ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2005
Seria: ORGANIZACJA I ZARZĄDZANIE z. 27 Nr kol.1681

Piotr PIORUNKIEWICZ
Politechnika Śląska, Wydział Organizacji i Zarządzania
Katedra Zarządzania Przedsiębiorstwem i Organizacji Produkcji

OBSZARY OPTYMALIZACJI LOGISTYCZNYCH SYSTEMÓW TRANSPORTOWYCH

Streszczenie. Tematem przewodnim opracowania są zagadnienia dotyczące problematyki optymalizacji zadań transportowych w systemach logistycznych przedsiębiorstw produkcyjnych. W artykule opisano ogólny model systemu logistycznego. Scharakteryzowano możliwe obszary optymalizacji systemów logistycznych.

THE AREA OF OPTIMIZATION OF LOGISTICS TRANSPORT SYSTEMS

Summary. The main objects of this article are problems of optimization transportation tasks in logistics systems. This paper describes a model of logistic system.

1. Wstęp

Transport jest jednym z elementów infrastruktury społeczno-gospodarczej, która obejmuje poza transportem łączność, energetykę, gospodarkę wodną oraz naukę, oświatę, opiekę zdrowotną, kulturę i rekreację [5]. Podstawowym zadaniem całej tej infrastruktury jest zapewnienie elementarnych warunków rozwoju systemu społeczno-gospodarczego [2]. Infrastruktura poprzez podstawowe środki techniczne ma służyć mobilności ludzi, oraz umożliwiać sprawny i ekonomicznie efektywny przebieg funkcji logistyki, a w szczególności przepływ materii i energii oraz dyfuzji informacji [9] w ramach systemu logistycznego. Transport w tym przypadku odgrywa bardzo istotną rolę, a infrastruktura transportowa oddziałuje na gospodarkę i społeczeństwo, stwarzając właśnie odpowiednie do tego przepływu warunki [1].

2. Pojęcie systemu

W literaturze przedmiotu z zakresu badań systemowych trudno doszukać się jednoznacznej definicji pojęcia system [8,11]. Twórca podstaw ogólnej teorii systemów przyjął kilka własności formalnych, którymi powinien się charakteryzować poprawnie opisany system [14]:

- **całościowość** – zmiana dowolnego elementu systemu ma wpływ na wszystkie pozostałe elementy systemu i powoduje zmianę całego systemu i na odwrót, zmiana dowolnego elementu zależy od wszystkich pozostałych elementów systemu,
- **addytywność** – zmiana dowolnego elementu systemu zależy tylko od niego samego, zmiana całego systemu jest sumą zmian jego niezależnych od siebie elementów (oddziaływanie wzajemne jest w tym przypadku równe 0),
- **mechanizacja** – proces przechodzenia systemu ze stanu zintegrowania do stanu addytywności. Przy tym współczynniki oddziaływania wzajemnego każdego poszczególnego elementu systemu zmieniają się i przy $t \to \infty$ dążą do zera,
- **centralizacja** – proces zwiększania się współczynników oddziaływania wzajemnego w pewnej części lub w poszczególnym elemencie systemu. W rezultacie nieznaczne zmiany tej części powodują istotne zmiany całego systemu,
- **organizacja hierarchiczna systemu** – poszczególne elementy systemu rzędu niższego i (albo) rozważany system postępują jako element rzędu wyższego.

Posłużyły one do zdefiniowania pojęcia systemu jako zbioru elementów pozostających we wzajemnych relacjach. Wzajemne relacje oznaczają, że między elementami **p** zachodzą relacje **R**, tak że zachowanie elementu **p** w relacji **R** jest różne od jego zachowania w innej relacji **R**, jeśli zachowanie w relacjach **R** i **R** nie są różne, to nie ma interakcji, a elementy zachowują się niezależnie względem relacji **R** i **R**.

Z kolei Sienkiewicz [5] przedstawia istotę pojęcia system jako złożony obiekt wyróżniony z badanej rzeczywistości, stanowiący całość tworzoną przez zbiór obiektów elementarnych (elementów) i powiązań (relacji) pomiędzy nimi. W tym przypadku klasyfikowanie pojęcia system powinno podlegać pewnym regułom:

- **ścisłości** – system powinien być ściśle określony, aby dokładnie było wiadomo, jakie elementy przynależą do niego, a jakie do jego otoczenia,
- **niezmienności** – w trakcie badań systemowych system nie powinien ulegać zmianie, bowiem niedopuszczalne jest, aby pewne elementy systemu były traktowane jako część systemu, natomiast niekiedy jako element otoczenia systemu,
- **zupełności** – podział systemu na podsystemy powinien być zupełny, bowiem system nie może zawierać elementów nie należących do żadnego z jego podsystemów,

- **rozłączności** – podział systemu na podsystemy powinien być rozłączny, bowiem system nie może zawierać elementów należących do kilku podsystemów jednocześnie.

W ujęciu morfologicznym, z punktu widzenia wielkości systemów można powiedzieć, że wyróżniamy [12]:

- **systemy małe** – w swej strukturze składające się z obiektów elementarnych, wśród których nie istnieje żaden obiekt, który może być traktowany jako system,
- **systemy średnie** – składają się z obiektów, wśród których przynajmniej jeden obiekt może być traktowany jako system mały,
- **systemy wielkie** – które w swej strukturze mają wszystkie obiekty składowe co najmniej będące systemami małymi.

Ze względu na złożoność wyróżniamy systemy proste i złożone. Kryteriami opisującymi złożoność systemu są m.in. [12]:

- ilość i rodzaj relacji pomiędzy elementami,
- ilość jednostek hierarchicznych.

3. Pojęcie systemu logistycznego

Na bazie ogólnej teorii systemów i jej założeń można stwierdzić, iż system logistyczny przedsiębiorstwa produkcyjnego jest to zbiór elementów będący odwzorowaniem obiektów i relacji między tymi obiektami oraz stosunków między obiektami a środowiskiem na zbiorze wybranego języka opisowego z punktu widzenia rozwiązania określonego zadania. W ujęciu semantycznym system logistyczny wygląda więc następująco [8]:

$$SL = (Z, P, M, T, D, R) \tag{1}$$

gdzie:

Z – zaopatrzenie,
P – produkcja,
M – magazynowanie,
D – dystrybucja,
R – relacje między elementami systemu.

Poszczególne elementy systemu logistycznego możemy zdefiniować następująco:

Zaopatrzenie (Z)

$$Z = Z(BI, PM(PZ, PN), ZZ, OD) \tag{2}$$

gdzie:

BI – baza informacyjna: prognozy, programy i plany sprzedaży wyrobów, dokumentacja techniczna itp.,

PM – potrzeby materiałowe:

PZ – potrzeby zależne,

PN – potrzeby niezależne,

ZZ – źródła zakupu: minimalizacja kosztów związanych z zakupem materiałów i utrzymaniem zapasów.

OD – organizacja dostaw: harmonogramy dostaw, środki i warunki transportu itp.

Produkcja (P)

$$P = P(TP(M, S(WS, SS, MS)J), OP) \tag{3}$$

gdzie:

TP – typ produkcji,

M – masowy,

S – seryjny,

WS – wielkoseryjna,

SS – średnioseryjna,

MS – makroseryjna,

J – jednostkowy,

OP – sposób przepływu części, zespołów i wyrobów między stanowiskami roboczymi w cyklu produkcyjnym.

Magazynowanie (M)

$$M = M(OT, PT, ZT, SP) \tag{4}$$

gdzie:

OT – otwarte: place o powierzchni gruntowej lub utwardzonej,

PT – półotwarte: podziemia, poddasza, zadaszenia, wiaty,

ZT – zamknięte,

SP – specjalne: specjalistyczne przeznaczone do przechowywania konkretnych materiałów.

Transport (T)

$$T = T(TS, TK, TM, TWS, TL, TP, TKO, TB, TMD) \quad (5)$$

gdzie:

TS – transport samochodowy,

TK – transport kolejowy,

TM – transport morski,

TWS – transport wodny śródlądowy,

TL – transport lotniczy,

TP – transport przesyłowy,

TKO – transport kombinowany,

TB – transport bimodalny,

TMD – transport multimodalny.

Dystrybucja (D)

$$D = D(I, KD) \quad (6)$$

gdzie:

I – istota dystrybucji,

KD – kanały dystrybucji.

Transport stanowi ze względu na rodzaj gałęzi i dostępność środków transportowych najbardziej rozwinięty element systemu logistycznego.

4. Procesy logistyczne

Z rozważań zaprezentowanych w rozdziale 3 wynika, iż system logistyczny jest złożeniem wielu obiektów i relacji między nimi i daje się przedstawić jako zbiór elementów wzajemnie zależnych od siebie. Zgodnie z założeniami ogólnej teorii systemów obowiązuje więc dla systemu logistycznego cecha całościowości, która pociąga za sobą konieczność modyfikacji poszczególnych jego elementów, jeśli te ulegają zmianie. Zależności i wzajemne powiązania w ramach systemu logistycznego wykazują zróżnicowany stopień występowania i natężenia w czasie. Wprowadzając do rozważań element deterministyczny jako zmienną niezależną, możemy powiedzieć, że system zaczyna funkcjonować w oparciu o procesy, które zachodzą w jego strukturze. Możemy wyróżnić dwa podstawowe rodzaje procesów:

- robocze,
- zarządzania.

Procesy robocze mają charakter energetyczny i dają dobra materialne, społeczne czy intelektualne, natomiast procesy sterowania mają charakter informacyjny i oddziałują w

sposób zorganizowany na procesy robocze, tak aby wydobyć z nich maksimum energii, mocy, sprawności itd.

Procesy zarządzania [6] definiowane są jako sekwencja lub częściowo uporządkowane sposoby działań, które łączy wspólny cel, zintegrowany przez czas, koszty i oceny jakości wykonania. Prawidłowe określenie procesu jest zdeterminowane przez:

- wskazanie elementów niezbędnych do jego rozpoczęcia,
- sprecyzowanie pożądanych wyników końcowych,
- wskazanie jednostek, które mają być odbiorcami,
- identyfikację ewentualnych ograniczeń,
- przyporządkowanie wykonawców i środków ich realizacji,
- przyporządkowanie uprawnień do kontrolowania i sterowania przebiegiem procesu,
- identyfikację ewentualnych działań umożliwiających szybką reakcję na zakłócenia i nieplanowane odchylenia,

Logistyka [6] jako koordynacja procesów w sposób płynny nabrała właśnie znaczenia dlatego, że nieracjonalne okazało się rozpatrywanie procesów w sposób oderwany od siebie. Realizacja procesu logistycznego wymaga koordynacji między jego składowymi zarówno w czasie, jak i w przestrzeni. Poprawne zaplanowanie procesu wymaga zatem wyznaczenia harmonogramu czasowego, wskazania **miejsc nadania i odbioru dla każdej ze składowych procesu** oraz osób odpowiedzialnych za prawidłowe wykonanie tych czynności. Transport będąc medium przemieszczania występuje jako składnik niemal każdego cząstkowego procesu w każdym systemie logistycznym.

5. Transport w procesach logistycznych

Rola transportu w procesach logistycznych jest zróżnicowana i w głównej mierze zależy od umiejscowienia w podsystemie logistyki. W strukturze systemu logistycznego przedsiębiorstwa produkcyjnego można wyróżnić między innymi następujące podsystemy:

- zaopatrzenia,
- wytwarzania,
- sprzedaży.

W podsystemie logistyki zaopatrzenia transport umożliwia przemieszczanie dóbr związanych z zaopatrzeniem z miejsca ich pozyskania lub wytwarzania do miejsca docelowego realizacji procesu produkcyjnego, stwarzając tym samym zapewnienie właściwego procesu produkcyjnego zgodnie z jego właściwościami technologicznymi i organizacyjnymi. Transport podporządkowany jest w tym przypadku procesom zaopatrzenia, umożliwiając powiązanie podmiotów gospodarczych z ich rynkami zaopatrzenia.

W podsystemie logistyki produkcji transport umożliwia realizację procesu produkcyjnego zgodnie z jego własnościami technologicznymi i organizacyjnymi, poprzez dostawę dóbr stanowiących komponenty procesu produkcyjnego z magazynów lub rynku zaopatrzeniowego do procesu produkcyjnego według ustalonych wymogów przestrzennych i czasowych. Transport podporządkowany jest celom i potrzebom procesu produkcyjnego, umożliwiając realizację wewnętrznych powiązań tego procesu.

W podsystemie dystrybucji transport umożliwia realizację procesu sprzedaży dóbr będących rezultatem finalnym procesu produkcyjnego na rynkach zbytu oraz dostawę tych dóbr na miejsce ich przeznaczenia. W tym podsystemie transport umożliwia realizację sprzedaży na określonych rynkach zbytu oraz dostawę dóbr do miejsc przeznaczenia.

Występuje tutaj pewna analogia pomiędzy podsystemami zaopatrzenia i dystrybucji. Działania określonego podmiotu gospodarczego na rynku zaopatrzeniowym powiązane są z działaniami innych podmiotów gospodarczych sprzedających swoje dobra na tym samym rynku, który jest dla nich rynkiem zbytu.

6. Podsumowanie

W zależności od umiejscowienia zadania transportowego w systemie logistycznym, wyróżnić można następujący podział obszarów poszukiwań rozwiązania lub zbioru rozwiązań dopuszczalnych [4],[3]:

a) dla bazy transportowej:
   - wyznaczanie najkrótszej drogi w sieci,
   - planowanie tras dostaw dla wielu pojazdów: problem tworzenia tras i oszczędnościowego łączenia tras,
   - rozdział zadań przewozowych – tzw. zadanie przyporządkowania,

b) dla lokalizacji miejsca produkcyjnego [7],

c) dla lokalizacji magazynów dystrybucyjnych [7],

d) dla sieci dystrybucji [13]:
   - optymalizacja struktury sieci,
   - maksymalizacja przepływu produktów w sieci: określenie przepływu w sieci, przekroju sieci,

e) dla rejonów obsługi.

Wyszczególnione obszary zadań transportowych powinny być skorelowane, w przypadku podejścia logistycznego, całościowo z zespołem działań o charakterze technicznym, technologicznym, organizacyjnym, ekonomicznym i prawnym. Procesy transportowe muszą zostać skoordynowane z warunkami realizacji procesów dystrybucyjnych ustalonych w

warunkach dostaw [8]. Takie podejście pozwala szerzej spojrzeć na problematykę optymalizacji zagadnień transportowych w kontekście np. tworzenia łańcucha dostaw lub kompleksowej usługi transportowej charakterystycznej dla spedytorów czy operatorów systemów transportowych. Przemieszczenie, podstawowa funkcja transportu, zostaje tutaj uzupełnione dodatkowymi cechami charakterystycznymi wyłącznie dla procesów logistycznych, takimi jak:

- dobór opakowania transportowego,
- dobór urządzeń transportowych wymaganych w realizacji procesu dostawy,
- dobór sposobu zabezpieczenia towarów w całym procesie dostaw,
- dobór gałęzi transportu możliwych do zastosowania, przy uwzględnieniu istniejącej infrastruktury punktowej i sieciowej transportu,
- ustalenie łańcucha dostaw i poszczególnych jego ogniw w kolejności zastosowania, od punktu nadania do punktu przeznaczenia,
- informacyjne zabezpieczenie łańcucha dostaw,
- kompleksowe zarządzanie przyjętym rozwiązaniem systemowym procesu dostawy i transportu.

Rozpoznanie jak największej liczby ww. czynników prowadzi do podjęcia działań w zakresie optymalizacji procesu transportowego w ujęciu logistycznym, a w szczególności jego obszarów odpowiedzialnych za stronę:

a) techniczno-technologiczną [8]:
   - warunki technicznego przygotowania towaru do procesów dostawy i transportu,
   - opakowania fabryczne, handlowe i transportowe,
   - dobór typu, rodzaju i ilości urządzeń transportowych,
   - warunki załadunku, przewozu i wyładunku,
   - przygotowanie towaru do wydania itp.;

b) ekonomiczno-organizacyjną [8]:
   - termin i miejsce załadunku,
   - czas transportu,
   - koszt transportu,
   - inne warunki mające wpływ na procesy transportowe;

c) informacyjną [8]:
   - procedury wykonania usługi transportowej,
   - koordynacja działań wszystkich elementów łańcucha dostaw pod kątem dostaw i transportu,
   - kontrola realizacji procedur,
   - rozliczenia finansowe,
   - ewentualne reklamacje;

d) dokumentacyjną [8]:
- dokumenty dotyczące ładunku,
- dokumenty dotyczące opakowań transportowych,
- dokumenty dotyczące warunków zapłaty,
- dokumenty dotyczące ubezpieczenia towarów,
- dokumenty dotyczące urządzeń i sprzętu transportowego itp.

Tak sformułowana struktura procesów transportowych zawiera szereg dodatkowych wzajemnych relacji i powiązań, które w klasycznych zagadnieniach transportowych nie mogły być uwzględniane. Logistyka jako nauka interdyscyplinarna, wyrosła na gruncie teorii systemów, pozwoliła opisać nie tylko miarami ilościowymi [7], zjawiska towarzyszące procesowi przemieszczania, ale również zwróciła uwagę na cechy transportu mogące mieć istotny wpływ na jego efektywność.

Literatura

1. Abt S.: Systemy logistyczne w gospodarowaniu. Teoria i praktyka logistyki. Wydawnictwo AE w Poznaniu, Poznań 1997.
2. Beier F., Rutkowski K.: Logistyka. AGH, Warszawa 1998.
3. Całczyński A.: Metody optymalizacyjne w obsłudze transportowej rynku, PWE, Warszawa 1992.
4. Całczyński A.: Modele i metody ustalania tras przewozów towarowych. IHWiU, Warszawa 1979.
5. Kompendium wiedzy o logistyce pod red. E. Gołębiowskiej PWN, Warszawa-Poznań 2002.
6. Krawczyk S.: Logistyka w zarządzaniu marketingiem. Wydawnictwo AE im. Oskara Langego, Wrocław 1998.
7. Krawczyk S.: Metody ilościowe w logistyce przedsiębiorstwa. Tom II. Wydawnictwo C.H. Beck, Warszawa 2001.
8. Kubicki J., Kuriata A.: Problemy logistyczne w modelowaniu systemów transportowych. WKŁ, Warszawa 2000.
9. Logistyka w przedsiębiorstwie. Grażyna Radziejowska, Paweł Mastej, Wyd. Pol. Śl., Gliwice 2000.
10. Praca zbiorowa pod red. W. Rydzkowskiego i K. Wojewódzkiej-Król: Transport, PWN, Warszawa 1997.
11. Sadowski W.: Podstawy ogólnej teorii systemów. PWN, Warszawa 1978.

12. Sienkiewicz P.: Inżynieria systemów. Wybrane zastosowania wojskowe. Wydawnictwo MON, Warszawa 1983.
13. Sikora W.: Modele i metody optymalnej dystrybucji dóbr. Wyd. AE w Poznaniu, Poznań 1993.
14. von Bertalanffy L.: Ogólna teoria systemów. PWN, Warszawa 1984.