

Krzysztof Ficoń<sup>1</sup>

## ILOŚCIOWE ASPEKTY ZARZĄDZANIA PROCESAMI LOGISTYCZNYMI

### Czasoprzestrzenny wymiar logistyki

Etymologia pojęcia „logistyka” sięga swoimi korzeniami czasów starożytnych i przykładowo w języku greckim posługiwano się takimi pojęciami jak: *logos* – słowo, wiedza, liczenie, *logimos* – obliczanie, kalkulacja, rachunek. W starożytnych Atenach *logistes* był urzędnikiem państwowym zajmującym się kontrolowaniem rachunków i formułowaniem na tej podstawie ocen (prognoz) dla swoich zwierzchników. Prefekt legionów rzymskich odpowiedzialny za przygotowanie i zaopatrzenie wyprawy wojennej to *logistae*, pierwowzór późniejszego intendenta, a w kulturze polskiej kwatermistrza. W języku francuskim *logistique* oznacza zakwaterowanie i przemieszczanie wojsk, a w szczególności planowanie wsparcia i zabezpieczenia działań wojennych. Zwraca uwagę czynnościowy aspekt tych określeń i wymierny charakter definiowanych działań praktycznych<sup>2</sup>.

Jedna z pierwszych definicji logistyki jeszcze z roku 1838, dotycząca co prawda logistyki wojskowej pojęcie to odnosi do „sztuki pokonania przestrzeni i czasu”, czyli planowania klasycznych przedsięwzięć czasowo-przestrzennych, będących istotą współczesnych badań operacyjnych. Bardziej współczesna klasyczna definicja logistyki rynkowej z roku 1991 definiuje ją jako „zarządzanie całym łańcuchem dostaw według kryterium minimalnych kosztów przy jednoczesnym spełnieniu wysokich standardów obsługi klienta”<sup>3</sup>. W tym ostatnim przypadku bardzo wyraźnie mamy zdefiniowaną funkcję kryterium – „zarządzanie całym łańcuchem dostaw” przy rzeczywistych ograniczeniach wynikających z konieczności „minimalizacji kosztów procesów logistycznych” i dodatkowym warunkiem brzegowym związanym z potrzebą spełnienia

„wysokich standardów obsługi klienta”. Obie definicje bardzo mocno nawiązują do konceptualnych założeń badań operacyjnych – występuje analityczna funkcja kryterium oraz zbiór ograniczeń i warunków brzegowych nakładanych na zmienne decyzyjne. Zarówno odwieczna logistyka jak też znacznie młodsze badania operacyjne stawiają sobie za główny cel optymalizację decyzji menedżerskich, polegającą na możliwie najbardziej efektywnym wykorzystaniu dostępnych zasobów i środków podczas realizacji zamierzonego celu (zadania)<sup>4</sup>.

Odpowiednie wsparcie logistyczne postrzegane w kategoriach fizycznych, czyli wymiernych i policzalnych od zawsze było warunkiem koniecznym powodzenia wypraw wojennych. Jak widać znaczenie przytoczonych terminów ściśle nawiązuje do aspektów ilościowych i dotyczy albo wykonywania ścisłych operacji kalkulacyjno-analitycznych, albo wymiernych atrybutów pokonania czasoprzestrzeni logistycznej za pomocą różnych systemów transportowych i usługowych przez towary i ludzi, a także świadczenia różnych usług materialnych. Podobny charakter ma także współczesna logistyka zarówno w gospodarce wojskowej jak też w gospodarce cywilnej i rynkowej.

Współczesna logistyka rynkowa lokowana w obszarze nauk o zarządzaniu jest dyscypliną nauk ekonomicznych zajmujących się teorią i praktyką racjonalnego gospodarowania we wszystkich wymiarach czasoprzestrzennych – strategicznym, taktycznym i operacyjnym, a także w wymiarze makro i mikroekonomicznym. Nowoczesne technologie logistyczne obok użytkowych aplikacji teleinformatyki informatyki są stymulatorem gospodarki globalnej gwarantującej obfitość wszelkich dóbr i usług niemal na wszystkich rynkach światowych. Globalne przepływy materiałów, towarów i usług mają przede wszystkim wymiar fizyczny i dlatego tak ważna jest wielokryterialna kalkulacja czasoprzestrzeni logistycznej za pomocą zaawansowanych metod analitycznych, opartych w dużej części na dorobku teorii badań operacyjnych, a implemen-

<sup>1</sup> prof. dr hab. inż. Krzysztof Ficoń – Akademia Marynarki Wojennej

<sup>2</sup> K. Ficoń; *Procesy logistyczne w przedsiębiorstwie*. Impuls Plus Consulting, Gdynia 2001.

<sup>3</sup> K. Ficoń; *Logistyka ekonomiczna. Procesy logistyczne*. BEL Studio Warszawa 2008.

<sup>4</sup> A. Koźmiński (red.); *Współczesne koncepcje zarządzania*. PWN, Warszawa 1987.

towanych dziś w postaci użytkowych systemów informatycznych, wspomagających podejmowanie optymalnych decyzji, także logistycznych.

### Ilościowe uwarunkowania decyzji logistycznych

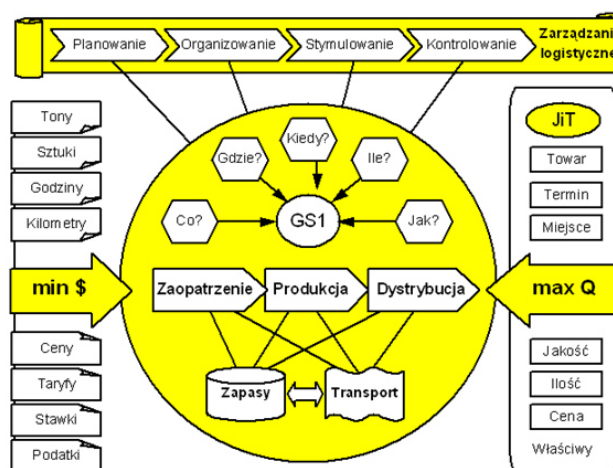
W dobie gospodarki globalnej, której symbolem są masowe przepływy strumieni towarowych we wszystkich możliwych kierunkach w strukturze tzw. logistycznych łańcuchów dostaw, sterowanie ich przemieszczaniem od początkowych źródeł pozyskania, poprzez rozmaite ogniwa pośrednie aż do końcowych ogniw konsumenckich jest zadaniem coraz bardziej złożonym i wymagającym interdyscyplinarnego wsparcia, nie tylko ze strony zaawansowanych technologii informatycznych. Efektywne, najlepiej optymalne sterowanie przepływem dóbr materialnych od producentów surowców, poprzez wszystkie fazy zaopatrzenia, produkcji, dystrybucji i handlu aż do końcowego odbiorcy – w taki sposób, aby żądny towar znalazł się w odpowiedniej ilości, miejscu i czasie przy możliwie minimalnych kosztach jest zadaniem niezwykle złożonym, należącym do kategorii zadań optymalizacyjnych<sup>5</sup>.

Trudno więc zakładać, że w XXI wieku optymalne decyzje menedżerskie mogą być podejmowane wyłącznie na podstawie doświadczenia, rutyny i intuicji decydenta<sup>6</sup>. Na dodatek całe otoczenie gospodarki rynkowej, skali mikro i makro podlega nieustannym zmianom i permanentnym zakłóceniom, co wymaga podejmowania ciągle nowych decyzji adekwatnych do wymagań rynkowych. Decyzje menedżerskie, także w sferze przepływów fizycznych są z reguły wypadkową czynnika psychologicznego (rutyny, intuicji) i czynnika racjonalnego opartego na rachunku ekonomicznym, kalkulacjach, bilansach finansowych i prognozach rynkowych. Dominujący dotychczas czynnik psychologiczny jest coraz częściej zastępowany racjonalnym rachunkiem i precyzyjną kalkulacją, wymuszoną rynkową konkurencją i obecnością wielu zaawansowanych technologicznie podmiotów gospodarczych.

Sprawne i efektywne zarządzanie procesami logistycznymi na każdym szczeblu prowadzonej działalności gospodarczej, w wymiarze mikro i makroekonomicznym wymaga od menedżerów logistyki szerokiej wiedzy interdyscyplinarnej z zakresu takich nauk jak: ekonomia, zarządzanie, finanse i rachunkowość,

marketing i negocjacje, spedycja międzynarodowa, prawo głównie gospodarcze, informatyka i technologie informacyjne, a także inżynieria systemów, projektowanie procesów i inne.

Działalność logistyczną należy rozpatrywać wielowymiarowo w szerokim spektrum organizacyjno-funkcyjnym, techniczno-technologicznym, a przede wszystkim czasowo-przestrzennym. W tym sensie mówimy o prognozowaniu potrzeb rynkowych, bilansowaniu podaży i popytu, planowaniu operacyjnym i strategicznym, prowadzeniu gospodarki magazynowej, organizacji transportu wewnętrznego i zewnętrznego, tworzeniu kanałów dystrybucji, sterowaniu poziomem zapasów itp. Gros decyzji logistycznych dotyczy elementarnych działań operacyjnych związanych z odpowiedzią na sekwencję pytań: co?, gdzie? komu? kiedy? ile? jak?<sup>7</sup> Oczywiście najważniejszym zadaniem każdej formy działalności gospodarczej jest oferowanie konkurencyjnych produktów i usług, pozyskiwanie klientów zarówno po stronie podażowej (dostawcy), jak też po stronie popytowej (odbiorcy).



Rys.1. Ilościowe aspekty współczesnej logistyki rynkowej  
Źródło: Opracowanie własne.

Nie mniej istotnym zadaniem jest współpraca partnerska i kooperacja w różnych łańcuchach dostaw, a także promocja i kształtowanie własnej marki, będącej podstawą konkurencyjności rynkowej. Wszystkie te działania muszą być prowadzone w sposób w pełni skoordynowany, niemal jednocześnie, terminowo, najczęściej jako rozproszone przestrzennie w wielu miejscach i przy minimalnych kosztach.

Zarysowana specyfikacja wskazuje, jak wiele złożonych zadań o charakterze ilościowym musi być równocześnie rozwiązywanych przez menedżerów logistyki. Na dodatek niemal z dnia na dzień ich złożo-

<sup>5</sup> W. Sadowski W.; *Teoria podejmowania decyzji*. PWE, Warszawa 1963.

<sup>6</sup> J. Koziński; *Psychologiczna teoria decyzji*. PWN Warszawa 1975.

<sup>7</sup> J. Bendkowski, M. Kramarz, W. Kramarz; *Metody i techniki ilościowe w logistyce stosowanej*. Wyd. PŚI. Gliwice 2010.

ność się potęguje, a solidność i terminowość wykonania stawia coraz wyższe wyzwania przed decydentami. Spektrum realizowanych zadań i warunki brzegowe, jakie muszą spełniać narzucają na systemy informacyjno-decyzyjne wysokie wymagania jakościowe i efektywnościowe. Aby podołać tym wyzwaniom postęp nauki i praktyki oferuje wiele nowoczesnych metod i technologii usprawniających zarządzanie i podejmowanie efektywnych decyzji<sup>8</sup>. Największym sprzymierzeńcem menedżerów, decydentów i rozmaitych organizatorów życia gospodarczego jest dziś wszechobecna technologia komputerowa, symulacja komputerowa, specjalistyczne systemy informatyczne i nowoczesna teleinformatyka<sup>9</sup>.

Przepływom dóbr materialnych towarzyszą organicznie przypisane do wszelkiej działalności biznesowej strumienie finansowe oraz sterujące wszystkimi procesami gospodarczymi, także logistycznymi strumienie informacyjno-decyzyjne. Strumienie informacyjne po odpowiednim przetworzeniu są bezpośrednią podstawą podejmowania decyzji menedżerskich, które powinny być optymalne ze względu na przyjęte kryterium działania i dodatkowe ograniczenia i uwarunkowania biznesowe, techniczne, organizacyjne, finansowe itp. W procesie decyzyjnym muszą być uwzględnione m.in. dostępne środki finansowe i zasoby materiałowe, które warunkują realizację założonych planów i zadań. Nie mniej krytycznym rekursem logistycznym jest dziś czas, szczególnie mocno eksponowany w standardzie *Just in Time*. Globalny, konkurencyjny rynek towarów i usług oprócz najwyższych kryteriów jakościowych stawia najwyższe wymagania w zakresie wszelkich reżimów czasowych, które muszą być zachowane na wszystkich etapach realizowanych transakcji biznesowych.

Duży wpływ na standardy zarządzania działalnością logistyczną ma kardynalna zasada logistyczna *Just in Time*, która eksponuje takie aspekty ilościowe jak: właściwy czas, właściwe miejsce, właściwy asortyment, właściwa ilość, właściwa jakość i niekiedy właściwa cena. Wszystkie te czynniki poprzez binarny przymiotnik właściwy/niewłaściwy można skwantyfikować i wyrazić za pomocą wymiernych wartości liczbowych, opatrzonych odpowiednimi mianami, co w sposób naturalny implikuje potrzebę wykorzystania odpowiednich metod ilościowych badań operacji w procesie optymalizacji zarządzania logistycznego.

Jak widać absolutna większość decyzji logistycznych ma charakter decyzji ilościowych, gdyż dotyczy przepływów fizycznych, których zasadniczym atrybutem jest ilość, wyrażona z reguły za pomocą odpowiednich jednostek miary: sztuki, tony, litry, metry, kilometry, godziny, waluta, osoby itp. Wyjątkowym atrybutem ilościowym procesów logistycznych jest terminowość ich realizacji i konieczność synchronizacji w określonej czasoprzestrzeni logistycznej. Na gruncie logistyki ściśle metody optymalizacyjne powinny wspomagać i racjonalizować procesy podejmowania decyzji menedżerskich, oferując różne narzędzia do prowadzenia wszechstronnych analiz biznesowych.

Logistyczne decyzje menedżerskie, podejmowane w sferze przepływów fizycznych są z reguły wypadkową czynnika psychologicznego (rutyny, intuicji) i czynnika racjonalnego opartego na rachunku ekonomicznym, bilansach finansowych i prognozach rynkowych<sup>10</sup>. Dominujący dotychczas czynnik psychologiczny jest coraz częściej zastępowany racjonalnym rachunkiem i precyzyjną kalkulacją, wymuszoną rynkową konkurencją i obecnością wielu zaawansowanych technologicznie konkurencyjnych podmiotów gospodarczych.

### Metodologia badań operacyjnych

Badania operacyjne są stosunkowo młodą dziedziną nauki powstałą w okresie II wojny światowej na potrzeby wspomaganie i optymalizacji procesów podejmowania decyzji dowódczych (menedżerskich). W ogólności zajmują się metodami analizy celowych operacji, najczęściej złożonych czasoprzestrzennych działań i obiektywną (ilościową) oceną skutków podejmowanych decyzji. W teorii badań operacji stosuje się podejście systemowe operujące na wyodrębnionych zbiorach elementów powiązanych określonymi relacjami i wspólnym celem działania.

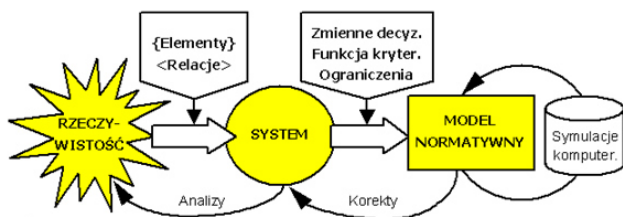
Nieustanny postęp naukowo-techniczny i coraz wyższe nowe wymagania praktyczne powodują, że złożoność prakseologicznych systemów działania ciągle się zwiększa, co generuje nowe potrzeby na efektywne metody podejmowania racjonalnych (optymalnych) decyzji<sup>11</sup>. Metody badań operacyjnych pozwalają precyzyjnie przeanalizować wybrany odcinek rzeczywistości oraz określić ilościowo rezultaty podjętych decyzji.

<sup>8</sup> K. Zimniewicz K.; *Współczesne koncepcje i metody zarządzania*. PWE Warszawa 2000.

<sup>9</sup> E. Gołomska, M. Szymczak; *Informatyzacja w logistyce przedsiębiorstw*. WN PWN Warszawa-Poznań 1997.

<sup>10</sup> W. Radzikowski, Z. Sarjusz-Wolski; *Metody optymalizacji decyzji logistycznych*. Wyd. UW Toruń 1994.

<sup>11</sup> S. Krawczyk; *Badania operacyjne dla menedżerów*. Wyd. AE Wrocław 1996.



**Rys.2. Schemat metodologiczny badań operacyjnych**  
 Źródło: Opracowanie własne.

Na potrzeby praktyki m.in. wspomaganie decyzji logistycznych teoria badań operacyjnych wypracowała 7-etapową procedurę postępowania, obejmującą następujące etapy: sformułowanie problemu, budowa modelu matematycznego, przygotowanie danych wejściowych, opracowanie metody i rozwiązanie modelu matematycznego, analiza adekwatności modelu i jakości otrzymanego rozwiązania, modyfikacja modelu i korekta rozwiązania oraz wdrożenie modelu i metody do praktyki decyzyjnej<sup>12</sup>.

W pierwszym etapie określa się zwykle opisowo w kategoriach jakościowych cel działania badanego systemu, analizuje rozmaite czynniki, od których zależy jego działanie i ustala zakresy ich zmienności. Ponieważ badane systemy rzeczywiste z reguły nie są izolowane lecz podlegają wpływom całego otoczenia systemowego, dlatego ważną rzeczą jest oddzielenie czynników istotnych od mniej ważnych, które mogą być pominięte w analizie. Szczególnym zadaniem jest budowa modelu matematycznego, która polega na znalezieniu zależności analitycznych obrazujących możliwie najlepiej modelowane procesy. Uzyskany w ten sposób formalny model badanego problemu jest najczęściej podlega rozwiązaniu za pomocą różnych metod programowania matematycznego. Aby zweryfikować zbudowany model należy zaproponować odpowiednią metodę jego rozwiązania i przygotować odpowiednie dane źródłowe do prowadzenia badań.

Każdy model matematyczny opisuje badany odcinek rzeczywistości tylko w sposób przybliżony, dlatego uzyskane na jego podstawie rozwiązanie optymalne należy zweryfikować pod kątem realności i adekwatności w stosunku do modelowanej rzeczywistości. Bardzo ważnym etapem jest sprawdzenie modelu pod względem wrażliwości na nowe dane wejściowe i stabilności generowanych rozwiązań. Jeśli wyniki badań nie są zadowalające następuje korekta modelu i ewentualnie stosowanej metody rozwiązania i ponowne jego

testowanie na danych rzeczywistych. Proces ten jest powtarzany aż do chwili otrzymania wyników satysfakcjonujących organa podejmujące decyzje. Zastosowanie nowoczesnych metod i narzędzi informatycznych zasadniczo zwiększa efektywność i użyteczność badań operacyjnych, gdyż pozwala, po uprzednim zbudowaniu odpowiedniej aplikacji komputerowej na wielowariantowe bardzo przyjazne badania za pomocą atrakcyjnej symulacji komputerowej.

Rozwiązane uzyskane nawet za pomocą najbardziej adekwatnego modelu matematycznego powinny być stosowane w praktyce decyzyjnej zawsze z ograniczonym zaufaniem i pewną dozą zdrowego rozsądku. Powinny być traktowane jako jedno z wielu narzędzi usprawniających i obiektywizujących procesy podejmowania decyzji, zwłaszcza skomplikowanych i dynamicznych decyzji menedżerskich. Badania operacyjne są atrakcyjną metodą wspomaganie ilościowej strony procesów decyzyjnych, a pozostaje jeszcze druga jakościowa ich strona, która powinna być racjonalnie równoważona intuicją i doświadczeniem organów decydenckich.

### **Prakseologiczna zasada racjonalnego działania**

Teoria badań operacji bazuje przede wszystkim na prakseologicznej zasadzie racjonalnego działania, która na gruncie nauk stosowanych – ekonomicznych, społecznych czy technicznych oznacza realizację zaplanowanego celu przy różnych uwarunkowaniach i ograniczeniach formalnych, dotyczących rozmaitych kategorii zasobów – czasowych, materialnych, finansowych itp. Zasada racjonalnego działania może być stosowana, gdy postawiony cel i dysponowane do jego realizacji środki (zasoby) są skwantyfikowane, tj. mają charakter „ilości” lub przynajmniej „wielkości”.

Zjawiska i procesy mają charakter ilości, jeśli można je mierzyć, a więc wyrazić jednoznacznie przy pomocy liczby. Istnieją też zjawiska, których nie można bezpośrednio zmierzyć, ale które można uporządkować, czyli ustawić w pewnej kolejności według np. skali ich natężenia. Takie zjawiska mają charakter wielkości. Wynika stąd oczywisty wniosek, że każda ilość jest wielkością, ale nie odwrotnie<sup>13</sup>. W praktyce podejmowania decyzji zasada racjonalnego działania występuje w dwóch wzajemnie wykluczających się

<sup>12</sup> J.J. Kozubski; *Wprowadzenie do badań operacyjnych*. Wyd. UG Gdańsk 2000.

<sup>13</sup> T. Kotarbiński; *Traktat o dobrej robocie*. Ossolineum, Wrocław-Warszawa-Kraków 1969.

wersjach, jako zasada największego efektu lub najmniejszego nakładu<sup>14</sup>.

Prakseologiczna zasada największego efektu jest realizowana jeśli danym nakładem środków  $N = \text{const}$  uzyskuje się maksymalny stopień realizacji celu  $K = K_{\max}$ :

$$K = K_{\max} \parallel N = \text{const}$$

Z kolei zasada najmniejszego nakładu polega na tym, że z góry określony stopień realizacji celu  $K = \text{const}$  osiąga się możliwie najmniejszym nakładem środków  $N = N_{\min}$ :

$$N = N_{\min} \parallel K = \text{const}$$

Niekiedy zasada racjonalnego działania formułowana jest błędnie (nielogicznie) w trzecim wariantcie, jako postępowanie, które prowadzi rzekomo do osiągnięcia największego stopnia realizacji celu  $K = K_{\max}$  przy najmniejszym nakładzie środków  $N = N_{\min}$ :

$$K = K_{\max} \parallel N = N_{\min}$$

Tego rodzaju definiowanie zasady racjonalnego działania jest intuicyjnie fałszywe, gdyż prowadzi do sprzeczności.

Wystarczającym warunkiem do stosowania zasady racjonalnego działania jest, aby cel, do którego dążymy miał charakter wielkości. Chodzi o to, aby istniała możliwość określenia, w jakim stopniu został osiągnięty dany cel – wyższym lub niższym w stosunku do stanu poprzedniego (wyjściowego). Poszczególne poziomy tej wielkości powinny być w sposób jednoznaczny uporządkowane. Zasada racjonalnego działania ma szerokie pole aplikacji niemal w każdej dziedzinie życia osobistego, gospodarczego, społecznego, politycznego, a także w technice, w strategii wojennej, w badaniach naukowych i przede wszystkim w zarządzaniu procesami logistycznymi itp.

Sposób użycia środków zgodnie z zasadą racjonalnego działania nazywamy optymalnym sposobem ich wykorzystania. Optymalizacja wykorzystania środków polega więc na:

- maksymalizacji celu, czyli realizacji celu w największym stopniu przy określonym nakładzie środków lub

- minimalizacji środków, czyli osiągnięcie określonego stopnia realizacji celu najmniejszym nakładem środków.

Wykorzystanie dostępnych środków w sposób nieoptymalny (nieracjonalny) nazywamy marnotrawstwem skutkującym określonymi startami lub szkodami. Formalnie z marnotrawstwem mamy do czynienia wtedy, gdy środki zostały zużyte, a cel nie został osiągnięty zgodnie z zaplanowanym poziomem lub cel został osiągnięty zwiększonym nakładem środków, niż było to konieczne.

### Ogólna formuła modeli normatywnych

Praktyczne wykorzystanie prakseologicznych zasad (reguł) racjonalnego działania wymaga posłużenia się sformalizowanym aparatem matematycznym, pozwalającym na budowanie i rozwiązywanie minimum modeli optymalizacyjnych. Jednymi z najprostszych typów modeli stosowanych w badaniach operacyjnych oraz podczas różnych implementacji zasad racjonalnego gospodarowania są modele normatywne (MN), których ogólna formuła zawiera 5 zasadniczych elementów: zmienne decyzyjne (Z), parametry stałe i zmienne (P), funkcję celu (K), ograniczenia (Q) i warunki brzegowe (W)<sup>15</sup>:

$$NM = \langle Z, P, K, Q, W \rangle$$

gdzie:

$Z = \{Z_i; i = \overline{1, I}\}$  – zmienne decyzyjne modelu (problemu),

$P = \{P_j; j = \overline{1, J}\}$  – parametry stałe i zmienne modelu,

$K = f(Z_i, P_j) \rightarrow \min/\max$  – funkcja kryterium modelu,

$Q = \{Q_k; k = \overline{1, K}\} \geq Q^*$  – ograniczenia dotyczące zasobów,

$W \in W^n; n = \overline{1, N}$  – dodatkowe warunki na zmienne decyzyjne.

Zmienne decyzyjne są to niewiadome, dla których w trakcie rozwiązywania danego modelu poszukuje się optymalnych wartości liczbowych. Dobór rodzajów i zakresu zmiennych decyzyjnych jest zadaniem kluczowym dla modelowanego problemu decyzyjnego. Wyznaczenie wartości optymalnych tych zmiennych jest głównym celem modelowania badane-

<sup>14</sup> O. Lange; *Optymalne decyzje. Zasady programowania*. PWN Warszawa 1967.

<sup>15</sup> R. Göttner; *Badania operacyjne – oczekiwania i zastosowania*, PWE, Warszawa 1975 r. .

go systemu i rozwiązania zidentyfikowanego problemu decyzyjnego. Charakter i zakres zmiennych decyzyjnych determinuje pozostałe elementy modelu normatywnego tj. funkcję celu, ograniczenia i warunki brzegowe. W ogólności zmienne decyzyjne mogą być ciągłe lub dyskretne, albo deterministyczne lub stochastyczne. Ze zmiennymi decyzyjnymi wiążą się często pewne dodatkowe parametry, które mogą przyjmować wartości stałe lub zmienne reprezentujące dodatkowe założenia modelowe.

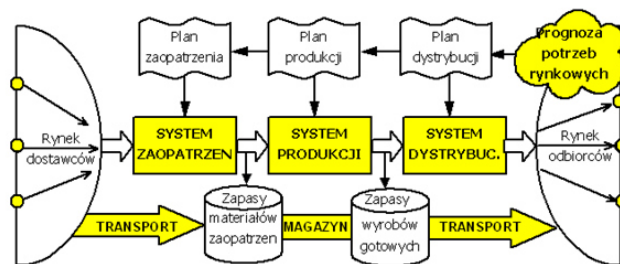
Funkcja celu jest analitycznym wskaźnikiem jakości działania danego modelu, miernikiem jego efektywności i określa optymalne wartości podejmowanych decyzji. Jest ona definiowana za pomocą pewnego wyrażenia matematycznego, np. wielomianu, dla którego będziemy poszukiwać wartości ekstremalnych – maksymalnych lub minimalnych. Funkcję celu zapisujemy za pomocą zależności matematycznych z wykorzystaniem zdefiniowanych zmiennych decyzyjnych. W modelach normatywnych funkcja celu podlega maksymalizacji lub minimalizacji i w ogólności może być liniowa lub nieliniowa, jednokryterialna lub wielokryterialna.

Ograniczenia i warunki brzegowe reprezentują pewne limity nakładane z reguły na zasoby materialne czy finansowe, które charakteryzują środowisko działania modelowanego systemu. Rzeczywiste systemy działania funkcjonują w określonych uwarunkowaniach fizycznych, które skutkują pewnymi ograniczeniami w stosunku do zawsze ograniczonych zasobów materiałowych czy finansowych. Istnienie ograniczeń i warunków brzegowych stanowi zasadniczy wyróżnik modeli optymalizacyjnych rozwiązywanych za pomocą metod badań operacyjnych. Często na zmienne decyzyjne nakładane są dodatkowe warunki wymagające, aby przyjmowały one np. wartości binarne lub całkowitoliczbowe albo zawierały się w określonych przedziałach zmienności, np. w zakresie liczb nieujemnych.

Aby rozwiązać praktyczny, w szczególności logistyczny problem decyzyjny za pomocą ścisłych metod analitycznych należy sformułować go w kategoriach zadania optymalizacyjnego, czyli zbudować adekwatny do sytuacji model matematyczny (normatywny) i wyznaczyć jego rozwiązanie za pomocą wybranych metod badań operacyjnych zaliczanych do tzw. programowania matematycznego. W trakcie z reguły symulacyjnych badań komputerowych zarówno sam model, jak też zaproponowane metody rozwiązania podlegają systematycznej weryfikacji pod kątem ich sytuacyjnej adekwatności i faktycznej przydatności w procesie podejmowania decyzji.

## Kierunki wykorzystania badań operacyjnych w mikrologistyce

Ilościowe metody badań operacyjnych są od lat szeroko wykorzystywane w zarządzaniu procesami logistycznymi zarówno w skali mikro, jak też makroekonomicznej<sup>16</sup>. Mówi się nawet, że burzliwy rozwój logistyki cywilnej (rynkowej) nastąpił dopiero wówczas, gdy nowatorskie metody badań operacyjnych osiągnęły odpowiednią popularność i stosowny poziom aplikacji użytkowych, co miało miejsce na przełomie lat 50/60 XX wieku. Szczególnie intensywnie wykorzystywane są rozmaite metody badań operacyjnych na poziomie mikrologistyki rozpatrywane w strukturze tzw. logistycznego modelu przedsiębiorstwa obejmującego trzy klasyczne systemy funkcjonalne: zaopatrzenia, produkcji i dystrybucji oraz dwa główne systemy infrastrukturalne: transportowy i magazynowy (Rys.3.).



**Rys.3. Logistyczny model przedsiębiorstwa rynkowego**  
Źródło: Opracowanie własne.

Zgodnie z koncepcją tego modelu wszelkie działania operacyjne inicjuje prognozowanie potrzeb rynkowych, jako początkowy etap każdej działalności gospodarczej. Na etapie prognozowania popytu rynkowego wykorzystuje się klasyczne metody prognozowania, które najogólniej dzielą się na metody jakościowe, ilościowe i symulacje komputerowe<sup>17</sup>. W grupie metod jakościowych do najbardziej popularnych należą metody heurystyczne, a wśród nich metoda delficka i metoda okrągłego stołu. Bardziej zaawansowana jest metoda polegająca na budowaniu scenariuszy rozwoju przyszłych zdarzeń. W grupie metod ilościowych w procesie prognozowania popytu rynkowego wykorzystuje się różne metody ekonometryczne oraz stosunkowo prostą metodę szeregów czasowych. Symulacja komputerowa oparta jest na złożonych modelach symulacyjnych, których narzędziowym aparatem jest odpowiednia aplikacja komputerowa.

<sup>16</sup> Z. Sarjusz-Wolski Z.; *Ilościowe metody zarządzania logistycznego w przedsiębiorstwie*. TSZ Toruń 1997.

<sup>17</sup> M. Cieślak; *Prognozowanie gospodarcze. Metody i zastosowania*. WN PWN Warszawa 2004.

Zarządzanie logistyczne w sferze zaopatrzenia jest wspomagane za pomocą rozmaitych metod programowania liniowego i nieliniowego, głównie dyskretnego i wypukłego. Spośród modeli i metod programowania liniowego szczególnie intensywnie są wykorzystywane metoda transportowa oraz kolejna modyfikacja metody simpleks – metoda węgierska. Dużym zainteresowaniem w obszarze tzw. logistyki materiałowej, głównie przy wyborze dostawców cieszą się metody bazujące na programowaniu wielokryterialnym. Procesy zaopatrzenia materiałowego są tradycyjnie wspomagane za pomocą teorii grafów i związanymi z nią różnymi metodami sieciowymi. Podczas opracowywania planów zaopatrzenia materiałowego korzysta się z teorii budowy harmonogramów, metod programowania sieciowego i różnych procedur optymalizacyjnych.

**Tabela 1. Wykorzystanie metod badań operacyjnych w zarządzaniu procesami logistycznymi**

Teorie i metody badań operacyjnych	Popyt rynkowy	Zaopatrzenie materiałowe	Produkcja	Dystrybucja wyrobów	Zapasy magazynowe	Transport
Metody prognozowania						
- metoda szereg. czasow	X					
- metoda scenariuszy	X					
Metoda simpleks		X	X	X	X	
Metoda transportowa		X	X	X		X
Program. dynamiczne			X			X
Program. stochastyczne		X		X		
Program. kwadratowe						
Program. heurystyczne		X		X	X	X
Program. dyskretne		X		X	X	
Program. całkowitoliczb.		X		X		X
Teoria gier				X	X	
Teoria grafów		X	X	X		X
- program. sieciowe		X	X	X		X
Teoria masowej obsługi			X	X		
Sztuczne sieci neuron.		X		X		
Algorytmy genetyczne		X	X	X	X	
Zbiory rozmyte		X		X		X
Symulacja komputerowa	X	X	X	X	X	X

Źródło: Opracowanie własne.

Zarządzanie logistyką produkcji zostało zdominowane przez rozliczne aplikacje z zakresu programowania liniowego, nieliniowego, a także dynamicznego. W grupie metod programowania liniowego dominują różne modele i algorytmy alokacji i przydziału oparte m.in. na teorii grafów i programowaniu sieciowym. Harmonogramowanie procesów produkcyjnych według kryteriów czasowo-przestrzennych za pomocą różnych metod i technik programowania sieciowego należy do klasycznych zadań optymalizacyjnych. Na etapie logistyki produkcji szczególnie aktywnie wykorzystuje się

teorię masowej obsługi do czasowej optymalizacji ciągów technologicznych. Niekiedy zaawansowane procesy i technologie produkcyjne są wspomagane za pomocą dedykowanych aplikacji z obszaru programowania dynamicznego.

Zarządzanie logistyką dystrybucji jest szeroko wspomagane przez klasyczne metody programowania liniowego, tj. metodę simpleks i metodę transportową i różne metody przydziału. Problemy optymalizacji kanałów dystrybucji są efektywnie rozwiązywane za pomocą teorii grafów i programowania sieciowego. Logistyka dystrybucji podczas budowania różnych strategii konkurencyjności korzysta także z dorobku teorii gier zarówno dwuosobowych jak też wieloosobowych. Planowanie sprzedaży rynkowej jest szeroko wspomagane za pomocą teorii budowy harmonogramów, programowania sieciowego, programowania heurystycznego, a także programów kalkulacyjnych opartych na metodach przydziału i alokacji, czy algorytmach transportowych. W bardziej zaawansowanych planach biznesowych wykorzystuje się elementy teorii masowej obsługi, natomiast przy budowaniu strategii konkurencyjności wykorzystuje się elementy teorii gier.

Bardzo znaczącym „logistycznym beneficjentem” dorobku badań operacyjnych jest tzw. gospodarka materiałowa i systemy transportowo-magazynowe. Dużą podatnością na zastosowanie różnych modeli, metod i algorytmów odznacza się problematyka związana z optymalizacją zapasów, których gromadzenie i utrzymanie absorbuje ogromny potencjał logistyczny i przede wszystkim krytyczne zasoby ekonomiczno-finansowe. Pionierską próbę optymalizacji zapasów podejmuje słynny model Wilsona, który prawie od 100 lat jest ciągle modyfikowany pod kątem nowych wyzwań biznesowych. Logistyka zapasów ze swojej natury wymaga rozwiązania takich kwestii ilościowych jak: optymalizacja poziomu zapasów magazynowych, optymalizacja dostaw zaopatrzeniowych w sensie terminu i wielkości dostawy, czy wreszcie optymalizacja asortymentu i kosztów utrzymania zapasów magazynowych. W rozwiązywaniu tych zagadnień wykorzystuje się typowe metody optymalizacyjne z obszaru programowania liniowego i nieliniowego, a także dedykowane modele programowania dynamicznego oraz zaawansowane metody teorii masowej obsługi i programowania dynamicznego.

Logistyczne problemy transportu są szeroko wspomagane za pomocą programowania liniowego i nieliniowego. Specjalistycznym produktem programowym do rozwiązywania tych zadań jest metoda transportowa oraz jej modyfikacja znana, jako metoda wę-

gierska. Bardzo szeroko w obszarze transportu są wykorzystywane modele i algorytmy teorii grafów i programowanie sieciowe. Analityczne metody badań operacyjnych pozwalają na efektywne wykorzystanie zarówno dostępnej sieci komunikacyjnej – analizowanej topologicznie za pomocą teorii grafów, jak też dysponowanych środków transportowych do wykonania określonych zadań przewozowych. W tym przypadku chodzi o maksymalne wykorzystanie przepustowości szlaków komunikacyjnych oraz zdolności ładunkowych środków transportowych i minimalizację tzw. pustych przebiegów.

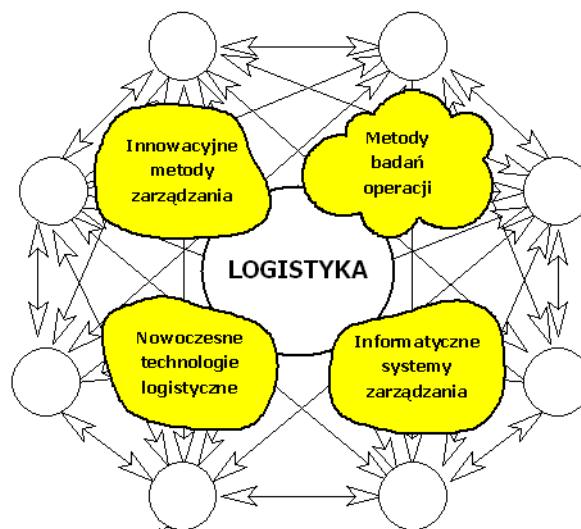
Planowanie wykorzystania transportu to także biznesowe decyzje zaangażowania transportu własnego lub obcego i poziom jego obciążenia, przy spełnieniu określonych standardów technicznych i ekonomicznych. O skali trudności optymalizacji zagadnień transportowych najlepiej świadczy ciągle nierozwiązany bardziej teoretyczny niż praktyczny problem komiwożera TSP (*Travelling Salesman Problem*) zaliczany do tzw. problemów NP.-zupełnych.

### Kluczowe obszary optymalizacji strategii logistycznych

Badania operacyjne są jedną z wielu technologii wykorzystywanych w zarządzaniu współczesną logistyką. Znaczące miejsce zajmują również innowacyjne metody zarządzania biznesowego, a także dedykowane logistyce specjalistyczne technologie zarządzania ukierunkowane na wspomaganie działalności logistycznej. Szczególny wpływ na rozwój nowoczesnej logistyki, tzw. logistyki on-line oprócz kluczowej infrastruktury ogólnosiwiatowej sieci komputerowej internet wywarły rozmaite aplikacje komputerowe i systemy informatyczne obsługujące zarządzanie coraz bardziej skomplikowanymi procesami logistycznymi w gospodarce globalnej (Rys.4).

W dobie obecnej teoria i praktyka logistyki korzysta z metod jakościowych, ilościowych i komputerowych. Metody jakościowe w dużej części wypływają z nurtu klasycznej teorii zarządzania i przykładowo do najbardziej popularnych należy zaliczyć, takie rozwiązania konceptualne jak<sup>18</sup>: JiT (*Just in Time*), Kanban, SCM (*Supply Chain Management*), CF (*Cash Flow*), LM (*Lean Management*), LP (*Lean Production*), DEM (*Dynamic Enterprise Modeler*), QR (*Quick Response*), TBM (*Time Based Management*), TQM (*Total Quality*

*Managementy*), SS (*Six Sigma*), *Outsourcing*, *Benchmarking*, *Reengineering*, BPR (*Business Process Re-Engineering*), czy BI (*Business Intelligence*). Równie istotną rolę odgrywają klasyczne metody zorientowane na ilościowe wsparcie procedur logistycznych, takie jak: 20/80 (ABC), XYZ, ABC (*Activity-Based Costing*), macierz BCG, czy historyczna metoda Wilsona służąca do wyznaczania optymalnej wielkości dostawy magazynowej uwzględniająca tylko dwie kategorie funkcji kosztów.



Rys.4. Konceptualno-technologiczne wsparcie zarządzania logistycznego

Źródło: Opracowanie własne.

W dobie społeczeństwa informacyjnego wszystkie te problemy są dziś efektywnie wspomagane za pomocą technologii komputerowej, która bardzo sprawnie integruje i optymalizuje zarządzanie logistyczne na wszystkich etapach za pomocą specjalistycznych aplikacji i systemów informatycznych<sup>19</sup>. Analityczną podstawą funkcjonowania wszystkich systemów i aplikacji komputerowych są modele, metody i algorytmy badań operacyjnych implementowane w różnych językach programowania do odpowiednich aplikacji komputerowych. Pozostając w konwencji logistyki fazowej: zaopatrzenie – produkcja – dystrybucja historyczny proces komputerowego wspomaganie działalności logistycznej przebiegał w sposób następujący.

Komputeryzacja logistyki zaczęła się praktycznie od pionierskich systemów gospodarki materiałowej takich jak: IC (*Inventory Control*), MRP (*Material Requirements Planning*) i MRPII (*Manufacturing Resource Planning*). Potem informatyka wkroczyła w

<sup>18</sup> J.J. Coyle, E.J. Bardi, C.J. Langley; *Zarządzanie logistyczne*. PWE Warszawa 2002.

<sup>19</sup> K. Ficoń; *Systemy informatyczne przedsiębiorstw*. BEL Studio Warszawa 2003.



obszar produkcji, jako OPT (*Optimized Production Technology*). Sferę dystrybucji początkowo obsługiwały systemy klasy DRP (*Distribution Requirements Planning*) oraz ECR (*Efficient Consumer Response*). Na bazie dedykowanych, odcinkowych systemów MRP, MRPII, OPT, DRP i ECR powstał z czasem zintegrowany produkt informatyczny do obsługi wszystkich procesów logistycznych, jako system ERP (*Enterprise Resource Planning*)<sup>20</sup>.

Wiodąca dziś klasa systemów ERP należy do nowoczesnych zintegrowanych systemów informatycznych kompleksowo obsługujących przedsiębiorstwo lub grupę kooperujących przedsiębiorstw w zakresie wszystkich podstawowych procesów gospodarczych, takich jak: planowanie zaopatrzenia, produkcji i sprzedaży, zarządzanie zapasami, magazynami i transportem, prowadzenie gospodarki finansowej i księgowości, a także zarządzanie kadrami, relacjami z klientem oraz zarządzanie projektem. Aktualna struktura modułowa systemu ERP ewoluuje w stronę logiki biznesowej i zaawansowanych technologii internetowych. Najnowsze wersje systemów ERP funkcjonujące w czasie rzeczywistym mają również wbudowane narzędzia analityczne typu *Business Intelligence* i dlatego nie wymagają dodatkowej wymiany danych, ani odrębnych integracji aktualnie koniecznych funkcjonalności.

Głównie w obszarze logistyki produkcji funkcjonuje narzędziowy standard CIM (*Computer Integrated Manufacturing*), którego struktura w układzie tzw. systemu Y-CIM obejmuje trzy zasadnicze moduły programowe: CAD/CAE/CAP – komputerowe wspomaganie projektowania, CAQ/CAQA/CAA – komputerowe zarządzanie jakością, CAM/CAO/CPC/CNC – komputerowe sterowanie procesami produkcyjnymi. O ile w obszarze logistyki przedsiębiorstw powszechnie obowiązuje standard ERP, o tyle kompleksowe zarządzanie logistyczne wspiera triada kompatybilnych technologii informatycznych: ERP-TMS-WMS, gdzie TMS (*Transportation Management System*) i WMS (*Warehouse Management System*).

Z czasem pojedyncze systemy i aplikacje informatyczne obsługujące nie tylko logistykę, ale także wszystkie procesy biznesowe w skali mikro i makro-ekonomicznej podlegały technologicznej integracji, czego wyrazem jest światowy standard informatyczny SAP firmy AG. Pierwotna wersja SAP/R3 podlegała stopniowej ewolucji poprzez mySAP, aż do internetowego e-SAP, będącego światowym standardem bizne-

sowych systemów teleinformatycznych<sup>21</sup>. Firma AG poprzez swój flagowy standard SAP jest największym producentem i dostawcą zintegrowanych systemów klasy ERP dla współczesnego biznesu na świecie.

## Uwagi

1. Procesy podejmowania racjonalnych decyzji, w szczególności w obszarze logistyki bazują na kryteriach jakościowych (intuicyjnych) oraz ilościowych (analitycznych). W dobie komputerów udział wymiernych kryteriów ilościowych jest coraz bardziej znaczący, co implikuje konieczność wykorzystania nowoczesnych metod analitycznych głównie z szerokiej oferty teorii badań operacyjnych.
2. Logistyka jako interdyscyplinarna dziedzina wiedzy w sferze praktyki rynkowej zajmuje się optymalizacją przepływów fizycznych według kryterium minimalnych kosztów przy jednoczesnym spełnieniu wysokich standardów obsługi klienta. Spełnienie tego paradygmatu oznacza konieczność stosowania prakseologicznej zasady racjonalnego gospodarowania.
3. Głównym celem logistyki jest optymalizacja tzw. czasoprzestrzeni logistycznej, której podstawą jest kardynalna zasada *Just in Time* dotycząca takich wskaźników ilościowych jak: właściwy czas, miejsce, asortyment, ilość, jakość i cena. Efektywne operowanie wskaźnikami jakościowymi wymaga posługiwania się zaawansowanymi metodami analitycznymi, głównie z obszaru teorii badań operacyjnych.
4. Burzliwy rozwój logistyki w dużej mierze wynika z osiągnięć teorii badań operacyjnych i efektywnej aplikacji jej metod na własne potrzeby. Najwyższą użyteczność wykazały liczne teorie i metody zaliczane do szerokiej klasy programowania matematycznego. Analityczna formuła programowania matematycznego w pełni koreluje z kryteriami optymalizacyjnymi procesów i systemów logistycznych.
5. Jak wynika z przeprowadzonych rozważań praktycznie każdy wycinkowy system logistyczny (zaopatrzenia, produkcji, dystrybucji, transportowy, magazynowy) jest dziś efektywnie badany i optymalizowany za pomocą systemowych teorii i metod badawczych. Natomiast do ich optymalizacji

<sup>21</sup> K. Ficoń, G. Krasnodębski; *SAP R/3 – światowy standard informatycznej obsługi procesów biznesowych w gospodarce rynkowej*. ZN WSAiB nr 18/2012.

<sup>20</sup> J. Majewski J. *Informatyka dla logistyki*. ILiM, Poznań 2008.

wykorzystuje się analityczne metody i sprawdzone algorytmy badań operacyjnych, aplikowane w strukturze odpowiednich programów komputerowych.

6. Dla potrzeb wspomagania procesów podejmowania decyzji logistycznych oprócz analitycznych metod badań operacji wykorzystuje się liczne teorie i aplikacje zarówno konceptualne, jak też komputerowe. Efektywna kompilacja teoretycznych koncepcji logistycznych z analitycznymi metodami badań operacyjnych wsparta technologią komputerową stanowi o wysokich standardach zarządzania logistycznego i znaczącym wpływie logistyki na poziom konkurencyjności rynkowej każdego podmiotu gospodarczego.

### Streszczenie

*W pracy przedstawiono problematykę zarządzania procesami logistycznymi rozpatrywaną z punktu widzenia ilościowej teorii podejmowania decyzji. Logistyka, jako interdyscyplinarna dziedzina wiedzy operuje dynamicznymi procesami, które przebiegają w określonej czasoprzestrzeni logistycznej. Podejmowanie optymalnych decyzji logistycznych bazuje głównie na kryteriach i wskaźnikach ilościowych. Podstawą wypracowania optymalnych decyzji ilościowych są teorie i metody badań operacyjnych. Na przykładzie standardowych systemów logistycznych zilustrowano zastosowanie niektórych metod badań operacyjnych do wspomagania procesów decyzyjnych dla potrzeb zarządzania logistyką na szczeblu mikroekonomicznym.*

### Abstract

*The paper presents the problem of the management of logistics processes considered from the point of view of the quantity theory of decision-making. Logistics, as an interdisciplinary field of science operates dynamic processes which take place in a particular space-time logistics. Optimal decisions based mainly on logistical criteria and quantitative indicators. The basis for the development of optimal quantitative decision are theories and methods of operational research. The paper illustrates the use of certain methods of operational research to support decision-making processes for logistics management at microeconomic level on the example of standard logistics systems*

### Literatura

1. Bendkowski J., Kramarz M., Kramarz W.; *Metody i techniki ilościowe w logistyce stosowanej*. Wyd. PŚI. Gliwice 2010.
2. Cieślak M.; *Prognozowanie gospodarcze. Metody i zastosowania*. WN PWN Warszawa 2004.
3. Coyle J.J., Bardi E.J., Langley C.J.; *Zarządzanie logistyczne*. PWE Warszawa 2002.
4. Ficoń K., Krasnodębski G.; *SAP R/3 – światowy standard informatycznej obsługi procesów biznesowych w gospodarce rynkowej*. ZN WSAiB nr 18/2012.
5. Ficoń K.; *Badania operacyjne stosowane. Modele i aplikacje*. BEL Studio, Warszawa 2006.
6. Ficoń K.; *Logistyka ekonomiczna. Procesy logistyczne*. BEL Studio Warszawa 2008.
7. Ficoń K.; *Procesy logistyczne w przedsiębiorstwie*. Impuls Plus Consulting, Gdynia 2001.
8. Ficoń K.; *Systemy informatyczne przedsiębiorstw*. BEL Studio Warszawa 2003.
9. Gołemska E., Szymczak M.; *Informatyzacja w logistyce przedsiębiorstw*. WN PWN Warszawa-Poznań 1997.
10. Göttner R.; *Badania operacyjne – oczekiwania i zastosowania*, PWE, Warszawa 1975.
11. Kotarbiński T.; *Traktat o dobrej robocie*. Ossolineum, Wrocław-Warszawa-Kraków 1969.
12. Koziński J.; *Psychologiczna teoria decyzji*. PWN Warszawa 1975.
13. Kozubski J.J.; *Wprowadzenie do badań operacyjnych*. Wyd. UG Gdańsk 2000.
14. Koźmiński A. (red.); *Współczesne koncepcje zarządzania*. PWN, Warszawa 1987.
15. Krawczyk S.; *Badania operacyjne dla menedżerów*. Wyd. AE Wrocław 1996.
16. Krawczyk S.; *Logistyka w zarządzaniu marketingiem*. Wyd. AE Wrocław 2000.
17. Lange O.; *Optymalne decyzje. Zasady programowania*. PWN Warszawa 1967.
18. Majewski J. *Informatyka dla logistyki*. ILiM, Poznań 2008.
19. Radzikowski W., Sarjusz-Wolski Z.; *Metody optymalizacji decyzji logistycznych*. Wyd. UW Toruń 1994.
20. Radzikowski W.; *Programowanie liniowe i nieliniowe dla ekonomistów*. PWE Warszawa 1971.
21. Sadowski W.; *Teoria podejmowania decyzji*. PWE, Warszawa 1963.
22. Sarjusz-Wolski Z.; *Ilościowe metody zarządzania logistycznego w przedsiębiorstwie*. TSZ Toruń 1997.
23. Zimniewicz K.; *Współczesne koncepcje i metody zarządzania*. PWE Warszawa 2000.