

**Tomasz AMBROZIAK<sup>1</sup>, Marianna JACYNA<sup>2</sup>**

Politechnika Warszawska, Wydział Transportu  
ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa

<sup>1</sup> tam@it.pw.edu.pl

<sup>2</sup> maja@it.pw.edu.pl

## **SYSTEM LOGISTYCZNY POLSKI A KOMODALNOŚĆ TRANSPORTU**

### **Streszczenie:**

W artykule przedstawiono wybrane efekty prac projektu rozwojowego nt. „Model systemu logistycznego Polski jako droga do komodalności transportu w UE”. Wychodząc z pojęcia systemu zdefiniowano elementy Systemu Logistycznego Polski oraz dokonano parametryzacji elementów struktury systemu. Artykuł zawiera sformułowanie matematyczne rozłożenia strumieni ładunków na sieć transportową ze względu na kryterium kosztów.

Słowa kluczowe: modal split ładunków, komodalność transportu, rozwój systemu transportowego

### **WPROWADZENIE**

System logistyczny może być rozpatrywany w różnej skali. Analiza przepływów dóbr materialnych występujących na terenie danego kraju stanowi ujęcie makroekonomiczne procesów logistycznych. W takim ujęciu mamy do czynienia z systemem makrologistycznym w wymiarze krajowym czy międzynarodowym. Biorąc pod uwagę definicję systemu, wówczas elementami systemu logistycznego będą różnego rodzaju podmioty gospodarcze biorące udział w procesie przemieszczania dóbr materialnych i towarzyszących im informacji. Istotne znaczenie w prawidłowej realizacji procesów logistycznych w wymiarze krajowym, jak wynika z prowadzonych badań ma infrastruktura [6]:

- liniowa, którą stanowi istniejące połączenia transportowe (np. kolejowe, drogowe, morskie, lotnicze, itp.),
- punktowa, którą stanowią wyodrębnione przestrzennie obiekty służące do obsługi ładunków (np. stacje, punkty przeładunkowe, kompleksy magazynów, centra logistyczne, itp.) wraz z wyposażeniem,
- informacyjna, którą stanowią wszelkie środki przekazu, standardy wymiany danych i środki zabezpieczające ich przepływ,
- jak również odpowiednie środki transportowe.

System logistyczny Polski zwany również krajowym systemem logistycznym obejmuje swoim zasięgiem całą gospodarkę, a terytorialnie obszar całego kraju. Przemieszczanie ładunków w takim wymiarze realizowane jest z wykorzystaniem różnych rodzajów transportu. Ze względu na zakres projektu, w ramach którego prowadzone były badania, przemieszczania ładunków, należy pamiętać o tzw. komodalności transportu. Komodalność w transporcie, to przede wszystkim cecha harmonijnego funkcjonowania (w tym także współdziałania) wszystkich podsystemów transportowych.

Cytując za dokumentami Komisji Europejskiej termin komodalność oznacza wydajne wykorzystanie form transportu działających odrębnie lub zintegrowanych multimodalnie w ramach europejskiego systemu transportowego w celu optymalnego i zrównoważonego

wykorzystania zasobów [5]. Przy czym zgodnie z polityką UE tam gdzie to możliwe, zwłaszcza w transporcie na duże odległości, w obszarach miejskich i w przeciążonych ruchem korytarzach transportowych, należy doprowadzić do zmiany form transportu na bardziej przyjazne środowisku. Komodalność oznaczająca wydajne wykorzystanie różnych form transportu z osobna i form łączonych, powinna zaowocować optymalnym i zrównoważonym wykorzystaniem zasobów.

## 1. MODEL SYSTEMU LOGISTYCZNEGO POLSKI W ASPEKcie KOMODALNOŚCI TRANSPORTU

### 1.1 Elementy modelu LSP

Wychodząc z założenia, że System Logistyczny Polski (LSP) obejmuje swym zasięgiem całą gospodarkę, a terytorialnie obszar całego kraju, to możemy uznać, że jest systemem połączonych ze sobą przepływami materiałowymi przedsiębiorstw oraz rynków zaopatrzenia i zbytu, w tym także rynków zagranicznych [10]. Co ważne LSP jest systemem usługowym dla pozostałych sfer gospodarki (wydobycie, produkcja, itd.) i realizuje zadania, które wynikają z nadań i odbiorów ładunków występujących w poszczególnych sferach gospodarki. Natomiast podstawowe zasoby LSP sprowadzają się zasadniczo do trzech jego elementów: podsystemu transportu zewnętrznego, podsystemu punktów obsługi ładunków oraz podsystemu organizacji i sieci przekazywania informacji.

Wśród elementów systemu logistycznego (obiektów systemu logistycznego) wyróżniono następujące:

- punkty nadania (źródła potoku ładunków);
- punkty zmiany rodzaju środka transportowego, konsolidacji, de-konsolidacji, składowania (uszlachetniania) ładunków wraz z towarzyszącą im infrastrukturą punktową transportu, nazwane tu w skrócie punktami przejścia;
- punkty odbioru (ujścia potoków ładunków);
- powiązania transportowe między w/w punktami występujące jako istniejąca infrastruktura liniowa transportu;
- środki transportu, które zdeterminowane są parametrami infrastruktury (wymiały, ładowność, prędkość przemieszczania) i parametrami ekonomicznymi (koszty jednostkowe);
- organizacja i sieć przekazywania informacji.

Biorąc pod uwagę charakter oraz zadania realizowane przez system logistyczny jest konieczne, aby w jego modelu odwzorowane były takie właściwości, jak [10]:

- struktura LSP przedstawiająca rzeczywiste połączenia transportowe między elementami systemu logistycznego Polski;
- charakterystyki elementów struktury LSP przedstawiające odwzorowanie rzeczywistych właściwości elementów systemu istotnych z punktu widzenia komodalnego wykorzystania różnych form transportu, np. techniczne, ekonomiczne, organizacyjne, itp.;
- zadanie logistyczne LSP określające wielkość obciążenia systemu strumieniami ładunków w relacji nadanie - odbiór;
- organizacja LSP przedstawiająca sposób dostosowania elementów infrastruktury wraz wyposażeniem do realizowanych zadań.

Formalnie, model systemu logistycznego Polski ( $MLSP^K$ ) w aspekcie komodalności transportu możemy zapisać jako uporządkowaną czwórkę postaci:

$$MLSP = \langle S^{LSP}, F^{LSP}, Q^{LSP}, O^{LSP} \rangle \quad (1)$$

gdzie:

$MLSP$  – model systemu logistycznego Polski,

$S^{LSP}$  – struktura systemu logistycznego Polski,

$F^{LSP}$  – zbiór charakterystyk elementów struktury LSP,

$Q^{LSP}$  – wielkość zadań logistycznych, jakie LSP ma zrealizować,

$O^{LSP}$  – organizacja, sposób realizacji zadań logistycznych, przez LSP z uwzględnieniem komodalności.

## 1.2 Struktura systemu logistycznego Polski

Struktura LSP określa powiązania między wymienionymi wcześniej elementami i również z otoczeniem. Zatem przyjmujemy, że struktura sieci transportowej Logistycznego Systemu Polski odwzorowana jest za pomocą grafu  $G = \langle W, RD \rangle$ , rozumianego jako dwójka uporządkowana.

Przy czym zbiór  $W$  będzie zbiorem numerów węzłów transportowych, w tym i obiektów logistycznych (wierzchołków grafu  $G$ ), tj.:

$$W = \{1, \dots, i, \dots, i', \dots, W\} \quad (2)$$

oraz  $W$  jest liczbą wyróżnionych w systemie węzłów transportowych.

Sieć transportową można uważać za model (opis) istniejącej infrastruktury systemu transportowego, przy czym struktura  $G$  opisuje wyróżnione w modelu elementy infrastruktury transportowej, natomiast charakterystyki węzłów i łuków będą opisywać własności (cechy, atrybuty) tych elementów.

W celu zdefiniowania punktów nadania ładunków (źródeł), punktów odbioru strumieni ładunków (ujść) oraz pozostałych obiektów logistycznych (np. centrów logistyczne lub punktów przeładunkowych) zakładamy, że na zbiorze  $W$  elementów LSP zadane jest odwzorowanie  $\alpha$  przeprowadzające elementy tego zbioru w elementy zbioru  $\{0, 1, 2\}$ , tj:

$$\alpha: W \longrightarrow \{0, 1, 2\} \quad (3)$$

przy czym jeżeli  $\alpha(i)=0$ , to element o numerze  $i$  ( $i \in W$ ) jest punktem nadania ładunku w Systemie Logistycznym Polski, zaś jeżeli  $\alpha(i)=1$ , to wtedy element o numerze  $i$  ( $i \in W$ ) jest punktem odbioru ładunku, natomiast jeśli  $\alpha(i)=2$  wówczas element o numerze  $i$  ( $i \in W$ ) jest obiektem logistycznym typu centrum logistyczne lub punkt przeładunkowy.

Dla jednoznaczności dalszych rozważań zbiór  $N$  numerów punktów nadania strumieni ładunków zdefiniujemy następująco:

$$N = \{i: \alpha(i)=0 \mid i \in W\} \equiv \{n_{pn}: pn=1, 2, \dots, PN\} \quad (4)$$

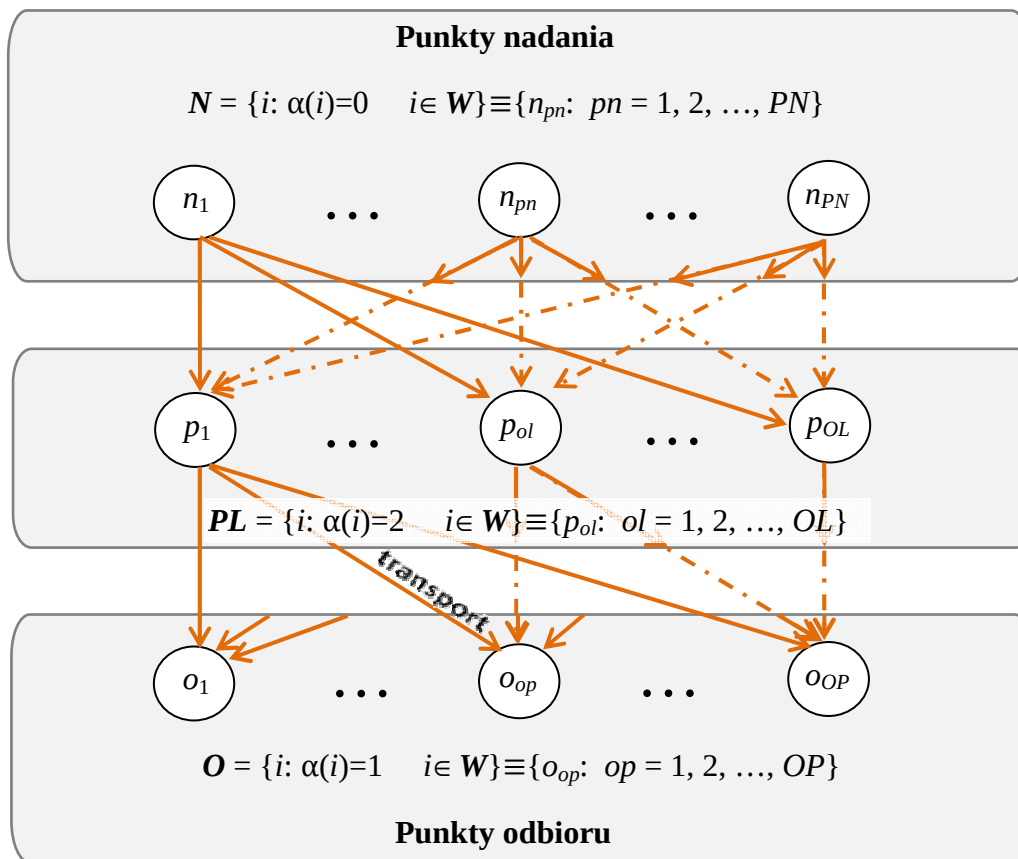
Natomiast zbiór  $O$  numerów punktów odbioru strumieni ładunków będzie zbiorem postaci :

$$O = \{i: \alpha(i)=1 \mid i \in W\} \equiv \{o_{op}: op=1, 2, \dots, OP\} \quad (5)$$

Zbiór  $PL$  numerów obiektów logistycznych, dla jednoznaczności dalszych rozważań zdefiniujemy jako zbiór postaci:

$$PL = \{i: \alpha(i)=2 \mid i \in W\} \equiv \{p_{ol}: ol=1, 2, \dots, OL\} \quad (6)$$

Strukturę podsystemu transportowo-magazynowego w Systemie Logistycznym Polski rozumianą jako zbiór elementów oraz zbiór relacji między tymi elementami można przedstawić w postaci grafu (rys. 1.). Wierzchołkami grafu będą elementy punktowe LSP.



Rys. 1. Graf struktury systemu logistycznego Polski

Źródło: opracowanie własne.

Strumienie ładunków mogą być przemieszczane pomiędzy nadawcą a odbiorcą z wykorzystaniem więcej niż jednego rodzaju transportu. Z punktu widzenia komodalności transportu jest to zjawisko wręcz pożądane. Współpraca różnych rodzajów transportu, może prowadzić bowiem do uzyskania optymalnego wykorzystania istniejących zasobów infrastrukturalnych, w tym również efektywnego wykorzystania środków transportu. Zmiana rodzaju środków transportu może się odbywać w odpowiednio dostosowanych do tego celu różnorodnych obiektach logistycznych, tj. punktach przeładunkowych, centrach logistycznych itp. Dość istotna jest w tym przypadku podatność transportowa poszczególnych ładunków.

Obiekty logistyczne np. typu punkty przeładunkowe czy centra logistyczne wyposażone w infrastrukturę przystosowaną do obsługi kilku rodzajów transportu, usytuowane w dużych węzłach głównych ciągów komunikacyjnych są naturalnym regulatorem racjonalnego obciążenia poszczególnych dróg transportowych a także obsługi towarowej w dużych aglomeracjach. Koncentracja ładunków krajowych oraz międzynarodowych spedytorów i operatorów transportu multimodalnego implikuje oferowanie kompleksowych usług logistycznych, podwyższając tym samym jakość usługi transportowej, w tym przede wszystkim czas i koszt przewozu.

Na potrzeby badań przyjmujemy również, że łuki grafu  $\mathbf{G}$  odwzorowują połączenia transportowe pomiędzy wyróżnionymi węzłami transportowymi. Zbiór takich połączeń będzie oznaczony jako  $\mathbf{RD}$ , w postaci:

$$\mathbf{RD} = \{RD(i, i', r): i \neq i', i, i' \in \mathbf{W}, r \in \mathbf{R}\} \quad (7)$$

przy czym

$$RD = RD_1 \cup RD_2 \quad RD_1 \subseteq N \times PL \times R ; \quad RD_2 \subseteq PL \times O \times R$$

gdzie  $R$  jest zbiorem numerów rodzajów transportu wykorzystywanych w przemieszczaniu ładunków w Logistycznym Systemie Polski, tj.:

$$R = \{r: r=1, 2, 3, 4\} \quad (8)$$

gdzie:  $r=1$  - transport drogowy;  $r=2$  - transport kolejowy;  $r=3$  - transport lotniczy;  $r=4$  - transport wodny (rzeczny, morski).

Dla jednoznaczności dalszych rozważań zakładamy, że każda z relacji  $(n_{pn}, o_{op}) \in E$  przemieszczania ładunku po sieci transportowej LSP charakteryzuje się określoną wielkością zapotrzebowania na przewóz oznaczoną przez  $x(n_{pn}, o_{op})$ . W analizowanym modelu zapotrzebowanie na przewóz wyrażane jest w tonach ładunków (z podziałem na grupy materiałowe).

Wielkość ładunków (o interpretacji liczby ton ładunku) przemieszczanych połączeniem transportowym  $RD(i, i', r)$  oznaczono jako  $x(i, i', r)$  i w sformułowaniu zadania optymalizacyjnego będzie rozumiana jako zmienna decyzyjna o interpretacji rozłożenia strumieni ładunków na sieć transportową LSP.

Możliwość dostosowania poszczególnych zasobów LSP do realizacji zadań oraz jakość tego dostosowania są uwarunkowane charakterystykami elementów LSP. Zaliczyć do nich możemy np.: zdolności przewozowe poszczególnych rodzajów transportu, koszty przewozu wg rodzajów transportu, zdolności obsługowe tradycyjnych oraz intermodalnych punktów przeładunkowych oraz przystosowanie punktów nadeń i odbioru ładunków do obsługi różnych rodzajów transportu.

## 2. MODEL MATEMATYCZNY ROZŁOŻENIA POTOKU RUCHU NA ELEMENTY SIECI LOGISTYCZNEJ

### 2.1 Założenia modelu

Przystępując do modelowania systemów transportowych zakładamy, że:

- znany jest popyt na produkowane wyroby różnego rodzaju, który generowany przez każdego odbiorcę, i jest on stały w rozpatrywanym horyzoncie czasu;
- znana jest podaż na produkowane różne wyroby generowany przez każdego dostawcę i jest ona stała w rozpatrywanym horyzoncie czasu;
- znane są koszty uruchomienia i działalności punktów pośrednich (obiektów logistycznych);
- znane są jednostkowe koszty transportu wyrobów pomiędzy dostawcami a obiektami logistycznymi;
- znane są jednostkowe koszty transportu wyrobów pomiędzy obiektami logistycznymi, a odbiorcami;
- znane są jednostkowe koszty transportu ładunków pomiędzy obiektami logistycznymi zlokalizowanymi na różnych szczeblach dystrybucji;
- znane są ograniczenia możliwości przerobowe różnych obiektów logistycznych.

Na potrzeby określenia wielkości strumieni ładunków przemieszczanych połączeniem  $RD(i, i', r)$ , definiujemy zbiór dróg łączących nadawcę strumienia ładunków (źródło) -  $n_{pn}$  z odbiorcą -  $o_{op}$  - czyli ujściem potoku ruchu i zawierających łuk  $RD(i, i', r)$ , tj. zbiór,  $P(n_{pn}, o_{op}, RD(i, i', r))$  postaci:

$$P(n_{pn}, o_{op}, RD(i, i', r)) = \{p \in P(n_{pn}, o_{op}) : (i, i', r) \in RD^p, (n_{pn}, o_{op}) \in E, RD^p \subset RD\} \quad (9)$$

gdzie:

$p$  – numer drogi w relacji  $(n_{pn}, o_{op})$ ,  $(n_{pn}, o_{op}) \in E$ ;

$RD^p$  – zbiór połączeń transportowych należących do  $p$ -tej drogi.

Wielkość strumieni ładunków przemieszczanych połączeniem  $RD(i, i', r)$  będzie sumą strumieni ładunków przemieszczanych po drogach  $p$  należących do różnych relacji  $(n_{pn}, o_{op}) \in E$  i zawierających połączenie  $RD(i, i', r)$ , co zapiszemy:

$$x(i, i', r) = \sum_{(n_{pn}, o_{op}) \in E} \sum_{p \in P(n_{pn}, o_{op}, RD(i, i', r))} x(p, n_{pn}, o_{op}) \quad (10)$$

Problem rozłożenia strumieni ładunków w sieci transportowej polega głównie na wyborze takich dróg w sieci, po których strumień ładunków przemieszczany jest w taki sposób, że zarówno techniczne ograniczenia dróg sieci (np. przepustowość) będą spełnione jak i całkowity koszt realizacji przemieszczania będzie minimalny.

Na potrzeby modelowania rozłożenia strumieni ładunków na drogi sieci transportowej LSP zakładamy, że przepustowość danego połączenia transportowego odwzorowana będzie symbolem  $d(i, i', r)$ . Oczywiście przepustowość określonej drogi wyznaczona jest przez minimalną przepustowość odcinka, który do tej drogi należy (czyli przez tzw. „wąskie gardło” drogi).

Koszt przejścia jednostki strumienia ładunków przez określone połączenie transportowe wyrażony w złotych na tonokilometr jest zależny od rodzaju połączenia transportowego (drogowe, kolejowe, śródlądowe, itp.) oraz oznaczany jako:  $c(i, i', r)$ , przy czym  $r \in R$ .

Zakładamy, iż jednostkowy koszt przeładunku jednostek strumienia ładunków, wyrażony w złotych na tonę, odwzorowany zostanie jako  $cp(i, r, r')$ , przy czym  $r$  oraz  $r'$  oznaczają rodzaje transportu pomiędzy którymi realizowany jest przeładunek oraz  $r \in R$  i  $r' \in R$ ,  $r \neq r'$ .

Wielkość strumieni ładunków przeładowanego z  $r$ -tego na  $r'$ -ty rodzaj transportu w  $i$ -tym obiekcie logistycznym oznaczmy jako  $x(i, r, r')$ , przy czym  $i \in W$  natomiast  $r, r' \in R$ .

## 2.2 Sformułowanie zadania optymalizacyjnego

### Dla danych

- zbiorów:  $W, L, N, R, O, E, RD^p, RD$
- $d(i, i', r)$  przepustowości  $RD(i, i', r)$ -tego połączenia transportowego,
- $c(i, i', r)$  kosztu przejścia jednostki strumienia ładunku  $RD(i, i', r)$ -tym połączeniem transportowym,
- $cp(i, r, r')$  - kosztu przeładunku jednostki strumienia ładunku pomiędzy  $r$ -tym oraz  $r'$ -tym rodzajem transportu,
- $P(n_{pn}, o_{op})$  - zbiór dróg w relacji przewozu  $(n_{pn}, o_{op}) \in E$ ,

**należy wyznaczyć macierze zmiennych decyzyjnych**

- $[x(i, i', r)]$  - o interpretacji wielkości strumienia ładunków przemieszczanych połączeniem transportowym  $r$ -tego rodzaju,
- $[x(n_{pn}, o_{op}, i, r, r')]$  - o interpretacji wielkości ładunku przeładowywanego w  $i$ -tym węźle w relacji  $(n_{pn}, o_{op})$  pomiędzy  $r$ -tym i  $r'$ -tym rodzajem transportu,

gdzie:

- $x(n_{pn}, o_{op})$  wielkość zapotrzebowania na przemieszczanie w relacji przewozu  $(n_{pn}, o_{op}) \in E$ ,
- $x(i, r, r')$  wielkość strumienia ładunków przemieszczanego  $RD(i, i', r)$ -tym połączeniem transportowym,
- $x(n_{pn}, o_{op}, i, r, r')$  wielkość strumienia ładunków przeładowanego z  $r$ -tego na  $r'$ -ty rodzaj transportu w  $i$ -tym węźle transportowym w relacji  $(n_{pn}, o_{op})$ .

**aby spełnione były ograniczenia:**

- na przepustowość elementów sieci transportowej:

$$\forall RD(i, i', r) \in RD \quad x(i, i', r) \leq d(i, i', r) \quad (11)$$

- na to, że suma obciążeń poszczególnych dróg w każdej relacji  $(n_{pn}, o_{op}) \in E$  musi być równa całkowitemu zapotrzebowaniu na przewóz  $x(n_{pn}, o_{op})$  w tej relacji:

$$\forall (n_{pn}, o_{op}) \in E \quad \sum_{p \in P(n_{pn}, o_{op})} x(p, n_{pn}, o_{op}) \leq x(n_{pn}, o_{op}) \quad (12)$$

- na wielkość potoku ładunków przemieszczanego  $RD(i, i', r)$ -tym połączeniem transportowym, który nie może przyjmować wartości ujemnych (nieujemność zmiennych decyzyjnych):

$$\forall RD(i, i', r) \in RD \quad x(i, i', r) \geq 0 \quad (13)$$

- na wielkość potoku ładunków przeładowywanego w  $i$ -tym węźle transportowym, który nie może przyjmować wartości ujemnych (nieujemność zmiennych decyzyjnych):

$$\forall i \in W, r \in R, \forall (n_{pn}, o_{op}) \in E \quad x(n_{pn}, o_{op}, i, r, r') \geq 0 \quad (14)$$

- na to, że suma obciążeń potokiem ładunku wszystkich dróg zawierających połączenie transportowe  $RD(i, i', r) \in RD$  po wszystkich relacjach przewozu  $(n_{pn}, o_{op}) \in E$  musi być równa obciążeniu potokiem ruchu tegoż połączenia  $RD(i, i', r) \in RD$  - (addytywność strumieni ładunków):

$$\sum_{(n_{pn}, o_{op}) \in E} \sum_{p \in P(n_{pn}, o_{op}, RD(i, i', r))} x(p, n_{pn}, o_{op}, i, r, r') = x(i, i', r) \quad (15)$$

- na zachowanie strumieni ładunków ( $\Gamma_i^1$  – zbiór poprzedników  $i$ -tego węzła,  $\Gamma_i$  – zbiór następników  $i$ -tego węzła):

$$\forall i \in W \quad \sum_{i' \in \Gamma_i^{-1}} x(i, i', r) - \sum_{g \in \Gamma_i} x(i, g, r) = \begin{cases} \sum_{n_{pn} \in N^i} x(n_{pn}, i) & \text{dla } i \in O \\ 0 & \text{dla } i \in PL \\ - \sum_{o_{op} \in O^i} x(i, o_{op}) & \text{dla } i \in N \end{cases} \quad (16)$$

**oraz aby funkcja kryterium postaci**

$$F(\mathbf{X}) = \sum_{RD(i, i', r) \in RD} x(i, i', r) c(i, i', r) d(i, i', r) + \sum_{(n_{pn}, o_{op}) \in E} \sum_{i \in W} \sum_{r, r' \in R} x(n_{pn}, o_{op}, i, r, r') c_p(r, r') \quad (17)$$

przyjmowała wartość minimalną

### 3. WNIOSKI

Modelu systemu logistycznego Polski powinien stanowić narzędzie do podejmowania decyzji w zakresie kształtowania rozwoju systemu transportowego oraz dystrybucji zadań przewozowych pomiędzy rodzaje transportu uwzględniając poprawę bezpieczeństwa i ochronę środowiska naturalnego.

Główny z obszarów decyzji strategicznych, zastosowania modelu to zarówno budowa jak i modernizacja połączeń transportowych różnych rodzajów, powodująca zmianę ich parametrów technicznych lub zmiana zasad organizacji ruchu.

**Acknowledge:** Artykuł jest efektem prac realizowanych w ramach grantu rozwojowego R10 002706/2009 nt. "Model systemu logistycznego Polski jako droga do komodalności transportu w Unii Europejskiej".

### BIBLIOGRAFIA

- [1] Daganzo C. (1999). "Logistics systems analysis", Berlin; New York, Springer.
- [2] Jacyna M.: Koncepcja modelu, Warszawa 2009.
- [3] Magnanti T., L., and Wong R., T.: Network Design and Transportation Planning: Model and Algorithm Transportation Science, 18, 1984
- [4] Logistyka transportu towarowego w Europie – klucz do zrównoważonej mobilności, Komunikat Komisji Wspólnot Europejskich do Rady, Parlamentu Europejskiego, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów z dnia 28.6.2006 r.
- [5] Projekt rozwojowy nt. „Model systemu logistycznego Polski jako droga do komodalności transportu w UE”. Sprawozdanie merytoryczne z zadania 1, 7, 9, Warszawa 2010
- [6] Simchi-Levi D. Simchi-Levi E. (2001), "Logistics Systems Modeling. Handbook of Industrial Engineering", 3rd edition, published by John Wiley Sons, 2007-2019.
- [7] Wood D. F. (2002). "International logistics", New York, N.Y.; London, AMACOM Books

### LOGISTICS SYSTEM OF POLAND INTO CO-MODALITY OF TRANSPORT

#### Abstract:

The article presents selected aspects of the research work "Logistics System of Poland as a way to transport co-modality in UE". The elements of Logistics System of Poland and its characteristics were defined. Article contains mathematical formulation of cargo flows distribution with the criteria of costs minimization

Key words: cargo modal split, transport co-modality, transportation system development