

Edward Michlowicz*

Logistyka a teoria systemów

1. Wprowadzenie

Od kilku lat, w niektórych środowiskach związanych z logistyką, trwają żarliwe dyskusje i spory dotyczące miejsca logistyki w nauce. Dyskusje dotyczą przede wszystkim badań naukowych podejmowanych w obszarze logistyki, podstaw teoretycznych logistyki oraz pytań fundamentalnych: czy logistyka jest dziedziną nauki, czy też jest może dyscypliną naukową [1]. Problem rozważany jest przede wszystkim w tych środowiskach, w których naukowcy prowadzą badania z zakresu logistyki, a wskutek istniejącej w Polsce struktury podziału nauki nie mogą siebie nazywać naukowcami – logistykami, gdyż z logistyki nie można nadawać stopni naukowych. A zatem z formalnego punktu widzenia logistyka nie jest nauką. Powstaje zatem pytanie – czym jest logistyka?

Tymczasem równoległe z naukowymi debatami rozwija się logistyka stosowana, która notuje bardzo wiele osiągnięć we wdrożeniach metod i narzędzi logistycznych w przedsiębiorstwach, w tym także w firmach produkcyjnych. W tym nurcie dostrzegany jest ostatnio niezwykle chaos w nazywaniu logistyką wszystkiego, co dotyczy przemieszczania dóbr lub osób [2]. Przy tej okazji dość często wraca się do własnego definiowania logistyki w zależności od tego, czy badana sfera dotyczy zarządzania, ekonomii, czy też jest natury czysto technicznej. Ponadto wiele zagadnień dotyczących np. problemów ryzyka, bezpieczeństwa jest wprost odnoszonych do logistyki, tymczasem są to zagadnienia dotyczące każdego systemu działaniowego. Podstawowe definicje logistyki ewoluowały na przestrzeni ostatnich lat dość znacznie, ale należy wyraźnie zaznaczyć, że istnieją. Są co prawda pewne różnice w ich interpretacji, ale nie na tyle istotne by je odrzucać.

Dla wielu (w tym dla autora) nie ulega wątpliwości, że logistyka powinna być osadzona w teorii systemów. Jednak i w tym obszarze termin „system” jest dość swobodnie używany. Wydaje się, że dla wielu system jest pojęciem rozumianym intuicyjnie, jako słowo powszechnie używane, co w konsekwencji prowadzi do nadużywania tego terminu do opisu czegoś, co systemem nie jest, a na pewno nie jest odpowiednio zdefiniowane w ujęciu

* Katedra Systemów Wytwarzania, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

teorii systemów. Znamienne jest to, że o podobnych problemach nadużywaniu pojęć związanych z systemem pisał P. Sienkiewicz [3] w 1988 roku.

Nadużywanie pojęć: „logistyka”, „system” doprowadziło w ostatnim czasie do kolejnej ewolucji tych pojęć. Stąd dla podkreślenia naukowości coraz częściej problemy, zagadnienia związane z szeroko rozumianą logistyką opisywane są poprzez „systemy logistyczne”. Systemy te bardzo często nie są systemami w ogóle, a systemami logistycznymi tym bardziej.

Moim zdaniem przyczyn takiego stanu jest wiele, ale jedną z ważniejszych jest brak naukowej podbudowy, teorii logistyki, a także fakt, że logistyczna działalność badawcza jest rozproszona głównie pomiędzy ekonomią, zarządzaniem, gospodarką magazynową, transportem.

Stąd celem niniejszego opracowania nie jest zaproponowanie kolejnej definicji logistyki, czy systemu logistycznego, lecz przypomnienie i uporządkowanie podstawowych pojęć z omawianej dziedziny. Być może staną się one inspiracją do tworzenia teorii logistyki (o ile uznamy to za potrzebne, czy konieczne).

2. Pojmowanie logistyki i podstawowe definicje

Aktualnie według [4] można wyróżnić trzy podstawowe nurty koncepcyjne logistyki:

- *Logistyka* to zintegrowany system przepływu materiałów (surowców, półproduktów i wyrobów gotowych) oraz sprzężonych z nimi przepływów informacyjnych, którego celem jest optymalizacja tworzenia i transformacji dóbr fizycznych.
- *Logistyka* to pewna filozofia zarządzania realnymi procesami przepływu dóbr fizycznych i informacji, oparta na zintegrowanym, systemowym ujmowaniu tych procesów.
- *Logistyka* to interdyscyplinarna dziedzina wiedzy technicznej, ekonomicznej i informatycznej, badająca uwarunkowania, prawidłowości i zjawiska przepływu dóbr fizycznych i informacji w gospodarce, a także w poszczególnych jej ogniwach.

W bardzo znaczącej dla logistyki pracy [5] H.-Ch. Pfohl wyróżnia trzy rodzaje definicji logistyki:

- *Logistyka* zorientowana na przepływ.

Do logistyki należą wszystkie czynności, dzięki którym następuje planowanie, sterowanie, realizacja lub kontrola przestrzenno-czasowej transformacji towarów i związanych z tym transformacji pod względem ilości i asortymentu, właściwości manipulacyjnych oraz stopnia logistycznego zdeterminowania towarów. Dzięki skoordynowanej realizacji tych czynności zostaje uruchomiony przepływ towarów, który w możliwie wydajny sposób łączy punkt dostawy z punktem odbioru.

- *Logistyka* zorientowana na cykl użytkowania wyrobu.

Według SOLE (Society of Logistics Engineers): Logistyka to wspomagające zarządzanie działania planistyczne, kontrolne i regulacyjne, które podczas okresu użytkowania

produktu zapewniają wydajne wykorzystanie zasobów i adekwatną skuteczność elementów logistycznych podczas wszystkich faz okresu użytkowania, tak że dzięki inżynierowaniu we właściwym czasie w system zapewnia się efektywne sterowanie zużyciem zasobów.

– *Logistyka* zorientowana na usługi.

Logistyka jest procesem koordynacji wszystkich czynności niematerialnych, które muszą zostać przeprowadzone dla wykonania usługi w sposób efektywny pod względem kosztów i zgodny z wymaganiami klienta. Główny kierunek tych działań obejmuje trzy dziedziny: zminimalizowanie czasu oczekiwania (realizacji zlecenia), zarządzanie potencjałem usługowym, dostawa usług poprzez kanał dystrybucyjny.

Wielość różnie pojmowanych sformułowań logistyki [6] doprowadziła do przyjęcia kilku podstawowych, w zasadzie akceptowanych przez większość środowiska logistyków.

W roku 1992 Europejski Komitet Normalizacji CEN (Comité Européen de Normalisation) opublikował następującą definicję logistyki:

„Przez *logistykę* należy rozumieć: planowanie, organizację, realizację i sterowanie przepływu dóbr od ich zakupu, poprzez produkcję i dystrybucję do ostatecznego klienta, w celu spełnienia wymagań rynkowych przy minimalnych kosztach i minimalnym zaangażowaniu kapitału”.

Alternatywną, amerykańską definicję opublikował w roku 1997 The Council of Logistics Management (USA) – CLM:

„*Logistyka* jest tą częścią procesu w łańcuchu dostaw, która warunkuje planowanie, wdrażanie i sterowanie skutecznym i efektywnym przepływem i przechowywaniem dóbr, usług i towarzyszących informacji od miejsca wytworzenia do miejsca wykorzystania w celu spełnienia wymagań klientów”.

W roku 2005 Europejska Organizacja Logistyczna ELA (European Logistics Association) podała nową definicję, która łączy w sobie dotychczasowe rozumienie logistyki i ujęcie systemowe:

Logistyka to zarządzanie procesami przemieszczania dóbr i/lub osób oraz działaniami wspomagającymi te procesy w systemach, w których one zachodzą.

Systemy, w których zachodzą procesy przemieszczania dóbr i/lub osób, to zarówno systemy gospodarcze, których działanie jest nastawione na osiągnięcie zysku (przedsiębiorstwa produkcyjne i handlowe oraz łańcuchy dostaw), jak i systemy, których działanie nie jest nastawione na osiągnięcie zysku (publiczna służba zdrowia, publiczna oświata, miasto, środowisko naturalne).

W tej nowej definicji po raz pierwszy pojawia się termin „system”. Przed laty w swojej definicji Z. Korzeń [7] też użył tego terminu: „*Logistyka* w nowoczesnym ujęciu pojmowana jest jako zintegrowany system planowania, zarządzania i sterowania strukturą przepływów materiałowych oraz sprzężonych z nimi przepływów informacyjnych i kapitałowych w celu optymalnego tworzenia i transformacji dóbr fizycznych”.

3. Pojmowanie systemu

Z najnowszej definicji logistyki (ELA'2005) wynika, że jest to system. Tu pojawia się jednak problem – jaki system? Dla autora nie ulega wątpliwości, że powinien to być system logistyczny, a zatem taki, który zawiera w sobie poprawne zdefiniowanie systemu i logistyki. Okres fascynacji teorią systemów uległ pewnemu zapomnieniu, zatem rozdział ten zostanie przeznaczony na bardzo krótkie przypomnienie podstaw teorii systemów, bez rozstrzygania ważności poszczególnych teorii.

W polskim piśmiennictwie warto zwrócić uwagę na dawniejsze opisywanie systemów. Najprościej ujął to S. Mynarski [8]:

Najprostszą definicję *systemu* (w nawiązaniu do układu) można sformułować następująco:

- *system to* celowo określony zbiór elementów oraz relacji zachodzących między tymi elementami i ich własnościami,
- *system to* każda celowo wyodrębniona zbiorowość elementów powiązanych zależnościami lub oddziaływaniem.

Własnościami danego systemu są cechy poszczególnych elementów, natomiast *relacjami* są zależności łączące poszczególne elementy z całością. Systemami, w przeciwieństwie do układów, mogą być nie tylko obiekty konkretne, rzeczywiste, lecz także obiekty abstrakcyjne.

W pracy [9] S. Ziemia za W.R. Ashbym wprowadza podział wszystkich możliwych systemów na dwie kategorie:

- 1) systemy konfiguracyjne (*pattera systema*) – porządkujące, relacyjne, statyczne;
- 2) systemy działaniowe (*acting systema*) – operacyjne, przetwarzające, procesowe, dynamiczne.

Celem każdego działania jest w ogólnym przypadku wywołanie pewnej zmiany w danym fragmencie rzeczywistości. Istotą systemu działaniowego jest jego cel, postawione przed nim zadanie. W swoim pojmowaniu systemu S. Ziemia wprowadza pojęcie systemów specjalnych (właściwie *podsystemów*), wśród których wyróżniony został *system logistyczny L*. Warto na to zwrócić uwagę (rok publikacji 1980), gdyż w Polsce do lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku prawie nikt nie pisał o logistyce, a o systemach logistycznych tym bardziej.

Ze względu na łatwość analizy i syntezy systemów działaniowych, w szczególności technicznych, wyróżnia się cztery rodzaje systemów specjalnych:

- 1) System procesowy *P*, który zapewnia zdolność systemu do funkcjonowania, czyli realizacji, osiągnięcia przez cały system (nadsystem) swoich celów.
- 2) System sterowania *C*, który służy do kierowania i koordynacji działalności pozostałych systemów dla realizacji celów całego systemu.

- 3) System informacyjny J , służący do organizacji przetwarzania i dystrybucji strumieni informacji, zarówno w obrębie systemu (nadsystemu), jak i z zewnątrz systemu, zgodnie z potrzebami prawidłowego działania pozostałych systemów specjalnych (podsystemów).
- 4) System logistyczny L , służący do utrzymywania i zaopatrywania pozostałych systemów specjalnych (i siebie samego), aby działanie całego systemu przebiegało prawidłowo.

Bardzo interesujący jest przy tym komentarz S. Ziemby, który stwierdza, że wobec dużej różnorodności definicji pojęcia system, efektywne wydaje się rozważenie pojęcia systemu na drodze pragmatycznej, tzn. metodologicznej rekonstrukcji osobliwości traktowania obiektów (i nie tylko) jako systemów przez – jak się powiada – systemowo zorientowanych naukowców. Uzasadnia się to tym, że w świecie realnym systemy nie występują. Są one natomiast tworzone przez naukowców, badaczy, planistów, projektantów itp., traktujących obiekty, z którymi mamy do czynienia, jako systemy. Jest to zresztą podejście mocno rozwinięte przez G.M. Weinberga [10], który pisze ponadto, że „System to punkt widzenia – zrozumiały dla poety, natomiast przerażający dla pracownika nauki!”. Wydaje się, że ten żartobliwy zapis nadal można przytaczać.

W odniesieniu do różnego obszaru zastosowania systemów interesujące są definicje L. Szklarskiego i R. Koziola [11]:

- 1) W technice przez system rozumie się przyporządkowanie określonej celowi działania zbioru obiektów wzajemnie sprzężonych.
- 2) W organizacji i planowaniu przez system rozumie się zbiór operacji powiązanych w czasie.
- 3) W pracach naukowo-badawczych system określa się jako dziedzinę ogólnej metodologii badania procesów i zjawisk odniesionych do dowolnego obszaru ludzkiej działalności.
- 4) W dziedzinie teoriopoznawczej system jest pewną metodą naukowego myślenia w procesie rozwiązywania złożonych zadań sterowania.

Autorzy wyróżniają tu trzy równorzędne klasy systemów:

- 1) System rozpatrywany jako zespół obiektów fizycznych wzajemnie ze sobą powiązanych (podejście to jest stosowane przy badaniu procesów technologicznych).
- 2) System rozpatrywany jako zespół obiektów fizycznych z uwzględnieniem informacji o stanie tych obiektów (podejście to wykorzystuje się przy rozwiązywaniu problemów sterowania procesami technologicznymi).
- 3) System rozpatrywany jako ciąg powiązanych sekwencyjnie i logicznie zdarzeń informacyjnych (podejście to wykorzystuje się do zagadnień zarządzania gospodarką narodową, przemysłem, itp.).

Wszystkie opisane powyżej sformułowania pozwalają na dość swobodne opisywanie systemu. Brak w nich formalizmu matematycznego. Rozwiązań tych problemów należy

poszukiwać w teoriach systemów, a w szczególności w ogólnych teoriach systemów lub w teoriach systemów złożonych (czasami nazywanych wielkimi). W sposób syntetyczny zostały one opisane w wielu pracach, m.in. [3] oraz [6].

3.1. Definicje systemu według Klira

W ujęciu G.J. Klira [12] „*System ogólny* jest w istocie rzeczą modelem abstrakcyjnym jakiegoś już istniejącego systemu (materialnego lub pojęciowego), w którym znajdują odbicie (w stopniu, w jakim sobie tego życzymy) wszystkie główne lub podstawowe cechy systemowe oryginału”. W swojej teorii G.J. Klir wyróżnia 5 klas (typów) teorii systemów.

- Typ I. Jest to klasa systemów szczegółowych: mechanicznych, chemicznych, elektrycznych, społecznych, ekonomicznych, w których bada się cechy, własności szczegółowe charakterystyczne dla danej dyscypliny naukowej. Treść teorii typu I mieści się zwykle w zakresie badanej dyscypliny.
- Typ II. W klasie tej mieszczą się teorie dotyczące różnych dziedzin, w których treść pod pewnymi względami pokrywa się. Pewne klasy systemów mogą charakteryzować się izomorficznością.
- Typ II'. Teorie o wysokim stopniu ogólności, które nie spełniają trzech właściwości teorii typu III.
- Typ III. Do tej klasy zaliczane są teorie spełniające trzy własności:
Teoria ma zastosowanie co najmniej do wszystkich systemów skończonych (ograniczonych).
W teorii są uwzględnione podstawowe cechy systemowe wspólne dla wszystkich systemów.
Teoria zawiera pewne ogólne zasady metodologiczne.
Według Klira ten typ teorii można nazywać wprost *ogólną teorią systemów*.
- Typ IV. Są to teorie o najwyższym stopniu uogólnienia, w których podstawowe cechy systemów wyprowadzane są z formalnych definicji pojęcia systemu. Są to *matematyczne teorie systemów*.

A zatem dla określenia jakiegoś obiektu w ujęciu systemowym, niezbędne jest dysponowanie klasą definicji systemów odpowiednią dla przyjętej teorii.

Klir sformułował 5 równoważnych definicji dla opisu ogólnej teorii systemu typu III.

Definicja 1: Zbiór wielkości zewnętrznych i poziom rozdzielczości.

Definicja 2: Działanie.

Definicja 3: Zachowania stałe.

Definicja 4: Struktura rzeczywista UC (*Universe of Discourse and Couplings*).

- a) *System S* jest danym zbiorem elementów i ich zachowań stałych oraz zbiorem sprzężeń między elementami oraz między elementami i otoczeniem.

b) System S jest parą (B, C) , przy czym

$$B = \{b_1, b_2, b_3, \dots, b_r\} \text{ i } C = \{c_{ij} / c_{ij} = A_i \cap A_j; i \neq j\}$$

oraz:

$A = \{a_o, a_1, a_2, \dots, a_r\}$ – zawiera elementy dziedziny badania i otoczenia,
 A_i jest zbiorem wielkości głównych określonych na a_i , $i = 1, 2 \dots r$,
 a zatem:

$\{a_1, a_2, a_3, \dots, a_r\}$ – zbiór elementów należących do *dziedziny (universum)*; $\{a_o\}$ – otoczenie systemu,

ponadto:

b_i jest zachowaniem stałym elementu a_i ,

$B = \{b_1, b_2, b_3, \dots, b_r\}$ – jest zbiorem wszystkich zachowań stałych elementów należących do dziedziny badania (universum),

c_{ij} – jest sprzężeniem pary elementów (a_i, a_j)

$C = \{c_{ij} / c_{ij}$ jest sprzężeniem pary (a_i, a_j) , przy czym $a_i, a_j \in A$; $i \neq j\}$ – zbiór ten nazywany jest *charakterystyką*.

Definicja 5: Struktura rzeczywista ST (*State-Transition*).

a) System S jest danym zbiorem stanów i zbiorem przejść między stanami.

Przejście od jednego stanu do innego stanu może dopuszczać interpretację probabilistyczną, choć nie jest to konieczne.

b) System S jest parą $(S, (R(S, S)))$, przy czym S jest zbiorem stanów i R jest relacją określoną na $S \times S$.

W celu formalizacji systemu Klir proponuje trzystopniowe postępowanie:

1. zdefiniowanie systemu S_1 na obiekcie będącym przedmiotem badań (z przyjętego przez badacza punktu widzenia),
2. określenie systemu ogólnego S_2 na podstawie tej samej definicji (lub innej z proponowanych w teorii),
3. dokładne sprecyzowanie jednoznacznej transformacji T składników systemu S_1 systemem S_2 .

3.2. System według M.D. Mesarovica

Teoria Mesarovica [12] jest najbardziej „zmatematyzowaną” teorią systemów. Właściwości i zachowanie systemu badane są metodami ścisłymi. Dzięki temu teoria ta znajduje zastosowanie w systemach podejmowania decyzji, w systemach sterowania, a także w systemach opisywanych poprzez wejścia i wyjścia. Mesarovic zakłada, że teoria systemów zajmuje się objaśnianiem zjawisk lub struktur pojęciowych w kategoriach przetwarzania informacji i procesu podejmowania decyzji. W teorii tej istotny jest sposób przekazywania informacji oraz osiągania celów postawionych systemowi.

Do opisu badanego systemu teoria proponuje wykorzystanie metody formalizacji, w której wyróżnia się dwa etapy:

- 1) należy sformułować werbalną definicję systemu, zgodną z intuicyjnym znaczeniem tegoż systemu w odpowiednich dziedzinach zastosowań;
- 2) należy tak przyjęte pojęcie systemu zdefiniować aksjomatycznie przy użyciu minimalnej struktury matematycznej.

Zaletą takiego podejścia jest możliwość badania bardzo złożonych systemów (*wielkich*) jako wzajemnie połączonych wielu podsystemów. System definiowany jest jako szczególnego rodzaju *zbiór*, którym jest *relacja*.

System *ogólny* S jest relacją określoną na zbiorach abstrakcyjnych iloczynu kartezjańskiego

$$S \subset \times \{ V_i : i \in I \},$$

przy czym \times oznacza iloczyn kartezjański, zaś I jest zbiorem indeksów. W przypadku gdy I jest zbiorem skończonym, wówczas postać zapisu systemu może być prostsza:

$$S \subset V_1 \times V_2 \times \dots \times V_i \times \dots \times V_n,$$

przy czym składniki relacji V_i nazywane są *obiektami systemu*. Obiekt przedstawia cechę lub charakterystykę systemu opisaną w kategoriach, w jakich opisywany jest badany system.

Do dalszego uściślenia opisu formalnego Mesarovic proponuje dwie metody opisu:

- metoda opisu przez „wejście-wyjście” (opis terminalny, przyczynowy),
- metoda opisu przez „dążenie do celu” (opis teleologiczny, podejmowania decyzji).

4. System logistyczny

H.-Ch. Pfohl [5] formułuje system w sposób bardzo opisowy. Przygotowanie produktów odbywa się przez procesy produkcyjne (pozyskiwania, przetwarzania, obróbki) w przedsiębiorstwach przemysłowych. Produkty podlegają przy tym przemianie jakościowej. Połączenie pomiędzy przygotowaniem produktów a ich konsumpcją stanowi dystrybucję produktów. Odbywa się ona poprzez procesy transformacji (przemieszczania i magazynowania), które powodują przemianę towarów nie w sensie jakościowym, a jedynie czasowo-przestrzennym. Według Pfohla: „Systemy przestrzenno-czasowej transformacji towarów to *systemy logistyczne*”.

Według P. Blaika [13] określone cele i zadania logistyki determinują podstawowe procesy transformacji w sensie czasowo-przestrzennym, ilościowym lub jakościowym w sferze przepływów towarów i informacji, tworząc zintegrowany podsystem transformacji logistycznych.

System logistyczny można określić w sposób ogólny jako zbiór elementów logistycznych, których powiązania konkretyzują się poprzez wspomniane wyżej transformacje.

Zdaniem autora *Logistyczny System Przedsiębiorstwa LSP* można zapisać w ujęciu topologicznym następująco (jako nadsystem):

$$LSP = \langle SPM, SZ, SI, R \rangle$$

gdzie:

- SPM* – system przepływu materiałów,
- SZ* – system zarządzania,
- SI* – system informacyjny,
- R* – relacje pomiędzy systemami oraz pomiędzy systemami a otoczeniem.

System *SPM* przepływu materiałów zdefiniowano poprzez podsystemy zaopatrzenia, realizacji zadania i dystrybucji wyrobów gotowych:

$$SPM = \{SZD, SP, SDW\},$$

przy czym:

- SZD* – to system zamówień i dostaw materiałów (system zaopatrzenia),
- SP* – to system realizacji zadania produkcyjnego,
- SDW* – to system dystrybucji i komisjonowania wyrobów gotowych.

W poszczególnych systemach powinny być uwzględnione wszystkie zadania realizowane w podsystemach.

Przykładowo:

System *SP* – realizacji zadania produkcyjnego – tworzą podsystemy:

$$SP = \{PSW, PSTS, PSU\},$$

W systemie produkcyjnym *SP* – uwzględniono m. in. podsystemy:

- w podsystemie wytwarzania *PSW*:
 - technologię produkcji (relacje między urządzeniami),
 - charakterystyki urządzeń produkcyjnych (czas przetwarzania materiału, czas przebrożenia na inną produkcję, remonty, awarie),
- w podsystemie transportu i składowania *PSTS*:
 - charakterystyki eksploatacyjne urządzeń (remonty, zawodność),
 - cykle transportowe dla przyjętej struktury dróg transportowych,
 - charakterystyki składowisk międzyoperacyjnych (położenie, pojemność, sposób składowania),
- w podsystemie utylizacji odpadów *PSU*:
 - miejsce i sposób składowania odpadów,
 - sposób wysyłki (terminy, urządzenia).

Do formalnego zdefiniowania poszczególnych systemów i podsystemów powinno się wykorzystać teorię Klira, bądź bardziej odpowiadającą sytemom decyzyjnym teorię Mesarovic.

Literatura

- [1] Bukowski L., *Czy logistyka może i powinna stać się nauką*. Logistyka, 2, 2009, 87.
- [2] Kurowski J., *Logistyka jako dziedzina wiedzy (cz. 1, 2)*. Logistyka, 1, 2009, 2.
- [3] Sienkiewicz P., *Inżynieria systemów kierowania*. Państwowe Wyd. Ekonomiczne, Warszawa 1988.
- [4] Abt S., *Logistyka w teorii i praktyce*. Wyd. Akademii Ekonomicznej, Poznań 2001.
- [5] Pfohl H.-CH., *Systemy logistyczne*. ILiM, Biblioteka Logistyka, Poznań 1998.
- [6] Michłowicz E.: *Podstawy logistyki przemysłowej*. Uczelniane Wyd. Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków 2002.
- [7] Korzeń Z., *Logistyczne systemy transportu bliskiego i magazynowania. Tom 2: Projektowanie. Modelowanie. Zarządzanie*. ILiM, Biblioteka Logistyka, Poznań 1999.
- [8] Mynarski S., *Elementy teorii systemów i cybernetyki*. PWN, Warszawa 1979.
- [9] Ziemia S., Jaromek W., Staniszewski R., *Problemy teorii systemów*. Wyd. Ossolineum, Wrocław 1980.
- [10] Weinberg G.M., *Myślenie systemowe*. WNT, Warszawa 1979.
- [11] Szklarski L., Kozioł R., *Systemy sterowania procesem technologicznym w górnictwie*. PWN, Warszawa–Kraków 1980.
- [12] Klir G.J.(red.), *Ogólna teoria systemów*. WNT, Warszawa 1976.
- [13] Blaik P., *Logistyka*. PWE, Warszawa 2001.