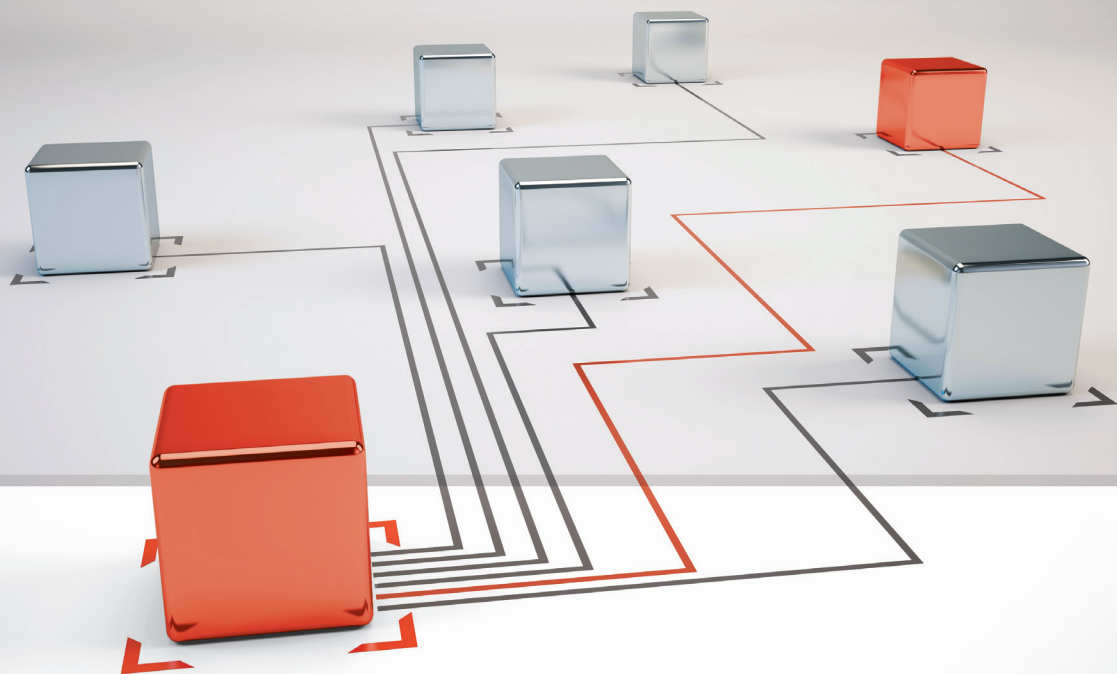




# PROJEKTOWANIE SYSTEMÓW LOGISTYCZNYCH

Marianna Jacyna  
Konrad Lewczuk



# **PROJEKTOWANIE SYSTEMÓW LOGISTYCZNYCH**





**PROJEKTOWANIE  
SYSTEMÓW  
LOGISTYCZNYCH**

**Marianna Jacyna  
Konrad Lewczuk**



Projekt okładki i stron tytułowych: **Przemysław Spiechowski**

Fotografia na okładce: **Sashkin/Shutterstock**

Wydawca: **Adam Filutowski**

Koordynator ds. redakcji: **Renata Ziółkowska**

Redaktor: **Barbara Jaworska**

Produkcja: **Mariola Grzywacka**

Skład i łamanie: **Pracownia Obrazu – Anna Sandecka-Ląkocy**

Recenzenci: **prof. dr hab. inż. Lech A. Bukowski**  
**prof. dr hab. inż. Edward Michłowicz**

Praca dofinansowana jest ze środków w ramach projektu PBS3 „System do modelowania i wizualizacji w 3D obiektów magazynowych (SIMMAG3D)” finansowanego z NCBR oraz ze środków statutowych na naukę.

Książka, którą nabyłeś, jest dziełem twórcy i wydawcy. Prosimy, abyś przestrzegał praw, jakie im przysługują. Jej zawartość możesz udostępnić nieodpłatnie osobom bliskim lub osobiście znanym. Ale nie publikuj jej w internecie. Jeśli cytujesz jej fragmenty, nie zmieniaj ich treści i koniecznie zaznacz, czyje to dzieło. A kopiując jej część, rób to jedynie na użytek osobisty.

Szanujmy cudzą własność i prawo.  
Więcej na [www.legalnakultura.pl](http://www.legalnakultura.pl)  
*Polska Izba Książki*

Copyright © by Wydawnictwo Naukowe PWN SA  
Warszawa 2016

ISBN 978-83-01-18806-1

Wydanie I

Wydawnictwo Naukowe PWN SA  
02-460 Warszawa, ul. Gottlieba Daimlera 2  
tel. 22 69 54 321, faks 22 69 54 288  
infolinia 801 33 33 88  
e-mail: [pwn@pwn.com.pl](mailto:pwn@pwn.com.pl); [reklama@pwn.pl](mailto:reklama@pwn.pl)  
[www.pwn.pl](http://www.pwn.pl)

Druk i oprawa: OSDW Azymut Sp. z o. o.

---

# Spis treści

---

<b>Wstęp</b> .....	9
<b>1. Założenia metodologiczne projektowania systemów logistycznych</b> .....	15
1.1. Definicje podstawowych pojęć .....	15
1.2. System logistyczny .....	20
1.3. Elementy systemu logistycznego .....	29
1.4. Rodzaje systemów logistycznych .....	35
1.5. Procedura projektowania systemu logistycznego .....	43
<b>2. Problemy decyzyjne w projektowaniu systemów logistycznych różnej skali</b> .....	55
2.1. Obszary i cele projektowania systemów logistycznych .....	55
2.2. Procedura oceny poprawności funkcjonowania systemu logistycznego .....	57
2.3. Controlling logistyczny a projektowanie systemów logistycznych .....	60
2.4. Audyt logistyczny a projektowanie systemów logistycznych .....	65
2.5. Niezawodność na etapie projektowania systemu logistycznego .....	70
<b>3. Funkcje i zadania systemów logistycznych</b> .....	77
3.1. Funkcje i zadania systemów logistycznych różnej skali .....	77
3.2. Zadanie logistyczne – formułowania, rozwiązania, zakres przekształceń .....	94
3.3. Przykład formułowania zadania logistycznego .....	98
<b>4. Modele przepływu ładunków i informacji w systemach logistycznych – zasady konstruowania, istota przekształceń</b> .....	104

4.1. Założenia ogólne metod mapowania w procesach przepływu materiałów i informacji . . .	104
4.2. Symbolika stosowana w procesach przepływu – założenia, zasady stosowania . . . . .	107
4.3. Narzędzia zapisu procesów logistycznych – założenia, zasady stosowania . . . . .	110
4.4. Zastosowanie technik komputerowych do symulacji i wizualizacji procesów logistycznych na przykładzie magazynów . . . . .	120
<b>5. Kształtowanie systemów i procesów logistycznych . . . . .</b>	<b>130</b>
5.1. Kształtowanie funkcjonalno-przestrzenne systemów logistycznych . . . . .	130
5.2. Kształtowanie procesu logistycznego . . . . .	139
5.3. Dobór technologii magazynowania do zadań logistycznych . . . . .	142
5.4. Dobór technologii transportowych do zadań logistycznych . . . . .	144
5.5. Problemy doboru lokalizacji przestrzennej dla punktowych elementów systemu logistycznego. . . . .	150
<b>6. Wymiarowanie systemów logistycznych . . . . .</b>	<b>160</b>
6.1. Szacowanie wielkości przepływów materiałowych w systemie logistycznym . . . . .	160
6.2. Wyznaczanie powierzchni i kubatur. . . . .	167
6.3. Czasy realizacji zadań logistycznych . . . . .	172
6.4. Pracochłonność procesów przepływów materiałów i informacji . . . . .	178
6.5. Wymiarowanie procesów logistycznych ze względu na zasoby pracy . . . . .	183
6.6. Organizacja procesu logistycznego – harmonogramowanie . . . . .	186
<b>7. Procedura obliczania nakładów i kosztów w systemach logistycznych . . . . .</b>	<b>195</b>
7.1. Założenia do obliczania nakładów i kosztów w systemach logistycznych . . . . .	195
7.2. Szacowanie nakładów w fazie projektowania systemu logistycznego. . . . .	197
7.3. Zasady obliczania składowych kosztów eksploatacyjnych w projektowaniu systemów logistycznych . . . . .	198
7.4. Zasady obliczania składowych kosztów operacyjnych w projektowaniu systemów logistycznych . . . . .	207
<b>8. Wielokryterialna ocena rozwiązań projektowych systemów logistycznych . . . . .</b>	<b>210</b>
8.1. Ocena rozwiązań systemów logistycznych w fazie projektowania. . . . .	210
8.2. Zasady wielokryterialnej oceny systemów logistycznych. . . . .	212

---

8.3. Podstawowe mierniki projektowe oceny rozwiązań logistycznych.....	228
8.4. Mierniki logistyczne stosowane w wybranych obszarach projektowania systemu logistycznego.....	232
<b>9. Praktyczne przykłady projektowania systemu logistycznego .....</b>	<b>240</b>
9.1. Terminal <i>cross-dockingowy</i> .....	240
9.2. Usprawnienie procesów magazynowych w magazynie dystrybucyjnym .....	251
<b>Literatura .....</b>	<b>259</b>
<b>Spis rysunków .....</b>	<b>272</b>
<b>Spis tabel .....</b>	<b>275</b>





---

# Wstęp

---

Ciągłe dążenie do poprawy jakości życia ludzi wpływa na rozwój techniczny w różnych sferach życia gospodarczego, którego tempo i skala są obecnie nieporównywalne do żadnego wcześniejszego okresu w dziejach. Jednym z mierników poprawy jakości życia jest wzrost różnorodności, powszechności i dostępności do dóbr materialnych, które coraz częściej nie stanowią już podstawy przetrwania człowieka, ale służą rozrywce.

Dążenie do zwiększenia dostępności dóbr spowodowało dynamiczny rozwój metod i narzędzi, które wpływają na szybkość, pewność i bezpieczeństwo przepływu ładunków. Tym samym nastąpił dynamiczny rozwój logistyki, która począwszy od lat pięćdziesiątych XX wieku stała się narzędziem poprawy wydajności, jakości oraz zmniejszania kosztów gospodarki. Koniec wieku XX i początek XXI przyniosły gwałtowny rozwój technologii informacyjnych i sieci komputerowych, który przyczynił się do kolejnej rewolucji w obszarze dostępności do dóbr. Możliwość skutecznej i szybkiej komunikacji doprowadziła do przekształcenia lokalnych rynków zbytu w rynki globalne. Wraz ze wzrostem pokonywanych w transporcie ładunków odległości poprawiła się dostępność dóbr materialnych (wcześniej niedostępnych lub dostarczanych z dużym opóźnieniem).

Wzrost zapotrzebowania na usługi i produkcję wpłynął na rozwój firm zajmujących się dostarczaniem dóbr dla coraz bardziej wymagających klientów. Jednocześnie wzrosły wymagania w zakresie skrócenia czasu realizacji dostaw oraz zmniejszenia ceny jednostkowej produktów. Osiągnięcie takiego efektu możliwe jest, tylko jeśli wysiłki wytwórców, przewoźników, operatorów i dystrybutorów zostaną skoordynowane w celu dostarczenia właściwych towarów tam, gdzie są one potrzebne i zgodnie z oczekiwaniami odbiorców.

Rewolucja informacyjna wpłynęła również na zmianę modeli rynkowych i sposobu postrzegania logistyki jako czynnika krytycznego zapewniającego klientom finalnym towary, których potrzebują w momencie i miejscu najbardziej do tego

korzystnym. Postęp w dziedzinie handlu elektronicznego i wzrost różnorodności asortymentowej doprowadziły do znacznych zmian w modelach przepływu materiałów od wytwórców do finalnych odbiorców. Zwłaszcza w systemach ukierunkowanych na dystrybucję dóbr finalnych zauważalne stało się skrócenie przeciętnego czasu realizacji zlecenia (cyklu). Nastąpiło przejście z cykli kilkudniowych do jednodniowych i kilkugodzinnych. W rezultacie powstały systemy zdolne do efektywnego przemieszczania dóbr w każdym obszarze gospodarki.

Wśród nich coraz większego znaczenia nabierają systemy logistyczne, których zadaniem jest efektywne przemieszczanie dóbr materialnych od producentów do finalnych odbiorców. Projektowane systemy logistyczne stanowią odpowiedź na aktualne wymagania rynkowe, a więc charakteryzują się zwiększeniem stopnia niezawodności i elastyczności przy jednoczesnym zmniejszaniu kosztów.

Reasumując, zagadnienie projektowania systemów logistycznych wymaga zrozumienia mechanizmów ich funkcjonowania oraz podstawowych zasad czasowo-przestrzennej transformacji strumieni materiałów i produktów. Niezbędne do tego jest wypracowanie procedur i metod projektowania opartych na obserwacjach praktycznych. Niniejsza monografia ma na celu uporządkowanie aktualnej wiedzy na temat procedur projektowych oraz opracowanie uniwersalnych ram projektowania systemów logistycznych.

Projektowanie systemów logistycznych jest zagadnieniem złożonym, interdyscyplinarnym i wieloaspektowym. Intencją autorów publikacji jest przedstawienie praktycznego narzędzia wspomagającego poznanie zasad projektowania systemów logistycznych, zarówno w skali mikro, jak i makro. Takie podejście może być interesujące zarówno dla praktyków zajmujących się systemami logistycznymi, jak i pracowników nauki oraz studentów.

Przedstawiona w książce metodyka projektowania systemów logistycznych ujmuje kompleksowo problematykę kształtowania i wymiarowania systemów logistycznych, uwzględniając teoretyczne i praktyczne podejście. Zawiera z jednej strony istotę funkcjonowania systemów logistycznych, a z drugiej – zasady kształtowania i wymiarowania poszczególnych składowych projektu systemu logistycznego. Biorąc pod uwagę różną konfigurację funkcjonalną poszczególnych elementów, opisana została struktura, elementy oraz charakterystyki systemów logistycznych. Przedstawione podejście do kształtowania systemów logistycznych uwzględnia rodzaj systemu, specyfikę realizowanych zadań oraz uwarunkowania techniczne, technologiczne i organizacyjne. Podobnie wymiarowanie systemów logistycznych wymaga wzięcia pod uwagę wszystkich istotnych parametrów, począwszy od ustalenia wielkości przepływów dóbr rzeczowych poprzez obliczenie czasów cykli transportowych, pracochłonności, liczby urządzeń po koszty wynikające z pracy urządzeń i pracy ludzkiej.

---

Książka składa się z ośmiu rozdziałów tematycznych obejmujących zagadnienia projektowania systemów logistycznych oraz rozdziału dziewiątego zawierającego praktyczne przykłady projektowania.

W rozdziale pierwszym zaprezentowano założenia metodologiczne projektowania systemów logistycznych w różnej skali, a w szczególności definicje i klasyfikacje podstawowych pojęć wykorzystywanych w dalszej części. Treści rozdziału wprowadzają czytelnika w tematykę funkcjonowania i organizacji systemów logistycznych. Rozdział kończy się omówieniem uniwersalnej procedury projektowania składającej się z etapów obejmujących: formułowanie zadania logistycznego, kształtowanie i wymiarowanie wariantów projektowych systemu logistycznego oraz ocenę rozwiązań. Procedura projektowania została uszczegółowiona, na konkretnych przykładach, w kolejnych rozdziałach.

Rozdział drugi definiuje problemy decyzyjne występujące podczas projektowania systemów logistycznych poprzez określenie obszarów projektowania i zasad identyfikacji potrzeb projektowych. Potrzeby projektowe wynikają z oceny poprawności funkcjonowania systemu logistycznego opartej na controllingu logistycznym lub audycie logistycznym. Dodatkowo, w rozdziale nakreślono zagadnienie niezawodności systemów logistycznych jako istotnego czynnika wpływającego na rozwiązanie projektowe.

W rozdziale trzecim omówiono funkcje i zadania systemów logistycznych, wskazując na sposoby i metody uwzględnienia ich przy projektowaniu. Analiza funkcji i zadań, a także analiza funkcjonowania i potrzeb są podstawą formułowania zadania logistycznego dla systemu, będącego pierwszym etapem projektowym – niezależnie od skali i rodzaju systemu. Ponadto, w tym rozdziale omówiono zasady formułowania zadania logistycznego, które następnie przedstawiono na przykładzie i podano zakres danych projektowych umożliwiających sprawne projektowanie.

Rozdziały od czwartego do ósmego obejmują praktyczne i metodologiczne zagadnienia projektowania systemów logistycznych. W rozdziale czwartym przedstawiono narzędzia zapisu struktury systemu logistycznego oraz zapisu i modelowania przepływu materiałów i informacji. Omówiono podstawową symbolikę zapisu (mapowania) procesów logistycznych, procesów biznesowych i decyzyjnych oraz sposoby jej wykorzystania do opracowywania m.in. kart procesu przepływu materiałów, wykresów przepływu i innych narzędzi. Omówiono także założenia wizualizacji oraz symulacji procesów i obiektów logistycznych z wykorzystaniem narzędzi informatycznych.

W rozdziale piątym przedstawiono zagadnienie wielowariantowego podejścia do kształtowania systemów logistycznych. Omówiono problematykę funkcjonalno-przestrzennego ujęcia obiektów i sieci logistycznych oraz zagadnienie lokalizacji obiektów infrastruktury logistycznej. Na podstawie struktury funkcjonalnej systemu

przedstawiono zasady kształtowania procesów logistycznych (m.in. w obiektach węzłowych sieci) oraz podstawowe zasady doboru technologii transportu zewnętrznego, technologii transportu wewnętrznego i magazynowania do zadań logistycznych.

W rozdziale szóstym omówiono zasady wymiarowania systemów logistycznych ze względu na wydajność, tj. liczbowe ujęcie koncepcji systemu logistycznego ukształtowanej we wcześniejszym etapie projektowym. Przedstawiono sposoby szacowania powierzchni, kubatur i pojemności elementów obiektów logistycznych, a także zasady szacowania jednostkowych czasów realizacji zadań. Omówiono zasady wymiarowania wydajności systemu, w tym obliczania pracochłonności procesów przepływu materiałów i informacji oraz wyznaczania liczby pracowników i urządzeń. Zaprezentowano zasady organizacji procesów logistycznych z wykorzystaniem harmonogramów i wykresów natężenia pracochłonności.

W rozdziale siódmym omówiono strukturę kosztów logistycznych oraz zasady szacowania nakładów i kosztów pracy systemu logistycznego użyteczne w fazie projektowania.

Rozdział ósmy zamyka procedurę projektowania. W rozdziale przedstawiono miary oceny jakości rozwiązania projektowego, w tym mierniki ekonomiczne, techniczne i trudno mierzalne możliwe do wyznaczenia w kolejnych etapach projektowania oraz funkcjonowania systemu logistycznego. Następnie przedstawiono zasady oceny jednokryterialnej i wielokryterialnej wariantów projektowych na przykładzie metody oceny wielokryterialnej MAJA.

W rozdziale dziewiątym przedstawiono praktyczne przykłady projektowania systemów logistycznych ilustrujące zasady i metody omówione we wcześniejszych rozdziałach.

Tematyka książki wpisuje się w aktualne potrzeby nie tylko uczelni technicznych kształcących na kierunku transport lub logistyka, lecz także innych uczelni, na których wykładane są treści z zakresu systemów logistycznych, lub studiów podyplomowych z tego zakresu.

Tym samym książka jest adresowana do szerokiego grona odbiorców. Wiedza w niej zawarta ułatwi czytelnikowi wejście na poziom świadomego użytkownika, który przede wszystkim rozumie zasady funkcjonowania otaczających go systemów logistycznych, a specjalistom – projektantom da możliwość usystematyzowania wiedzy i nowego spojrzenia na zagadnienie projektowania rozwiązań logistycznych. Przedstawione metody oraz problemy projektowe są także materiałem dydaktycznym kierowanym nie tylko do studentów uczelni technicznych, ale także wszystkich zainteresowanych poszerzaniem swojej wiedzy w zakresie szeroko pojętej logistyki. Praktyczne przykłady zastosowania omawianych metod ułatwią percepcję treści, a układ książki odzwierciedlający kolejne etapy podstawowej procedury projektowania ułatwi analizę zagadnień projektowych.

Zamysłem autorów było połączenie w publikacji walorów monografii naukowej z zaletami dobrego podręcznika akademickiego zawierającego dużą dawkę praktycznej wiedzy. Dlatego w pracy można znaleźć nie tylko zagadnienia teoretyczne, lecz także metodologiczne poparte przykładami praktycznych zastosowań procedur projektowania wybranych elementów systemów logistycznych. Przedstawione przykłady aplikacyjne mogą być przydatne zarówno dla środowiska akademickiego, jak i w praktyce gospodarczej.

*Autorzy*