

Krzysztof SANTAREK*, Ilona JACYNA-GOŁDA*

METODA LOKALIZACJI CENTRÓW LOGISTYCZNYCH W REGULARNEJ HIERARCHICZNEJ SIECI LOGISTYCZNEJ

Streszczenie

Przedmiotem artykułu jest przedstawienie metody lokalizacji centrów logistycznych w regularnej hierarchicznej sieci logistycznej. 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, centra logistyczne

1. WPROWADZENIE

W niniejszym artykule założono istnienie struktury hierarchicznej sieci logistycznej. Skupiono się na optymalizacji lokalizacji centrów logistycznych w zdefiniowanej hierarchicznej sieci logistycznej w celu zminimalizowania kosztów dystrybucji.

Struktura zaproponowanej sieci logistycznej jest wielopoziomowa. Zakładamy, że w wielopoziomowej strukturze sieci logistycznej standardowe wyroby produkowane są masowo a następnie dystrybuowane poprzez system pośredników do ostatecznych odbiorców. Ekonomiczną przesłanką budowy takiego systemu jest minimalizacja globalnych kosztów fizycznej dystrybucji towarów. W artykule zostanie przedstawiony model optymalizacji lokalizacji centrów logistycznych w regularnej hierarchicznej strukturze sieci logistycznej.

Ważnym problemem jest również optymalizacja organizacji centrów logistycznych w ramach hierarchicznej sieci logistycznej, która polega na wyznaczeniu najlepszego sposobu przemieszczania towarów od dostawców do odbiorców. Wiąże się to m.in. z wyborem lokalizacji centrów logistycznych, przy zachowaniu minimalizacji całkowitego kosztu dystrybucji. Zatem problemem jest opracowanie optymalnej lokalizacji centrów logistycznych w hierarchicznej sieci logistycznej.

Celem artykułu jest zaproponowanie metody lokalizacji centrów logistycznych w regularnej hierarchicznej sieci logistycznej. Narzędziem służącym do tego celu jest program komputerowy, który pozwoli na analizę wielu wariantów lokalizacji. Zakłada się badanie preferencji przestrzennych i przepływ ładunków w strukturze hierarchicznej sieci logistycznej. Wyniki wskazują najbardziej „atrakcyjne” lokalizacje centrów logistycznych w przyszłym układzie drogowym rozważanego obszaru.

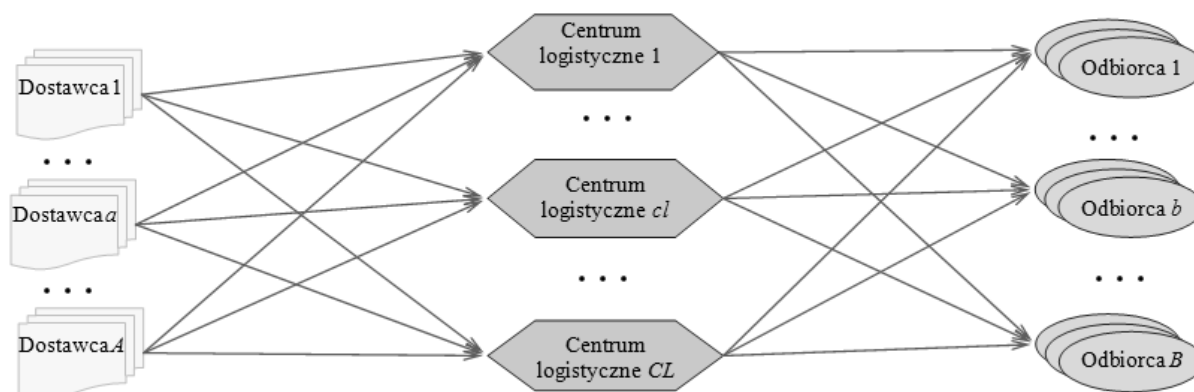
W metodzie lokalizacji centrów logistycznych w regularnej hierarchicznej sieci logistycznej w dalszej kolejności należy określić ograniczenia, jakie należy nałożyć na sieć oraz przyjąć kryteria, według których można ostatecznie optymalizować przepływ towarów.

* Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Produkcji

2. PRZEDMIOT BADAŃ

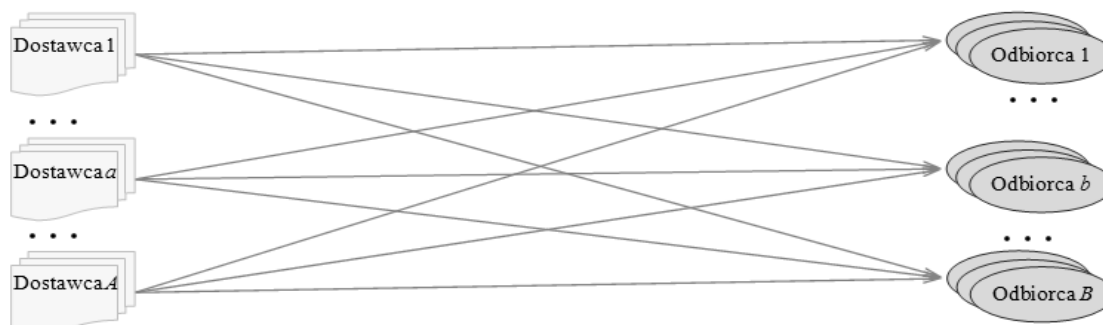
Problem lokalizacji centrów logistycznych jest problemem złożonym w aspekcie przepływu wyrobów pomiędzy dostawcami, a centrami logistycznymi, pomiędzy centrami logistycznymi zlokalizowanymi na różnych poziomach hierarchicznej sieci logistycznej oraz pomiędzy centrami logistycznymi a odbiorcami.

W przypadku hierarchicznych sieci logistycznych z wykorzystaniem centrów logistycznych mamy do czynienia z systemem dystrybucji pośredniej. W związku z tym liczba pośredników (centrów logistycznych) określa liczbę poziomów hierarchii. Im więcej pośredników występuje w łańcuchu dostaw, tym więcej jest poziomów w hierarchicznej sieci logistycznej. W takim rozumieniu miejsce centrów logistycznych w hierarchicznej sieci logistycznej w najprostszej 1-poziomowej strukturze obiektów logistycznych można przedstawić jak na rys. 1.1. Na tym schemacie wszystkie towary wysyłane przez dostawców przemieszczane są przez centra logistyczne zlokalizowane na pierwszym a zarazem jedynym poziomie hierarchii, w których następuje przeładunek towarów i skąd dalej są one kierowane do odbiorców.



Rys. 1.1. Schemat hierarchicznej sieci logistycznej ograniczonej do jednego poziomu hierarchii
Źródło: Opracowanie własne

W hierarchicznej sieci logistycznej istnieje również możliwość bezpośrednich połączeń między dostawcami a odbiorcami. Schemat przedstawiony na rysunku 1.2. prezentuje bezpośrednie połączenia pomiędzy obiektami początkowymi i obiektami końcowymi – przedsiębiorstwami produkcyjnymi.

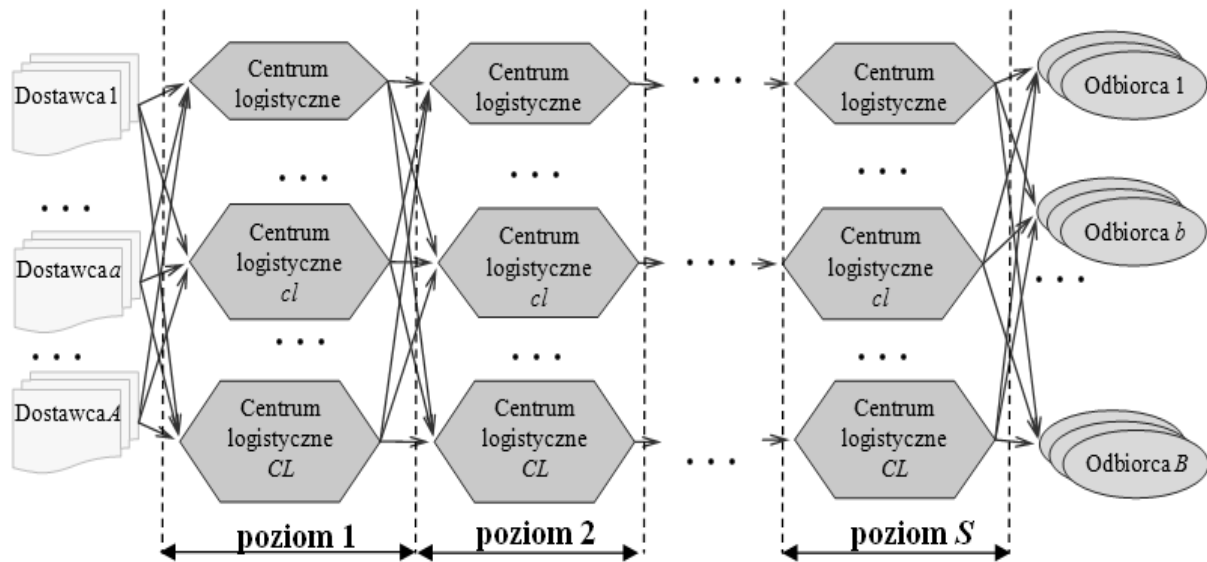


Rys. 1.2. Schemat sieci logistycznej ograniczonej do połączeń bezpośrednich między dostawcami a odbiorcami strumieni ładunków
Źródło: opracowanie własne

W regularnej hierarchicznej sieci logistycznej o strukturze wielopoziomowej można dokonać podziału jego elementów na podzbiory tak, aby elementy podzbioru niższego poziomu były

podrzedne względem elementów podzbioru wyższego poziomu. Oczywiście jest zatem, że element podrzędny na danym poziomie może być elementem nadrzędnym dla elementów poziomu niższego. Ponadto elementy poziomu najwyższego nie mają nad sobą w danej sieci elementów nadrzędnych zaś elementy poziomu najniższego (zerowego) nie mają podporządkowanych elementów podrzędnych.

Na rys. 1.3. przedstawiono schemat regularnej hierarchicznej sieci logistycznej z wykorzystaniem centrów logistycznych zlokalizowanych na wielu poziomach hierarchii.



Rys. 1.3. Schemat regularnej hierarchicznej sieci logistycznej z wykorzystaniem centrów logistycznych zlokalizowanych na wielu poziomach hierarchii

Źródło: opracowanie własne

Problemy związane z wyborem lokalizacji centrów logistycznych w literaturze były uwzględniane tylko w odniesieniu do „bezpośrednich sytuacji”, które stanowiły podstawę do budowy modeli matematycznych i heurystycznych algorytmów ich rozwiązania. Zaproponowany model matematyczny problemu wyboru lokalizacji centrów logistycznych został poszerzony o przepływy nie tylko pomiędzy dostawcami i odbiorcami, ale także pomiędzy dostawcami a punktami pośrednimi (centrami logistycznymi) oraz pomiędzy punktami pośrednimi (centrami logistycznymi) a odbiorcami.

3. ZADANIE OPTIMALIZACJI LOKALIZACJI CENTRÓW LOGISTYCZNYCH

Zakłada się, że zbiór elementów sieci logistycznej stanowią punkty nadania strumieni ładunków, centra logistyczne oraz odbiorcy strumieni ładunków – przedsiębiorstwa produkcyjne. W modelu przyjęto, że jedynie centra logistyczne stanowią miejsca przekształceń dokonywanych na strumieniach ładunków.

Powiązania (relacje) pomiędzy elementami stanowić będą połączenia transportowe istniejące w rzeczywistej sieci transportowej.

Biorąc pod uwagę powyższe, strukturę sieci logistycznej rozumianą jako zbiór elementów oraz zbiór relacji między elementami sieci można przedstawić w postaci grafu. Dla potrzeb modelu sieci logistycznej przyjmujemy, że elementy sieci będą ponumerowane indeksem v . Zatem V będzie zbiorem numerów elementów sieci logistycznej postaci:

$$V = \{v: v = 1, 2, \dots, v', \dots, V\} \quad (1)$$

gdzie:

V - liczność zbioru V

Zakładamy że, w zbiorze V , wyróżniono trzy rodzaje podzbiorów, tj.: zbiór A numerów dostawców, będących źródłami strumieni ładunków (punkty nadania), zbiór B numerów przedsiębiorstw produkcyjnych, będących ujściami strumieni ładunków (punkty odbioru) i zbiór CL numerów obiektów magazynowych, w których dokonywane są przekształcenia na strumieniach ładunków.

W celu zdefiniowania tych zbiorów zakładamy, że na zbiorze V numerów elementów sieci logistycznej zadane jest odwzorowanie α przyporządkowujące elementy zbioru V elementom zbioru $\{0, 1, 2\}$, tj.:

$$\alpha: V \longrightarrow \{0, 1, 2\}$$

przy czym jeśli $\alpha(v)=0$, wówczas element o numerze v ($v \in V$) jest punktem nadania w sieci logistycznej, zaś jeżeli $\alpha(v)=1$, wtedy element o numerze v ($v \in V$) jest centrum logistycznym, natomiast jeżeli $\alpha(v)=2$, wówczas element o numerze v ($v \in V$) jest przedsiębiorstwem produkcyjnym.

Zatem A będzie zbiorem numerów punktów nadania materiałów produkcyjnych zdefiniowanym jak poniżej:

$$A = \{v: \alpha(v)=0, \text{ dla } v \in V\}$$

Zakładamy, że CL będzie zbiorem numerów centrów logistycznych. Zbiór CL definiujemy, jak poniżej:

$$CL = \{v: \alpha(v)=1, \text{ dla } v \in V\}$$

Dodatkowo, niech B będzie zbiorem numerów przedsiębiorstw produkcyjnych. Zbiór B definiujemy, jak poniżej:

$$B = \{v: \alpha(v)=2, \text{ dla } v \in V\}$$

Zbiory A , B oraz CL są zbiorami parami rozłącznymi, tj. spełniają warunki:

$$\begin{aligned} A \cap B &= \emptyset; & A \cap CL &= \emptyset; & B \cap CL &= \emptyset \\ \text{oraz } A &= V \setminus (B \cup CL); & B &= V \setminus (A \cup CL); & CL &= V \setminus (A \cup B) \end{aligned}$$

Zakładamy, że podział węzłów sieci logistycznej na zbiory A , B , CL jest wyczerpujący i rozłączny. Geograficznie punkty nadania $v \in A$ oraz punkty odbioru $v \in B$ w szczególnym przypadku mogą się pokrywać, lecz różnią się rolą jaką pełnią w sieci logistycznej, a więc są różne.

Zaproponowany model matematyczny problemu lokalizacji centrów logistycznych wymaga przyjęcia następujących założeń:

- dostawcy mogą dostarczać różne ładunki;
- znana jest liczba dni roboczych dla ustalonego okresu analizy;
- znany jest popyt na ładunki rodzaju h generowany przez każde przedsiębiorstwo produkcyjne i jest on rozpatrywany w ustalonym okresie analizy;

- znana jest minimalna pojemność centrów logistycznych w dniu o numerze t ze względu na średnią wartość popytu powiększoną o odchylenie standardowe;
- znane są koszty uruchomienia centrów logistycznych;
- znany jest jednostkowy koszt transportu jednostki ładunku na jednostkę odległości;
- znane są odległości między dostawcami a centrami logistycznymi, między dostawcami a przedsiębiorstwami produkcyjnymi, pomiędzy różnymi centrami logistycznymi, a także między centrami logistycznymi a przedsiębiorstwami produkcyjnymi;
- znane są pojemności centrów logistycznych określone w liczbie przyjętych jednostek ładunku;
- znany jest normatyw zapasu składowania poszczególnych rodzajów ładunku liczonego w dniach;
- znane są koszty działalności centrów logistycznych niezależne od wielkości przechodzącego przez obiekt ładunku;
- znane są jednostkowe koszty uruchomienia centrów logistycznych.

Na podstawie powyższych założeń sformułowano zadanie optymalizacyjne rozłożenia potoku ruchu w sieci logistycznej.

Formułowanie problemu decyzyjnego wymaga przyjęcia poniżej przedstawionych danych:

- $V = \{v: v, v' = 1, 2, \dots, V\}$ – zbioru elementów sieci logistycznej;
- $A = \{v: \alpha(v)=0, \text{ dla } v \in V\}$ – zbioru numerów punktów nadania strumieni ładunków;
- $CL = \{v: \alpha(v)=1, \text{ dla } v \in V\}$ – zbioru numerów punktów, w których dokonywane są przekształcenia strumieni ładunków – centrów logistycznych;
- $B = \{v: \alpha(v)=2, \text{ dla } v \in V\}$ – zbioru numerów punktów odbioru strumieni ładunków – przedsiębiorstw produkcyjnych;
- $H = \{h: h=1, 2, \dots, H\}$ – zbioru numerów rodzajów towarów;
- $T = \{t: t=1, 2, \dots, T\}$ – zbioru numerów dni roboczych dla ustalonego okresu przewozu ładunków;
- L – zbioru połączeń transportowych występujących między elementami V ;
- $L^{A,CL} = \{(v, v'): \phi(v, v')=1, \text{ dla } v \in A, v' \in CL\}$ – zbioru numerów połączeń między punktami nadania strumieni ładunków, a punktami, w których dokonywane są przekształcenia na strumieniach ładunków – centrami logistycznymi;
- $L^{A,B} = \{(v, v'): \phi(v, v')=1, \text{ dla } v \in A, v' \in B\}$ – zbioru numerów połączeń między punktami nadania strumieni ładunków, a punktami odbioru strumieni ładunków – przedsiębiorstwami produkcyjnymi;
- $L^{CL,CL} = \{(v, v'): \phi(v, v')=1, \text{ dla } v \in CL, v' \in CL\}$ – zbioru numerów połączeń pomiędzy różnymi punktami, w których dokonywane są przekształcenia na strumieniach ładunków – centrami logistycznymi;
- $L^{CL,B} = \{(v, v'): \phi(v, v')=1, \text{ dla } v \in CL, v' \in B\}$ – zbioru numerów połączeń między punktami, w których dokonywane są przekształcenia na strumieniach ładunków – centrami logistycznymi, a punktami odbioru strumieni ładunków – przedsiębiorstwami produkcyjnymi.

Ponadto sformułowanie problemu decyzyjnego wymaga określenia następujących parametrów:

- $d1_{v,v'}$ – o interpretacji odległości od v -tego dostawcy do v' -tego centrum logistycznego;
- $d2_{v,v'}$ – o interpretacji odległości od v -tego dostawcy do v' -tego przedsiębiorstwa produkcyjnego;
- $d3_{v,v'}$ – o interpretacji odległości od v -tego centrum logistycznego do v' -tego centrum logistycznego;

- $d4_{v,v'}$ – o interpretacji odległości od v -tego centrum logistycznego do v' -tego przedsiębiorstwa produkcyjnego;
- μ_v^h – o interpretacji kosztu związanego z przejściem h -tego rodzaju ładunku przez v -te centrum logistyczne;
- ω_v^h – o interpretacji wielkości maksymalnych zdolności przerobowych ładunku h -tego rodzaju w v -tym centrum logistycznym;
- N^h – o interpretacji normatywu zapasu h -tego rodzaju ładunku liczonego w dniach;
- C_v – o interpretacji jednostkowego kosztu uruchomienia v -tego centrum logistycznego;
- kd – o interpretacji jednostkowego kosztu transportu jłp na jednostkę odległości;
- k_v – o interpretacji kosztu funkcjonowania v -tego centrum logistycznego niezależny od wielkości przechodzonego przez centrum ładunku;
- θ_v^h – o interpretacji pojemności v -tego centrum logistycznego;
- ζ_v^h – o interpretacji minimalnej liczby składowanych ładunków h -tego rodzaju, dla których warto uruchomić v -te centrum logistyczne;
- $q1_v^h$ – o interpretacji maksymalnej wielkości podaży ładunku h -tego rodzaju od v -tego dostawcy;
- $q2_v^{ht}$ – o interpretacji wielkości popytu na towar h -tego rodzaju od v -tego przedsiębiorstwa produkcyjnego w t -tym dniu;
- $t2_v^h$ – o interpretację czasu potrzebnego na czynności wyładunkowe i naładunkowe na jednostkę ładunku materiału produkcyjnego h -tego rodzaju w v -tym centrum logistycznym;
- $T2_v^h$ – o interpretację czasu w jakim materiał h -tego rodzaju powinien zostać dostarczony do v -tego odbiorcy.

W dalszej kolejności formułowania problemu decyzyjnego określa się następujące zmienne decyzyjne:

- wielkości przewozu ładunków h -tego rodzaju w t -tym dniu pomiędzy dostawcą o numerze v oraz centrum logistycznym o numerze v' :

$$\mathbf{X1} = [x1_{v,v'}^{ht} : x1_{v,v'}^h \in \mathbf{R}^+ \cup \{0\}, h \in \mathbf{H}, t \in \mathbf{T}, v \in \mathbf{A}, v' \in \mathbf{CL}]$$

- wielkości przewozu ładunków h -tego rodzaju w t -tym dniu pomiędzy dostawcą o numerze v oraz przedsiębiorstwem produkcyjnym o numerze v' :

$$\mathbf{X2} = [x2_{v,v'}^{ht} : x2_{v,v'}^h \in \mathbf{R}^+ \cup \{0\}, h \in \mathbf{H}, t \in \mathbf{T}, v \in \mathbf{A}, v' \in \mathbf{B}]$$

- wielkości przewozu ładunków h -tego rodzaju w t -tym dniu pomiędzy centrum logistycznym o numerze v oraz centrum logistycznym o numerze v' :

$$\mathbf{X3} = [x3_{v,v'}^{ht} : x3_{v,v'}^h \in \mathbf{R}^+ \cup \{0\}, h \in \mathbf{H}, t \in \mathbf{T}, v \neq v', v' \in \mathbf{CL}]$$

- wielkości przewozu ładunków h -tego rodzaju w t -tym dniu pomiędzy centrum logistycznym o numerze v oraz przedsiębiorstwem produkcyjnym o numerze v' :

$$\mathbf{X4} = [x4_{v,v'}^{ht} : x4_{v,v'}^h \in \mathbf{R}^+ \cup \{0\}, h \in \mathbf{H}, t \in \mathbf{T}, v \in \mathbf{CL}, v' \in \mathbf{B}]$$

Rozwiązanie formułowanego problemu decyzyjnego, powinno spełniać ograniczenia:

- na nieujemność wielkości przewożonych towarów:

$$\forall h \in \mathbf{H} \quad \forall t \in \mathbf{T} \quad \forall (v, v') \in \mathbf{L}^{A,B} \quad x1_{v,v'}^{ht} \geq 0 \quad (2)$$

$$\forall h \in \mathbf{H} \quad \forall t \in \mathbf{T} \quad \forall (v, v') \in \mathbf{L}^{A,CL} \quad x2_{v,v'}^{ht} \geq 0 \quad (3)$$

$$\forall h \in \mathbf{H} \quad \forall t \in \mathbf{T} \quad \forall (v, v') \in \mathbf{L}^{CL,CL} \quad x3_{v,v'}^{ht} \geq 0 \quad (4)$$

$$\forall h \in \mathbf{H} \quad \forall t \in \mathbf{T} \quad \forall (v, v') \in \mathbf{L}^{CL,B} \quad x4_{v,v'}^{ht} \geq 0 \quad (5)$$

- na zaspokojenie popytu na ładunki h -tego rodzaju w przedsiębiorstwie produkcyjnym o numerze v' w dniu o numerze t :

$$\forall h \in \mathbf{H} \quad \forall t \in \mathbf{T} \quad \forall v' \in \mathbf{B} \quad \sum_{v \in \mathbf{A}: \phi(v,v')=1} x2_{v,v'}^{ht} + \sum_{v \in \mathbf{CL}: v \neq v' \wedge \phi(v,v')=1} x4_{v,v'}^{ht} = q2_{v'}^{ht} \quad (6)$$

- na nieprzekroczenie możliwości podaży ładunków h -tego rodzaju u dostawcy o numerze v :

$$\forall h \in \mathbf{H} \quad \forall t \in \mathbf{T} \quad \forall v \in \mathbf{A} \quad \sum_{v' \in \mathbf{CL}: v \neq v' \wedge \phi(v,v')=1} x1_{v,v'}^{ht} + \sum_{v' \in \mathbf{B}: \phi(v,v')=1} x2_{v,v'}^{ht} \leq q1_v^h \quad (7)$$

- na nieprzekroczenie maksymalnych zdolności przerobowych w centrum logistycznym o numerze v' :

$$\forall h \in \mathbf{H} \quad \forall t \in \mathbf{T} \quad \forall v' \in \mathbf{CL} \quad \sum_{v \in \mathbf{A}: \phi(v,v')=1} x1_{v,v'}^{ht} + \sum_{v \in \mathbf{CL}: v \neq v' \wedge \phi(v,v')=1} x3_{v,v'}^{ht} \leq \omega_{v'}^h \quad (8)$$

- na opłacalność uruchomienia centrum logistycznego o numerze v' :

$$\forall h \in \mathbf{H} \quad \forall t \in \mathbf{T} \quad \forall v' \in \mathbf{CL} \quad \sum_{v \in \mathbf{A}: \phi(v,v')=1} x1_{v,v'}^{ht} + \sum_{v \in \mathbf{CL}: v \neq v' \wedge \phi(v,v')=1} x3_{v,v'}^{ht} \geq \zeta_{v'}^h \quad (9)$$

- na nieprzekroczenie wielkości maksymalnych pojemności w centrum logistycznym o numerze v' :

$$\forall t \in \mathbf{T} \quad \forall v' \in \mathbf{CL} \quad \sum_{h \in \mathbf{H}} \left(\sum_{v \in \mathbf{A}: \phi(v,v')=1} x1_{v,v'}^{ht} + \sum_{v \in \mathbf{CL}: v \neq v' \wedge \phi(v,v')=1} x3_{v,v'}^{ht} \right) \leq \theta_{v'} \quad (10)$$

- ze względu na zbilansowanie przepływów w centrum logistycznym o numerze v' :

$$\forall h \in \mathbf{H} \quad \forall v' \in \mathbf{CL} \quad \sum_{t \in \mathbf{T}} \left(\sum_{v \in \mathbf{A}: \phi(v,v')=1} x1_{v,v'}^h + \sum_{v \in \mathbf{CL}: v \neq v' \wedge \phi(v,v')=1} x3_{v,v'}^h - \sum_{v'' \in \mathbf{CL}: v' \neq v'' \wedge \phi(v',v'')=1} x3_{v',v''}^h - \sum_{v'' \in \mathbf{B}: \phi(v',v'')=1} x4_{v',v''}^h \right) = 0 \quad (11)$$

- ze względu na czas dostawy realizacji dostaw materiałów. Od złożenia zamówienia na materiały produkcyjne u danego dostawcy do czasu wprowadzenia ich na magazyn przyprodukcyjny musi upłynąć określony czas wynikający z konieczności pozyskania materiału przez dostawcę (wyprodukowanie/wydanie z magazynu/pakowanie itd.) oraz czasu transportu. Czas ten może być różny w zależności od dostawcy i typu materiału, a także struktury sieci dostaw (dostawa bezpośrednia lub z wykorzystaniem centrów logistycznych; V_{SR} – średnia prędkość przemieszczania):

$$\forall h \in H \quad \forall v'' \in B \quad \sum_{t \in T} \left(\sum_{(v, v') \in L^{A, M}} \frac{x1_{v, v'}^{h, t} \cdot d1_{v, v'}}{V_{SR}} + \sum_{(v, v'') \in L^{A, B}} \frac{x2_{v, v''}^{h, t} \cdot d2_{v, v''}}{V_{SR}} + \sum_{(v, v') \in L^{M, M}} \frac{x3_{v, v'}^{h, t} \cdot d3_{v, v'}}{V_{SR}} + \sum_{(v, v'') \in L^{M, B}} \frac{x4_{v, v''}^{h, t} \cdot d4_{v, v''}}{V_{SR}} \right) + \sum_{v' \in M: \phi(v, v')=1} \left(t2_{v'}^h \left(\sum_{h \in H} \sum_{v \in A: \phi(v, v')=1} x1_{v, v'}^{h, t} + \sum_{h \in H} \sum_{v \in M: \phi(v, v')=1} x3_{v, v'}^{h, t} \right) \right) \leq T2_{v'}^h \quad (12)$$

oraz żądamy, aby funkcja kryterium postaci:

$$\min_{(v, v') \in L} \left(\min_{\mathbf{X}} (F(\mathbf{X}1, \mathbf{X}2, \mathbf{X}3, \mathbf{X}4)) \right) = \min_{(v, v') \in L} \left(\min_{\mathbf{X}} \left(kd \cdot \sum_{t \in T} \sum_{h \in H} \left(\sum_{(v, v') \in L^{A, CL}} x1_{v, v'}^{h, t} \cdot d1_{v, v'} + \sum_{(v, v') \in L^{A, B}} x2_{v, v'}^{h, t} \cdot d2_{v, v'} + \sum_{(v, v') \in L^{CL, CL}} x3_{v, v'}^{h, t} \cdot d3_{v, v'} + \sum_{(v, v') \in L^{CL, B}} x4_{v, v'}^{h, t} \cdot d4_{v, v'} \right) + \sum_{v' \in CL} (C_{v'} + k_{v'}) \cdot \operatorname{sgn} \left(\sum_{h \in H} \sum_{v \in A: \phi(v, v')=1} x1_{v, v'}^{h, t} + \sum_{h \in H} \sum_{v \in CL: \phi(v, v')=1} x3_{v, v'}^{h, t} \right) + \sum_{v' \in CL} \mu_{v'} \cdot \left(\sum_{h \in H} \sum_{v \in A: \phi(v, v')=1} x1_{v, v'}^{h, t} + \sum_{h \in H} \sum_{v \in CL: \phi(v, v')=1} x3_{v, v'}^{h, t} \right) \right) \right) \quad (13)$$

przyjmowała wartość minimalną.

PODSUMOWANIE

Podsumowując, należy stwierdzić, że zasadniczym problemem przedstawionym w referacie jest optymalizacja lokalizacji centrów logistycznych w regularnej hierarchicznej strukturze sieci logistycznej. Przedstawiony został model zadania optymalizacji lokalizacji centrów logistycznych.

Sformułowano minimalną liczbę danych niezbędnych do formułowania zadania optymalizacyjnego. Przedstawiono podstawowe ograniczenia, które są istotne dla zadania optymalizacji lokalizacji centrów w zadanej regularnej strukturze hierarchicznej sieci logistycznej. Z punktu widzenia wykorzystania modelu istotnym jest, aby właściwie dobrać liczbę węzłów tworzących regularną strukturę hierarchicznej sieci logistycznej.

Całość rozpatrywanego problemu zostanie zaimplementowana w postaci aplikacji komputerowej i poddana weryfikacji na danych z rzeczywistych przedsiębiorstw o podobnej do rozpatrywanej strukturze sieci logistycznej. Głównym zadaniem opracowanej aplikacji jest wspomaganie projektowania sieci logistycznej dla obsługi przedsiębiorstw produkcyjnych.

"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”.

LITERATURA

- [1] Ambroziak T., Jacyna M.: *Wybrane aspekty organizacji centrów logistycznych*. Wyd. Prace Naukowe „TRANSPORT” nr 1(17)/2003. Politech. Radomska, PAN – Komitet Transportu, Szczyrk 2003.
- [2] Anholcer M.: *Przepływy w sieciach*, [w:] Sikora W. (red.): *Badania operacyjne*, PWE, Warszawa 2008.
- [3] Ballou R. H.: DISPLAN, A Multiproduct Plant/Warehouse Location Model with Nonlinear Inventory Cost, *Journal of Operations Management* 5, vol. 1, 1984.
- [4] Busacker, R.G., Gowen, P.J.: *A Procedure for Determining a Family of Minimal-Cost Network Flow Patterns*, O.R.O. Technical Report No. 15, Operational Research Office, John Hopkins University, Baltimore, MD 1961.
- [5] Jacyna M.: *Modelowanie obsługi logistycznej w hierarchicznym systemie dystrybucji*. Konf. Naukowa – Teoria i praktyka modelowania systemów logistycznych. Koszalin 27-28maja 2004.
- [6] Rutkowski K.: Rola operatorów logistycznych w restrukturyzacji globalnych łańcuchów dostaw. *Gospodarka Materiałowa i Logistyka*, nr 12, 2005.

THE METHOD OF LOCALIZATION LOGISTICS CENTRES IN REGULAR HIERARCHICAL LOGISTICS NETWORK

Abstract

The paper presents the method of localization logistics centres in regular hierarchical logistics network. 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, logistics centres