

Dr hab. inż. Stanisław Smyk, prof. ASzWoj  
Akademia Sztuki Wojennej  
ORCID: 0000-0003-1804-4864  
e-mail: s.smyk@akademia.mil.pl

# Optymalizacja jako wyzwanie dla menedżerów ds. logistyki

*Optimization as a challenge for logistics managers*

## Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań odzwierciedlające istotę optymalizacji w logistyce i wymagania z tym związane. W praktyce – w ocenie autora – pojęcie to jest nadużywane ze względu na brak świadomości, że w większości sytuacji decyzyjnych dąży się do racjonalizacji działalności logistycznej, optymalizacja w decyzjach logistycznych powinna zaś polegać na jednoznacznym określeniu kryterium i wykorzystaniu określonego modelu obliczeniowego. Artykuł składa się z trzech części. W pierwszej z nich zostały przedstawione cechy wspólne i różnice racjonalizacji i optymalizacji. Druga część zawiera wyniki badań odzwierciedlające miejsce modeli optymalizacyjnych w typologii modeli. Część trzecia przedstawia logistyczne modele optymalizacyjne najczęściej wykorzystywane w praktyce przez menedżerów ds. logistyki.

Jednym z priorytetów menedżerów ds. logistyki jest dążenie do zwiększania efektywności ekonomicznej procesów logistycznych. Wielowymiarowość logistyki niejako naturalnie komplikuje podejmowanie decyzji, a poszukiwanie rozwiązania optymalnego – optymalnej decyzji logistycznej – nie jest przedsięwzięciem jednoznacznym, oczywistym. Zasadne jest zatem określenie warunków, jakie należy spełnić, aby mówić o podejmowaniu decyzji optymalnych. Opisana sytuacja jest sytuacją problemową, która w zasadniczy sposób zdeterminowała badania i układ treści artykułu jako efektu tych badań.

## Słowa kluczowe:

optymalizacja w logistyce, kryteria optymalizacji w decyzjach logistycznych, logistyczne modele optymalizacyjne

## Abstract

The article presents the results of research reflecting the essence of optimization in logistics and the requirements related to it. In practice – in the author's opinion – this term is overused due to the lack of awareness that in most decision-making situations, the aim is to rationalize logistics activities and optimization in logistics decisions should consist in clearly defining the criterion and using specific computational model. The article consists of three parts. In the first of them, common features and differences of rationalization and optimization were presented. The second part contains the results of research reflecting the place of optimization models against the background of model typologies. The third part presents logistic optimization models most often used in practice by logistic managers.

One of the priorities of logistics managers is to strive to increase the economic efficiency of logistics processes. The multidimensionality of logistics somehow naturally complicates decision-making and the search for an optimal solution – the optimal logistics decision – is not an unambiguous, obvious undertaking. It is therefore reasonable to define the conditions that must be met in order to talk about making optimal decisions. The described situation is a problematic situation that fundamentally determined the research and the arrangement of the content of the article as the result of this research.

## Keywords:

optimization in logistics, optimization criteria in logistic decisions, logistic optimization models

JEL: D21, D29

## Wprowadzenie

Wyzwania społeczne XXI w., szczególnie w okresie kryzysu, są przyczyną poszukiwania możliwości wzrostu efektywności ekonomicznej procesów logi-

stycznych, co jest jednym z głównych wyznaczników wykorzystywanych do oceny jakości decyzji menedżerów ds. logistyki. Wielowymiarowość logistyki niejako naturalnie komplikuje podejmowanie decyzji,

a analiza wielokryterialna pogłębia dylematy decyzyjne: Czy opracowane rozwiązanie logistyczne jest rozwiązaniem optymalnym? Jakie kryteria należy zastosować, aby poprawnie ocenić to rozwiązanie? W jakich sytuacjach możemy przyjmować rozwiązania jako optymalne? Czy decyzja podjęta bez uwzględnienia jednoznacznych kryteriów optymalizacji jest optymalna?

Sytuacja ta jest swego rodzaju sytuacją problemową, ponieważ zarówno w opracowaniach naukowych, jak i opisach praktycznych tego typu rozwiązań spotykamy się z określeniem „optymalna decyzja logistyczna”, ale trudno jednoznacznie stwierdzić, że faktycznie mamy z taką do czynienia. Zasadne jest zatem poszukiwanie odpowiedzi na pytanie, jakie właściwości powinny mieć optymalne rozwiązania logistyczne będące podstawą do podejmowania współczesnych decyzji logistycznych. Tym samym jako cel badań należy przyjąć identyfikację uwarunkowań związanych z podejmowaniem optymalnych decyzji logistycznych.

Optymalizacja jest stosowana praktycznie we wszystkich dziedzinach życia gospodarczego, a samo określenie przyjmuje często charakter słowa wtrychu i bywa nadużywane. Tym samym, mimo istnienia wrażenia, że już nic nowego nie można napisać na ten temat, ze względów pragmatycznych – szczególnie na użytek studentów stojących przed dylematem określenia tytułu pracy dyplomowej – w ocenie autora tę problematykę należy podjąć i wykonać badania nad istotą optymalizacji w logistyce XXI w., gdzie menedżer ds. logistyki korzysta ze wsparcia informatycznego przy podejmowaniu decyzji logistycznych i wydawać się może, że podejmowane decyzje automatycznie są optymalne. Tym bardziej, że co pewien czas pojawiają się nowe rozwiązania, szczególnie te wywodzące się z obszaru tzw. logistyki 4.0, i siłą rzeczy można zakładać, że takie wsparcie technologiczne bazuje tylko i wyłącznie na rozwiązaniach optymalnych. W ocenie autora istnieje konieczność wykazania pewnej ciągłości typowych rozwiązań dotychczas stosowanych mimo dynamicznie zmieniającego się otoczenia, w tym oczekiwań związanych z obsługą logistyczną podmiotów łańcucha logistycznego.

Zastosowana metodyka badań bazowała głównie na metodach *desk research* i *case study*.

## Racjonalizacja i optymalizacja – cechy wspólne i różnice

Ze względu na cel badań należy odnieść się do relacji między racjonalizacją a optymalizacją. Racjonalizacja jest przedsięwzięciem podejmowanym w celu doskonalenia przedsięwzięć gospodarczych i społecznych. Autor pomija kwestie psychologiczne

z tym związane i chce skoncentrować uwagę Czytelnika na działalności gospodarczej. Racjonalizacja ma bardzo wiele synonimów, przy czym dominują: doskonalenie, poprawa, modyfikacja oraz optymalizacja. Uzasadnione jest zatem stwierdzenie, że racjonalizacja jest pojęciem szerszym i obejmuje także optymalizację, która przecież prowadzi np. do modyfikacji procesów logistycznych zwiększających ich efektywność ze względu na określone kryterium optymalizacyjne.

W praktyce biznesowej stosowane są różnorodne kryteria optymalizacyjne. Można stwierdzić, że kryterium optymalizacyjne musi być jednoznaczne, a model optymalizacyjny musi być adekwatny do jego istoty. W matematyce takie kryterium jest określane mianem funkcji celu lub funkcji kryterium i jest wybierane w związku z podejmowaną decyzją lub na początku projektowania logistycznego. Oczywiście modyfikacja (różnicowanie) parametrów wejściowych pozwala wybrać rozwiązanie optymalne z wielu możliwych rozwiązań. Mamy wówczas do czynienia ze spełnieniem wymogów projektowania optymalnego (Ostwald, 2005, s. 99). Możemy spotkać się także z określeniem „problem optymalizacyjny”, co oznacza konieczność poszukiwania rozwiązania zmierzającego do osiągnięcia minimum lub maksimum efektu zdeterminowanego wybranym kryterium optymalizacyjnym. W naukach społecznych często mamy do czynienia z tzw. optymalizacją miękką, czyli poszukiwaniem takiego rozwiązania, które jest najlepsze z możliwych w danych warunkach i może dotyczyć cech jakościowych. Będzie to np. najlepsza struktura organizacyjna podmiotu gospodarczego, najlepsza jakość usług logistycznych, najlepszy przepływ informacji. W ocenie autora są to kwestie, które powinny podlegać racjonalizacji, ponieważ trudno stwierdzić (na podstawie czego?), że dana struktura organizacyjna jest najlepsza. Podobnie jest z jakością usług logistycznych, która często podlega ocenie na podstawie subiektywnych odczuć i kryteriów konsumenta tejże usługi. Dopiero zastosowanie kryterium np. minimalnego kosztu transportu, minimalnego czasu dostawy, minimalnego poziomu zapasów, minimalnej długości drogi przewozu pozwala jednoznacznie ocenić określone rozwiązanie jako najlepsze.

Wyróżnia się wiele rodzajów optymalizacji. W internetowej *Encyklopedii zarządzania* wymienia się optymalizację<sup>1</sup>:

- procesów, w tym procesów logistycznych (Jacyna & Lewczuk, 2016, s. 121–122);
- konstrukcji (uwzględnia się jako parametry optymalizacyjne cechy fizyczne konstrukcji (Ostwald, 2005, s. 99);
- podatkową jako wybór „wariantu realizacji wybranego rezultatu ekonomicznego, z którym wiąże się jak najmniejszy ciężar podatkowy” (Ladziński, 2008, s. 4);

- kosztów;
- topologiczną, której celem jest rozmieszczenie w przestrzeni materiału przeznaczonego do wykonania danej konstrukcji, tak aby kształt konstrukcji był optymalny dla danego ciężaru i warunków brzegowych (Patyk, 2012, s. 382);
- oprogramowania jako przedsięwzięcia polegającego na analizie i poprawie programu komputerowego poprzez zwiększenie sprawności działania oraz zmniejszenie wykorzystania mocy komputera.

Współcześnie podejmowanie decyzji logistycznych wiąże się przede wszystkim z optymalizacją procesów logistycznych, co jest wyrazem podejścia procesowego w zarządzaniu organizacją. Tym samym należy zidentyfikować kryteria optymalizacji i uwarunkowania ich doboru, konsekwencje z tym związane (adekwatność modelu optymalizacyjnego do sytuacji decyzyjnej) oraz aspekty praktyczne zastosowania rozwiązania optymalnego w praktyce logistycznej.

Problemy decyzyjne, w tym logistyczne problemy decyzyjne, zazwyczaj wymagają określenia funkcji kryterium i jednoznacznego zdefiniowania kryterium rozstrzygającego, co jest konieczne do wyboru decyzji optymalnej ze zbioru decyzji dopuszczalnych (wariantów decyzji). Funkcja ta jest wskaźnikiem oceny jakości rozwiązania, przy czym rozwiązanie optymalne osiąga się wówczas, gdy kryterium oceny jakości rozwiązania przyjmuje wartość ekstremalną (minimum lub maksimum wartości).

Kryterium optymalizacji jest wyrazem preferencji decydenta (odzwierciedla istotę funkcji preferencji), który jest zmuszony zdefiniować zasadniczy cel i w konsekwencji efekt racjonalizacji określonego procesu logistycznego. Najczęściej wyróżnia się jednokryterialne i wielokryterialne zadania optymalizacyjne. Oczywiście w przypadku zadań jednokryterialnych wybór rozwiązania optymalnego opiera się na jednym kryterium, a w przypadku zadań wielokryterialnych tych kryteriów jest więcej niż jedno. Tym samym w odniesieniu do jednokryterialnych zadań optymalizacyjnych uwzględnia się jedną funkcję preferencji, a w przypadku zadań wielokryterialnych istnieje konieczność uwzględnienia tylu funkcji preferencji, ile kryteriów optymalizacji bierze się pod uwagę.

W praktyce najczęściej są rozwiązywane jednokryterialne logistyczne zadania optymalizacyjne (LZO), przede wszystkim ze względu na prostotę modeli optymalizacyjnych i łatwość ich zastosowania, przy czym w wysokim stopniu pozwalają one na racjonalizację procesu logistycznego, np. jednoznaczne określenie wielkości zmniejszenia kosztów zapasów. Niestety wielokryterialne LZO wymagają zastosowania złożonych modeli optymalizacyjnych, czyli uwzględniających wiele funkcji preferencji, co oznacza, że w modelu optymalizacyjnym poszukuje

się co najmniej dwóch ekstremów jednocześnie, a to skutkuje tym, że rozwiązanie optymalne ze względu na jedno kryterium może pogarszać rozwiązanie adekwatne dla istoty drugiego kryterium. Na przykład, jeśli dla określonego systemu transportu wewnętrznego w przedsiębiorstwie produkcyjnym chcemy wyznaczyć minimalną liczbę środków transportu wewnętrznego, może to skutkować zwiększeniem wielkości zapasów międzystanowiskowych. Tym samym rozwiązania wielokryterialne są rozwiązaniami kompromisowymi ze względu na istotę określonych funkcji preferencji i trudno wówczas mówić o obiektywnie najlepszym, optymalnym rozwiązaniu.

Można stwierdzić, że zbiór kryteriów optymalizacyjnych jest zbiorem otwartym, aczkolwiek na bazie rozwiązań praktycznych można wyróżnić najczęściej stosowane. Ciekawe stanowisko dotyczące kryteriów wykorzystywanych w LZO jednokryterialnych i wielokryterialnych przedstawiła A. Merkisz-Gurawska (2012, s. 549). W przypadku zadań jednokryterialnych zaproponowała jako kryterium optymalizacji m.in.:

- minimalizację ryzyka środowiskowego (konieczność ilościowego określenia wielkości tego ryzyka);
- maksymalizację pokrycia przestrzennego (maksymalizacja odległości i obsługi populacji, poziom równomiernego rozmieszczenia obiektów logistycznych);
- maksymalizację zysku.

Z kolei w LZO dwukryterialnych mogą być wykorzystywane następujące kryteria:

- minimalizacja kosztów i minimalizacja czasu procesu;
- minimalizacja kosztów i maksymalizacja pokrycia przestrzennego;
- minimalizacja kosztów i minimalizacja odległości między elementami sieci (logistycznej).

Zatem w wypadku modeli wielokryterialnych mamy do czynienia z cząstkowymi kryteriami optymalizacji, przy czym ich dobór powinien podlegać pewnym zasadom. Według B. Roya kryteria cząstkowe powinny być spójne, wyczerpujące (adekwatne do celu optymalizacji) i niepowtarzające się (Roy, 1996, s. 550). W konsekwencji autorka postuluje, aby cele cząstkowe optymalizacji (zatem i kryteria) były:

- kompletne (odzwierciedlające oczekiwania menedżerów mających wpływ na określony problem decyzyjny);
- niepowtarzające się;
- ograniczone do minimum (dążenie do jak najmniejszego rozmiaru problemu decyzyjnego);
- operacyjne (mieralne);
- różnicujące rozwiązania (możliwość wskazania rozwiązania najlepszego – optymalnego).

Tym samym można stwierdzić, że podejmowanie optymalnych decyzji logistycznych wymaga znajo-

mości istoty modeli optymalizacyjnych, w tym jednoznaczного określenia kryterium optymalizacji (lub zbioru kryteriów ograniczonego do minimum).

## Modele optymalizacyjne na tle typologii modeli

Pojęcie modelu dość często jest nieściśle interpretowane (fr. *modèle*, wł. *modello*, łac. *modus* – miara). Najczęściej oznacza „przedstawienie obiektywnie występującego zjawiska, procesu czy rzeczy, nazywanej oryginałem, za pomocą odpowiednich środków odtwarzających” (Nowak, 1998, s. 21), „podobną rzeczywistości możliwej i od nas zależnej, która może być wynikiem opracowań, ale można ją również narzucić” (Pytkowski, 1985, s. 174) lub też „taki dający się pomyśleć lub materialnie zrealizować układ, który odzwierciedlając lub odtwarzając przedmiot badania, zdolny jest zastępować go tak, że jego badanie dostarcza nam nowej informacji o tym przedmiocie” (Sztuff, 1971, s. 23).

W literaturze przedmiotu, szczególnie w opracowaniach encyklopedycznych i słownikowych, można zidentyfikować dwa specyficzne podejścia do istoty modelu, a mianowicie:

- uniwersalne: prezentujące ogólną definicję modelu, pasującą do większości spotykanych w teorii i praktyce modeli, oraz
- szczegółowe: odnoszące się do danej sytuacji, lub dziedziny nauki wykorzystującej określony model.

Model jako taki może stanowić (*Słownik języka polskiego*, 1999, s. 923; *Słownik wyrazów obcych*, 1999, s. 732; *Słownik wyrazów obcych*, 2001, s. 509):

- „schemat, wzór, według którego coś można wykonać”;
- „wykonany w określonej skali (głównie pomniejszony) obiekt, urządzenie, służące między innymi do prezentacji wyglądu, zasady działania”;
- „wzór, według którego coś jest wykonane; przedmiot będący wzorem lub kopią danego przedmiotu, wykonany w mniejszych rozmiarach, zwykle z materiałów zastępczych”;
- „uproszczona struktura funkcjonowania jakiegoś układu elementów, np. działania urządzenia, gospodarki, przedsiębiorstwa”;
- „układ względnie odosobniony, możliwie mało skomplikowany, działający analogicznie do oryginału, którym może być istota żywa, maszyna, zakład przemysłowy, organizacja społeczna (cybernetyczny)”;
- „zależność opisująca wyidealizowane zjawiska fizyczne lub ekonomiczne; przyrządy matematyczne służące do rozwiązywania albo ilustracji tych zależności; także: interpretacje różnych pojęć i teorii matematycznych (matematyczny)”;

- „hipotetyczna konstrukcja myślowa obejmująca układ założeń przyjętych w ekonomii politycznej dla uchwycenia najistotniejszych cech i zależności występujących w danym procesie ekonomicznym (ekonomiczny)”;
- „symulacja obiektu, procesu, zjawiska lub działania urządzenia wykonana za pomocą specjalistycznych programów komputerowych (informatyczny)”.

Do istoty modelu możemy znaleźć wiele odniesień w literaturze z zakresu analizy systemowej rozumianej jako „zbiór metod i technik analitycznych, ocenowych i decyzyjnych, służących racjonalnemu rozwiązywaniu systemowych sytuacji decyzyjnych” (Sienkiewicz, 1994, s. 37).

W monografii *Analiza systemowa – podstawy i metodologia* stwierdzono, że model „jest to narzędzie, za pomocą którego można opisać system i jego zachowanie się w różnych warunkach zewnętrznych” (Findeisen, 1985, s. 303). Zwrócono także uwagę na fakt, że model „jest zazwyczaj uproszczoną reprezentacją rzeczywistości (często umyślnie uproszczoną)” (Findeisen, 1985, s. 303), a więc może przedstawić rzeczywistość zniekształconą, co może prowadzić do fałszywych konkluzji. Tak więc, w ich opinii, zawsze występuje sprzeczność między pożądaną prostotą modelu a wiernością reprezentowanych przez niego zjawisk czy obiektów.

Uprawnione jest zatem stwierdzenie, że **model jest zastępczym przedmiotem poznania (uproszczeniem rzeczywistości), przy czym należy zapewnić jego reprezentatywność** – podobnie jak w wypadku podejścia systemowego. Tym samym model powinien zastąpić oryginał z jednoczesnym odzwierciedleniem jego kluczowych cech, co jest konieczne do wyjaśnienia skutków decyzji i przewidywania zachowania się oryginału ze względu na cel rozważań (istotę optymalizowanej sytuacji decyzyjnej).

Można stwierdzić, że w pierwotnym (wąskim) znaczeniu modele były fizycznym przedstawieniem struktur materialnych w przyjętej skali w stosunku do odtwarzanego przedmiotu.

Współcześnie pojmowanie ich istoty jest bardzo szerokie, a modelem może być „jakakolwiek konstrukcja myślowa na dostatecznym szczeblu abstrakcji” (Habr & Vepřek, 1976, s. 304) bez postaci materialnej, „namacalnej”. Sama zaś konieczność posługiwania się modelami wynika z szeregu przesłanek, wśród których na uwagę zasługują: działania informacyjne zmierzające do opisu, wyjaśnienia, oceny, decyzji i prognozy danego zjawiska czy obiektu oraz działania redukcyjne sprowadzające się do konieczności ułatwienia czynności poznawczych w przypadku zagadnień (problemów) wieloaspektowych.

Różnorodność przytoczonych opisów istoty „modelu” przedstawia tabela 1.

Tabela 1  
Wybrane przykłady słownikowych interpretacji terminu „model”

Interpretacja	Źródło
Schemat, wzór, według którego coś można wykonać	<i>Słownik języka polskiego</i> , 1999, s. 923
Zależność opisująca wyidealizowane zjawiska fizyczne lub ekonomiczne; przyrządy matematyczne służące do rozwiązywania albo ilustracji tych zależności; także: interpretacje różnych pojęć i teorii matematycznych (matematyczny)	
Hipotetyczna konstrukcja myślowa obejmująca układ założeń przyjętych w ekonomii politycznej dla uchwycenia najistotniejszych cech i zależności występujących w danym procesie ekonomicznym (ekonomiczny)	
Symulacja obiektu, procesu, zjawiska lub działania urządzenia wykonana za pomocą specjalistycznych programów komputerowych (informatyczny)	
Wzór, według którego coś jest wykonane; przedmiot będący wzorem lub kopią danego przedmiotu, wykonany w mniejszych rozmiarach, zwykle z materiałów zastępczych	<i>Słownik wyrazów obcych</i> , 1980, s. 484
Osoba pozująca malarzowi lub rzeźbiarzowi	
Przedmiot wykonany najczęściej z drewna lub metalu służący do sporządzania form odlewniczych	
Układ względnie odosobniony, możliwie mało skomplikowany, działający analogicznie do oryginału, którym może być istota żywa, maszyna, zakład przemysłowy, organizacja społeczna (cybernetyczny)	
Wykonany w określonej skali (głównie pomniejszony) obiekt, urządzenie, służące między innymi do prezentacji wyglądu, zasady działania	<i>Słownik wyrazów obcych</i> , 2001, s. 509
Uproszczona struktura funkcjonowania jakiegoś układu elementów, np. działania urządzenia, gospodarki, przedsiębiorstwa	
Podobizna rzeczywistości możliwej i od nas zależnej, która może być wynikiem opracowań, ale można ją również narzucić	Pytkowski, 1985, s. 174
Sformalizowane wyrażenie teorii lub związku, który traktujemy jako uogólnienie	
Narzędzie, za pomocą którego można opisać system i jego zachowanie się w różnych warunkach zewnętrznych	Findeisen (Red.), 1985, s. 303

Źródło: Kurek, 2016, s. 69.

Identyfikację modeli optymalizacyjnych na tle powszechnie występujących klasyfikacji modeli – typologii modeli (rysunek 1) można rozpocząć od poglądu, że wszystkie modele pierwotnie można podzielić na modele materialne i modele symboliczne (Cempel, 2002, s. 46).

Modele materialne, nazywane również fizycznymi, odzwierciedlają w sposób materialny element obiektywnie istniejącej bądź też projektowanej rzeczywistości i są wykonane w określonej skali (najczęściej pomniejszonej lub powiększonej). Tego typu modele, aby mogły zostać wykorzystane w badaniach naukowych, muszą jednak spełniać zasady i prawa analizy wymiarowej (Mueller & Wilk, 1997, s. 158). Ogół modeli fizycznych dzieli się na: modele skalowe i modele analogowe.

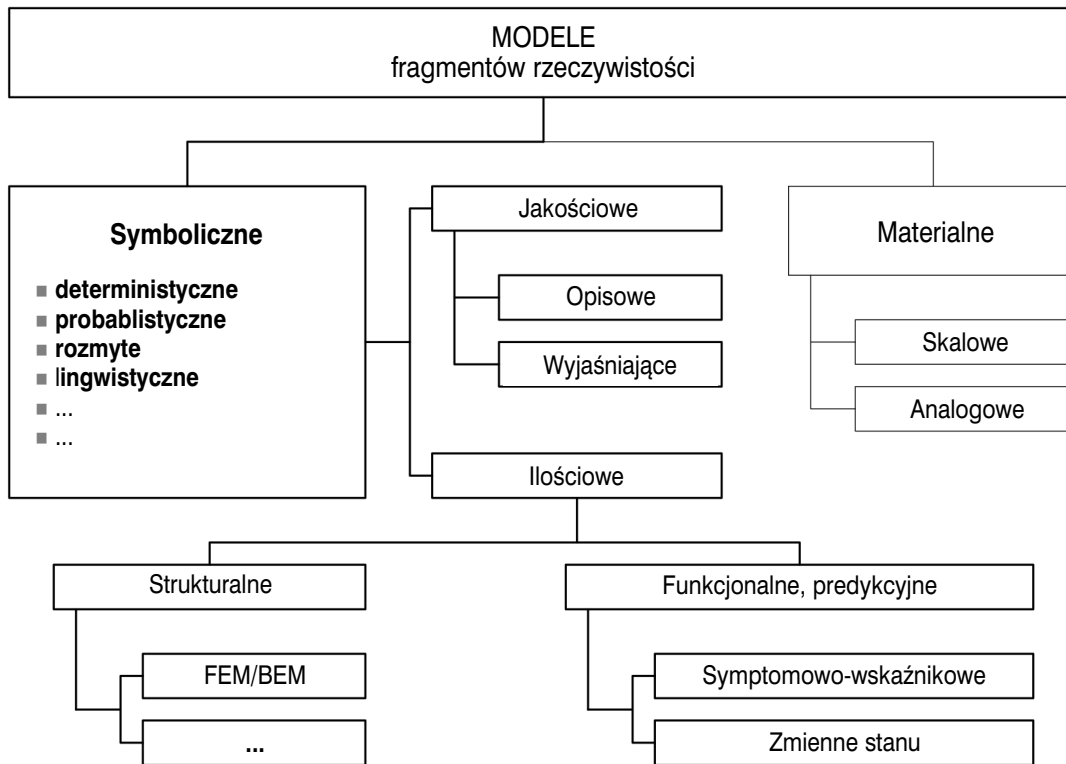
Modele symboliczne, inaczej nominalne, jak wynika z samej ich nazwy, wykorzystują reprezentację symboliczną do przedstawienia struktury lub własności obiektu (procesu). Może ona mieć postać

słowną, graficzną, matematyczną lub mieszaną. Wśród modeli symbolicznych można wyróżnić modele: deterministyczne; probabilistyczne; rozmyte; lingwistyczne; inne. Generalnie jednak, modele nominalne dzieli się na jakościowe i ilościowe. Modele jakościowe mogą mieć charakter czysto opisowy (zgrubny) lub wyjaśniający (bardziej szczegółowy). Z kolei modele symboliczne (ilościowe) można podzielić na dwie klasy. Pierwszą z nich tworzą modele strukturalne, które najczęściej są wykorzystywane do odzwierciedlenia budowy obiektu badań. Drugą natomiast stanowią modele funkcjonalne, przedstawiające w postaci graficznej (np. schematy) lub matematycznej (np. równania) wpływ zmiennych niezależnych na zmienne zależne.

Ze względu na istotę celu badań należy wyróżnić także modele ekonometryczne (ModE) szeroko stosowane do opisu zjawisk ekonomiczno-logistycznych. Model ekonometryczny – odmiana modelu ekonomicznego (Łukawer, 1962, s. 39–76; Choro-

Rysunek 1

## Podział modeli fragmentów rzeczywistości



Źródło: opracowano na podstawie: Cempel, 2002, s. 46.

dowski, 1974, s. 79–80; Tenzer, 1979, s. 245–147; Błaug, 1995, s. 38–41; Caban, 1995, s. 26–27), należący do grupy modeli nominalnych, możemy określić jako opis fragmentu rzeczywistości gospodarczej, który przyjmując formę równania bądź układu równań matematycznych, przedstawia zasadnicze relacje między zjawiskami ekonomicznymi. Modele ekonometryczne najczęściej klasyfikuje się na podstawie kryteriów wynikających m.in. z takich czynników, jak: podmiot i przedmiot, którego dotyczy model; zakres, jaki obejmuje; rodzaj zmiennych, jakie zawiera; parametry modelu; zawartość elementu losowego; przeznaczenie modelu; inne.

Przyjmując zatem za podstawę podziału tej odmiany modeli konkretne kryterium ich wyodrębnienia, można dokonać typologii ModE zobrazowanych na rysunku 2. W ocenie autora typologia ta przedstawia większość spotykanych obecnie w teorii i praktyce ModE (ich podgrupy i rodzaje). Po uwzględnieniu celu, jakiemu służy ModE, wyróżniamy: modele diagnostyczne (opisowe), modele prognostyczne, oraz modele wspomagające procesy decyzyjne (w tym modele optymalizacyjne i modele adaptacyjne).

Z uwagi na postać analityczną funkcji modelu ekonometrycznego możemy wyróżnić modele liniowe

oraz modele nieliniowe. Modele liniowe są modelami wyróżnionymi ze względu na charakter równań w nim występujących (równania liniowe). Jeżeli przynajmniej jedno równanie modelu jest nieliniowe, to wówczas mamy do czynienia z modelami nieliniowymi, które z kolei – z uwagi na rodzaj występujących w nich równań nieliniowych – możemy podzielić na modele sprowadzalne do liniowych – wszystkie równania nieliniowe ze względu na zmienne są sprowadzalne do postaci liniowej poprzez odpowiednią transformację – oraz modele niesprowadzalne do postaci liniowej. Podział ten ma znaczenie tylko praktyczne, ze względu na „obróbkę” ekonometryczną. Poza tym należy zaznaczyć, że obecnie dobrze opanowana jest głównie teoria modeli liniowych i znajdują one powszechne zastosowanie w praktyce logistycznej.

Kryterium sposobu powiązania ze sobą zmiennych endogenicznych, nieopóźnionych w czasie, pozwala na wskazanie modeli prostych, modeli rekurencyjnych oraz modeli o równaniach współzależnych.

Ze względu na rolę czynnika czasu modele ekonometryczne dzielimy na modele statyczne, które nie uwzględniają czynnika czasu, oraz modele dynamiczne, które zawierają zmienne z opóźnieniem czasowym lub zmienną czasową. Model jednorów-

naniowy, w którym jedyną zmienną objaśniającą jest zmienna czasowa, nazywany jest trendem.

Przedstawiony podział ma znaczenie głównie ze względu na przewidywanie, dlatego że do przewidywania lepszy jest model dynamiczny, który jest bardziej elastyczny, uwzględnia zmieniające się warunki. Model statyczny zakłada *implicitie* zasadę *status quo*, co czyni go modelem „sztywnym”.

Uwzględniając liczbę zmiennych objaśniających (w tym wypadku klasyfikujemy każdą funkcję modelu oddzielnie), ModE dzielimy na: modele z jedną

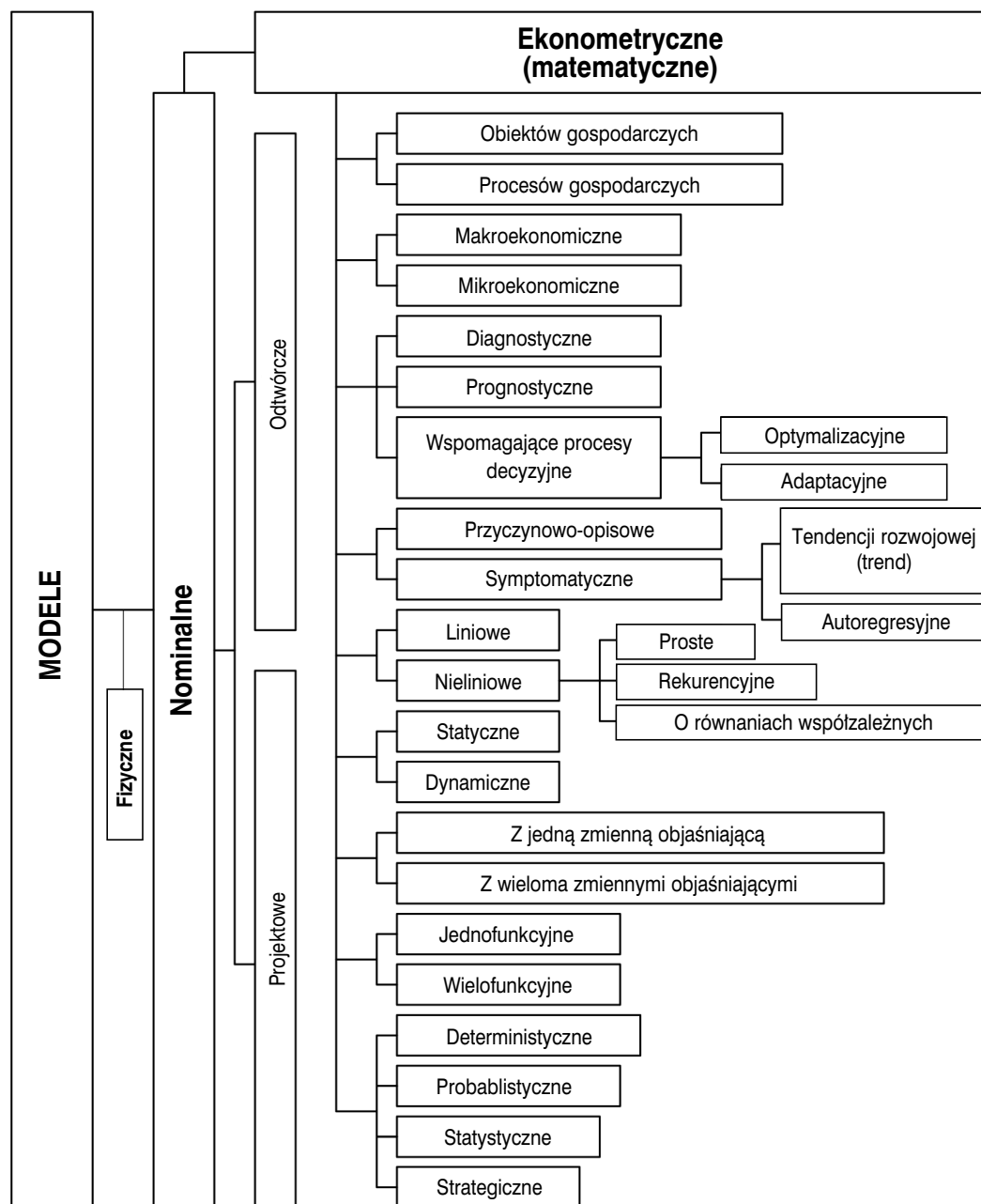
zmienną objaśniającą oraz modele z wieloma zmiennymi objaśniającymi.

Z kolei liczba funkcji modelu pozwala sklasyfikować ModE na: modele jednofunkcyjne oraz modele wielofunkcyjne.

Ze względu na stopień wiedzy o elemencie losowym modelu wśród ModE wyróżnia się modele: probabilistyczne; statystyczne; strategiczne; deterministyczne (brak jest elementu losowego w modelu).

Stosunkowo łatwo jest zauważyć, że tak jak w przypadku ogólnej typologii modeli, tak i w ob-

Rysunek 2  
Rodzaje modeli ekonometrycznych



Źródło: Kurek 2016, s. 73.

szarze dotyczącym odmian modeli ekonometrycznych mamy do czynienia z bardzo szeroką ich paletą (tabela 2). Odnosząc się do ujęcia tabelarycznego, należy podkreślić dwie kwestie, a mianowicie: różnorodność podejść do klasyfikacji (występowanie wielu kryteriów podziału); stosunkowo wysoki stopień subiektywizmu nazewnictwa tej samej klasy konstruktów badawczych – modeli.

W przypadku modeli optymalizacyjnych można wyróżnić wiele metod optymalizacji (Kusiak i in., 2021, s. 20–21), przy czym główny podział tych metod wynika z rodzaju rozwiązywanego zadania optymalizacji.

Tym samym można wyróżnić metody optymalizacji ze względu na:

- rodzaj rozwiązywanego zadania: metody programowania liniowego (liniowe: funkcja celu i ograniczenia); metody optymalizacji nieliniowej (nieliniowa funkcja celu lub ograniczeń);
- ograniczenia: metody optymalizacji bez ograniczeń; metody optymalizacji z ograniczeniami;
- wymiar problemu (liczbę zmiennych optymalizacji): metody jednowymiarowe (jedna zmienna optymalizacji); metody wielowymiarowe (wiele zmiennych optymalizacji);

Tabela 2  
Ogólna typologia modeli

Kryterium podziału	Rodzaj (odmiana, typ) modeli
Sposób realizacji (forma, charakter budowy)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ materialne (przedmiotowe; fizyczne; działające; rzeczywiste; substancjalne; konkretne; energetyczne; energetyczno-materialne):               <ul style="list-style-type: none"> <li>– naturalne: pojedyncze obiekty, próba statystyczna, populacja</li> <li>– sztuczne: laboratoria, stanowiska, poligony</li> </ul> </li> <li>■ idealne (abstrakcyjne; wyobrażeniowe; spekulatywne; myślowe; informacyjne):               <ul style="list-style-type: none"> <li>– obrazowe (ikoniczne)</li> <li>– werbalne (umowne)</li> <li>– logiczne</li> <li>– mieszane (pośrednie)</li> </ul> </li> <li>■ inergetyczne (logistyczne, energetyczno-materialno-informacyjno-czasowe)</li> </ul>
Język modelowania	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ werbalne (naturalne; opisowe; słowne; aprioryczne)</li> <li>■ ideograficzne (graficzne)</li> <li>■ formalne (logiki formalnej)</li> <li>■ matematyczne: analogowe; strukturalne; cyfrowe; cybernetyczne</li> <li>■ mieszane</li> </ul>
Przeznaczenie (cel tworzenia)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ objaśniające (opisujące; deskryptywne; zjawiskowe; analityczne)</li> <li>■ diagnostyczne (identyfikujące; znalezienia błędów)</li> <li>■ ocenowe (wartościujące)</li> <li>■ prognostyczne (predykcyjne)</li> <li>■ planistyczne</li> <li>■ decyzyjne</li> <li>■ optymalizacyjne</li> </ul>
Obszar stosowania	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ teoretyczno-analityczne</li> <li>■ dydaktyczne</li> <li>■ aplikacyjne (operacyjne)</li> </ul>
Aspekt	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ strukturalne</li> <li>■ funkcjonalne</li> <li>■ rozwojowe</li> </ul>
Charakter cech	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ deterministyczne</li> <li>■ probabilistyczne</li> <li>■ rozmyte</li> <li>■ nieprzewidywalne</li> </ul>
Zmienność cech	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ statyczne</li> <li>■ dynamiczne</li> </ul>
Ciągłość	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ dyskretne</li> <li>■ ciągłe</li> </ul>

Źródło: Kurek, 2016, s. 77–78.



- kryteria optymalizacji: metody dla pojedynczego kryterium; metody wielokryterialne (wiele kryteriów optymalizacji).

Można zauważyć ścisły związek między metodą i modelem. Niekiedy określenia te są stosowane zamiennie.

## Logistyczne modele optymalizacyjne

Przedsięwzięcia logistyczne wykonywane zarówno w przedsiębiorstwie, jak i łańcuchu dostaw są konsekwencją decyzji podjętych przez menedżerów ds. logistyki. Tym samym typ decyzji (to, czego ona dotyczy) determinuje dobór modelu optymalizacyjnego. Decyzje menedżerskie zazwyczaj mają charakter decyzji strategicznych, taktycznych i operacyjnych, także w logistyce. Decyzje strategiczne najczęściej dotyczą wyboru: liczby i miejsc lokalizacji obiektów logistycznych, w tym miejsc gromadzenia i przechowywania zapasów; strategicznych dostawców materiałów; zakresu i wykonawców usług logistycznych; kanałów dystrybucji. Decyzje taktyczne koncentrują się na wyborze: sposobów wykorzystania magazynów; środków transportu zewnętrznego; wielkości kosztów logistyki. Decyzje operacyjne wiążą się z bieżącą działalnością logistyczną i dotyczą m.in.: harmonogramowania produkcji; zarządzania zapasami; ustalania poziomu zapasów cyklicznych i bezpieczeństwa; planowania zakupów zaopatrzeniowych; szacowania potrzeb w zakresie zasobów ludzkich; organizowania działań logistycznych; kontrolowania kosztów logistyki i jakości obsługi logistycznej. W konsekwencji logistyczne modele optymalizacyjne, najczęściej wykorzystywane przez menedżerów ds. logistyki, są stosowane do:

- projektowania sieci dystrybucji (wyznaczanie lokalizacji centrów dystrybucji);
- projektowania systemów transportowych (optymalizacja zadań transportowych, minimalizacja pustych przebiegów, wyznaczanie tras dostaw);
- zarządzania zapasami (rozmieszczenie zapasów, szacowanie ich wielkości, wyznaczanie terminów składania zamówień).

Sieć dystrybucji obejmuje wiele podmiotów, których dobór jest zdeterminowany przede wszystkim intensywnością dystrybucji. Można kierować się wieloma kryteriami doboru dystrybutorów. Mogą to być kryteria jakościowe, np. wynikające z reguły 5C (Bendkowski & Kramarz, 2011, s. 220–221) lub kryteria ilościowe. Można także dobrać kryteria jakościowo-ilościowe. Jednak w przypadku poszukiwania optymalnej sieci dystrybucji należy zastosować kryteria ilościowe. Optymalizacja najczęściej polega wówczas na doborze modelu matematycznego pozwalającego na identyfikację funkcji kosztowych. W literaturze przedmiotu rekomendowanych jest wiele metod bazujących na tym kryterium, a miano-

wicie metoda najkrótszej ścieżki, metoda minimalnie rozgałęzionego drzewa (Kauf & Tłuczak, 2016, s. 70–75). Niemniej największą popularnością cieszy się metoda środka ciężkości, która jest stosowana do optymalizacji lokalizacji centrów dystrybucji lub innych obiektów logistycznych wykorzystywanych w ramach danego kanału dystrybucji. W tym przypadku kryterium optymalizacji jest także kryterium kosztowe, a mianowicie minimalny koszt transportu dowozu ładunków do obiektów i wywozu ładunków z obiektów do obiektu logistycznego – np. centrum dystrybucji, dla którego poszukuje się optymalnej lokalizacji (Krawczyk, 2001, s. 182–194).

W przypadku projektowania systemów transportowych najczęściej występuje optymalizacja tras przewozów, przy czym kryterium optymalizacji stanowi minimalny czas lub minimalne koszty przewozu. Zagadnienia optymalizacji w transporcie są złożone i istnieje wiele metod, w których uwzględnia się te kryteria optymalizacyjne. Zagadnienia tego typu optymalizacji są rozwiązywane w ramach badań operacyjnych oraz programowania matematycznego. W praktyce logistycznej wyznaczanie optymalnych tras często oznacza rozwiązywanie problemu komiwojażera (*traveling salesman problem*), przy czym optymalizacja polega na wyznaczeniu minimalnego cyklu Hamiltona w pełnym grafie ważonym (Kauf & Tłuczak, 2016, s. 123). Według S. Kauf i A. Tłuczak do rozwiązania tego problemu można wykorzystać algorytmy „drogi do najbliższego sąsiada”, „sukcesywnie dołączanych węzłów” lub „chińskiego listonosza” (*Chinese postman problem*). Ze względu na charakter artykułu autor proponuje zapoznanie się z literaturą źródłową i nie przedstawia uwarunkowań szczegółowych metody. Z powodu złożoności procesów transportowych stosowane są także złożone metody marszrutyzacji oparte na analizie wielokryterialnej (Żelazny, 2012, s. 157–163, za: Kauf & Tłuczak, 2016, s. 135).

W odniesieniu do zarządzania zapasami najpowszechniej są wykorzystywane metody wyznaczania optymalnej wielkości zamówienia (*economic order quantity*) oraz czasu optymalnego cyklu zamawiania (przeglądu zapasów). W wypadku pierwszej z nich kryterium optymalizacyjnym jest minimalny koszt zapasów (Krzyżaniak, 2008, s. 161). Wyznaczona wielkość jest jednocześnie normą sterującą w systemie zamawiania opartym na poziomie informacyjnym (modelu poziomu zapasu informacyjnego wyznaczającego moment zamawiania) (Krzyżaniak, 2008, s. 128). Czas optymalnego cyklu przeglądu zapasu traktuje się jako normę sterującą w modelu stałego cyklu zamawiania (systemie przeglądu okresowego), przy czym kryterium optymalizacji jest wówczas czas przeglądu, który jest wyznaczany na podstawie ekonomicznej liczby dostaw, która z kolei jest zdeterminowana ekonomiczną wielkością zamówienia (Smyk, 2016, s. 71).

## Podsumowanie

Uzyskane wyniki badań potwierdziły zasadność podjęcia badań problematyki optymalizacji w logistyce. Potwierdziła się teza, że pojęcie to jest nadużywane. Najczęściej w praktyce podejmowane są działania racjonalizatorskie w celu doskonalenia istniejących rozwiązań logistycznych, mimo używania w stosunku do tych przedsięwzięć określenia „optymalizacja”. Optymalizacja zaś jest jedną z form racjonalizacji przedsięwzięć logistycznych. Jest to zjawisko o tyle niekorzystne, że menedżerowie mogą nie dostrzec konkretnych walorów ekonomicznych (minimum, maksimum kryterium optymalizacji) i decydować się na zastosowanie tzw. miękkiej optymalizacji.

Współczesne, złożone procesy logistyczne składają się do zastosowania modeli i metod wielokryterialnych, co zazwyczaj prowadzi do uzyskania roz-

wiązań suboptymalnych, gdy dążymy do zwiększania efektywności ekonomicznej tych procesów. Niemniej jednak autor uważa, że sama świadomość istoty optymalizacji w logistyce jest wartością, ponieważ jest to warunek konieczny do wykorzystania w procesie decyzyjnym jednego z wielu modeli optymalizacyjnych powszechnie dostępnych i opisanych w literaturze przedmiotu.

Przeprowadzone badania uprawniają także do stwierdzenia, że najpowszechniej są wykorzystywane jednoparametryczne modele optymalizacyjne, aczkolwiek paleta metod optymalizacji jest dość szeroka. To stwierdzenie jest ważne nie tylko ze względu na praktyczną przydatność badań operacyjnych, ale jest jednocześnie wskazówką, co w pierwszej kolejności powinni przyswoić – w ramach kształtowania kompetencji zawodowych – studenci kierunku logistyka.

## Przypisy/Notes

<sup>1</sup> <https://mfiles.pl/pl/index.php/Optymalizacja> (dostęp: 11.08.2022).

## Bibliografia/References

- Bendkowski, J., & Kramarz, M. (2011). *Logistyka stosowana. Metody, techniki, analizy. Część I*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej.
- Blaug, M. (1995). *Metodologia ekonomii*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Caban, W. (Red.). (1998). *Ekonomia*. Przedsiębiorstwo Specjalistyczne Absolwent.
- Cempel, Cz. (2002). *Nowoczesne zagadnienia metodologii i filozofii badań*. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej.
- Chorodowski, J. (1974). *Definicje w systemach ekonomicznych*. Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego.
- Findeisen, W. (Red.). (1985). *Analiza systemowa – podstawy i metodologia*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Habr, J., & Vepřek, J. (1976). *Systemowa analiza i synteza*. PWE.  
<https://mfiles.pl/pl/index.php/Optymalizacja> (dostęp: 09.12.2022).
- Jacyna, M., & Lewczuk, K. (2016). *Projektowanie systemów logistycznych*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Kauf, S., & Tłuczak, A. (2016). *Optymalizacja decyzji logistycznych*. Difin.
- Krawczyk, S. (2001). *Metody ilościowe w logistyce (przedsiębiorstwa)*. C.H.Beck.
- Krzyżaniak, S. (2008). *Podstawy zarządzania zasobami w przykładach*. Wyd. IV. Instytut Logistyki i Magazynowania.
- Kurek, S. (2016). Modele i modelowanie – zasadnicze problemy. W: S. Smyk (Red.), *Postulatywny model pozyskiwania zasobów logistycznych spoza Sił Zbrojnych RP*. Wydawnictwo Akademii Obrony Narodowej.
- Kusiak, J., Danielewska-Tutecka, A., & Oprocha, P. (2021). *Optymalizacja. Wybrane metody z przykładami zastosowań*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Ladziński, A. (2008). Prawne granice optymalizacji podatkowej. *Przegląd Podatkowy*, (6), 18–23.
- Łukawer, E. (1962). Modele ekonomiczne, ich istota i klasyfikacja. *Zeszyty Naukowe Politechniki Warszawskiej. Ekonomia Polityczna*, (3).
- Merkisz-Guranowska, A. (2012). Kryteria optymalizacji w lokalizacji podmiotów sieci recyklingu pojazdów. *Logistyka*, (4).
- Mueller, L., & Wilk, A. (1997). *Teoria podobieństwa w badaniach modeli fizycznych i matematycznych*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej.
- Nowak, E. (Red.). (1998). *Prognozowanie gospodarcze. Metody, modele, zastosowania, przykłady*. Placet.
- Ostwald, M. (2005). *Podstawy optymalizacji konstrukcji*. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej.
- Patyk, R., & Kułakowska, A. (2012). Topologiczna optymalizacja konstrukcji na przykładzie widłaka wału przegubowego. *Autobusy, Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe*, (5).
- Pytkowski, W. (1985). *Organizacja badań i ocena prac naukowych*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Roy, B. (1996). *Multicriteria methodology for decision aiding*. Kluwer Academic Publishers.
- Sienkiewicz, P. (1994). *Analiza systemowa. Podstawy i zastosowania*. Bellona.
- Słownik języka polskiego*. (1999). PWN.
- Słownik wyrazów obcych*. (1980). PWN.
- Słownik wyrazów obcych*. (2001). Wydawnictwo „Europa”.

Smyk, S. (2016). *Obsługa logistyczna*. Wydawnictwo Akademii Obrony Narodowej.

Sztuff, W. (1971). *Modelowanie i filozofia*. PWN.

Tenzer, O. (Red.). (1979). *Wstęp do metodologii ekonomii*. Ossolineum.

Żelazny, D., Optymalizacja wielokryterialna w problemie marszrutyżacji (VRP). W: A. Świertniak, & J. Krystek (Red.), *Automatyzacja procesów dyskretnych: teoria i zastosowania*. T. 1 (157–163). Wydawnictwo Pracowni Komputerowej Jacka Skalmierskiego.

**Dr hab. inż. Stanisław Smyk, prof. ASzWoj**

Profesor uczelni – Akademii Sztuki Wojennej, dyrektor Instytutu Logistyki Wydziału Zarządzania i Dowodzenia. Jest absolwentem Wojskowej Akademii Technicznej. Jego dorobek naukowy zawiera się w dziedzinie nauk społecznych, w dyscyplinie nauki o zarządzaniu i jakości oraz nauki o bezpieczeństwie. Wśród zainteresowań naukowych należy wyróżnić następującą problematykę z zakresu logistyki: systemy i procesy logistyczne; outsourcing logistyczny; zabezpieczenie logistyczne wojsk; zabezpieczenie logistyczne jednostek straży pożarnej; zarządzanie zasobami logistycznymi systemu gospodarczo-obronnego państwa. Jest autorem wielu publikacji naukowych zamieszczonych w wydawnictwach krajowych i zagranicznych. W swoich badaniach naukowych koncentruje się na determinantach integracji teorii i praktyki logistyki gospodarczej (cywilnej) i wojskowej, co znalazło odzwierciedlenie m.in. w monografii pt. *Outsourcing logistyczny w Siłach Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej*.

**Dr hab. inż. Stanisław Smyk, prof. ASzWoj**

Professor at the War Studies University, director of the Institute of Logistics at the Management and Command Faculty. Graduate of the Military University of Technology. His academic achievements are in the field of social sciences, in the discipline of management and quality, and security sciences. His scientific interests include the following logistic issues: logistic systems and processes; logistic outsourcing; logistic support of the army; logistic support of fire departments; management of logistic resources of the economic and defense system of the country. Author of numerous scientific publications in national and international journals. In his scientific research he mainly focuses on the determinants of integration of theory and practice of economic (civil) and military logistics, which is reflected, among others, in the monograph *Outsourcing logistyczny w Siłach Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej* (*Logistic outsourcing in the Polish Armed Forces*).

ZAPOWIEDŹ

Sławomir Wawak

## ZARZĄDZANIE JAKOŚCIĄ W PROJEKCIE



Polskie  
Wydawnictwo  
Ekonomiczne

**Sławomir Wawak**

## ZARZĄDZANIE JAKOŚCIĄ W PROJEKCIE

Zarządzanie jakością od wielu lat było przedstawiane w standardach i publikacjach naukowych jako jeden z istotnych aspektów projektu. Prowadzone w tym zakresie badania sugerują jednak, że deklaracje autorów standardów w niewielkim stopniu odpowiadają projektowej rzeczywistości. W praktyce bowiem obserwuje się, że na jakość brakuje czasu. Ważniejsze są przekroczone budżet, niedotrzymany harmonogram czy „gaszenie pożarów”.

W podjętych badaniach, których efektem jest ta monografia, skupiono się na poszukiwaniu istniejących rozwiązań oraz wypracowaniu spójnej koncepcji zarządzania jakością w projekcie. Dążono przy tym do integracji różnych szkół zarządzania jakością oraz wielu podejść do zarządzania projektami, aby wyodrębnić dobre praktyki – niezależnie od źródła ich pochodzenia.

Zarządzanie jakością w projektach było dotychczas badane wycinkowo, w odniesieniu do wybranych standardów, metodyk, metod lub technik. W literaturze brakuje badań, które wielowymiarowo pokazywałyby, jak kierownicy i członkowie zespołów projektowych faktycznie zarządzają jakością. Rozmowy przeprowadzone z doświadczonymi menedżerami projektów przekonują, że jakość nie jest traktowana jako kluczowy aspekt zarządzania projektami.

Monografia integruje dostępną wiedzę z zakresu zarządzania jakością w projekcie, a jednocześnie pokazuje dalsze potrzebne kierunki badań. Wynikają one z istnienia zarówno luk wykrytych w ramach badań dorobku naukowego, jak i niedostatków zidentyfikowanych w trakcie badania ponad pięciuset kierowników i członków zespołów projektowych.

Więcej informacji na: [www.pwe.com.pl](http://www.pwe.com.pl)