelowanie obsługi logistycznej w hierarchicznym systemie dystrybucji. *Konf. Naukowa – Teoria i praktyka modelowania systemów logistycznych*. Koszalin 27-28maja 2004.
- [10] Magnanti T. L., Wong R. T.: *Network design and transportation planning: Models and algorithms*, *Transportation Sci.*, 18, pp. 1-55, 1984.

REGULAR HIERARCHICAL STRUCTURES OF LOGISTICS NETWORKS IN APPLICATION TO PRODUCTION COMPANY SERVICING

Abstract

The paper presents a general approach to designing a regular logistics networks in aspect of production company servicing. First, the components of the system with connection to production company are identified. Logistics networks are intermediate links in the distribution of good. The proposed methodology of multicriteria evaluation of logistic centers configuration is based on the concept of domination relation defined using consistency / inconsistency ratios for weighted criteria evaluation.

Keywords: logistics network, regular structure, hierarchical network, production company

Praca naukowa finansowana ze środków budżetowych na naukę w latach 2010-2012 jako projekt badawczy. Projekt N N509 601839 pt. „Metodyka kształtowania sieci transportowo-logistycznej w wybranych obszarach”.