

Krzysztof Ficoń
Akademia Marynarki Wojennej

ANALIZA IDENTYFIKACYJNA LOGISTYCZNYCH MAKROSYSTEMÓW TRANSPORTOWYCH

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono autorską koncepcję modelowania wielkiego makrosystemu transportowego, badanego według kryteriów logistycznych. Zgodnie z zasadami analizy systemowej proces modelowania makrosystemu został zdekomponowany na dwa etapy dotyczące kolejno modelowania identyfikacyjnego (jakościowego) i optymalizacyjnego (ilościowego). Efektem analizy identyfikacyjnej powinno być wypracowanie sformalizowanego modelu opisującego makrosystem transportowy w konwencji przydatnej do badań ilościowych, na etapie optymalizacji jego działania. W tym celu w makrosystemie transportowym zostały wyodrębnione takie elementy, jak cel, dziedzina, przeciwdziedzina, zasady i reguły oraz podstawowe problemy decyzyjne, które w drugim etapie badań będą poddane próbie optymalizacji w sensie ustalonych kryteriów logistycznych. Opis makrosystemu transportowego został przeprowadzony pod kątem kryteriów współczesnej logistyki rynkowej, której naczelnym zadaniem jest minimalizacja kosztów przy maksymalnym spełnieniu standardów rynkowej obsługi klienta.

Słowa kluczowe:

system, model, dziedzina, przeciwdziedzina, relacje, procesy, zasady, potencjał, czasoprzestrzeń, wskaźnik jakości, problemy decyzyjne.

KONCEPCJA MODELOWANIA SYSTEMU TRANSPORTOWEGO

Logistyka będąca nauką interdyscyplinarną szeroko korzysta z dorobku analizy systemowej i holistycznego podejścia systemowego, w którym dynamiczne procesy przepływów fizycznych są rozpatrywane na bazie mikro- i makroekonomicznych systemów logistycznych. Interpretacja złożonych procesów logistycznych na gruncie uniwersalnej teorii systemów jest podstawą badań i analiz prakseologicznych systemów

działania za pomocą ścisłych metod analitycznych¹. Uniwersalnym symbolem współczesnej logistyki jest transport, obejmujący w skali makroekonomicznej sieć transportową, techniczne środki transportowe oraz wszelkie technologie warunkujące sprawną i efektywną realizację rynkowych usług transportowych. Systemy transportowe mogą być rozpatrywane w skali makroekonomicznej jako struktury przestrzenne (lokalne, regionalne, narodowe, międzynarodowe) lub w skali mikroekonomicznej, utożsamiane z reguły z biznesowym transportem wewnętrznym firmy czy przedsiębiorstwa².

System transportowy ST jest pragmatycznym systemem sprawnego działania zorientowanym na wykonywanie określonych funkcji i zadań z zakresu zabezpieczenia potrzeb transportowych różnych podmiotów gospodarczych, zgłaszających takie zapotrzebowania rynkowe. Naczelnym rynkowym kryterium działania logistycznego systemu transportowego jest minimalizacja kosztów jego funkcjonowania ($min\$_{ST}$) przy spełnieniu nadrzędnych standardów obsługi klienta ($max \&_{ST}$):

$$ST = \langle C_{ST}, E_{ST}, R_{ST}, F_{ST} \rangle \rightarrow min\$_{ST} | max \&_{ST}, \quad (1)$$

gdzie:

- ST — system transportowy;
- C_{ST} — cel funkcjonowania systemu transportowego;
- E_{ST} — zbiór elementów systemu transportowego;
- R_{ST} — zbiór relacji systemu transportowego;
- F_{ST} — funkcja kryterium systemu transportowego;
- $min\$_{ST}$ — postulat minimalizacji kosztów funkcjonowania systemu;
- $max \&_{ST}$ — rynkowe standardy obsługi klienta.

Tak zdefiniowany logistyczny system transportowy³ (1) dysponuje pewnym potencjałem wykonawczym (Π_{ST}), który musi sprostać zgłaszanym przez podmioty

¹ Doskonale wprowadzenie teoretyczne w problematykę systemowych badań operacyjnych zawiera praca: Z. Bubnicki, O. Hryniewicz, J. Węglarz, *Badania operacyjne i systemowe. Zastosowania*, EXIT, Warszawa 2004.

² Interesującą próbę takiego podejścia, ukierunkowaną na systemy transportowo-magazynowe zawiera praca: J. Kubicki, A. Kuriata, *Problemy logistyczne w modelowaniu systemów transportowych*, WKiŁ, Warszawa 2000.

³ Pojęcie logistycznego systemu transportowego determinuje taki system transportowy, który badany jest według standardów logistyki rynkowej rozpatrywanej przez pryzmat bilansowania podaży i popytu usług transportowych oraz naczelne kryterium gospodarki rynkowej nakazujące minimalizację kosztów usług transportowych. Zob. J. Tarkowski, B. Irestahl, K. Lumsden, *Transport — Logistyka*, ILiM, Poznań 1995; W. Paprocki, *Koncepcja logistyczna w transporcie*, SGPiS, Warszawa 1989.

gospodarcze potrzebom operacyjnym (Σ_{ST}), w tym przypadku w zakresie transportu surowców, materiałów i wyrobów gotowych na określonych trasach, łączących nadawców i odbiorców.

$$ST \subseteq \{\Pi_{ST} \times D_{ST} \times \Sigma_{ST}\} \xrightarrow{\Psi(ST)} F_{ST}, \quad (2)$$

gdzie:

Π_{ST} — potencjał wykonawczy (operacyjny) systemu transportowego;

D_{ST} — zbiór decyzji biznesowych systemu transportowego;

Σ_{ST} — spektrum potrzeb transportowych zgłaszanych przez partnerów rynkowych;

$\Psi(ST)$ — technologia działania systemu transportowego,

przy czym muszą być spełnione warunki:

$$\Psi(ST): \Pi_{ST} \times D_{ST} \rightarrow \Sigma_{ST} \quad (3)$$

$$F_{ST}: D_{ST} \times \Sigma_{ST} \rightarrow \mathbb{R}^+ \quad (4)$$

gdzie:

\mathbb{R}^+ — zbiór liczb rzeczywistych (wskaźników jakości systemu ST).

Jako miarę efektywności (skuteczności) działań operacyjnych systemu (1) można przykładowo przyjąć następujący warunek:

$$F_{ST} = \Pi_{ST} / \Sigma_{ST} \rightarrow \mathbb{R}^+. \quad (5)$$

W zależności od wielkości wyrażenia (5) mogą wystąpić trzy stany gotowości systemu do obsługi zgłaszanych potrzeb rynkowych:

$$\frac{\Pi_{ST}}{\Sigma_{ST}} = \begin{cases} > 1 - \text{przewaga potencjału} \\ = 1 - \text{równowaga potencjału.} \\ < 1 - \text{deficyt potencjału} \end{cases} \quad (6)$$

Dalej przyjmiemy założenie, że potencjał operacyjny Π_{ST} działa w pewnej czasoprzestrzeni operacyjnej (logistycznej) Ω_{PT} definiowanej w sposób następujący:

$$\Pi_{ST} \times X_{ST} \times T_{ST} \rightarrow \Omega_{PT}, \quad (7)$$

gdzie:

Π_{ST} — potencjał operacyjny systemu transportowego;

X_{ST} — przestrzeń geograficzna działania systemu transportowego;

T_{ST} — czas operacyjny taktujący działania systemu transportowego;

Ω_{PT} — czasoprzestrzeń operacyjna systemu transportowego.

Potencjał operacyjny (7) systemu transportowego Π_{ST} to całokształt jego zdolności do działań operacyjnych w zakresie zabezpieczenia potrzeb transportowych pewnego otoczenia biznesowego determinowanego zbiorem klientów zgłaszających określoną potrzebę transportową⁴. Determinują go dostępne siły i środki transportowe oraz decyzje organów (menedżerów) kierujących ich wykorzystaniem w konkretnej sytuacji:

$$\Pi_{ST}^1 \times \Pi_{ST}^2 \times \Pi_{ST}^3 \times \Pi_{ST}^4 \rightarrow \Pi_{ST}, \quad (8)$$

gdzie:

Π_{ST}^1 — potencjał zarządzania (system kierowania);

Π_{ST}^2 — potencjał informacyjny (system informacyjno-decyzyjny);

Π_{ST}^3 — potencjał materialno-energetyczny (środki i technologie transportowe);

Π_{ST}^4 — potencjał przestrzenny (sieć komunikacyjna).

Z formalnego punktu widzenia sprawność i gotowość do działań systemu transportowego ST wyznacza uporządkowana trójka obejmująca:

$$ST \subseteq \langle \Pi_{ST} \times D_{ST} \times \Omega_{ST} \rangle \xrightarrow{\text{ekstr}} F_{ST}, \quad (9)$$

gdzie:

Π_{ST} — potencjał operacyjny systemu ST ;

D_{ST} — decyzje do działań operacyjnych w systemie ST ;

Ω_{ST} — przestrzeń operacyjna (środowisko biznesowe) systemu ST ;

F_{ST} — funkcja kryterium, wskaźnik jakości działania systemu ST .

Potencjał operacyjny systemu transportowego Π_{ST} można także wyrazić za pomocą dostępnych aktualnie nakładów i zasobów materialnych i niematerialnych, do których należy zaliczyć takie kategorie jak:

$$\Pi_{ST} = f(\Pi_{ST}^a, \Pi_{ST}^b, \Pi_{ST}^c, \Pi_{ST}^d), \quad (10)$$

⁴ Zob.: L. Mundur, *Transport w systemach logistycznych*, [w:] *Technologie transportowe XXI wieku*, ITeE PIB, Warszawa — Radom 2008.

gdzie:

Π_{ST}^a — nakłady kadrowe (osobowe);

Π_{ST}^b — nakłady finansowe (kapitałowe);

Π_{ST}^c — nakłady czasowe (terminy);

Π_{ST}^d — nakłady materiałowe (środki techniczne).

Udział poszczególnych potencjałów cząstkowych typu $(\Pi_{ST}^a, \Pi_{ST}^b, \Pi_{ST}^c, \Pi_{ST}^d)$ w kształtowaniu generalnego wskaźnika (10) jest oczywiście wielce zróżnicowany i zależy od rodzaju wykonywanego zadania, jego pilności, skali trudności czy stopnia zaangażowania, na przykład sprzętu i wyposażenia technicznego. Użyty w danej sytuacji potencjał operacyjny Π_{ST} powinien być adekwatny do zadań i rzeczywistych potrzeb biznesowych, gdyż tylko wówczas można spełnić zasadę racjonalnego wykorzystania sił. Prakseologiczną zasadę sprawnego działania mówiącą o optymalnym wykorzystaniu dostępnego potencjału operacyjnego można zapisać w dwóch zbliżonych, ale różnych wersjach⁵.

1. Zasada największego efektu nakazuje uzyskanie maksymalnego stopnia realizacji celu C za pomocą z góry przydzielonych środków Z :

$$V_{F_{max}}^1 \Rightarrow \max C \parallel Z = \text{const}, \quad (11)$$

gdzie:

C — prakseologiczny cel działania systemu ST ;

Z — nakłady i zasoby przeznaczone na realizację celu C .

2. Zasada minimalnych nakładów Z polega na realizacji z góry założonego celu C za pomocą możliwie najmniejszych nakładów przeznaczonych na jego realizację:

$$V_{F_{min}}^2 \Rightarrow \min Z \parallel C = \text{const}. \quad (12)$$

Stosowanie prakseologicznej zasady gospodarności w wariancie $V_{F_{max}}^1$ lub $V_{F_{min}}^2$ jest naczelnym standardem gospodarki rynkowej i musi być bezwzględnie przestrzegane, aby zachować wymagany poziom konkurencyjności badanego systemu.

⁵ Zob.: O. Lange, *Optymalne decyzje. Zasady programowania*, PWN, Warszawa 1967.

Zgodnie z ogólnymi założeniami analizy systemowej⁶ matematyczny model systemu transportowego MM_{ST} został zdekomponowany na dwa chronologiczne etapy obejmujące modele — identyfikacyjny MID_{ST} i optymalizacyjny MDE_{ST} ⁷:

$$MM_{ST} = \langle MID_{ST} \cup MDE_{ST} \rangle, \quad (13)$$

gdzie:

MM_{ST} — matematyczny model systemu transportowego;

MID_{ST} — model identyfikacyjny systemu transportowego;

MDE_{ST} — model decyzyjny systemu transportowego.

Model identyfikacyjny MID_{ST} służy do jakościowego opisu badanego systemu transportowego i pełnej specyfikacji podstawowych problemów będących przedmiotem zarządzania menedżerskiego. Model optymalizacyjny MDE_{ST} ma charakter narzędzia ilościowego i powinien być wykorzystany do bezpośredniego kształtowania strategii biznesowej, w tym przypadku firmy transportowej. Im dokładniej zostanie przeprowadzony etap badań identyfikacyjnych, tym bardziej realistyczne będzie sterowanie badanym systemem na etapie modelowania decyzyjnego. Model optymalizacyjny MDE_{ST} dostarcza naukowych, w szczególności optymalnych, metod i narzędzi badawczych służących do usprawnienia funkcjonowania modelowanego makrosystemu transportowego.

Model identyfikacyjny systemu transportowego MID_{ST} formalnie zapiszemy za pomocą następującego wyrażenia (rys. 1.)⁸:

$$MID_{ST} = \langle C_{ST}, E_{ST}, R_{ST}, V_{ST}, D_{ST} \rangle \rightarrow OJ(ST), \quad (14)$$

gdzie:

C_{ST} — cel i przeznaczenie ST ;

E_{ST} — dziedzina, zbiór elementów organizacyjno-funkcjonalnych ST ;

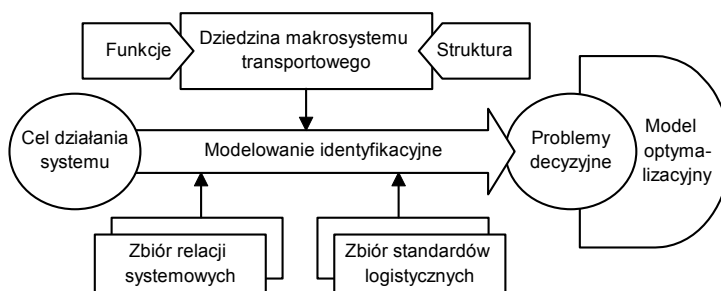
R_{ST} — zbiór relacji systemowych ST ;

⁶ Metodologiczne podstawy badań systemowych w odniesieniu do wielkich systemów społeczno-ekonomiczno-technicznych zostały przedstawione w pracy: R. Kulikowski, *Analiza systemowa i jej zastosowania*, PWN, Warszawa 1977.

⁷ Różne aspekty matematycznego modelowania złożonych systemów działania prezentują m.in.: J. Konieczny, *Inżynieria systemów działania*, WNT, Warszawa 1983; J. Gutenban, *Matematyczne modelowanie systemów*, EXIT, Warszawa 2003.

⁸ Przykładowy, kompleksowy model identyfikacyjny procesów logistycznych w przedsiębiorstwie zawiera Dodatek B w pracy: K. Ficoń, *Logistyka ekonomiczna. Procesy logistyczne*, BEL Studio, Warszawa 2008.

- V_{ST} — zasady i reguły działania ST ;
 D_{ST} — zbiór podstawowych problemów decyzyjnych ST ;
 $OJ(ST)$ — obraz jakościowy (opisowy) systemu transportowego.



Rys. 1. Koncepcja modelowania identyfikacyjnego makrosystemu transportowego

CEL DZIAŁANIA SYSTEMU TRANSPORTOWEGO

Celowość funkcjonowania systemu transportowego ST zostanie rozpatrzona w trzech zasadniczych płaszczyznach jako⁹:

$$C_{ST} = \langle C_{ST}^S, C_{ST}^T, C_{ST}^O \rangle, \quad (15)$$

gdzie:

- C_{ST}^S — cel strategiczny istnienia ST ;
 C_{ST}^T — cel taktyczny funkcjonowania ST ;
 C_{ST}^O — cel operacyjny działania ST .

Celem strategicznym C_{ST}^S funkcjonowania systemu transportowego ST jest kształtowanie i podtrzymywanie zdolności transportowych we wszystkich zasadniczych aspektach wsparcia logistycznego działalności biznesowej. W efekcie potencjalne zdolności transportowe systemu ST są transformowane do wymiernej kategorii potencjału operacyjnego:

$$C_{ST}^S: ST \rightarrow \Pi_{ST} . \quad (16)$$

⁹ Analogiczną, trójplaszczynową dekompozycję celu funkcjonowania w odniesieniu do wojskowego systemu logistycznego zaprezentowano w pracy: K. Ficoń, *Badania operacyjne stosowane. Modele i aplikacje*, BEL Studio, Warszawa 2006.

Celem taktycznym systemu transportowego ST jest transformacja statycznych zasobów transportowych będących w gestii systemu ST do postaci dynamicznych procesów transportowych, czyli:

$$C_{ST}^T: \Pi_{ST} \rightarrow \Phi_{ST} . \quad (17)$$

Celem operacyjnym systemu transportowego jest realizacja dynamicznych procesów transportowych w dwuwymiarowej czasoprzestrzeni logistycznej $X \times T$, czyli transformacja procesów transportowych do postaci marszrutowych harmonogramów (planów) transportu:

$$C_{ST}^O: \Phi_{ST} \rightarrow H^{ST} \subseteq X \times T . \quad (18)$$

Uwzględniając powyższą sekwencję celów (16), (17), (18) widzimy, że celem wykonawczym (operacyjnym) systemu transportowego ST jest planowanie i realizacja przedsięwzięć czasoprzestrzennych, w tym przypadku świadczenie usług transportowych na pewnej sieci komunikacyjnej określonej symbolicznie za pomocą iloczynu $X \times T$, co jest równoznaczne generowaniu harmonogramów marszrutowych:

$$H_K^{ST} = \{ \langle t_i^0, T_i \rangle, Z_i^H, P_i^H, K_i^H, \quad i = \overline{1, I_H} \}, \quad (19)$$

gdzie:

- t_i^0 — moment rozpoczęcia i-tej dostawy w K-tym harmonogramie H_K^{ST} ;
- T_i^H — czas trwania i-tej dostawy w K-tym harmonogramie H_K^{ST} ;
- Z_i^H — zasoby operacyjne do realizacji i-tej dostawy w harmonogramie H_K^{ST} ;
- P_i^H — procesy logistyczne do realizacji i-tej dostawy w harmonogramie H_K^{ST} ;
- K_i^H — ponoszone koszty przy realizacji i-tej dostawy w harmonogramie H_K^{ST} .

Realizacja celu operacyjnego (biznesowego) (16) przez system transportowy musi uwzględniać naczelną zasadę podejścia logistycznego, zaliczaną do tzw. logistycznych standardów obsługi klienta, opartą na światowym standardzie *Just in Time* (JiT), który na gruncie makrosystemów transportowych można zapisać jak poniżej:

$$JiT = \{ JiT_i; \quad i = \overline{1, I} \}, \quad (20)$$

gdzie:

- JiT_1 — właściwy czas i termin wykonania usługi transportowej;
- JiT_2 — właściwe miejsce wykonania usługi transportowej;

JiT_3 — właściwy asortyment zrealizowanej dostawy (usługi);

JiT_4 — właściwa ilość zrealizowanej dostawy (usługi);

JiT_5 — właściwa jakość wykonanej usługi transportowej;

JiT_6 — właściwa cena wykonanej usługi transportowej.

Wszystkie powyższe wymagania i kryteria *Just in Time* (20) powinny być osiągnięte jednocześnie i bez żadnego wyjątku w możliwie wysokim stopniu, przy zachowaniu równie wysokiej jakości, co formalnie można zapisać jako:

$$JiT_1 \cap JiT_2 \cap JiT_3 \cap JiT_4 \cap JiT_5 \cap JiT_6 \neq \emptyset. \quad (21)$$

Celowość funkcjonowania systemu transportowego może być rozpatrywana także w ujęciu typowo ekonomicznym według kosztowych kryteriów rynkowych.

DZIEDZINA MODELU SYSTEMU TRANSPORTOWEGO

Dziedzinę systemu transportowego E_{ST} tworzą elementy struktury organizacyjno-funkcjonalnej oraz elementy zaliczane do systemowego otoczenia zewnętrznego i wewnętrznego¹⁰. Według kryterium strukturalnego elementy dziedziny systemu transportowego (14) dzielą się na podzbiory zaliczane do infrastruktury społeczno-informacyjnej i infrastruktury technicznej.

$$E_{ST} = \{E_I^{ST}, E_T^{ST}\}, \quad (22)$$

gdzie:

E_I^{ST} — elementy infrastruktury społeczno-informacyjnej systemu S ;

E_T^{ST} — elementy infrastruktury technicznej systemu S .

Do zbioru infrastruktury społeczno-informacyjnej E_I^{ST} należą specjalistyczne organa kierowania systemem transportowym oraz współpracujące z nim podmioty gospodarcze albo zlecające usługi transportowe, albo kooperujące na zasadzie partnerstwa lub konkurencji:

¹⁰ Problematyka badania systemów w relacji otoczenie wewnętrzne i otoczenie zewnętrzne jest podstawą uniwersalnego podejścia opartego na analizie systemowej. Zob. P. Sienkiewicz, *Analiza systemowa. Podstawy i zastosowania*, Wydawnictwo Bellona, Warszawa 1994.

$$E_i^{ST} = \{E_{i1}^{ST}; i = \overline{1, I}\}, \quad (23)$$

gdzie:

E_{i1}^{ST} — organa kierownicze i zarządzające systemem transportowym;

E_{i2}^{ST} — zleceniodawcy usług transportowych (klienci);

E_{i3}^{ST} — kooperanci i partnerzy biznesowi (podwykonawcy);

E_{i4}^{ST} — branżowa konkurencja rynkowa (firmy sektora TSL).

Zbiór infrastruktury technicznej E_7^{ST} tworzą materialne elementy infrastruktury transportowej, obejmujące generalnie szlaki komunikacyjne i środki transportowe, które dodatkowo dzielą się na następujące kategorie rodzajowe:

$$E_7^{ST} = \{E_{7D}^{ST}\{E_{7D1}^{ST}, E_{7D2}^{ST}\}; E_{7R}^{ST}\{E_{7R1}^{ST}, E_{7R2}^{ST}\}\}, \quad (24)$$

gdzie:

E_{7D}^{ST} — szlaki i drogi komunikacyjne (sieć transportowa);

E_{7D1}^{ST} — elementy liniowe sieci komunikacyjnej (drogi, tory, kanały, korytarze);

E_{7D2}^{ST} — elementy punktowe sieci komunikacyjnej (porty, węzły, lotniska);

E_{7R}^{ST} — środki transportowe (pojazdy, wozy);

E_{7R1}^{ST} — środki transportu zmechanizowanego (samochody, statki, tabor kolejowy);

E_{7R2}^{ST} — środki transportu niezmechanizowanego (bez napędu własnego).

Otoczenie, zarówno zewnętrzne, jak też wewnętrzne, systemu transportowego jest niezwykle zróżnicowane i może być analizowane według rozmaitych kryteriów, a do najbardziej popularnych podziałów należą następujące klasyfikacje:

$$E_W^{ST} = \{E_{W1}^{STK}; i = \overline{1, I}\}, \quad (25)$$

gdzie:

E_{W1}^{STK} — gałęziowy (środowiskowy) podział transportu;

E_{W2}^{STK} — podział według funkcji operacyjnych;

E_{W3}^{STK} — podział według przedmiotu transportu (osobowy, towarowy, mieszany);

E_{W4}^{STK} — podział według formy własności (państwowy, prywatny, zakładowy);

E_{W5}^{STK} — podział według prawa własności (własny, obcy, dzierżawiony);

E_{W6}^{STK} — podział według szkodliwości ekologicznej (anty-, proekologiczny);

E_{W7}^{STK} — podział według zasięgu terytorialnego (lokalny, krajowy, międzynarodowy);

E_{W8}^{STK} — podział według zakresu działania (wewnętrzny, zewnętrzny, technologiczny);

E_{W9}^{STK} — podział według organizacji transportu (bezpośredni, pośredni, modalny).

Podstawowy, tzw. gałęziowy (środowiskowy), podział transportu E_W^{STG} wyodrębnia następujące jego rodzaje¹¹:

$$E_W^{STG} = \{E_{WP}^{STG}, E_{WL}^{STG}, E_{WW}^{STG}, E_{WR}^{STG}, E_{WK}^{STG}\}, \quad (26)$$

gdzie:

E_{WP}^{STG} — transport powietrzny;

E_{WL}^{STG} — transport lądowy;

E_{WW}^{STG} — transport wodny;

E_{WR}^{STG} — transport przesyłowy;

E_{WK}^{STG} — transport wielośrodowiskowy.

Szczegółowy podział poszczególnych gałęzi transportowych (26) przedstawia się następująco:

$$E_{WP}^{STG} = \{E_{WPF1}^{STG}, E_{WPF2}^{STG}\}, \quad (27)$$

gdzie:

E_{WPF1}^{STG} — transport powietrzny;

E_{WPF2}^{STG} — transport kosmiczny (rakiety, stacje orbitalne, wahadłowce);

E_{WPF2}^{STG} — transport lotniczy (samoloty, śmigłowce, sterowce, szybowce).

$$E_{WL}^{STG} = \{E_{WLI1}^{STG}, E_{WLI2}^{STG}, E_{WLI3}^{STG}\}, \quad (28)$$

gdzie:

E_{WLI1}^{STG} — transport lądowy;

E_{WLI1}^{STG} — transport samochodowy (ciężarowy, osobowy, specjalistyczny);

E_{WLI2}^{STG} — transport kolejowy (towarowy, osobowy, specjalistyczny);

E_{WLI3}^{STG} — transport biologiczny (osobowy, towarowy, rekreacyjny).

$$E_{WW}^{STG} = \{E_{WW1}^{STG}, E_{WW2}^{STG}\}, \quad (29)$$

gdzie:

E_{WW1}^{STG} — transport wodny;

¹¹ Podział gałęziowy transportu według kryteriów środowiskowych jest podstawowym rodzajem klasyfikacji i wszelkich analiz zewnętrznych makrosystemów transportowych rozpatrywanych na szczeblu regionów, krajów, a także Unii Europejskiej, co akcentują m.in. W. Rydzkowski, K. Wojewódzka-Król w pracy: *Transport. Aktualne problemy integracji z UE*, WN PWN, Warszawa 2006.

E_{WW1}^{STG} — transport morski (towarowy, osobowy, specjalistyczny);

E_{WW2}^{STG} — transport śródlądowy (towarowy, osobowy, specjalistyczny).

$$E_{WR}^{STG} = \{E_{WR1}^{STG}, E_{WR2}^{STG}, E_{WR3}^{STG}\}, \quad (30)$$

gdzie:

E_{WR}^{STG} — transport przesyłowy;

E_{WR1}^{STG} — transport energetyczny (instalacyjny);

E_{WR2}^{STG} — transport rurowy (rurociągi, naftociągi, gazociągi);

E_{WR3}^{STG} — transport taśmowy (rolkowy, taśmociągowy).

$$E_{WK}^{STG} = \{E_{WK1}^{STG}, E_{WK2}^{STG}, E_{WK3}^{STG}\}, \quad (31)$$

gdzie:

E_{WK}^{STG} — transport wielośrodowiskowy;

E_{WK1}^{STG} — transport kombinowany (łamany);

E_{WK2}^{STG} — transport modalny (wielogłęziowy);

E_{WK3}^{STG} — transport intermodalny (multimodalny).

Zgodnie z ogólną metodologią systemową rozpatrywany system transportowy (14) jako układ względnie odosobniony funkcjonuje w pewnym otoczeniu systemowym, obejmującym autonomiczne otoczenie wewnętrzne i interaktywne otoczenie zewnętrzne:

$$E_{ST} = \{E_W^{STO}, E_Z^{STO}\}, \quad (32)$$

gdzie:

E_W^{STO} — autonomiczne otoczenie wewnętrzne systemu S ;

E_Z^{STO} — interaktywne otoczenie zewnętrzne systemu S .

Zasadniczymi elementami otoczenia zewnętrznego modelowanego systemu transportowego E_Z^{STO} są przede wszystkim rynkowi klienci i kontrahenci oraz różne podmioty gospodarcze kooperujące, świadczące rozmaite usługi, a także pozyskiwane obiekty techniczne i pomocnicze technologie warunkujące sprawne i efektywne funkcjonowanie systemu transportowego, takie jak na przykład:

$$E_Z^{STO} = \{E_{Zi}^{STO}, i = \overline{1, I}\}, \quad (33)$$

gdzie:

E_{Z1}^{STO} — rynkowi klienci i odbiorcy świadczonych usług transportowych;

E_{Z2}^{STO} — zewnętrzne podmioty gospodarcze (kooperanci, podwykonawcy);

- E_{23}^{STO} — użytkowana, zewnętrzna sieć komunikacyjna (drogi, szlaki, porty);
 E_{24}^{STO} — wynajmowane lub dzierżawione środki i technologie transportowe;
 E_{25}^{STO} — zewnętrzne, techniczne usługi serwisowe (remonty, przeglądy, ekspertyzy);
 E_{26}^{STO} — zewnętrzne usługi biznesowe (konsultacje, ubezpieczenia, cła, kredyty);
 E_{27}^{STO} — zewnętrzna obsługa teleinformatyczna systemu transportowego.

Autonomiczną, wewnętrzną strukturę organizacyjno-funkcjonalną modelowanego systemu transportowego E_W^{STO} tworzą przede wszystkim organiczne podmioty gospodarcze, funkcjonujące w ramach badanej organizacji systemowej oraz towarzyszące im obiekty infrastrukturalne wraz z przypisaną technologią:

$$E_W^{STO} = \{E_{W_i}^{STO}, i = \overline{1, I}\}, \quad (34)$$

gdzie:

- E_{W1}^{STO} — wewnętrzne organa kierownicze i kontrolno-nadzorcze;
 E_{W2}^{STO} — podmioty gospodarcze tworzące badany system;
 E_{W3}^{STO} — wewnętrzne, pomocnicze firmy usługowe;
 E_{W4}^{STO} — wewnętrzna sieć komunikacyjna, np. zakładowa;
 E_{W5}^{STO} — własne środki i technologie transportowe;
 E_{W6}^{STO} — własne serwisy techniczne (remonty, przeglądy, ekspertyzy);
 E_{W7}^{STO} — własna baza techniczna, warsztatowa;
 E_{W8}^{STO} — wewnętrzne standardy i technologie teleinformatyczne.

Zgodnie z konceptualnym modelem logistycznego systemu rynkowego (LSR) strukturalnymi elementami otoczenia zewnętrznego modelowanego systemu transportowego są trzy pozostałe systemy makroekonomiczne i cztery systemy mikroekonomiczne¹²:

$$E_Z^{STO} = \{SM, SO, SI\} \cup \{SZ, SP, SD, SR\}, \quad (35)$$

¹² Klasyczny, systemowy podział logistyki na cztery makrosystemy infrastrukturalne i cztery mikrosystemy funkcjonalne jest powszechnie stosowany w zarządzaniu procesami logistycznymi na różnych szczeblach. Zob.: K. Ficoń, *Logistyka techniczna. Infrastruktura logistyczna*, BEL Studio, Warszawa 2009. Logistyczne mikrosystemy biznesowe **SZ**, **SP**, **SD** i **SR** zostały szczególnie omówione w pracy tegoż, *Logistyka ekonomiczna. Procesy logistyczne*, BEL Studio, Warszawa 2008.

gdzie:

SM — logistyczny system magazynowy;

SO — logistyczny system opakowań;

SI — logistyczny system informatyczny;

SZ — logistyczny system zaopatrzenia;

SP — logistyczny system produkcji;

SD — logistyczny system dystrybucji;

SR — logistyczny system redystrybucji.

System transportowy w strukturze systemu LSR pełni zasadnicze funkcje operacyjne, gdyż warunkuje przepływy fizyczne dóbr materialnych między wszystkimi uczestnikami prowadzonej działalności gospodarczej, zarówno w mikro-, jak i makroskali ekonomicznej.

RELACJE MODELU SYSTEMU TRANSPORTOWEGO

Zbiór relacji R_{ST} definiowany formalnie jako iloczyn kartezjański na zbiorze elementów $E_{ST} \times E_{ST}$ określa różnorodne powiązania i związki między poszczególnymi elementami składowymi systemu ST :

$$R_{ST} = \{R_i^{ST}; i = \overline{1, I_R}\} \subseteq E_{ST} \times E_{ST}, \quad (36)$$

gdzie:

R_i^{ST} — i-ty element relacji systemowych ST ;

I_R — liczność zbioru relacji systemowych $|R|$.

Generalnie w zbiorze relacji systemowych (36) można wyróżnić dwie zasadnicze kategorie relacji:

$$R_{ST} = \{R_Z^{ST}, R_W^{ST}\}, \quad (37)$$

gdzie:

R_Z^{ST} — interaktywne relacje zewnętrzne (rynkowe);

R_W^{ST} — operacyjne relacje wewnętrzne (operacyjne).

Zewnętrzne relacje systemowe R_Z^{ST} dotyczą związków i różnorodnych więzi, jakie istnieją między modelowanym systemem logistycznym a jego zewnętrznym otoczeniem rynkowym (systemowym). Formalnie zbiór zewnętrznych relacji systemowych zdefiniujemy jako iloczyn kartezjański dwóch zbiorów dziedzinowych:

$$R_Z^{ST} \subseteq E_W^{STO} \times E_Z^{STO} = \{R_Z^{ST}; i = \overline{1, J}\}. \quad (38)$$

Zbiór relacji zewnętrznych R_Z^{ST} może być analizowany w różnych przekrojach i kategoriach, zależnych od sposobu definiowania podzbiorów dziedzinowych E_W^{STO} i E_Z^{STO} oraz bieżących potrzeb badawczych. Przykładowo zbiór zewnętrznych relacji systemowych, charakteryzujących modelowany system transportowy, może być analizowany w szerokim kontekście funkcjonowania tego systemu w pewnym środowisku biznesowym zdefiniowanym za pomocą logistycznego systemu rynkowego (LSR) zawierającego, zgodnie z wyrażeniem (35), cztery systemy makroekonomiczne i cztery systemy mikroekonomiczne. Specyficzną klasę tych relacji subsystemowych możemy zapisać za pomocą następującego wyrażenia:

$$R_{ZSup}^{ST} \subseteq ST \times SX_i; i = \overline{1, 8}, \quad (39)$$

gdzie:

$R_{ZSup}^{ST/ST} \subseteq ST \times ST$ — mikrorelacje wewnętrzne, między elementami systemu;

$R_{ZSup}^{ST/SM} \subseteq ST \times SM$ — makrorelacje: system transportowy — system magazynowy;

$R_{ZSup}^{ST/SO} \subseteq ST \times SO$ — makrorelacje: system transportowy — system opakowaniowy;

$R_{ZSup}^{ST/SI} \subseteq ST \times SI$ — makrorelacje: system transportowy — system informatyczny;

$R_{ZSup}^{ST/SZ} \subseteq ST \times SZ$ — makrorelacje: system transportowy — system zaopatrzenia;

$R_{ZSup}^{ST/SP} \subseteq ST \times SP$ — makrorelacje: system transportowy — system produkcji;

$R_{ZSup}^{ST/SD} \subseteq ST \times SD$ — makrorelacje: system transportowy — system dystrybucji;

$R_{ZSup}^{ST/SR} \subseteq ST \times SR$ — makrorelacje: system transportowy — system redystrybucji.

W zbiorze relacji zewnętrznych wyróżniamy także ponadsystemowe związki i zależności łączące badany system transportowy z zewnętrznym otoczeniem biznesowym, w szczególności ze zbiorem różnorodnych kontrahentów i konkurentów rynkowych oraz nadrzędnymi systemami prawnonormatywnymi, dotyczącymi na przykład bezpieczeństwa, ekologii, konkurencyjności transportu.

$$R_{ZSup}^{ST} \subseteq ST \times PG_i; \quad i = \overline{1, I}, \quad (40)$$

gdzie:

$R_{ZSup}^{ST1} \subseteq ST \times PG_1$ — relacje biznesowe z klientami systemu transportowego;

$R_{ZSup}^{ST2} \subseteq ST \times PG_2$ — relacje biznesowe z kontrahentami i kooperantami;

$R_{ZSup}^{ST3} \subseteq ST \times PG_3$ — relacje biznesowe z sektorem bankowo-finansowym;

$R_{ZSup}^{ST4} \subseteq ST \times PG_4$ — relacje biznesowe z firmami konsultingowymi;

$R_{ZSup}^{ST5} \subseteq ST \times PG_5$ — relacje administracyjne z organami publicznymi;

$R_{ZSup}^{ST6} \subseteq ST \times PG_6$ — relacje administracyjne z jednostkami branżowymi.

Systemowe relacje zewnętrzne obrazują bardzo złożone, często wieloczołnowe związki i zależności funkcyjne, jakie występują między elementami otoczenia wewnętrznego i zewnętrznego modelowanego systemu transportowego.

W zbiorze operacyjnych relacji wewnętrznych R_W^{ST} dominują dwie kategorie relacji systemowych — niematerialne relacje informacyjno-decyzyjne i materialne relacje materiałowo-zasileniowe:

$$R_W^{ST} = \{R_W^{ST/ID}, R_W^{ST/MZ}\}, \quad (41)$$

gdzie:

$R_W^{ST/ID}$ — wewnętrzne, niematerialne relacje informacyjno-decyzyjne;

$R_W^{ST/MZ}$ — wewnętrzne, materialne relacje materiałowo-zasileniowe.

Relacje informacyjno-decyzyjne $R_W^{ST/ID} \subseteq R_W^{ST} \subseteq R^{ST}$ mają charakter strumieni niematerialnych i służą do kierowania i zarządzania fizycznymi procesami logistycznymi organizowanymi w strukturze badanego systemu transportowego. W praktyce biznesowej największe znaczenie ma podział relacji informacyjno-decyzyjnych według kryterium szczebla i hierarchii kierowania, które wyodrębnia trzy kategorie tych relacji:

$$R_W^{ST} = \{\downarrow R_W^{ST/ID}, \uparrow R_W^{ST/ID}, |R_W^{ST/ID}\}, \quad (42)$$

gdzie:

$\downarrow R_W^{ST/ID}$ — nadrzędne relacje kierowania (polecenia podwładny — przełożony);

$\uparrow R_W^{ST/ID}$ — podrzędne relacje kierowania (wykonawstwo, przełożony — podwładny);

$|R_W^{ST/ID}$ — współrzędne relacje kierowania (współdziałanie, kooperacja).

Hierarchiczne relacje nadrzędności / podrzędności $\downarrow R_W^{ST/ID} / \uparrow R_W^{ST/ID}$ wynikają ze służbowych zależności poszczególnych podmiotów, struktur czy osób i są naturalną konsekwencją obowiązujących struktur organizacyjno-funkcjonalnych, które na mocy prawa, na przykład gospodarczego, regulaminów i statutów wewnętrznych delegują odpowiednie prawa i obowiązki. Wewnętrzne, głównie poziome współdziałanie wszystkich jednostek i komórek organizacyjnych systemu transportowego, organizują przede wszystkim skalarne relacje współdziałania i kooperacji.

Zgodnie z podstawową zasadą racjonalnego gospodarowania wszystkie rodzaje relacji informacyjno-decyzyjnych służą wypracowaniu optymalnych decyzji logistycznych, maksymalizujących wykorzystanie dostępnego potencjału operacyjnego systemu transportowego:

$$\downarrow R_W^{ST/ID} \times \uparrow R_W^{ST/ID} \times |R_W^{ST/ID} \xrightarrow{\text{opty}} D_W^{ST}. \quad (43)$$

Sterownicze decyzje kierowania (43) realizują rynkowy cykl zarządzania operacyjnego, a w szczególności muszą wspomagać cztery klasyczne etapy zarządzania gospodarczego, a mianowicie:

$$D_W^{ST}: \quad PL^{ST} \ll OR^{ST} \ll ST^{ST} \ll KT^{ST}, \quad (44)$$

gdzie:

PL^{ST} — planowanie procesów transportowych;

OR^{ST} — organizowanie przepływów fizycznych;

ST^{ST} — stymulowanie działalności transportowej;

KT^{ST} — kontrolowanie sprawności i efektywności transportu.

Wewnątrzsystemowe, materialne relacje materiałowo-zasileniowe $R_W^{ST/MZ}$ polegają na realizowaniu zaplanowanych procesów i operacji transportowych zgodnie z ustalonymi kryteriami działania. W szczególności będą one dotyczyły takich relacji, jak:

$$R_W^{ST/MZ} = \{R_{W1}^{ST/ID}; \quad i = \overline{1, I}\}, \quad (45)$$

gdzie:

$R_{W1}^{ST/ID}$ — przydział środków transportowych do zleceń przewozowych;

$R_{W2}^{ST/ID}$ — przydział kontraktów przewozowych do tras transportowych;

$R_{W3}^{ST/ID}$ — wybór operacji załadowczo-wyładowczych;

- $R_{W4}^{ST/ID}$ — wykorzystanie pomocniczego sprzętu transportowego;
 $R_{W5}^{ST/ID}$ — serwisowanie i przeglądy techniczne środków transportowych;
 $R_{W6}^{ST/ID}$ — organizowanie frontów załadowczo-wyładowczych;
 $R_{W6}^{ST/ID}$ — koordynowanie uczestników łańcuchów transportowo-magazynowych.

ZASADY FUNKCJONOWANIA SYSTEMU TRANSPORTOWEGO

Sprawne funkcjonowanie systemu transportowego uwarunkowane jest spełnieniem szeregu zasad, norm i wymagań determinujących jego pożądaną efektywność w sensie relacji nakłady / efekty oraz w aspekcie konkurencyjności rynkowej. Ogół zasad można podzielić na dwie kategorie¹³:

$$V_{ST} = \{V_P^{ST}, V_B^{ST}, V_L^{ST}, V_S^{ST}\}, \quad (46)$$

gdzie:

- V_P^{ST} — prakseologiczne zasady sprawnego działania;
 V_B^{ST} — międzynarodowe zasady bezpieczeństwa transportu;
 V_L^{ST} — logistyczne zasady świadczenia usług transportowych;
 V_S^{ST} — rynkowe standardy spedycji międzynarodowej.

Podstawowe, prakseologiczne zasady sprawnego działania V_P^{ST} obejmują przykładowo tak kardynalne zalecenia jak:

$$V_P^{ST} = \{V_{Pi}^{ST}; \quad i = \overline{1, I}\}, \quad (47)$$

gdzie:

- V_{Pi}^{ST} — zasada racjonalnego gospodarowania;
 V_{Pi}^{ST} — zasada celowości działań;
 V_{Pi}^{ST} — zasada koncentracji wysiłku;
 V_{Pi}^{ST} — zasada ekonomiczności sił;
 V_{Pi}^{ST} — zasada prostoty działań;
 V_{Pi}^{ST} — zasada bezpieczeństwa.

¹³ Rynkowe standardy i zasady funkcjonowania makrosystemów transportowych w otwartej przestrzeni gospodarki globalnej, ze szczególnym zwróceniem uwagi na wymagania spedycji międzynarodowej, przedstawia J. Neider w: *Transport międzynarodowy*, PWE, Warszawa 2008.

Międzynarodowe zasady bezpieczeństwa transportu V_B^{ST} to przede wszystkim uniwersalne wymagania kodeksu ruchu drogowego, kolejowego, lotniczego, morskiego czy śródlądowego oraz specjalistyczne normy i przepisy ruchu w poszczególnych gałęziach transportowych, na przykład dotyczące bezpieczeństwa transportu, szlaków komunikacyjnych oraz ładunków:

$$V_B^{ST} = \{V_{BK}^{ST}; V_{BS}^{ST}\}, \quad (48)$$

gdzie:

V_{BK}^{ST} — międzynarodowe, gałęziowe kodeksy i przepisy transportowe;

V_{BS}^{ST} — gałęziowe normy i wymagania w zakresie bezpieczeństwa transportu.

Wszystkie gałęzie transportowe dysponują uniwersalnymi, międzynarodowymi kodeksami i przepisami ruchu $V_{BK_i}^{ST}$, których status obowiązywania jest dziś powszechny:

$$V_{BK}^{ST} = \{V_{BK_i}^{ST}; \quad i = \overline{1, I}\}, \quad (49)$$

gdzie:

$V_{BK_1}^{ST}$ — międzynarodowe zasady i przepisy kodeksu ruchu drogowego;

$V_{BK_2}^{ST}$ — międzynarodowe zasady i przepisy ruchu kolejowego;

$V_{BK_3}^{ST}$ — międzynarodowe zasady i przepisy ruchu lotniczego;

$V_{BK_4}^{ST}$ — międzynarodowe zasady i przepisy kodeksu ruchu morskiego;

$V_{BK_5}^{ST}$ — międzynarodowe zasady i przepisy ruchu śródlądowego.

Każda gałąź współczesnego transportu wypracowała własne, specjalistyczne wymagania i przepisy $V_{BS_i}^{ST}$ gwarantujące maksymalne bezpieczeństwo ruchu środków transportowych, przemieszczanych towarów, na przykład ładunków niebezpiecznych i nietypowych, oraz bezpieczeństwo szlaków i portów komunikacyjnych. W ogólności dotyczą one norm techniczno-eksploatacyjnych, wymagań środowiskowych, standardów ekologicznych oraz branżowych normatywów narzucanych na przykład przez sektory gospodarcze, towarzystwa ubezpieczeniowe:

$$V_{BS}^{ST} = \{V_{BS_i}^{ST}; \quad i = \overline{1, I}\}, \quad (50)$$

gdzie:

$V_{BS_1}^{ST}$ — gałęziowe normy techniczno-eksploatacyjne w ruchu drogowym;

$V_{BS_1}^{ST}$ — gałęziowe normy techniczno-eksploatacyjne w ruchu kolejowym;

- V_{BS1}^{ST} — gałęziowe normy techniczno-eksploatacyjne w ruchu lotniczym;
 V_{BS1}^{ST} — gałęziowe normy techniczno-eksploatacyjne w ruchu morskim;
 V_{BS1}^{ST} — gałęziowe normy techniczno-eksploatacyjne w ruchu śródlądowym.

Logistyczne zasady świadczenia usług transportowych (51) muszą spełniać pewne rynkowe i organizacyjno-techniczne wymagania narzucane przez obowiązujące standardy i wymagania konkurencyjne. Przykładowo zbiór wymagań i standardów rynkowych V_{Li}^{ST} narzucanych na systemy transportowe dotyczy takich kwestii jak:

$$V_L^{ST} = \{V_{Li}^{ST}; \quad i = \overline{1,7}\}, \quad (51)$$

gdzie:

- V_{L1}^{ST} — terminowość i punktualność usług transportowych;
 V_{L2}^{ST} — dokładność przestrzenna usług i dostaw transportowych;
 V_{L3}^{ST} — wysoka jakość i bezpieczeństwo dostaw rynkowych;
 V_{L4}^{ST} — ubezpieczenie przesyłki i towaru podczas transportu;
 V_{L5}^{ST} — konkurencyjna cena usług transportowych;
 V_{L6}^{ST} — możliwość spełnienia dodatkowych wymagań klienta;
 V_{L7}^{ST} — świadczenie dodatkowych usług przeładunkowych;
 V_{L11}^{ST} — wykorzystanie specjalistycznego sprzętu i środków transportowych;
 V_{L12}^{ST} — optymalizacja tras transportowych;
 V_{L13}^{ST} — minimalizacja pustych przebiegów;
 V_{L13}^{ST} — optymalizacja wykorzystania powierzchni ładunkowych.

Współczesne systemy transportu międzynarodowego funkcjonują z reguły w standardach spedycji międzynarodowej V_S^{ST} jako wysoce sprawne i profesjonalnie zorganizowane strumienie dostaw rynkowych, które oparte są między innymi na następujących zasadach spedycyjnych:

$$V_S^{ST} = \{V_{Si}^{ST}; \quad i = \overline{1,7}\}, \quad (52)$$

gdzie:

- V_{S1}^{ST} — prawna odpowiedzialność jednego podmiotu — spedytora;
 V_{S2}^{ST} — możliwość negocjowania kontraktu spedycyjnego;
 V_{S3}^{ST} — możliwość skorzystania z doradztwa i konsultingu;

- V_{S4}^{ST} — kompleksowa obsługa całej transakcji rynkowej;
- V_{S5}^{ST} — wykorzystanie jednego dokumentu spedycyjnego;
- V_{S6}^{ST} — ubezpieczenie towaru i przesyłki podczas usługi spedycyjnej;
- V_{S7}^{ST} — bieżące monitorowanie statusu i bezpieczeństwa przesyłki;
- V_{S8}^{ST} — możliwość wykorzystania transportu modalnego (intermodalnego);
- V_{S9}^{ST} — odpowiedzialność spedytora za operacje przeładunkowe i magazynowe.

PROBLEMY DECYZYJNE MAKROSYSTEMU TRANSPORTOWEGO

Ostatecznym celem etapu identyfikacji jest specyfikacja podstawowych problemów decyzyjnych, jakie muszą być rozwiązane, w tym przypadku przez organa kierownicze, służby dyspozytorskie i poszczególne podmioty decydenckie w trakcie planowania, organizowania, stymulowania i kontrolowania poszczególnych przedsięwzięć transportowych. Ogół problemów decyzyjnych podejmowanych i rozwiązywanych w makrosystemie transportowym D^{ST} można podzielić na dwie główne grupy:

$$D^{ST} = \{D_O^{ST}, D_N^{ST}\}, \quad (53)$$

gdzie:

- D_O^{ST} — decyzje operacyjne podejmowane w zakresie działalności transportowej;
- D_N^{ST} — decyzje inwestycyjne związane z konkurencyjnością rynkową sektora i rozwojem usług transportowych.

Decyzje operacyjne związane są ze świadczeniem usług transportowych na rzecz wszystkich podmiotów i kontrahentów deklarujących określoną potrzebę transportową. W dobie gospodarki globalnej makrosystem transportowy funkcjonuje w wymiarze lokalnym, regionalnym, a także w wymiarze międzynarodowym i światowym. Stąd skalę i zakres decyzji operacyjnych można podzielić na decyzje mikroekonomiczne (wewnątrzsystemowe) i makroekonomiczne (ponadsystemowe).

$$D_O^{ST} = \{D_{OA}^{ST}, D_{OI}^{ST}\}, \quad (54)$$

gdzie:

- D_{OA}^{ST} — makroekonomiczne decyzje operacyjne systemu transportowego;
- D_{OI}^{ST} — mikroekonomiczne decyzje operacyjne systemu transportowego.

Makroekonomiczne decyzje transportowe D_{OA}^{ST} wiążą się z realizacją i rozwiązywaniem takich problemów jak¹⁴:

$$D_{OA}^{ST} = \{D_{OAi}^{ST}; i = \overline{1, T}\}, \quad (55)$$

gdzie:

- D_{OA1}^{ST} — ocena atrakcyjności rynkowej oferty transportowej;
- D_{OA2}^{ST} — strategia marketingu i promocji usług transportowych;
- D_{OA3}^{ST} — analiza i ocena konkurencyjności usług transportowych;
- D_{OA4}^{ST} — outsourcing niektórych specjalistycznych usług transportowych;
- D_{OA5}^{ST} — rozwijanie oferowanych produktów i usług transportowych;
- D_{OA6}^{ST} — sprawne współdziałanie z kooperantami i podwykonawcami;
- D_{OA7}^{ST} — wykorzystanie nowoczesnych technologii transportowych;
- D_{OA8}^{ST} — promocja oferty transportowej za pomocą e-marketingu.

Najbardziej popularne decyzje mikroekonomiczne podejmowane w sektorze transportowym D_{OI}^{ST} dotyczą takich spraw jak¹⁵:

$$D_{OI}^{ST} = \{D_{OIt}^{ST}; t = \overline{1, T}\}, \quad (56)$$

gdzie:

- D_{OI1}^{ST} — kalkulacja rentowności i zyskowności działalności gospodarczej;
- D_{OI2}^{ST} — minimalizacja kosztów działalności transportowej;
- D_{OI3}^{ST} — pozyskiwanie klientów i zleceń transportowych (sprzedaż usług);
- D_{OI4}^{ST} — maksymalizacja transportowych standardów obsługi klienta;
- D_{OI5}^{ST} — optymalne wykorzystanie potencjału transportowego;
- D_{OI6}^{ST} — optymalizacja przestrzenna tras transportowych;
- D_{OI7}^{ST} — optymalne wykorzystanie środków transportowych;
- D_{OI8}^{ST} — doskonalenie jakości świadczonych usług transportowych;
- D_{OI9}^{ST} — kompleksowa obsługa klienta w aspekcie jego potrzeb transportowych;
- D_{OI9}^{ST} — funkcjonalny przydział środków transportowych do zadań operacyjnych.

¹⁴ Makroekonomiczne, strategiczne problemy decyzyjne systemów transportowych zostały rozpatrzone w pracy *Ekonomika transportu*, red. J. Burnewicz, UG, Gdańsk 1993.

¹⁵ Mikroekonomiczne, biznesowe ujęcie podstawowych decyzji w sferze transportu omawia przykładowo Z. Korzeń, *Logistyka w transporcie towarów*, PW, Wrocław 1998.

Konkurencyjność rynkowa systemu transportowego zależy w najwyższym stopniu od jego nowoczesności, wyposażenia technicznego i oferowanych standardów obsługi klienta. Duży udział w kształtowaniu tej konkurencyjności odgrywają plany rozwojowe i programy inwestycyjne D_N^{ST} podnoszące rynkową atrakcyjność świadczonych usług transportowych, dotyczące takich spraw jak na przykład:

$$D_N^{ST} = \{D_{Ni}^{ST}; i = \overline{1, I}\}, \quad (57)$$

gdzie:

D_{N1}^{ST} — rozwój i wdrażanie nowoczesnych technologii transportowych;

D_{N2}^{ST} — wdrażanie zaawansowanych rozwiązań teleinformatycznych;

D_{N3}^{ST} — modernizacja i zakup nowych środków i urządzeń transportowych;

D_{N4}^{ST} — prowadzenie planowanych serwisów i przeglądów technicznych;

D_{N5}^{ST} — zdobywanie atrakcyjnych certyfikatów branżowych;

D_{N6}^{ST} — pozyskiwanie nowych klientów i zleceniodawców;

D_{N7}^{ST} — pozyskiwanie atrakcyjnych kooperantów i podwykonawców;

D_{N8}^{ST} — bieżące szkolenie personelu, zwłaszcza obsług środków transportowych;

D_{N9}^{ST} — kształtowanie odpowiedniej struktury funkcjonalnej floty transportowej.

Programy inwestycyjne \mathcal{P}^{ST} muszą być skorelowane z prognozami kształtowania potrzeb transportowych, możliwościami finansowymi sektora transportowego oraz innymi czynnikami, takimi jak:

$$\mathcal{P}^{ST} = f(S\mathcal{S}^{ST}, \mathcal{P}_i^{ST}; i = \overline{1, I}), \quad (58)$$

gdzie:

$S\mathcal{S}^{ST}$ — wymagane środki i nakłady finansowe na programy inwestycyjne;

\mathcal{P}_1^{ST} — prognozy rozwoju potrzeb transportowych;

\mathcal{P}_2^{ST} — kondycja i możliwości finansowe sektora transportowego;

\mathcal{P}_3^{ST} — prognozy rozwoju nowych technologii transportowych;

\mathcal{P}_4^{ST} — trendy modernizacyjne transportowych standardów obsługi klienta;

\mathcal{P}_5^{ST} — nowe wymagania w zakresie bezpieczeństwa i ochrony środowiska;

\mathcal{P}_6^{ST} — perspektywiczne trendy struktury floty transportowej.

Do realizacji planów i programów inwestycyjnych P^{ST} niezbędne są odpowiednie środki finansowe, których zasadniczym źródłem powinien być dodatni wynik ekonomiczny działalności biznesowej sektora transportowego. Środki na finansowanie niektórych inwestycji w sektorze transportowym mogą pochodzić także ze źródeł obcych, na przykład kredyty bankowe, leasingi rynkowe, fundusze celowe, ale należy ich spłatę w kalkulować w bieżące analizy ekonomiczne sektora transportowego.

Decyzje podejmowane w systemie transportowym mogą być rozpatrywane także według rangi i znaczenia dla konkurencyjności i efektywności jego funkcjonowania i rozwoju. Według kryterium ważności i rangi decyzje dzielą się na strategiczne, taktyczne i operacyjne:

$$D^{ST} = \{D_{Sf}^{ST} \equiv D_N^{ST}, D_{Tk}^{ST} \equiv D_{OA}^{ST}, D_{Tk}^{ST} \equiv D_{Of}^{ST}\}, \quad (59)$$

gdzie:

D_{Sf}^{ST} — decyzje o znaczeniu strategicznym dla systemu transportowego;

D_{Tk}^{ST} — decyzje o znaczeniu taktycznym dla systemu transportowego;

D_{Tk}^{ST} — decyzje o znaczeniu operacyjnym dla systemu transportowego.

Podejmowane decyzje strategiczne $D_{Sf}^{ST} \equiv D_N^{ST}$ dotyczą przede wszystkim planowanych inwestycji oraz istotnych modernizacji i głównych kierunków rozwoju modelowanego systemu transportowego. Decyzje taktyczne $D_{Tk}^{ST} \equiv D_{OA}^{ST}$ można odnosić do istoty decyzji operacyjnych podejmowanych w zewnętrznym wymiarze makroekonomicznym. Decyzje operacyjne $D_{Tk}^{ST} \equiv D_{Of}^{ST}$ wiążą się z bieżącym kierowaniem systemem transportowym, głównie w skali mikroekonomicznej¹⁶.

Oddzielną kategorią strategicznych decyzji logistycznych w sektorze transportowym są decyzje makroekonomiczne dotyczące bieżącej eksploatacji i utrzymania oraz perspektywicznych kierunków modernizacji i rozwoju sieci i szlaków komunikacyjnych w określonym regionie, kraju czy wspólnocie, na przykład w Unii Europejskiej. W tym sensie podejmowane są decyzje na odpowiednich szczeblach decyzyjnych, chociażby zgodnych z podziałem administracyjnym kraju. Generalnie dotyczą one złożonych problemów utrzymania i rozbudowy gałęziowej infrastruktury transportowej, będącej w gestii odpowiednich organów władzy — centralnej, terenowej, samorządowej, lokalnej itp. Strategiczne problemy utrzymania i modernizacji

¹⁶ Strategiczne znaczenie transportu w strukturze współczesnej logistyki rynkowej zostało podkreślone w pracy: C. Bozarth, R. B. Handfield, *Wprowadzenie do zarządzania operacjami i łańcuchem dostaw*, One Press Helion, Gliwice 2007, s. 432.

oraz rozbudowy elementów liniowych i punktowych sieci komunikacyjnej rozwiązywane są najczęściej w wielowymiarowej strukturze decyzyjnej. Podstawowym kryterium odniesienia jest z reguły kryterium gałęziowego podziału transportu, które jest przykładowo rozpatrywane na odpowiednich szczeblach podziału administracyjnego rejonu, kraju czy Unii Europejskiej. Według tych zasad możemy wyróżnić strategiczne, wielokryterialne problemy decyzyjne dotyczące odpowiednio gałęziowej infrastruktury transportowej:

$$D_G^{ST} = \{D_{TD}^{ST}, D_{TK}^{ST}, D_{TM}^{ST}, D_{TS}^{ST}, D_{TL}^{ST}, D_{TP}^{ST}\}, \quad (60)$$

gdzie:

D_{TD}^{ST} — decyzje w zakresie infrastruktury sieciowej transportu drogowego;

D_{TK}^{ST} — decyzje w zakresie infrastruktury sieciowej transportu kolejowego;

D_{TM}^{ST} — decyzje w zakresie infrastruktury sieciowej transportu morskiego;

D_{TS}^{ST} — decyzje w zakresie infrastruktury sieciowej transportu śródlądowego;

D_{TL}^{ST} — decyzje w zakresie infrastruktury sieciowej transportu lotniczego;

D_{TP}^{ST} — decyzje w zakresie infrastruktury sieciowej transportu przesyłowego.

Praktycznie wszystkie gałęziowe problemy decyzyjne rozwiązywane są według kryterium podziału administracyjnego i kompetencji odpowiednich władz centralnych i organów samorządowych, terenowych, a nawet dużych organizacji gospodarczych, co implikuje następujące kategorie decyzji strategicznych:

$$D_{TD}^{ST} = \{D_{TDi}^{ST}; \quad i = \overline{1, I}\}, \quad (61)$$

gdzie:

D_{TD1}^{ST} — decyzje władz centralnych w zakresie rozwoju infrastruktury drogowej;

D_{TD2}^{ST} — decyzje władz wojewódzkich w zakresie rozwoju infrastruktury drogowej;

D_{TD3}^{ST} — decyzje władz powiatowych w zakresie rozwoju infrastruktury drogowej;

D_{TD4}^{ST} — decyzje władz gminnych w zakresie rozwoju infrastruktury drogowej;

D_{TD5}^{ST} — decyzje podmiotów gospodarczych w zakresie infrastruktury drogowej.

$$D_{TK}^{ST} = \{D_{TKi}^{ST}; \quad i = \overline{1, I}\}, \quad (62)$$

gdzie:

D_{TK1}^{ST} — decyzje władz centralnych w zakresie rozwoju infrastruktury kolejowej;

D_{TK2}^{ST} — decyzje władz wojewódzkich w zakresie rozwoju infrastruktury kolejowej;

D_{TK3}^{ST} — decyzje władz powiatowych w zakresie rozwoju infrastruktury kolejowej;

D_{TK4}^{ST} — decyzje władz gminnych w zakresie rozwoju infrastruktury kolejowej;

D_{TK5}^{ST} — decyzje podmiotów gospodarczych w zakresie infrastruktury kolejowej.

$$D_{TD}^{ST} = \{D_{TMi}^{ST}; \quad i = \overline{1, T}\}, \quad (63)$$

gdzie:

D_{TM1}^{ST} — decyzje władz centralnych w zakresie rozwoju infrastruktury morskiej;

D_{TM2}^{ST} — decyzje władz wojewódzkich w zakresie rozwoju infrastruktury portowej;

D_{TM3}^{ST} — decyzje władz powiatowych w zakresie rozwoju infrastruktury portowej;

D_{TM4}^{ST} — decyzje władz gminnych w zakresie rozwoju infrastruktury portowej;

D_{TM5}^{ST} — decyzje podmiotów gospodarczych w zakresie infrastruktury portowej.

$$D_{TS}^{ST} = \{D_{TSi}^{ST}; \quad i = \overline{1, T}\}, \quad (64)$$

gdzie:

D_{TS1}^{ST} — decyzje władz centralnych w zakresie rozwoju infrastruktury śródlądowej;

D_{TS2}^{ST} — decyzje władz wojewódzkich w zakresie rozwoju infrastruktury śródlądowej;

D_{TS3}^{ST} — decyzje władz powiatowych w zakresie rozwoju infrastruktury śródlądowej;

D_{TS4}^{ST} — decyzje władz gminnych w zakresie rozwoju infrastruktury śródlądowej;

D_{TS5}^{ST} — decyzje podmiotów gospodarczych w zakresie infrastruktury śródlądowej,

$$D_{TL}^{ST} = \{D_{TLi}^{ST}; \quad i = \overline{1, T}\}, \quad (65)$$

gdzie:

D_{TL1}^{ST} — decyzje władz centralnych w zakresie rozwoju infrastruktury lotniczej;

D_{TL2}^{ST} — decyzje władz wojewódzkich w zakresie rozwoju infrastruktury lotniczej;

D_{TL3}^{ST} — decyzje władz powiatowych w zakresie rozwoju infrastruktury lotniskowej;

D_{TL4}^{ST} — decyzje władz gminnych w zakresie rozwoju infrastruktury lotniskowej;

D_{TL5}^{ST} — decyzje podmiotów gospodarczych w zakresie infrastruktury lotniskowej,

$$D_{TP}^{ST} = \{D_{TPi}^{ST}; \quad i = \overline{1, T}\}, \quad (66)$$

gdzie:

D_{TP1}^{ST} — decyzje władz centralnych w zakresie rozwoju infrastruktury przesyłowej;

D_{TP2}^{ST} — decyzje władz wojewódzkich w zakresie rozwoju infrastruktury przesyłowej;

- D_{TP3}^{ST} — decyzje władz powiatowych w zakresie rozwoju infrastruktury przesyłowej;
 D_{TP4}^{ST} — decyzje władz gminnych w zakresie rozwoju infrastruktury przesyłowej;
 D_{TP5}^{ST} — decyzje podmiotów gospodarczych w zakresie infrastruktury przesyłowej.

Szczególnym obszarem kształtowania dalekosiężnych strategii rozwoju transportu jest polityka transportowa Unii Europejskiej. Polega ona głównie na stymulowaniu koncepcji zintegrowanych, multimodalnych, głównie drogowo-kolejowych, ponadgranicznych Paneuropejskich Korytarzy Komunikacyjnych. Na ogólną liczbę dwunastu aż cztery biegną przez terytorium Polski¹⁷:

$$D_{UE}^{ST} = \{ D_{UEi}^{ST}; \quad i = \overline{1,12} \}, \quad (67)$$

gdzie:

- D_{UE1}^{ST} — decyzje i projekty UE dotyczące budowy I Korytarza Komunikacyjnego (Warszawa — Kowno — Ryga — Tallin — Helsinki, oś autostrady Via Baltica);
 D_{UE2}^{ST} — decyzje i projekty UE dotyczące budowy II Korytarza Komunikacyjnego (Berlin, Warszawa, Mińsk, Moskwa, oś autostrady A-2);
 D_{UE3}^{ST} — decyzje i projekty UE dotyczące budowy III Korytarza Komunikacyjnego (Drezno — Wrocław — Katowice — Lwów — Kijów, oś autostrady A-4);
 D_{UE4}^{ST} — decyzje i projekty UE dotyczące budowy VI Korytarza Komunikacyjnego (Sztokholm — Gdańsk — Łódź — Katowice — Ostrawa — Budapeszt, oś A-1).

Repertuar podstawowych problemów decyzyjnych rozwiązywanych przez jednostki i organy decydenckie makrosystemu transportowego — na różnych, także międzynarodowych szczeblach — jest znacznie bogatszy od zaprezentowanych topologii i zbiorów modelowych, jednak ich pełna specyfikacja na poziomie modelowej ogólności jest mało celowa i dlatego musi być sensownie ograniczona do pewnego zbioru reprezentacyjnego.

Zgodnie z wyrażeniem (14) specyfikacja podstawowych problemów decyzyjnych, które docelowo powinny być rozwiązywane optymalnie, kończy budowę modelu identyfikacyjnego makrosystemu transportowego z wykorzystaniem analitycznych metod i narzędzi badawczych. Kompleksowa i sformalizowana analiza identyfikacyjna otwiera kolejny etap badań systemowych, polegający na próbie optymalizacji tak sformalizowanego makrosystemu transportowego.

¹⁷ Paneuropejskim korytarzom transportowym poświęcona jest praca: K. Ficoń, *Korytarze transportowe Unii Europejskiej*, „Przegląd Logistyczny” 2010, nr 1.

PODSUMOWANIE

Zasadniczym celem przeprowadzonej analizy identyfikacyjnej było opisowe (jakościowe) zobrazowanie podstawowych procesów fizycznych (logistycznych) i zjawisk ekonomicznych zachodzących w modelowanym makrosystemie transportowym, stanowiącym główny komponent w zbiorze wielkich systemów logistycznych. Makrosystem transportowy, obok systemów magazynowych, opakowaniowych i informatycznych jest dominującym elementem w strukturze globalnych systemów społeczno-techniczno-logistycznych warunkujących fizyczną realizowalność procesów biznesowych we współczesnej gospodarce rynkowej. Model identyfikacyjny został zbudowany w celu kompleksowego uchwycenia wszystkich zasadniczych elementów składowych i relacji organizacyjno-funkcjonalnych, jakie występują w badanym makrosystemie, ze szczególnym uwzględnieniem wymagań i standardów logistyki rynkowej. Zgodnie z zasadami analizy systemowej makrosystem transportowy został zdekomponowany na statyczne elementy strukturalno-funkcjonalne i dynamiczne procesy logistyczno-transportowe. Dominującym sposobem opisu były analizy jakościowe oparte na elementach algebry zbiorów i topologii matematycznej.

Zastosowana konwencja badania złożonych makrosystemów transportowych za pomocą modelowania strukturalno-topologicznego okazała się w pełni przydatna do formalnych analiz wielkich systemów logistycznych. Zaproponowane w pracy sformalizowane sposoby i metody prowadzenia analizy identyfikacyjnej, przy założeniu pewnej modelowej ich szczegółowości, okazały się przydatne do badania wielkich systemów techniczno-gospodarczych, jakim jest makrosystem transportowy. Podobna metodyka może być zastosowana do badania innych wielkich systemów społeczno-ekonomicznych czy techniczno-organizacyjnych, których działania zamierzamy optymalizować w sensie przyjętego ilościowego kryterium ocenowego.

Przeprowadzone analizy logiczno-strukturalne i zaproponowane opisy formalne stanowiąc będą podstawę do podjęcia próby zbudowania modelu optymalizacyjnego, który może być wykorzystany praktycznie w procesach informacyjno-decyzyjnych na etapie racjonalnego sterowania makrosystemem transportowym. Docelowa, modelowa koncepcja optymalnego sterowania makrosystemem transportowym wyrażona w kategoriach ilościowych zostanie przedstawiona w kolejnym numerze „Zeszytów Naukowych” AMW.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Bozarth C., Handfield R. B., *Wprowadzenie do zarządzania operacjami i łańcuchem dostaw*, One Press Helion, Gliwice 2007.
- [2] Bubnicki Z., Hryniewicz O., Węglarz J., *Badania operacyjne i systemowe. Zastosowania*, EXIT, Warszawa 2004.
- [3] *Ekonomika transportu*, red. J. Burnewicz, UG, Gdańsk 1993.
- [4] Ficoń K., *Badania operacyjne stosowane. Modele i aplikacje*, BEL Studio, Warszawa 2005.
- [5] Ficoń K., *Korytarze transportowe Unii Europejskiej*, „Przegląd Logistyczny”, 2010, nr 1.
- [6] Ficoń K., *Logistyka ekonomiczna. Procesy logistyczne*, BEL Studio, Warszawa 2008.
- [7] Ficoń K., *Logistyka techniczna. Infrastruktura logistyczna*, BEL Studio, Warszawa 2009.
- [8] Gronowski F., *Problemy transportu i logistyki*, WNUS, Szczecin 2007.
- [9] Gutenban J., *Matematyczne modelowanie systemów*, EXIT, Warszawa 2003.
- [10] Konieczny J., *Inżynieria systemów działania*, WNT, Warszawa 1983.
- [11] Korzeń Z., *Logistyka w transporcie towarów*, PW, Wrocław 1998.
- [12] Kubicki J., Kuriata A., *Problemy logistyczne w modelowaniu systemów transportowych*, WKiŁ, Warszawa 2000.
- [13] Kulikowski R., *Analiza systemowa i jej zastosowania*, PWN, Warszawa 1977.
- [14] Lange O., *Optymalne decyzje. Zasady programowania*, PWN, Warszawa 1967.
- [15] Mindur L., *Transport w systemach logistycznych*, [w:] *Technologie transportowe XXI wieku*, ITeE PIB, Warszawa — Radom 2008.
- [16] Neider J., *Transport międzynarodowy*, PWE, Warszawa 2008.
- [17] Paprocki W., *Koncepcja logistyczna w transporcie*, SGPiS, Warszawa 1989.
- [18] Rydzkowski W., Wojewódzka-Król K., *Transport. Aktualne problemy integracji z UE*, WN PWN, Warszawa 2006.
- [19] Sienkiewicz P., *Analiza systemowa. Podstawy i zastosowania*, Wydawnictwo Bellona, Warszawa 1994.
- [20] Tarkowski J., Irestahl B., Lumsden K., *Transport — Logistyka*, ILiM, Poznań 1995.

IDENTIFICATION ANALYSIS OF TRANSPORT LOGISTIC MACROSYSTEMS

ABSTRACT

The paper presents an original concept of a large transport macro-system modeling, which was investigated with logistic criteria. In accordance with the system analysis the process of modeling was divided in two stages: identification-oriented modeling (qualitative one) as well as optimization-oriented modeling (quantitative one). The result of the identification-oriented analysis should be working out a formalized model describing a transport macro system in the way useful in quantitative research work at the stage of optimization of its operation. To this end, the following elements were distinguished in the transport macro-system: aim, domain, counter domain, principles, rules as well as basic decision-related problems, which will be tested in the second research stage (optimization regarding fixed logistic criteria). The description of the macro transport system was done with regard the contemporary market logistics, whose main mission is to minimize the costs and simultaneously to maximize the fulfilment of customer market service standards.

Keywords:

system, model, domain, counter domain, relationship, processes, principles, continuum, potential, quality indicator, decision making problems.

Recenzent prof. dr hab. Franciszek Grabski