

JAROSŁAW BADUREK

PRZEDSIĘBIORSTWO
INFORMACYJNE
SYSTEMY PRODUKCYJNE
NOWEJ GENERACJI

POLITECHNIKA GDAŃSKA

monografie

148



POLITECHNIKA
GDAŃSKA



JAROSŁAW BADUREK

PRZEDSIĘBIORSTWO INFORMACYJNE

SYSTEMY PRODUKCYJNE NOWEJ GENERACJI

GDAŃSK 2015

PRZEWODNICZĄCY KOMITETU REDAKCYJNEGO
WYDAWNICTWA POLITECHNIKI GDAŃSKIEJ

Janusz T. Cieśliński

REDAKTOR PUBLIKACJI NAUKOWYCH

Michał Szydłowski

REDAKTOR SERII

Błażej Prusak

RECENZENCI

Wiesław Grudzewski

Leszek Pacholski

REDAKTOR JĘZYKOWY

Agnieszka Frankiewicz

PROJEKT OKŁADKI

Jolanta Cieślawska

Wydano za zgodą
Rektora Politechniki Gdańskiej

Oferta wydawnicza Politechniki Gdańskiej jest dostępna pod adresem
www.pg.edu.pl/wydawnictwo/oferta
zamówienia prosimy kierować na adres wydaw@pg.gda.pl

Utwór nie może być powielany i rozpowszechniany, w jakiegokolwiek formie
i w jakiegokolwiek sposób, bez pisemnej zgody wydawcy

© Copyright by Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2015

ISBN 978-83-7348-596-9

WYDAWNICTWO POLITECHNIKI GDAŃSKIEJ

Wydanie I. Ark. wyd. 9,1, ark. druku 8,75, 148/811

Druk i oprawa: *EXPOL* P. Rybiński, J. Dąbek, Sp. Jawna
ul. Brzeska 4, 87-800 Włocławek, tel. 54 232 37 23

SPIS TREŚCI

WYKAZ WAŻNIEJSZYCH SKRÓTÓW	5
WSTĘP	11
1. POJĘCIA PODSTAWOWE	15
1.1. Informacyjny model przedsiębiorstwa	15
1.2. Paradygmat obiektowy w systemie wytwórczym	19
1.3. Geneza systemów produkcyjnych nowej generacji	23
2. PRZEDSIĘBIORSTWO INFORMACYJNE W SPOŁECZEŃSTWIE INFORMACYJNYM	29
2.1. Pojęcie informacji	29
2.2. Poziomy informacyjności przedsiębiorstwa	32
2.3. Społeczeństwo informacyjne	37
3. APLIKACJE ZARZĄDZANIA OPERACYJNEGO	43
3.1. System operacyjny przedsiębiorstwa	43
3.2. ERP jako centrum organizacji produkcji	48
3.3. Podsystemy wewnętrzne i zewnętrzne	55
4. TECHNOLOGIE IT W ZAAWANSOWANYCH SYSTEMACH WYTWÓRCZYCH	60
4.1. Technologie dyfuzyjne	60
4.2. Rodzaje integracji	64
4.3. Projekty migracyjne	71
5. OPTYMALIZACJA SYSTEMÓW INFORMACYJNYCH	77
5.1. Techniczne i pozatechniczne czynniki optymalizacji	77
5.2. Modele inżynierii wartości	82
5.3. Modele ładu korporacyjnego	97
6. KIERUNKI ROZWOJOWO-APLIKACYJNE IT W SPNG	105
6.1. Systemy produkcyjne generacji 4.0	105
6.2. Trendy aplikacyjne przedsiębiorstwa informacyjnego	111
6.3. Osobowo-informacyjna organizacja SPNG	115
7. PODSUMOWANIE	123
7.1. Synteza pracy – cele, wyniki, metodyka	123
7.2. Kierunki dalszych badań	129
BIBLIOGRAFIA	132
Streszczenie w języku polskim	139
Streszczenie w języku angielskim	140

WYKAZ WAŻNIEJSZYCH SKRÓTÓW

- 3D – trójwymiarowy, ang. *Three-Dimensional*
- 3DaaS – 3D jako usługa, ang. *3D as a Service*
- 3GL – język programowania trzeciej generacji, ang. *Third Generation Language*
- 4GL – język programowania czwartej generacji, ang. *Fourth Generation Language*
- 5GL – język programowania piątej generacji, ang. *Fifth Generation Language*
- A2A – integracja międzyaplikacyjna, ang. *Application to Application Integration*
- ABAP – środowisko programowania SAP, ang. *Advanced Business Application Programming*
- AC – informatyka emocjonalna, ang. *Affective Computing*
- AI – sztuczna inteligencja, ang. *Artificial Intelligence*
- AIA – architektura integracji aplikacji, ang. *Application Integration Architecture*
- ANSI – Amerykański Instytut Standardów Narodowych, ang. *American National Standards Institute*
- ARIS – architektura zintegrowanych systemów informacyjnych, ang. *Architecture of Integrated Information Systems*
- ARPA – Agencja Zaawansowanych Projektów Badawczych, ang. *Advanced Research Projects Agency*
- ARPANET – sieć ARPA, ang. *Advanced Research Projects Agency Network*
- B2B – integracja między przedsiębiorstwami, ang. *Business to Business Integration*
- BMS – bioniczny / biologiczny system wytwórczy, ang. *Bionic / Biologic Manufacturing System*
- BNF – notacja Backusa–Naura, ang. *Backus–Naur Form*
- BOM – lista materiałów, ang. *Bill of Materials*
- BPML – język definiowania procesów biznesowych, ang. *Business Process Execution Language*
- BPML4WS – BPML dla oprogramowania webowego, ang. *BPML for Webservices*
- BPM – zarządzanie procesami biznesowymi, ang. *Business Process Management*
- BPMI – gremium zarządzania procesami biznesowymi, ang. *Business Process Management Initiative*
- BPMN – Model Procesu Biznesowego i Notacja, ang. *Business Process Model and Notation*
- BYOD – „przynies swój własny sprzęt”, ang. *Bring Your Own Device*
- CAD – komputerowo wspomagane projektowanie, *Computer Aided Design*
- CAM – komputerowo wspomagane wytwarzanie, ang. *Computer Aided Manufacturing*
- CBS – współpraca społecznościowo-biznesowa, ang. *Social Business Collaboration*
- CC – przetwarzanie chmurowe, ang. *Cloud Computing*
- CCPM – metoda łańcucha krytycznego, ang. *Critical Chain Project Management*
- CCTV – telewizja przemysłowa, ang. *Closed-Circuit TeleVision*
- CD – płyta kompaktowa, ang. *Compact Disc*
- CEP – przetwarzanie zjawisk złożonych, ang. *Complex Event Processing*
- CERN – Europejska Organizacja Badań Nuklearnych, ang. *Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire*
- CHW – kawiarnie do pracy, ang. *Coffee House Working*
- CI – ciągle doskonalenie, ang. *Continuous Improvement*
- CIM – komputerowo zintegrowane wytwarzanie, ang. *Computer Integrated Manufacturing*
- CMfg – wytwarzanie chmurowe, ang. *Cloud Manufacturing*
- CMM – model dojrzałości organizacyjnej, ang. *Capability Maturity Model*
- CMMI – zintegrowany model dojrzałości organizacyjnej, ang. *Capability Maturity Model Integration*
- COBIT – kontrolne cele dla technologii informacyjnych i powiązanych, ang. *Control Objectives for Information and related Technology*

- COCOMO – konstruktywny model kosztowy, ang. *CO*nstructive *CO*st *MO*del
- COSO – organizacja wspierająca prawidłowość finansowego kontrolingu i reportingu, ang. *Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission*
- CPS – systemy cyberfizyczne, ang. *Cyber-Physical System*
- CRM – zarządzanie relacjami z klientami, ang. *Customer Relationship Management*
- CS – obsługa klienta, ang. *Customer Service*
- C/S – architektura klient–serwer, ang. *Client–Server*
- CSV – wartości rozdzielone przecinkiem, ang. *Comma Separated Values*
- CVW – wirtualna przestrzeń współpracy, ang. *Collaborative Virtual Space*
- CYOD – „wybierz swoje własne urządzenie”, ang. *Choose Your Own Device*
- DecloC – deklaratywne LoC, ang. *Declaration LoC*
- DFD – diagram przepływu danych, ang. *Data Flow Diagram*
- DKP – dyskretny problem plecakowy, ang. *Discrete Knapsack Problem*
- DMS – rozproszony system wytwórczy, ang. *Distributed Manufacturing System*
- DoC – gęstość komentarzy, ang. *Density of Comments*
- DVD – cyfrowy dysk uniwersalny, ang. *Digital Versatile Disc*
- EaaS – SaaS dla ERP, ang. *ERP as a Service*
- EAI – integracja aplikacji przedsiębiorstwa, ang. *Enterprise Application Integration*
- EAM – zarządzanie architekturą przedsiębiorstwa, ang. *Enterprise Architecture Management*
- EAS – elektroniczny monitoring produktów, ang. *Electronic Article Surveillance*
- EDI – elektroniczna wymiana danych, ang. *Electronic Data Interchange*
- EDIFACT – EDI w administracji, handlu i transporcie, ang. *EDI for Administration, Commerce and Transport*
- EEPROM – pamięć kasowalna i programowalna elektrycznie, ang. *Electrically Erasable Programmable ROM*
- EFQM – Europejska Fundacja Zarządzania Jakością, ang. *European Foundation for Quality Management*
- ENIAC – elektroniczny integrator numeryczny i komputer, ang. *Electronic Numerical Integrator and Computer*
- EPROM – kasowalna, programowalna pamięć ROM, ang. *Erasable Programmable ROM*
- ERM – model związków encji, ang. *Entity Relationship Model*
- ERP – system planowania zasobów przedsiębiorstwa, ang. *Enterprise Resource Planning*
- ETL – pozyskiwanie, transformacja, ładowanie, ang. *Extraction Transformation Loading*
- EVM – Metoda Wartości Wypracowanej, ang. *Earned Value Management*
- ExecLoC – wykonawcze LoC, ang. *Execution LoC*
- FAST – systemowa technika analizy funkcjonalnej, ang. *Function Analysis System Technique*
- FDM – osadzanie topionego materiału, ang. *Fused Deposition Modeling*
- FF – fabryka fraktalna, ang. *Fractal Factory*
- FGP – funkcja gęstości prawdopodobieństwa
- FIN – finanse
- FMEA – analiza typów błędów i ich efektów, ang. *Failure Modes and Effects Analysis*
- FMS – elastyczny system wytwórczy, ang. *Flexible Manufacturing System*
- FP – punkty funkcyjne, ang. *Function Points*
- FrMS – fraktalny system wytwórczy, ang. *Fractal Manufacturing System*
- GLN – Globalny Numer Lokalizacyjny, ang. *Global Location Number*
- GPP – główny plan produkcji
- GPS – system globalnego pozycjonowania, ang. *Global Positioning System*
- GRI – genetyczna reprezentacja informacji
- GTIN – Globalny Numer Jednostki Handlowej, ang. *Global Trade Item Number*
- HACCP – Analiza Zagrożeń i Krytycznych Punktów Kontroli, ang. *Hazard Analysis and Critical Control Points*
- HMI – dialog użytkownika z maszyną, ang. *Human Machine Interface*
- HMS – holoniczny system wytwórczy, ang. *Holonic Manufacturing System*
- HO – orientacja serwerowa, ang. *Host Oriented*

HRM	– zarządzanie zasobami ludzkimi, ang. <i>Human Resource Management</i>
HW	– sprzęt, ang. <i>Hardware</i>
I ³	– interakcja, zanurzenie, wyobraźnia, ang. <i>Interaction, Immersion, Imagination</i>
IAC	– Kod Agencji Przydzielającej, ang. <i>Issuing Agency Code</i>
IBM	– nazwa firmy, ang. <i>International Business Machines</i>
IDOC	– plik wymiany danych, ang. <i>Intermediate Document</i>
IEEE	– Instytut Inżynierów Elektryków i Elektroników, ang. <i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
IFPUG	– Międzynarodowa Grupa Użytkowników Punktów Funkcyjnych, ang. <i>International Function Point User Group</i>
IMP	– procesor interfejsu komunikacyjnego, ang. <i>Interface Message Processor</i>
IMS	– inteligentny system wytwórczy, ang. <i>Intelligent Manufacturing System</i>
IoM	– internet mediów, ang. <i>Internet of Media</i>
IoS	– internet usług, ang. <i>Internet of Service</i>
IoT	– internet przedmiotów, ang. <i>Internet of Things</i>
ISN	– wewnętrzna sieć społecznościowa, ang. <i>Intern Social Network</i>
ISO	– Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna, ang. <i>International Organization for Standardization</i>
ISP	– Inteligentne Systemy Produkcyjne
IT	– technologia informacyjna, ang. <i>Information Technology</i>
ITGI	– Instytut Ładu Korporacyjnego Technologii Informacyjnych, ang. <i>Information Technology Governance Institute</i>
ITIL	– model referencyjny ITSM, ang. <i>IT Infrastructure Library</i>
ITSM	– zarządzanie usługami IT, ang. <i>IT Service Management</i>
JiT	– dokładnie na czas, ang. <i>Just in Time</i>
KDSI	– oczekiwana liczba instrukcji źródłowych w tysiącach, ang. <i>Kilo Delivered Source Instructions</i>
LCC	– koszt cyklu życia, ang. <i>Life Cycle Costing</i>
LMS	– system zarządzania laboratoriami, ang. <i>Laboratory Management System</i>
LoC	– linie kodowe, ang. <i>Lines of Code</i>
LOM	– wytwarzanie obiektów laminowanych, ang. <i>Laminated Object Manufacturing</i>
LoR	– poziom realizmu, ang. <i>Level of Reality</i>
LP	– „smukła” produkcja, ang. <i>Lean Production</i>
LSMW	– narzędzie migracji danych systemowych, ang. <i>Legacy System Migration Workbench</i>
MAN	– fabryka maszyn Augsburg–Norymberga, ang. <i>Maschinenfabrik Augsburg–Nürnberg</i>
MCA	– analiza wielokryterialna, ang. <i>Multi-Criteria Analysis</i>
MES	– sterowanie systemem wytwórczym, ang. <i>Manufacturing Execution System</i>
MM	– zarządzanie danymi materiałowymi, ang. <i>Material Management</i>
MP3	– standard kompresji dźwięku, ang. <i>MPEG-1 Part 3 Audio-Layer 3</i>
MPEG	– grupa ekspercka obrazu ruchomego, ang. <i>Moving Picture Experts Group</i>
MPS	– harmonogramowanie produkcji finalnej, ang. <i>Master Production Scheduling</i>
MRP	– planowanie zapotrzebowania materiałowego, ang. <i>Material Requirements Planning</i>
MS	– system wytwórczy, ang. <i>Manufacturing System</i>
MWS	– mobilny styl pracy, ang. <i>Mobile Work Style</i>
NC	– sterowanie numeryczne, ang. <i>Numerical Control</i>
NCLoC	– niekomentujące LoC, ang. <i>Non Comment LoC</i>
NF	– postać normalna, ang. <i>Normal Form</i>
NFP	– niestandardyzowane punkty funkcyjne, ang. <i>Non-standard Function Points</i>
NGMS	– system wytwórczy następnej generacji, ang. <i>Next Generation Manufacturing System</i>
NGT	– technika grupy nominalnej, ang. <i>Nominal Group Technique</i>
NP	– niedeterministycznie wielomianowy, ang. <i>Nondeterministic Polynomial</i>
OD	– osobodzień
ODBC	– otwarte łącze baz danych, ang. <i>Open DataBase Connectivity</i>
OLAP	– bieżąca analiza danych, ang. <i>OnLine Analytical Processing</i>

OMG	– konsorcjum zarządzania obiektowego, ang. <i>Object Management Group</i>
OOA	– analiza obiektowa, ang. <i>Object-Oriented Analysis</i>
OPT	– zoptymalizowana technologia produkcji, ang. <i>Optimized Production Technology</i>
OS	– system operacyjny, ang. <i>Operating System</i>
OSI	– model łączenia systemów otwartych, ang. <i>Open System Interconnection</i>
P2S	– integracja osobowo-systemowa, ang. <i>Person to System Integration</i>
PF	– osobisty fabrykator, ang. <i>Personal Fabricator</i>
PIMS	– informacyjny system zarządzania fabryką, ang. <i>Plant Information Management System</i>
PLC	– programowalny sterownik przemysłowy, ang. <i>Programmable Logic Controller</i>
PMBOK	– zbiór wiedzy zarządzania projektami, ang. <i>Project Management Body of Knowledge</i>
PMI	– Instytut Zarządzania Projektami, ang. <i>Project Management Institute</i>
POSIX	– przenośny interfejs dla systemu operacyjnego Unix, ang. <i>Portable Operating System Interface for Unix</i>
PP	– fabryka idealna, ang. <i>Perfect Plant</i>
PP	– produkcja i planowanie, ang. <i>Production Planning</i>
PRINCE	– projekty w sterowanym środowisku, ang. <i>PRojects IN a Controlled Environment</i>
PROM	– programowalna pamięć ROM, ang. <i>Programmable ROM</i>
PZ	– plan zagregowany
RA	– Instytucja Rejestrująca, ang. <i>Registration Authority</i>
RAQ	– kwestionariusz oceny ryzyka, ang. <i>Risk Assessment Questionnaire</i>
RAS	– rekonfigurowalny system montażowy, ang. <i>Reconfigurable Assembly System</i>
RBL	– „czarna lista” adresów IP, ang. <i>Realtime Blackhole List</i>
RDF	– język opisów zasobów danych, ang. <i>Resource Description Framework</i>
RFID	– radioetykiety identyfikacyjne, ang. <i>Radio-Frequency IDentification</i>
RMS	– rekonfigurowalny system wytwórczy, ang. <i>Reconfigurable Manufacturing System</i>
ROM	– pamięć tylko do odczytu, ang. <i>Read-Only Memory</i>
RP	– szybkie prototypowanie, ang. <i>Rapid Prototyping</i>
RV	– realna wirtualność, ang. <i>Real Virtuality</i>
SaaS	– oprogramowanie jako usługa, ang. <i>Software as a Service</i>
SCADA	– nadzorcze sterowanie i zbieranie danych, ang. <i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>
SCM	– zarządzanie łańcuchem dostaw, ang. <i>Supply Chain Management</i>
SE	– inżynieria softwarowa, ang. <i>Software Engineering</i>
SFP	– standaryzowane punkty funkcyjne, ang. <i>Standard Function Points</i>
SI	– system informacyjny
SIM	– moduł identyfikacji abonenta, ang. <i>Subscriber Identity Module</i>
SIRI	– interfejs rozpoznawania i interpretacji mowy, ang. <i>Speech Interpretation and Recognition Interface</i>
SLA	– stereolitografia, ang. <i>Stereolithography</i>
SLS	– wybiórcze spiekanie laserowe, ang. <i>Selective Laser Sintering</i>
SMS	– serwis krótkich wiadomości, ang. <i>Short Message Service</i>
SOA	– architektura zorientowana serwisowo, ang. <i>Service-Oriented Architecture</i>
SOP	– System Operacyjny Przedsiębiorstwa
SPNG	– System Produkcyjny Nowej Generacji
SPR	– system permanentnej rekrutacji
SQL	– Strukturalny Język Zapytań, ang. <i>Structured Query Language</i>
SSCC	– Seryjny Numer Jednostki Wysyłkowej, ang. <i>Serial Shipping Container Code</i>
SSN	– oprogramowanie społecznościowe (ang. <i>Social Software Suite</i>)
STL	– stereolitografia, ang. <i>STereoLithography</i>
SW	– oprogramowanie, ang. <i>Software</i>
SWOT	– Siła, Wady, Okazje, Trudności, ang. <i>Strengths, Weaknesses, Opportunities Threats</i>
TBI	– totalna integracja biznesowa, ang. <i>Total Business Integration</i>
TOGAF	– szkielet architektury otwartej grupy, ang. <i>The Open Group Architecture Framework</i>
TQM	– kompleksowe zarządzanie przez jakość, ang. <i>Total Quality Management</i>

TSP	– problem komiwojażera, ang. <i>Traveling Salesman Problem</i>
UML	– Zunifikowany Język Modelowania, ang. <i>Unified Modelling Language</i>
UMTS	– Uniwersalny System Telekomunikacji Ruchomej, ang. <i>Universal Mobile Telecommunications System</i>
VE	– inżynieria wartości, ang. <i>Value Engineering</i>
VM	– metryki wartości, ang. <i>Value Metrics</i>
VMN	– wirtualna sieć wytwórcza, ang. <i>Virtual Manufacturing Network</i>
VR	– rzeczywistość wirtualna, ang. <i>Virtual Reality</i>
WM	– zarządzanie magazynami, ang. <i>Warehouse Management</i>
WS-BPEL	– BPEL usług webowych, ang. <i>Webservices BPEL</i>
WSN	– bezprzewodowa sieć sensorowa, ang. <i>Wireless Sensor Network</i>
XML	– rozszerzalny język znaczników, ang. <i>Extensible Markup Language</i>
ZF	– siatka Zachmana, ang. <i>Zachman Framework</i>
ZT	– złożoność techniczna

WSTĘP

Niniejsze opracowanie stanowi rezultat kontynuacji badań rozpoczętych przez autora w ramach projektu badawczego (nr NN115015237) pt. *Optymalizacja technologii informacyjnych w inteligentnych systemach produkcyjnych. Aspekty techniczne i pozatechniczne* [Zawadzka, Badurek, Łopatomska, 2010, 2012a, 2012b]. Bazując na wynikach i wnioskach wcześniejszych prac, obecna monografia rozszerza je i aktualizuje w wymiarze syntetycznym, jednocześnie koncentrując się na przedmiotowym fenomenie przedsiębiorstwa informacyjnego.

Geneza opracowania wiąże się także z bieżącymi wyzwaniem naukowymi, o istotnym znaczeniu w dziedzinach związanych z inżynierią i zarządzaniem produkcją, opartymi na poszukiwaniu efektywniejszych metod projektowania i wdrażania systemów informacyjno-wytwórczych. Charakterystyki aktualnych trendów dotyczących znaczenia technologii informatycznych w sferze produkcyjnej, a także analiza fenomenu przedsiębiorstwa i społeczeństwa informacyjnego to szeroki obszar badawczy – w wymiarze zarówno teoretycznym, jak i zastosowań praktycznych. Konsekwentnych badań i weryfikacji wymagają również modele optymalizacyjne transformacji produkcyjnych, np. w odniesieniu do procesów planistyczno-sterujących.

Podstawowy cel monografii sformułowano następująco: bazując na przesłankach teoretyczno-empirycznych, wyspecyfikować przedsiębiorstwo informacyjne jako centrum systemów produkcyjnych nowej generacji i zaproponować taką metodę zarządzania nim, aby jej stosowanie zwiększało wielodzielinową efektywność systemu (ekonomiczną, organizacyjną i techniczną). Tak zdefiniowany cel główny implikuje następujące **cele szczegółowe**:

- systematyzacja podstawowych pojęć związanych z tematem na podstawie zintegrowanego podejścia do problematyki zarządzania oraz informatycznej;
- propozycja informacyjnie zorientowanego modelu systemu produkcyjnego wraz z dyskusją dotyczącą istoty informacji, a zwłaszcza jej mierzalności jako warunku stosowania modeli referencyjnych;
- klasyfikacje metamodeli, modeli i metod zarządzania przedmiotowym przedsiębiorstwem, z uwzględnieniem zmiennych czynników o charakterze organizacyjnym i technicznym;
- wskazanie przyczyn negatywnych zjawisk w sferze informatycznego wspomagania organizacji produkcji oraz możliwości ich przezwyciężania (np. w odniesieniu do projektów migracyjnych);
- propozycja modelu zarządzania transformacjami (strukturalnymi, programowymi) dla procesów planistyczno-sterujących, wraz z analizą działań niezbędnych na każdym etapie realizacji modelu;
- nakreślenie „mapy drogowej” ładu korporacyjnego, zakładającej wykorzystanie narzędzi referencyjnych, wraz z przykładami zastosowań praktycznych;
- konfrontacja klasycznych i przyszłościowych metod organizacji systemów produkcyjnych z uwzględnieniem podejścia interdyscyplinarnego, np. holonika/bionika, organizacje wirtualne / hipertekstowe, sieci semantyczne i ontologiczne bazy danych.

Główne tezy opracowania sformułowano następująco:

- optimum technologii informatycznej stanowią rozwiązania heurystyczne, praktycznie najlepsze w sensie kompromisu jej wyspecyfikowanych parametrów, bazujące na modelach referencyjnych;
- informacja ma charakter kontekstowy oraz jakościowy, a ponadto dyfuzyjny wobec innych wymiarów działalności przedsiębiorstwa, takich jak przepływy materialno-energetyczne, strumienie finansowe, ramy czasowo-przestrzenne projektów czy personel;
- niedocenywanie pozatechnicznych aspektów zarządzania pogarsza wskaźniki przedsiębiorstwa, co uwidacznia się szczególnie w nowoczesnych systemach gospodarczych, ze względu na ich wysokie wymagania organizacyjne;
- zarządzanie transformacjami gospodarczymi wymaga podejścia systemowo-holistycznego: od identyfikacji czynników wywołujących zmianę, przez określenie obszarów decyzyjnych w jej projektowaniu, aż po jej ocenę przy zastosowaniu zdefiniowanych mierników;
- proponowana metoda zarządzania przedsiębiorstwem informacyjnym przyczynia się do zmniejszenia luk naukowo-utilitytarnych w sferze uniwersalnych i efektywnych metod projektowania komputerowo wspomaganých systemów gospodarczych.

Treść monografii podzielono na sześć rozdziałów, do których dołączono podsumowanie i wykaz stosowanych skrótów; w opracowaniu zaproponowano wiele **definicji** i **tez szczegółowych**. Przytoczono szereg **przykładów praktycznych**, które uzupełniają prezentowane teorie o wymiar doświadczalny, akcentując tym samym również empiryczny charakter pracy.

W **rozdziale pierwszym** zdefiniowano i zinterpretowano grupę pojęć podstawowych, w szczególności: informacyjnego modelu przedsiębiorstwa w kontekście wieloaspektowego ujęcia organizacji oraz zarządzania jako przetwarzania informacji. Rozwinięto tezę o sposobie przetwarzania informacji jako ważnym czynnikiem wpływającym na kształt systemu zarządzania przedsiębiorstwem. Wskazano na Systemy Produkcyjne Nowej Generacji jako samouczące się bioorganizacje sieciowo-wirtualne o charakterze holoniczno-fraktalnym. Podkreślono rolę paradygmatu obiektowego w rozważanym obszarze oraz wyspecyfikowano genezę przedmiotowych systemów.

Tematyka **rozdziału drugiego** wychodzi od numerycznie rozumianego pojęcia informacji w celu sprecyzowania charakterystyki przedsiębiorstwa informacyjnego oraz jego otoczenia – modelowanych warstwowo. Wyróżniono przy tym sześć poziomów przedsiębiorstwa: od fabryki idealnej do fizycznej warstwy wytwórczej. Zaproponowano również kryteria określające poziomy informacyjności społeczeństwa, podkreślając znaczenie megatrendu rozwojowego, jakim jest wirtualizacja. Zwrócono uwagę na podobieństwa między dobrami cyfrowymi i publicznymi.

W **rozdziale trzecim** poddano analizie system operacyjny przedsiębiorstwa i jego odpowiedniki aplikacyjne. Rozwinięto przy tym tezę o informatyce pełniącej funkcję nie tylko technicznego narzędzia wspomagającego, ale stanowiącej także źródło idei organizacyjnych. Pozwoliło to na zaproponowanie organizacyjnych odpowiedników praw inżynierii softwarowej i wskazanie analogii między sferą zarządzania i informatyki. Szerzej rozważono algorytmy związane z centrum zarządzania zasobami przedsiębiorstwa. Wyodrębniono podsystemy wewnętrzne i zewnętrzne oraz otwarte, pokazując systemowo-obiektowy charakter przedsiębiorstwa informacyjnego.

Punktem wyjścia dla rozważań zawartych w **rozdziale czwartym** są technologie dyfuzyjne, istotne dla podniesienia strategicznej prognozowalności rozwoju informatyki.

W odniesieniu do krzywych S omówiono paradoks produktywności technologii informacyjnych. Wskazano przyczyny wzrostu znaczenia procesów integracyjnych i problemy z nimi związane. Zaproponowano też możliwości optymalizacji procesów migracyjnych oraz ryzyk projektowych.

Zagadnienia optymalizacji systemów informacyjnych w przedmiotowym obszarze rozwinięto w **rozdziale piątym**. Wyróżniono przy tym techniczne i pozatechniczne czynniki optymalizacji, akcentując znaczenie tych ostatnich dla efektywnego łączenia technologii z naturalną inteligencją człowieka. Przedstawiono modele inżynierii wartości dla pomiaru efektywności wdrożeń informatycznych, tj. modele mierzalności. Zbadano zjawisko paradoksu produktywności metryk softwarowych. Ostatnia część rozdziału dotyczy referencyjnych modeli ładu korporacyjnego, ich cech oraz poziomów modelowania: definicyjnego, interpretacyjnego, implementacyjnego.

Rozdział szósty podejmuje zagadnienia nurtów rozwojowo-aplikacyjnych IT w SPNG, kontynuując spostrzeżenia zawarte w tabeli 5.1 (Optymalizacja IT w SPNG – przyszłościowe kierunki badawczo-rozwojowe). Za punkt wyjścia przyjęto tu model rozwoju systemów wytwórczych oparty na ich generacyjności. Aplikacje środowiska przemysłowego powiązано ze sferą IT oraz wymiarem osobowo-organizacyjnym. Szerzej rozważono systemy cyberfizyczne i chmurowe (*cloud*). Końcowa część rozdziału dotyczy charakterystyki stanowiska pracy przedsiębiorstwa informacyjnego.

Monografię zamyka jej **podsumowanie (rozdział 7)**, w którym dokonano sumarycznej oceny pracy, wskazując przy tym możliwości kontynuowania badań. Przeglądowo zestawiono cele opracowania i uzyskane wyniki oraz istotne wnioski i tezy, uwzględniając ich znaczenie teoretyczne i praktyczne.

Rozdział 1

POJĘCIA PODSTAWOWE

Badanie nowych paradygmatów ekonomiczno-społecznych, określających innowacyjne strategie zarządzania, wymaga specyfikacji fenomenu **przedsiębiorstwa informacyjnego**, tj. takiego, w którym komputerowo wspomagane przetwarzanie informacji decyduje o jego efektywności. W związku z tym w niniejszym rozdziale zaproponowano model systemu produkcyjnego oparty na rozumieniu informacji jako „organizacji materii” (p. 1.1). Rozważono przy tym wieloaspektowość pojęcia organizacji (tab. 1.1) oraz zarządzania (def. 1.2). Wskazano na znaczenie **wielod dziedzinowości** dla integracji konstruowanych modeli i skojarzonych z nimi aplikacji. Rozwinięto tezę o modelach referencyjnych jako korzystnym punkcie wyjścia dla tworzenia informatycznego centrum (wiedzy) komputerowo wspomaganego systemu zarządzania przedsiębiorstwa. Syntetycznie przyjęto, że bazodanowym centrum przedsiębiorstwa jest jego system planowania zasobami. Przykładem dotyczącym znakowania wyrobów zilustrowano tezę (1.2) dotyczącą spójności: stanów materialnych systemu wytwórczego oraz skojarzonego systemu informatycznego.

Następnie zidentyfikowano **paradygmat obiektowy** jako metacechę przyszłościowych form systemów produkcyjnych (p. 1.2). W związku z tym poddano analizie zaproponowaną definicję (1.3) tych systemów jako samouczących się bioorganizacji sieciowo-wirtualnych o charakterze holoniczno-fraktalnym. Szczególny nacisk położono na cechę **wirtualizacji**, rozumianą uniwersalnie jako zastępowanie materii informacją (def. 1.4). Wskazano, że w centrum nowoczesnego przedsiębiorstwa można wyodrębnić (meta)model obiektowy o właściwościach, które odnoszą się bezpośrednio do stosowanego oprogramowania, ale także do analizy systemowej, która z kolei łączy się z modelami referencyjnymi (tab. 1.3).

W punkcie 1.3 zidentyfikowano **genezę systemów produkcyjnych nowej generacji** jako efekt ciągłego doskonalenia rozwiązań technicznych w odpowiedzi na rosnące wymagania rynku. Na tej podstawie sformułowano tezę (1.4) o zmianie proporcji między przetwarzaniem materii i informacji, na rzecz tej ostatniej, w rozważanej klasie rozwiązań. Wskazano przy tym na stopniowy wzrost złożoności implementowanych aplikacji, co prowadzi do spadku odporności systemu na zakłócenia czy zmiany, przy niezmienionym modelu organizacyjnym. Istotną przyczyną tego stanu rzeczy jest **zjawisko dysonansu organizacyjnego** – zbadano możliwości jego niwelowania. Następnie dokonano analizy porównawczej kilku form produkcyjnych (tab. 1.4) z uwzględnieniem wcześniej sformułowanych kryteriów. Rozdział podsumowano prezentacją modelu cyklu organizacyjnego (rys. 1.2) uwzględniającego wprowadzone definicje informacji (def. 1.1), zarządzania (def. 1.2) i wirtualizacji (def. 1.4).

1.1. Informacyjny model przedsiębiorstwa

Tradycyjne modele systemów produkcyjnych, o genezie związanej ze sferą wytwórczą (materialną) i finansową, z trudem radzą sobie z sytuacją, w której informacja staje się coraz ważniejszym dobrem i w której proces operowania nią zyskuje coraz większe znacze-

nie. Do takiego wniosku skłania analiza trendów badawczych i postulatów ostatniej dekady [Brzeziński, 2002; Pham, 2005; Grudzewski, Hejduk, 2008; ElMaraghy, 2012], dotyczących przyszłościowych form systemów produkcyjnych oraz ich modelowania [Ko, Lee, Lee, 2009; Kisielnicki, 2009]. Szczególnie istotne jest następujące stwierdzenie: „Kluczowe kategorie przyszłości w zarządzaniu to różnorodność i elastyczność, adaptatywność, zdolność do reagowania na otoczenie i ukierunkowanie na spełnienie oczekiwań klienta, tak aby nasze produkty i usługi satysfakcjonowały jego potrzeby. Szybko zmieniające się technologiczno-społeczno-ekonomiczne otoczenie stwarza nowe wyzwania dla kreowania systemów zarządzania. Ciągłe wzrastająca złożoność technologiczna oraz potrzeba dyfuzji informacji i wiedzy wymagają wdrożenia nowych rozwiązań w zakresie technologii umożliwiającej jej użytkowanie” [Grudzewski, Hejduk, 2011].

Wprowadzamy zatem **model systemu produkcyjnego** S , realizującego zdefiniowane cele, w którym występują transformacje (zmiany) Z , stanów materialnych M , realizowane w czasoprzestrzeni T, P , zgodnie z logiką określoną przez informacje I . Tak rozumiane środowisko produkcyjne możemy opisać pięcioma kategoriami związanymi z tzw. światem realnym R :

- wąsko rozumiana materia M (masa), podlegająca zmianom;
- energia E , będąca fizyczną siłą napędową tych zmian;
- czas T będący miarą zmian (jedną z wielu);
- przestrzeń P (trójwymiarowa), będąca miejscem zmiany;
- informacja I , określająca logikę tych zmian (informacja sterująca).

Wymienione kategorie składają się na szeroko rozumianą materię, tj. świat realny (rzeczywistość) R . Podany model upraszczająco pomija efekty rekurencyjne, których uwzględnienie miałoby znaczenie w aspekcie pozaprodukcyjnym (np. nie ma „czystej” informacji bez jej fizycznej reprezentacji, tak jak nie istnieją obiekty jedynie „fizyczne” bez skojarzonego z nimi ładunku informacyjnego). Model ten został przyjęty dla specyfiki (dyskretnej) produkcji przemysłowej, w szczególności podsystemu wytwórczego, gdzie efektywnie przetwarzanym tworzywem jest materialny wyrób, a nie np. energia czy sama informacja. Model pomija znaczenie sfery finansowej, prawnej czy społecznej, które można poddać odrębnym rozważaniom. Zwłaszcza sfera finansowa również może być reprezentowana przez skojarzone informacje, mające kluczowe znaczenie dla efektywności przedsiębiorstwa.

W prezentowanym ujęciu matematycznym człowiek jest reprezentowany przez czynniki informacyjne. Zachodzi więc zależność:

$$S = \langle R, I \rangle \text{ względnie } S = \langle M, E, T, P, I \rangle \quad (1.1)$$

oraz:

$$Z_i : S_i \rightarrow S_{i+1} \quad (1.2)$$

gdzie Z_i jest funkcją zmiany, transformującą celowo S ze stanu S_i do stanu S_{i+1} za pomocą informacji I .

Powyższy model może stanowić punkt wyjścia dla sformułowania zwartej definicji **informacji**, która zostanie skomentowana w p. 2.1.

Definicja 1.1

Informacja jest organizacją materii.

Pojęcie **materii** jest tu rozumiane w sensie wcześniej wymienionych kategorii opisujących rzeczywistość, tj. stanów materialno-energetycznych w czasoprzestrzeni.

Teraz rozważymy pojęcie **organizacji** i wykażemy zasadność jego użycia w def. 1.1. W tab. 1.1 przedstawiono trzy koncepcje organizacji [Marek, Białasiewicz, 2008; Daft, Murphy, Willmott, 2010], odpowiadające m.in. jej klasycznemu rozumieniu w sensie: czynnościowym, atrybutowym i rzeczowym. Ujęcie to wskazuje wyraźne związki między różnymi interpretacjami pojęć organizacji i organizowania (zarządzania) a informacjami i ich przetwarzaniem oraz między materialnym i informacyjnym wymiarem organizacji.

Tabela 1.1

Informacyjna trójaspektowość pojęcia organizacji

Aspekt organizacji	Interpretacja	Aspekt znaczeniowy	Interpretacja	Ujęcie informacyjne
Organizacja jako proces	kreowanie, kasowanie, zapamiętywanie, przesyłanie, modyfikowanie, łączenie, agregowanie, pozyskiwanie, walidacja i weryfikacja, udostępnianie i rozpowszechnianie, zabezpieczanie informacji	organizacja w znaczeniu czynnościowym	organizowanie i zarządzanie jako czynności tworzenia systemu organizacyjnego	przetwarzanie informacji
Organizacja jako narzędzie	systemy referencyjne, instrumentarium reguł, kompetencje, podział zadań i ich delegowanie, funkcje porządkujące zachowania nieformalne, integracja uwarunkowań kulturowych i in.	organizacja w znaczeniu atrybutowym	zintegrowane składniki organizacji tworzące nową jakość systemową (większą niż ich prosta suma)	algorytmy informacyjne
Organizacja jako struktura	instytucje, normy prawne i umowy, misja i cele, pracownicy i partnerzy, związki z otoczeniem	organizacja w znaczeniu rzeczowym	materialny wymiar organizacji	systemy informacyjne (operacyjne, bazy danych, sieci)

Źródło: opracowanie własne

Dotychczasowe rozważania upoważniają do sformułowania definicji zarządzania, nawiązującej do def. 1.1:

Definicja 1.2

Zarządzanie jest przetwarzaniem informacji.

Tak sformułowana definicja oznacza interpretację zarządzania w dwojaki sposób:

- jako modele rzeczywistości;
- jako aplikacje transformowania rzeczywistości.

W pierwszym przypadku mamy do czynienia z **modelami**, które mogą mieć charakter matematyczny (informatyczny) i są uproszczonymi opisami rzeczywistości w celu jej lepszego zrozumienia. W drugim przypadku chodzi o strategię transformowania rzeczywistości. Celem drugiej interpretacji jest również chęć panowania nad złożonością otaczającego nas świata. Zarówno rozważane modele, jak i ich implementacje (systemy IT) są konstruowane w inżynierii softwarowej (SE) metodą uszczegółowiania (zstępowania – *top-down*) lub generalizowania (wstępowania – *bottom-up*).

Podejścia te odpowiadają analizie oraz syntezie – pojmowanej jako rozumowanie w odwrotnym kierunku, które, wzajemnie się przenikając, potrzebują czynnika integracyjnego, jakim jest właśnie informacja. Tak rozumiana integracja modeli i ich aplikacji wymaga z kolei wielodyscyplinowości (**podejście interdyscyplinarne**).

W praktyce gospodarczej tradycyjne, formalnie uzasadnione, sekwencyjne ciągi myślowe typu „założenie – teza – dowód” mogą się okazać niewystarczające i prowadzić do nadmiernie rozbudowanych oraz nieprzejrzystych modeli organizacji.

Przykład. W rozważanej sferze IT pewnego rodzaju model przedsiębiorstwa może stanowić kod aplikacji (jego fragmenty). Złożoność i nieczytelność takiego kodu są tym większe, im niższy jest poziom zastosowanego narzędzia programistycznego, co wynika z definicji poziomu języka programowania [Gabrielli, Martini 2010]. Zatem wykorzystywanie w charakterze modelu gospodarczego wyłącznie kodu jako modelu gospodarczego jest w praktyce niemożliwe. Natomiast dokumentacja kodu w sensie SE może być wartościowym modelem procesu biznesowego i jest tworzona również z wykorzystaniem języków (konwencji) sztucznych [Badurek, 2010].

Na podejściu interdyscyplinarnym opierają się modele referencyjne ładu korporacyjnego, umożliwiając łączenie w nich precyzji matematyki i elastyczności języka naturalnego [Nansi, Silvius, 2011]. Są one dobrym punktem wyjścia dla tworzenia informatycznego centrum (wiedzy) komputerowo wspomaganego systemu zarządzania przedsiębiorstwa, jakim jest jego baza danych ze skojarzonymi aplikacjami. W związku z tym system zarządzania przedsiębiorstwem można porównać do systemu zarządzania bazą danych. Mamy tu do czynienia ze sprzężeniem widocznym w rozwoju informatyki: technologie informatyczne stanowią odpowiedź na potrzeby organizacyjne ale jednocześnie transformują struktury zarządzania przedsiębiorstwami. W jednym z opracowań [Pacholski, 2012] wskazano zaś na człowieka jako istotę „tworzącą i przetwarzającą informacje (*creating and processing information*)”. Te spostrzeżenia implikują poniższą tezę.

Teza 1.1

Sposób przetwarzania informacji współdecyduje o kształcie systemu zarządzania przedsiębiorstwem.

Wspomniane analogie między zarządzaniem przedsiębiorstwem a zarządzaniem bazą danych (szerzej: konfiguracją komputerową) wymagają wskazania odniesień praktycznych. W ujęciu syntetycznym można przyjąć, że bazodanowym centrum przedsiębiorstwa jest jego system planowania zasobami – ERP (*Enterprise Resource Planning*). Może on występować:

- w postaci jawnej aplikacji o takiej nazwie lub
- jako oprogramowanie o podobnej funkcjonalności.

Pierwszy wariant odnosi się raczej do większych firm, zwłaszcza w przypadku tradycyjnych dostawców tych systemów (np. SAP [Auksztol, Bałwierz, Chmuszko, 2012], Oracle, Infor/SSA). Warto tu także wskazać na alternatywne rozwiązania otwartoźródłowe (*open-source*), np. Compiere, TinyErp, ERP5 czy OpenBravo [Davis, 2011].

Genezą i typowym składnikiem współczesnych ERP w sferze wytwórczej jest oprogramowanie MRP (*Material Resource Planning*) umożliwiające systemowe planowanie i sterowanie sferą produkcji. Różne moduły ERP wspierają: gospodarkę materiałową i magazynową, logistykę, zarządzanie zasobami ludzkimi (np. system płac), marketing, zbyt oraz obsługę klientów (CS – *Customer Service*), prace rozwojowe czy projektowanie wyrobów, operacyjną obsługę procesów wytwórczych (*plant maintenance*), zarządzanie jakością (laboratoria) bądź zaopatrzenie,

analizę kosztów (kontroling). Charakterystykę zintegrowanego systemu zarządzania z ERP omówiono w pracy [Lech, 2003].

Pakiet ERP można uznać za istotny i reprezentacyjny w odniesieniu do badań optymalizacji SPNG także dla mniejszych przedsiębiorstw. W sytuacji zaawansowanej produkcji również one podlegają presji rynkowej oraz naciskom ze strony swoich większych partnerów dążących do stosowania określonych standardów przemysłowych. W ten sposób także mniejsze firmy stają się częścią aplikacji ERP. W przypadku większych firm (koncernów) bez stosowania tych pakietów w praktyce nie byłyby możliwe konkurencyjne strategie rynkowe. Dodajmy ponownie, że również w takim przypadku oprogramowanie ERP może mieć – warunkowany kosztowo bądź historycznie – charakter szkieletowy, będąc jednak funkcjonalnie wiodącym centrum w odniesieniu do współpracujących z nim aplikacji o charakterze satelitarnym (*subsystem*). Stopień ich integracji jest zróżnicowany – od izolowanych rozwiązań wyspowych (*stand alone*) poprzez sfederowane bazy danych (*federated*), klastry (*cluster*) aż do produktów wertykalnych (*vertical*) oraz chmurowych (*cloud*).

Zauważmy, że przedsiębiorstwo posiadające zaawansowany pakiet ERP nie może automatycznie mieć pewności, że osiąga optima zarządzania wszelkimi swoimi zasobami. Aby wykazać zasadność tak sformułowanej uwagi, można zadać pomocniczo pytanie o istnienie luk w funkcjonalności ERP. Nawiązuje ono do wcześniejszych historycznie sytuacji, gdy pakiety te powstawały w celu wspomaganie finansów i sfery MRP. Analiza składników poziomu logistyczno-wytwórczego przedsiębiorstwa (np. sterowniki przemysłowe bezpośrednio na liniach produkcyjnych) pokazuje, że systemy komputerowego wspomaganie zarządzania produkcją powinny integrować nie tylko sferę klasycznego oprogramowania biurowego (pakiety *office*) ale także wszelkie poziomy procesów logistyczno-produkcyjnych, aż do najniższego spośród nich (por. rys. 2.2).

Teza 1.2

Zmiany stanów materialnych systemu wytwórczego powinny generować zmiany skojarzonego systemu informatycznego.

Tak sformułowany postulat można określić mianem „digitalizacji materii”. Oznacza on, że każda materialna zmiana w systemie produkcyjnym powinna prowadzić do bazodanowych transakcji skojarzonego systemu wspomaganie komputerowego. Należy także dążyć do automatyzacji takich transakcji.

Przykład. Znakowanie wyrobu gotowego kodem SSCC (*Serial Shipping Container Code*) oznacza w praktyce zwiększenie o określoną ilość stanu wyrobów gotowych. Materiałowa transakcja księgująca powinna być zatem generowana bezpośrednio w momencie znakowania. Jednocześnie, najpóźniej w tym momencie, następuje zużycie wszystkich surowców czy półproduktów, na podstawie wielopoziomowego rozwinięcia listy części wyrobu gotowego BOM (*Bill Of Materials*). Wymaga to aktywacji transakcji zużycia materiałowego, w odniesieniu do zlecenia produkcyjnego (*goods outflow to order*). Należy dodać, że faktyczne zużycie części następowało już wcześniej, podczas kolejnych faz wytwórczych.

1.2. Paradygmat obiektowy w systemie wytwórczym

Analiza trendów rozwojowych ostatnich lat (por. prace wskazane w p. 1.1) dotyczących przyszłościowych form systemów produkcyjnych pozwala dostrzec w nich szereg powtarzających się cech, które prowadzą do następującej definicji SPNG/NGMS (System Produkcyjny Nowej Generacji / *Next Generation Manufacturing System*).

Definicja 1.3

SPNG jest samouczącą się bioorganizacją sieciowo-wirtualną o charakterze holoniczno-fraktalnym.

Sześć cech zawartych w definicji skomentowano w tab. 1.2.

Tabela 1.2

Charakterystyki i przykłady głównych cech SPNG

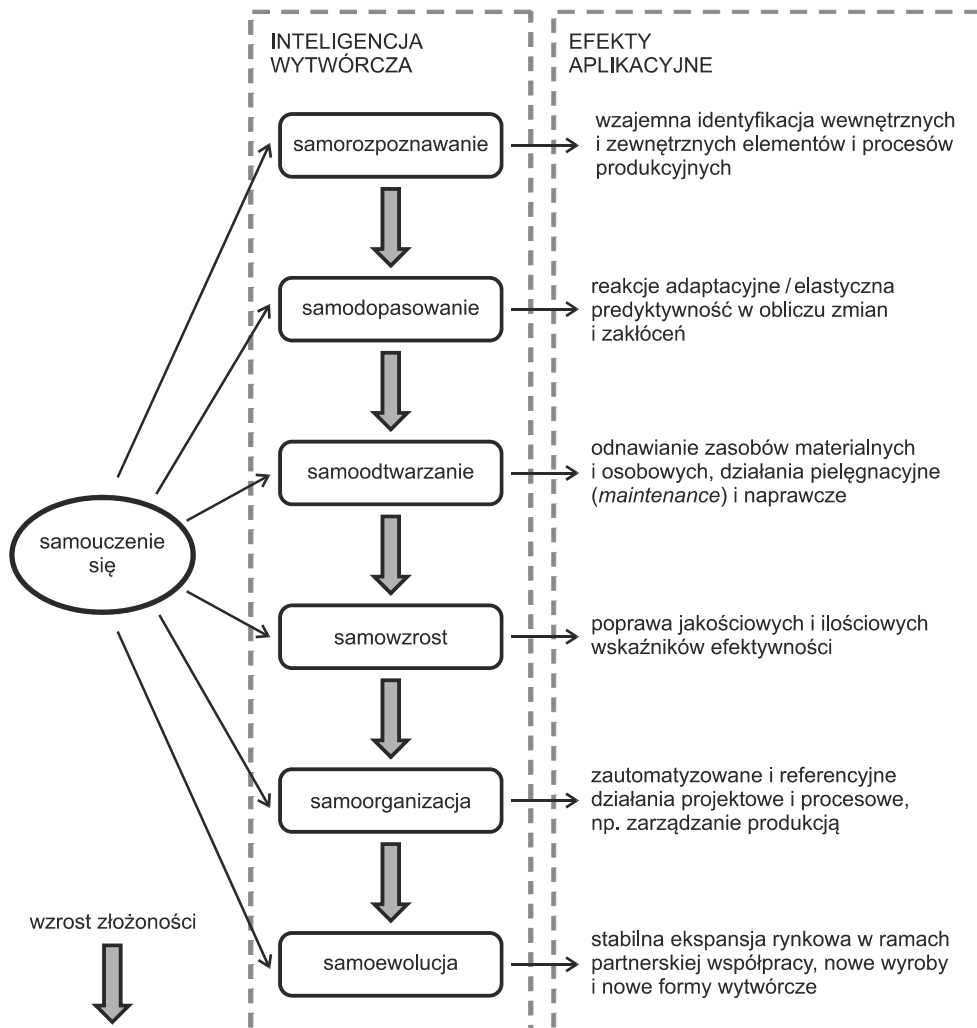
Nr	Cecha	Charakterystyki	Przykłady
1	samouczenie się	przetwarzanie wiedzy (kreowanie, transformacje) w celu optymalizacji systemowej z użyciem modeli referencyjnych ładu gospodarczego	pozyskiwanie wiedzy, jej strukturalizacja i strategii wnioskowania w systemach eksperckich
2	wirtualność	izolowanie w systemie warstwy logicznej, jako nadrzędnej w odniesieniu do fizycznej, z wykorzystaniem skojarzonej infrastruktury teleinformatycznej	wirtualne moduły konfiguracji aż do (klonowania) całych maszyn wirtualnych i przetwarzania chmurowego (<i>cloud</i>)
3	bioorganizacyjność	przenoszenie ideałów biologicznych na grunt produkcyjny w sferze algorytmicznej i organizacyjnej	algorytmy genetyczne, rojowe, mrówkowe i systemy zarządzania (bioniczne systemy wytwórcze)
4	holoniczność	cało-częściowe (gr. <i>holos</i> – całość, <i>on</i> – część) konstruowanie systemu w oparciu o struktury holarchiczne (<i>holarchy</i>)	autonomiczne i kooperujące moduły o właściwościach zbliżonych do agentów softwarowych i podobnie implementowane
5	sieciowość	projektowo lub procesowo zorientowane, ahierarchiczne struktury gospodarcze	połączenia obiektów (partnerów) są elastyczne, a więc dynamiczne i rekonfigurowalne, ekonomia sieciowa (<i>network economy</i>)
6	fraktalność	wzorowane na zjawiskach przyrodniczych: samopowtarzalność i samopodobieństwo elementów składowych systemu	matematyczna rekurencyjność w celu uzyskania efektu samoorganizacji, fabryka fraktalna (<i>fractal factory</i>)

Źródło: opracowanie własne

Numeracja cech sugeruje znaczenie dla SPNG, choć nie ma ona charakteru arbitralnego, tzn. mamy tu do czynienia z grupą właściwości uzupełniających się i występujących w różnym natężeniu, w konkretnych wariantach systemów wytwórczych. Za najistotniejszą z cech, oznaczoną numerem 1, uznano zatem zdolność systemu do samouczenia się, co wiąże się z postulatem inteligencji wytwórczej – inteligentne fabryki (*intelligent factory*), inteligentna infrastruktura (*intelligent infrastructure*) [Zawadzka, Badurek, Łopatowska, 2010; Negenborn, Lukszo, Helleendoorn, 2010]. W jednej z prac [Kubiak, Korowicki, 2008] wskazano na metodę „samoorganizującej się sieci intelektualnej” jako metodę doskonalenia organizacji.

Na rys. 1.1 przedstawiono składniki inteligencji wytwórczej wyprowadzone z ideałów bioorganizacyjnych. Mają one charakter rekurencyjny (przedrostek „samo-”) co jest zgodne z cechą fraktalności. Jednocześnie system bioorganizacyjny integruje autonomiczność jego składników z ich kooperacyjnością – w ten sposób dochodzimy z jednej strony do sieciowości, z drugiej zaś – do profilu holonów, które na drodze softwarowej mogą być implementowane agentowo. W opracowaniu [Tadeusiewicz, 2013] omówiono modele i sprzężenia biocybernetyczne, które

mogą posłużyć jako podstawa dla badań bioorganizacji. Odrębnego rozważenia wymaga cecha wirtualności, charakterystyczna dla systemów informatycznych.



Rys. 1.1. Składniki inteligencji wytwórczej i efekty aplikacyjne
Źródło: opracowanie własne

Definicja 1.4

Wirtualizacja polega na zastępowaniu materii informacją.

W tabeli 1.2 wskazano na znaczenie warstwy fizycznej i logicznej konfiguracji dla wirtualizacji. Wirtualizacja jest informatycznym megatrendem, polegającym na zastępowaniu elementów sprzętowych bądź programowych ich logicznymi odpowiednikami.

Przykłady. Zestaw dysków sztywnych może być postrzegany jako jedna jednostka logiczna, do której dostęp odbywa się przez jej nazwę. Możliwe jest także przyporządkowanie

jednemu fizycznemu dyskowi dwóch (lub większej liczby) partycji. W sferze wytwórczej zastąpienie fizycznych parametrów linii produkcyjnej ich odpowiednikami informacyjnymi MRP również ma charakter wirtualizacji. Z kolei dla grupy tabel zawartych w relacyjnej bazie danych można zdefiniować jedną tabelę wirtualną, uzyskując ich projekcję (*view*).

Teza 1.3

Wirtualizacja zwiększa efektywność zarządzania heterogenicznym środowiskiem wieloserwerowym, zwłaszcza w złożonych systemach informatycznych.

Takie podejście wymaga stosowania oprogramowania opracowanego specjalnie dla żądanej abstrakcji zasobów. Rozpowszechniony przykład wirtualizacji stanowią emulatory. Szczególną efektywność osiąga się poprzez generowanie i kopiowanie (klonowanie) całych **maszyn wirtualnych** (*virtual machine*), tzn. oprogramowania instalowanego na platformie fizycznej w celu utworzenia żadanego środowiska uruchomieniowego dla aplikacji.

Cechy inteligencji wytwórczej przedstawione na rys. 1.1 oraz charakterystyki SPNG zawarte w tab. 1.2 sugerują pytanie o ich związki metamodelowe, tzn. o paradygmat wspólny dla obu podejść. Formalnie można by go poszukiwać w obszarze teorii systemów bądź teorii organizacji, zakładając, że właściwości wspólne odnajdziemy w sferze produkcyjnej oraz w IT (*Information Technology*) [Daft, Murphy, Willmott, 2010]. Inną możliwością jest obiektowość (*object orientation*), której genezę stanowi inżynieria softwarowa, niemniej takie podejście może być także stosowane zarówno w fazie projektowania systemu produkcyjnego, jak i podczas jego funkcjonowania [Ramnath, Dathan, 2011].

Definicja 1.5

Obiektowość polega na modelowaniu oraz implementowaniu systemów na podstawie ich wyodrębnionych i komunikujących się ze sobą elementów (obiektów), cechujących się określonymi właściwościami (atrybutami) i funkcjonalnością (metodami), z wykorzystaniem koncepcji klas i abstrakcji oraz dziedziczenia, hermetyzacji i polimorfizmu.

Cztery ostatnie składniki obiektowości z def. 1.5 zostały skomentowane w tab. 1.3.

W centrum nowoczesnego przedsiębiorstwa możemy zatem wyodrębnić metamodel obiektowy o powyższych właściwościach, które odnoszą się bezpośrednio do stosowanego oprogramowania, ale także do analizy systemowej, która z kolei łączy się z modelami referencyjnymi [Lankhorst, 2012].

Tabela 1.3

Charakterystyki składników obiektowości

Nr	Składnik	Charakterystyka	Konsekwencje	Przykład
1	klasy i abstrakcje	strukturalizacja obiektów z jednolitym zbiorem atrybutów i usług oraz formalizacja modelowania w celu optymalizacji algorytmu	zdolność uwzględniania podczas modelowania istotnych aspektów obiektów rzeczywistych w celu uzyskania optymalnych implementacyjnych (koszty, jakość, czas, funkcjonalność)	struktury „generalizacja–specjalizacja”, np. dla systemu transportowego generalizacja „przenośnik” i jej specjalizacje: „przenośnik podwieszony”, „przenośnik podłogowy”

cd. tab. 1.3

Nr	Składnik	Charakterystyka	Konsekwencje	Przykład
2	hermetyzacja (<i>encapsulation</i>)	łączenie danych i funkcji wykorzystujących dane, tak aby dostęp do danych był możliwy tylko przy zastosowaniu zdefiniowanych metod (<i>methods</i>)	modularyzacja z jednoczesnym zwiększeniem odporności implementowanego systemu na błędy	szczegóły implementacji ukryte w postaci „czarnej skrzynki” (<i>black box</i>) przy rozumieniu jej działania na podstawie interfejsów („biała skrzynka”, <i>white box</i>)
3	dziedziczenie (<i>inheritance</i>)	tworzenie klas pochodnych / potomnych (<i>derived / subclass</i>) z klasy bazowej (<i>superclass</i>)	stabilna rozszerzalność modelu (kodu)	specyficzne klasy surowców, półproduktów i wyrobów gotowych mogą dziedziczyć własności generalnej klasy materiałów wykorzystywanych w przedsiębiorstwie
4	polimorfizm (<i>polymorphism</i>)	wielopostaciowość, zdolność specyficznej reakcji różnych obiektów na ten sam sygnał (<i>call</i>)	abstrakcje (uniezależnianie) wyrażeń (funkcji) od typów danych, do których się odnoszą	multimetody (<i>multiple dispatch</i>), np. jednolity wskaźnik kg/h (tonażu na godzinę) może być uzyskiwany z różnych danych źródłowych, specyficznych dla różnych stanowisk

Źródło: opracowanie własne

1.3. Geneza systemów produkcyjnych nowej generacji

Systemy Produkcyjne Nowej Generacji (SPNG) są jednym z efektów ciągłego doskonalenia rozwiązań technicznych w odpowiedzi na rosnące wymagania rynku. Mamy tu do czynienia z transformacjami makrosystemowymi (paradygmatycznymi, strategicznymi) na skalę globalną i mikrosystemowymi (racjonalizacyjno-innowacyjnymi, taktyczno-operacyjnymi) w obszarze przedsiębiorstwa. Jednocześnie pod pojęciem **transformacji** możemy rozumieć „projektowanie strategii gospodarczych, antycypujących istotne zmiany w sferze rynkowej, tj. klientów i produktów” [Nair, 2011]. Na skalę światową możemy zatem obserwować takie fenomeny, jak: gospodarka sieciowa (*network economy*), partnerska współpraca wirtualnych przedsiębiorstw, struktury rozproszone (*distributed*), telepraca w społeczeństwie informacyjnym, heterogeniczna systemowość aplikacji, procesowa równowaga dynamicznych dysproporcji, inteligentne holony w postaci agentowej, trudne do przewidzenia scenariusze rozwojowe (sytuacje tzw. turbulentne).

Generują one nowe wymagania rynkowe, prowadzące do nowych strategii zarządzania z takimi elementami, jak: produkcja „dokładnie na czas” (*Just in Time*), orientacja na klienta, organizacje tensorowe [Baldegger, 2012], elastyczne systemy wytwórcze (FMS – *Flexible Manufacturing System*), inteligentne systemy produkcyjne (ISP), bioorganizacje, podejście nadlerowskie, teorie ograniczeń i badania operacyjne, fabryki fraktalne, aspekty kulturowe i „miękkie” umiejętności, szybkie prototypowanie (*rapid prototyping*). Towarzyszą temu modele zarządzania akcentujące szczególnie takie składniki, jak m.in.: jakość, ekologia, zmiana, przetwarzanie wiedzy [Perechuda, 2005].

Modele te przekładają się na procesy implementacyjne obejmujące: integracje hardwarowe, interfejsy softwarowe, dialog człowieka z maszyną (ergonomia), metody sztucznej inteligencji, miniaturyzację, mobilność, otwartość (*open system*), wirtualizację, skalowalność i kompatybilność, standaryzację, bezpieczeństwo i wiarygodność informacji, bezpośredni i szybki dostęp do informacji, sieci bezprzewodowe, robotyzację i automatyzację, przyjazność dla użytkowników i administratorów. Mamy też do czynienia ze sprzężeniem ostatniego z poziomów (mikro) z wymiarem makro, prowadzącym do cykliczno-falowego rozwoju cywilizacji. Powyższe spostrzeżenia w kontekście możliwego kryterium poziomu SPNG prowadzą do poniższej tezy.

Teza 1.4

SPNG cechują się zmianą proporcji między przetwarzaniem materii i informacji, na rzecz tej ostatniej.

Wartość nowoczesnego systemu produkcyjnego jest w coraz większym stopniu zdeterminowana poziomem jego oprogramowania. To ono współdecyduje o tym, czy wytwarzanie będzie faktycznie elastyczne oraz efektywne, zgodnie z ideałami masowej indywidualizacji (*mass customization*), tzn. czy pozwoli na osiąganie ekonomicznych parametrów produkcji seryjnej podczas wytwarzania nawet jednostkowych wyrobów. Wskazanie w tym kontekście na cechę elastyczności wiąże się z genezą obecności systemów informatycznych w środowisku wytwórczym, tj. chęcią opanowywania jego złożoności dla osiągnięcia optimum podczas realizacji celów gospodarczych.

Przykład. W przedsiębiorstwie wielozakładowym, wytwarzającym na kilkudziesięciu liniach asortyment setek czy nawet tysięcy wyrobów, już samo szeregowanie zadań (*scheduling*) bez stosowania wspomaganie komputerowego wykluczałoby osiąganie przyjętych zamierzeń w związku ze zbyt dużą liczbą możliwych kombinacji i danych planistycznych.

W początkowym okresie rozwoju przemysłu koncentrowano się głównie na optymalizacji procesów materialnych realizowanych przy użyciu maszyn, przechodząc stopniowo od stosowania urządzeń prostych do bardziej złożonych, aby dojść wreszcie do poziomu automatów i robotów. **W zaawansowanym systemie produkcyjnym mamy zatem do czynienia z transformacjami materii poprzez nadawanie jej nowego kontekstu informacyjnego** w oparciu o maszynowe przetwarzanie informacji (wspomaganie komputerowe). Omawiany fenomen można zilustrować przykładem przemysłu samochodowego, wytwarzającego produkty cechujące się wysokim stopniem złożoności, a jednocześnie podlegające silnej presji klientów – zarówno cenowej, jak i związanej ze zindywidualizowanymi oraz szybko zmiennymi wymaganiami. W tej branży szczególnie wyraźnie są widoczne zmiany paradygmatów zarządzania systemami produkcyjnymi.

W pierwszej połowie XX wieku ekstensywna (ilościowa) odmiana taylorizmu uwidoczniła się w postaci fordyzmu. Z kolei intensywny (jakościowy) wariant tego paradygmatu doprowadził w latach 70. do powstania toyotyizmu i wielu skojarzonych technologii, takich jak JiT (*Just in Time / kanban*), modeli smukłych / zwinnych (*lean / agile production*) czy wreszcie komputerowo zintegrowanych, elastycznych systemów wytwórczych CIM/FMS. Poziom ówczesnych technologii informatycznych wpływał na zawężenie rozumienia pojęcia elastyczności, ograniczanego głównie do cech związanych ze zautomatyzowanymi podsystemami wytwórczymi przedsiębiorstwa. Stopniowo cecha elastyczności, poprzez coraz wyraźniejszy kontekst informacyjny, nabierała coraz bardziej uniwersalnego znaczenia, odgrywając ważną rolę w odniesieniu do całości systemu produkcyjnego w różnych branżach.

Tymczasem w latach 80. i 90. XX wieku następował stopniowy wzrost złożoności implementowanych aplikacji, co (przy niezmienionym modelu organizacyjnym) prowadziło do spadku odporności systemu na zakłócenia czy zmiany. Istotną przyczyną tego stanu rzeczy jest **zjawisko dysonansu organizacyjnego** [Zawadzka, Badurek, Łopatowska, 2012a] przejawiającego się niedopasowaniem systemu technicznego i skojarzonego z nim środowiska informacyjno-organizacyjnego. Łagodzenie negatywnych skutków opisywanego sprzężenia stało się możliwe dzięki stosowaniu nowych modeli organizacyjnych, umożliwiających przechodzenie do inteligentnych systemów produkcyjnych (ISP) nowej generacji (NGMS). Możemy wyróżnić ich trzy podstawowe typy, przyjmując jako kryterium genezy powiązanie form wytwórczych z określoną dyscypliną naukową, tj. biologią dla systemów bionicznych, socjologią dla holonicznych i matematyką dla fraktalnych [ElMaraaghy, 2012; Kühnle, 2010].

Zgodnie z def. 1.3 można im przyporządkować cechy wynikające z nazwy, odpowiednio: bioorganizacyjność, holoniczność i fraktalność, a także cechy skojarzone (również zawarte w def. 1.3 oraz tab. 1.2): samouczenie się, sieciowość, wirtualność. Dokonamy teraz krótkiej charakterystyki wskazanych systemów z uwzględnieniem ich odpowiedników w sferze obiektowej (*object orientation*).

1. **Systemy BMS** (*Bionic / Biological Manufacturing System*) wykorzystują występujące w przyrodzie naturalne wzorce organizacyjne dla systemów technicznych (produkcyjnych) w oparciu o biorarchię (*bionic hierarchy, biorarchy*) i genetyczną reprezentację informacji (GRI), odpowiadającą dynamicznym strukturom genetycznym.

Przykład. W genetyce (wykorzystywanej jako wzorzec w infogenetyce – algorytmy genetyczne) zaledwie czteroliterowy „alfabet” nukleotydów stanowi podstawę dla większego zbioru aminokwasów, które z kolei oddają bogactwo różnorodnych form życiowych, włącznie z fenomenem samoświadomego człowieczeństwa. Paradygmat bioorganizacyjny ma gwarantować elastyczność systemu technicznego, nie wykluczając jego wysokiej złożoności. Bionika wskazuje także na kompromisowe optima między powyższymi, przeciwnymi tendencjami w oparciu o podejście ewolucyjne.

W związku z powyższą charakterystyką można sformułować tezę o znaczeniu praktycznym dla projektowo-implementacyjnej sfery informatyczno-wytwórczej.

Teza 1.5

Łatwiej jest modyfikować prostsze struktury niższych poziomów niż zmieniać już istniejące i bardziej złożone na poziomach wyższych.

W sferze oprogramowania teza 1.5 nawiązuje do metody *bottom-up*, w której wykorzystując prostsze obiekty (klasy, procedury), można budować złożone aplikacje. Zatem „biologiczny” system techniczny czy wyrób finalny o charakterze „bioorganizacyjnym”, mają być projektowane tylko raz „od samego początku” (podejście *top-down*). Następnie, dzięki mechanizmom bioorganizacyjnym, są już w stanie funkcjonować autonomicznie, podobnie jak żywy organizm, posiadając składniki inteligencji wytwórczej (rys. 1.1). Cecha GRI wskazuje na istotne powiązania BMS z dziedziczeniem w odniesieniu do obiektowości.

2. **Systemy HMS** (*Holonc Manufacturing System*) reprezentują podejście „cało-częściowe” (gr. *holos* = całość, *on* = część), dążąc ku uniwersalnemu modelowi produkcyjnemu o charakterze interdyscyplinarnym. Charakterystyczne dla tych systemów powiązania holarchiczne (*holarchy*) wskazują na obiektowe analogie polimorficzne. Aplikacyj-

ne odpowiedniki HMS są zaawansowane i występują w postaci multiagentowej (*multi-agent*) w ramach zorientowanych usługowo architektur SOA (*Service-Oriented Architecture*) [Borangiu, Thomas, Trentesaux, 2012].

Powyższe spostrzeżenia dotyczące systemów HMS pozwalają na ujęcie ich istoty zgodnie z tezą 1.6.

Teza 1.6

Istotą systemów holonicznych jest koautonomiczność, tj. kooperacja autonomicznych obiektów.

Przykład. Softwarowy agent jest tworem autonomicznym i może reprezentować samojedźny wózek transportowy. Pojazdy – wyposażone w robota służącego do za- i wyładunku transportowanych części czy materiałów oraz sensory zaprogramowane na lokalizowanie przeszkód na drodze – samodzielnie definiują swoje trasy i czasy akcji. Podstawą dla tych działań są informacje ze wspólnej bazy danych. W bazie znajdują się w szczególności dane dotyczące przepływu surowców oraz stanu każdej z maszyn wytwórczych (obrabiarek), włącznie z ich geopozycją. Po uruchomieniu systemu wytwórczego jeden z pojazdów może przejąć rolę koordynatora i podejmować, a także delegować zadania. Rola koordynacyjna nie narusza autonomii żadnego z pojazdów i może być przydzielana każdemu spośród nich, w zależności od potrzeb.

3. **Systemy FF/FrMS** (*Fractal Factory, Fractal Manufacturing System*) bazują na modelach łączących naturalną samopowtarzalność obiektów przyrodniczych, opisywaną w geometrii fraktalnej oraz w teorii deterministycznego chaosu. Fraktal jako obiekt jest regularnością w nieregularności, co odpowiada specyfice funkcjonowania złożonych systemów produkcyjnych. Jednocześnie fraktalność pozwala tworzyć naturze kompleksowe obiekty z niewielkiej liczby elementów podstawowych, co wcześniej pokazano na przykładzie GRI.

Fraktale reprezentują także naturalny paradoks, będący wzorem dla techniki – konstruowania systemów o wysokim stopniu niezawodności z elementów jednostkowo zawodnych. Dotykamy tu jednego z kluczowych pojęć teorii informacji, a także komunikowania się, jakim jest redundancja (systemy kodowania, interpretacja przekazu).

Teza 1.7

Istotnym środkiem zwiększania niezawodności systemów wytwórczych jest redundancja.

Mówimy tu o nadmiarowości zarówno hardwarowej (np. zimne – *cold* i gorące – *hot* rezerwy sprzętowe), jak i informacyjnej (np. kody samokorekcyjne, dane kontrolne).

Przykład. Mikrofraktale centrów wytwórczych (*work center*) tworzą heterarchie (*heterarchy*), działając w ramach makrofraktalu przedsiębiorstwa. Charakterystyki obiektów fraktalnych systemu produkcyjnego wykazują przy tym podobieństwa do holonów (agentów softwarowych).

Z obiektowego (*object orientation*) punktu widzenia z fraktalami można powiązać zwłaszcza cechę hermetyczności, natomiast w sferze aplikacji IT samopowtarzalność jest reprezentowana przez algorytmy rekurencyjne. Warto zwrócić uwagę, że fraktalność nie

ogranicza się w przyrodzie do organizmów żywych ale stanowi bardziej uniwersalny paradygmat naturalny.

Krótko nawiążemy teraz do kilku innych form SPNG (punkty a–f):

- a) **systemy holograficzne** (*holographic organization*) i syntegeacyjne (*syntegrity*) [Schwaninger, 2009] – charakteryzują się właściwością tworzenia modeli (obrazów) rzeczywistości gospodarczej w podobny sposób jak w przypadku iluminacyjnych (asocjacyjnych) procesów zachodzących w mózgu (fenomeny optyczne);
- b) **systemy hipertekstowe** (*hypertext organization*) [Lessem, Schieffer 2009] – wzorowana na węzłach (*node*) internetowych struktura macierzowa z wyodrębnionymi warstwami: systemowo-biznesową i grup projektowych, pozwalająca na atomizację wiedzy (*chunk of knowledge*);
- c) **systemy rekonfigurowalne**, RMS/RAS (*reconfigurable manufacturing / assembly system*) [Musharavati, 2008] – pozwalające na szybkie modyfikacje struktury systemu w celu adaptacji mocy i funkcji produkcyjnych w obliczu zmiennych wymagań (zaawansowana forma FMS);
- d) **fabryki kognitywne** (*cognitive factory*), CTS (*cognitive technical system*) [Jeschke, Isenhardt, Henning, 2011] – stanowią połączenie informatyki, mechatroniki i kognitywistyki w celu adaptacyjnego sterowania wytwarzaniem (zintegrowane środki systemów ekspertowych i automatyki);
- e) **systemy rozproszone**, DMS (*distributed manufacturing system*) [Kühnle, 2010] – proponują dynamiczne łączenie wiedzy partnerów oraz podsystemów organizacji w celu uzyskania optimum gospodarczych – podejście to odpowiada interdyscyplinarnym transformacjom czynników technicznych, społecznych i ekonomicznych;
- f) **systemy zwinne** – grupa form typu zwinny / smukły / „sprytny” / zwinno-smukły (*agile / lean / smart / leagile*) [Wang, Koh, 2010] oznaczająca elastyczną (*smart*) optymalizację czynników produkcyjnych w otoczeniu przewidywalnym (strategie *lean*), nieprzewidywalnym (strategie *agile*) lub hybrydowym – zintegrowanym (*leagile*).

W tab. 1.4 przedstawiono główne powiązania wymienionych SPNG z cechami wyspecyfikowanymi w def. 1.3.

Tabela 1.4

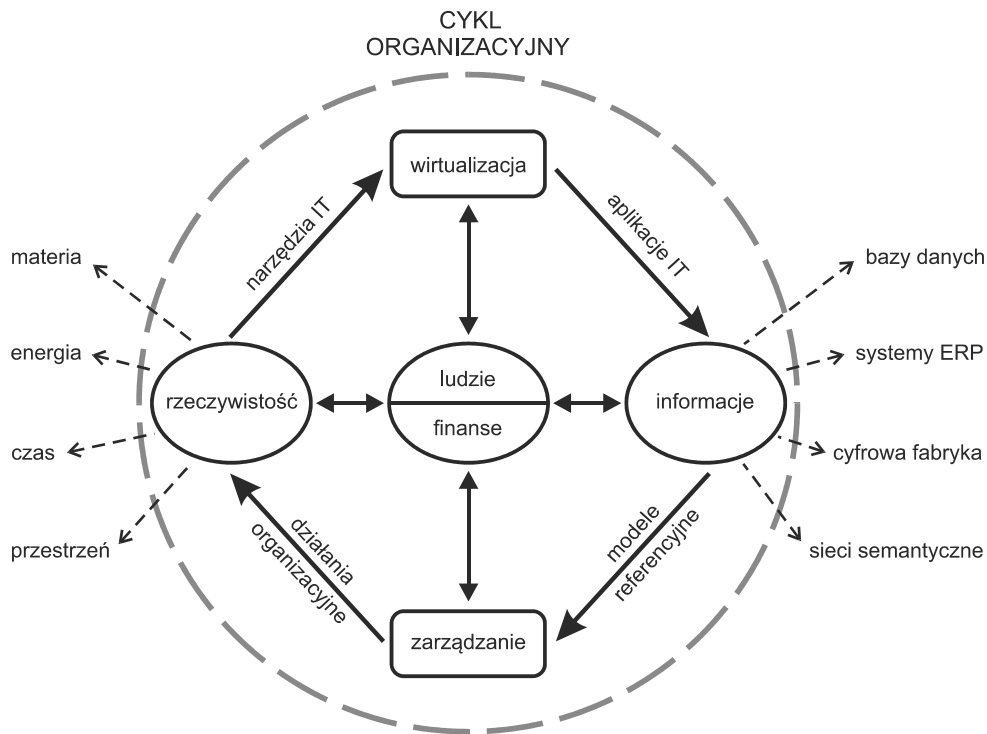
Przykłady SPNG w powiązaniu z ich cechami

Cecha \ System	Holograficzny	Hipertekstowy	Rekonfigurowalny	Kognitywny	Rozproszone	Formy zwinne
Samouczenie się	X	X	X	X	X	X
Wirtualność		X			X	X
Bioorganizacyjność	X			X		
Holoniczność	X		X	X	X	X
Sięciowość		X	X		X	
Fraktalność	X		X			

Źródło: opracowanie własne

Na rys. 1.2 podsumowano graficznie dotychczasowe rozważania, nawiązując w szczególności do definicji informacji (def. 1.1), zarządzania (def. 1.2) i wirtualizacji (def. 1.4). Schemat zaproponowany na rys. 1.2, wiążący składniki o znaczeniu kluczowym dla pracy,

stanowi także syntezę jej założeń. Mamy tu do czynienia z dynamiczną przestrzenią, której parametry (charakterystyki, ograniczenia) stanowią punkt wyjścia dla budowania modeli przedsiębiorstwa informacyjnego. Zostaną one szczegółowo omówione w następnych rozdziałach.



Rys. 1.2. Informacyjny cykl organizacyjny w SPNG
Źródło: opracowanie własne

Rozdział 2

PRZEDSIĘBIORSTWO INFORMACYJNE W SPOŁECZEŃSTWIE INFORMACYJNYM

W poprzednim rozdziale wskazano na potrzebę konstruowania uniwersalnych modeli dla sfery produkcyjnej, integrujących praktykę gospodarczą z teorią informacji, tzn. **modeli interdyscyplinarnych**. Wymaga to doprecyzowania pojęć związanych z tą tematyką, co uczyniono w p. 2.1, m.in. w odniesieniu do ontologii oraz generatywizmu informacyjnego. Dokonano przy tym porównania formuł informacyjnych: Langeforsa, funkcji informacyjnej oraz bazodanowej krotki (tab. 2.1). Następnie zbadano **składniki oczenia przedsiębiorstwa informacyjnego**, proponując jego model warstwowy (rys. 2.1). W konsekwencji zdefiniowano sześć poziomów informacyjności przedsiębiorstwa (rys. 2.2) na podstawie kryterium ich odległości od warstwy materialnej systemu (def. 2.3).

Warunkowo porównano określone poziomy z warstwami (*layer*) sieci komputerowych. Wskazano przy tym na znaczenie stopnia zaawansowania **sprzężeń międzymodułowych** (algorytmicznych / programowych) dla efektywności przedsiębiorstwa (teza 2.2). Ich złożoność zilustrowano przykładem dotyczącym planowania transportu (floty logistycznej). Podkreślono integracyjny charakter aplikacji łączących efektywnie metody sztucznej inteligencji z naturalną inteligencją człowieka.

W p. 2.3 omówiono sieciowy charakter **społeczeństwa informacyjnego**, które tworzy przestrzeń (np. kulturową, techniczną, prawną) dla sfery wytwórczej. Podkreślono znaczenie **dóbr cyfrowych** w takim społeczeństwie (def. 2.4), prezentując chronologię społecznych technologii pamięciowych (tab. 2.4). Rozwojowy megatrend wirtualizacji wyspecyfikowano na przykładzie zmian kultury obrazu (tab. 2.5). Poddano analizie cechy dóbr cyfrowych, porównując je z dobrami publicznymi (tab. 2.6). Wskazano prognostycznie na elektroniczne technologie znakowania wyrobów i fabrykę cyfrową.

2.1. Pojęcie informacji

Proponowany wcześniej (rys. 1.2) model SPNG nawiązuje do pętli klasycznego cyklu organizacyjnego, nadając mu wymiar informacyjny. Natomiast tezy 1.1 i 1.2 podkreślają znaczenie związków między wąsko rozumianą materią a informacjami. Możemy zatem stwierdzić, że SPNG jest przedsiębiorstwem informacyjnym, co wymaga skomentowania z uwzględnieniem jego związków z otoczeniem. Najpierw rozwiemy def. 1.1 dotyczącą informacji. Definicja została przyjęta na użytek niniejszej pracy, w celu uzyskania spójnego zbioru pojęć w przedmiotowym obszarze. Tymczasem samo pojęcie informacji ma charakter interdyscyplinarny, precyzowany różnie w zależności od dziedziny. W pracy [Roederer, 2005] wyróżnia się sześć wymiarów przestrzeni rozważań odnoszących się do informacji, które omówiono poniżej.

1. Elementy klasycznej teorii informacji – różnice między danymi / informacjami / wiedzą / mądrością, informacje statystyczne / algorytmiczne, złożoność / przypadkowość, aspekty obiektywne / subiektywne.

2. Elementy kwantowej teorii informacji – nieintuicyjne funkcjonowanie systemów kwantowych, podstawowe algorytmy kwantowe, q-bity (*quantum bits*) i przetwarzanie kwantowe (*quantum computing*), informacja w oddziaływaniach splątanych (*entanglement*).
3. Oddziaływania informacyjne (*information interaction*) – złożoność i organizacja, pola i klasyczne mechanizmy interakcyjne, związki między informacją pragmatyczną (*pragmatic*) i w sensie Shannona.
4. Informacja w systemach biologicznych – detekcja wzorów / obrazów / map (*patterns / images / maps*), systemy neuronalne, pamięć i uczenie się, systemy biomolekularne, informacja a życie.
5. Informacja w fizyce – obserwacje i wiedza, modele i warunki brzegowe, odwracalność i determinizm, entropia, prawa fizyki / miernictwo.
6. Informacja i mózg – funkcje mózgu, przetwarzanie informacji, uczucia / świadomość / samoświadomość, wolna wola i dylemat psychofizyczny (*mind-body problem*).

Jak wykazano niżej, informację można również traktować uniwersalnie w kategoriach bazodanowych, tj. jako wartości zmiennych w określonym układzie współrzędnych. Istota informacji była także dyskutowana w wielu pracach (m.in. [Chajtman, 1986; Pacek, 2009; Borda, 2011; Grey, 2011; Zimmermann, Nafria, 2012]), w których znajdziemy liczne definicje oraz ich analizy porównawcze. Wynika z nich, że definicje informacji zależą od kontekstu modelowania. Sama definicja (informacji) także jest modelem.

Definicja 2.1

Model jest uproszczonym odwzorowaniem rzeczywistości w celu jej lepszego zrozumienia.

Z def. 1.1 w kontekście def. 2.1 wynika, że określenia informacji również są uproszczeniem i mogą się wzajemnie uzupełniać oraz występować w różnej postaci, w zależności od sfery modelowania. Niżej proponuje się funkcyjne ujęcie informacji dla SPNG z uwzględnieniem obiektowości (def. 1.5). Zakładamy, że dane są zbiór obiektów O oraz zbiór ich możliwych atrybutów A . Wówczas informacja stanowi wartość z pewnego zbioru $w \in W$. Mamy zatem do czynienia z funkcją informacyjną f :

$$f = \{(o, a, w) \mid o \in O, a \in A, w \in W, w = f(o, a)\} \quad (2.1)$$

Taka koncepcja odpowiada przede wszystkim pojęciu „dana”, w szczególności „dana prosta”. Złożenia danych prostych mogą prowadzić do otrzymania danych zagregowanych. Uwzględniono przy tym częsty fakt używania zamiennie pojęć „dane” i „informacje”, przyjmując, że każdemu obiektowi można przyporządkować współrzędne w odpowiednio dobranym układzie **przestrzeni informacyjnej**, co jest zgodne z zasadą numerycznego opisu rzeczywistości, implikującego parametryzację obiektów. Proponowane ujęcie funkcyjne (numeryczne) wiąże się z wieloma innymi definicjami informacji, pozostając z nimi w niesprzeczności. Możemy tu wymienić następujące **przykłady**:

- informacja jako treść zaczerpnięta ze świata zewnętrznego;
- informacja jako wiadomość, sygnał, komunikat;
- informacja jako prawdopodobieństwo wyboru;
- informacja w sensie entropicznym;
- informacja jako fenomen polimorficzny i koncept polisemantyczny [Floridi, 2005].

W ostatnim przypadku widać bezpośrednie odniesienie do polimorfizmu jako jednej z podstawowych cech obiektowości.

W SPNG (świecie rzeczywistym) mamy do czynienia zarówno z informacjami (danymi) prostymi, jak i – w różnym stopniu – złożonymi (zagregowanymi). Zbiór wszystkich bazodanowych parametrów obiektu może być takim **agregatem informacyjnym**. Jeszcze bardziej złożony charakter mają informacje, które w języku potocznym określamy terminami „sens” bądź „wiedza” – również one jednak mogą zostać sprowadzone do określonych wartości przestrzeni informacyjnej. Szczególnym przypadkiem informacji może być **algorytm**. Także w tym wypadku mamy do czynienia z wartościami charakteryzującymi algorytm w pewnej przestrzeni informacyjnej (algorytmów). Każdy algorytm może być bowiem traktowany jako tekst, np. w języku maszynowym, a zatem może być rozpatrywany jako obiekt (zbiór obiektów) o ustalonej kolejności użytych znaków, wyrażań, procedur i innych elementów języka. Sama (pod)przestrzeń algorytmów, tj. sztucznych języków IT, jest niezwykle złożona ze względu na nieograniczoną liczbę możliwych do napisania algorytmów.

Teza 2.1

W obszarze języków sztucznych mamy do czynienia z fenomenem generatywizmu, tj. języka jako zbioru zdań, który można wygenerować i opisać za pomocą formalnych reguł jego gramatyki.

Użyte wcześniej pojęcie „przestrzeni informacyjnej” jest rozumiane w sensie formuły (2.1) oraz nawiązuje do podejścia Wiennera-Stoniera [Zimmermann, Nafria, 2012], zakładającego, że informacja stanowi podstawową kategorię opisującą **rzeczywistość**, tj. informacyjną czasoprzestrzeń materialno-energetyczną. Analiza konsekwencji takiego podejścia do terminu „informacja” wykracza poza ramy tematyczne niniejszej pracy. Wymieńmy tylko jedną z nich: kontekstowość informacji można odwzorować w odpowiednio dobranej przestrzeni informacyjnej. Ta uwaga jest zgodna z ontologicznym modelowaniem systemu produkcyjnego, co pozwala oczekiwać minimalizowania jednego z głównych powodów niewymierności efektów stosowania IT w praktyce, tzn. właśnie kontekstowości informacji.

Definicja 2.2

W sferze informacyjnego modelowania SPNG ontologia jest (meta)językiem sformalizowanego systemu reprezentacji wiedzy, określającego pojęcia (obiekty informacyjne), relacje między nimi oraz reguły wnioskowania.

Przykład. Wyrażenia ontologiczne standardu RDF (*Resource Description Framework*) również nawiązują do funkcyjnego rozumienia informacji. W notacji RDF kładzie się nacisk na specyfikowanie obiektów poprzez połączenia między nimi. Atrybuty obiektów RDF są zatem efektem interpretacji sieci semantycznej przez pewien algorytm [Domingue, Fensel, Hendler, 2011].

Dla genezy funkcji (2.1) istotne znaczenie ma definicja informacji Langeforsa [Gillman, 2006], korzystająca z funkcji interpretacyjnej dla danych D w czasie T i na podstawie wiedzy S (*pre-knowledge*):

$$I = i(D, S, T) \quad (2.2)$$

Dla porównania, definicję danej elementarnej jako krotki można zapisać następująco:

$$\langle \text{nazwa obiektu, cecha obiektu, wartość cechy, czas} \rangle \quad (2.3)$$

Przypadek (2.3) uwzględnia bezpośrednio odniesienia do bazodanowości oraz ograniczenie do danych elementarnych, natomiast w definicji (2.2) na tej podstawie są generowane

informacje przez człowieka i jego przewidy. W obu przypadkach odrębnie wyróżniono czynnik czasu. Z kolei funkcja (2.1) rezygnuje z czynnika czasu, ujmując go w kategoriach fizycznych. Jednak czas jako miara zmiany (jedna z wielu) również może być informacją. Jednocześnie zrezygnowano z pojęcia funkcji interpretacyjnej, związanej z wiedzą obserwatora, wprowadzając funkcje wiążące się z pojęciem bardziej uniwersalnej przestrzeni informacyjnej. Formuły (2.1), (2.2), (2.3) porównano w tab. 2.1. Na podstawie przeprowadzonej analizy porównawczej można stwierdzić, że informacja jest wartością zmiennej.

Tabela 2.1

Porównanie formuł informacyjnych

Formuła Cecha	SPNG (2.1)	Langeforsa (2.2)	Krotka (2.3)
Rodzaj informacji	dowolna, zorientowana gospodarczo	informacje zagregowane, systemy wiedzy	głównie dane elementarne
Punkt odniesienia	przestrzeń informacyjna	wiedza człowieka	baza danych
Czynnik czasu	pośrednio	bezpośrednio	bezpośrednio
Główna zaleta	uniwersalność	interdyscyplinarność	prostota
Główna wada	konieczność dookreślenia parametrów przestrzeni informacyjnej	konieczność dookreślenia przewidy	ograniczona uniwersalność

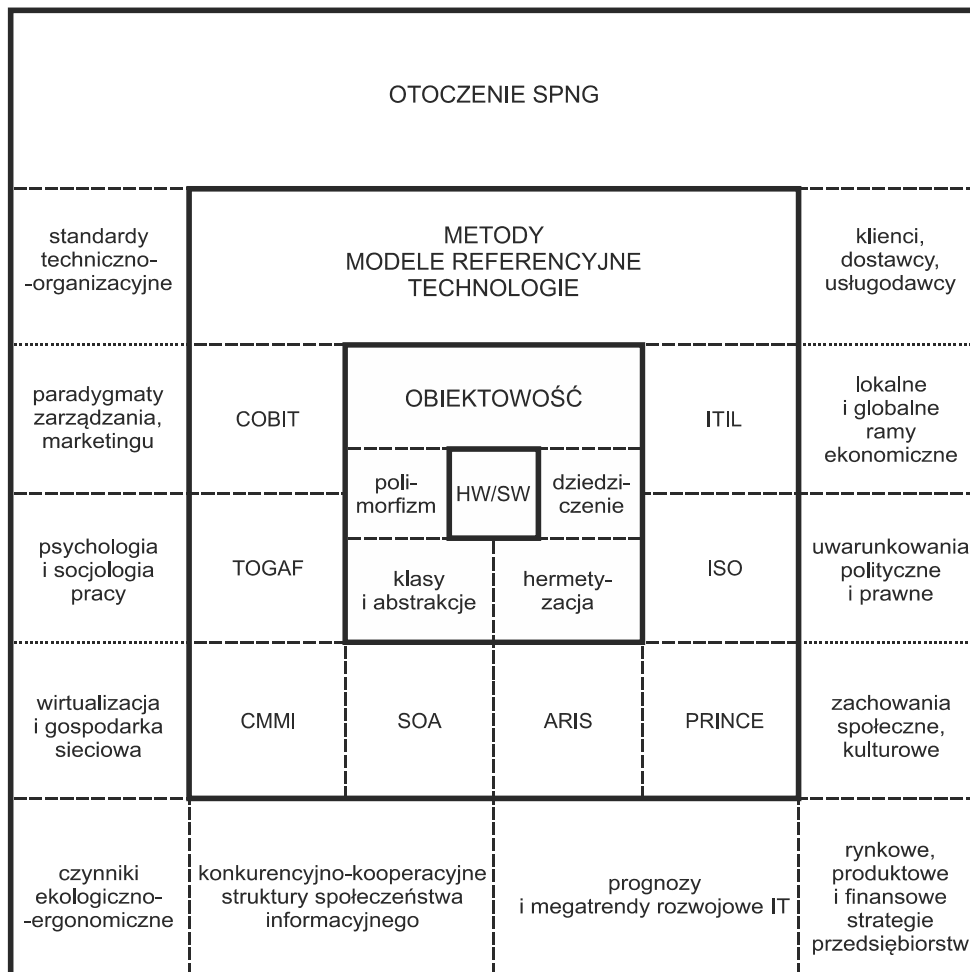
Źródło: opracowanie własne

2.2. Poziomy informacyjności przedsiębiorstwa

Systemy SPNG można określać również mianem przedsiębiorstw informacyjnych, przy czym istotne jest uwzględnianie ich związków z otoczeniem. Zastrzeżenie to jest zgodne z mechanizmem sprzężenia transformacyjnego (poziomów makro- i mikro-), opisanego w p. 1.3, oraz tezą 1.4. Mamy zatem do czynienia z interdyscyplinarnym modelem SPNG – jak na rys. 2.1. Jego centrum stanowi warstwa sprzętowo-programowa, która została szczegółowo przedstawiona na rys. 2.2, ze wskazaniem na poziomy informacyjności systemu produkcyjnego. Podwójnymi strzałkami zaznaczono, odpowiednio, kierunki integracji pionowej oraz poziomej.

Składniki otoczenia przedsiębiorstwa odgrywają istotną rolę w budowaniu jego modelu, podobnie jak sprzężenia międzymodułowe, występujące na styku warstw aplikacji. Opracowywane modele powinny reprezentować różny poziom szczegółowości funkcjonowania systemu – w zależności od przeznaczenia dla różnych grup użytkowników oprogramowania. Modelowanie jest bowiem w inżynierii wymagań sprawdzoną formą dialogu między użytkownikami aplikacji a projektantami. Tak rozumiane modele pozwalają na:

- przeanalizowanie funkcjonowania systemu „od ogółu do szczegółu” (*top-down*);
- skupienie się na najistotniejszych funkcjach (aspekt istotny przy złożonej strukturze wymagań);
- dekompozycję systemu na podsystemy;
- syntezę zwrotną (wstępującą), tj. od „szczęgółu do ogółu” (*bottom-up*).



Rys. 2.1. Interdyscyplinarny model SPNG i jego otoczenia
(rozwinienia skrótów znajdują się w wykazie na początku tomu)

Źródło: opracowanie własne

Możemy zatem stwierdzić, że kluczową kwestię modelowania SPNG stanowi kwestia agregowania przetwarzanych informacji na różnych poziomach, które można definiować według def. 2.3.

Definicja 2.3

Poziom informacyjności systemu produkcyjnego jest określony jego odległością od warstwy materialnej systemu.

Mamy tu do czynienia ze wzrostem stopnia agregacji danych – od prostych, poprzez złożone, aż do poziomu **inteligencji zintegrowanej**, tj. aplikacji łączących efektywnie metody sztucznej inteligencji z naturalną inteligencją człowieka. Warstwa materialna odpowiada stanom materialno-energetycznym, zgodnie z formułą (1.1) i może być porównywana do

najniższego poziomu OSI (*Open System Interconnection*) [Cicarelli, Faulkner, Fitzgerald i in., 2012], tzn. warstwy fizycznej (*physical layer*). Niemniej porównanie to ma charakter warunkowy, gdyż w modelach teleinformatycznych z określoną implementacją kojarzone są wszystkie warstwy OSI, których jest teoretycznie siedem – łącznie z najwyższą warstwą, aplikacyjną. Poniżej zamieszczono krótką charakterystykę sześciu wyróżnionych poziomów informacyjności systemu produkcyjnego, które integrują dane od ich najprostszej postaci sygnałowej (poziom fizyczny).

Poziom 1

Stanowiska, maszyny/obrabiarki, moduły, gniazda czy linie wytwórcze. Urządzenia transportowe i magazynowe, manipulacyjne, komisjonowania/konfekcjonowania. Urządzenia pomocnicze (np. uchwyty), w tym diagnostyczne, narzędzia.

Poziom 2

Komputerowo wspomagana automatyka elektromechanicznych procesów przemysłowych, np. zrobotyzowane komisjonowanie. W szczególności sterowniki PLC stanowią urządzenia mikroprocesorowe pracujące w trybie autodiagnostycznym z jednoczesnym odczytem wejść, wykonaniem programu i zadań komunikacyjnych oraz ustawieniem wyjść.

Poziom 3

Obsługa nadzorcza z jednoczesną obserwacją procesów, możliwe wspomaganie HMI (*Human Machine Interface*), np. animacje. W nowoczesnych systemach rozwiązania tradycyjne (np. przełączniki) są wirtualizowane, tj. zastępowane różnego rodzaju dialogiem człowieka z maszyną cyfrową (komputerem): graficznym, dźwiękowym, dotykowym.

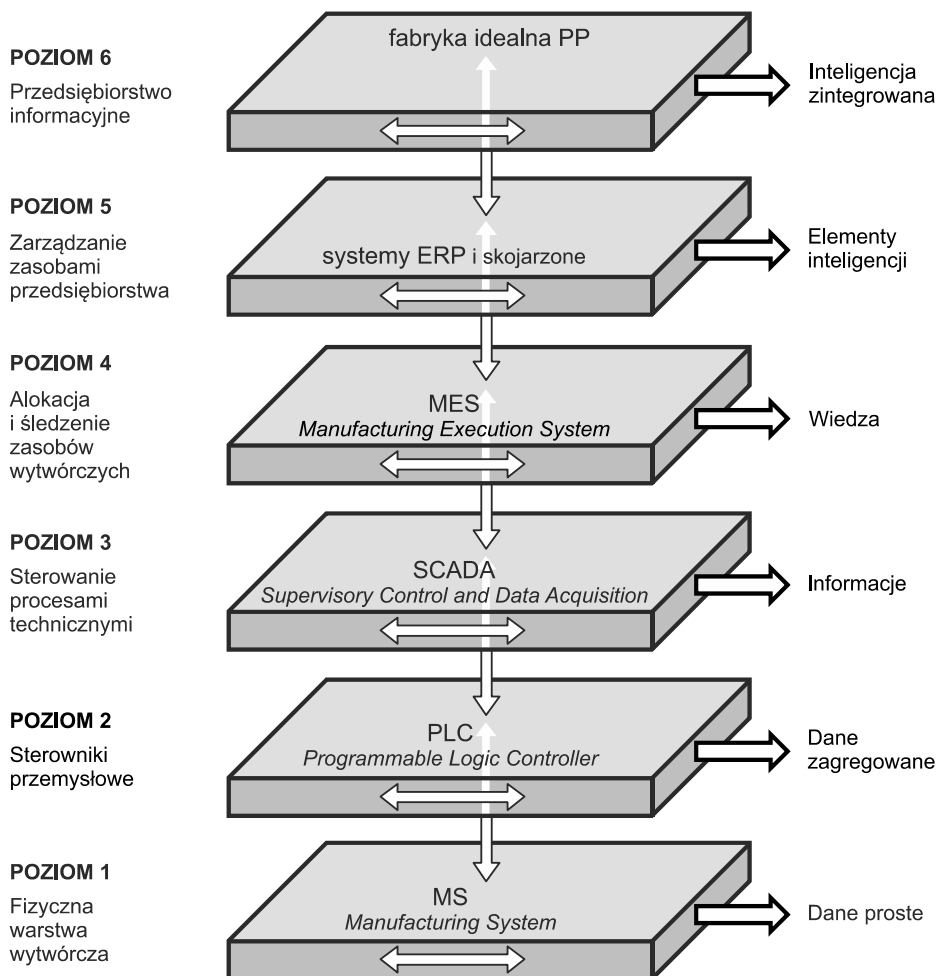
Poziom 4

Systemy MES stanowią złącze informacyjne między „biurowymi” ERP a „halami produkcyjnymi”, tzn. sferą bezpośrednio wytwórczą. Są to złożone i kosztowne pakiety operujące informacjami na wysoko zagregowanym poziomie, tj. docelowo na poziomie wiedzy.

Przykład. Standardowa funkcjonalność ERP pozwala na operowanie datą dzienną zlecenia przyjmowanego od klienta i datą dzienną kreowanego na tej podstawie zlecenia wytwórczego (planowanego lub rzeczywistego). Odnosi się to również do precyzji definiowania czasu dostaw – surowcowych oraz gotowego wyrobu (do klienta). Tymczasem każdy z wymienionych procesów wymaga – w warunkach produkcji elastycznej (szybko zmiennej i „dokładnie na czas”) – harmonogramowania minutowego, co mogą umożliwić aplikacje MES.

Poziom 5

Bazodanowe centrum zasobów przedsiębiorstwa obejmuje informacje dotyczące m.in. klientów, zleceń, wyrobów, list części, planowania zbytu i produkcji, logistyki, finansów oraz polityki personalnej. Może ono występować w postaci jawnej (pakietów zaliczanych do klasy ERP) lub w formie oprogramowania realizującego podobne funkcje (wariant stosowany w mniejszych przedsiębiorstwach). Na tym poziomie informacyjności możemy wyróżnić moduły (podsystemy) wykorzystujące narzędzia sztucznej inteligencji, np. systemy ekspertowe, względnie zaawansowane algorytmy z rozbudowanymi sprzężeniami zwrotnymi, co również prowadzi do efektu „elementów inteligencji”. Rozważane sprzężenia występują między modułami systemu i mogą być trójakiego rodzaju (tab. 2.2).



Rys. 2.2. Poziomy informacyjności SPNG
(rozwińnięcia skrótów znajdują się w wykazie na początku tomu)

Źródło: opracowanie własne

Tabela 2.2

Rodzaje sprzężeń międzymodułowych

Nazwa sprzężenia	Mechanizm sprzężenia	Interpretacja
Sztywne	brak automatyki (<i>off-line</i>)	odpowiedzi na zapytania (bazodanowe)
Elastyczne	zwrotne, proste	adaptacja planów wytwórczych z uwzględnieniem zdefiniowanych kryteriów (np. czasowo-kosztowych)
Samouczące się	zwrotne, zaawansowane	przetwarzanie, kreowanie wiedzy, np. różnorodne modele prognostyczne z autokorekcją

Źródło: opracowanie własne

Teza 2.2

Poziom inteligencji SPNG w istotnym stopniu zależy od stopnia zaawansowania jego programowych (algorytmicznych) sprzężeń międzymodułowych.

Przykład. W podsystemie (module) planowania wytwarzania możemy uruchamiać produkcję wyrobów gotowych, bezpośrednio na podstawie zleceń klienta. Mamy wówczas do czynienia z systemem reaktywnym (nieinteligentnym), w którym zlecenia produkcyjne są „przepychane” (*push*) przez ogniwa łańcucha logistycznego. Z kolei użycie modułu MPS (*Master Production Scheduling*) w ramach ERP prowadzi do wariantu aktywnego (antycypacja prognostyczna) i elastycznego generowania zapotrzebowania na wyroby gotowe. Moduł oferuje planowane zlecenia produkcyjne, które w zależności od sytuacji planistycznej mogą być odpowiednio przekształcane w faktyczne zlecenia produkcyjne. Bardziej zaawansowane efekty sprzężeniowe pojawiają się z chwilą uruchomienia modułu MRP (*Material Requirements Planning*). Wówczas efektywne informacje dotyczące planowanych zleceń produkcyjnych generują z kolei (na podstawie list części) zapotrzebowanie surowcowe, które może uruchamiać dalsze sprzężenia (np. możliwość realizacji zamówień).

Poziom 6

Postulowane systemy klasy PIMS (*Plant Information Management System*) prowadzą do zintegrowanych poziomów MES/ERP. W praktyce oznacza to poziom zintegrowanej inteligencji w postaci rozbudowanych i zaawansowanych algorytmów z wieloma sprzężeniami, łączących moduły SPNG i jego otoczenia na zasadzie wszechzależności, tj. powiązań „wszystkiego ze wszystkim”. Pełna integracja ERP/MES obejmuje także takie moduły, jak CRM (*Customer Relationship Management*), SCM (*Supply Chain Management*) oraz całość łańcucha logistycznego, łącznie z systemem planowania transportu.

Przykład. W przypadku klasycznego (niezautomatyzowanego) dysponowania flotą transportową przedsiębiorstwa trasy pojazdów są wyznaczane rutynowo, np. w rytmie dziennym. Złożoność obliczeniowa tak określonego zadania optymalizacyjnego prowadzi do algorytmów NP-trudnych (*nondeterministic polynomial*, niedeterministycznie wielomianowy), charakterystycznych dla logistyki – np. problem plecakowy DKP (*Discrete Knapsack Problem*) czy marszrutyzacji, którego szczególnym przypadkiem jest problem komiwojażera TSP (*Traveling Salesman Problem*) [Applegate, 2006]). W praktyce przekłada się to na czas obliczeń rosnący wykładniczo w zależności od rozmiaru problemu.

Oznacza to, że nawet jeśli dysponujemy pełnym i precyzyjnym opisem problemu organizacyjnego, to daje on niewielkie korzyści w przypadku bardzo dużej liczby wariantów decyzyjnych. Wybór optymalnego rozwiązania logistycznego w praktyce okazuje się bardzo trudny. Podstawowy problem komiwojażera dotyczy jednego pojazdu. W przypadku większej liczby pojazdów złożoność problemu jeszcze się zwiększa (*multiple TSP*). Ciężarówki mogą też mieć różne parametry ładownościowe, co stanowi kolejne utrudnienie. Ładunki należy również powiązać z optymalnym konfekcjonowaniem i komisjonowaniem, ponieważ zlecenia klientów i transportowe nie muszą być identyczne. Odrębne problemy to dynamiczne delegowanie (*outsourcing*) transportu do innych firm oraz zbiorcze punkty transportowe, ładunki zwrotne czy tzw. czasowe okienka dostaw definiowane przez odbiorców. Każda następna grupa ograniczeń (parametrów) istotnie potęguje złożoność problemu. Na jego rozwiązanie pozwala wykorzystanie suboptymalnych heurystyk [Li, 2007] planowania transportu, natomiast w wariantcie optymalnym konieczne jest dodatkowo uwzględnienie dynamicznych (Internet/GPS) danych telematycznych o stanie floty transportowej, obejmujących takie informacje, jak:

— gdzie w danej chwili znajdują się pojazdy;

- jaki jest status pojazdów (możliwość kontynuowania jazdy, postoje);
- gdzie znajdują się kierowcy (przyporządkowanie kierowców do pojazdów z uwzględnieniem przepisów dotyczących czasu i bezpieczeństwa pracy);
- dane dotyczące możliwości / konieczności zabrania ładunków zwrotnych.

Powyższe przykłady dotyczące agregacji danych SPNG warto uzupełnić (zwłaszcza w odniesieniu do poziomu 6) wskazaniem na systemy B2B (*Business to Business Integration*). Odgrywają one coraz większą rolę w strukturach wirtualnych (chmurowych) i nie tylko. Systemy tej klasy, wyposażone w softwarowe agenty, są integrowane z modułami SCM i właśnie ERP. W rozdziale 4 wskażemy na nie jako podklasę w ramach EAI (*Enterprise Application Integration*).

2.3. Społeczeństwo informacyjne

Sprzętowo-software warstwa SPNG (rys. 2.2) funkcjonuje w ramach paradygmatu referencyjno-obiektowego (rys. 2.1), tworzącego warstwę modelowania. Całość systemu oddziałuje także z jego otoczeniem, tj. różnego rodzaju przestrzeniami, np. kulturową, prawną czy techniczną. Istotną rolę odgrywa w tym wypadku fenomen społeczeństwa informacyjnego, które niewątpliwie ma charakter sieciowy (*network society*) [van Dijk, 2012] a także cechy proponowane poniżej.

Definicja 2.4

Społeczeństwo informacyjne tworzy sieć maszynowych danych, które stają się kluczowym dobrem gospodarczym.

Takie rozumienie społeczeństwa informacyjnego opiera się na trzech kryteriach:

- sieciowości, tj. połączeniach informacyjnych o charakterze społecznym, dążących aktualnie do utworzenia sieci na skalę globalną (zawierającej różnorodnej struktury lokalne);
- maszynowości danych, polegającej na stosowaniu ich nośników, które rozwijały się historycznie, przyjmując obecnie (w szczególności) postać informatyczną;
- znaczeniu informacji w życiu społeczeństwa, zwłaszcza w sferze ekonomicznej.

Połączenie sieciowości struktur społecznych z poziomem stopnia ich maszynowego wspomaganie pozwala na wyróżnienie **poziomów informacyjności** (tab. 2.3). Są one związane z rosnącymi możliwościami zapamiętywania danych, co pokazano w tab. 2.4. Wyróżniono także, w celu podkreślenia ciągłości historycznej, poziom pamięci w sensie biologicznym, tj. naturalnym, dla którego nie ma zastosowania pojęcie „technologia” jako (cywilizacyjny) wytwór człowieka.

Technologie (pamięciowe) społeczeństwa informacyjnego, przedstawione syntetycznie w tab. 2.3 i 2.4, wyznaczają także ramy aplikacyjne dla SPNG. Wymieńmy choćby tak istotne rozwiązania, jak RFID (*Radio-Frequency Identification*) czy kwestie dotyczące bezpieczeństwa informacyjnego – od konfiguracji sprzętowych (np. systemy RAID), przez programowe (redundancja), aż do organizacyjnych (*backup*) i uprawnień indywidualnych (biometria, role i profile użytkowników).

Przykład. Zdolność śledzenia (*tracing, traceability*) partii wyrobu czy surowca wymaga systemu zintegrowanego informacyjnie, zgodnie z tezą 1.2. Zatem zmiana lokalizacji produktu w łańcuchu logistycznym powinna generować odpowiadającą jej informację bazoda-

nową. W takim systemie w każdej chwili możemy zadać aplikacyjne pytanie dotyczące miejsca, w którym znajduje się wyrób (np. hala produkcyjna, magazyny buforowe, centralne). Opisywany efekt można osiągnąć dzięki zastosowaniu zautomatyzowanych / ręcznych skanowań znaczników (kody kreskowe) lub radioetykiet [Finkenzeller, 2010].

Teza 2.3

Stosowanie technologii RFID zwiększa efektywność zdolności śledzenia partii.

Tabela 2.3

Poziomy informacyjności społeczeństwa

Rodzaje informacyjności	Maszynowość danych / wynalazki	Sieciowość struktur danych	Horyzont czasowy
Informacyjność werbalna (społeczństwo przedinformacyjne)	brak	grupowa	czasy prehistoryczne
Informacyjność piśmiennicza	rękopisy	regionalna	starożytność – średniowiecze
Informacyjność druku	książki wysokonakładowe, prasa	kontynentalna	renesans – XVIII wiek
Informacyjność elektryczna	telegraf, telefon, fotografia, kinematograf	światowa, ograniczona	XIX wiek
Informacyjność elektroniczna	radio, gramofon, film dźwiękowy, telewizja, magnetofon	światowa, nieograniczona, <i>off-line</i>	pierwsza połowa XX wieku
Informacyjność komputerowa (informatyczna)	komputer, magnetowid, teleinformatyka, telewizja satelitarna i kablowa, płyta kompaktowa, telefon komórkowy, internet, multimedia, hipermedia	światowa, nieograniczona, <i>on-line</i>	druga połowa XX wieku
Nadinformacyjność (informacyjność przyszłości)	nanotechnologie, sztuczna świadomość	cyfrowy system nerwowy ludzkości	pierwsza połowa XXI wieku

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Badurek, 2002]

Tabela 2.4

Rodzaje społecznych technologii pamięciowych

Rodzaj pamięci	Technologie	Cechy
Biologiczna	dziedziczenie genetyczne, programy i zegary biologiczne	brak świadomej kontroli, rozwój selekcyjno-mutacyjny, wysoka stabilność
Pierwotna pamięć kulturowa	wytwory materialne, znaki, zachowania	interpretacja kontekstowa, ograniczona abstrakcyjność
Mowa	przekaz ustny	gramatyka języka naturalnego, charakter operatywny
Pismo	znaki własności (aroko, kipu), ideogramy, piktografia, hieroglify, alfabet	statyczność, trwałość i precyzja przekazu, ograniczone właściwościami medium

cd. tab. 2.4

Rodzaj pamięci	Technologie	Cechy
Pismo drukowane	książki, gazety	masowość, brak interaktywności
Telegrafia	aparat Morse'a, telegraf optyczny i elektryczny, telefaks	reakcje w czasie rzeczywistym, pamięć krótkotrwała
Fotografia	dagerotyp, aparat fotograficzny, hologramy, mikrofilmy	wysoka trwałość, wymiar jedynie optyczny
Telefonia stacjonarna	telefon, wideotelefon	interaktywność, prywatność
Kino	film niemy, dźwiękowy, kolorowy, 3D	centralizacja, dokumentalizm, emocjonalność
Radiofonia	radio	brak informacji pozaakustycznych, transmisje „jeden do wielu”
Przemysł muzyczny	gramofon, magnetofon, odtwarzacz CD, kaseata kompaktowa, mp3	ograniczenie do dźwięku, charakter rozrywkowy i artystyczny
Telewizja	telewizor, TV satelitarna, kablowa, internetowa	pasywność odbioru, telefetyszizm
Wideo	magnetowid, kamera wideo, DVD, formaty cyfrowe	selektywność, przypadkowość, problem praw autorskich
Komputer	pamięci: półprzewodnikowe, magnetyczne, optyczne	meta- i multimedialność, elastyczność, bazodanowość
Telefonia komórkowa	telefon komórkowy, smartfon	mobilność, subkultura SMS, UMTS, integracja funkcji, aplikacje (<i>apps</i>)
Internet, wszechnet (<i>evernet</i>)	teleinformatyka, sieci globalne i lokalne	uniwersalizm, pojemność, dynamika, demokracja, anonimowość, problemy bezpieczeństwa (cyberterroryzm)

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Badurek, 2005]

W przypadku zaawansowanych (aktywnych, *active*) wersji RFID mamy do czynienia z mikroprocesorowymi **transponderami** (*TRAN*Smitter-*resPON*DER) wyposażonymi we własne pamięci i logikę sterowania (oprogramowanie). Te urządzenia można zatem traktować podobnie jak pewnego rodzaju (prosty) specjalizowany komputer. Stają się one wówczas składnikiem sieci teleinformatycznej, w zastosowaniu masowym tworząc jej „inteligencję”. Rola technologii RFID wykracza poza wykorzystanie w procesie śledzenia partii artykułów. Mamy tu do czynienia z intensywnie rozwijającymi się implementacjami o dużym znaczeniu przyszłościowym, istotnie wpływającymi na poziom elastyczności infrastruktury produkcyjnej. Karty chipowe (RFID), stosowane w procesie kontroli towarów i osób, mogą być umieszczane w zegarkach czy odzieży w celu usprawniania zarządzania personelem produkcyjnym. Systemy RFID znajdują także coraz powszechniejsze zastosowania w otoczeniu przedsiębiorstwa, np. w zakresie śledzenia i zabezpieczania przed kradzieżą (*EAS – Electronic Article Surveillance*), w turystyce, handlu czy medycynie. Pokazane przykłady ilustrują przechodzenie od klasycznych, funkcyjnych organizacji hierarchicznych do zorientowanych procesowo, wirtualnych struktur sieciowych (*networking*). Omawiane transformacje zachodzą zarówno w wymiarze przedsiębiorstwa, jak i globalnym – fenomen ekonomii sieciowej [Beck, 2006]. Zjawisko to wiąże się też z konsekwencjami wykraczającymi poza sferę poszczególnych firm (zależności organizacyjne, prawne, polityczne).

W ten sposób dochodzimy do trzeciego kryterium społeczeństwa informacyjnego (def. 2.4), tj. – po sieciowości i maszynowości danych – do kwestii informacji jako dobra gospodarczego. Tezy 1.1, 2.2 (2.3) wskazują, że kapitałem firmy (wytwórczej) są również informacje – intelektualne zdolności jej pracowników i partnerów oraz wspomagające je algorytmy. Z kolei definicje 1.1, 1.2, 1.3, 1.4 ukazują procesy o charakterze globalnym, prowadzące do „digitalizacji” dóbr materialnych przez ładunek informacyjny – **ekonomia społeczeństwa informacyjnego nabiera charakteru cyfrowego**. Mamy zatem do czynienia z transformacjami przekształcającymi obiekty mającymi dotąd własności tylko materialne w wirtualne – od wirtualnych komponentów konfiguracji komputerowych, poprzez całe maszyny i systemy wirtualne o charakterze „chmurowym” (*cloud computing*) [Velte, 2009], aż do wirtualnych sklepów i przedsiębiorstw.

Ten nowy paradygmat umożliwi inteligentne, a więc także elastyczne, wytwarzanie wyrobów jednostkowych w skali masowej zgodnie z ideałem masowej indywidualizacji (*mass customization*). Elastyczność takich systemów oznacza też ich **skalowalność**, dzięki tzw. ekonomii skali (*economy of scale*) – przedsiębiorstwo może zwiększać lub zmniejszać zakres działalności, tworząc informacyjne sieci swoich klientów, partnerów czy nawet konkurentów. W tym ostatnim przypadku mówimy o fenomenie „współkurencji” (koopetycji, *coopetition*), tzn. współpracy konkurencyjnej [Yami, 2010].

Teza 2.4

Nowe technologie stwarzają nowe ryzyka, ale przede wszystkim kształtują nowe szanse rozwojowe.

Przykład. W sferze dóbr cyfrowych zarówno ich oryginał, jak i kopie są w praktyce nieodróżnialne (identyczna funkcjonalność na poziomie binarnym); jednocześnie można je wytwarzać (kopiować), ponosząc minimalne koszty, w bardzo krótkim czasie i w nieograniczonej ilości. Takie właściwości nie muszą jednak oznaczać samych zalet biznesowych. Wymieńmy tu ponownie (por. tab. 2.4), jako zjawisko skrajne, cyberterrorizm. Do innych negatywnych zjawisk, przybierających łagodniejszą, ale znacznie powszechniejszą postać, należą piractwo elektroniczne oraz problemy związane z określaniem granic dotyczących ochrony patentowej czy własności intelektualnej. Kwestie te wykraczają poza wymiar ekonomiczny i można je rozwiązywać w odniesieniu do obowiązującego prawa, które można implementować właśnie przy użyciu nowoczesnych technologii informatycznych, a więc kolejnych towarów czy usług cyfrowych (biometria, kody dostępu, blokady i ograniczenia kopiowania, identyfikacja urządzeń elektronicznych).

Opisywane zjawiska są rozszerzeniem (kontynuacją) występujących wcześniej w ekonomii klasycznej (przedinformacyjnej, *old economy*), ponieważ dobra charakteryzujące się elementami wirtualności (informacje) występowały – w ograniczonym zakresie – także w epoce przedelektronicznej (tab. 2.4). W def. 1.4 wyspecyfikowano wirtualizację w kontekście IT, tymczasem obecność tego zjawiska zaznacza się również na kolejnych etapach dochodzenia do społeczeństwa informacyjnego, w związku ze zmieniającą się kulturą obrazu (tab. 2.5). Wirtualizacja oznacza w tym wypadku nie tylko proste zastępowanie materii informacją ale także – w wariantcie zaawansowanym – tworzenie nowej rzeczywistości wirtualnej VR (*virtual reality*), tj. rzeczywistości wzbogaconej o nowy ładunek informacyjny.

Tabela 2.5

Wirtualizacja na przykładzie zmian kultury obrazu

Formy (poziomy) kultury obrazu	Rodzaj przekazu, medium
Realizm statyczny	malarstwo naturalistyczne, pismo obrazkowe, fotografia, holografia
Wirtualizm statyczny	malarstwo impresjonistyczne, pismo alfabetyczne, fotomontaż, kolaż, dokumentacja CAD
Realizm dynamiczny	film dokumentalny, transmisje telewizyjne, rejestracje kamer przemysłowych (CCTV)
Wirtualizm dynamiczny	film fabularny, animacje komputerowe, symulacje wideo, modelowanie procesów fabryki cyfrowej (<i>digital factory</i>)
Rzeczywistość wirtualna VR i realna wirtualność RV	„jaskinie” imersyjne (<i>cave</i>), gry komputerowe I ³ (<i>Interaction</i> / interakcja, <i>Immersion</i> / zanurzenie, <i>Imagination</i> / wyobraźnia), symulatory wielozmysłowe

Źródło: opracowanie własne

Przykład. W procesie standardowego projektowania systemu wytwórczego wykorzystuje się metody wskaźnikowe. Oznacza to definiowanie struktury produkcyjnej na podstawie jej rodzaju (np. przemysł elektromaszynowy) oraz planowanego programu produkcyjnego (asortyment) w odniesieniu do normatywów kubatury czy powierzchni na daną linię produkcyjną / maszynę. Sporządzony w ten sposób projekt wykonawczy nie daje pełnej odpowiedzi na pytanie, jakie problemy możemy napotkać w praktyce produkcji. Dopiero jej uruchomienie (serie próbne) pozwoli na dokonanie niezbędnych poprawek w pierwotnym projekcie. Takie podejście opóźnia jednak efektywny start przedsięwzięcia i zwiększa jego koszty. Fabryka cyfrowa redukuje te niedogodności, symulując całość procesów logistyczno-produkcyjnych, tak jakby odbywały się one w rzeczywistości (np. kwestia bezpieczeństwa poruszających się pracowników).

Przyszłościowym krokiem, po fazie rzeczywistości wirtualnej, ma być **rzeczywista wirtualność RV** (*real virtuality*) [Chalmers, Zányi, 2009]. W przypadku VR mamy do czynienia z ograniczeniami związanymi z rodzajem symulowanych wrażeń oraz precyzją ich odwzorowania; RV ma natomiast generować wrażenia dla wszelkich zmysłów w sposób (teoretycznie) nieodróżnialny od naturalnego. Byłby to zatem najwyższy możliwy poziom realizmu LoR (*Level of Reality*). Wspomniane technologie (wirtualne) społeczeństwa informacyjnego charakteryzuje także płynność granicy między materią a informacją. Oba wymiary wzajemnie się przenikają, żaden z nich nie istnieje samodzielnie i dopiero razem tworzą całość wyrobów oraz otoczenia produkcyjnego, w którym rośnie znaczenie dóbr cyfrowych.

Teza 2.5

Dobra cyfrowe przypominają swoimi właściwościami dobra publiczne.

Teza 2.5. odnosi się zarówno do dóbr czysto materialnych (np. sieć komunikacyjna), jak i niematerialnych (np. bezpieczeństwo społeczeństwa / państwa). Przykładową charakterystykę obu rodzajów dóbr zawarto w tab. 2.6.

Tabela 2.6

Porównanie dóbr publicznych i cyfrowych

Cecha	Interpretacja – dobro publiczne	Interpretacja – dobro cyfrowe
powszechność dostępu	każdy może skorzystać z sieci drogowej	globalny dostęp i globalna dystrybucja
Niekonkurencyjność użytkowników, klientów	korzystanie z sieci drogowej przez jednego użytkownika nie jest przeszkodą dla jednoczesnego korzystania z niej przez innego użytkownika (w praktyce istnieją ograniczenia fizyczne, np. korki)	w praktyce dostęp do dóbr cyfrowych jest nieograniczony (przepustowość sieci) i jednoczesny, istnieje możliwość ich powielania (w ramach prawa)
Niewykluczalność ze strony producenta	„dostawca” sieci drogowej nie może nikomu zabronić korzystania z niej (występują ograniczenia odpłatnościowe, związane z uprawnieniami kierowców)	swobodny dostęp do oprogramowania, usług cyfrowych (z uwzględnieniem barier wiekowych czy konieczności wnoszenia opłat licencyjnych)
Efekty mnożnikowe, prawo zwielokrotnienia (<i>more gives more</i>)	zakup pojazdu oznacza zakup „całej” sieci drogowej, której znaczenie (np. logistyczne) zwiększa się wraz z liczbą nowych pojazdów	zakup terminala sieciowego oznacza zakup „całego” Internetu, którego wartość rośnie wraz z liczbą użytkowników

Źródło: opracowanie własne

Rozdział 3

APLIKACJE ZARZĄDZANIA OPERACYJNEGO

Badanie kierunków rozwojowych systemów produkcyjnych nowej generacji wymaga specyfikacji ich centrum organizacyjnego, jakim jest **system operacyjny przedsiębiorstwa** (p. 3.1). Pozwala to na badanie analogii między nim a systemami operacyjnymi konfiguracji komputerowych. W związku z tym rozwinięto tezę (3.1) o możliwości gospodarczego wykorzystywania informatyki nie tylko jako narzędzia technicznego, ale także jako źródła idei organizacyjnych. Wskazano przy tym paralele między zarządzaniem a informatyką (rys. 3.2) oraz wyprowadzono organizacyjne odpowiedniki **praw inżynierii softwarowej** (tab. 3.1). Podkreślono znaczenie technologii dyfuzyjnych, charakteryzując ich właściwości.

W punkcie 3.2 skoncentrowano się na pakietach zarządzania zasobami przedsiębiorstwa jako aplikacyjnych odpowiednikach jego systemu operacyjnego. Pokazano kluczowe algorytmy planowania materiałowego, podkreślając potrzebę automatyzacji ich sprzężeń także w wymiarze makro (globalnym) (teza 3.4). Modelowo wyróżniono **generacje** rozwiniętych systemów oraz internetowe. Zwrócono uwagę, że z punktu widzenia użytkownika przedmiotowe pakiety zyskują na mobilności, ewoluując w kierunku **wirtualnych sieci wytwórczych**. Rozwinięto charakterystykę pożądaných cech przedmiotowego oprogramowania: wirtualizacji, otwartości, hipertekstowości, internetowości, przyjazności użytkowej. Zinterpretowano pojęcie organizacji w odniesieniu do kryteriów hipertekstowych (teza 3.6).

W punkcie 3.3 dokonano klasyfikacji **podsystemów przedsiębiorstwa** (wewnętrznych i zewnętrznych), ilustrując przykładami schematy opisu interfejsów międzysystemowych (tab. 3.3) oraz dokumentacji ich struktury (tab. 3.4). Szerzej zbadano najistotniejszą pod względem systemowym cechą **otwartości** (tab. 3.5), stwierdzając (w związku z p. 1.2), że przedsiębiorstwo informacyjne ma charakter systemowo-objektowy, przy czym podejście obiektowe specyfikuje poziom implementacyjny (oprogramowanie oparte na koncepcji klas i abstrakcji oraz dziedziczenia, hermetyzacji, polimorfizmu), a podejście systemowe ma zastosowanie w analizie systemowej (objektowej) w związku z referencyjnym modelowaniem przedsiębiorstwa. W zakończeniu rozdziału zaproponowano **elementy systemowości** (tab. 3.6) wraz z ich interpretacjami.

3.1. System operacyjny przedsiębiorstwa

W literaturze przedmiotu [Jasiński, 2005; Collier, Evans, 2012] można napotkać pojęcie systemu operacyjnego przedsiębiorstwa (SOP) używane w celu uszczegółowienia definicji systemu produkcyjnego w odniesieniu do jego działalności operacyjnej [Waters, 2002]. Takie ujęcie jest szczególnie interesujące w kontekście def. 1.1 i 1.2 ze względu na możliwość specyfikacji zarówno analogii, jak i sprzężeń aplikacyjnych między SOP a konfiguracją komputerową, której centrum stanowi jej system operacyjny, zarządzający także oprogramowaniem użytkowym (rys. 3.1). Na rys. 3.1 przedstawiono modelowe powiązania (poziome) między organizacyjnym cyklem przetwarzania wiedzy SOP a odpowiadającym mu technicznym sprzężeniem (cyklem) IT. W sferze SOP wyróżniono jego istotne elementy powiązane tzw. ścieżką krytyczną działalności przedsiębiorstwa (*critical mission / path*)

– strzałki łamane. Z wyróżnionymi elementami krytycznymi operacyjnie skojarzono też wybrane elementy organizacyjne o charakterze bardziej taktycznym.

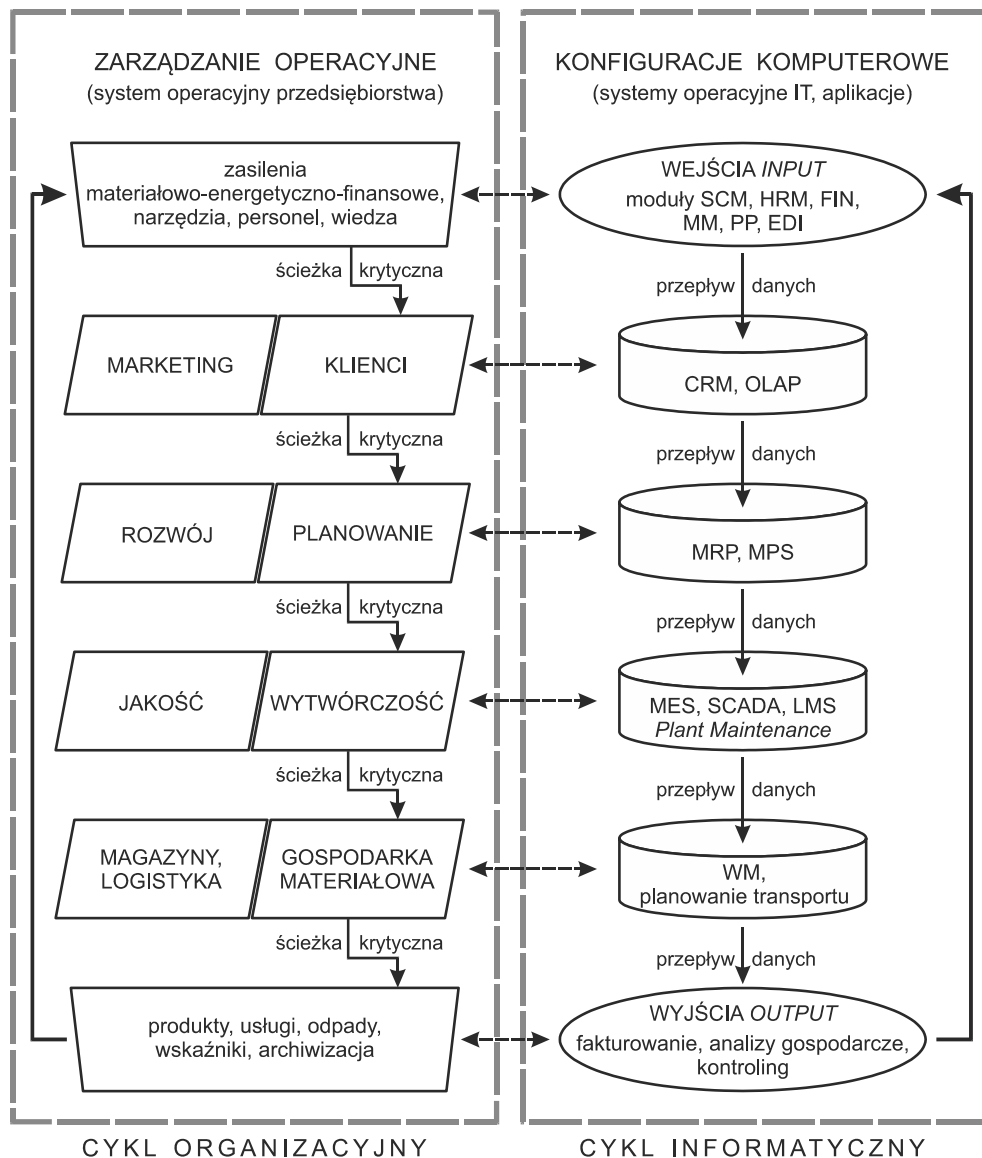
Przykład. Przyjmowanie zleceń od klientów powinno się odbywać w czasie rzeczywistym i w trybie bezpośrednim (*real-time, on-line*) Dotyczy to także reakcji na wpływające zlecenia w przypadku problemów, takich jak: błędy w bazie danych (numer klienta/GLN, nr produktu/GTIN), niewłaściwe datowanie zleceń (lokalne/regionalne kalendarze dni roboczych/dostawczych), brak możliwości realizacji (ze względu na stany zapasów, moce przerobowe), problemy techniczne – zarówno lokalne („zawieszenie się” oprogramowania), jak i zewnętrzne (przesył danych w Internecie). Element SOP „Klienci”, odpowiadający np. jednostce organizacyjnej typu „dział obsługi klienta” (*customer service*), ma charakter operacyjny, natomiast skojarzona jednostka marketingu – pełni funkcję taktyczną (strategiczną).

Definicja 3.1

Misja krytyczna przedsiębiorstwa określa te elementy jego systemu operacyjnego, których nieprawidłowości negatywnie przekładają się na efektywność, czyli osiągnięcie podstawowych celów biznesowych.

Tak rozumiana misja odpowiada teorii ograniczeń i związanej z nią metodzie łańcucha krytycznego CCPM (*Critical Chain Project Management*) [Cox, Schleier, 2010]. Pokazane na rys. 3.1 oznaczenia modułów IT były wymieniane wcześniej; dodatkowo uwzględniono:

- HRM – zarządzanie zasobami ludzkimi (*Human Resource Management*), moduł wspomagający jednolite zarządzanie najważniejszym elementem struktury kapitałowej SPNG, tj. personelem;
- FIN – finanse, moduł odpowiedzialny m.in. za prawidłowość fakturowania dostarczanych klientom towarów i usług;
- MM – zarządzanie danymi materiałowymi (*Material Management*), których baza zawiera surowce, półprodukty, wyroby gotowe oraz materiały techniczne;
- PP – produkcja i planowanie (*Production and Planning*), moduł wspomagający procesy planistyczno-wytwórcze (zintegrowane prognozy zleceń, zarządzanie centrami wytwórczymi, materiałowe księgowanie produkcji);
- EDI (*Electronic Data Interchange*) – wymiana strukturalnie sformatowanych danych dotyczących transakcji biznesowych;
- OLAP (*On-Line Analytical Processing*), bieżąca analiza danych metodą „kostkową” (*cube*), tj. z uwzględnieniem wielowymiarowości danych przedsiębiorstwa (pojęcie wymiaru odpowiada tu bazodanowym parametrom identyfikacyjnym, jak np. czas, obrót, klienci) i z możliwością użycia większej liczby wymiarów niż trzy (*hypercube*);
- LMS (*Laboratory Management System*), wspomaganie zarządzania laboratoriami, z bardzo rozbudowanymi funkcjami wykraczającymi poza dosłowne rozumienie nazwy modułu, np. źródło specyfikacji dla dostawców czy dla wyrobów gotowych;
- WM (*Warehouse Management*), zarządzanie magazynami, w szczególności wysokiego składowania.



Rys. 3.1. System operacyjny przedsiębiorstwa i jego odpowiedniki aplikacyjne

Źródło: opracowanie własne

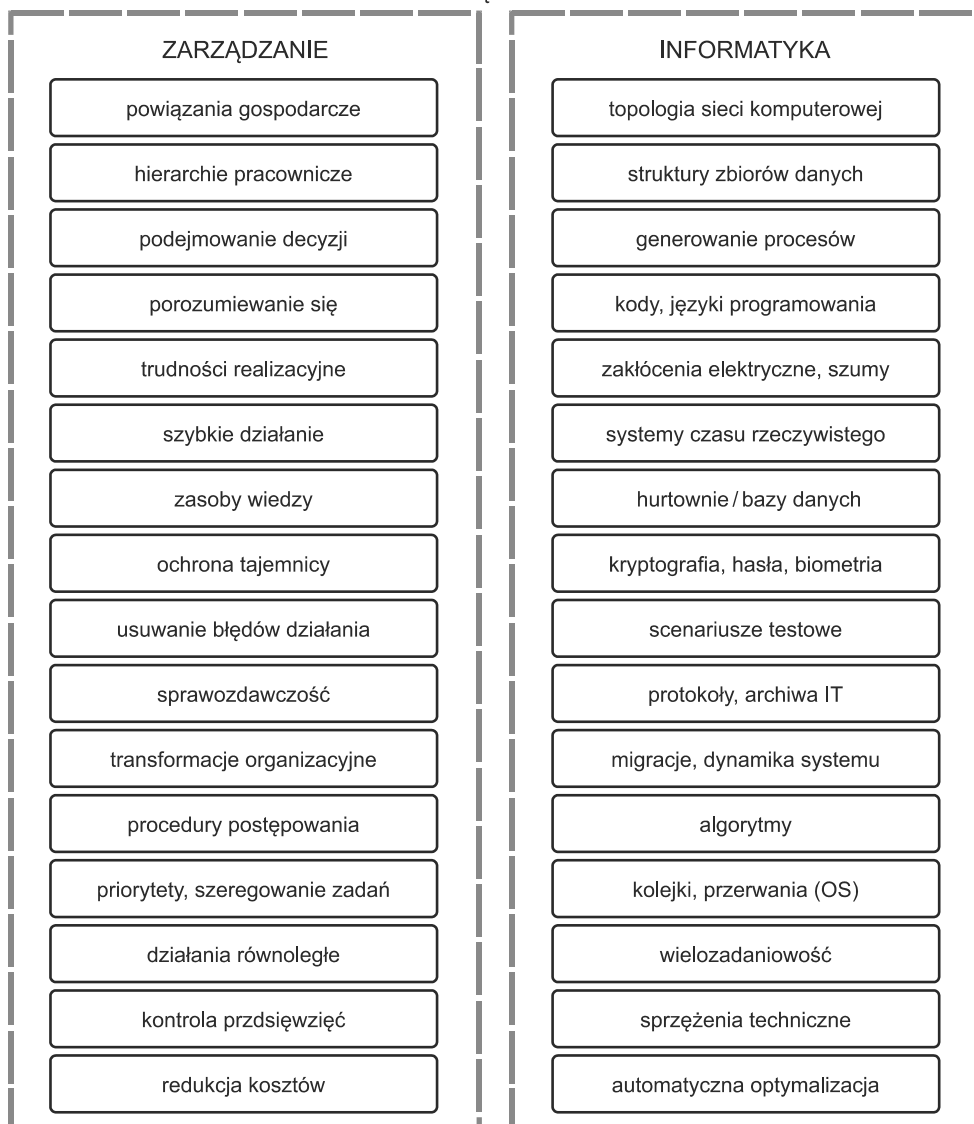
Teza 3.1

W sferze zarządzania informatyka może być wykorzystywana nie tylko jako techniczne narzędzie wspomagające, ale także jako źródło idei organizacyjnych.

Komputerowe wspomaganie organizacji produkcji wdrażano już w początkach rozwoju informatyki (lata 50. XX w.) i początkowo traktowano je wyłącznie narzędziowo, korzystając z możliwości dokonywania szybkich obliczeń z ogromną liczbą danych gospodarczych.

Stopniowo następowała **coraz większa integracja sfery zarządzania oraz IT poprzez rozwój modelowania referencyjnego, które stanowi pomost między językiem naturalnym a językami maszynowymi**. Proces ten ciągle trwa i umożliwia wzajemne wykorzystywanie dorobku z zakresu obu dziedzin przez informatyków i praktyków zarządzania. Wynika to z faktu, że systemy zarządzania i systemy informatyczne wykazują liczne analogie (rys. 3.2) – w obu przypadkach w ich centrum znajduje się przetwarzanie informacji.

PRZEDSIĘBIORSTWO



Rys. 3.2. Analogie między zarządzaniem a informatyką

Źródło: opracowanie własne

Przykład. W tab. 3.1 zaproponowano organizacyjne odpowiedniki wybranych praw Lehmana [Lehman, 1997], sformułowanych pierwotnie na potrzeby inżynierii softwarowej.

Tabela 3.1

Organizacyjne odpowiedniki praw inżynierii softwarowej

Nr prawa wg Lehmana	Interpretacja w inżynierii softwarowej	Odpowiednik organizacyjny
I. Ustawicznej zmiany (<i>continuing change</i>)	niezbędne jest stałe dokonywanie procesu adaptacji systemu, po to by nie dopuścić do zmniejszania się jego wartości	organizacja musi się nieustannie zmieniać, w przeciwnym wypadku jej użyteczność będzie się stale zmniejszać
II. Wzrostu złożoności (<i>increasing complexity</i>)	rozwój systemu powoduje wzrost jego kompleksowości, jeśli nie są podejmowane działania, które ją zmniejszają	zmiany organizacji prowadzą do jej większej złożoności, konieczność redukcji złożoności wymaga dodatkowych zasobów
VI. Stalego wzrostu (<i>continuing growth</i>)	liczba funkcji systemu musi rosnąć, tak aby zagwarantowana była jego pozytywna ocena ze strony użytkowników w trakcie całego czasu jego działania	efektywność i elastyczność organizacji muszą się zwiększać w celu utrzymania pozycji rynkowej
VIII. Sprzężeń systemu (<i>feedback system</i>)	zmiany oprogramowania generują wielopoziomowe, wielopętłowe, wieloagentowe (<i>multilevel, multiloop, multiagent</i>) sprzężenia systemu	ewolucja organizacji determinuje konieczność zarządzania powstającymi połączeniami wielokierunkowymi, między wieloma jej obiektami gospodarczymi, ludźmi i procesami

Źródło: opracowanie własne

Na rys. 3.2 w niektórych przypadkach bezpośrednio odwołano się do informatycznych właściwości systemu operacyjnego (OS, *operating system*), np. „kolejki, przerwania”. Prześledzenie ich rozwoju ma istotne znaczenie dla interpretacji tezy 3.1. W początkowym okresie rozwoju komputery były niemal wyłącznie sprzętem, czyli maszynami, w których rolę oprogramowania pełniły ręczne działania człowieka. W ten sposób funkcjonowały urządzenia przekątnikowe, sterowane taśmą papierową, czy programowanie za pomocą tablic połączeń [Gabrielli, Martini, 2010]. Konieczność efektywniejszego wykorzystywania czasu drogich komputerów (*mainframe*) doprowadziła do rozwoju techniki wsadowej (*batch*), w której nadzorowanie przejął program rezydujący w pamięci (tzw. monitor). Dalsze kroki rozwoju systemów operacyjnych i konfiguracji komputerowych [Silberschatz, 2011] to:

- tryb pośredni (*offline*);
- buforowanie i *spooling*;
- wieloprogramowość i wielozadaniowość (*multitasking*);
- podział czasu (*time sharing*);
- sterowanie procesami (semafony, kolejki);
- zarządzanie pamięcią (stronicowanie, segmentacja, nakładki);
- organizacja i ochrona plików;
- programy usługowe;
- systemy rozproszone (*distributing*);
- systemy wieloużytkowe (*multiusing*), wieloprocesorowe i wielokomputerowe;
- systemy sieciowe i kratowe (*grid*);
- systemy chmurowe (*cloud*).

Dla każdego z wymienionych kroków można znaleźć analogie zastosowań organizacyjnych i odpowiednie sprzężenia: technologie IT wspomagają sferę zarządzania, ale narzucają jej także swoje standardy (teza 1.1).

Teza 3.2

Informatyka jest technologią dyfuzyjną SPNG, bezpośrednio lub pośrednio przenikając wszystkie obszary przedsiębiorstwa.

Teza 3.2 jest zgodna z tezą 1.1 i stanowi jej rozwinięcie, wprowadzając pojęcie technologii dyfuzyjnej [Robertson, Jacobson, 2011], która cechuje się następującymi właściwościami:

- wszechzwiązki połączeń międzyobiektowych na zasadzie „każdy z każdym” (cecha sieciowości IT, modułów i funkcji ERP);
- inwestycje dyfuzyjne zaczynają w pełni działać, gdy ich skutki dotrą do różnych podsystemów przedsiębiorstwa, co wymaga określonego czasu;
- rola integracyjna w odniesieniu do pozostałych wymiarów / atrybutów rzeczywistości gospodarczej.

Z kolei wymagania dla idealnego OS są charakterystyczne także dla innych rodzajów oprogramowania (w tym użytkowego) i również mogą się odnosić do cech organizacji SPNG:

- otwartość;
- modularność;
- skalowalność (rozszerzalność);
- przenośność (mobilność);
- kompatybilność i standaryzacja;
- modyfikowalność;
- efektywność (szybkość działania, sprawność pamięciowa);
- przyjazność (*user friendly*) i ergonomiczność;
- bezpieczeństwo i bezawaryjność;
- samoopisywalność;
- funkcjonalność i wiarygodność;
- zupełność.

Wymienione cechy wzajemnie się uzupełniają i przenikają, mogą też być agregowane lub rozbijane na bardziej szczegółowe, jak np. poziom heterogeniczności środowiska, rodzaje interfejsów czy sposobów obsługi procesów (wątków) bądź różnych typów danych.

Uniwersalność wskazanych właściwości zostanie wskazana również w p. 6.3 w odniesieniu do integracji zasobów ludzkich z informatycznymi.

3.2. ERP jako centrum organizacji produkcji

Zidentyfikowane w poprzednim punkcie charakterystyki OS (IT) pozwalają na sformułowanie jego następującej definicji.

Definicja 3.2

System operacyjny jest podstawowym programem (zbiorem programów) każdej konfiguracji komputerowej, wirtualizującym jej zasoby sprzętowe w celu optymalnego zarządzania nimi oraz całością konfiguracji, włącznie z oprogramowaniem użytkowym, w tym dialogiem: człowiek–maszyna.

Definicja 3.2 wskazuje, że każda konfiguracja IT zawiera program o najistotniejszym dla niej znaczeniu, przy czym w praktyce mamy do czynienia z zestawem programów określanych wspólnie mianem systemu operacyjnego. Należy dodać, że granica między programami OS a innymi rodzajami SW (narzędziowe, użytkowe) jest płynna. W definicji użyto też pojęcia wirtualizacji, nawiązując do def. 1.4. Faktycznie, **system operacyjny tworzy softwarowe abstrakcje sprzętowych właściwości konfiguracji, co pozwala go traktować jako jej rozszerzenie hardwarowe**. Proces softwarowego rozszerzania sprzętu komputerowego omówiono w poprzednim punkcie. Istotna rola OS polega na zarządzaniu zasobami konfiguracji, takimi jak procesory, pamięci wewnętrzne i zewnętrzne oraz urządzenia peryferyjne.

Teza 3.3

Szczególnym i kluczowym zasobem konfiguracji komputerowej jest czas.

Zarządzanie zasobami konfiguracji w dużej mierze oznacza zarządzaniem czasem. Czas jako zasób odnosi się do innych zasobów (fizycznych), np. okresu pracy procesora, i wiąże się z takimi funkcjami OS, jak kolejki zadań i ich priorytety oraz wykonywanie programów (użytkowych), tj. ich uruchamianie, sterowanie nimi, kontrola ich przebiegu, korekty i protokoły błędów. W def. 3.2 wskazano także na rolę OS w organizacji interaktywnego dostępu użytkowników do konfiguracji i jej oprogramowania aplikacyjnego.

Również w SPNG można wyróżnić jego centrum informatyczne. W większych przedsiębiorstwach jest nim z reguły zintegrowany i standardowy pakiet ERP, którego moduły mogą wspomagać całość procesów informacyjnych firmy. Klasycznym składnikiem ERP są aplikacje MPS/MRP umożliwiające strukturalne planowanie i sterowanie produkcją (rys. 3.3).

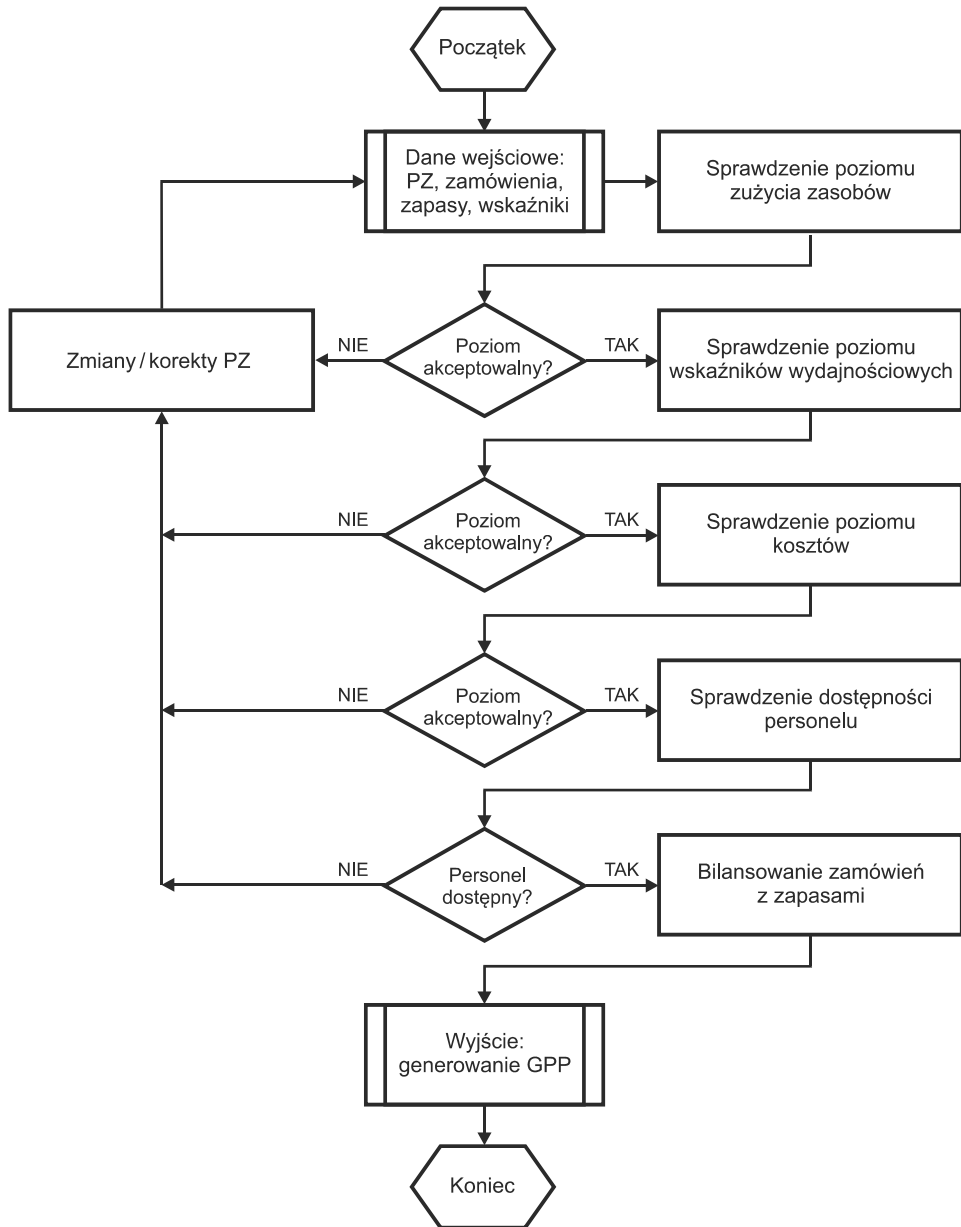
Algorytm MPS generuje planowane zlecenia wytwórcze (*shop order*) na podstawie tzw. planu zagregowanego (PZ) o charakterze taktycznym (miesięcznym). Wynikiem działania algorytmu jest główny plan produkcji (GPP) o charakterze taktyczno-operacyjnym (tygodniowym). Na podstawie GPP przy zastosowaniu procedur MRP (rys. 3.4) zostaje ustalona kolejność zleceń w poszczególnych centrach wytwórczych (liniach produkcyjnych), co stanowi podstawę planów operacyjnych (dziennych / zmianowych) dla poszczególnych pracowników.

Algorytm MRP generuje materiałowe potrzeby brutto na podstawie list części BOM. W celu wygenerowania zamówień materiałowych należy uwzględnić zamówienia w toku oraz stan zapasów materiałowych, co prowadzi do otrzymania zapotrzebowania netto. Ma ono charakter planu, który jest korygowany iteracyjnie, w zależności od możliwości realizacyjnych (np. „wąskie gardła” dostawcze).

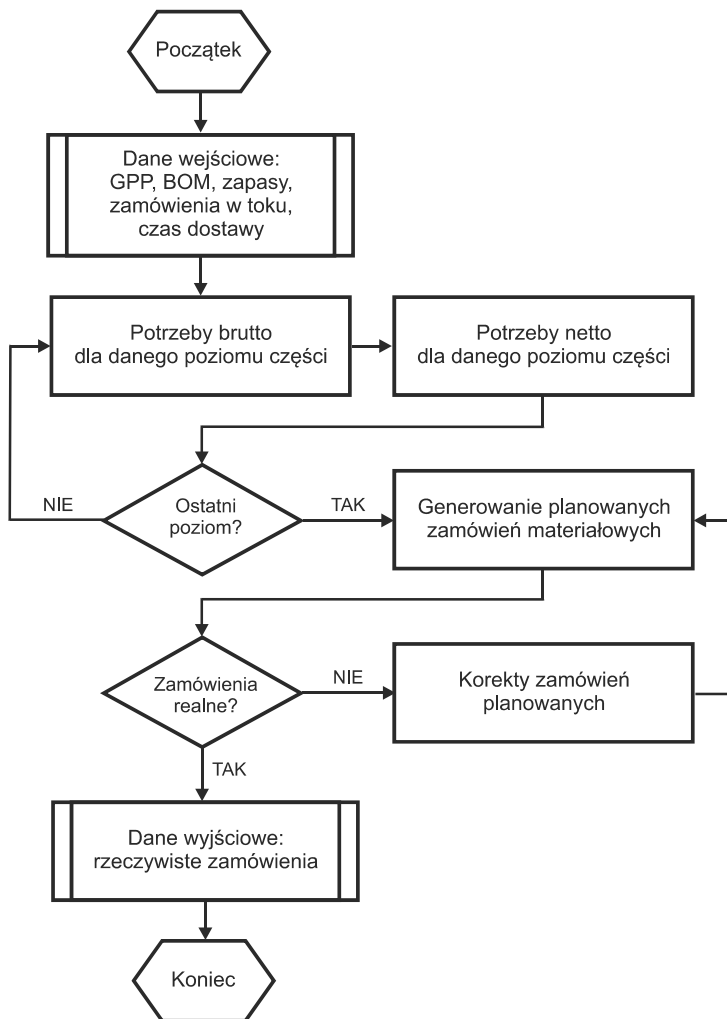
Teza 3.4

Algorytmy MPS/MRP mają charakter iteracyjny, co wymaga automatyzacji ich sprzężeń.

Powyższa teza nawiązuje do tezy 2.2 i może się odnosić szerzej do procesów planowania w ogóle oraz innych procesów zachodzących w przedsiębiorstwie. Rodzaje sprzężeń międzymodułowych zdefiniowano w tab. 2.2, przy czym wzrastająca złożoność firm powoduje, że ich ERP także stają się coraz bardziej skomplikowane i odgrywają coraz istotniejszą rolę. Jednocześnie przedsiębiorstwa, łącząc się (prawnie, procesowo czy wirtualnie), tworzą rodzaj „światowego ERP” (*evernet*).



Rys. 3.3. Algorytm MPS
Źródło: opracowanie własne



Rys. 3.4. Algorytm MRP
Źródło: opracowanie własne

Mówimy tu o megatrendzie SPNG, który nie zawsze jest dostrzegany z mikroekonomicznej perspektywy pojedynczego przedsiębiorstwa, ale będzie nabierał coraz większego znaczenia w bliskiej przyszłości (w okresie kilku lub kilkunastu lat). **Rosnąca złożoność konfiguracji komputerowej doprowadziła w sferze IT do wzrostu złożoności zarządzającego nią OS. Podobne analogie ewolucyjne można dostrzec w rozwoju ERP.** Możemy tu wyróżnić modelowo trzy generacje tych systemów.

— ERP I – specjalizowane systemy o charakterze zamkniętym, HO (*host oriented*), oferujące aplikacje w trybie znakowym, programowane przy wykorzystaniu narzędzi 3GL (*Third Generation Language*), nawiązujące do strukturalnego paradygmatu inżynierii softwarowej. Przykład takich rozwiązań to wspomaganie pojedynczych funkcji (np. sta-

tystyki sprzedaży), ich grup (np. zarządzanie zapasami, gospodarka magazynowa), aż do rozbudowanej organizacji procesowej i pakietów ERP, przeznaczonych dla całości przedsiębiorstwa. W tym obszarze mieszczą się też, omówione wcześniej, klasyczne rozwiązania MPS/MRP.

- ERP II – wielowarstwowe systemy C/S (*client-server*) pracujące w trybie graficznym, konstruowane za pomocą narzędzi 4GL (*Fourth Generation Language*), korzystające także z otwartych (*open*) systemów operacyjnych (np. dialekty Unixa). Wśród przykładów można wymienić środowisko ABAP, obiektowy paradygmat SE, integrację wielu modułów, również zewnętrznych (zasięg partnerski).
- ERP III – systemy webowe WO (*web-oriented*), dostępne mobilnie także w wersji EaaS (*ERP as a Service*) [Wrycza, 2011], zawierające elementy AI 5GL (*Fifth Generation Language*), wykorzystujące paradygmat semantyczno-ontologiczny (*multi-paradigm*) oraz SOA jako podejście organizacyjne. W odniesieniu do tak zdefiniowanej generacji ERP mówimy o rozwiązaniach przyszłościowych, które stopniowo będą integrować aplikacje o zasięgu globalnym.

Teza 3.5

Łatwiej jest integrować informacje, które nie sterują bezpośrednio zasobami materialnymi.

Powyższą tezę można zilustrować eksplozywnym rozwojem generacji Internetu (Web 1.0, Web 2.0, Web 3.0), ukazującym możliwości integrowania takich zasobów informacyjnych, jak:

- wyszukiwarki, portale / bazy danych;
- media (prasa, film, zdjęcia);
- sfera rozrywki, serwisy społecznościowe;
- systemy informujące (np. prognozy pogody);
- systemy optymalizujące (np. informacje o połączeniach transportowych).

Idee (prototypy) sieci semantycznych czy ontologicznych baz danych są realne dla wymienionych obszarów w bliskiej bądź średnio odległej perspektywie (jedna lub dwie dekady). Z kolei konieczność integracji różnych rodzajów danych napotyka większe trudności w sferze wspomaganej przez ERP. Problemy integracji i projektowania (migracje) systemów sterujących materią (ERP) są skutkiem następujących uwarunkowań:

- konieczność uwzględniania zależności w warstwie wytwórczej (np. sterowniki przemysłowe);
- materialne ograniczenia procesów gospodarczych (mierzalność w kategoriach fizycznych), jak np. położenie czasoprzestrzenne, masa, energia, wymiary;
- konsekwencje negatywne gospodarczo (finansowe) stanowiące bezpośredni rezultat błędów projektowania.

Powyższe ograniczenia specyfikują też wymagania stawiane nowoczesnym ERP wspomagającym organizację SPNG. Poniżej omówiono pięć spośród nich.

Zgodnie z def. 1.3 oraz tezą 1.3 ponownie należy tu wskazać na **wirtualizację**, oznaczającą (w kategoriach obiektowych) hermetyzację sprzętu poprzez rozdział warstw logicznej (łatwiej poddającej się integracji) i fizycznej. W takiej sytuacji mamy do czynienia ze skalowalną i sprzętowo „niewidzialną” chmurą (*cloud*) aplikacyjną, która udostępnia swoje moce (zasoby) w zależności od zmiennych potrzeb.

Tak rozumiany ERP nabiera **charakteru internetowego** i może być postrzegany jako element wszechnetowej (*evernet*) „sieci sieci” jako najwyższej formy sieciowości (*networking*). Z punk-

tu widzenia użytkownika w celu uzyskania dostępu do takiej aplikacji wystarczy terminal z przeglądarką internetową (*browser*). ERP nabiera wówczas cech mobilności (z punktu widzenia zarówno jego użytkowników, jak i urzędzeń), ewoluując w kierunku wirtualnych sieci wytwórczych VMN [Khan, 2011].

Trzecią cechą postulowanego ERP stanowi jego **otwartość**, którą wymieniono także w poprzednim punkcie w odniesieniu do idealnego OS. Oznacza ona nie tylko pakiety otwartoźródłowe (*open source*) [Davis, 2011], ale również szerzej rozumiany rozwój oprogramowania jako proces wielokierunkowy i elastyczny. Wyprecyzowany wymóg jest trudny pod względem realizacji ze względu na występujące problemy związane ze standaryzacją i parametryzacją (*customizing*).

Przykład. Problemy te uwidaczniają się nie tylko podczas integracji / migracji systemów różnych softwarowo (bazy danych, aplikacje), ale też w ramach rozwiązań formalnie jednolitych, w praktyce nabierając jednak własnej „dynamiki” i stając się specjalistycznymi, unikatowymi pakietami. Prowadzi to do ograniczenia automatyzmu projektów integracyjno-migracyjnych. Można tu wskazać choćby na konieczność mapowania (*mapping*) danych źródłowych, np. kręgi alfanumeryczne materiałów czy zleceń, dublety bazodanowe, nieodpowiednie długości pól w rekordzie, ich brak czy różne znaczenie, niedopasowania formatowe i zależności od podsystemów współpracujących (modyfikacje interfejsów).

Czwartą z omawianych cech jest **hipertekstowość**, powszechnie stosowana w internetowych bazach danych (także w połączeniu z technologią *wiki* [Chatfield, 2009]). Umożliwia ona intuicyjną nawigację o charakterze niesekwencyjnym, tj. zorientowaną problemowo (procesowo). Taki sposób dialogu człowieka z maszyną cyfrową bardziej odpowiada wszechzwiązkom rzeczywistości gospodarczej („wszystko połączone ze wszystkim”) niż sztywne (hierarchiczne) struktury danych.

Przykład. Krótki komunikat o błędzie aplikacyjnym może być dalej „drażony” (*drill*) w systemie podczas przechodzenia na kolejne poziomy informacyjne, co pozwala na szybsze i precyzyjniejsze diagnozowanie problemowej sytuacji.

Definicja 3.3

Hipertekst jest aplikacją bazodanową, w której informacja (oparta na tekście) ma strukturę niesekwencyjną, wykorzystującą wyróżnione węzły (nodes) i relacje między nimi.

W tab. 1.2 wyprecyzowano główne cechy SPNG. Wskazują one w szczególności na proces zmian charakterystyk struktur gospodarczych w kierunku konstrukcji zorientowanych procesowo, ahierarchicznych, sieciowych i „cało-częściowych” (holonicznych). Oznacza to wypieranie sztywnej hierarchizacji przez dynamiczną wirtualność zmieniających się relacji oraz zastępowanie centralizacji nowymi i otwartymi strukturami o rozproszonym charakterze. Tak opisywany model gospodarczy w coraz większym stopniu odpowiada **organizacji hipertekstowej** [Lessem, Schieffer 2009].

Teza 3.6

Charakterystyka klasycznej organizacji odpowiada tekstowi o strukturze sekwencyjnej, interpretowanemu od jego początku do końca, według ustalonej hierarchii (chronologii, kolejności).

Tymczasem hipertekst nie ma stałych punktów wejścia czy wyjścia, nie zawiera też stałych ścieżek dostępu między tymi punktami. Mamy tu do czynienia z analogią do zapytań (*query*) w bazie danych typu relacyjnego, w której ścieżki dostępu są tworzone na bieżąco, w odróżnieniu od sztywnych połączeń w bazach danych typu hierarchicznego. W odniesieniu do odbieranego hipertekstu nie istnieje ustalony porządek jego czytania – sam odbiorca każdorazowo może stworzyć swoją unikatową „drogę” hipertekstową. W sferze zarządzania podobną rolę przejmuje sama organizacja. Oznacza to, że jej struktury (grupy pracownicze) dysponujące zasobami informacji generują projekty i procesy.

Istotną cechą ERP powinna być także jego **przyjazność użytkownika** (*user friendly*), połączona z ergonomicznością, wpływającą na efektywność pracy z systemem. Pomocną technologią jest w tym wypadku wyposażanie pakietów ERP (i – szerzej – innych aplikacji przemysłowych) we właściwości biurowych arkuszy kalkulacyjnych (*spreadsheet*). Umożliwia to intuicyjny dialog człowieka z maszyną w oparciu o dane tabelaryczne, odpowiadające specyfice gospodarczej i pozwalające się z łatwością grupować (sortować), filtrować czy formatować. Arkusze kalkulacyjne cechują się także możliwością stosowania własnych procedur przetwarzania danych (*macro*) z dostępem bazodanowym (ODBC, *Open DataBase Connectivity* – otwarte łącze baz danych). **Współczesne pakiety ERP umożliwiają daleko idącą integrację arkuszy kalkulacyjnych, mają jednak ograniczenia i cechują się mniejszą elastycznością w porównaniu z oprogramowaniem biurowym** (*office*), dlatego postuluje się ich dalszą „tabelaryzację” w interfejsie dialogowym.

Przykład. Systemy SAP pozwalają eksportować *off-line* dane wyjściowe w formacie Excel lub kompatybilnym (csv) oraz dokonywać bezpośredniej konwersji *on-line* danych do formatu Excel (*Excel Inplace*) z możliwością wyboru opcji agregowania (*pivot*). Jednocześnie jest możliwe (masowe) wprowadzanie danych do systemu z programu Excel lub – szerzej – z bufora (schowka) Windows (*clipboard*), także podczas definiowania wartości selekcji (*multiple selection by field*). W tym ostatnim przypadku dostępna jest również opcja importowa (*textfile import, separator form from-to*), np. podczas korzystania z zapytań odnoszących się do konkretnych tabel (SE16N) lub ich połączeń (*join*) z użyciem standardowych narzędzi dostępowych (*QuickBrowser* czy *Query*).

Należy dodać, że omówione powyżej możliwości nie oznaczają, że istnieje automatyczna, całkowita i obukierunkowa (wejście / wyjście) przetwarzalność danych arkusza kalkulacyjnego i ERP w każdej z aplikacji – mających swoje ograniczenia. Mamy tu do czynienia z kompromisem między możliwą elastycznością pakietu biurowego a gwarancją transakcyjnej spójności informacji w bazie danych (*consistency*). W tab. 3.2 wskazano na celowość stosowania systemów bazodanowych w odniesieniu do właściwości typowych arkuszy kalkulacyjnych.

Teza 3.7

Celem łączenia pakietów biurowych z ERP powinna być elastyczność pracy z hybrydowymi danymi, gwarantująca użytkownikowi podejście prototypowo-intuicyjne, z zachowaniem bazodanowości informacji.

Tabela 3.2

Bazodanowe ograniczenia arkuszy kalkulacyjnych

Cecha	Charakterystyka	Komentarz
Spójność (<i>consistency</i>)	generalny brak transakcyjności	podstawowa cecha baz danych
Wieloużytkowość i wieloprogramowość	bardzo ograniczona	trudności w dostępie sieciowym
Elastyczność (obiektość)	niewielka	ściśle powiązanie danych i programów
Redundancja (normalizacja NF)	słabo kontrolowana indywidualnie	wielokrotne zapamiętywanie tych samych danych
Wiarygodność	wątpliwa technicznie	brak automatyzmu integracyjnego
Bezpieczeństwo danych	trudności związane z zagwarantowaniem pełnego zabezpieczenia danych	wiele obiektów, które mogą być niesystematycznie powiązane
Efektywność	niska	wolny dostęp do danych, nieoptymalne koszty pielęgnacji
Praktyka zastosowań	w ograniczonym stopniu w małych przedsiębiorstwach	brak mechanizmów masowego przetwarzania wielkiej liczby danych

Źródło: opracowanie własne

3.3. Podsystemy wewnętrzne i zewnętrzne

Rysunki 2.2 i 3.1 wskazują na znaczenie podsystemów w konfiguracji SPNG. Mogą być one klasyfikowane w poniżej przedstawiony sposób ze względu na odniesienie do przedsiębiorstwa, jego centrum i sposobu powiązania z nim (poziom integracji).

I. Podsystemy zewnętrzne:

1. klientów (np. zleceniowy),
2. dostawców (np. logistyczny),
3. partnerów (np. delegowanie zadań – *outsourcing*),
4. organizacji (np. portale organizacji gospodarczych).

II. Podsystemy wewnętrzne:

1. w ramach ERP:
 - a) jako moduły pakietu,
 - b) jako moduły wertykalne (*vertical*);
2. poza ERP:
 - c) zintegrowane bazodanowo (*on-line*),
 - d) zintegrowane interfejsowo (*off-line*),
 - e) niezintegrowane komputerowo.

Klasyfikacja ma charakter modelowy, tzn. w praktyce podsystemy mogą wykazywać cechy mieszane, a także być postrzegane inaczej niż ich status techniczny.

Tabela 3.3

Przykład schematu opisu interfejsów międzysystemowych

Nr	Nazwa	Znaczenie	Przykład
1	ID	jednoznaczny kod identyfikacyjny interfejsu	IF.MM.001.024
2	lokalizacja	miejsce zastosowania	Zakład nr 24
3	określenie	powszechnie stosowane	FAKTURA
4	referencja	dla dokumentacji procesowej	PR.MM.003.015
5	typ	rodzaj interfejsu	IDOC (<i>Intermediate Document</i>)
6	nadawca	system wysyłający i jego krótka charakterystyka	SAP-ERP, Unicode, osoby odpowiedzialne
7	rodzaj aktywacji	akcja uruchamiająca transmisję	planista systemowy (<i>scheduler</i>), zadanie (<i>job</i>)
8	odbiorca	system odbierający i jego krótka charakterystyka	ARCHIVE, Unicode, osoby odpowiedzialne
9	opis	krótka charakterystyka interfejsu	zlecenia zafakturowane, dni robocze
10	dokumentacja	wskaźnik dla dokumentacji szczegółowej	dokumentacja systemu ARCHIVE, wersja
11	priorytet	migracyjny / eskalacyjny	A/B/C/D
12	wolumen	liczba danych / czas wykonania	3 tys. rekordów / 10 min
13	test	system testowy, warunki testu	standard SAP, ARCHIVE2, aktualizacja kwartalna

Źródło: opracowanie własne

Przykład. Aplikacja postrzegana przez użytkownika jako element modułu ERP może się komunikować z inną aplikacją tego samego modułu za pomocą zadań (*job, task*) reorganizujących informacje (np. poprzez przenoszenie danych prognostycznych do sfery planowania zleceń produkcyjnych). Z kolei interfejs przynoszący co kilka minut dynamiczne dane o dostawach z podsystemu logistycznego do ERP pozwala na postrzeganie tego podsystemu jako w pełni zintegrowanego w tej samej bazie danych. Dla potrzeb migracyjnych IT szczególnie ważne jest precyzyjne wyspecyfikowanie typów interfejsów między (pod) systemami (tab. 3.3), niezależnie od dokumentacji struktur danych, tj. formatów, znaczenia i długości pól/rekordów/segmentów (tab. 3.4).

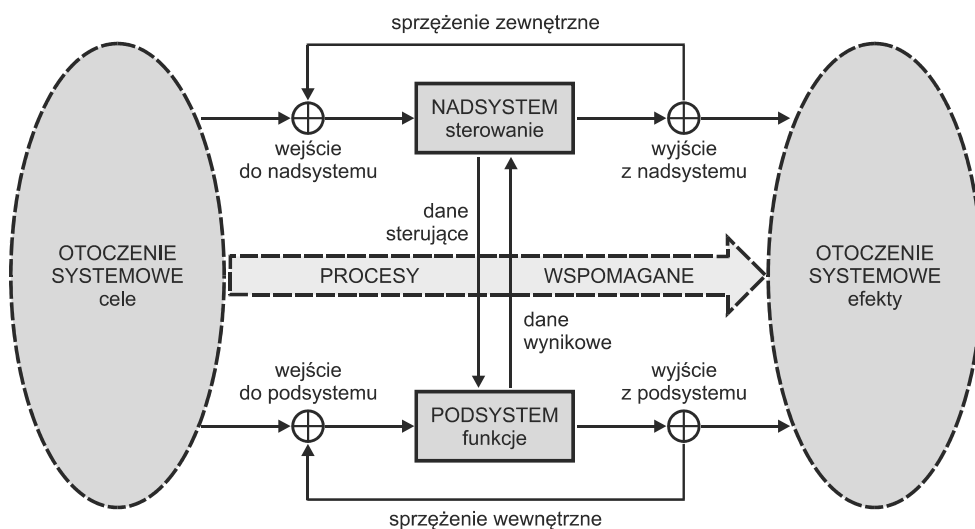
Na rys. 3.5 zaproponowano model sprzężeń między nadsystemami oraz skojarzonymi podsystemami, realizującymi określone funkcje wspomaganie procesów SPNG. Mamy tu do czynienia z transformacjami, zwłaszcza informacjami, pozwalającymi uzyskać zakładane celowo efekty działalności przedsiębiorstwa. Zaprezentowany model wynika z podejścia systemowego, które pozwala na integrację wieloaspektowości pojęcia organizacji (tab. 1.1). W każdym jej aspekcie mamy bowiem do czynienia z systemami – zarówno materialnymi, jak i informacyjnymi.

Tabela 3.4

Przykład schematu dokumentacji struktury interfejsów międzysystemowych

Nr	Nazwa	Znaczenie	Przykład
1	pole	określenie pola	nr produktu
2	długość pola	liczba znaków przesyłanych	10
3	typ	alfanumeryczny / numeryczny	N
4	miejsca	po przecinku	0
5	interpretacja	sposób wykorzystania	nr wyrobu lub surowca
6	źródło	baza danych, obiekt, pole	MARA/MATNR
7	komentarz	uwagi, zakresy numeryczne, stopień aktywności	wyroby gotowe, prefiks 10, 7 cyfr

Źródło: opracowanie własne



Rys. 3.5. Model sprzężeń systemowych

Źródło: opracowanie własne

Teza 3.8

Systemowość może być traktowana jako metacecha w odniesieniu do obiektowości.

Aby uzasadnić powyższą tezę, wprowadzimy definicję systemu.

Definicja 3.4

System jest ograniczonym zbiorem elementów tworzących celowo nową jakość dzięki porządkującym je relacjom zachodzącym między nimi.

Definicja ta opiera się na podejściu stosowanym w teorii systemów w odniesieniu do inżynierii przedsiębiorstwa (*enterprise engineering*) [Giachetti, 2010]. Granica systemu (*boundary*) wskazuje na jego odrębność w stosunku do otoczenia systemowego. Pełni ona głów-

nie rolę logiczną, gdyż zakłada się, że system komunikuje się z otoczeniem. Systemy takie w teorii systemów nazywa się otwartymi, niemniej w niniejszej pracy pojęcie **otwartości systemu** jest rozumiane w kontekście IT.

Jak pokazano w p. 3.2, otwartość nie tylko oznacza stosowanie pakietów *open source*, ale stanowi także cechę konstruowania systemu. Stąd wynikają definicje systemów otwartych, precyzowane w normach ANSI/IEEE, takich jak IEEE P1003.0 czy IEEE P1003.x, znanej też jako POSIX [Picot, Reichwald, Wigand, 2008]. Na podstawie tych ustaleń można stwierdzić, że **system otwarty** ma charakterystykę przedstawioną w tab. 3.5.

Tabela 3.5

Cechy systemu otwartego

Cecha	Charakterystyka	Komentarz
Przenośność (<i>portability</i>)	stosowanie aplikacji na różnych konfiguracjach sprzętowych	w praktyce konieczność szacowań kosztów migracyjnych
Interoperacyjność (<i>interoperability</i>)	wspólna praca składników systemu tj. ich zdolność do wymiany, a następnie przetwarzania informacji	korzystanie ze standardów IT – gospodarczych (np. EDI) oraz narzędziowych (np. XML, SQL)
Niezależna komunikacja z użytkownikiem (<i>user portability</i>)	różne komponenty systemu w podobny sposób komunikują się z użytkownikiem	obiektywne definiowanie interfejsów osobowych (<i>interpersonal communication</i>)

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Badurek, 2009]

Uzasadnienie tezy 3.8 wynika także z porównania definicji 3.4 i 1.5. W obu przypadkach mamy do czynienia z wyodrębnionym zbiorem elementów (mających określone właściwości) oraz (porządkujących) relacji między nimi. Traktowane obiektywo elementy systemu, komunikując się ze sobą, (celowo) tworzą nową jakość (funkcjonalność). Możemy zatem powiedzieć, że **przedsiębiorstwo informacyjne SPNG ma charakter systemowo-obiektywo**. Przy tym podejście obiektywne szczegółowo specyfikuje poziom implementacyjny, wskazując na programowanie obiektywne, korzystające z koncepcji klas i abstrakcji oraz dziedziczenia, hermetyzacji i polimorfizmu. Z kolei podejście systemowe ma zastosowanie na poziomie analizy systemowej (obiektywnej), tj. referencyjnego modelowania przedsiębiorstwa. Teoria systemów ma bowiem zastosowanie dla fenomenów:

- interdyscyplinarnych,
- złożonych oraz
- dynamicznych.

Takie zaś cechy wykazują SPNG.

Na **wielodziedzizność** rozważanych systemów wskazano w interpretacji def. 1.2 oraz w związku z systemami HMS (tezy 1.5, 1.6) i DMS. Z kolei **trend wzrostu złożoności** systemów produkcyjnych omówiono w p. 1.3. Natomiast rys. 3.5 ilustruje cztery składniki określające **dynamikę systemu**, tj.:

- sterowanie, zarówno na poziomie strategicznym – wynikającym z wpływu otoczenia na przedsiębiorstwa, jak i taktycznym – związanym z rolą nadsystemów i ich centrum (np. ERP) oraz operacyjnym – sterowanie na wewnętrznym poziomie podsystemu;
- regulację, o charakterze zarówno technicznym, jak i organizacyjnym (*controlling*);
- sprzężenia, które powinny być dalece zautomatyzowane i spełniać warunki sformułowane w tezie 1.2;

— samouczenie się, tj. adaptacyjność (elastyczność), zgodnie z def. 1.3 oraz cechami inteligencji wytwórczej (rys. 1.1).

W tab. 3.6 wyspecyfikowano elementy podejścia systemowego. Klasyfikacje miar ekonomicznych podano w pracy [Grudzewski, Rosłanowska-Plichcińska, 2013]. Tabela 3.6 w połączeniu z rys. 3.5 może stanowić wzorcową podstawę (*template*) dla tworzenia dokumentacji procesowej i wdrożeniowej (p. tab. 3.3, 3.4). Proponowane podejście zostało rozwinięte w dalszej części pracy, zwłaszcza w rozdziałach 4 i 5.

Tabela 3.6

Elementy podejścia systemowego

Nr	Element	Interpretacja	Przykłady
1	dekompozycja	specyfikacja podsystemów, nadsystemów i relacji systemowych	definiowanie struktur łączących przedsiębiorstwo z jego otoczeniem, modele i metamodely
2	celowość	określenie nadrzędnych i skojarzonych celów systemowych	strukturyzacja realizowanych funkcji oraz interfejsów materialno-informacyjnych
3	miary	ilościowe, jakościowe, finansowe, efektów wymiernych / trudno wymiernych	referencyjne zarządzanie ryzykiem, kwalifikowane szacowania w warunkach niepełnej informacji decyzyjnej
4	analiza systemowa	uszczegółowianie modelowych struktur dekompozycji	inżynieria softwarowa, analiza obiektowa, narzędzia modelowania
5	dynamika	uwzględnianie wymiaru czasowego, zmienności stanów systemu i jego cyklu życia	modele – cykliczne, kaskadowe, spiralne, scenariusze – implementacyjne, testowe, wdrożeniowe
6	inżynieria wartości (<i>value engineering</i>) [Mandelbaum, 2012]	holistyczne badanie procesów transformacyjnych (projektowych), traktowanie systemu informacyjnego jako „produktu”	fazowy model zarządzania wartościowaniem (<i>value management</i>)

Źródło: opracowanie własne

Rozdział 4

TECHNOLOGIE IT W ZAAWANSOWANYCH SYSTEMACH WYTWÓRCZYCH

Fenomen technologii dyfuzyjnych odgrywa istotną rolę także w procesie planowania i prognozowania rozwoju SPNG – w p. 4.1 wyspecyfikowano jego cechy i wynikające z nich konsekwencje w odniesieniu do innowacyjności, inercji rozwiązań, ich sieciowości oraz konieczności integracji. Przedstawiono charakterystykę faz różnych **cykli technologicznych** – od krótszych do tzw. fal superdługich. Dokonano porównania klasycznych i projektowych krzywych S (rys. 4.1), definiując przy tym zjawisko paradoksu produktywności IT (def. 4.1), ze wskazaniem na kwestie mierzalności gospodarczych zastosowań informatyki.

Następnie rozwinięto zarysowaną w rozdziale 2 problematykę integracji, wskazując na uwarunkowania wzrostu jej znaczenia (p. 4.2). Sformułowano tezę (4.3) dotyczącą istotnej przyczyny niepowodzeń projektów integracyjnych związanej z błędami w procesie ich planowania. Zbadano **właściwości integracji** w kategoriach relacyjnych (bazodanowych), ilustrując je przykładami dotyczącymi wyrobów i linii produkcyjnych (tab. 4.2, 4.3, 4.4). Wskazano na referencyjne możliwości integracyjne (def. 4.3), formułując warunki osiągnięcia **optimumów integracyjnych** (elastyczność, heterogeniczność, otwartość, wielowariantowość, systemowość). Powiązano cechy podejścia EAI, ukierunkowanego na integrowanie aplikacji przedsiębiorstwa, z właściwościami architektur zorientowanych usługowo – SOA (def. 4.4, teza 4.4). Znaczenie integracji informacyjnej dla SPNG zilustrowano przykładem dotyczącym efektu bicza (*bullwhip effect*) w logistyce.

Konsekwencją dyfuzyjności oraz integracyjności w rozważanym obszarze są **projekty migracyjne**, również w związku ze zmianą charakteru systemów produkcyjnych: z procesowego na procesowo-projektowy (teza 4.6). Tym zagadnieniom poświęcono p. 4.3. Rozważono przy tym tryby przedsięwzięć: projektowy i procesowy, identyfikując **poziomy migracyjny** (tab. 4.5). Przytoczono i zinterpretowano dane statystyczne dotyczące zmian w stosowanych strategiach migracyjnych (tab. 4.6). Migracyjny cykl (pozyskiwania, modyfikacji, przenoszenia / ładowania danych) ETL zilustrowano przykładem narzędziowym LSMW (*Legacy System Migration Workbench*) [Kunz, 2014]. Rozdział zakończono wskazaniem przykładów **ryzyka migracyjnych** wraz z możliwościami przeciwdziałania im (tab. 4.7).

4.1. Technologie dyfuzyjne

W tezie 3.2 wskazano na informatykę jako technologię dyfuzyjną SPNG. Prognozowalność rozwoju IT wymaga zatem specyfikowania technologii spełniających warunki przedstawione w tab. 4.1.

Numeracja właściwości w tab. 4.1 wskazuje także następstwa cyklu technologicznego, który można rozważać, przyjmując, że jego początkiem jest kryzys, wynikający ze „zużywania się” technologii. Wzrasta wówczas gotowość do podejmowania **ryzyka innowacyjnego** w celu przestawienia się na stosowanie nowych technologii, które powinny się przyczynić do wzrostu efektywności funkcjonowania przedsiębiorstwa. Ze strony rynku występuje natomiast efekt „ssania technologicznego” [Betz, 2011], co prowadzi do pojawiania się

nowych idei, a następnie wynalazków. Oznacza to zmianę obowiązujących paradygmatów, po czym następuje faza „nasylenia technologicznego” i ostatecznie kolejny kryzys zamykający dany cykl.

Tabela 4.1

Właściwości technologii dyfuzyjnej

Nr	Właściwość	Konsekwencje	Przykłady
1	innowacyjność	cykliczne zastępowanie starszych technologii nowszymi	RFID zamiast kodów kreskowych
2	inercja	(znaczący) upływ czasu wynikający z praw cykli rozwojowych	paradoks produktywności IT [McCall, 2007]
3	sieciowość	technologiczne przenikanie (dyfuzja) nowych rozwiązań do różnych obszarów przedsiębiorstwa	wszechzwiązki połączeń informacyjnych w przedsiębiorstwie i jego otoczeniu (<i>evernet</i>)
4	integracja	wzrost złożoności nowych struktur wymagający podejścia systemowego	trudności migracyjne dynamicznych i heterogenicznych środowisk IT

Źródło: opracowanie własne

Opisywane procesy wymagają czasu – i są to znaczące okresy, w zależności od długości cyklu. W skali makro może to być kilka lat, w przypadku klasycznej postaci Juglara [Millett, 2011], aż do dziesięcioleci (Kondratiew [za: Devezas, 2006]), a nawet stuleci dla tzw. superdługich fal Ewijka [Marciniak, 2008]. W tym ostatnim przypadku można wyrazić wątpliwość dotyczącą poziomu wiarygodności prognoz bardzo długoterminowych, niemniej zasadność podejścia Kondratiewa potwierdza analiza rozwoju techniki w okresie ostatnich 200–250 lat, w której można w przybliżeniu wyodrębnić następujące cykle:

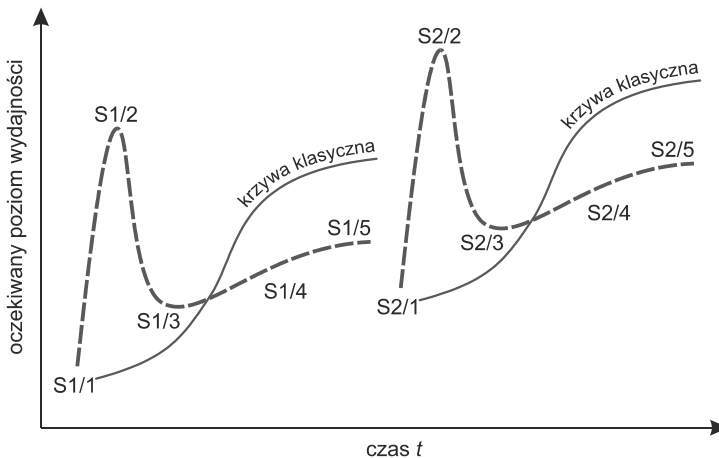
- pierwszy, 1780–1840 – krosno, maszyna parowa, przemysł tekstylny, industrializacja;
- drugi, 1840–1890 – kolej, parowce, stalownie, masowy transport, przemysł ciężki;
- trzeci, 1890–1940 – elektryczność, chemia, sieci telefoniczne, media (kino, radio);
- czwarty, 1940–1990 – samochód, elektronika, komputer, indywidualna mobilność, automatyzacja;
- piąty (obecny), 1990–2040 – Internet, mikroelektronika, samolot, globalizacja, ekologia, multimedia;
- szósty (dalsza prognoza), 2040–2090 – biotechnologie, nanotechnologie, grawiton, telepraca, wirtualizacja, podróże międzyplanetarne.

Z powyższymi cyklami skojarzono wybrane wynalazki oraz istotne trendy cywilizacyjne, przyporządkowując je do jednego wybranego okresu w fazie ich intensywnego rozwoju, w celu uzyskania plastycznego efektu modelowego. Na przykład motoryzacja rozwijała się intensywnie już w latach 20. XX w., niemniej w wybranych krajach i nie na zasadzie masowej dostępności indywidualnej. Faktycznie mamy tu do czynienia z wielofazowymi procesami odpowiadającymi tzw. krzywym S (*s-shape* [Porter, 2005], rys. 4.1).

Na rys. 4,1 zaznaczono linią ciągłą klasyczne krzywe S, które z reguły wiążą efektywność (wskaźniki) technologii z ich kosztami rozwojowymi. Przejście od nakładów do zależności czasowych jest możliwe przy założeniu, że nakłady rosną w czasie. Na ich tle zaznaczono linią przerywaną krzywe projektowe S1 i S2, które ilustrują zmieniającą się w czasie prognozę formułowaną dla danej technologii. Jako wskaźnik prognostyczny przyjęto oczeki-

wany poziom wydajności. Krzywe projektowe zawierają pięć charakterystycznych punktów (obszarów):

- 1) początek cyklu i związany z nim szybko rosnący poziom oczekiwań, wynikający z nie-realistycznej oceny sytuacji (przesadny optymizm, niedocenywanie możliwych trudności, brak wiedzy na temat nowej technologii i związanych z nią doświadczeń);
- 2) szczyt euforii, kończący początkową fazę cyklu, w której opracowano rozwiązania prototypowe, ale nie potwierdzono ich wydajności w praktyce masowych zastosowań;
- 3) spadek oczekiwań do niskiego poziomu (tzw. dolina rozczarowań) wynikający z tzw. chorób wieku dziecięcego, tj. błędów, jakimi są obciążone nowe rozwiązania, mało stabilne i słabo przetestowane;
- 4) rozpoczęcie długofalowej, systematycznej fazy stabilizacji technologii i optymalizowania jej parametrów ekonomicznych (tzw. wspinaczka poznania);
- 5) osiągnięcie obszaru nasycenia technologicznego (*saturation phase*), zwanego płaskowyżem produktywności, który zapowiada pojawienie się sfery nieciągłości rozwojowej i przejście od krzywej S1/1–S1/2–S1/3–S1/4–S1/5 do S2/1–S2/2–S2/3–S2/4–S2/5.



Rys. 4.1. Klasyczne i projektowe krzywe S

Źródło: opracowanie własne

Teza 4.1

Krzywa S może być podstawą modelu inercji technologicznej także w wymiarze mikroekonomicznym.

Cecha nr 2 w tab. 4.1 wskazuje na konieczność kwalifikowanych i wyważonych szacowań w odniesieniu do czasu, jaki upływa od pojawienia się nowej technologii do osiągnięcia przez nią poziomu stabilizacji i optimum gospodarczych (produktywność). Jednocześnie inercja w obszarze S1/5 opóźnia pojawienie się nowego cyklu technologicznego S2. Opisywane zależności czasowe dotyczą zarówno skali makro, jak i przedsiębiorstwa i wiążą się z fenomenem paradoksu produktywności IT.

Definicja 4.1

Paradoks produktywności IT oznacza brak jednoznacznej korelacji między produktywnością a nakładami na informatykę.

Mówimy tu o produktywności przedsiębiorstwa oraz:

- nakładach na informatykę w odniesieniu do całości jego inwestycji,
- nakładach na informatykę na zatrudnionego,
- nakładach na informatykę w skali makroekonomicznej.

Opisywany fenomen był badany przez wiele lat [Strassmann, 1999] w setkach firm amerykańskich i europejskich, w których wykazano brak jednoznacznych zależności między wydatkami na informatykę a poziomem zwrotu kapitału akcyjnego. Jednocześnie w nowszych pracach [Chaffey, 2007] wskazuje się na ogólnie pozytywny wpływ informatyki na rozwój przedsiębiorstw. Jest to zgodne z modelami R. Solowa i jego kontynuatorów [Welfens, 2011], akcentującymi znaczenie innowacyjności dla rozwoju gospodarczego. Niemniej kwestia produktywności (mierzalności) technologii IT jest nadal otwarta i wymaga dalszych badań.

Teza 4.2

Zagadnienie paradoksu produktywności IT można powiązać z pytaniem o iluzję statystyczną w odniesieniu do badanego zjawiska.

Pytamy zatem, czy fenomen jest efektem niedoskonałości stosowanych metod badawczych, czy też istnieje faktycznie. Można tu wskazać na następujące ograniczenia opisywanej sytuacji problemowej:

- 1) związki między korelacjami statystycznymi a związkami przyczynowo-skutkowymi w ogólnym przypadku;
- 2) kontekstowość informacji;
- 3) mierzalność postępu technicznego;
- 4) prawa ekonomii informacyjnej;
- 5) wielod dziedzinowość SPNG.

Ad 1

Wykazanie korelacji dwóch zmiennych (np. poziomu kapitału akcyjnego i nakładów na informatykę) nie musi oznaczać, że zachodzi między nimi prosty związek przyczynowo-skutkowy. Badane zmienne mogą być zależne od innych lub też stanowić jedynie fragment bardziej złożonej sytuacji.

Ad 2

Kontekstowość jest podstawową cechą charakteryzującą jakościowy wymiar informacji. Wynika stąd, że maszynowe przetwarzanie wiedzy wymaga zdefiniowania znaczeniowych struktur połączeń między posiadanymi informacjami (def. 2.2). Środkami wiodącymi do tego przyszłościowego celu są sieci semantyczne i ontologiczne bazy danych.

Ad 3

Również (trudno) mierzalność postępu technicznego wiąże się z jego kontekstowością, wykraczającą poza kwestie finansowe, a dotyczącą czynników pozatechnicznych, np. w wymiarze psychologiczno-społecznym, ekologicznym, moralnym.

Ad 4

Zgodnie z def. 2.4 oraz schematami rozwojowymi przedstawionymi w tab. 2.3 i 2.4 można stwierdzić, że nowa ekonomia informacyjna jest kontynuacją czy też rozszerzeniem starszej (*old economy*). Niemniej obrót dobrami o charakterze informacyjnym jest coraz większy, co wymaga stosowania nowych modeli ekonomicznych z uwzględnieniem płynności granicy między materią a informacją.

Ad 5

Procesy SPNG mają charakter interdyscyplinarny, co wymaga współpracy specjalistów / generalistów z różnych dziedzin. Implikuje to konieczność łączenia różnych paradygmatów w sferze modelowania (podejście aksjomatyczno-dedukcyjne czy aposterioryczno-indukcyjne). Trudność stanowią tu też różnice między elastycznością naturalizmu językowego a precyzją konwencji sztucznych. Kolejne cechy technologii dyfuzyjnych (tab. 4.1) wskazują na ich sieciowość, której konsekwencją jest integracja elementów systemu w oparciu o dane rozwiązanie.

Przykład. Technologie RFID mogą być stosowane w wersji elektronicznej lub hybrydowej (np. element klasycznych etykiet GTIN/SSCC), w postaci pasywnej (zasilanie falą elektromagnetyczną) lub aktywnej, względnie tylko odczytowej (*read only*) albo wielokrotnie zapisywalnej (*read-write*). Urządzenia te, jako znaczniki elektroniczne, mogą pełnić rolę podobną do miniaturowego, wyspecjalizowanego (prostego) komputera. Mogą się więc łączyć w sieci, a zatem integrować procesy przedsiębiorstwa zgodnie z tezą 1.2. W takiej sytuacji dane jednostek magazynowo-logistycznych (np. palety) są w każdej chwili aktualne i dostępne w systemie IT. Zachodzi tu więc postulowana zgodność stanów fizycznych oraz informacyjnych. Bazodanowy znacznik wyrobu może w szczególności zawierać następujące elementy stanu:

- RFID1 – stan zaksięgowania nowej partii wyrobu;
- RFID2 – stan opcjonalnego skanowania potwierdzającego;
- RFID3 – stan skanowania na fabrycznej rampie wyjściowej;
- RFID4 – stan skanowania na rampie wejściowej magazynu centralnego;
- RFID5 – stan skanowania na wejściu magazynu wysokiego składowania.

Ponadto stosuje się wiele automatycznych informacji typu „stempel” (*stamp*) – np. użytkownik (*user*), numer urządzenia (*device*) czy regału (*place*), względnie znaczniki dat i czasu (yyyy.mm.dd, hh:mm:ss). Takie rozwiązanie umożliwia śledzenie partii (*traceability*), a także zadawanie bazodanowych pytań (*query*) typu:

- miejsce znajdowania się wyprodukowanego wyrobu, którego nie ma w magazynie;
- zbiorcze statystyki przepływu wyrobów (np. z ostatnich 24 h);
- dane dotyczące obciążenia stanowisk roboczych czynnościami produkcyjno-logistycznymi.

Jednocześnie możliwa jest redukcja przypadków typu: wyprodukowany produkt nie trafia do magazynu centralnego (np. z powodu wybrakowania czy błędów znakowania). Powyższy przykład ilustruje pozytywne konsekwencje praktycznego znaczenia tezy 1.2:

- redukcja zamrożonego kapitału surowcowego i wyrobów gotowych (w połączeniu z JiT);
- poprawa wiarygodności danych elektronicznych dotyczących faktycznych stanów materialnych (zapasów).

4.2. Rodzaje integracji

W p. 2.2 wskazano na istotę pionowej i poziomej integracji w SPNG, w p. 2.3 poruszono zagadnienie aspektów integracyjnych w wymiarze makro. Jednocześnie teza 3.5 dotyczy trudności, jakie napotykają procesy integracyjne. Tymczasem nabierają one coraz większego znaczenia z powodów wymienionych poniżej.

1. Technologie (aplikacje) zintegrowane są efektywniejsze niż izolowane, co wiąże się z eliminacją redundancji (sprzętowej, programowej, bazodanowej, a także eliminacją błędów), a więc zmniejszaniem kosztów pielęgnacji (*maintenance*).
2. Powyższa zasada odnosi się także do przedsiębiorstw – zarówno w układzie statycznym (optymalizacja struktur istniejących), jak i dynamicznym (fuzje i podziały struktur gospodarczych).
3. Sytuacje 1 i 2 uwidaczniają się coraz wyraźniej ze względu na postępującą globalizację oraz wzrost złożoności systemów technologicznych i ekonomicznych.
4. Pełna integracja istniejących systemów może być trudniejsza niż procesy ich odrębnego rozwoju, a nawet (w skrajnym przypadku) tworzenia nowego systemu „od nowa”.

Ostatni z wymienionych punktów, w kontekście praktyki przemysłowej, prowadzi do następującej tezy.

Teza 4.3

Istotną przyczyną niepowodzeń projektów integracyjnych jest dążenie do pełnej konsolidacji aplikacji i systemów.

Powyższa teza nawiązuje do głównych przyczyn niepowodzeń projektów IT [Kaur, 2011].

Przykład. Przedsiębiorstwo przemysłowe postanowiło zintegrować w ramach ERP fabrykę ze zrobotyzowanymi liniami produkcji z fabryką niezrobotyzowaną. Pierwsza z nich w celu automatycznego księgowania wyrobów stosowała system indywidualny A (oprogramowanie niezależne osobowo), druga zaś opierała się na otwartym systemie standaryzowanym B. Analiza kosztu pełnej bazodanowej integracji obu systemów (w oparciu o rozwiązanie B) wykazała, że jest on wyższy od kosztów systemu B, względnie nowego systemu A. W efekcie zdecydowano się na ograniczoną integrację interfejsową.

Pojęcie integracji ma istotne znaczenie w teorii systemów i wiąże się z wieloma dziedzinami, przy czym w każdym przypadku można wyodrębnić czynniki integrowane oraz integrujące:

- w reakcji chemicznej za czynniki integrujące składniki do nowego związku można uznać katalizatory;
- w przemianie fizycznej czynnikami integrującymi mogą być parametry procesu, np. ciśnienie czy temperatura;
- materialne składniki podsystemu wytwórczego mogą być integrowane transportowo z wykorzystaniem środków automatyki czy transportu.

Podobne zależności można identyfikować w sferze naukowo-technicznej, społecznej, edukacyjnej, psychologicznej czy prawnej. Z punktu widzenia IT istotne jest badanie właściwości integracji w kategoriach relacyjnych, co pokażemy w odniesieniu do teorii modeli danych [Date, 2009].

Załóżmy, że dla danych zbiorów Z_1, \dots, Z_n relację r nad tymi zbiorami stanowi dowolny podzbiór produktu (iloczynu) kartezjańskiego tych zbiorów, tzn.:

$$r \subset Z_1 \times Z_2 \times \dots \times Z_n = \{(z_1, z_2, \dots, z_n) : z_i \in Z_i, i = 1, 2, \dots, n\} \quad (4.1)$$

Formuła 4.1 jest uogólnieniem pojęcia pary uporządkowanej.

Definicja 4.2

Integracja w kategoriach relacyjnych oznacza tworzenie nowej (zintegrowanej) relacji w oparciu o relacje (niezintegrowane) istniejące wcześniej, przy czym czynnikiem integrującym jest informacja.

Dla procesu P , integrującego relacje niezintegrowane r_{1N} , r_{2N} do relacji zintegrowanej r_{I12} w oparciu o czynnik integrujący INF (informacja), możemy zapisać:

$$P_{INF}: (r_{1N}, r_{2N}) \rightarrow r_{I12} \quad (4.2)$$

gdzie: P_{INF} – proces integrujący w oparciu o czynnik informacyjny,

r_{1N} , r_{2N} – relacje niezintegrowane,

r_{I12} – relacja zintegrowana.

Analogicznie możemy zapisać dla systemów:

$$P_I: (S_{1N}, S_{2N}) \rightarrow S_{I12} \quad (4.3)$$

gdzie: P_I – proces integracyjny w oparciu o czynnik integracyjny I ,

S_{1N} , S_{2N} – systemy niezintegrowane,

S_{I12} – system zintegrowany.

Przykład. Pełna integracja informacyjna wyrobów i linii produkcyjnych jest możliwa w oparciu o jednolitą bazę danych (tab. 4.2, 4.3, 4.4 – fragmentarycznie). Przyporządkowanie wyrobów liniom odbywa się w procesie generowania zleceń produkcyjnych, prowadząc do relacji linia_wyrób (zlecenia). Oznaczenia: K – wyrób końcowy (finalny), P – linia pakująca, O – zlecenie otwarte, S – zlecenie systemowe.

Tabela 4.2

Relacja „wyrób”

Oznaczenie wyrobu	Typ	Nazwa	Waga brutto [g]	Waga netto [g]	Liczba warstw	GTIN opakowania pierwotnego	Klasa towarowa
W217	K	konfekcja	225	200	6	5909990880812	644
W238	K	konfekcja	225	200	7	5902046650032	721

Źródło: opracowanie własne

Tabela 4.3

Relacja „linia”

Nr linii	Typ	Nazwa	Takt nominalny	Takt aktualny [%]	Plan przezbroyenia	Model zmianowy	Personel stały
L820018	P	linia automatyczna	260	80	L820018	Z2	2
L820019	P	linia automatyczna	280	75	L820018	Z2	2

Źródło: opracowanie własne

Tabela 4.4

Relacja „linia_wyrób”

Nr zlecenia	Linia	Wyrób	Data dzienna	Liczba	Lista części	Proces produkcyjny	Stan
...
13126773	L820018	W238	14032013	1500	R113	110	O
13126774	L820018	W238	15032013	1600	R114	110	S
...

Źródło: opracowanie własne

W odniesieniu do funkcjonalności SPNG kluczowe znaczenie ma podejście integracyjne EAI (*Enterprise Application Integration*)/AIA (*Application Integration Architecture*) [Ganesarethiram, 2012] jako podstawa SOA [Borangiu, Thomas, Trentesaux, 2012].

Definicja 4.3

EAI jest referencyjną metodyką planowania oraz implementacji przedsięwzięć integrujących procesowo heterogeniczne środowisko aplikacyjne na podstawie standaryzowanego oprogramowania.

Mamy tu zatem do czynienia z podejściem integrującym aplikacje z punktu widzenia procesów gospodarczych, za pomocą standaryzowanej platformy, bez konieczności dokonywania istotnych zmian w integrowanych aplikacjach. Metodyka EAI jest zgodna z tezą 4.3 oraz charakterystyką cechy integracji zawartą w tab. 4.1. Jednocześnie w p. 1.3 wskazano na „heterogeniczną systemowość aplikacji” SPNG. EAI stanowi zatem jeden z warunków gwarantujących osiągnięcie optymalnych warunków integracyjnych jako metodyka elastyczna, a dodatkowo:

- heterogeniczna, tj. kompromisowa w odniesieniu do relacji między formalnie pożądaną jednolitością aplikacji (homogeniczność środowiska) a zróżnicowaniem środowiska hardwarowo-sofwarowego w praktyce przemysłowej;
- wielowariantowa, tj. umożliwiająca planowanie różnorodnych strategii integracyjnych w ramach przedsiębiorstwa;
- otwarta, tj. zdolna do integrowania dynamicznych aplikacji nie tylko w ramach przedsiębiorstwa, ale także w jego otoczeniu gospodarczym (jest to szczególnie istotne w sferze e-biznesu, *e-business*);
- systemowa – w p. 3.3 wskazano na znaczenie systemowości dla SPNG (teza 3.8).

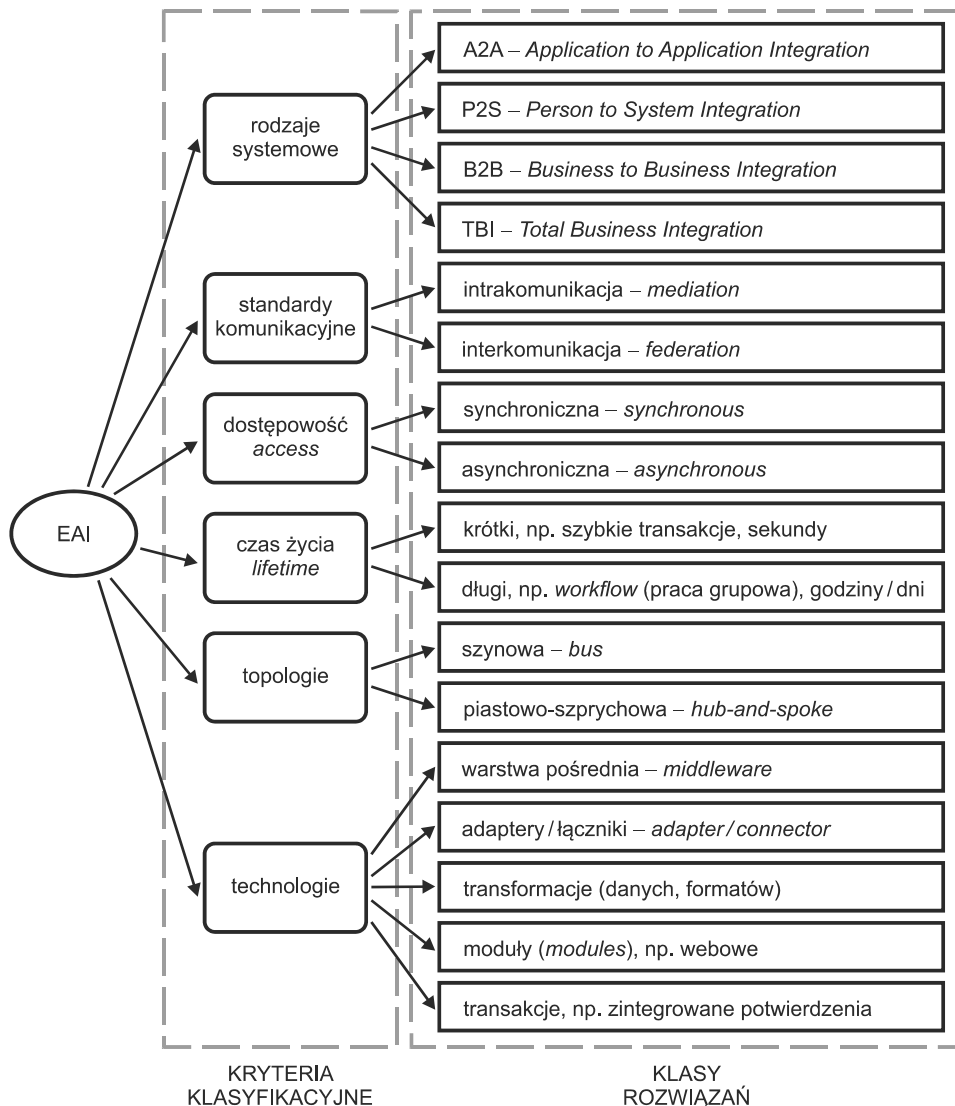
W odróżnieniu od **integracji procesowej** możemy także mówić o:

- **integracji funkcjonalnej**, gdzie pewną liczbę aplikacji zastępuje się jedną, zapewniającą podobną funkcjonalność jak aplikacje integrowane – w efekcie następuje redukcja istniejących interfejsów;
- **integracji danych**, gdzie pewna liczba aplikacji korzysta z jednakowego modelu danych w sensie semantycznym (integracja bazodanowa) – w efekcie zmniejsza się redundancja danych.

Na rys. 4.2 pokazano szereg kryteriów klasyfikacyjnych EAI i związanych z nimi klas rozwiązań. W szczególności wyróżniono rodzaje systemowe:

- A2A (*Application to Application Integration*) – integracja na poziomie aplikacyjnym, możliwa z użyciem różnych technologii;

- P2S (*Person to System Integration*) – jednolity interfejs użytkownika, tj. dialogu człowieka z maszyną cyfrową;
- B2B (*Business to Business Integration*) – aplikacje zintegrowane na poziomie międzyfirmowym;
- TBI (*Total Business Integration*) – „integracja integracji”, podejście nadrzędne w odniesieniu do rodzajów EAI.



Rys. 4.2. Kryteria klasyfikacyjne i klasy EAI

Źródło: opracowanie własne

W wariacie intrakomunikacyjnym aplikacje komunikują się ze sobą bezpośrednio w trybie asynchronicznym, EAI jest tu rodzajem „pośrednika” komunikacyjnego (*broker* mediacyjny). Z kolei tryb synchroniczny nawiązuje do federacyjnej (*federation*) interkomunikacji, w której EAI pełni rolę modułu koordynującego komunikację, minimalizując treści przekazywane do i od nadawcy/odbiorcy (*requester*). Dwa podstawowe typy topologiczne pozwalają na integrację o charakterze szynowym (*bus*) lub piastowo-szprychowym (*hub-and-spoke*). Szyna, zwana także kręgosłupem (*backbone*) EAI, pozwala na podłączanie do niej z jednej strony składników technologicznych (bazy danych, pakiety softwarowe), z drugiej – użytkowników (klienci, przedsiębiorcy, pracownicy). Z kolei model piastowo-szprychowy funkcjonuje podobnie jak rozwiązania komunikacyjne (lotnicze) z węzłami (*hub*) przesiadkowymi. Pokazane na rys. 4.2 klasy rozwiązań EAI w praktyce występują w formie mieszanej; dotyczy to także pięciu technologii wyszczególnionych w ostatnim bloku rys. 4.2. Jak już wspomniano, podejście EAI może być uważane za podstawę SOA.

Definicja 4.4

SOA jest modelem organizacji IT, integrującym procesy gospodarcze przedsiębiorstwa z platformą (standaryzowaną) rozproszonych usług softwarowych, w szczególności webowych.

Powyższa definicja wskazuje na dwa – pozornie sprzeczne – elementy tj. modelową centralizację oraz implementacyjną decentralizację, a więc architekturę integrującą usługi rozproszone (*distributed*). Uzasadnieniem tego paradoksu jest omówiona w rozdziale 1 charakterystyka paradygmatu organizacyjnego, wzorowanego na rozwiązaniach naturalnych, tj. bioorganizacyjnego. Biorarchia wskazuje właśnie na struktury rozproszone o znacznym stopniu autonomiczności lokalnej, integrowane poziomami do najwyższego (np. w organizmie ludzkim – poprzez komórki, tkanki, narządy, układy – do poziomu ośrodkowego układu nerwowego/mózgu).

Teza 4.4

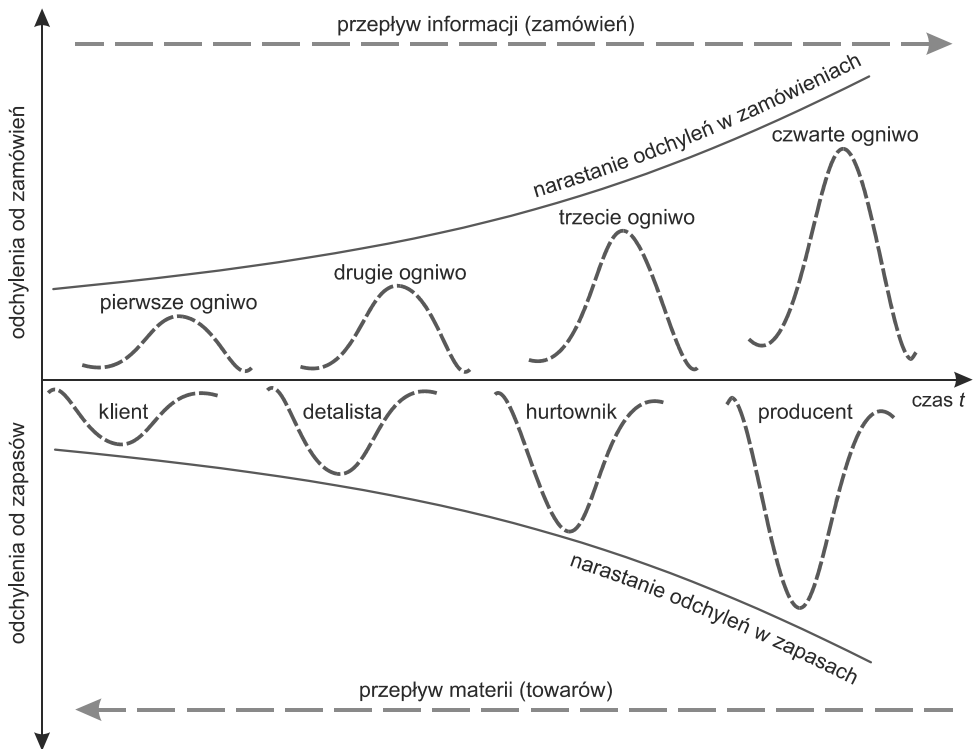
SOA rozszerza integrację EAI o postulat usługowości.

Postulat jest rozumiany w kategoriach IT (*broker*), w podejściu SOA istotne znaczenie ma wychodzenie poza narzędziowy wymiar inżynierii softwarowej i uwzględnianie pozatechnicznych aspektów gospodarczych implementacji IT. Zakłada się przy tym, że **specyfika modelu gospodarczego powinna współdefiniować architekturę wspomagającego go systemu komputerowego**. Taka idea była formułowana znacznie wcześniej, obecnie jednak istnieją większe możliwości jej realizacji w praktyce przemysłowej. Należy przy tym dodać, że SOA to głównie cechy systemu, wynikające ze sposobu jego projektowania, w tym także stosowania odpowiednich metod zarządzania (modele referencyjne). Istotne jest również korzystanie z pewnych standardów (softwarowych), co było także cechą rozwiązań wcześniejszych, ale dopiero globalna sieć internetowa daje zwiększone możliwości optymalnej integracji usług programowych. Przykładem znaczenia integracji informacyjnej dla SPNG może być efekt bicza (*bullwhip effect*) [Jones, Robinson, 2012], pokazany na rys. 4.3.

Definicja 4.5

Efekt bicza polega na nadmiernym narastaniu amplitud zamówień i zapasów w kolejnych ogniwach łańcucha logistycznego.

Formalnie przyczyną tego zjawiska jest grupowanie zleceń pod względem ich liczby i częstotliwości a więc rzadsze zamawianie większych partii, m.in. z uwagi na rabaty ilościowe czy koszty stałe zamówień. Inną czynnikiem warunkującym nieregularne zamówienia są wahania cen, tzn. generowanie zamówień, w miarę możliwości, przy cenach niższych oraz magazynowanie towaru przy wyższych („przeczekiwanie wyższych cen”). Pewną rolę odgrywają także czynniki psychologiczne prowadzące do „panicznych zamówień” podczas występowania „wąskich gardeł” dostawczych, np. „potrzeba 2 tysiące, zamawiamy 6 tysięcy, dostajemy 3 tysiące”. W tym wypadku mamy więc do czynienia z „nadinterpretacją” i „przereagowaniem” wobec danych prognostycznych, powstających lokalnie w obrębie jednego ogniwa łańcucha logistycznego (na rys. 4.3 pokazano wariant czterech ogniw). Istnieją też systemy produkcyjne charakteryzujące się skokowym „przepychaniem” (*push*) zleceń produkcyjnych, co nie odpowiada filozofii produkcji „na czas” (JiT [Waters, 2002]), w której obowiązuje zasada „ciągnięcia” (*pull*).



Rys. 4.3. Efekt bicza w łańcuchu logistycznym

Źródło: opracowanie własne

W rezultacie w przedsiębiorstwie występują naprzemiennie niepożądane okresy przepelnionych magazynów i niepożądane okresy pustych magazynów. W takiej sytuacji produkcja jest zbyt duża lub niewystarczająca, co przekłada się na słabsze zdolności dostawcze, a zatem na utratę wpływów ze sprzedaży. Jednocześnie brak optimum kosztowych wiąże się z mniejszą efektywnością transportu. Powyższe zależności pozwalają sformułować tezę 4.5.

Teza 4.5

Efektowi bicza można przeciwdziałać za pomocą systemu informacyjnego integrującego całość procesów logistyczno-produkcyjnych.

W kontekście integracyjnym SPNG należy także podkreślić, że eksplozywny rozwój technologii internetowych („wszechnet”, *evernet*) umożliwia integrację systemów gospodarczych na wielu poziomach, np. na podstawie modeli biznesu elektronicznego (B2B), zarówno w strukturach horyzontalnych, jak i wertykalnych (wielobranżowych).

4.3. Projekty migracyjne

Omówiona w p. 4.1 dyfuzyjność IT i związane z nią kwestie integracyjne łączą się z kolejnym kluczowym wymiarem technologii informatycznych w SPNG – migracyjnym. W początkowym okresie rozwoju komputerowego wspomaganie organizacji produkcji projekty IT polegały często na implementacji nowych systemów elektronicznych. Ich projektant dysponował wówczas dużą swobodą w zakresie określania kształtu nowej aplikacji. Obecnie takie sytuacje są znacznie rzadsze. Częściej mamy do czynienia z już istniejącymi rozwiązaniami, wymagającymi modyfikacji, co implikuje następujące konsekwencje wynikające z praw softwarowo-organizacyjnych (tab. 3.1):

- zmiany mają charakter ciągły;
- zmiany są coraz bardziej złożone;
- zmiany gospodarcze i technologiczne są wzajemnie powiązane;
- zmiany są konieczne, lecz wiążą się z ryzykami.

Teza 4.6

Ciągłość zmian polega na tym, że działalność SPNG zmienia swój charakter z procesowego na procesowo-projektowy.

Oznacza to łączenie procesowej działalności gospodarczej z projektową specyfiką przedsięwzięć IT. Niezależnie od projektów realizowanych w sferze biznesowej (np. strategie marketingowe dla nowych produktów) SPNG realizują coraz większą liczbę projektów IT. Konieczność przestawiania się pracowników na projektowy tryb działalności organizacji dotyczy przy tym nie tylko grup IT, ale praktycznie wszystkich innych działów (teza 3.2).

Definicja 4.6

Proces jest ciągiem stabilnych (rutynowych) działań, zorientowanych na cele bieżące (operatywne), podlega zmianom ewolucyjnym o niewielkich ryzykach i dokonuje się w warunkach ustalonych relacji osobowych przy mniejszym zaangażowaniu kierownictwa.

Przykład. Standardowe procesy wytwórcze.

Definicja 4.7

Projekt jest przedsięwzięciem unikatowym (innovacyjnym) zorientowanym na zmiany organizacyjno-technologiczne, także radykalne, ukierunkowane na osiągnięcie nowych celów i poprawy konkurencyjności, co wiąże się z wyższym ryzykiem, a także częstszymi konfliktami, wymagającymi większego zaangażowania kierownictwa oraz doradców.

Przykład. Wdrożenie nowego systemu IT/MES.

Konsekwencja związana ze zwiększeniem złożoności zmian wynika z konieczności integrowania już istniejących systemów (trudność techniczna) oraz wzrostu dynamiki rozwoju gospodarczego, związanego z globalizacją i łączeniem się firm bądź ich podziałami. Zmiany gospodarcze wymagają modyfikacji w skojarzonej sferze IT, a jednocześnie zmiany informatyczne rzutują na organizację przedsiębiorstwa (teza 1.1).

Przykład. Wymagania prawne i rynkowe dotyczące zdolności śledzenia produktu (*traceability*) [Dz.Urz. UE, 2009] wymuszają na przedsiębiorstwach wdrażanie rozbudowanych systemów śledzenia (*tracingowych*) obejmujących precyzyjną pielęgnację surowcowych list części BOM wraz z księgowaniami materiałowymi. Implementacja takiego systemu modyfikuje z kolei organizację działań pracowników odpowiedzialnych za dane bazowe (konieczność protokolowanego dokumentowania zmian w listach części i ich potwierdzania) oraz na liniach wytwórczych (konieczność wprowadzania do systemu danych łączących partię surowcową z partią wyrobu gotowego).

Celem opisywanych zmian jest sprostanie zmiennym wymogom otoczenia firmy, a także jej własnym założeniom taktyczno-strategicznym, tak aby uzyskać system o wyższym poziomie funkcjonalności i efektywności. W warunkach presji kosztowo-czasowo-jakościowej pojawiają się tu także ryzyka wymagające zarządzania nimi [Kouns, Minoli, 2010] oraz poszukiwania kompromisowych optimum. Klasyfikacyjny przegląd ryzyk w odniesieniu do organizacji zwinnych (*agile*) zawarto w pracy [Trzecieliński, Królas, 2010]. W odniesieniu do pojęcia „procesy” warto zasygnalizować ich podział na „inteligentne” oraz „nieinteligentne” [Grajewski, 2009], przy czym w cytowanej pracy stwierdzono, że „strategia budowy procesów o dużej inteligencji będzie przesądzała o sukcesie organizacji”. Odrębnym zagadnieniem jest ryzyko personalne definiowane w pracy [Czerska, Rutka, 2012] jako „funkcja prawdopodobieństwa wystąpienia negatywnego zdarzenia na skutek podjętych decyzji personalnych (zarówno subiektywnych, jak i wymuszonych warunkami) oraz skali negatywnych skutków owego zdarzenia dla prawidłowego funkcjonowania organizacji”.

W niniejszym punkcie pojęcie „zmiana” było dotąd używane w sensie zarządzania zmianą, które jest powszechnie znane i omawiane w literaturze przedmiotu [Cameron, Green, 2012; Stabryła, 2010]. W obszarze IT szczególnie rodzaj zmiany stanowi **przeniesienie** (transfer) oprogramowania, które daje taką możliwość, tj. cechuje się przenośnością (*portability*). Przeniesienie oznacza transfer między różnymi środowiskami softwarowymi, np. przeniesienie aplikacji między różnymi systemami operacyjnymi. Pojęcia migracji i przenoszenia mogą być traktowane jako podobne, niemniej przyjmuje się, że to pierwsze jest przedsięwzięciem wielofazowym, prowadzonym w czterech wymiarach technicznych:

- migracja sprzętu;
- migracja oprogramowania (systemowego, narzędziowego, interfejsów);
- migracja aplikacji (oprogramowania użytkowego);
- migracja danych.

Zwłaszcza ostatnie dwa spośród wymienionych wymiarów technicznych łączą się z kolejnym (już nietechnicznym), tj. organizacyjnym, zgodnie z tezą 1.1. Ogólnie, wszelkie aspekty migracyjne można określić terminem **migracja systemowa**. Zarządzanie projektem migracyjnym wymaga specyfikacji jego „mapy drogowej” (*road map*) na poziomie strategicznym (modele), taktycznym (metody) i operacyjnym (narzędzia) – tab. 4.5.

Tabela 4.5

Poziomy migracyjne

Poziom	Interpretacja	Przykłady
Strategiczny	modele referencyjne	ISO (<i>International Organization for Standardization</i>), ITIL (<i>IT Infrastructure Library</i>), COBIT (<i>Control Objectives for Information and related Technology</i>), PRINCE (<i>PRojects IN a Controlled Environment</i>), PMBoK (<i>Project Management Body of Knowledge</i>)
Taktyczny	metodyka jako standaryzowany zbiór metod	CCPM (<i>Critical Chain Project Management</i>), CMMI (<i>Capability Maturity Model Integration</i>), EVM (<i>Earned Value Management</i>), Scrum [Sutherland, 2010]
Operacyjny	narzędzia organizacyjne i techniczne	UML (<i>Unified Modelling Language</i>), BPEL (<i>Business Process Execution Language</i>), LSMW (<i>Legacy System Migration Workbench</i>)

Źródło: opracowanie własne

Tabela 4.5 nie pokazuje wszelkich możliwych modeli, metod i narzędzi, które mogą być stosowane w sferze migracyjnej, a jedynie przykładowo je ilustruje. Również ich podział na trzy wyspecyfikowane poziomy nie ma charakteru absolutnego – w praktyce zachodzi ich przenikanie się. Przykładowo, ITIL, a tym bardziej ISO są rozbudowanymi modelami, powiązаныmi z określonymi rozwiązaniami praktycznymi, a więc mającymi charakter metod czy narzędzi.

Migracje stanowią szczególne wyzwanie projektowe, łącząc się z problematyką integracji systemów. Jednocześnie system dominujący pod względem organizacyjnym (prawnym) nie zawsze może całkowicie narzucić swoją logikę funkcjonowania innemu systemowi w wymiarze technicznym. Również **referencyjne projektowanie aplikacji nie gwarantuje automatycznie prostoty ich migracji – mogą one efektywnie funkcjonować jako odrębne rozwiązania, sprawiając trudności w procesach integracyjnych.**

Przykład. Rozważmy migrację bazy danych materiałowych, która stanowi centrum (jego fragment) podstawowych zasobów informacyjnych przedsiębiorstwa. Zawiera ona parametry wyrobów gotowych, półproduktów, surowców oraz specjalnych danych materiałowych – technicznych, magazynowych, narzędziowych czy transportowych. Już same sposoby kodowania tych danych mogą być różnorodne. Identyfikator można generować neutralnie, numerując materiały zgodnie z ich chronologią (moment kreowania systemowego). Stosowane są także metody charakterystyczne dla danej firmy, dążące do zawarcia jak największej liczby informacji o produkcie w jego kodzie. Na przykład zamiast neutralnego numeru 168229 stosuje się kombinację mnemotechniczną, KDTNH, oznaczającą „krem do twarzy nocny, hialuronowy”. W tym ostatnim przypadku uzyskujemy efekt korzystny z punktu widzenia użytkownika, zwiększając jednak potencjał problemów migracyjnych, a także pielęgnacyjnych, takich jak:

- ryzyko wyczerpania się kombinacji literowych o określonej długości podczas zwiększania się asortymentu materiałowego;
- konieczność konwersji formatów numerycznych/alfanumerycznych;
- konieczność modyfikacji interfejsów (liczba pól, ich długość, formaty).

Odrębną problematykę stanowi mapowanie identyfikatorów różnych zakresów, np. w celu wyeliminowania dubletów czy ich harmonizacji. W tym ostatnim przypadku niezbędne są czasochłonne działania w sferze utrzymania jakości (szczegółowe sprawdzanie specyfikacji

dostawczych różnych surowców). Jednocześnie zmiany identyfikatorów materiałowych implikują zmiany w skojarzonych podsystemach, np. w listach części (BOM).

Teza 4.7

Należy dążyć do takiego projektowania systemów IT, aby były nie tylko skalowalne, ale również migrowalne w dłuższej perspektywie oraz globalnie.

Spełnienie postulatów wynikających z tezy 4.7 wymaga oparcia się na globalnych standardach referencyjnych. Dla sfery produkcyjno-logistycznej takimi przykładami mogą być globalne identyfikatory GLN (*Global Location Number*), GTIN (*Global Trade Item Number*) czy SSCC (*Serial Shipping Container Code*). W tym ostatnim przypadku mamy do czynienia z kodami wykorzystującymi GLN, w celu zapewnienia globalnej jednoznaczności przyjmującymi postać 18-cyfrową:

- jednocyfrowy kod IAC (*Issuing Agency Code*) nadawany przez Instytucję Rejestrującą RA (*Registration Authority*);
- dwu- lub trzycyfrowy kod kraju (Polska – 590);
- numer jednostki kodującej (4–7 cyfr);
- numer jednostki logistycznej (pozostałe cyfry);
- cyfra kontrolna.

W praktyce przedsiębiorstwa posługują się chętnie także krótszymi, niestandardowymi kodami. Tymczasem badania *Bloor Research* z 2007 roku wykazały, że 84% projektów migracyjnych nie kończy się sukcesem. Badania powtórzono w 2011 roku; wówczas negatywny współczynnik zmniejszył się do 38% [Howard, 2011]. Warto zatem zwrócić uwagę na zmiany strategii migracyjnych w badanych firmach (tab. 4.6).

Tabela 4.6

Zmiany stosowanych strategii migracyjnych

Lp.	Strategia	Rok 2007	Rok 2011
1	narzędzia profilowania danych (<i>profiling tool</i>)	10%	72%
2	narzędzia czyszczenia danych (<i>cleansing tool</i>)	11%	75%
3	metodyki referencyjne (<i>formal</i>)	72%	94%
3	metodyki wewnętrzne (<i>in-house</i>)	76%	41%

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Howard, 2011]

Tabela 4.6 wskazuje na istotny wzrost częstości stosowania metod skojarzonych z podstawowymi procesami migracyjnymi ETL (*Extraction, Transformation, Loading*), tzn. pozyskiwania, modyfikacji oraz przenoszenia (ładowania) danych. W pierwszej fazie prowadzi się analizę danych w celu zrozumienia ich logiki oraz zidentyfikowania ich źródeł, a także ich profilowanie statystyczne z uwzględnieniem jakości. W fazie drugiej następuje czyszczenie danych, co także wymaga czasochłonnych działań niezautomatyzowanych (ręcznych). W fazie trzeciej zachodzą procesy eksportowo-importowe, niezbędne dla ładowania danych:

- jednorazowego;
- inkrementalnego;
- w trybie równoległej pracy różnych systemów.

W cyklu ETL należy także uwzględnić definiowanie procedur pielęgnacji danych (*maintenance*) w celu utrzymania ich jakości (monitoring).

Przykład. Kroki migracyjne LSMW:

1. opracowanie atrybutów obiektu (*Maintain Object Attributes*) – definiowanie struktury projektu (projektów częściowych);
2. opracowanie struktur źródłowych (*Maintain Source Structures*) – definiowanie struktury źródłowej dla odczytu;
3. opracowanie pól źródłowych (*Maintain Source Fields*) – definiowanie pól przeznaczonych do odczytu postaci (tabelarycznej): nazwa/(znaczenie) / typ / długość;
4. opracowanie relacji między strukturami (*Maintain Structure Relations*) – automatyczne ustalanie relacji nie wymaga dodatkowych działań użytkownika;
5. opracowanie reguł mapowania i konwersji pól (*Display Field Mapping and Conversion*) – mapowanie pól docelowych i źródłowych;
6. opracowanie wartości stałych, tłumaczeń, procedur definiowanych przez użytkownika (*Maintain Fixed Values, Translations, User-Defined Routines*) – możliwe jest pominięcie tego kroku w przypadku danych podstawowych (brak specjalnych procedur);
7. określanie plików (*Specify Files*) – możliwość wskazania do wczytania pliku utworzonego z arkusza kalkulacyjnego (Excel), np. z tabulatorami jako separatorami;
8. przypisanie plików (*Assign Files*) – system automatycznie generuje propozycję (istnieje możliwość modyfikacji);
9. czytanie danych (*Read Data*) – dane źródłowe są importowane do systemu;
10. wyświetlanie wczytanych danych (*Display Read Data*) – krok opcjonalny, możliwa jest weryfikacja części lub całości zaimportowanych danych;
11. konwersja danych (*Convert Data*) – protokołowana konwersja zaimportowanych danych (odpowiednie formaty);
12. wyświetlanie przekonwertowanych danych (*Display Converted Data*) – krok opcjonalny, istnieje możliwość weryfikacji części lub całości przekonwertowanych danych;
13. tworzenie sesji wsadowej (*Create Batch Input Session*) – kreowana jest sesja wsadowa o wyspecyfikowanej nazwie;
14. wykonanie sesji wsadowej (*Run Batch Input Session*) – ostatni krok, tj. wykonanie przygotowanej sesji wsadowej.

Teza 4.8

W fazie migracyjnej należy unikać indywidualnego programowania na rzecz referencyjnych narzędzi migracyjnych.

Specyficzne programy migracyjne mogą być w niektórych przypadkach niezbędne, należy jednak dążyć do takiego postępowania organizacyjnego, w którym stanowiłyby one wyjątek. Obrazowo można powiedzieć, że w sferze SPNG projekty migracyjne polegają nie na opanowywaniu migracyjnych technik programowania, ale na ich unikaniu. Granica między programowaniem a korzystaniem ze standaryzowanych narzędzi może być płynna. W obu przypadkach jest spełniona **klasyczna definicja programowania**: program to algorytm i struktury danych. Również narzędzia migracyjne, takie jak LSMW pokazane w powyższym przykładzie, wymagają stosowania elementów programowania. Taki algorytm migracyjny jest jednak w większym stopniu generowany automatycznie niż „pisany” (kodowany), tak jak się to dzieje w klasycznych językach softwarowych (np. 3GL).

Oznacza to możliwość włączania do projektów migracyjnych nie-programistów, także do realizacji czynności o charakterze technicznym. To z kolei pozwala redukować **ryzyka**

terminowe podczas migracji, ponieważ programiści wykonują swoją pracę dla wielu modułów aplikacyjnych jednocześnie. Przykłady ryzyk migracyjnych przedstawiono w tab. 4.7. Z kolei **korzystanie z nieprogramistycznych technik migracyjnych w większym stopniu umożliwia wykorzystanie szerokiej wiedzy aplikacyjnej użytkowników.**

Tabela 4.7

Przykłady ryzyk migracyjnych

Faza migracyjna	Ryzyko	Przeciwdziałanie
Definiowanie struktur	zbyt częste zmiany, brak kompletności i spójności struktur danych	audyty wewnętrzne, wzajemne weryfikacje w ramach zespołu i poza nim
Analiza systemowa i specyfikowanie procesów	informacje niepełne, nieaktualne, niejednolite	podnoszenie kwalifikacji zespołu, szkolenia z zakresu SE i technik modelowania, jednolita strategia dokumentacyjna (konwencje)
Aktywacja systemów rozwojowych, testowych i produkcyjnych	opóźnienia w implementacji przez firmy zewnętrzne	intensyfikacja kontaktów z dostawcami, plany alternatywne, harmonogramowanie wariantowe
Uruchamianie nowych systemów	niska motywacja i małe umiejętności użytkowników	warsztaty z udziałem kierownictwa, współtworzenie aplikacji i dokumentacji przez użytkowników

Źródło: opracowanie własne

W procesie przenoszenia szeregu usług IT na zewnątrz przedsiębiorstwa (*outsourcing*) [Plugge, 2012], problemy związane z migracją danych, pionowymi i poziomymi integracjami procesów oraz dyfuzyjnością systemów IT stanowią strategiczne wyzwanie dla informatyków i menedżerów firm – przede wszystkim pod względem zapewnienia ciągłości pracy aplikacji oraz ich niezawodności. Należy przy tym uwzględnić **generalną zasadę outsourcingu**: nie delegujemy na zewnątrz tego obszaru, w którym mamy tak wysokie kompetencje, że sami możemy świadczyć innym usługi w tym zakresie. Przykładowo, w przedsiębiorstwie przemysłowym powinniśmy odpowiedzieć na pytanie: czy jesteśmy samodzielnie w stanie tworzyć profesjonalne oprogramowanie zarządzania produkcją, czy też lepiej powierzyć ten projekt wyspecjalizowanym firmom?

Rozdział 5

OPTIMALIZACJA SYSTEMÓW INFORMACYJNYCH

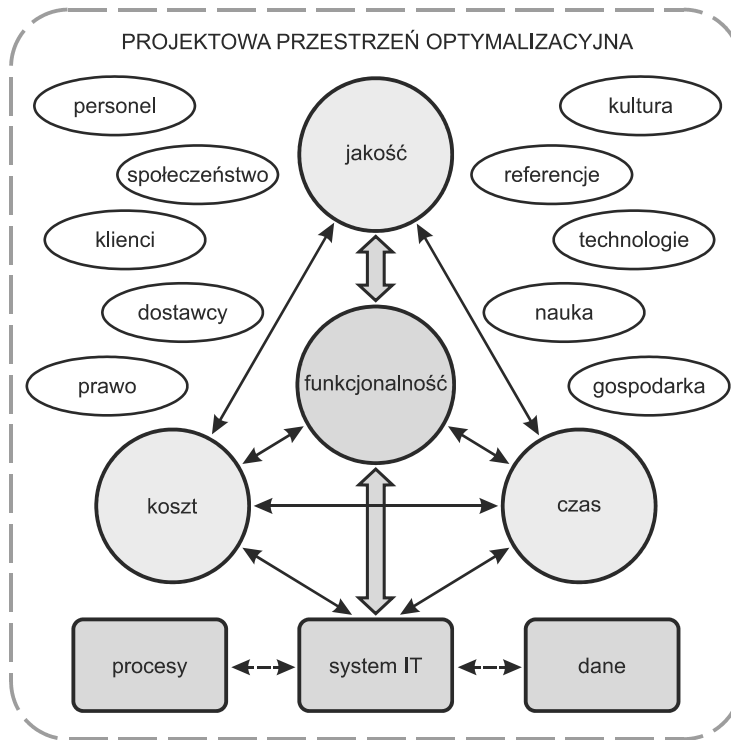
Nowoczesne przedsiębiorstwo informacyjne jest organizacją elastyczną, a więc nieustannie ewoluującą w kierunku – ekonomicznie rozumianych – ideałów wykorzystywania zasobów w celach wytwórczych. Optymalizacja jego systemu informacyjnego jest zatem kwestią kluczową i stałą. W tym aspekcie niniejszy rozdział stanowi syntezę poprzednich, zawierając jednocześnie analizę technicznych i pozatechnicznych czynników optymalizacji (p. 5.1). W związku z tym omówiono zagadnienie projektowej **przestrzeni optymalizacyjnej** (rys. 5.1), doprecyzowując pojęcie „systemu informacyjnego” jako zbioru algorytmów (def. 5.1) spełniających cztery warunki: strukturalności, wykonalności, powtarzalności i uniwersalności. Postawiono tezę dotyczącą optimum projektowego (5.1) w sensie relacji między głównymi czynnikami ramowymi (czas, koszty, jakość / funkcjonalność). Rozwinięto tezę 1.2 (5.3) dotyczącą korelacji między zmianami stanów systemów: gospodarczego (wytwórczego, logistycznego) i skojarzonego IT. Zaproponowano i rozwinięto definicję optymalizacji (5.2), wyróżniając pięć przyszłościowych obszarów badawczo-rozwojowych (tab. 5.1).

W p. 5.2 postawiono tezę (5.4) dotyczącą trudności oceny efektywności projektów IT, podejmując tematykę **inżynierii wartości** (def. 5.3). Wskazano na konieczność uwzględniania trzech wymiarów modelowania optymalizacji: systemowości, transformacji i mierzalności (tab. 5.2). Połączono cykl organizacyjny inżynierii wartości (rys. 5.2) z jej cyklem fazowym (rys. 5.3), wskazując na podejście iteracyjno-kaskadowe. Na tej podstawie zaproponowano przykłady rozwiązań, będących elementami projektowej „mapy drogowej” (tab. 5.3). Poddano analizie funkcje czasowej złożoności projektowej (def. 5.4) wraz z rozkładami Weibulla i Rayleigha oraz modelami COCOMO. Zilustrowano przykładem paradoks produktywności **metryk softwarowych** (tab. 5.4), wskazując na możliwość jego łądzenia przy użyciu miar leksemów Halsteada oraz cyklomatyk McCabe’a. Podano przykład szacowania złożoności aplikacji za pomocą punktów funkcyjnych.

W p. 5.3 rozszerzono pojęcie „modelu” (def. 2.1) w odniesieniu do **modeli referencyjnych** ładu korporacyjnego (tab. 5.7). Wskazano, że modele referencyjne wykazują cechy metamodelowe (def. 5.6), i zbadano związki między modelami a metamodelami (def. 5.7). Syntetycznie scharakteryzowano szereg modeli referencyjnych dla SPNG. Uzupełniono podejście SOA/EAM o BPM, pokazując schemat związków między definicjami, interpretacjami i implementacjami dla trzech poziomów: metamodelowego, modelowego i metod (rys. 5.6). Wskazano na możliwości transformacji modeli procesowych na implementacje informatyczne przy zastosowaniu standaryzowanych pakietów BPMN.

5.1. Techniczne i pozatechniczne czynniki optymalizacji

Na rys. 5.1 pokazano „pole sił” optymalizacji systemu informacyjnego SPNG, tj. podstawowe czynniki ją warunkujące (ograniczające). W celu sprecyzowania pojęcia systemu informacyjnego można wyjść od pojęcia algorytmu, zakładając, że SI jest zbiorem algorytmów.



Rys. 5.1. Projektowa przestrzeń optymalizacyjna

Źródło: opracowanie własne

Definicja 5.1

Algorytm to celowe postępowanie ukierunkowane na rozwiązywanie zadań, spełniające warunki definiowalności, skończoności, deterministyczności i uniwersalności.

Wskazane w def. 5.1 cztery warunki algorytmiczności postępowania oznaczają kolejno:

- występowanie zdefiniowanej struktury składającej się z powiązanych procedur (kroków algorytmicznych);
- wykonalność algorytmu przy korzystaniu ze skończonych zasobów (czas, liczba kroków, funkcje złożoności algorytmicznej);
- powtarzalność wyników dla tych samych zadań (parametry, dane wejściowe);
- możliwość rozwiązywania różnych zadań w ramach założonej klasy (abstrakcje problemowe).

Powyższa definicja algorytmu (SI) i jej interpretacja mają także charakterystykę organizacyjną i wykraczają poza ujęcie matematyczne, w którym mamy do czynienia z algorytmem, jeśli spełnia on warunki wykonalności dla maszyny Turinga [Mozgovoy, 2010]. Definicja 5.1 nie przesądza, czy algorytm będzie realizowany na drodze maszynowej, czy też w ramach postępowania składającego się z procedur organizacyjnych. Sfera SPNG jest interdyscyplinarna i obie grupy algorytmów (zarządzania i softwarowe) są istotne oraz wzajemnie powiązane. Zakłada się przy tym, że **system informacyjny** SPNG jest w dużym stopniu

i na zaawansowanym poziomie wspomagany komputerowo, stanowi więc w znacznej mierze **system informatyczny**.

Przestrzeń optymalizacyjna obejmuje w tym wypadku otoczenie projektowe składające się z następujących podprzestrzeni:

- rynkowo-gospodarczej;
- społeczno-kulturowej;
- technologiczno-organizacyjnej;
- prawno-referencyjnej;
- osobowej.

Wymienione podprzestrzenie i ich składniki mają szersze znaczenie, odnosząc się także do procesów zarządzania wiedzą – ich charakterystyki można znaleźć w literaturze przedmiotu, np. model M. Morawskiego „środowiska pracy pracownika wiedzy” [Potocki, 2011; Loh, 2007] czy zagadnienia etyki i kultury korporacyjnej [Kerzner, 2013].

W centrum projektu znajdują się czynniki wyznaczające jego ramy: koszt, czas, jakość. Są one wzajemnie zależne na zasadach kompensacyjnych. Jakość systemu jest ściśle powiązana z jego funkcjonalnością, ta zaś określa system IT, tj. jego procesy i dane.

Teza 5.1

Optimum projektu oznacza wyważone relacje między jego głównymi czynnikami ramowymi, jakimi są: koszty, czas i jakość powiązana z funkcjonalnością systemu IT, dekomponowanego na procesy i dane.

Model optymalizacji przedstawiony na rys. 5.1 nawiązuje do modelu informacyjnego cyklu organizacyjnego SPNG (rys. 1.2). Rysunek 1.2 pokazuje dynamikę cyklu organizacyjnego, natomiast rys. 5.1 może być traktowany jako strategiczna „mapa drogowa” (*road map*) dla projektów optymalizacyjnych. Podejście to zakłada **dekomponowanie** centrum systemowego, określanego wymaganiami jakościowo-funkcjonalnymi, na trzy sfery: dane, procesy a także sam system IT obejmujący warstwę techniczno-aplikacyjną (sprzęt i oprogramowanie). W prezentowanym podejściu system IT pełni rolę narzędziową w odniesieniu do całości projektu. Z kolei procesy i dane są traktowane odrębnie, zgodnie z referencyjnymi zasadami wypracowanymi w inżynierii softwarowej. Działania optymalizacyjne można zatem przyporządkować trzem wymienionym obszarom: sam system IT jako całość, jego procesy i dane.

Taka dekompozycja pozwala na integrowanie sfery informatycznej i organizacyjnej przedsiębiorstwa. Należy bowiem podkreślić, że wiele projektów informatycznych okazuje się nieudanych wskutek nadmiernego nacisku na sferę infrastrukturalną (sprzęt, oprogramowanie narzędziowe, systemowe) i – w konsekwencji – niedoceniają roli pozatechnicznego wymiaru przedsięwzięcia. **SPNG efektywnie łączący technologie z naturalną inteligencją ludzką nie powinien być rozumiany tylko w kategoriach technicznych**. Takie twierdzenie nawiązuje do statystyk przyczyn niepowodzeń projektów IT. Mają one w znacznej mierze charakter pozatechniczny, w tym organizacyjny [Kaur, 2011]. Jednocześnie w pracy [Wyrwicka, 2007] wskazano na znaczenie kapitału intelektualnego w przedsiębiorstwie przyszłości.

Teza 5.2

Złożoność SPNG wymaga poszukiwania równie kompleksowych metod optymalizacji tych systemów.

Stosowane w tym obszarze rozwiązania są często mało efektywne i przejawiają się wdrażaniem aplikacji zamkniętych (indywidualnych) oraz niewielkim stopniem standaryzacji

organizacyjnej (modele referencyjne). Do negatywnych zjawisk należą także fragmentaryczność odwzorowywania różnorodnych procesów oraz obiektów rzeczywistych i związana z nią zbyt wąsko rozumiana algorytmizacja.

Przykład. Dla komputerowego wspomaganie optymalizacji logistyki (planowanie tras floty pojazdów) niezbędna jest baza danych zawierająca takie elementy, jak:

- dane o zleceniach transportowych (czas, miejsce, wielkość dostawy);
- dane dotyczące odbiorców (klientów), np. tzw. okienka czasowe dostaw;
- dane związane z dostarczaniem towarami, np. zakresy temperaturowe, schematy załadunku;
- dane odnoszące się do posiadanych środków transportu (trasy bezpośrednie, punkty zbiorcze);
- dane dotyczące kierowców (stan prawny dotyczący czasu pracy);
- geolokalizacje tras (średnie prędkości przejazdu po różnych drogach).

Tak zaprojektowany system umożliwi jedynie częściowe wspomaganie planowania, ponieważ opiera się na danych, które nie obejmują dynamiki telematycznej floty transportowej, a więc zmiennych informacji i automatycznie aktualizowanych pozycji pojazdów. Ten warunek oznacza kolejne inwestycje, tj. montowanie na pojazdach systemów geolokalizacyjnych z dostępem do telematycznych platform internetowych, np. MAN TeleMatics.

W powyższym przykładzie istotny pozatechniczny czynnik projektowy stanowią wiedza dysponentów i ich doświadczenia. Wiedza ta może gwarantować heurystycznie optymalne (suboptymalne) efekty w różnorodnych sytuacjach decyzyjnych (np. uwzględnianie transportów zwrotnych). Możemy zatem odnieść tezę 1.2, dotyczącą wytwórczości, także do systemów logistycznych.

Teza 5.3

Zmiany stanów materialnych systemu logistycznego powinny generować zmiany skojarzonego systemu informatycznego.

W praktyce oznacza to automatyczne sprzężenie parametrów fizycznego ruchu pojazdu z jego bazodanowymi odpowiednikami informacyjnymi (geopozycyjnymi). Baza danych zawiera dostępne w każdej chwili tak szczegółowe informacje, jak:

- pas autostrady, po którym porusza się w danej chwili ciężarówka;
- temperatury w ładowni;
- drogi hamowania i zużycie paliwa;
- przerwy na odpoczynek kierowcy w trasie.

Implikacje tezy 5.3 wskazują na alternatywy organizacyjne ukierunkowane na metody optymalizacji, które w większym stopniu korzystają z interdyscyplinarnej syntezy dorobku różnorodnych nauk – zwłaszcza na styku informatyki i zarządzania. Sprecyzujemy teraz przedmiotowe pojęcie optymalizacji w rozważanym kontekście, zakładając, że każdy system funkcjonuje w zmiennym otoczeniu (zgodnie z organizacyjnymi odpowiednikami praw inżynierii softwarowej, tab. 3.1).

Definicja 5.2

Optymalizacja jest systemową, otwartą i heterogeniczną strukturalizacją rzeczywistości, definiującą reguły jej funkcjonowania w celu lepszego kontrolowania zmian niepożądanых oraz adaptowania pożądanych.

Kluczowy w powyższej definicji termin „strukturalizacja” oznacza w istocie projektowanie (struktur) SPNG wynikających z uwzględniania dyfuzyjności IT oraz konieczności integrowania wiedzy przedsiębiorstwa z jego aplikacjami dziedzinowymi. Chodzi tu zatem o działania ewolucyjne, skierowane na minimalizację kosztów, przy równoczesnym osiągnięciu celów założonych w zbiorze wymagań: użytkowych, technicznych i pozatechnicznych.

Rozwińmy teraz powyższą definicję, określając cechy proponowanej metody optymalizacyjnej.

1. Systemowość oznacza integrację różnych metod cząstkowych, tworzących nową jakość, wykraczającą poza ilościową sumę rozwiązań składowych. Wymaga to stosowania modeli, narzędzi i praktyk (*best practices*) referencyjnych, gwarantujących pożądaną wielodzielność SPNG.
2. Otwartość oznacza dążenie do ideału, polegającego na stosowaniu metody samouczącej się – zarówno w odniesieniu do procedur informatycznych, jak i organizacyjnych. Tym samym wykluczamy statyczność takiej metody. W efekcie następuje ograniczanie standardów zamkniętych w połączeniu z łatwiejszymi modyfikacjami modularnymi, również w ramach rozwiązań otwartoźródłowych (*open source*).
3. Heterogeniczność oznacza uwzględnianie zróżnicowania procesów oraz elementów świata rzeczywistego. Wymusza to stosowanie więcej niż jednego typu rozwiązań, np. tylko obiektowych, i wymaga łączenia metod sztucznej inteligencji z naturalną inteligencją człowieka.

Systemy SPNG mają charakterystykę złożonych systemów informatycznych, w szczególności występuje w nich wielokierunkowy przepływ danych między aplikacjami. Do analizy tych przepływów można stosować teorię ograniczeń Goldratta [Cox, Schleier, 2010], a w przypadku przepływów krytycznych – sieci Petriego [van der Aalst, 2011]. Wielodzielne modele SPNG, uwzględniające ich wymiary techniczne oraz pozatechniczne, stanowią fragment rozleglejszego obszaru badawczego i praktycznego, dotyczącego optymalizacji IT. Zagadnienia te należy rozpatrywać również w odniesieniu do ewoluowania paradygmatów zarządzania i metod implementacji projektów informatycznych. Dynamika tych zmian, związana z rozwojem algorytmiki (aplikacje) i technologii skojarzonych (sieci, sprzęt) obejmuje przyszłościowe kierunki działań, zaproponowane w tab. 5.1.

Zarządzanie projektem IT podlega także regułom zarządzania zmianą, przy czym według klasyfikacji Mothesa [Unold, 2011] można wyróżnić cztery rodzaje sytuacji decyzyjnych: zdeterminowane, losowe, niepewne, konfliktowe. Podobny podział zaproponowano w pracy [Sen, 2010], co pozwala na sumaryczną charakterystykę rozważanych sytuacji.

1. Decyzje w sytuacji pewnej (*certainty, deterministic situation*). Skutki podejmowanych działań wynikają z jednoznacznie określonych parametrów wejściowych. Sytuacja ta jest spotykana w działaniach procesowych (standardowych), ale niecharakterystyczna dla działań projektowych, w szczególności dla złożonych projektów IT/SPNG.
2. Decyzje w sytuacji częściowo niepewnej lub konfliktowej (*partial uncertainty or conflict*). Skutki podejmowanych działań częściowo są nieprzewidywalne, tzn. występują trudności w dokonaniu kwalifikowanych szacowań, prowadzących do prognoz o wysokim stopniu wiarygodności. Fenomen ten wiąże się w szczególności z projektami w przestrzeni konfliktowej. Mamy wówczas do czynienia z symultanicznymi projektami IT, w których jednocześnie biorą udział ci sami pracownicy (konsultanci, użytkownicy, wykonawcy, menedżerowie). Z drugiej strony w ramach jednego (złożonego) projektu dochodzi do konfliktów między jego składnikami (podprojektami, zadaniami, procesami). Opisywana sytuacja jest typowa dla projektów SPNG.

3. Decyzje w warunkach ryzyka (*risk, probabilistic situation*). Chodzi tu o wymiar losowości projektowej. Związki między parametrami wejściowymi projektu a jego efektami są opisywane rozkładami prawdopodobieństwa. Istnieją np. znaczne rozpiętości w rozkładach wydajności wykonawców projektu. Z losowością wiąże się ryzyka projektowe, którymi trzeba zarządzać w sposób referencyjny (por. np. tab. 4.7).
4. Decyzje w sytuacji niepewnej (*uncertainty, deterministic situation*). Są charakterystyczne dla projektów innowacyjnych. Parametry decyzyjne są trudno definiowalne czy wręcz nieznanne, brak rozkładów probabilistycznych. Opisywany wariant decyzyjny wskazuje na granice i trudności przedmiotowej optymalizacji.

Tabela 5.1

Optymalizacja IT w SPNG – przyszłościowe kierunki badawczo-rozwojowe

Obszar badawczo-rozwojowy	Przykłady aplikacyjne	Komentarz
Modele i metamodelo- optymalizacji	ontologiczne bazy danych, sieci semantyczne, informatyka afektywna (AC), standardy modelowania	cecha heterogeniczności (def. 5.2) wymaga łączenia sztucznych języków modelowania z językiem naturalnym
Modele referencyjne ład korporacyjnego	zarządzanie ryzykiem, zarządzanie migracjami IT, produktywność IT	konieczność stosowania podejścia interdyscyplinarnego w celu łączenia technicznych i pozatechnicznych czynników optymalizacji
Sprzęt i oprogramowanie fabryki przyszłości (<i>smart factory</i>)	(otwarte) systemy ERP, fabryka cyfrowa (<i>digital factory</i>), fabrykatory indywidualne PF, IT 5. generacji	digitalizacja materii w oparciu o technologie dyfuzyjne, np. RFID czy druk 3D
Megatrendy rozwojowe IT	cykle technologiczne, typy sztucznej inteligencji (bioorganizacje), struktury wirtualne, przetwarzanie chmurowe (<i>cloud computing</i>)	prognozy rozwojowe dla cykli innowacyjnych i optymalizacyjnych
Internet w społeczeństwie informatycznym	telepraca, medialność danych, Internet przedmiotów IoT	sieć danych maszynowych jako dobro gospodarcze o kluczowym znaczeniu (def. 2.4)

Źródło: opracowanie własne

5.2. Modele inżynierii wartości

W minionych dekadach założenia dotyczące pomiaru efektywności systemów IT wspomagających zarządzanie produkcją ulegały zmianom. W latach 50. i 60. XX w. inwestycje IT traktowano podobnie jak zakup urządzeń przetwarzających materię, nie uważając ich za dobra informacyjne. Wydatki na zakup próbowano bilansować oszczędnościami, zwłaszcza w sferze osobowej. W latach 70. konstruowano formalnie precyzyjne modele z minutowymi normami dla generowania linii kodowych w określonym języku programowania. Także obecnie można napotkać udoskonalone elementy takiego podejścia, które są pomocne w kwalifikowanym szacowaniu nakładów IT (np. metryki softwarowe [Chemuturi, 2013]). W latach 80. XX w. zapoczątkowano proces odchodzenia od bilansowego wykaźnika, że technologie IT są bezpośrednio rentowne w kategoriach finansowych i materialnych. Zaczęto uwzględniać dyfuzyjność IT oraz kontekstową wartość danych (zależną

m.in. od ich interpretacji). Pojawiła się metodyka systemowej analizy strukturalnej, a następnie analizy obiektowej. Z kolei w latach 90. rozpowszechniły się modele referencyjne (ładu korporacyjnego). Jednocześnie następował wzrost złożoności systemów informatycznych, np. pakietów ERP. Optymalizacja takich systemów wiąże się jednak z poważnymi kosztami, dla których przedsiębiorstwa poszukują uzasadnienia gospodarczego [Zawadzka, Badurek, Łopatowska, 2012b].

Teza 5.4

Transformacje IT oznaczają realne koszty, których ocena efektywności jest trudna w oparciu o wyłącznie klasyczne, materialne miary ekonomiczne.

Próbie rozwiązania problemów wynikających z powyższej tezy stanowi całościowe wartościowanie systemu z wykorzystaniem inżynierii wartości (VE – *value engineering*), co może prowadzić do efektów synergicznych przy uwzględnianiu innych metod zarządzania (jakością), takich jak SixSigma [Mandelbaum, 2012].

Definicja 5.3

Holistyczna inżynieria wartości jest interdyscyplinarnym podejściem referencyjnym, wiążącym materialne efekty SPNG z efektami skojarzonego systemu IT.

Optymalizacja IT w SPNG wymaga uwzględnienia trzech wymiarów modelowania przedstawionych w tab. 5.2. **Modele systemów** były szczegółowo rozważane w p. 1.1, 2.2 oraz w rozdziale 3. **Modele transformacji** zostały częściowo omówione w rozdziale 4 (rodzaje integracji, projekty migracyjne), natomiast odnoszącym się do nich modelom referencyjnym poświęcony jest p. 5.3. Niniejszy punkt dotyczy natomiast **modeli mierzalności**. W dalszej jego części wskazano ich przykłady, również w odniesieniu do narzędzi stosowanych do szacowań nakładów w inżynierii softwarowej. Szczególnym typem modelowania jest **symulacja**. Techniki softwarowe wykorzystywane do symulacji procesów scharakteryzowano w pracy [Fertsch, Pawlewski, 2009].

Tabela 5.2

Rodzaje modeli w optymalizacji IT

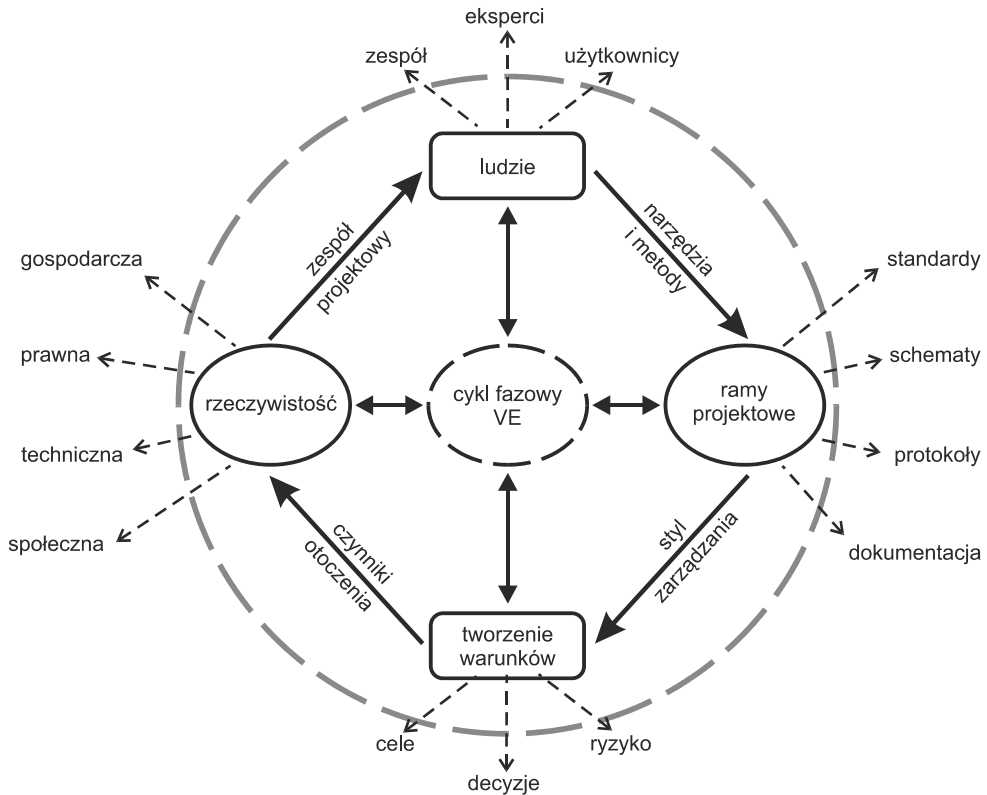
Rodzaj modeli	Zakres	Cel	Przykłady
Modele systemów	istniejący stan systemów produkcyjnych oraz informacyjnych	mapy procesów (<i>mapping</i>) SPNG	listy obiektów technicznych (infrastruktura wytwórcza, sprzęt i oprogramowanie IT)
Modele transformacji	mapy drogowe (<i>road map</i>) i algorytmy zmian (organizacyjne, informatyczne)	definicja stanu wynikowego systemów	procedury migracyjne (baz danych, interfejsów, aplikacji), testów, implementacji
Modele mierzalności	miary ekonomiczne, informacyjne, techniczne	całościowe wartościowanie systemów	studium kosztów (wdrożeniowych, eksploatacji), analiza efektów trudno wymiernych (ergonomiczno-organizacyjnych, społeczno-osobowych)

Źródło: opracowanie własne

Również optymalizację IT podlegają zasadom typowego cyklu organizatorskiego: od zdefiniowania zadania projektowego, przez specyfikację zasobów koniecznych do jego realizacji, do końcowej kontroli wyników, która może prowadzić do następnego cyklu. W sferze informatycznej [Schmidt, 2013] powstaje zatem **zgrubny projekt systemu**, tzw. *draft*, który specyfikuje architekturę oraz metody badania jakości rozwiązania, co się wiąże z fazą wariantowania, którego efekt stanowi raport porównawczy opracowany na podstawie ofert – zewnętrznych i wewnętrznych.

Następnie powstaje **projekt uszczegółowiony** (*blueprint*) obejmujący algorytmy modułowe i sposoby ich integracji. Pełniąc kluczową rolę w procesie usuwania błędów systemu **faza integracyjna** wiąże się z:

- prototypowaniem (wartościowanie wyników testów, modele ilościowe);
- implementacją modularną (oprogramowanie rozwiązań cząstkowych);
- kastomizacją (*customizing*) dotyczącą parametrów systemowych i danych;
- testami systemowymi i funkcjonalnymi (udokumentowana aplikacja docelowa).

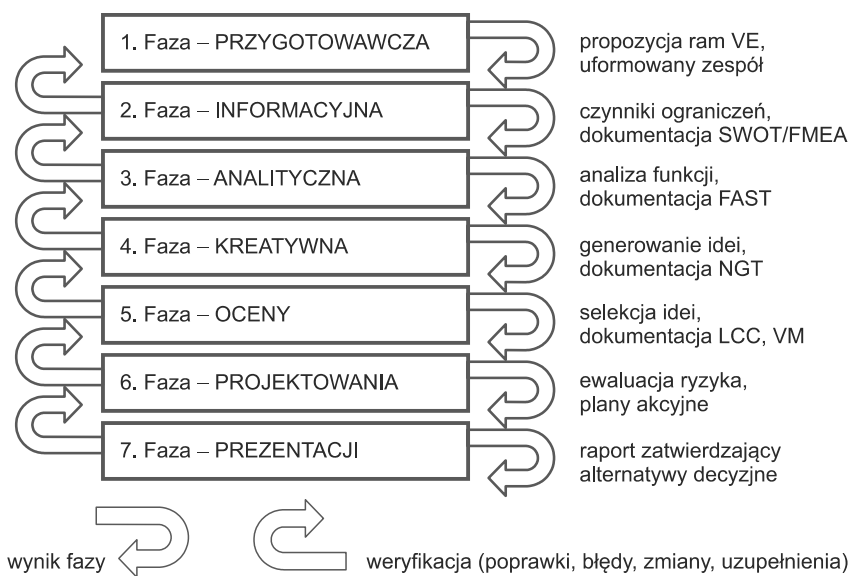


Rys. 5.2. Cykl organizacyjny inżynierii wartości
Źródło: opracowanie własne

Również na innych etapach cyklu życia systemu (*life cycle*) mamy do czynienia z elementami jego kwalifikowanej oceny (pośredniej lub bezpośredniej). Dotyczy to głównie samej **fazy eksploatacji**, gdy precyzowane są plany eskalacyjne obejmujące szacowania możliwych ryzyk wraz z opcjami ich redukcji. Powstałe w ten sposób charakterystyki eksploata-

cyjno-pielęgnacyjne (*maintenance*) stanowią podstawę dla formułowania dalszych wymagań (*requirements*) w odniesieniu do (kolejnej) wersji użytkowanej (*live*). **Całość systemu jest optymalizowana w organizacyjnym „trójkącie sił”, wyznaczającym zakres możliwych rozwiązań.** Jego wierzchołkami są: czas, koszty oraz jakość (niekiedy odrębnie rozważa się skojarzoną z jakością funkcjonalność). Jednocześnie działają tu reguły dynamiki ciągłego ulepszania CI (*Continuous Improvement*) [Mohapatra, 2013]. Na rys. 5.2 przedstawiono model cykliczności postępowania VE wyróżniający cykl zewnętrzny i wewnętrzny (fazowy, pokazany szczegółowo na rys. 5.3).

Zewnętrzny cykl organizacyjny VE ma charakter strategiczny i obejmuje **cztery elementy systemowe**. Pierwszym z nich jest **zespół projektowy**, który powstaje na bazie stanu istniejącego w przedsiębiorstwie, tj. rzeczywistości gospodarczej, prawnej, technicznej czy społecznej – dokładniejsze omówienie jej składników w odniesieniu do SPNG zawarto w rozdziale 2 (rys. 2.1, 2.2). Regułę VE stanowi tworzenie raczej niewielkich grup projektowych z opcjonalnym udziałem użytkowników czy ekspertów. Z kolei **narzędzia i metody** (charakter referencyjny) stosowane przez zespół wyznaczają ramy VE, tj. standardy i schematy (*templates*) projektowe w odniesieniu zarówno do sposobów postępowania, jak i dokumentacji. **Styl zarządzania** dotyczy m.in. definiowania celów i zasad organizacyjnych oraz szacowania ryzyk i podejmowania decyzji. W ten sposób są tworzone warunki dla pozyskiwania i wykorzystywania zasobów projektowych z uwzględnieniem **czynników otoczenia**, które łącząc się ze stanem realnym, zamykają modelowo zewnętrzny cykl VE.



Rys. 5.3. Cykl fazowy inżynierii wartości

Źródło: opracowanie własne

Cykl wewnętrzny VE ma charakter operatywny, obejmuje **siedem faz** i może być realizowany według modelu kaskadowego, co oznacza obecność sprzężeń, od następnika do poprzednika fazowego. Obejmują one: weryfikacje, propozycje korekt błędów oraz zmiany i uzupełnienia. Pierwsza faza, zwana **przygotowawczą** (*preparation*), to ramowe planowanie całości projektu VE oraz uformowanie jego zespołu. Wypracowywana jest wówczas

także wstępna dokumentacja stanowiąca podstawę dla generalnych decyzji kierownictwa. W fazie **informacyjnej** (*information*) następuje wyspecyfikowanie czynników VE, w tym ograniczeń (*constraints*). Jej skutkiem jest dokumentacja analizy SWOT [Hill, Jones, 2010], czyli *Strengths, Weaknesses, Opportunities Threats* (Siła, Wady, Okazje, Trudności), oraz FMEA [Telang, 2010], tj. analiza typów błędów i ich efektów (*Failure Modes and Effects Analysis*). Czynniki przydatne podczas analizy SWOT w odniesieniu do środowiska przemysłowego omówiono w pracy [Trzcieliński, 2013].

Faza **analityczna** dotyczy funkcji projektowych związanych z celami, zadaniami oraz oddziaływaniami odnoszącymi się do produktu. W rezultacie powstaje klasowa systematyka funkcji według ich rodzajów oraz skojarzonych kosztów. Narzędziem stosowanym na tym etapie może być systemowa technika analizy funkcjonalnej FAST (*Function Analysis System Technique*) [Stewart, 2010]. Później następuje etap **kreatywny** (*creative*), tj. generowania idei w celu realizacji wyspecyfikowanych funkcji w różnorodny sposób. Pomocną metodą jest tu technika grupy nominalnej NGT (*Nominal Group Technique*) [Levi, 2011]. W fazie **oceny** (*evaluation*) specyfikowane są związki między wymaganiami funkcjonalno-wydajnościowymi a ograniczeniami zasobowymi (osobowymi) w odniesieniu do poszczególnych wariantów rozwiązań. Następują zatem selekcjonowanie idei oraz ewaluacja kosztów życia systemu LCC (*Life Cycle Costing*) [Farr, 2011]. Ma tu również miejsce tworzenie metryk wartości (*value metrics*) [Stark, 2011].

W ten sposób uzyskujemy podstawy dla implementacji fazy szóstej – **projektowania** (*development*). Ma ona charakter szczegółowy, obejmuje ograniczenie listy koncepcji, a następnie analizę ryzyk z nimi związanych. Dla każdego z pozostałych wariantów rozwiązań są przygotowywane plany akcyjno-eskalacyjne – biorące pod uwagę terminy, zakresy odpowiedzialności oraz harmonogramy czynnościowe. Ostatnią fazą omawianego cyklu jest **prezentacja**, obejmująca końcowy raport działań wraz z proponowanymi adaptacjami systemowymi, uwzględniającymi firmowe uwarunkowania (plany) o charakterze strategicznym. Syntezę cykli z rys. 5.2 i 5.3 w postaci głównych punktów mapy drogowej (*road map*) VE przedstawiono w tab. 5.3.

Tabela 5.3

Główne punkty mapy drogowej VE

Część procesu VE	Zakres	Przykłady
Wymiarowanie (<i>benchmarking</i>)	definiowanie celów i mierników wydajności	metryki softwarowe, COCOMO (<i>COConstructive COSt MOdel</i>) [Sundar, 2010]
Identyfikacja sytuacji gospodarczej (<i>business case</i>)	specyfikacja stanu istniejącego i docelowego wraz z oczekiwanymi efektami	referencyjne bazy danych z informacjami o projektach zrealizowanych w różnych firmach
Prioryzacja wariantów	ustalenie taktyki transformacyjnej w odniesieniu do wskaźników kosztowo-wynikowych	analiza wielokryterialna MCA (<i>multi-criteria analysis</i>) [Leleur, 2012]
Walidacja całościowa	szczełogowe studium transformacyjne	metryki kosztowo-produktowe lub logistyczne (wskaźniki dostawcze) dla całości projektu / procesu / przedsiębiorstwa

Źródło: opracowanie własne

Teza 5.5

Wiązanie inżynierii wartości produktu lub procesu wytwórczego z metrykami inżynierii softwarowej korzystnie wpływa na wskaźniki projektowe.

Teza 5.5 jest konsekwencją tezy 3.2 dotyczącej technologii dyfuzyjnych (informacyjnych) oraz tezy 5.1 dotyczącej optimum projektowego. To ostatnie polega na znajdowaniu wyważonych relacji między czasem, kosztem i jakością (funkcjonalnością), wyznaczającymi ramy projektowe. Jednocześnie dla każdego procesu biznesowego można wyspecyfikować skojarzony z nim proces informacyjny. Jest on implementowany (w różnym stopniu) informatycznie, tzn. programowo i sprzętowo. Wynika stąd, że **trudna byłaby znacząca poprawa funkcjonowania procesu gospodarczego bez transformacji IT**. Takie modyfikacje stanowią z kolei poważny czynnik kosztowy, wiążąc się często z istotnymi nakładami inwestycyjnymi. Stajemy zatem przed wymogiem właściwego planowania całości projektu, zwłaszcza kwalifikowanego określania jego złożoności czasowej.

Definicja 5.4

Czasowa złożoność projektu jest funkcją wiążącą czas wykonania zadania z jego parametrami (rozmiarem).

Termin **czasowej złożoności projektu** ma szerszy zakres niż prosta wielkość długości jego trwania, obejmując również uwarunkowania osobowo-strukturalne (np. moduły projektowe). Funkcje w sensie def. 5.4 mają charakter empiryczny, a ich wiarygodność wynika z prognozy o postaci:

$$W = f(P, O) \quad (5.1),$$

gdzie: $W = \{w_1, \dots, w_k\}$ zbiór wartości prognostycznych,

$P = \{p_1, \dots, p_l\}$ zbiór wartości zmierzonych,

$O = \{o_1, \dots, o_m\}$ zbiór wartości estymacyjnych.

Na podstawie powyższego modelu możemy określić następujące sytuacje:

$O = \{\emptyset\}$ – określanie złożoności bez wartości estymacyjnych, przy wystąpieniu pomiarów dla niezbędnych wielkości, oznaczałoby – rzadką w praktyce – sytuację idealną (precyzja);

$l \gg m$ – szacowanie kwalifikowane

$l \approx m$ lub $m \ll l$ – szacowania na różnym poziomie wiarygodności;

$P = \{\emptyset\}$ – prognoza o słabo kwalifikowanej wiarygodności, niepożądana w praktyce.

Należy dodać, że samo kwalifikowane szacowanie złożoności przedsięwzięcia nie stanowi gwarancji osiągnięcia czasowego optimum projektu, warto jednak w tym wypadku korzystać z referencyjnych narzędzi wspomagających procesy estymacyjne [Tsui, Karam, 2011].

Przykład. Również w inżynierii oprogramowania jest możliwe korzystanie z rozkładów gęstości prawdopodobieństwa (FGP) Weibulla [Smith, 2011], znanych także w innych dziedzinach (analiza niezawodności urządzeń). Funkcję FGP definiujemy jako:

$$Y = (m/t) \cdot (t/c)^m \cdot e^{-(t/c)^m} \quad (5.2)$$

gdzie: t – czas,

m – współczynnik kształtu,

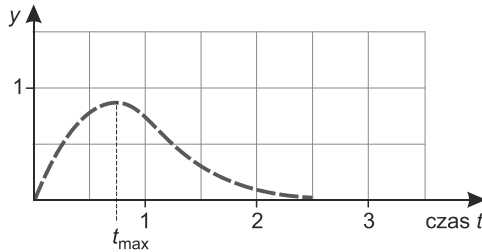
c – stała skali,

Y – wartość funkcji, interpretowana jako częstość błędów.

Doświadczenia projektowe SE wskazują na $m = 2$ i mówi się wówczas o rozkładzie Rayleigha [McCool, 2012]. Na rys. 5.4 pokazano zasadniczy przebieg tej krzywej dla $c = 1$ (ploter *on-line*, www.fooplot.com) dla formuły:

$$f(t) = 2/t \cdot t^2 \cdot e^{-(t \cdot t)}$$

zaznaczając na wykresie punkt t_{\max} , w którym liczba znajdowanych błędów jest największa. Matematycznie odpowiada on warunkowi $[2/t \cdot t^2 \cdot e^{-(t \cdot t)}]' = 0$, osiąganemu dla $t = 1/\sqrt{2}$, tj. $t_{\max} = 0,707$.



Rys. 5.4. Rozkład Rayleigha dla $c = 1$
Źródło: opracowanie własne

Krzywa odpowiada przebiegowi projektów IT, gdzie liczba identyfikowanych błędów narasta w miarę implementacji zadania, aż do maksimum odpowiadającego fazie testów integracyjnych (punkty a–d wymienione w początkowej części niniejszego podrozdziału). Zakończenie tej fazy oznacza w praktyce wyeliminowanie większości błędów (60–70%), wykracza ona bowiem poza punkt t_{\max} , wokół którego następuje intensywne badanie kodów źródłowych oprogramowania (*debugging*). Formalnie do argumentu t_{\max} pole pod krzywą obejmuje 40% całego obszaru pod nią. Krzywa asymptotycznie dąży do zera, co również jest zgodne praktyką inżynierską – usuwanie błędów systemu trwa przez całe jego „życie” (*life cycle*), zgodnie z prawami zawartymi w tab. 3.1. Wnioski wynikające z przykładu pozwalają sformułować kolejną tezę, będącą jednocześnie konsekwencją tezy 5.5.

Teza 5.6

Rozkład usuwania błędów SE Rayleigha pozwala na szacowanie zasobów projektowych, w szczególności osobowych.

Reprezentatywnym przykładem kwalifikowanej i algorytmicznej metody szacowania nakładów czasowych inżynierii softwarowej jest także COCOMO (*CO*nstructive *CO*st *MO*del) [Eisner, 2008]. Model ten stanowi próbę odpowiedzi na uwarunkowania wynikające z paradoksu produktywności IT (def. 4.1, teza 4.2), co wiąże się także z fenomenem praktyki projektowej, który można określić jako „opóźnienie z powodu przyspieszenia”. Mamy tu do czynienia z następującą sytuacją:

- zespół projektowy, ze względów organizacyjnych (oczekiwania kierownictwa), znajduje się pod presją kosztowo-czasowo-jakościową;
- zostaje ustalony nierealny czas projektu (niedoszacowanie);
- błędy szacowania czasów projektu (poszczególnych faz) powodują narastanie opóźnień;
- w celu redukcji opóźnień zostaje podjęta decyzja o zwiększeniu liczebności grupy projektowej (w konsekwencji rosną też ponadplanowo koszty przedsięwzięcia);

- e) znaczna część czasu zostaje dodatkowo przeznaczona na integrację dodatkowych członków zespołu;
- f) możliwe są dalsze opóźnienia i konsekwentne zwiększanie liczby członków zespołu projektowego, który pozornie osiąga rozmiary pozwalające na nadrobienie opóźnień;
- g) istnieje możliwość słabo kontrolowanego wzrostu chaosu organizacyjnego;
- h) w skrajnej sytuacji następuje załamanie się projektu.

Odpowiedź na pytanie o główny mechanizm opisanego łańcucha przyczynowo-skutkowego zawiera się w punkcie e), wskazującym na znaczenie komunikacji w zespole.

Teza 5.7

Liniowy wzrost liczby członków zespołu projektowego skutkuje wykładniczym wzrostem liczby kanałów komunikacyjnych między nimi.

Powyższa teza wynika z formuły:

$$I = \frac{C(C-1)}{2} \quad (5.3)$$

gdzie: I – liczba połączeń komunikacyjnych,
 C – liczba członków zespołu.

Zalecanym rozwiązaniem dylematów a–h jest decyzja o systematycznej i całościowej reorganizacji projektu, co w praktyce oznaczałoby zaniechanie realizacji pierwotnie przyjętego planu i zastąpienie go nowym, bardziej realistycznym. Ze względów pozatechnicznych takie warianty są mało popularne, oznaczałyby bowiem konieczność potwierdzenia błędów zarządzania ze strony kierownictwa. Punkty b) i c) wskazują na błędy pomiaru i szacowania **złożoności projektowej** w obszarze IT. Za jej podstawową miarę można uznać ilość zasobów (także czasowych i finansowych) niezbędnych do realizacji zadania, w zależności od jego wielkości. Jej pomiar opiera się na referencjach już istniejących systemów dla szacowań dotyczących nowych rozwiązań. Istotną trudność stanowi ich unikatowość w rozważanej dziedzinie, co plastycznie można opisać twierdzeniem, że wiele nowych systemów należałoby oznaczać w terminologii softwarowej jako wersję 1.0.

Spostrzeżenie to wynika stąd, że zakupiony standard systemu w wersji x, y (np. 5.3) podlega kustomizacji (*customizing*), tj. jego firmowej parametryzacji (indywidualizacji) – od lokalizacji językowej, zapewniającej jednoznaczność pojęć, aż do interfejsów integrujących podsystemy. Chodzi tu o zmiany logiki systemu na drodze adaptacji programistycznych (personel własny, firmy softwarowe, doradcy). Zatem nawet precyzyjne pomiary złożoności w systemach wdrożonych nie gwarantują pożądanej dokładności dla nowych przedsięwzięć. Dodatkowy problem stanowi brak jednoznacznej metody pomiarów złożoności istniejących systemów. Trzeba się zatem liczyć z nakładaniem się tych dwóch źródeł błędów szacowań, powiązanych ze zjawiskiem paradoksu produktywności IT (def. 4.1). Tymczasem istnieją precyzyjne metryki dotyczące złożoności algorytmów [Tourlakis, 2012].

Teza 5.8

W odniesieniu do złożoności projektowej IT istotną kwestię stanowi dążenie do podobnego poziomu wiarygodności jak w przypadku złożoności obliczeniowej czy pamięciowej samego algorytmu.

Pomocne mogą tu być wnioski związane z modelami COCOMO [Sundar, 2010; Boehm, 2000]:

- rzeczywisty przebieg czasowej krzywej projektu jest niemalejący w odniesieniu do planowanego;
- krzywa rośnie szybciej, gdy czas planowany wyznaczono poniżej optimum;
- krzywa rośnie wolniej, gdy czas planowany wyznaczono powyżej optimum;
- optimum czasu należy określić formułą:

$$T_o = C1 (T_N)^{C2}$$

- gdzie: T_o – czas optymalny,
 T_N – nakłady czasowe szacowane innymi metodami (referencje projektów, osobomiesiące na podstawie rozmiaru zadania),
 $C1, C2$ – stałe projektu, $C2$ jest wykładnikiem ułamkowym związanym z nieliniowością formuły.

W wariacie klasycznym podstawą dla szacowania T_N jest rozmiar kodu wyrażany w jednostkach KDSI (*Kilo Delivered Source Instructions*), czyli oczekiwana liczba instrukcji źródłowych w tysiącach. Charakterystyki związane z tym parametrem pokażemy po przykładzie stosowania algorytmu COCOMO, który jest możliwy na trzech poziomach iteracji, jako:

- *basic* (wariant podstawowy),
- *intermediate* (wariant zaawansowany),
- *detailed* (wariant szczegółowy).

Pierwszy poziom służy zgrubnemu szacowaniu, które można rozwinąć na poziomie drugim dodatkowymi czynnikami kosztowymi. Poziom trzeci nie wnosi do modelu nowych czynników, dzieląc projekt na moduły (*top-down*). W ten sposób możliwe jest dalsze zwiększenie precyzji szacowań. Jednocześnie możemy zakwalifikować projekt do jednej z trzech klas trudności:

- łatwa / prosta (*organic*);
- zaawansowana / średnia (*semi-detached*);
- trudna / złożona (*embedded*).

Dodajmy, że oryginalne nazewnictwo tych klas akcentuje zależność nowych rozwiązań od już istniejących systemów, możemy zatem mówić o trybach: organicznym, częściowo niezależnym i wbudowanym. W **pierwszym przypadku** mamy do czynienia z mniejszymi projektami o znacznym stopniu swobody ich definiowania, bez istotnych ograniczeń. Zakłada się przy tym realizację projektu przez zespół doświadczonych programistów. **Drugi tryb** projektowy obejmuje większe przedsięwzięcia, oznaczające współpracę programistów z różnym doświadczeniem. Jednocześnie występują tu częściowo ograniczenia wynikające z rozwiązań już istniejących, które trzeba adaptować (integrować). Z kolei w **klasie trzeciej** mamy do czynienia z projektami o dużych ograniczeniach. System wymaga ścisłych dopasowań („wbudowanie”) do sztywnych ram (*constraints*) zastanego środowiska projektowego.

Model podstawowy opisują trzy pary formuł empirycznych dla każdego z trybów: 1, 2, 3:

$$\begin{array}{ll} T_N = 3,2 \times (\text{KDSI})^{1,05} & \text{i} \quad T_o = 2,5 \times (\text{OM})^{0,38} \\ T_N = 3,0 \times (\text{KDSI})^{1,12} & \text{i} \quad T_o = 2,5 \times (\text{OM})^{0,35} \\ T_N = 2,8 \times (\text{KDSI})^{1,20} & \text{i} \quad T_o = 2,5 \times (\text{OM})^{0,32} \end{array}$$

Następnie możliwe jest doprecyzowanie szacowania modelem zaawansowanym, z uwzględnieniem tzw. czynników kosztowych CK (*Cost Driver*), zgodnie z równaniem:

$$T_{N-INTERMEDIATE} = CK \times T_{N-BASIC}$$

Piętnaście czynników kosztowych można podzielić na cztery grupy.

I. Czynniki produktowe

- RELY – pożądana niezawodność oprogramowania (*Required Software Reliability*)
- DATA – wielkość bazy danych (*Database Size*)
- CPLX – złożoność produktu (*Product Complexity*)

II. Czynniki sprzętowe

- TIME – ograniczenia czasu wykonania (*Execution Time Constraint*)
- STOR – ograniczenia pamięciowe (*Main Storage Constraint*)
- VIRT – stabilność środowiska wirtualnego (*Virtual Machine Volatility*)
- TURN – czas komputerowy (*Computer Turnaround Time*)

III. Czynniki osobowe

- ACAP – zasoby analityczne (*Analyst Capabilities*)
- AEXP – doświadczenia aplikacyjne (*Applications Experience*)
- PCAP – zasoby programistyczne (*Programmer Capabilities*)
- VEXP – doświadczenia w środowisku wirtualnym (*Virtual Machine Experience*)
- LEXP – doświadczenia w języku programowania (*Programming Language Experience*)

IV. Czynniki projektowe

- MODP – praktyki nowoczesnego programowania (*Modern Programming Practices*)
- TOOL – użycie narzędzi softwarowych (*Use of Software Tools*)
- SCED – żądany terminarz projektu (*Required Development Schedule*)

Każdemu z czynników przyporządkowuje się doświadczalną wartość liczbową, kwalifikując go do jednej z sześciu kategorii: bardzo niska, niska, przeciętna, wysoka, bardzo wysoka, szczególnie wysoka. Przykładowo, parametr RELY (niezawodność) może przyjąć wartość 0,75 dla kategorii „bardzo niska” oraz 1,40 dla kategorii „bardzo wysoka”. W podobny sposób postępujemy z innymi czynnikami, wyznaczając ich całkowitą wartość CK równaniem:

$$CK = RELY \times DATA \times CPLX \times \\ TIME \times STOR \times VIRT \times TURN \times \\ ACAP \times AEXP \times PCAP \times VEXP \times LEXP \times \\ MODP \times TOOL \times SCED$$

Przykład. Realizujemy projekt, dla którego zidentyfikowano następujące ramy, przekładające się na modelowe czynniki kosztowe:

- a) wysokie ograniczenia czasowe;
- b) produkt o niewielkiej złożoności;
- c) brak doświadczonych analityków;
- d) niewielka baza danych;
- e) programiści z dużym doświadczeniem.

Wartości empiryczne zostają przyjęte następująco:

- a) TIME = 1,11;
- b) CPLX = 0,70;

- c) ACAP = 1,19;
- d) DATA = 0,94;
- e) PCAP = 0,86.

Pozostałe czynniki (dla uproszczenia przykładu) przyjmujemy jako nieustalone lub przeciętne, tj. z wartością kosztową = 1,00. Zagregowany mnożnik CK = $1,11 \times 0,70 \times 1,19 \times 0,94 \times 0,86 = 0,75$. Oznacza to 25% redukcję pierwotnie wyznaczonego nakładu czasu na projekt. Gdybyśmy dodatkowo przyjęli, że programiści mają duże doświadczenie w zakresie wyspecyfikowanego systemu programowania (LEXP = 0,95) oraz zostaną użyte bardzo nowoczesne metody programowania (MODP = 0,82), uzyskalibyśmy jeszcze niższą wartość CK = 0,58.

Rozważmy z kolei ten ostatni czynnik w kontekście pożądanego przechodzenia do coraz nowszej generacji oprogramowania. Przyjmijmy, że konstruujemy system softwarowy o szacowanej złożoności 15 000 LoC (*Lines of Code*) w języku *N*-tej generacji (np. 3GL) i odpowiadający mu funkcjonalnie system w języku generacji *N* + 1 (np. 4GL) o złożoności 3 000 LoC. Charakterystyki obu wariantów pokazano w tab. 5.4.

Tabela 5.4

Paradoks produktywności metryki softwarowej

Miary	Język	<i>N</i>	<i>N</i> + 1
LoC		15 000	3 000
Liczba osobodni (OD)		375	150
Koszt projektu <i>K</i> (500 zł/OD) w zł		187 500	75 000
Cena 1 LoC w zł = <i>K</i> /LoC		12,50	25,00
Produktywność LoC/OD		40	20
Czas min/LoC (1 OD = 8 h = 480 min)		12	24

Źródło: opracowanie własne

Widzimy, że dla wariantu *N* + 1 projekt jest korzystniejszy cenowo w sensie całościowej kalkulacji, mamy tu jednak do czynienia z wyższą ceną LoC oraz mniejszą wydajnością ich tworzenia. Inaczej mówiąc: nowocześniejsza generacja narzędzi softwarowych może się wiązać z paradoksem produktywności, tj. kodu droższego jednostkowo i wolniej kreowanego. Powyższe spostrzeżenia prowadzą do tezy 5.9 i wynikającego z niej pytania o innego rodzaju metryki.

Teza 5.9

Metryka LoC w niewystarczającym stopniu uwzględnia poziom abstrakcyjności narzędzia programowania, który ma kluczowe, pozytywne znaczenie dla jakości tworzonego systemu.

Dodajmy, że metryka LoC ma zastosowanie także współcześnie, mimo coraz częstszego zastępowania czynności sekwencyjnego (proceduralnego) pisania programu jego generowaniem (automatyzmy graficzno-objektowe). Również w takim przypadku istnieje bezpośrednio tekstowy poziom aplikacji. Pokazany paradoks nie może być usunięty przez uszczegółowione metryki LoC. Uzyskujemy je, rozkładając kod na część DecLoC (deklaratywną) i ExecLoC (wykonawczą), względnie wydzielając linie NCLoC (*Non Comment*

LoC), tj. po odjęciu komentarzy. W ten sposób wyznacza się gęstość komentarzy DoC (*Density of Comments*) jako $DoC = LoC/NCLoC$. Od wad przedmiotowego paradoksu nie są wolne także inne miary, odwołujące się do cech samego kodu, tj. jego warstwy leksykalnej lub formalnie definiowanej złożoności. Reprezentatywnie można tu wskazać na miary leksemów Halsteada [Abran, 2010] i cyklomatyki McCabe'a [Southehal, 2011].

Definicja 5.5

Leksem to wyodrębniony składniowo i słownikowo element języka programowania, reprezentowany przez ciąg znaków jego alfabetu.

Leksemami mogą być w szczególności operatory i operandy. Ich liczba w kodzie źródłowym tworzy dwie miary podstawowe:

1. Zasób zróżnicowanego słownictwa (ang. *vocabulary*)

$$n = n_1 + n_2$$

gdzie: n_1 – liczba różnych (*distinct*) operatorów w programie,
 n_2 – liczba różnych (*distinct*) operandów w programie.

2. Całkowity zasób słownictwa (ang. *length*)

$$N = N_1 + N_2$$

gdzie: N_1 – całkowita liczba (*total*) wszystkich wystąpień operatorów,
 N_2 – całkowita liczba (*total*) wszystkich wystąpień operandów.

Na bazie miar podstawowych są tworzone **miary Halsteada**:

- długość (*length*) Halsteada $L_H = n_1 \log_2 n_1 + n_2 \log_2 n_2$;
- wielkość (*volume*) Halsteada $V_H = N \log_2 n$.

Prowadzą one do otrzymania współczynników pochodnych:

- trudność (*difficulty*) $D = (n_1/2) \cdot (N_2/n_2)$, interpretowana jako podatność kodu na błędy (*error proneness*);
- poziom (*level*) $L = 1/D$, odwrotność trudności, interpretowany jako stopień odporności programu na błędy – wzrost złożoności programu oznacza jego większą na nie podatność;
- nakład (*effort*) $E = V_H \cdot D$ lub $E = V_H/L$, odnosi się do zrozumienia programu.

Przykład. Rozważmy następujący fragment kodu (rekurencyjne wyznaczanie m!) prowadzący do jego charakterystyki ilościowej w tab. 5.5:

```

procedure S(m);
value m;
integer m;
S := if m = 0 then 1
else
m * S (m-1)
end S

```

Tabela 5.5

Ilościowa charakterystyka przykładowego fragmentu kodu (operatory)

Nr operatora	Operator	Liczba całkowita
1	procedure	1
2	(2
3)	2
4	;	3
5	value	1
6	integer	1
7	:=	1
8	if	1
9	=	1
10	then	1
11	else	1
12	*	1
13	-	1
14	end	1

Źródło: opracowanie własne

Tabela 5.6

Ilościowa charakterystyka przykładowego fragmentu kodu (operandy)

Nr operandu	Operand	Liczba całkowita
1	S	4
2	m	6
3	0	1
4	1	2

Źródło: opracowanie własne

Wyznaczamy:

$$n_1 = 14, n_2 = 4$$

oraz:

$$N_1 = 18, N_2 = 13$$

Stąd

$$n = 18 \text{ oraz } N = 31$$

$$D = 14/2 \cdot 13/4 = 22,75$$

$$L = 1/22,75 = 0,044$$

$$V_H = 31 \log_2 18 = 129,27$$

$$E = 129,27 \cdot 22,75 = 2941$$

Zaletą miar Halsteada jest ich formalna precyzja oraz możliwość automatycznego wyznaczenia na podstawie kodu. Wskazuje to na ich ograniczenia – przede wszystkim w odniesieniu do produktów już istniejących, względnie będących w końcowej fazie programowania.

Teza 5.10

Miary Halsteada koncentrują się na ilościowych aspektach kodu, w mniejszym zaś stopniu nadają się do jego wartościowania jakościowego.

wane do jednego z pięciu rodzajów, zgodnie z następującym schematem złożoności N , \dot{S} , W (niska, średnia, wysoka):

- wejście (parametry, pola, komendy) – $N = 3$, $\dot{S} = 4$, $W = 6$;
- wyjście (komunikaty, listy, protokoły) – $N = 4$, $\dot{S} = 5$, $W = 7$;
- interakcje (zapytania / odpowiedzi) – $N = 3$, $\dot{S} = 4$, $W = 6$;
- dostęp zewnętrzny (interfejsy do plików innych systemów) – $N = 7$, $\dot{S} = 10$, $W = 15$;
- dostęp wewnętrzny (bazy danych, podsystemy) – $N = 5$, $\dot{S} = 7$, $W = 10$.

Po zsumowaniu wszystkich wyznaczonych wartości ważonych uzyskujemy niestandardyzowaną wartość FP (NFP). Następnie dokonujemy jej standaryzacji (SFP) z uwzględnieniem złożoności technicznej (ZT), zgodnie z formułami:

$$SFP = ZT \cdot NFP$$

$$ZT = 0,65 + 0,01 \cdot \sum_{i=1}^n F_i$$

gdzie: F_i – techniczne czynniki standaryzacji (korekty) według następującej listy:

- F_1 – spójność danych (*backup & recovery*),
- F_2 – wymiana danych (*data communications*),
- F_3 – aplikacje rozproszone (*distributed functions*),
- F_4 – wymagania wydajnościowe (*performance*),
- F_5 – zależności konfiguracyjne (*heavily used configuration*),
- F_6 – wejście interaktywne (*online data entry*),
- F_7 – łatwość interakcji (*operational ease*),
- F_8 – aktualizacja (*online update*),
- F_9 – złożoność interfejsu (*complex interface*),
- F_{10} – złożoność przetwarzania (*complex processing*),
- F_{11} – wieloużywalność (*reusability*),
- F_{12} – łatwość instalacji (*installation ease*),
- F_{13} – różnorodność instalacji (*multiple sites*),
- F_{14} – modyfikowalność (*facilitate change*).

Każdy czynnik korekty F_1 – F_{14} szacujemy w skali od 0 (brak) do 5 (bardzo wyraźna zależność). Kolejny krok opisywanej metody stanowi przejście od SFP do LoC, co jest możliwe dzięki użyciu empirycznych współczynników. Przykładowo, dla assemblerów wahają się one od 200 do 450 linii dla każdego punktu funkcyjnego. W odniesieniu do wybranych narzędzi softwarowych mamy: Java – 53, C – 127, Cobol – 107, generatory aplikacji Oracle 4GL – 23. W analogiczny sposób można przełożyć punkty funkcyjne na wartości wyrażone w pieniądzu lub czasie. Pozwala to na liczbowe powiązanie najistotniejszych czynników będących podstawą planowania projektu, takich jak: czas, pieniądz, wielkość kodu i jego funkcjonalność powiązana z jakością.

Opisana metoda nie jest idealna, gdyż trudno ją zautomatyzować, ze względu na specyfikę występującą w procesie przypisywania wag zdekomponowanym składowym. Jest ona bowiem związana z określoną organizacją (przedsiębiorstwem). Jednak miary punktowo-funkcyjne pozwalają w znacznej mierze uniknąć paradoksu produktywności, mają zatem przewagę nad metrykami opartymi tylko na liczbie linii kodowych.

Teza 5.11

Miary złożoności oprogramowania powinny być wyznaczane i interpretowane w ramach określonej organizacji, na podstawie jej doświadczeń i systematycznie gromadzonych danych.

Powyższa teza wskazuje na ograniczenia uniwersalnego stosowania miar złożoności softwarowej, co wynika z różnic specyfiki systemów informatycznych występujących między poszczególnymi przedsiębiorstwami. Inną charakterystykę ma zwarty algorytm naukowo-techniczny, posługujący się zaawansowanymi narzędziami matematycznymi i dokonujący intensywnych operacji na względnie niewielkiej liczbie danych, inną zaś program informatyki gospodarczej. W tym ostatnim przypadku duże ilości informacji są przetwarzane przy użyciu prostych instrukcji, głównie arytmetyki czterodziałaniowej.

5.3. Modele ładu korporacyjnego

Definicję 2.1 odniesiono do terminu „model” w kontekście pojęcia informacji. Teraz rozszerzymy samo pojęcie modelu, pokazując jego cechy wymienione w tab. 5.7. Odnoszą się one także do **modeli referencyjnych ładu korporacyjnego IT** (*IT-Governance*) [Moeller, 2013]. Ich geneza wiąże się z problemami mierzalności efektów IT, których przykłady wskazano w poprzednim punkcie. Prowadzą one do wniosku (por. paradoks produktywności, p. 4.1), że optymalne zarządzanie sferą IT wymaga modelowania przedsiębiorstwa jako całości jego procesów, włącznie z otoczeniem. Ład korporacyjny stanowi zatem istotny element zarządzania firmą, przyczyniając się do bardziej optymalnego realizowania jej **misji** – tj. strategii oraz celów przedsiębiorstwa – za pomocą IT. Można zauważyć, że czynnik ten w sposób nadrzędny łączy dwa występujące wcześniej: ukierunkowanie na cele firmy (*IT-Alignment*) oraz samo zarządzanie (*IT-Management*).

Tabela 5.7

Podstawowe cechy modelu

Cecha	Interpretacja	Przykłady
Opisywalność / deskryptywność	specyfikowanie rzeczywistości, tj. jej obiektów, procesów i relacji między nimi	taksonomie / klasyfikacje, typizacje / słowniki
Epistemologiczność / poznawalność	odkrywanie nowych związków, analogii, praw	formułowanie nowych reguł jako warunku innowacyjności
Rozstrzygalność / możliwość dowodzenia	wykazywanie prawidłowości zastosowanych rozwiązań	rachunek efektywności inwestycyjnej, organizacyjnej, pozatechnicznej
Orientacja celowa / cykl organizacyjny	transformacje wysoko abstrakcyjnych strategii na poziom operacyjny	działania szczegółowe, plany detaliczne
Predyktywność / prognozowalność	przewidywanie przyszłych skutków działań	prawa naukowe i reguły empiryczne zintegrowane z modelem w postaci kwalifikowanej prognozy

Źródło: opracowanie własne

Definicja 5.6

Model referencyjny (IT) przedsiębiorstwa jest standaryzowanym sposobem konstruowania jego struktur (informacyjnych) przy użyciu adekwatnych metod zarządzania.

Definicja 5.6 pokazuje, że **modele referencyjne** nie są określonym typem architektury sprzętowo-sofwarowej. Nie można ich także sprowadzić do konieczności spełniania jednoznacznych norm. W tym sensie wykazują one cechy **metamodelowe**. Jednocześnie zakłada się korzystanie ze sprawdzonych metod (*best practices*). Przykładowo, zagwarantowanie

przedsiębiorstwu wysokiej jakości dostaw wymaga zdefiniowania algorytmicznej i wielokryterialnej metody oceny dostawców [Nogalski, Niewiadomski, 2013].

Teraz omówimy związki między modelami, metamodelami i metodami, wprowadzając poniższe definicje.

Definicja 5.7

Metamodel to metajęzykowy opis konstruowania modeli, którego celem jest uniwersalna formalizacja modelowania.

Przykład. Gramatyka języka oraz jego alfabet / słownik (np. słowa kluczowe w języku programowania) pozwalają na konstruowanie zdań. W sferze softwarowej tworzą one kod, który także może być interpretowany w kategoriach modelowych. Z jednej strony mamy tu do czynienia z fenomenem generatywizmu (por. teza 2.1), z drugiej zaś – ze związkami między modelami przedsiębiorstwa i algorytmami (aplikacjami). W odniesieniu do pierwszej kwestii (generatywizm) można pokazać, że w notacji gramatyki bezkontekstowej meta-BNF [ISO, 1996] niewielka liczba reguł i symboli metajęzykowych pozwala na zdefiniowanie standardu języka programowania. Znakami metajęzykowymi są w szczególności:

- nawiasy $\langle \rangle$ definiujące zmienne metajęzykowe;
- łączniki metajęzykowe $::=$ definiujące przypisanie;
- łączniki metajęzykowe $|$ odpowiadające logicznemu „lub” (znak *pipe*).

Metamodel definiuje przez wyliczenie litery i cyfry, a na tej podstawie pojęcie „nazwy” (np. zmiennej) jako minimum jednoznakowego ciągu alfanumerycznego, tzn. zaczynające się od litery. W notacji meta:

$$\langle \text{nazwa} \rangle ::= \langle \text{litera} \rangle | \langle \text{nazwa} \rangle \langle \text{litera} \rangle | \langle \text{nazwa} \rangle | \langle \text{cyfra} \rangle$$

Jednocześnie widzimy tu charakterystyczny metajęzykowo mechanizm rekurencji (w algorytmie odpowiadający wywoływaniu procedury przez samą siebie).

Na potrzeby badania związków między modelami referencyjnymi i algorytmami powinniśmy zauważyć, że te ostatnie spełniają warunki formułowane dla maszyny Turinga [Mozgovoy, 2010], tj. definiowalności, wykonalności, deterministyczności i uniwersalności. Nasze postępowanie, ukierunkowane na rozwiązanie problemu, ma więc następującą charakterystykę:

- a) składa się z systemowo powiązanych ze sobą kroków / reguł, tzn. jest strukturalnie definiowalne;
- b) jest skończone w odniesieniu do liczby kroków oraz niezbędnych zasobów (złożoność algorytmu),
- c) pozwala uzyskać wynik lub informację o jego braku oraz prowadzi do otrzymania takiego samego rezultatu w takiej samej sytuacji problemowej, następny krok jest zaś definiowalny w stosunku do poprzedniego (zgodnie z zasadą kontynuacji);
- d) dla danej klasy problemów postępowanie ma charakter ogólny, tzn. uniwersalny w obszarze definicyjnym algorytmu.

Powyższa charakterystyka algorytmu nie przesądza o tym, czy będzie on implementowany na drodze maszynowej, czy też poprzez postępowanie składające się z faz / kroków organizacyjnych. Stąd wynika następująca teza.

Teza 5.12

W interdyscyplinarnej sferze SPNG występują, są istotne i ze sobą powiązane dwa rodzaje algorytmów: softwarowe oraz zarządzania.

Platformę integrującą obie grupy algorytmów stanowią modele referencyjne. Omówimy teraz – sformułowane w ramach przykładu dotyczącego meta-BNF – zagadnienie kodu aplikacji jako modelu przedsiębiorstwa. Zarówno rozmiar, jak i nieczytelność takiego kodu zwiększają się wraz ze spadkiem poziomu narzędzi programistycznych (generacyjność, np. 3GL/4GL, por. tab. 5.4).

W praktyce niemożliwe jest posługiwanie się na szerszą skalę kodami jako modelem, niemniej ich dokumentacja w referencyjnym sensie SE może stanowić wartościowy model procesów biznesowych. Jest ona także tworzona z wykorzystaniem języków (konwencji) sztucznych. Do przykładowych standardów dokumentowania kodu należą:

- diagramy przepływu DFD (*Data Flow Diagram*);
- schematy blokowe (*flowcharts*, normowane), ISO5807;
- schematy organizacyjne (struktogramy Nassi-Schneidermann, organigramy);
- pseudokod (np. *pidgin-Algol* publikacyjny);
- notacje OOA (*Object-Oriented Analysis*), ERM (*Entity Relationship Model*), UML (*Unified Modeling Language*) i in. [Krogstie 2012, Avison 2008].

Zbieżność obu podejść modelowania w odniesieniu do IT i procesów przedsiębiorstwa wynika także z def. 1.2 dotyczącej zarządzania jako przetwarzania informacji. Dwa dotychczas wymienione poziomy specyfikowania procesów przedsiębiorstwa, tj. modelowy i metamodelowy, uzupełnia poziom metod.

Definicja 5.9

Metoda to składnik modelu referencyjnego o charakterze narzędziowym, stosowany operatywnie.

Dodajmy, że do grupy „narzędzi” można zaliczać również języki modelowania, np. wspomniany UML, które są jednak kompleksowymi agregatami SE, wykazującymi dodatkowo cechy uniwersalne, tj. metamodelowe. Implementacyjnymi przykładami metod referencyjnych mogą być np. RAQ, HACCP czy MRP. Dodajmy, że z terminem „metoda” łączy się pojęcie **metodyki**, tj. (standaryzowanego) zbioru metod. Z kolei **metodologia** to nauka o metodach, w szczególności badawczych.

Cechy modelu wymienione w tab. 5.7 możemy uzupełnić o charakterystykę modelu referencyjnego, zgodnie z tab. 5.8.

Tabela 5.8

Cechy modelu referencyjnego

Cecha	Charakterystyka	Przykłady
Orientacja gospodarcza	modele zanurzone (<i>embedded</i>) w konkretnym środowisku przedsiębiorstwa	parametryzacja (<i>customizing</i>) rozwiązań referencyjnych
Systemowość	obiektywna integracja różnych metod cząstkowych tworzących nową jakość, w odróżnieniu od prostej sumy rozwiązań składowych	narzędzia i praktyki referencyjne (<i>best practices</i>), uwzględniające wielodyscyplinowość SPNG
Otwartość	gwarantuje dynamikę modelu w sferze informatycznej i zarządzania oraz rozwiązania heterogeniczne i wielowariantowe	ograniczanie standardów zamkniętych, dążenie do ideału algorytmów samouczących się
Neutralność technologiczna	model nie proponuje określonych rozwiązań sprzętowo-programowych, a jedynie sposoby ich implementowania	możliwe stosowanie różnych platform, np. otwartoźródłowych (<i>open source</i>)

Źródło: opracowanie własne

W referencyjnym obszarze SPNG możemy wyróżnić m.in. takie modele, jak:

- ISO (*International Organization for Standardization*), różne podnormy, np. 31000 dla zarządzania ryzykiem czy grupa 9000 dla zarządzania procesami [Seear, 2012];
- ITIL (*IT – Infrastructure Library*), może być traktowana jako zbiór dobrych praktyk w odniesieniu do certyfikatów jakościowych [Brewster, 2012];
- COBIT (*Control Objectives for Information and related Technology*) [Cobit, 2005], geneza COSO (*Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission*), organizacji wspierającej prawidłowość kontrolingu i reportingu finansowego, model kojarzony z ITGI (*IT-Governance Institute*), próba przełożenia precyzji norm finansowych na reguły zarządzania systemami informatycznymi;
- PRINCE (*Projects IN Controlled Environments*), geneza modelu w systemach IT, aktualnie jest dostępna wersja uniwersalna PRINCE2 [Hinde, 2012];
- TOGAF (*The Open Group Architecture Framework*), schemat przydatny w procesie konstruowania architektury korporacyjnej [Togaf, 2009];
- CMM/CMMI (*Capability Maturity Model / Capability Maturity Model Integration*) [Chrissis, 2006], geneza w modelach dojrzałości IT, aktualnie istnieją zintegrowane wersje uniwersalne (związane nie tylko z informatyką);
- ARIS (*Architectur of Integrated Information Systems*), procesowo zorientowana dekompozycja systemu na warstwy;
- PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*), autorstwa PMI (*Project Management Institute*), standard ANSI USA [Snyder, 2013];
- TQM/EFQM (*Total Quality Management / European Foundation for Quality Management*) [Pries, Quigley, 2013].

Z modelami można połączyć szereg **narzędzi** mających charakter referencyjny, jak np. RAQ, tj. kwestionariusz oceny ryzyka Thomsetta (*Risk Assessment Questionnaire*), lista zagrożeń McConnella, diagramy Ishikawy [Pries, Quigley, 2013] czy metryki softwarowe COCOMO (*COConstructive COst MOdel*) [Sundar, 2010]. Za narzędzia można uznać także języki modelowania – BPEL (*Business Process Execution Language*) czy UML (*Unified Modelling Language*) [Krogstie 2012, Avison 2008]. W tym wypadku chodzi jednak o rozbudowane agregaty, które w połączeniu ze skojarzonymi aplikacjami projektowymi (*suite*) stają się *de facto* również modelami referencyjnymi, podobnie jak SixSigma – może być postrzegana nie tylko statystycznie, ale też jako metodyka jakościowa [Mandelbaum i in., 2012].

W powyższym przeglądzie nie wymieniono takich pojęć, jak SOA (*Service Oriented Architecture*), BPM (*Business Process Management*) czy EAM (*Enterprise Architecture Management*) [Ahlemann i in., 2012]. Można by zaliczyć je do modeli referencyjnych, ale ich złożoność, uniwersalność oraz różnorodność wariantów implementacyjnych są na tyle duże, że możliwe jest ich przyporządkowanie do odrębnej grupy **metamodeli**. Zilustrujmy tę zależność rozwojową, wskazując na ewolucję innego narzędzia (modelu) – siatki Zachmana (ZF, *Zachman Framework*) (tab. 5.9). Można ją potraktować jako zwięzły opis przydatny w projektowaniu systemów informacyjnych przedsiębiorstwa.

Koncepcja ZF była poddawana krytyce jako ogólna bez wskazań szczegółowych, posłużyła jednak jako punkt wyjścia w procesie ściślejszej integracji inżynierii softwarowej z obsługiwanymi przez nią systemami gospodarczymi. Na tej podstawie wyspecyfikowano modele referencyjne ładu korporacyjnego oraz bardziej metamodelowe podejścia SOA/BPM/EAM. Pierwsze z nich może być uważane za (meta)model organizacji IT, przydatny w integracji procesów gospodarczych przedsiębiorstwa ze standaryzowanymi platformami rozproszonych usług softwarowych, zwłaszcza webowych.

Fundamentem BPM jest natomiast cykliczna triada organizacyjna: modelowanie, zarządzanie, mierzenie, tj. mapowanie procesów w przedsiębiorstwie w celu ich optymalizacji, zgodnie z zasadą „niemierzalne jest niepoprawialne”. Z kolei EAM nie odpowiada szczegółowo na pytanie, w jaki sposób należy modelować przedsiębiorstwo, ale wskazuje raczej, jak tworzyć różne modele.

Tabela 5.9

Siatka Zachmana w odniesieniu do architektury przedsiębiorstwa i systemów informacyjnych

Pytania Użytkownicy	CO? Dane	JAK? Funkcje	GDZIE? Sieci	KTO? Ludzie	KIEDY? Czas	DLACZEGO? Motywacja
PLANUJĄCY zakres	lista elementów ważnych dla biznesu	lista procesów biznesowych	lista lokacji biznesowych	lista organizacji biznesowych	lista zdarzeń i cykli biznesowych	lista strategii i celów biznesowych
WŁAŚCICIEL model biznesowy	model semantyczny relacji biznesowych	model procesów biznesowych (wejścia / wyjścia)	system logistyczny, połączenia	model przepływu pracy (produktów)	harmonogramy, kalendarze	plany biznesowe
PROJEKTANT model systemowy, logiczny	logiczny model danych	architektura aplikacji (maski, raporty)	architektura dystrybucji, magazyny	dialog człowieka z maszyną	czasowa struktura przetwarzania	model reguł gospodarczych
TWÓRCA model technologiczny, fizyczny	fizyczny model danych	projekt systemu, funkcje	architektura technologii	architektura prezentacji (formaty ekranowe)	struktury sterowania	projekt reguł
PODWYKONAWCA reprezentacja szczegółowa	definicje danych	programy	sieć komputerowa	dostęp do danych, bezpieczeństwo	specyfikacje czasowe	specyfikacja reguł

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Van't Wout, 2010]

Definicja 5.10

EAM to paradygmat (metamodel) definiujący rozwój architektury firmy w trzech wymiarach: biznesowym, użytkowym i informacyjnym.

Mamy zatem tu do czynienia z:

- ciągłością operatywnej działalności przy zachowaniu norm prawnych (wymiar biznesowy);
- ergonomią i standaryzacją aplikacji (wymiar użytkowy);
- dostępem do zasobów wiedzy i ich bezpieczeństwem (wymiar informacyjny).

Na dynamicznym rynku EAM można wskazać szereg narzędzi wspomagających tę (meta)strategię modelowania. Wymieńmy wśród nich przykładowo: Trous (Trous Technologies) [Reese, 2010], System Architect (Telelogic), Aris IT Architect (IDS Scheer) czy Planning IT (Alfabet AG) [Matthes, 2011]. Narzędzia wspomagające EAM mogą mieć genezę trojakiemu rodzajowi. Pochodzą od modelerów przeznaczonych dla architektów IT lub też bazują na pakietach (*suite*) BPM, dlatego możliwe jest rozszerzanie ich funkcjonalności o zasady EAM. Trzecią opcję stanowi zestaw aplikacyjny (*set*) umożliwiający integrację innych narzędzi (edytory graficzne). Mówimy tu jednak o nowo powstającym rynku, którego nie można łatwo skategoryzować.

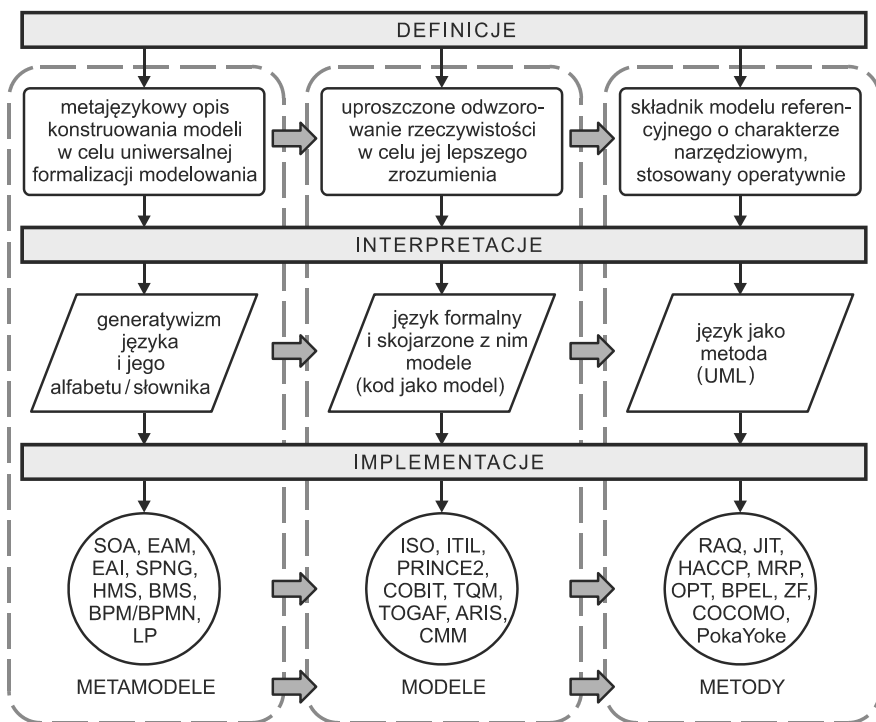
Teza 5.13

Stopień integracji pakietów softwarowych w obszarze EAM jest mniejszy niż w obszarach bardziej tradycyjnych, np. ERP.

Na rys. 5.6 pokazano schemat związków między definicjami, interpretacjami i implementacjami (przykłady) dla trzech poziomów: metamodelowego, modelowego i metod (narzędzi). Skrót użyte na schemacie zostały omówione w tekście lub też uwzględniono je w wykazie oznaczeń. Termin PokaYoke [Allen, 2010] (jap. *yoke* – unikanie, *poka* – błędów) odnosi się do metod sterowania produkcją wywodzących się z Japonii – w tym przypadku oznacza zbiór reguł przeciwdziałania błędom, które wiążą się z brakiem koncentracji, przy wykorzystaniu osiągnięć ergonomii i czujników. **Przykłady:** ścinanie narożnika karty SIM w celu zagwarantowania jej prawidłowej instalacji, liczniki operacji, czujniki ostrzegające.

Charakterystyczną cechą modeli wyszczególnionych na rys. 5.6 jest ich geneza związana ze sferą IT lub fakt, że integrują ją one ze środowiskiem wytwórczym przedsiębiorstwa. Spostrzeżenie to jest zgodne z interpretacją zarządzania jako przetwarzania informacji (def. 1.2). Natomiast w sferze metamodelowej mamy do czynienia z takimi mechanizmami, jak:

- integrowanie naturalizmu językowego (elastyczność) z konwencjami sztucznymi (precyzja);
- podejście interdyscyplinarne, w którym informacja stanowi czynnik centralny;
- analiza systemowa zorientowana procesowo (dyfuzyjność IT w firmie);
- bazowanie na heurystykach i systemach ekspertowych;
- uwzględnianie paradoksu produktywności IT (odpowiednie miary procesowe).



Rys. 5.6. Poziomy modelowania: definicje, interpretacje, implementacje

Źródło: opracowanie własne

Teza 5.14

Modele referencyjne mogą się charakteryzować wysokim stopniem abstrakcji i złożoności, co wymaga definiowania metareguł modelowania, np. dla mapowania procesów przedsiębiorstwa.

Zależności między trzema poziomami modeli (metamodelo, modele, metody) SPNG można dostrzec na przykładzie idei LP (*Lean Production*) [Koren, 2010]. Koncepcja LP definiuje ramowo założenia o charakterze metamodelowym, tj.:

- a) zorientowanie na klienta;
- b) wysoki poziom odpowiedzialności pracowników;
- c) elastyczność procesów produkcyjnych;
- d) przeciwdziałanie błędom i stratom;
- e) kultura oparta na dążeniu do doskonałości;
- f) synchronizacja w sferze przepływów materiałowych.

Tak rozumiane ramy systemowe umożliwiają specyfikowanie pożądanych modeli.

Przykład. Dla p. (d) można wskazać skojarzone systemy jakościowe (TQM). Z kolei p. (f) odpowiada modelom przepływów zgodnie z zasadą odbioru (*pull*), co implikuje określone metody, jak JiT czy *kanban*.

Optymalizacja IT w przedsiębiorstwie informacyjnym wymaga odpowiedzi na dwa pytania: jak modelować jego procesy i jak aplikować skonstruowane modele w sferze informatycznej. Wymienione wyżej modele referencyjne stanowią odpowiedź na pierwszą kwestię. Natomiast transformacja modeli procesowych na implementacje informatyczne oznacza konieczność stosowania określonych standardów. Takim przykładem jest BPMN, Model Procesu Biznesowego i Notacja (*Business Process Model and Notation*) [Allweyer, 2010], w którym mamy do czynienia z próbą połączenia obu rozważanych wymiarów – modeli tworzonych w znacznej mierze przez użytkowników i oprogramowanie – w jednolitą, zintegrowaną całość.

Z punktu widzenia architektonicznego BPMN uwzględni postulatory SOA, czyli podejścia zakładającego tworzenie *softwaru* jako pakietu usług, zgodnie z wymaganiami użytkowników (def. 4.4). Z kolei w sferze notacyjnej BPMN integruje doświadczenia UML. Pierwsza wersja BPMN z 2004 roku bazowała na pracach IBM. Wymiar referencyjny uzyskała w momencie zatwierdzenia jej przez gremium BPMI (*Business Process Management Initiative*), tj. organizację, która standaryzuje modelowanie procesów biznesowych. Obecnie BPMN, podobnie jak UML, jest standardem OMG (*Object Management Group*).

Głównym elementem genezy BPMN było wyspecyfikowanie notacji zrozumiałej dla różnych użytkowników procesów biznesowych – od grupy analityków tworzących modele początkowe (*draft*), przez techników i programistów odpowiedzialnych za implementacje procesów, aż do osób nimi zarządzających. Założono przy tym wsparcie BPMN wewnętrznym modelerem dla generowania kodów wykonawczych (*executable*), tj. BPEL4WS (BPEL *for Webservices*), obecnie WS-BPEL.

Definicja 5.11

BPMN jest standaryzowanym czynnikiem integrującym modelowanie procesu gospodarczego z jego implementacją.

W ostatnich latach (od 2011 roku) dynamicznie rozwija się nowsza wersja BPMN – 2.0. Z formalnego punktu widzenia można ją traktować jako zbiór reguł modelowania proces-

sów, zwłaszcza graficznego. Występuje tu zatem zestaw symboli graficznych, np. *flow object* (obiekty przepływu) dla specyfikowania zdarzeń, *data object* (obiekty danych) czy artefakty (*artifacts*) jako informacje uzupełniające. BPMN 2.0 wykracza jednak poza dokumentację o charakterze tekstowo-graficznym. Mamy tu bowiem do czynienia z jednoznacznie definiowanym językiem – zarówno w sensie syntaktycznym (składniowym), jak i semantycznym (znaczeniowym). Diagramy BPMN mogą być także badane wykonawczo, pełnią więc również rolę symulatora procesów. Możliwością BPMN uzupełnia opcja eksportu wytestowanych diagramów w postaci kodowej (XML). Na rynku dostępne są ponadto rozbudowane (*suite*) pakiety komercyjne oferowane przez czołowe firmy softwarowe (np. Oracle, SAP), także wśród dostawców *open source* (otwartoźródłowych), np. RedHat [Salatino, Aliverti 2012].

Rozdział 6

KIERUNKI ROZWOJOWO-APLIKACYJNE IT W SPNG

W punkcie 5.1 wyspecyfikowano główne nurty badawczo-rozwojowe dotyczące SPNG (tab. 5.1). W niniejszym rozdziale spostrzeżenia te zostaną poddane dalszej analizie, przy założeniu, że w centrum działań przyszłościowych rozważanego obszaru będzie się znajdować fenomen przedsiębiorstwa informacyjnego (rozdział 2). Konkluzja ta jest zgodna z wnioskami badawczymi ostatniej dekady dotyczącymi charakterystyk przedsiębiorstw obecnych i przyszłych [Brzeziński, 2002; Pham, 2005; Ko, Lee, Lee, 2009; Grudzewski, Hejduk, 2011; ElMaraghy, 2012].

W punkcie 6.1 zaproponowano model rozwoju systemów produkcyjnych, oparty na ich przyporządkowaniu do określonej generacji. Podejście to stosowano konsekwentnie w treści monografii, np. w odniesieniu do generacji ERP, webowych (p. 3.2) czy języków programowania (5.2). **Specyfikacja generacji technologicznych** pozwala na ocenę technologii wytwórczych oraz wspomagających je – komputerowych. Model generacji jest przydatny także podczas badania ich związku z cyklicznością rozwoju gospodarczego w aspekcie koniunkturalnym (p. p. 4.1 w odniesieniu do cykli Kondratiewa). W p. 6.1 generacje przemysłowe powiązано z falami rozwoju IT oraz, odrębnie, Internetu (rys. 6.1). Zaznaczono syntetycznie rozwój technologii o istotnym znaczeniu dla wytwórczości – od obrabiarek numerycznych do aktualnych początków systemów cyberfizycznych. W odniesieniu do tych ostatnich analizie poddano ich składniki, ilustrując je przykładami (tab. 6.1). Na zakończenie zaproponowano trójaspektową **dekompozycję systemu cyberfizycznego** w oparciu o materię wytwórczą, informacje oraz personel (rys. 6.2).

Punkt 6.2 poświęcono trendom aplikacyjnym przedsiębiorstwa informacyjnego, których badanie jest niezbędne dla prognozowania rozwoju SPNG. W sferze IT wyróżniono jej cztery **megatrendy**: miniaturyzację, mobilność, sieciowość i wirtualizację. Pokazano ich związki z falami z p. 6.1 oraz mechanizm ewolucyjny, prowadzący do rozwoju wirtualnych (chmurowych) sieci wytwórczych (rys. 6.3). **Trendy aplikacyjne** rozważono na poziomach: paradygmatycznym, metod zarządzania oraz procesów (tab. 6.2). Szczególną uwagę poświęcono dynamicznie rozwijającym się technologiom wytwarzania addytywnego, dostrzegając w nich możliwości realizacji ideałów wytwarzania elastycznego.

W punkcie 6.3 zbadano związki między zasobami wiedzy przedsiębiorstwa informacyjnego a jego uwarunkowaniami osobowo-organizacyjnymi (rys. 6.4). Zaproponowano przy tym cechy, jakie powinien spełniać **proces cyfryzacji** przedsiębiorstwa, opierając się na cechach oprogramowania, zdefiniowanych w p. 3.1. Na tej podstawie sformułowano definicję inteligentnego systemu produkcyjnego (def. 6.4) wraz konsekwencjami interpretacyjnymi. Rozdział zamyka charakterystyka stanowiska pracy generacji 2.0.

6.1. Systemy produkcyjne generacji 4.0

Na rys. 6.1 zaproponowano generacyjny podział rozwoju przemysłu na tle generacji internetowych oraz fal rozwoju informatycznego. W tym ostatnim przypadku zrezygnowano z klasycznego wyróżniania generacji rozwoju IT, rozumianych sprzętowo (przełączniki,

lampy, tranzystory, układy scalone / mikroprocesory [Goel, 2010]), przyjmując klasyfikację funkcjonalną w czterech falach opisanych poniżej.

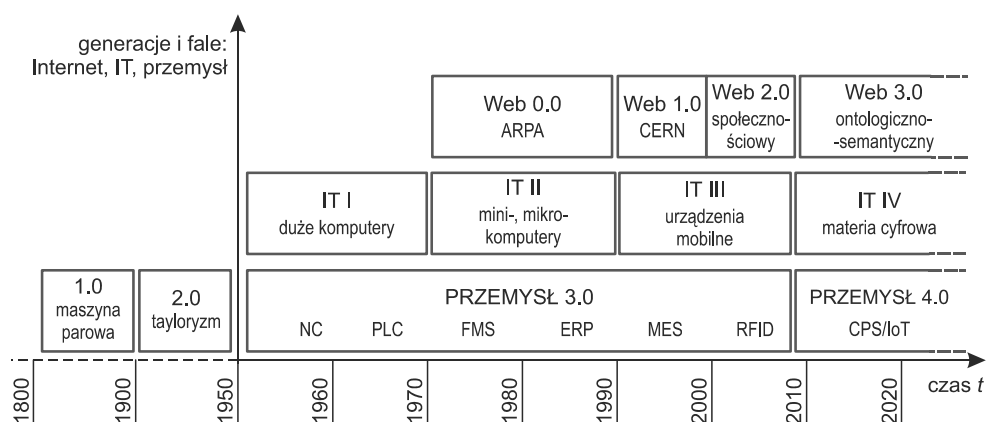
Fala I, początki IT w nauce i technologii: od konstrukcji typu ENIAC (1946 r.) do scentralizowanych centrów obliczeniowych lat 60. XX w., z dużymi (*mainframe*), drogimi komputerami o zamkniętych standardach rynku oligopolistycznego.

Fala II, komputery osobiste (PC) na każdym biurku: od minikomputerów lat 70. do bardziej otwartych i powszechnych standardów programowo-sprzętowych lat 90.

Fala III, komputery łączące się globalnie: od Web 1.0 do Web 2.0, internetowa wszechsieć (*evernet*) w postaci metainfrastruktury różnorodnych zastosowań integrujących spektrum środków telekomunikacyjnych (hipertekst multimedialny).

Fala IV, cyfrowa materia: miniaturyzacja i mobilność w połączeniu z wirtualizacją stają się podstawą nowego supercyklu technologicznego bazującego na Web 3.0, nanokomputerach, spinotronice i bioinformatyce (prognoza).

Każda z wymienionych fal podlega również prawom cyklu technologicznego, w którym można wyróżniać jego fazy: eksperymentowania, stabilizacji oraz rozkwitu (por. rys. 4.1 w odniesieniu do krzywych S).



Rys. 6.1. Generacje i fale rozwoju przemysłu, IT, Internetu

Źródło: opracowanie własne

Na rys. 6.1 zaznaczono zgrubnie generacje webowe, przyjmując *a posteriori* za ich początek rok 1969 (montaż węzła IMP jako zaczątku sieci ARPANET [Kizza, 2013]).

Numer zerowy, Web 0.0, ma charakter formalny, był to bowiem „web bez webu”, tzn. jedynie początki infrastruktury, która później pozwoliła na uruchomienie systemu WWW na genewskim CERN (*Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire*). Naukowy projekt WWW został oficjalnie wdrożony w 1991 r., przy czym wówczas nie nadano mu nazwy Web 1.0. Termin ten pojawił się w momencie wykreowania pojęcia Web 2.0 (ok. 2004 r. [Shelly, 2011]). Z kolei w roku 2006 (John Markoff [za: Pan, 2012]) zaczęto mówić o terminologii Web 3.0. W odniesieniu do generacji webowych możemy zatem określić je następująco:

- Web 0.0 – „web bez webu”, cezuralny początek budowania infrastruktury internetowej;
- Web 1.0 – Internet „naukowy”, zapoczątkowany w ramach instytutu CERN;

- Web 2.0 – społecznościowy wymiar Internetu multimedialnego i planetarnego (np. technologie *wiki*);
- Web 3.0 – próby rozszerzania Internetu o metody sztucznej inteligencji (sieci semantyczne, ontologiczne bazy danych).

Teza 6.1

Specyfikacja generacji IT oraz webowych ma istotne znaczenie dla rozróżniania generacji przemysłowych.

Powyższa teza odzwierciedla specyfikę przedsiębiorstwa informacyjnego, w coraz większym stopniu korzystającego ze wspomaganie komputerowego. Przy tym w epoce przedprzemysłowej (którą można by określić generacyjnie jako numer 0.0) w znacznej mierze wykorzystywano siłę mięśni ludzi i zwierząt, względnie proste formy energii naturalnej (młyny, wiatraki), organizując wytwarzanie także w formie manufaktur. Kolejne generacje przemysłowe można zdefiniować następująco:

- Przemysł 1.0 – industrializacja oparta na maszynach parowych, masowym transporcie i przemyśle (XIX w.);
- Przemysł 2.0 – industrializacja oparta na elektryczności, taylorzynie w zarządzaniu, fordyzmie w praktyce (I połowa XX w.);
- Przemysł 3.0 – industrializacja o charakterze elektroniczno-komputerowym (II połowa XX w.);
- Przemysł 4.0 – SPNG / przedsiębiorstwo informacyjne, inteligentne fabryki (*smart factory*), przetwarzanie informatyczne (cyfrowej) materii (XXI w.).

Na rys. 6.1 wyróżniono przykłady technologii o istotnym znaczeniu dla rozwoju przemysłu w drugiej połowie XX w. (płynne przejście do generacji 4.0):

- obrabiarki sterowane numerycznie (NC);
- sterowniki przemysłowe (PLC);
- elastyczne systemy produkcyjne (FMS);
- systemy zarządzania zasobami przedsiębiorstwa (ERP);
- systemy operacyjnego zarządzania wytwarzaniem (MES);
- transpondery RFID.

Powstawanie rozważanych technologii, a zatem również generacji przemysłu 4.0, wiąże się z cyklami rozwoju gospodarki oraz jej kryzysami. W okresach przesilenia wzrasta bowiem skłonność do podejmowania ryzyka i poszukiwania nowych technologii, które miałyby zapewnić wyższą produktywność. Występuje tu tzw. ssanie rynkowo-technologiczne, prowadzące do nowych wynalazków, co oznacza z kolei także zmiany w sferze paradygmatów. Wreszcie pojawia się etap nasycenia, potem następuje kolejny kryzys i dany cykl się zamyka. Z punktu widzenia praktyki przemysłowej najistotniejszy jest etap końcowy: rozwiązania niedrogie i stabilne, powszechnie dostępne.

Jednak w takim momencie dynamizm (kiedyś) nowej technologii jest już mniejszy. Zaczyna ona przechodzić do fazy schyłkowej, występując na rynku jako przewidywalny element rzeczywistości ekonomicznej. Technologiczna innowacyjność takiego rozwiązania – w rzeczywistości już klasycznego – jest minimalna.

Przykład. Rozpowszechnienie się maszyny parowej spowodowało wzrost wskaźników gospodarczych w przemyśle (np. włókienniczym) o rzędy wielkości, natomiast kryzys nastąpił, gdy ujawniło się kolejne „wąskie gardło” rozwojowe, tj. koszty transportu. Redukcja tych nakładów wymagała wdrożenia nowszej technologii o charakterze infrastrukturalnym

– sieci kolejowej. Przesilenie odnotowane w latach 30. XX w. wystąpiło, gdy przedsiębiorstwa były już zelektryfikowane, a niezbędne stało się przechodzenie od elektryczności do elektroniki. Następny cykl wymagał innowacji mikroelektronicznych, a zatem informatycznych.

W ramach przeobrażeń IT również można zidentyfikować podobne zależności, jakim podlega cykliczny rozwój. Powszechność komputerów nie zapewnia już takiego efektu jak w początkach – niegdyś innowacyjnych – systemów CAD/CAM/CIM (*Computer Aided Design / Manufacturing / Computer Integrated Manufacturing*), które pozwalały na istotny wzrost wydajności projektowania i wytwarzania wyrobów. Powstaje zatem potrzeba nowego cyklu, a więc także nowszych technologii. Możemy tu wymienić spinoelektronikę, bioinformatykę, komputery optyczne czy kwantowe (rozwiązania prototypowe [Metodi, 2011]), transport telematyczny, nowe systemy energetyczne i organizacyjne dla globalnego społeczeństwa informacyjnego.

W odniesieniu do przemysłu 4.0 wskazuje się szczególnie na dwie grupy innowacyjnych rozwiązań: systemy cyberfizyczne CPS (*Cyber-Physical System*) [Hu, 2013] oraz tzw. internet przedmiotów IoT (*Internet of Things*) [Evdokimov, 2011]. W obu przypadkach mamy do czynienia z megatrendem rozwojowym, który można by określić mianem „digitalizacji materii“.

Definicja 6.1

Pod pojęciem „materii cyfrowej” rozumiemy dobra materialne zintegrowane informacyjnie, tj. posiadające skojarzone zasoby danych, przetwarzane komputerowo.

Powyższa definicja nawiązuje do def. 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, wskazujących na procesy o charakterze globalnym, prowadzące do „cyfryzacji” dóbr materialnych ładunkiem informacyjnym. Mamy tu do czynienia z transformacjami obiektów materialnych w wirtualne, przy czym zmiana stanu obiektu jest skojarzona ze zmianą odpowiedniego stanu informacyjnego w sensie bazodanowo-teleinformatycznym (teza 1.2). Przetwarzalność wymieniona w def. 6.1 oznacza zatem wszelkie operacje na danych, tj. ich kreowanie, kasowanie, zapamiętywanie, przesyłanie, modyfikowanie, scalanie, agregowanie, pozyskiwanie, walidację i weryfikację (automatyczną), udostępnianie i rozpowszechnianie czy zabezpieczanie (*backup*). Podstawą funkcjonowania CPS są **systemy wbudowane** (*embedded*), tj. komputery (mikroprocesory) funkcjonujące w integralnym kontekście technicznym. Oznacza to, że komputer jest specjalizowanym modułem określonego urządzenia. Klasycznym przykładem takiego rozwiązania są wcześniej wymienione (p. 2.2) sterowniki PLC, dopasowywane do określonego urządzenia poprzez wprowadzenie do ich pamięci algorytmu działania. Cechę charakterystyczną sterowników PLC stanowi cykliczny obieg w pamięci programu. Algorytm jest implementowany w języku specjalistycznym (ang. *dedicated*) i funkcjonuje w cyklu obejmującym pięć kroków:

- a) zadania autodiagnostyczne;
- b) odczytywanie wejść;
- c) procedury wykonawcze;
- d) zadania komunikacyjne;
- e) ustawianie wyjść.

W sterowniku odnajdujemy zatem szereg modułów o uniwersalnym znaczeniu dla konfiguracji komputerowej:

- jednostka centralna (CPU);
- wejścia / wyjścia cyfrowe / analogowe;

- moduły komunikacyjne;
- moduły specjalizowane (dla danego urządzenia);
- różnego rodzaju pamięci (ROM / PROM / EPROM / EEPROM).

Widzimy zatem, że granica między złożonymi sterownikami a komputerami przemysłowymi jest płynna. W tab. 6.1 scharakteryzowano główne składniki CPS.

Tabela 6.1

Główne składniki CPS

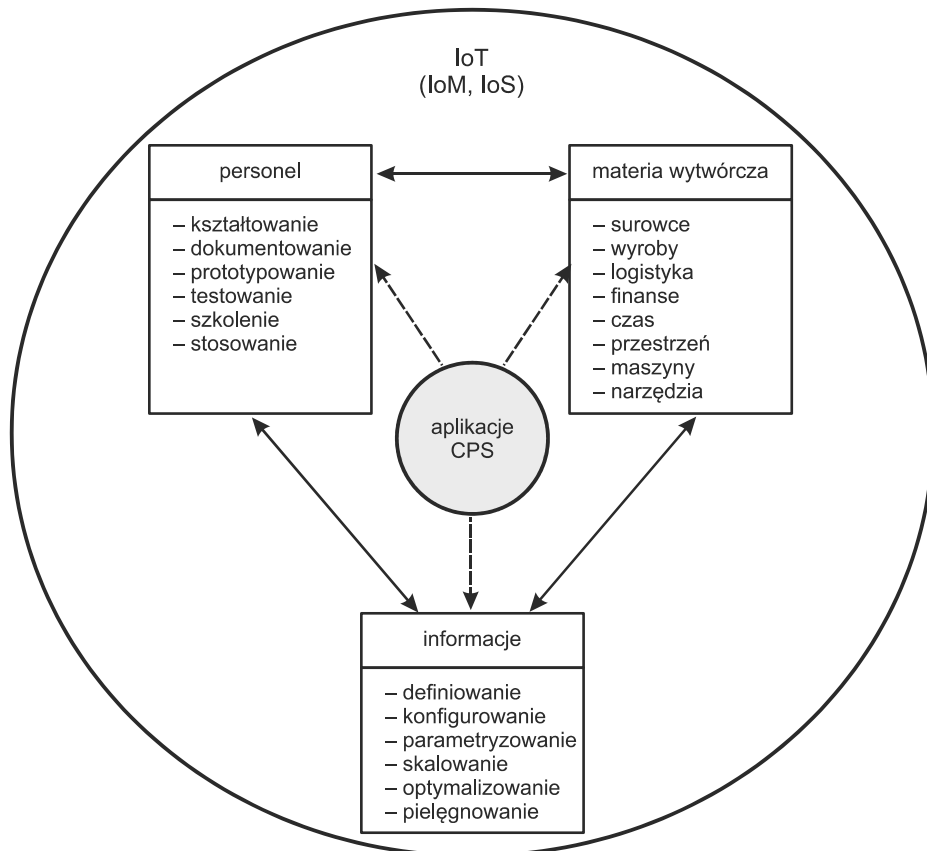
Składnik CPS	Charakterystyka	Przykłady
Systemy wbudowane	specjalizowane komputery zintegrowane w technicznym kontekście urządzenia przemysłowego	sterowanie procesami i maszynami produkcyjnymi, sterowniki robotów przemysłowych, autonomiczne urządzenia transportowe
Sieci sensorowe WSN	sieć węzłów składających się z niewielkich czujników komunikujących się ze sobą autonomicznie w celu realizacji wspólnego zadania	monitorowanie stanu urządzeń przemysłowych lub przestrzeni magazynów, pomiary wilgotności / temperatury
Infrastruktura internetowa	światowa sieć teleinformatyczna, sieć sieci (lokalnych, intranetów)	usługi internetowe – WWW (generacje), poczta elektroniczna, zasoby hipertekstu multimedialnego, inteligencja semantyczno-ontologiczna
Przetwarzanie <i>real-time</i>	system czasu rzeczywistego działający równolegle wobec zmian w obsługiwanym przezeń środowisku, zgodnie ze zdefiniowanymi specyfikacjami	GPS (zastosowania logistyczne), MES – produkcja elastyczna i szybko zmieniająca, „dokładnie na czas” (JiT) z harmonogramowaniem minutowym
Przetwarzanie autonomiczne (<i>Autonomic Computing</i>)	samozarządzający się system komputerowy (IBM) [Lalanda, 2013]	samokonfiguracja (<i>self-configure</i>), samonaprawa (<i>self-heal</i>), samoopptymalizacja (<i>self-optimize</i>), samoochrona (<i>self-protect</i>)

Źródło: opracowanie własne

Systemy CPS przedsiębiorstwa informacyjnego można postrzegać jako wbudowane rozwiązania czasu rzeczywistego, dla których teleinformatyczną platformą integracyjną są (bezprowadowe) sieci sensorowe, komunikujące się ze środowiskiem intranetowo-internetowym. Postulowany czynnik przetwarzania autonomicznego nawiązuje do składników inteligencji wytwórczej, wyspecyfikowanymi w p. 1.1, przy czym w tym ostatnim przypadku wskazano na **ideały bioorganizacyjne**, wyróżniając: samorozpoznawanie, samodopasowanie, samoodtwarzanie, samowzrost, samoorganizację, samoewolucję. Jednocześnie z punktu widzenia CPS zauważamy też drugi istotny czynnik przemysłu 4.0, tj. platformę internetową.

Przykład. Systemy IT w coraz większym stopniu są nie tylko scentralizowanymi aplikacjami sterującymi, ale także budulcem infrastruktury wytwórczej. Materia wytwórcza jest integrowana mikroprocesorowo z systemami informatycznymi, które docelowo stają się w ten sposób częścią narzędzi, środków transportowych, produkcyjnych, magazynowych bądź odzieży pracowników. Inteligentne podłogi (*smart floor*) stanowią powierzchnię orientacyjną oraz sterującą dla robotów. Skanery i czujniki montowane w fabrycznych tunelach, śluzach, na rampach lub w magazynach (strefy komisjonowania, automatyka wysokiego składowania) rejestrują stany wyrobów i surowców, gwarantując tym samym optima zas-

bów. Pozwala na to znajdowanie kompromisów między kapitałem zamrożonym w zapasach a zdolnościami dostawczo-wytwórczymi JiT (p. p. 4.1 w odniesieniu do RFID).



Rys. 6.2. Model przemysłu 4.0

Źródło: opracowanie własne

System cyberfizyczny CPS powinien być automatycznie sprzężony z transakcjami bazodanowymi ERP, którego całość komunikuje się sieciowo (internetowo) z klientami i partnerami gospodarczymi (p. też charakterystyka MES p. 2.2). Rozważane sprzężenia stają się coraz bardziej złożone i zintegrowane, co prowadzi do pojęcia Internetu przedmiotów IoT. Mamy tu do czynienia z podobnymi mechanizmami jak w przypadku CPS, ale na większą skalę. **Podstawą funkcjonowania IoT jest znakowalność obiektów materialnych (przedmiotów), które mogą się ze sobą komunikować w sieci.** Jednocześnie obiekty sieciowe są w stanie przetwarzać informacje. W odniesieniu do omówionej wcześniej funkcjonalności charakterystycznej dla generacji webowych IoT można syntetycznie opisać formułą:

$$\text{IoT} = \text{IoM} + \text{IoS} \quad (6.1)$$

gdzie: IoM – Internet mediów (*Internet of Media*),

IoS – Internet usług (*Internet of Service*).

Internet mediów IoM stanowi hipertekstową (p. def. 3.3) platformę multimedialną dla danych w postaci tekstowej, dźwiękowej, graficznej, filmowej czy aplikacyjnej (*application*), np. obiekty binarne.

Przykład. Elementami hipertekstu mogą być także dźwięki, filmy czy grafiki. Tekst może być czymś więcej niż tylko zbiorem słów. Plan zabudowy przedsiębiorstwa staje się wówczas hiperplanem, a statystyki sprzedaży – hiperstatystykami. W takiej sytuacji informacja staje się hiperinformacją, medium zaś przekształca się w hipermedium i w miejsce tradycyjnych powstają organizacje o charakterze hipertekstowym [Lessem, Schieffer 2009]. Z punktu widzenia ewolucji organizacji dziedziczą one charakterystyki macierzowe, są także zorientowane procesowo, ale hipertekstowy proces gospodarczy może być przetwarzany w trybie projektowym, a więc niestandardowo, co przyczynia się do pożądanego rynkowo wzrostu elastyczności firmy.

Z kolei IoS nasuwa skojarzenia z podejściem SOA, omówionym w rozdziale 4 (p. def. 4.4). Na podstawie charakterystyk CPS oraz IoT możemy zatem zaproponować następującą definicję wraz z modelem przedstawionym na rys. 6.2.

Definicja 6.2

Pojęcie przemysł 4.0 oznacza materię cyfrową, sterowaną aplikacjami CPS w środowisku IoT.

6.2. Trendy aplikacyjne przedsiębiorstwa informacyjnego

Działania projektowo-eksploatacyjne w sferze SPNG wymagają identyfikacji stanu systemu produkcyjnego oraz prognozy jego rozwoju. Poszukując wyróżników badanego rozwoju, można wskazać jego dwa współzależne wymiary: rozwój aplikacji IT oraz rozwój aplikacji wytwórczych. Analiza tendencji rozwojowych IT pozwala zaproponować ich syntetyczny model oparty na czterech megatrendach:

- a) miniaturyzacja [Seel, 2012];
- b) mobilność [Poslad, 2009];
- c) sieciowość (*networking*) [Castells, 2010];
- d) wirtualizacja [Canetta, 2011].

Związki między powyższymi megatrendami można wykazać także na podstawie fal I–IV IT (rys. 6.1) w cyklu opisanym poniżej.

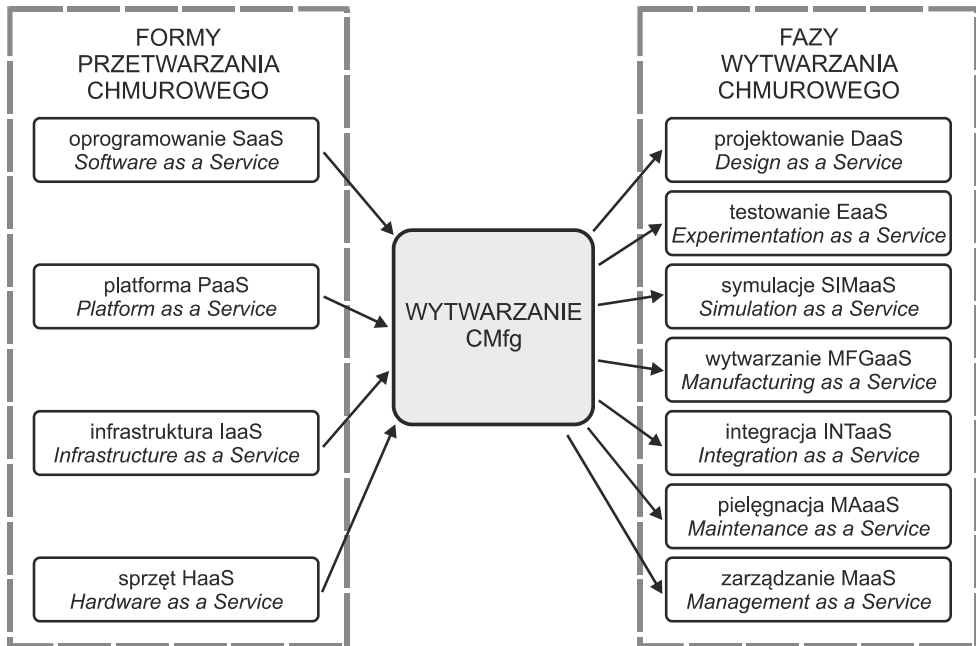
1. Systemy techniczne dążą do minimalizacji swoich charakterystyk materialno-energetycznych.
2. Miniaturyzacja umożliwia wzrost mobilności urządzeń.
3. Mniejsze i mobilne systemy łączą się w sieci.
4. Cyfrowa infrastruktura jest wirtualizowana.

Efektom kolejnych etapów cyklu są coraz mniejsze, coraz mobilniejsze i coraz bardziej zwirtualizowane sieci urządzeń (fale I–IV). Przy tym pojęcie „urządzenia” dotyczy zarówno systemów IT, jak i produkcyjnych, co pokazano w poprzednim punkcie w odniesieniu do układu CPS/IoT. Ewolucja tego układu wskazuje kierunek ku wirtualnym sieciom wytwórczym VMN (*Virtual Manufacturing Network*) [Khan, 2011].

Definicja 6.3

VMN oznacza rozproszoną (distributed) produkcję, wykorzystującą technologie chmurowe (cloud).

Składnik decentralizacyjny (*distributed*) def. 6.3 wskazuje tendencję do uniezależniania się sterowania produkcją od jej lokalizacji. Możliwe staje się uruchamianie mocy wytwórczych, podobnie jak w chmurze IT, tj. niezależnie od miejsc zasobów sprzętowych (np. serwerów) czy posiadanych licencji oprogramowania. Sama chmurowość (*cloud*) może być interpretowana jako eskalacja megatrendu sieciowości. W tym kontekście mówi się wręcz o chmurowym wytwarzaniu CMfg (*Cloud Manufacturing*) [Tao, Zhang, 2012]. Na rys. 6.3 pokazano związki jego faz z formami CC (*Cloud Computing*) [Antonopoulos, 2010].



Rys. 6.3. Związki między przetwarzaniem a wytwarzaniem chmurowym

Źródło: opracowanie własne

Z lewej strony rys. 6.3 wskazano formy technologii CC, których najbardziej znaną formę stanowi **oprogramowanie jako usługa** SaaS, zwane także oprogramowaniem na żądanie SoD (*Software on Demand*). W zależności od potrzeb użytkownik uzyskuje tu dostęp do aplikacji wirtualnych. W przypadku **platformy jako usługi** PaaS zvirtualizowana zostaje całość otoczenia (*environment*) programowego, którego zasoby (obliczeniowe i dane) są dynamicznie adaptowalne, w celu implementowania aplikacji użytkownika (projektowanie, testowanie, uruchamianie). Z kolei **infrastruktura jako usługa** IaaS daje użytkownikowi potencjał wirtualnych zasobów sieciowo-sprzętowych (*hardware* i dane) – za ich instalowanie oraz wykorzystywanie odpowiedzialny jest użytkownik. Ostatnia z wyróżnionych form, **sprzęt jako usługa** HaaS, jest zawężoną odmianą IaaS, odnoszącą się do maszyn wirtualnych (pamięci, serwerów) wraz ze sposobami ich licencjonowania.

Z prawej strony rys. 6.3 wymieniono fazy całego cyklu życia wyrobu w formie usług (*life cycle*), tj. projektowanie, testowanie, symulacje, w szczególności wytwarzanie, jego integracja i pielęgnacja wraz z całością zarządzania. Opisany cykl różni się od klasycznego tym, że każda z form CC – lub też ich kombinacji – może być przyporządkowana do okre-

ślonej fazy życia wyrobu. Ze względu na typy własności (*owner*) formy CC są powiązane z fazami życia wyrobu w przedsiębiorstwie jako chmura prywatna (*private cloud*), a w jego otoczeniu jako chmura publiczna (*public cloud*). W praktyce często mamy do czynienia z typami hybrydowymi (*hybrid cloud*). W sferze IT opisywane trendy są zauważalne także w zmianach paradygmatów inżynierii softwarowej: przez strukturalny i obiektowy, aż do semantyczno-ontologicznego „wieloparadygmatu” (*multi-paradigm*). W wymiarze funkcjonalności aplikacji, po wyjściu od pojedynczych modułów ERP (np. MRP), można oczekiwać integracji wielomodułowej o charakterze partnerskim w ramach SOA i o zasięgu globalnym. W obu przypadkach – paradygmaty i funkcjonalność – w odniesieniu do sfery wytwórczej należy zachować realizm prognostyczny, zgodny z następującą tezą.

Teza 6.2

Ze względu na ograniczenia związane z cechami materii implementowanie systemów nią sterujących jest trudne.

Relatywna trudność zaznacza się przy porównaniu z systemami, które nie sterują bezpośrednio zasobami materialnymi, a jedynie przetwarzają informacje. Dynamiczny rozwój Internetu wskazuje, że łatwiej jest integrować dane, które nie są bezpośrednio odpowiedzialne za sterowanie zasobami materialnymi. Dotyczy to np. systemów informujących (zakupy, komunikacja, pogoda), wyszukiwarek, mediów czy rozrywki. Zatem idee ontologicznych baz danych i sieci semantycznych są w tych obszarach realne na większą skalę w bliższej perspektywie [Fensel, 2011].

Trendy aplikacyjne przedsiębiorstwa informacyjnego mogą być identyfikowane na trzech poziomach (tab. 6.2): paradygmatycznym – odnoszącym się do strategii, metod zarządzania (taktyki) oraz poziomu operacyjnego, tj. komputerowego wspomaganie organizacji procesów.

Tabela 6.2

Trójpoziomowa identyfikacja trendów aplikacyjnych

Poziom identyfikacji	Interpretacja	Przykłady
Paradygmatyczny (strategie)	globalne trendy i ich wpływ na organizacje, sprzężenia technologiczne makro–mikro	gospodarka sieciowa, Internet przedmiotów IoT, telepraca, bioorganizacje, informatyka emocjonalna AC [D’Mello 2011]
Metod zarządzania (taktyki)	modele referencyjne ładu gospodarczego i zarządzania ryzykiem w zastosowaniach wytwórczych	BPM, podejścia zwinne (<i>agile</i>)/smukłe (<i>lean</i>), ITIL (<i>IT Infrastructure Library</i>)
Wspomaganie procesów przedsiębiorstwa (operacyjny)	implementacje rozwiązań technologicznych, komputerowe wspomaganie organizacji	systemy cyberfizyczne, wytwarzanie przyrostowe 3D, systemy wieloagentowe (<i>multiagent</i>), sieci semantyczne, przetwarzanie chmurowe (<i>cloud computing</i>)

Źródło: opracowanie własne

W def. 2.4 wskazano kryteria informacyjnego środowiska przedsiębiorstwa: sieciowości, maszynowości informacji oraz ich znaczenia. **Przedsiębiorstwo nowego typu, które nazwano informacyjnym, cechuje się efektywnością istotnie zależną od komputerowego wspomaganie przetwarzania danych.** Zarządzanie taką organizacją powinno uwzględnić

poziom wirtualizacji (zastępowania materii informacjami). Powyższe czynniki znane były już wcześniej, obecnie zaś nabierają dynamiki. Można tu wskazać na postępującą „cyfryzację materii” w sferze wytwórczo-logistycznej. Ten nowy typ inteligentnej organizacji określają takie cechy, jak:

- aktywa niematerialne na czele z kapitałem ludzkim (*intangible assets*);
- zanik podziałów przedsiębiorstwo–otoczenie (elastyczne granice tych obszarów);
- spadek znaczenia procesowego trybu pracy na rzecz projektowego;
- narastanie szybko zmiennych wymagań rynkowych;
- prosumpcja (produkcja–konsumpcja);
- kooperacja (współkonkurencja);
- koautomiczność (autonomiczna kooperacja);
- wzrost złożoności systemów prowadzący do modeli zdeterminowanego chaosu (środowisko turbulentne);
- multiwymiarowość otoczenia polityczno-prawnego i społeczno-kulturowego;
- wielod dziedzinowość modeli referencyjnych.

Wśród trendów aplikacyjnych przedsiębiorstwa informacyjnego (tab. 5.1, 6.2) wyszczególniono systemy CPS (*Cyber-Physical System*) oraz IoT (*Internet of Things*). W obu sytuacjach mamy do czynienia z potęgowaniem digitalizacji materii (def. 6.1). Istotnym trendem aplikacyjnym stają się urządzenia do wytwarzania przedmiotów metodami przyrostowymi (warstwowymi), zwane popularnie drukarkami 3D. Analogia do druku 2D na papierze pozwala na dostrzeżenie licznych zalet wytwarzania przestrzennego.

Przykład. Klasyczna drukarka 2D tworzy obraz (tekst) z pojedynczych elementów (*dot*), układanych według zdefiniowanego wzoru. W urządzeniu 3D ma miejsce podobny proces, tyle że efektem jest obiekt trójwymiarowy, konstruowany z cząsteczek tworzywa [Lipson, 2013]. Taka maszyna cechuje się wysoką elastycznością – metodą tą można „drukować” aparaty słuchowe czy samolotowe śmigła. Obecnie w ten sposób produkuje się bardziej szczelne elementy instalacji hydraulicznych (McDonell Douglas), specjalistyczne panele oraz narzędzia w produkcji pojazdów (BMW). Zwiększa się także liczba części 3D wykorzystywanych w sektorze kosmicznym i wojskowym (ok. 100 w modelach F-18 i ok. 1000 w samolotach F-35),

Teza 6.3

Przyrostowe drukowanie przedmiotów pozwala na osiągnięcie ideału, łączącego ekonomiczne zalety produkcji masowej z elastycznym wytwarzaniem jednostkowym.

Pojawienie się systemów wytwarzania 3D można pośrednio powiązać z tezą 1.2, która mówi o sprzężeniu między zmianami stanów informacyjnych i materialnych. W produkcji 3D mamy do czynienia z kierunkiem „od informacji do materii”. W związku z tym możliwe jest znaczące zminimalizowanie ograniczeń związanych z przezbrajaniem linii przy zmianach asortymentu. Jednocześnie przyspieszeniu ulega sam proces przezbrajania. Taka zmiana jest podobnie łatwa zarówno w obrębie rodziny wyrobów, jak i w odniesieniu do zupełnie różnych produktów.

Przykład. Podczas produkcji aparatów słuchowych jest możliwe połączenie trójwymiarowo działającej linii wytwórczej z bazą danych klientów, zawierającą charakteryzujące ich parametry biometryczne. W ten sposób można uzyskać efekt automatyzmu w połączeniu z indywidualnymi cechami odbiorców. Takie przedsięwzięcie można porównać z seryjnym

drukowaniem listów, z których każdy może zawierać unikatowe dane dotyczące adresata czy też inne, specyficzne, kierowane wyłącznie do niego, informacje.

Geneza *3D-Printing* sięga już lat 80. XX w., gdy podejmowano pierwsze próby zastosowania tej technologii w rozwoju szybkiego prototypowania RP (*rapid prototyping*), ukierunkowanego na sprawne i zautomatyzowane modelowanie w projektach CAD w połączeniu z CAM, tj. dla drukarek numerycznych NC. Postępy RP doprowadziły do opracowania narzędziowej wersji RT (*rapid tooling*) i ostatecznie do wdrożenia zastosowań bezpośrednio wytwórczych, tj. RM (*rapid manufacturing*). Pierwsze komercyjne drukarki przestrzenne (*3D Systems*) pojawiły się pod koniec lat 80. XX w., ale dopiero obecnie mamy do czynienia z sytuacją charakteryzującą fazę 4 technologicznej krzywej S (rys. 4.1), tj. możliwościami wskazującymi na pojawienie się stabilnych rozwiązań o dużym znaczeniu gospodarczym.

Raport Wohlers Associates [Wohlers, 2013] wykazuje rozwój rynku drukarek 3D o niemal 30% w zestawieniu lat 2011 i 2012 do poziomu około dwóch miliardów euro. Prognozy wskazują na utrzymanie się tego trendu w ciągu najbliższych pięciu lat i osiągnięcie pułapu dziesięciu miliardów euro w roku 2017. Czołowy producent systemów operacyjnych dla komputerów osobistych, Microsoft, oferuje od wersji Windows 8.1 (2013 r.) sterowniki do drukarek 3D. Jednocześnie rząd brytyjski włączył nauczanie w zakresie rozważanej technologii do programów edukacyjnych na poziomie *secondary school*. Kolejnym przykładem wzrastającego znaczenia 3D jest program badawczo-rozwojowy wielu instytutów w USA. Powstają również kolejne firmy oferujące usługi wytwarzania 3DaaS (*3D as a Service*), a ceny stosownych urządzeń zmniejszają się do kilkuset euro (proste wersje).

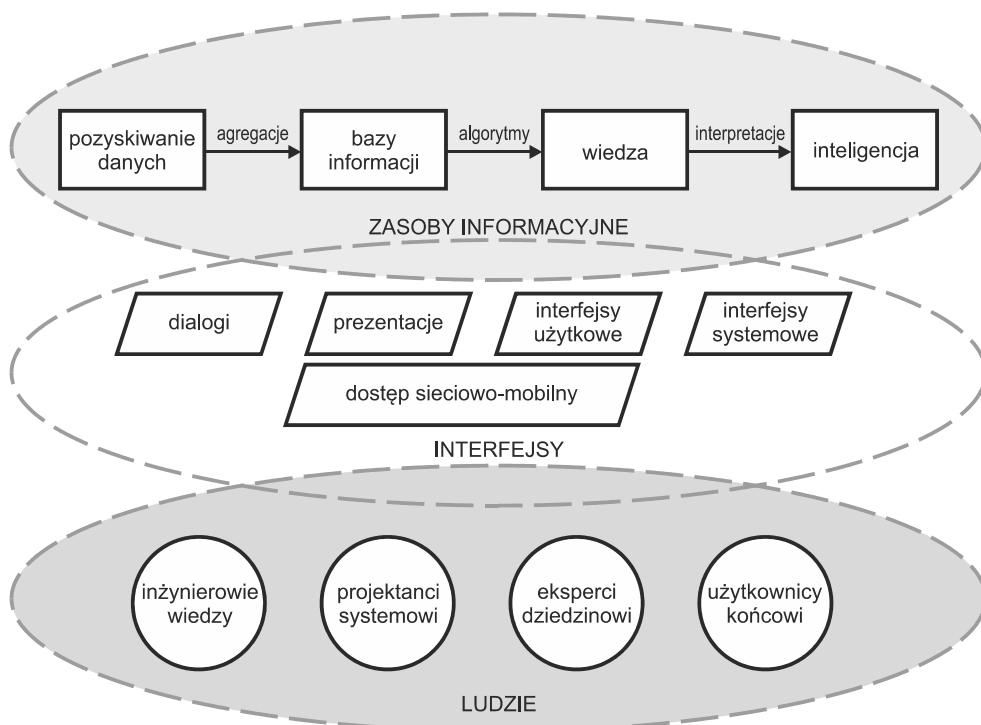
Wśród dostępnych metod technologii druku 3D można wymienić m.in.:

- FDM (*Fused Deposition Modeling*), osadzanie topionego materiału za pomocą dysz, zastosowanie najpopularniejszego surowca technologii 3D, tj. ABS (akrylonitryl-butadien-styren), poszczególne warstwy osiągają grubość 0,025–1,25 mm;
- STL/SLA (stereolitografia), utwardzanie tworzywa (żywicznego) za pomocą lasera, grubości warstw zawierają się w przedziale 0,05–0,25 mm, w wersji mikrostereolitograficznej do 1 μm ;
- SLS (*Selective Laser Sintering*), wybiórcze spiekanie laserowe, nadtapianie cząsteczek proszków termoplastycznych, względnie metali (w tym tytanu), a także ceramiki czy szkła, metoda bezpodporowa (zawieszanie przedmiotów w proszku);
- LOM (*Laminated Object Manufacturing*), wytwarzanie obiektów laminowanych, komponowanych z warstw papieru, wyroby o charakterze „drewnopodobnym”.

Wytwarzanie addytywne nie zastąpi całkowicie produkcji klasycznej, ale może ją uzupełniać i czynić bardziej elastyczną.

6.3. Osobowo-informacyjna organizacja SPNG

Jedną z kluczowych tez niniejszej pracy (1.2) jest wskazanie na związki między systemami materialnymi (wytwórczymi) i – skojarzonymi z nimi – informacyjnymi. Jednocześnie w def. 1.3 zaproponowano charakterystykę przedsiębiorstwa informacyjnego (SPNG). Obejmuje ona cechy o charakterze technologicznym (wirtualizacja, sieciowość) oraz osobowo-organizacyjnym (samoucząca się organizacja). W obu przypadkach pojawia się zagadnienie znaczenia ludzi w rozważanych systemach (p. przestrzeń projektowa, rys. 5.1) oraz ich połączeń z technologiami, za pośrednictwem różnego rodzaju interfejsów (rys. 6.4).



Rys. 6.4. Zasoby informacyjne, interfejsy, ludzie
Źródło: opracowanie własne

Na rys. 6.4 pokazano model głównego procesu przedsiębiorstwa informacyjnego, związanego z jego **zasobami informacyjnymi**, tj. agregowania danych do bazodanowego poziomu informacyjnego, który jest podstawą algorytmicznego kreowania wiedzy jako źródła inteligencji wytwórczej. Na potrzeby niniejszej pracy zdefiniowano **informację** w kategoriach organizacyjnych (def. 1.1). Zarówno dane, jak i wiedzę – a także szerzej rozumianą inteligencję – można uznać za odmiany informacji, przy czym **dane** uznaje się za odmianę prostszą, **wiedzę** zaś za odmianę bardziej złożoną. Natomiast **inteligencja** SPNG przejawia się jako zarządzanie (def. 1.2), a w sensie wytwórczym zaproponowano jej model (rys. 1.1) oparty na cesze samouczenia się w rozbiciu na: samorozpoznawanie, samodopasowanie, samoodtworzenie, samowzrost, samoorganizację i samoewolucję.

Przykład. Dane pozyskiwane z otoczenia produkcyjnego stanowią maszynową reprezentację faktów ze świata rzeczywistego (np. numer obrabiarki i jej parametry). Z kolei informacje są danymi o charakterze strukturalnym (zagregowanymi; np. dzienne plany produkcyjne). Wiedza wymaga zaś algorytmów jej kreowania na jeszcze wyższym poziomie abstrakcji (np. statystyki awaryjności urządzeń). Interpretacje posiadanej wiedzy prowadzą do działań inteligentnych, np. analiz awaryjności, prowadzących do eliminowania jej przyczyn.

Wspomniana w niniejszym punkcie teza 1.2 dotyczy połączenia „od systemu wytwórczego do systemu IT”. Połączenie to jest elementem sprzężenia: człowiek–IT–system wytwórczy–IT–człowiek (widoczne pośrednio na rys. 6.4 i bezpośrednio w modelu informacyjnego cyklu organizacyjnego SPNG na rys. 1.2). Zależności IT–system wytwórczy zostały zbada-

ne w poprzednich rozdziałach (m.in. model poziomów informacyjności SPNG, rys. 2.2). Obecnie przejdziemy do relacji ludzie–IT, czyli dialogu człowieka z maszyną (cyfrową). W związku z def. 6.1 (cyfryzacja materii) możemy zatem sformułować następującą tezę.

Teza 6.4

W przedsiębiorstwie informacyjnym procesy cyfryzacji powinny obejmować również zasoby ludzkie.

Aby zdefiniować warunki takiej cyfryzacji, można wskazać cechy idealnego oprogramowania zaproponowane w p. 3.1. W tym miejscu zmodyfikujemy je na potrzeby tezy 6.4, tj. w odniesieniu do baz danych:

- a) otwartość – dopuszczalna heterogeniczność systemu bazy danych oraz jej otoczenia;
- b) modularność – obiektowy rozdział danych i korzystającego z nich oprogramowania wraz z klasami, metodami i dziedziczeniem;
- c) skalowalność – przetwarzanie ogromnej i systematycznie rosnącej liczby danych pozyskiwanych ze świata rzeczywistego, tj. systemu wytwórczego i jego otoczenia;
- d) przenośność – mobilność ze zdalnym dostępem do informacji w czasie rzeczywistym oraz migracyjność;
- e) standaryzacja – zgodność z aktualnymi normami oraz poziomem technologiczno-organizacyjnym przedsiębiorstwa i jego partnerów (kompatybilność wewnętrzna i zewnętrzna);
- f) modyfikowalność – strukturalne, kontrolowane agregowanie danych oraz przekształcanie ich do postaci użytecznych informacji (wiedzy), gwarancja elastyczności dla szybko zmiennych struktur informacyjnych;
- g) efektywność – wydajność ekonomiczna i pozaekonomiczna instalacji oraz eksploatacji bazy danych (szybkość działania, sprawność pamięciowa);
- h) przyjazność administracyjna i użytkowa – optima parametryzowania (*customizing*), ergonomiczność, możliwość kreatywnej pracy z graficzną wizualizacją danych, multi-medialność;
- i) bezpieczeństwo i bezawaryjność – wysoki poziom technicznej i organizacyjnej niezawodności danych wraz z ich bezpieczeństwem i poufnością;
- j) samoopisywalność – samodokumentowanie się bazy danych;
- k) funkcjonalność i wiarygodność – wieloużytkowość, wieloprosesowość, tj. obsługa wszystkich użytkowników i procesów wspomaganych komputerowo;
- l) zupełność – integracyjne wiązanie przepływów informacyjnych całego przedsiębiorstwa wraz z transakcyjnymi gwarancjami spójnego zapisu i odczytu danych.

W praktyce cechy a–l mają (częściowo) charakter postulatywny, tymczasem dialog człowieka z maszyną może się odbywać tylko w zdefiniowanym języku. Z jednej strony zaznacza się dążenie do porozumiewania się z komputerami w języku naturalnym (w praktyce realizowane w niewielkim stopniu), z drugiej zaś technologii IT narzucają ich użytkownikom określone schematy postępowania, w tym komunikacji. Schematy te w pewnej mierze przenoszą się także na formę komunikowania się ludzi między sobą w środowisku produkcyjnym. Tymczasem przedsiębiorstwo informacyjne może osiągać wysoki stopień inteligencji organizacyjnej (IMS – *Intelligent Manufacturing System* [IMS, 2005]) właśnie na drodze integracji inteligencji ludzkiej (naturalnej) z maszynową (sztuczną).

Definicja 6.4

Inteligentny system produkcyjny to taki, który efektywnie integruje naturalną inteligencję ludzką z jej materialnym i maszynowym otoczeniem wytwórczym.

Powyższa definicja, sformułowana na użytek niniejszego opracowania, implikuje jej następujące konsekwencje interpretacyjne:

- naturalna inteligencja ludzi podlega ograniczeniom w rozbudowanym i częściowo „nie-inteligentnym” systemie wytwórczym;
- celem projektowania inteligentnych systemów produkcyjnych nie musi być autonomiczny i zautomatyzowany system zdolny do zachowań inteligentnych z punktu widzenia jego całości czy w sensie tzw. silnej sztucznej inteligencji (*strong artificial intelligence*);
- najbardziej efektywnym rodzajem inteligencji jest inteligencja naturalna, zgodnie z założeniami bioorganizacyjnego paradygmatu sfery wytwórczej;
- system inteligentny jest elastyczny i pozwala na stosowanie rozwiązań AI jako cząstkowych w różnych podsystemach przedsiębiorstwa.

Tabela 6.3

Charakterystyka różnic między człowiekiem a komputerem

Człowiek – inteligencja naturalna	Komputer – inteligencja sztuczna
nieschematyczne myślenie asocjacyjne	rutynowe działanie algorytmiczne
logika wielowartościowa	logika binarna (ograniczona, rozmyta)
mechanizmy samoczenia się	brak samodzielnej ewolucji
język naturalny, elastycznie normowany	języki sztuczne ze sztywną gramatyką
kontekstowe przetwarzanie wyrażeń	rozwinęta funkcjonalność obliczeniowa
wielowariantowość efektów pracy	jednoznaczność rozwiązań
uwarunkowania środowiskowe	izolacja w wymiarze technicznym
rozbudowana wielozmysłowość	słabsza analiza dźwięku, obrazu, zapachu
zmienna efektywność (nastrojowość)	stały poziom wydajności
mobilność fizyczna	stacjonarność urządzeń
lokalne przetwarzanie bodźców (mózg)	łączność globalna (teleinformatyka)
ograniczona pojemność pamięci	rosnąca pojemność pamięci
ustalona szybkość funkcjonowania	rosnąca szybkość przetwarzania
ahierarchiczność i nieproceduralność	przetwarzanie sekwencyjne (ograniczone, równoległe)
otwartość myślenia	operacje transakcyjne
indywidualne motywacje ideologiczne	cele wyłącznie zewnętrzne
systemowość działania	zbiór metod cząstkowych
biologiczna ewolucyjność	brak samoreplikacji
heterogeniczny indeterminizm	proste związki przyczynowo-skutkowe

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Badurek, 2008]

Reasumując: technologie sztucznej inteligencji powinny być przekształcane tak, aby zmniejszać różnice między człowiekiem a komputerem (tab. 6.3). Opiswany proces można wyraźnie dostrzec w rozwoju informatyki na przykładzie generacji języków programo-

wania – od maszynowych w kierunku wyższych poziomów (3GL, 4GL, 5GL, p. generacje ERP p. 3.2). Korzystnym rozwiązaniem w procesie pozyskiwania pracowników jest stosowanie systemu permanentnej rekrutacji (SPR), którego zasady sformułowano w pracy [Pacholski i in., 2009]. Z kolei w opracowaniu [Grudzewski, Hejduk, 2008] podano charakterystyki relacji osobowych, ze szczególnym uwzględnieniem przedsiębiorstw wirtualnych. Na znaczenie pracowników i kapitału społecznego w nowoczesnym przedsiębiorstwie wskazano wieloaspektowo w pracy [Stabryła, Woźniak, 2012]. Z kolei w pozycji [Rutka, Wróbel, 2012] ukazano procesy konfigurowania struktur formalizacji zachowań organizacyjnych.

Stanowisko pracy przedsiębiorstwa informacyjnego również podlega procesowi digitalizacji, co z naturalnych względów jest najbardziej widoczne wśród pracowników IT. Możemy tu wyróżnić pięć niżej wyspecyfikowanych trendów, które tworzą charakterystykę nowej generacji pracy (tab. 6.4).

Tabela 6.4

Różnice między pracą 1.0 i 2.0

Cecha	Praca 1.0	Praca 2.0
Paradygmat organizacji	formalizm – reguły, hierarchie, regulaminy	efektywność – misja, wartości, procesy
Stanowisko pracownicze	sztywno zdefiniowane, jednolitość miejsca i czasu pracy	wirtualne, elastyczne, telepraca mobilna
Czas pracy	arbitralnie ustalony, niewielkie zmiany rytmu	zmienny, znaczna niezależność zadań i czasu ich realizacji
Umowa o pracę	pełnoetatowa	zmienne obciążenie obowiązkami w układzie tygodniowym / rocznym / całego życia
Pracodawcy	często wieloletnia praca dla tej samej firmy	praca o charakterze bardziej projektowym, częściej dla wielu przedsiębiorstw równolegle
Definiowanie zadań	w powiązaniu z wąskimi specjalizacjami	bardziej dynamiczne, interdyscyplinarność
Rozwój zawodowy	inicjowany przez pracodawcę, pasywny	permanentny, indywidualny, aktywny
Komunikacja międzyosobowa	lokalna, werbalna, bezpośrednia	globalna, zdalna, elektroniczna, multimedia, telekonferencje
Oceny pracownika	sformalizowane, mniej merytoryczne (osobowościowe)	wynikowe, pośrednie (relacje oparte na wzajemnym zaufaniu)
Zespół pracowniczy	hierarchiczny, ustalone funkcje	wirtualny, procesowy, organizacje macierzowe, wielofunkcyjność
Konsekwencje społeczne	ubezpieczenia powiązane z pracodawcą (np. emerytalne)	ubezpieczenia definiowane w ramach prawnych przez pracownika

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Zawadzka, Badurek, Łopatowska, 2012b]

- Praca na stanowiskach mobilnych**, MWS (*Mobile WorkStyle*), cechuje się zdalnym dostępem do informacji i systemów wraz z możliwością elastycznego wykonywania obowiązków, niezależnie od miejsca, np. podczas podróży (samolot, pociąg), w hotelu

czy w domu. Technologiami wspomagającymi MWS są wideokonferencje, paradygmat organizacyjny stanowi telepraca.

2. **Indywidualny dobór sprzętu**, BYOD (*Bring Your Own Device*) „przynies swój własny sprzęt”, CYOD (*Choose Your Own Device*), „wybierz sobie indywidualne urządzenie”. Z jednej strony przedsiębiorstwo wyposaża pracowników w coraz większą liczbę urządzeń mobilnych (tablety, smartfony, notebooki). z drugiej zaś umożliwia integrację urządzeń pracowników z infrastrukturą firmy, przy zachowaniu standardów bezpieczeństwa.
3. **Praca społecznościowo-firmowa**, CBS (*Social Business Collaboration*), oznacza korzystanie z sieciowych aplikacji społecznościowych oraz zacieranie się różnic między czasem wolnym a czasem pracy, zgodnie z hasłami „dom w biurze / biuro w domu”. Trend skojarzony stanowi powstawanie „kawiarni do pracy” (CHW – *Coffee House Working*).
4. **Oprogramowanie społecznościowe w przedsiębiorstwie**, Intranet / Internet, technologie wiki, chat / *Instant Messaging*, blogi / portale wiedzy, grupy i fora ISN (*Intern Social Network*), oprogramowanie pielęgnowania kontaktów społecznościowych SSN (*Social Software Suite*) i tworzenia środowiska pracy grupowej CVW (*Collaborative Virtual Space*).
5. **Wzrost wymagań bezpieczeństwa oraz kosztowo-niezawodnościowych** implikuje zarządzanie autoryzacjami i specyfikowanie ryzyk dostępu do danych. Przykładem możliwych problemów mogą być rezerwacje dostępu do współdzielonych biur (desksharing). Niezbędny jest system definiowania wskaźników wydajnościowych dla pracowników „na żądanie” (*on demand*) oraz tworzonych *ad hoc* grup wirtualnych.

Trendy 1–5 w połączeniu z charakterystyką zawartą w tab. 6.4 wskazują na znaczenie referencyjnych metod zarządzania komunikacją wobec rosnących wyzwań gospodarczych. Menedżerowie i pracownicy przedsiębiorstwa znajdują się organizacyjnie w trójkącie czynników definiujących każde przedsięwzięcie: jakość (funkcjonalność), koszty, czas [Zymonik, 2003]. Szczególnie zarządzanie ostatnim spośród wymienionych czynników bywa niedoceniane, a więc stanowi poważny potencjał oszczędnościowy, także w sferze komunikacji. Współczesna organizacja ma rozbudowany dostęp do zróżnicowanych technologii komunikacyjnych. Z kolei powszechność dostępu do multimediów, ich rosnąca wydajność i względnie niskie ceny powodują, że tym pilniejsza staje się potrzeba ukierunkowanych i systematycznych działań organizacyjnych w tym obszarze.

Przykład. Niekontrolowany przepływ informacji może być dla firmy balastem, jak w przypadku spamu, który wymaga podjęcia wielu działań organizacyjno-technicznych (tab. 6.5). Dodajmy, że termin „spam” odnosi się do poczty elektronicznej, ale także innych form przesyłania informacji zbędnych lub w nadmiernych ilościach. Istnieje także spam papierowy, telefoniczny czy wyszukiwarek (tzw. *spamdexing* = *spamming* + *indexing*). Zjawisku temu mogą towarzyszyć wirusy internetowe w postaci „bomb pocztowych” (*email-bomb*) lub spamu „zabójczego” (*backscatter / collateral*), generowanego automatycznie poprzez transfer mejli (również zwrotnych) do osób trzecich. Oprócz (nielegalnego) spamu technicznego istotne jest także zjawisko (legalnego) „spamu” o charakterze organizacyjnym. Pracownicy wewnętrzni przeznaczają wiele godzin tygodniowo na pracę związaną z przetwarzaniem poczty elektronicznej. Może się to przekładać na skrócenie czasu przeznaczonego na realizację bardziej podstawowych zadań z gwarancjami profesjonalizmu i jakości (np. kontakty z klientami, działania projektowe). Przykład **spamu organizacyjnego** pokazano na rys. 6.5 (dla uproszczenia jedynie dwa pierwsze kroki).

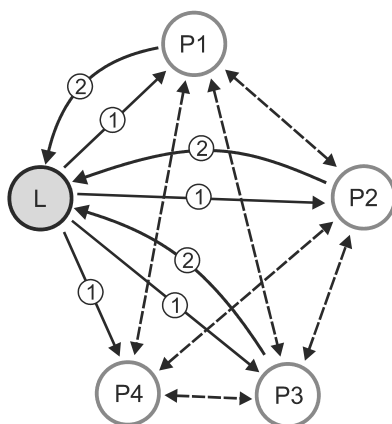
Wskazany przykład odnosi się do funkcji pracy zespołowej, która stanowi podstawę realizacji zadań przedsiębiorstwa i może być wspomagana narzędziami *groupware* (pracy zespołowej), określanymi też mianem „interaktywnych systemów komputerowych wykorzystywanych w działaniach planistycznych i decyzyjnych” [Pacholski i in., 2011]. Istotnym zagadnieniem w przedsiębiorstwie, odnoszącym się do transformacji kulturowych, jest zarządzanie poprzez wartości [Nogalski, Niewiadomski, 2013].

Tabela 6.5

Wybrane metody ochrony przed spamem

Metoda	Zasada działania	Komentarz
Uwierzytelnienie, autoryzacja	przekazywanie wiadomości tylko od określonych nadawców	listy użytkowników na portalach społecznościowych (opcje komunikatorów)
Wezwanie–odpowieź (<i>challenge–response</i>)	wiadomości przyjmowane po potwierdzeniu przez nadawcę	żądanie potwierdzenia generowane automatycznie przez filtr antyspamowy
Czarne listy (<i>black list</i>)	adresy spamerów (serwerów, nadawców)	serwery antyspamowe RBL (<i>Realtime Blackhole List</i>) – automatyka w czasie rzeczywistym
Szare listy (<i>grey list</i>)	tympasowe blokowanie wiadomości	symulacja błędu protokołu, przy ponownym nadaniu przejście na białą listę (<i>white list</i>)
Ochrona własnych adresów mejlowych	generatory adresów jednorazowych, aliasy	możliwość użycia w usługach internetowych
Inteligentne filtry	metody statystyczne, heurystyczne, sztucznej inteligencji	analiza zawartości, testowanie punktowe, uczenie maszynowe
Metody pozatechniczne	zwalczanie na drodze prawnej, skargi, egzekwowanie odszkodowań	zakaz przesyłania niezamówionej informacji handlowej za pomocą komunikacji elektronicznej

Źródło: opracowanie własne



Rys. 6.5. Negatywne konsekwencje stosowania poczty elektronicznej

Źródło: opracowanie własne

Lider zespołu (L) wysłała w kroku 1 propozycję prezentacji projektowej do pracowników P1, P2, P3, P4. Po otrzymaniu uwag zwrotnych opracowuje je i rozsyła drugą wersję. Cykl ten można kontynuować, zakładając, że inni pracownicy nie komunikują się między sobą w tej kwestii, co w praktyce też może się okazać potrzebne. Pracownik P4 przebywa aktualnie na urlopie i nie bierze udziału w dyskusji. Po powrocie włącza się do niej, zapoczątkowując kolejną fazę generowania mejli. Podany przykład pokazuje, że należałoby w tym wypadku zastosować raczej wybrane narzędzie pracy grupowej (np. *workflow*, system trackerowy, dzielone bazy danych – *team share*) z możliwością uzupełnienia krótką (wideo)konferencją.

Rozdział 7

PODSUMOWANIE

W niniejszym rozdziale dokonano sumarycznej oceny monografii, wskazując na możliwości kontynuowania badań. Punkt 7.1 obejmuje syntezę pracy, odwołując się do jej celów i wyników oraz naświetlając zastosowaną metodykę badawczą. Wskazano przy tym na **znaczenie uzyskanych efektów** w przedmiotowym obszarze, koncentrując się na ich oryginalności, a także proporcjach wymiaru teoretycznego i praktycznego (tab. 7.3). Punkt 7.2 poświęcono **kierunkom dalszych badań**, z których kilkanaście zgrupowano w pięciu obszarach (rys. 7.1). Jednocześnie podano przykłady nowych dziedzin teorii naukowej i zastosowań praktycznych, których znaczenie dla sfery produkcyjnej wymaga pogłębionych analiz.

7.1. Synteza pracy – cele, wyniki, metodyka

Głównym **celem pracy** było zbadanie fenomenu Systemów Produkcyjnych Nowej Generacji i w związku z tym wyspecyfikowanie przedsiębiorstwa informacyjnego w taki sposób, aby zarządzanie nim zwiększało jego, rozumianą interdyscyplinarnie, efektywność. Założenie to implikowało liczne cele szczegółowe, które zostały zrealizowane, co ilustruje tab. 7.1.

Tabela 7.1

Zrealizowane cele pracy

Cel	Definicja celu	Odniesienia w tekście pracy (numery podrozdziałów)
C1	systematyzacja podstawowych pojęć związanych z tematem na podstawie zintegrowanego podejścia do problematyki zarządzania oraz informatycznej	1.1, 1.2, 1.3, 6.1
C2	propozycja informacyjnie zorientowanego modelu systemu produkcyjnego wraz z dyskusją dotyczącą istoty informacji, zwłaszcza jej mierzalności jako warunku stosowania modeli referencyjnych	1.1, 2.1, 2.2, 5.1, 5.2
C3	klasyfikacje metamodeli, modeli i metod zarządzania przedmiotowym przedsiębiorstwem z uwzględnieniem zmiennych czynników o charakterze organizacyjnym i technicznym	3.1, 4.1, 4.2, 5.2
C4	wskazanie przyczyn negatywnych zjawisk w sferze informatycznego wspomagania organizacji produkcji oraz możliwości ich przewyżczenia	3.2, 4.2, 4.3, 5.1, 6.3
C5	propozycja modelu zarządzania transformacjami (strukturalnymi, programowymi) w odniesieniu do procesów planistyczno-sterujących wraz z analizą działań niezbędnych na każdym etapie realizacji modelu	3.3, 4.3, 5.2, 5.3
C6	nakreślenie „mapy drogowej” ładu korporacyjnego, zakładającej wykorzystanie narzędzi referencyjnych, wraz z przykładami zastosowań praktycznych	3.1, 5.3, 6.2
C7	konfrontacja klasycznych i przyszłościowych metod organizacji systemów produkcyjnych z uwzględnieniem podejścia interdyscyplinarnego	2.3, 6.1, 6.2, 6.3

Źródło: opracowanie własne

Głównym **efektem monografii** jest opracowanie szeregu modeli służących implementacji oraz optymalizacji Systemów Produkcyjnych Nowej Generacji. Modele dotyczą przede wszystkim technologii informatycznych, skojarzonych z przedsiębiorstwem informacyjnym. W związku z tym zaprezentowano także wiele przykładów aplikacyjnych, weryfikujących wnioski teoretyczne w wymiarze praktycznym. **W centrum przeprowadzonych badań naukowych znajdowały się modele transformacji w odniesieniu do procesów planistyczno-sterujących i logistycznych, jednak uzyskane wyniki mają też bardziej uniwersalny charakter. Przykładowo:** interpretowanie zarządzania jako przetwarzania informacji (def. 1.2) pozwoliło na adaptację praw inżynierii softwarowej dla potrzeb organizacyjnych (tab. 3.1). Podobnie jak w przypadku celów pracy, jej syntetyczny wynik wiąże się z szeregiem **wyników szczegółowych** (tab. 7.2).

Podsumowując, można powiedzieć, że wynikiem opracowania jest nakreślenie mapy drogowej (*road map*) ładu korporacyjnego przedsiębiorstwa informacyjnego, pozwalającej na jego optymalizację przy użyciu modeli referencyjnych (p. C6, tab. 7.1). Przy tym w każdej fazie pracy dążono do uzyskiwania wyników w odniesieniu do pięciu aspektów wymienionych w tab. 5.7, tj. zgodnie z zasadami **orientacji celowej** oraz **predyktywności**, a ponadto:

- **opisywalności** specyfikowanej dziedzinowo rzeczywistości, a więc obiektów przedsiębiorstwa informacyjnego i relacji między nimi; temu celowi posłużyły uzyskane typizacje (np. dotyczące migracji, p. 4.3), klasyfikacje (np. poziomy modelowania, p. 5.3), a także systematycznie wprowadzane definicje i objaśnienia skrótów przedmiotowych pojęć wraz z ich interpretacjami;
- **poznawalności**, tj. wskazywania nowych bądź słabiej zbadanych charakterystyk istniejących fenomenów (np. cechy technologii dyfuzyjnych, p. 4.1), nowych związków (np. integracja cech obiektowości inżynierii softwarowej z organizacją SPNG, p. 1.2), a także proponowania rozwiązań istniejących problemów, co jest warunkiem innowacyjności (systematyczne prezentacje przykładów praktycznych);
- **rozstrzygalności**, tj. wykazywania prawidłowości zastosowanych rozwiązań na podstawie weryfikacji praktycznych, w powiązaniu z systematycznie formułowanymi tezami szczegółowymi i z uwzględnieniem efektywności implementacji (np. modele oceny inżynierii wartości, p. 5.2).

Z jednej strony dążono do uwzględnienia wysokiego poziomu abstrakcji modelowanych zagadnień (metamodela, p. 5.3; zjawiska o charakterze paradygmatycznym, np. interdyscyplinarizm, p. 2.1; generacyjność technologiczna, p. 6.1), z drugiej zaś integrowano narzędzia operacyjne, które mogą poprawiać efektywność SPNG (np. holistyczne wartościowanie systemu, p. 5.2). Z tego powodu liczne wcześniej wyspecyfikowane wyniki badań mają znaczenie nie tylko dla organizacji i zarządzania, ale także dla praktycznych działań optymalizacji IT w SPNG. Korzystano przy tym z autorskiej koncepcji wielod dziedzinowej systematyzacji czynników transformacyjnych systemu produkcyjnego w kategoriach informacyjnych, z uwzględnieniem empirii przemysłowej oraz jej wielu aspektów: technicznych, organizacyjnych, ekonomicznych i społecznych.

W odniesieniu do **metodyki badań** przyjęto następujące założenia dotyczące jej cech: wielowariantowość (propozycje rozwiązań alternatywnych), heterogeniczność (łączenie paradygmatów, np. inteligencji sztucznej z naturalną), otwartość (dynamika metody i wychodzenie poza klasyczne standardy, np. softwarowe), integracja systemowa. Tak rozumiana strategia metodyki badawczej zagwarantowała uzyskanie trzech podstawowych **efektów naukowych**, łączących teoretyczne aspekty treści projektu z jego wymiarem użytecznym:

- 1) modelowy opis analizowanych sytuacji w przedmiotowym obszarze systemów produkcyjnych wraz z identyfikacją istniejących problemów;

- 2) propozycje optymalizacji IT w SPNG, pozwalające na redukcję wyspecyfikowanych problemów, z uwzględnieniem czynników technicznych oraz pozatechnicznych;
- 3) prognoza rozwoju w zakresie trendów badawczych i w praktyce przemysłowej.

Starano się przy tym unikać:

- dążenia do wąsko pojętej algorytmizacji, która może ograniczać elastyczność poszukiwanych rozwiązań;
- wycinkowości podejścia bez uwzględniania interdyscyplinarnego wszechzwiązku zjawisk.

Tabela 7.2

Szczegółowe wyniki pracy

Wynik	Określenie wyniku	Odniesienia w tekście pracy (numery podrozdziałów)
W1	model systemu produkcyjnego oparty na rozumieniu informacji jako organizacji materii	1.1, 3.1
W2	identyfikacja paradygmatu obiektowego jako metacechy nowoczesnych form systemów produkcyjnych	1.2, 5.3
W3	usystematyzowanie faz rozwoju SPNG, ich genezy i rodzajów	1.3, 3.2, 6.1
W4	zdefiniowanie megatrendów rozwojowych jako podstawy prognozowania w rozważanym obszarze ze szczególnym uwzględnieniem wirtualizacji	1.2, 1.3, 6.2
W5	warstwowe modele przedsiębiorstwa i jego otoczenia oraz zbadanie zależności między poziomami informacyjnymi	2.2, 2.3, 3.1, 3.3
W6	charakterystyka społeczeństwa informacyjnego oraz dóbr cyfrowych i konsekwencji z nimi związanych	2.3, 6.3
W7	wskazanie możliwości traktowania informatyki nie tylko jako narzędzia technicznego, ale także źródła idei organizacyjnych	3.1, 5.1
W8	opracowanie czteroaspektowego modelu technologii dyfuzyjnych w powiązaniu z cyklami rozwoju gospodarczego	4.1
W9	pokazanie mierzalności efektów przedsięwzięć informatycznych przy użyciu modeli referencyjnych	5.2, 5.3
W10	zbadanie istoty pozatechnicznych czynników projektowych w połączeniu z charakterystyką różnic między komputerem a człowiekiem	2.1, 4.1, 5.1, 6.3
W11	opracowanie przykładów algorytmów optymalizacji procesów przedsiębiorstwa informacyjnego	3.2, 4.2, 4.3, 5.2
W12	identyfikacja przyszłościowych obszarów badawczych i aplikacyjnych	1.3, 2.3, 3.2, 6.1, 7.1

Źródło: opracowanie własne

Główny **wniosek** pracy można sformułować następująco: efektem zaproponowanej specyfikacji, a następnie dekompozycji badawczej przedsiębiorstwa informacyjnego jest uzyskanie metodyki optymalizacji technologii informatycznych, podnoszącej efektywność przedsiębiorstwa w wymiarze technicznym i pozatechnicznym. **Szczegółowe wnioski** wynikające z pracy formułowano na bieżąco w związku z tezami; poniżej przytoczono najistotniejsze spośród nich.

1. Sposób przetwarzania informacji współdecyduje o kształcie systemu zarządzania przedsiębiorstwem.
2. Poziom inteligencji SPNG istotnie zależy od stopnia zaawansowania jego programowych (algorytmicznych) sprzężeń międzymodułowych.
3. Dobra cyfrowe przypominają swoimi właściwościami dobra publiczne.
4. W sferze zarządzania informatyka może być traktowana nie tylko jako techniczne narzędzie wspomagające, ale także jako źródło koncepcji organizacyjnych.
5. Charakterystyka klasycznej organizacji odpowiada tekstowi o strukturze sekwencyjnej, interpretowanym od jego początku do końca, wedle ustalonej hierarchii (chronologii, kolejności).
6. Celem łączenia pakietów biurowych z ERP powinna być elastyczność pracy z hybrydowymi danymi, gwarantująca użytkownikowi podejście prototypowo-intuicyjne, z zachowaniem bazodanowości informacji.
7. Systemowość może być traktowana jako metacecha w odniesieniu do obiektowości.
8. Zagadnienie paradoksu produktywności IT można powiązać z problemem iluzji statystycznej w odniesieniu do badanego zjawiska.
9. Istotną przyczyną niepowodzeń projektów integracyjnych jest dążenie do pełnej konsolidacji aplikacji i systemów.
10. Należy dążyć do takiego projektowania systemów IT, aby były one nie tylko skalowalne, ale również migrowalne w dłuższej perspektywie oraz w skali globalnej.
11. Optimum projektu oznacza wyważone relacje między jego głównymi czynnikami ramowymi, jakimi są: koszty, czas i jakość powiązana z funkcjonalnością systemu IT, dekomponowanego na procesy i dane.
12. Zmiany stanów materialnych systemu logistycznego powinny generować zmiany skojarzonego systemu informatycznego.
13. Wiązanie inżynierii wartości produktu lub procesu wytwórczego z metrykami inżynierii softwarowej korzystnie wpływa na wskaźniki projektowe.
14. Miary złożoności oprogramowania powinny być wyznaczane i interpretowane w ramach określonej organizacji na podstawie jej doświadczeń i systematycznie gromadzonych danych.
15. Modele referencyjne mogą się charakteryzować wysokim stopniem abstrakcji i złożoności, co wymaga definiowania metareguł modelowania, np. w odniesieniu do mapowania procesów przedsiębiorstwa.
16. Ze względu na ograniczenia związane z cechami materii implementowanie systemów nią sterujących jest trudne.
17. W przedsiębiorstwie informacyjnym procesy cyfryzacji powinny obejmować także zasoby ludzkie.

Definicje proponowane w monografii formułowano w jej kontekście; w tab. 7.3 zostały one wymienione w kolejności alfabetycznej.

W pracy uwzględniono liczne metody, które mogą być stosowane przez praktyków biznesowych w procesie modelowania oraz implementowania w przedsiębiorstwach informacyjnych w sferze produkcji i zarządzania nowej generacji. Wybrane metody zostały w reprezentatywny sposób podsumowane w tab. 7.4. Termin „metoda” jest tu rozumiany w znaczeniu szerszym niż w def. 5.9 i oznacza sposób postępowania ukierunkowany na osiąganie celów w ramach SPNG. Termin „metodyka” oznacza zaś zbiór metod. Tabela 7.4 pokazuje także schemat metodyczny postępowania – od metod organizacyjnych, poprzez systemy referencyjne i algorytmy, do warstw oprogramowania i metod opierających się na zastosowaniu określonego sprzętu (*hardware*).

Tabela 7.3

Definicje i ich ukierunkowanie: teoretyczne (T) / praktyczne (P)

Lp.	Przedmiot definicji	Numer podrozdziału	P/T
1	algorytm	5.1	T
2	BPMN	5.11	P
3	cyfrowa materia	6.1	P
4	czasowa złożoność projektu	5.4	P
5	EAI	4.3	P
6	EAM	5.10	P
7	efekt bicza	4.5	P
8	hipertekst	3.3	P
9	holistyczna inżynieria wartości	5.3	P
10	informacja	1.1	T
11	integracja	4.2	T
12	inteligentny system produkcyjny	6.4	T
13	leksem	5.5	T
14	metamodel	5.7	T
15	metoda	5.9	P
16	misja krytyczna przedsiębiorstwa	3.1	P
17	model	2.1	T
18	model referencyjny	5.6	P
19	obiektość	1.5	T
20	ontologia	2.2	T
21	optymalizacja	5.2	T
22	paradoks produktywności IT	4.1	P
23	poziom informacyjności systemu produkcyjnego	2.3	T
24	proces	4.6	P
25	projekt	4.7	P
26	przemysł 4.0	6.2	T
27	SOA	4.4	P
28	SPNG	1.3	T
29	społeczeństwo informacyjne	2.4	T
30	system	3.4	T
31	system operacyjny	3.2	P
32	VMN	6.3	P
33	wirtualizacja	1.4	T
34	zarządzanie	1.2	T

Źródło: opracowanie własne

Tabela 7.4 nawiązuje do rys. 2.1 oraz rys. 5.6, tworząc wspólnie z nimi przestrzeń wyboru metod definiowania i optymalizacji przedsiębiorstwa informacyjnego. Należy bowiem pamiętać, że żadna metodyka organizacyjna, algorytm, oprogramowanie ani żaden określony sprzęt nie gwarantują automatycznie uzyskania rozwiązań na miarę SPNG. Dotyczy to również systemów referencyjnych. I one stanowią jedynie zalecane ramy architektoniczne dla przedsiębiorstwa informacyjnego – ich przełożenie na konkretną „mapę drogową” (*road map*) w celu ich implementacji oraz optymalizacji pozostaje specyficznym zadaniem każdego przedsiębiorstwa.

Tabela 7.4

System metod do zastosowań w praktyce przemysłowej

Klasa metod	Metoda	Nr podrozdziału	Referencje
Metodyka organizacyjna	obiektywność w procesie projektowania systemu produkcyjnego i w trakcie jego funkcjonowania	1.2	[Ramnath, Dathan, 2011]
Metodyka organizacyjna	formy produkcyjne typu zwinny / smukły / „sprytny” / zwinno-smukły (<i>agile / lean / smart / leagile</i>)	1.3	[Wang, Koh, 2010]
Metodyka organizacyjna	„współkurencja” (koopetycja, <i>coopetition</i>), tj. budowanie środowiska konkurencyjnej współpracy	2.3	[Yami i in., 2010]
Metodyka organizacyjna	inżynieria przedsiębiorstwa (<i>enterprise engineering</i>) na gruncie teorii systemów	3.3	[Giachetti, 2010]
Metodyka organizacyjna	budowanie architektur EAM/SOA	5.3/4.2	[Ahlemann i in., 2012] / [Borangiu i in., 2012]
Systemy referencyjne	ITIL jako zbiór dobrych praktyk w odniesieniu do certyfikatów jakościowych IT	5.3	[Brewster i in., 2012]
Systemy referencyjne	szacowania złożoności projektowej – metryki softwarowe	5.2	[Chemuturi, 2013]
Systemy referencyjne	ewaluacja kosztów życia systemu LCC (<i>Life Cycle Costing</i>)	5.2	[Farr, 2011]
Systemy referencyjne	PMBOK (<i>Project Management Body of Knowledge</i>) jako standard ANSI dla organizowania projektów	5.3	[Snyder, 2013]
Systemy referencyjne	PRINCE (PROjects IN Controlled Environments), modele dla IT o znaczeniu uniwersalnym	5.3	[Hinde, 2012]
Algorytmy	systemy kognitywne (<i>cognitive factory</i>), CTS (<i>cognitive technical system</i>) na potrzeby adaptacyjnego sterowania wytwarzaniem	1.3	[Jeschke i in., 2011]
Algorytmy	heurystyki planowania transportu	2.2	[Li, 2007]
Algorytmy	metoda łańcucha krytycznego CCPM (<i>Critical Chain Project Management</i>)	3.1	[Cox, Schleier, 2010]
Algorytmy	algorytmy bioorganizacyjne (genetyczne, rojowe, mrówkowe) w produkcji	1.2	[Tiwary, Harding, 2011]
Algorytmy	wirtualne sieci wytwórcze VMN	3.2	[Khan i in., 2011]

Klasa metod	Metoda	Nr pod-rozdziału	Referencje
Oprogramowanie	alternatywne rozwiązania otwartoźródłowe (<i>open-source</i>) ERP	1.1	[Davis, 2011]
Oprogramowanie	ontologiczne bazy danych RDF (sieci semantyczne)	2.1	[Domingue i in., 2011]
Oprogramowanie	przetwarzanie chmurowe (<i>cloud computing</i>) aż do wirtualnych sklepów i przedsiębiorstw	2.3	[Velte, 2009]
Oprogramowanie	technologie <i>wiki</i> dla korporacyjnych baz danych	3.2	[Chatfield, 2009]
Oprogramowanie	BPMN, Model Procesu Biznesowego i Notacja (<i>Business Process Model and Notation</i>) w wersji narzędziowej	5.3	[Allweyer, 2010]
Sprzęt	systemy cyberfizyczne CPS (<i>Cyber-Physical System</i>)	6.1	[Hu, 2013]
Sprzęt	Internet przedmiotów IoT (<i>Internet of Things</i>)	6.1	[Evdokimov i in., 2011]
Sprzęt	radioetykiety RFID	2.3	[Finkensteller, 2010]
Sprzęt	druk 3D	5.1	[Biehler, Fane, 2014]
Sprzęt	inteligentne (<i>smart</i>) wytwarzanie i robotyka	1.3	[Luo, 2014]

Źródło: opracowanie własne

7.2. Kierunki dalszych badań

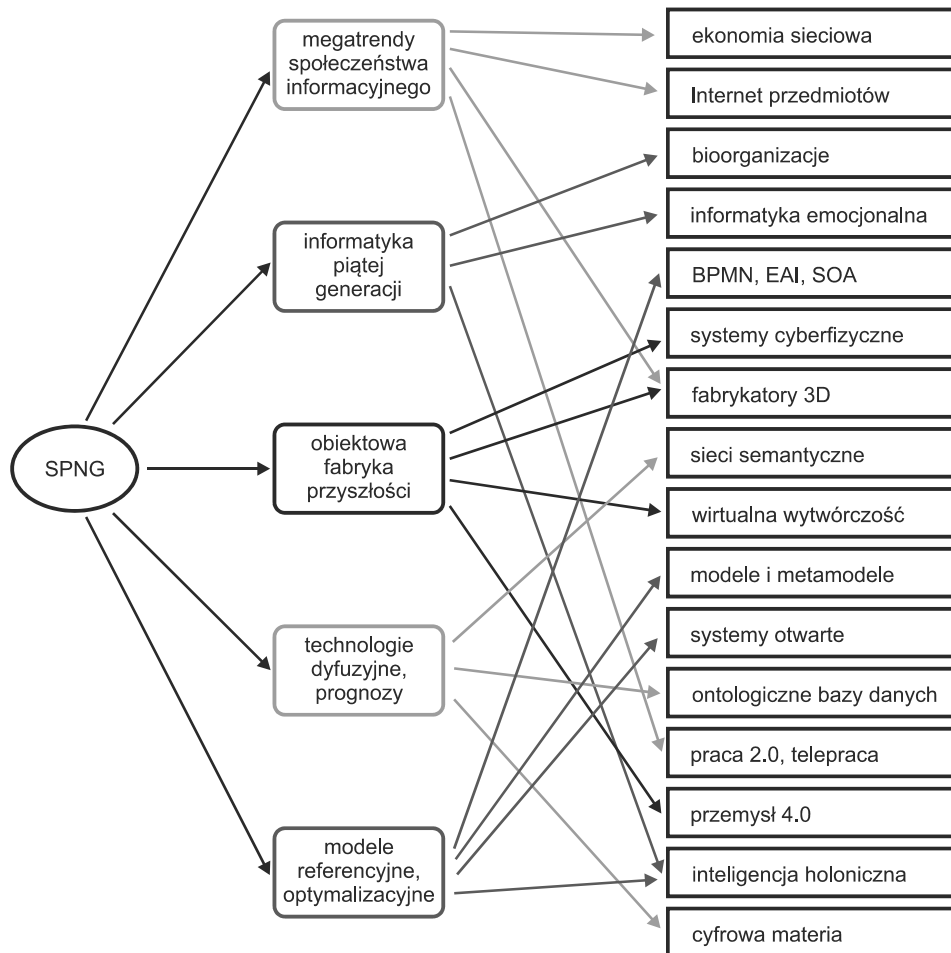
Przedsiębiorstwo informacyjne, które wyspecyfikowano w monografii jako kwintesencję systemów produkcyjnych nowej generacji, to fragment rozległej sfery badawczej oraz implementacyjnej. Jednym z centralnych zagadnień jest tu optymalizacja IT w SPNG. Należy ją rozważać także w związkach przedsiębiorstwa z jego otoczeniem, a więc uwzględniając ewolucję paradygmatów organizacyjnych oraz metod realizacji projektów informatycznych. Jej dynamika i permanentne zmiany związane z postępami w zakresie aplikacji (algorytmiki) oraz skojarzonych technologii (sprzętu) wymagają kontynuowania badań, których kierunki zaproponowano na rys. 7.1.

W treści pracy konsekwentnie nawiązywano do technologii chmurowych (*cloud*), które mogą mieć szczególnie rozwojowe znaczenie dla budowania infrastruktury SPNG. Tematykę tę podjęto szerzej w rozdziale 6, badając związki między wytwarzaniem chmurowym (*cloud manufacturing*) i przetwarzaniem chmurowym (*cloud computing*). Jednocześnie wskazano na konieczność kontynuowania badań w tym obszarze.

W trakcie realizacji pracy dostrzeżono możliwość rozwinięcia wielu aspektów przedmiotowego obszaru, w szczególności uwzględniających takie zagadnienia, jak:

- dalsze miary produktywności IT podczas implementacji ładu gospodarczego (*governance*), np. dla zarządzania migracjami i ryzykiem;
- związki przedsiębiorstwa i społeczeństwa informacyjnego, np. medialność danych, zarządzanie innowacjami;
- modele i metamodele inteligencji naturalnej i sztucznej (języki, bazy danych, sieci);

- prognozowanie megatrendów (bioorganizacje, struktury wirtualne);
- sprzęt i aplikacje fabryki przyszłości, np. fabrykatory osobiste, systemy otwarte i klasy MES.



Rys. 7.1. Proponowane kierunki badawczo-aplikacyjne

Źródło: opracowanie własne

Wyniki uzyskane w opracowaniu wskazują, że w odróżnieniu od najlepszego spośród wyobrażalnych rozwiązań (ideału) optimum technologii informatycznej SPNG stanowią **rozwiązania heurystyczne**, najkorzystniejsze w sensie praktycznego kompromisu określonych parametrów tej technologii. Stanowią one rezultat co najmniej kwalifikowanych szacowań lub precyzyjniejszych analiz wielokryterialnych ukierunkowanych na zdefiniowanie możliwych dróg osiągnięcia założonych celów. Takim celem może być stabilizacja misji krytycznej (def. 3.1) przedsiębiorstwa stosującego komputerowe wspomaganie zarządzania produkcją. Ze względu na szeroki zakres obszaru optymalizacji IT można wskazać na zastosowaną w pracy **metodę mozaikową**, polegającą na punktowym naświetlaniu wybra-

nych fenomenów przy założeniu, że pozwolą one uzyskać sumaryczny obraz całości problematyki. Istotną przesłanką motywującą do kontynuowania badań jest więc możliwość dalszej syntezy ich cząstkowych składowych.

Jednocześnie pytanie „jak optymalizować technologie informatyczne” pozostaje aktualne – zarówno pod względem naukowo-badawczym, jak i w wymiarze praktycznym. Wiąże się ono także z otwartym problemem mierzalności efektów IT, a więc zasadą „niemierzalne jest trudno poprawialne”. Nadal istnieje zatem potrzeba opracowania doskonalszych modeli referencyjnych wraz z ich weryfikacją empiryczną. Przy tym **efektywne rozwiązywanie wskazanych problemów wymaga wyjścia poza ich wymiar techniczny i uwzględnienia wielu czynników pozatechnicznych**. Przewyciężanie opisywanych trudności oznacza także formułowanie koncepcji interdyscyplinarnych, owocujących powstawaniem nowych dziedzin teorii naukowej i zastosowań praktycznych. Można tu wymienić:

- sterowanie urządzeń głosem (SIRI) [McTear, 2013];
- bioinformatykę i bioorganizację (*organic computing*) [Fulekar, 2009];
- ekonofizykę [Aoyama i in., 2010];
- kognitywistykę / socjonikę [Friedenberg, Silverman, 2011];
- kloudonomikę (*cloudonomics*) [Weinmann, 2013];
- informatykę emocjonalną (AC – *affective computing*) [Palachaud, 2013];
- przetwarzanie zjawisk złożonych (CEP – *Complex Event Processing*) [Brown, 2013].

Progностyczna synteza tych fenomenów w powiązaniu z obszarem praktyki wytwórczej jest niezbędna jako metastrategia redukowania rosnącej złożoności środowiska produkcyjnego.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Aalst van der W.: *Modeling Business Processes a Petri Net Oriented Approach*. London: MIT Press 2011.
- [2] Abran A.: *Software Metrics and Software Metrology*. Hoboken: John Wiley & Sons 2010.
- [3] Ahlemann F., Stettiner E., Messerschmidt M., Legner C. (eds.): *Strategic Enterprise Architecture Management, Challenges, Best Practices and Future Developments*. New York: Springer 2012.
- [4] Allen T.T.: *Introduction to Engineering Statistics and Lean Sigma, Statistical Quality Control and Design of Experiments and Systems*. London: Springer 2010.
- [5] Allweyer T.: *BPMN 2.0. Introduction to the Standard of Business Process Modeling*. Norderstedt: Books on Demand GmbH 2010.
- [6] Antonopoulos N. Gillam L. (eds.): *Cloud Computing, Principles, Systems and Applications*. London: Springer 2010.
- [7] Aoyama H., Fujiwara J., Ikeda Y.: *Econophysics and Companies, Statistical Life and Death in Complex Business Networks*. New York: Cambridge University Press 2010.
- [8] Applegate D.L.: *The Traveling Salesman Problem. A Computational Study*. Princeton: Princeton University Press 2006.
- [9] Auksztol J., Balwierz P., Chmuszko M.: *SAP. Zrozumieć system ERP*. Warszawa: Wyd. Naukowe PWN 2012.
- [10] Avison D., Fitzgerald G.: *Information Systems Development: Methodologies, Techniques and Tools*. Maidenhead: McGraw Hill Higher Education 2008.
- [11] Badurek J.: *Numeryczna definicja informacji w modelowaniu systemów produkcyjnych. W: Metody wspomaganie decyzji w systemach gospodarczych*. Red. L. Zawadzka. Gdańsk: Wyd. Politechniki Gdańskiej 2008.
- [12] Badurek J.: *Open systems in business applications*. In: *The modern modelling conceptions of business systems*. Ed. L. Zawadzka. Gdańsk: Gdańsk University of Technology Publishers 2009, s. 53–61.
- [13] Badurek J.: *Pamięć przyszłości*. Computerworld, 2005, nr 42/693.
- [14] Badurek J.: *Practical limitations of enterprise IT systems modeling. Applications of information technologies in management*. Ed. J. Kałkowska. Poznań: Publishing House of Poznan University of Technology 2010, p. 17–24.
- [15] Badurek J.: *Telepraca*. Computerworld, 2002, nr 33/541.
- [16] Baldegger R.: *Management in a Dynamic Environment, Concepts, Methods and Tools*. Wiesbaden: Springer-Gabler Science+Business Media 2012.
- [17] Beck R.: *The Network(ed) Economy. The Nature Adoption, Diffusion of Communications Standards*. Wiesbaden: DUV, Springer Science+Business Media 2006.
- [18] Betz F.: *Managing Technological Innovation. Competitive Advantage from Change*. Hoboken: John Wiley & Sons 2011.
- [19] Biehler J., Fane B.: *3D Printing with Autodesk*. Indianapolis: Que Publishing, Pearson Education 2014.
- [20] Boehm B.: *Software Cost Estimation with COCOMO II*. New York: Prentice Hall 2000.
- [21] Borangiu T., Thomas A., Trentesaux D.: *Service Orientation in Holonic and Multi-Agent Manufacturing Control*. London: Springer 2012.
- [22] Borda M.: *Fundamentals in Information Theory and Coding*. Berlin: Springer 2011.
- [23] Brewster E., Griffiths E., Lawes A., Sainsbury J.: *IT Service Management: A Guide for ITIL Foundation*. Swindon: British Informatics Society Ltd (BISL) 2012.
- [24] Brown P.C.: *Architecting Complex Event Processing Solutions with Tibco*. Harlow: Pearson Education Ltd 2013.

- [25] Brzeziński M. (red.): *Organizacja i sterowanie produkcją*. Warszawa: A.W. Placet 2002.
- [26] Cameron E., Green M.: *Making Sense of Change Management a Complete Guide to the Models, Tools and Techniques to Organizational Changes*. Philadelphia: Kogan Page Ltd 2012.
- [27] Canetta L.: *Digital Factory for human-oriented production systems*. London: Springer 2011.
- [28] Castells M.: *The Rise of the Network Society. The Information Age, Economy, Society, and Culture*. Chichester: John Wiley & Sons 2010.
- [29] Chaffey D.: *E-Business and E-Commerce Management*. Harlow: Pearson Education Ltd 2007.
- [30] Chajtman S.: *Systemy i procesy informacyjne*. Warszawa: Państwowe Wyd. Ekonomiczne 1986.
- [31] Chalmers A., Zányi E.: *Real Virtuality. Emerging technology for virtually recreating reality*. Coventry: Becta, International Digital Laboratory, University of Warwick 2009.
- [32] Chatfield T.B.: *The Complete Guide to Wikis*. Ocala: Atlantic Publishing Group 2009.
- [33] Chemuturi M.: *Requirements Engineering and Management for Software Development Projects*. New York: Springer Science+Business Media 2013.
- [34] Chrissis M.B.: *CMMI@: Guidelines for Process Integration and Product Improvement*, 2nd ed. Boston: Addison Wesley Professional 2006.
- [35] Cicarelli P., Faulkner C., Fitzgerald J., Dennis A., Groth D., Skandier T., Miller F.: *Networking Basics*. Hoboken: John Wiley & Sons, 2012.
- [36] Cobit 4.0: *Control Objectives Management Guidelines Maturity Models*. Rolling Meadows: IT Governance Institute, Vienna: KPMG 2005.
- [37] Collier D.A., Evans J.R.: *Operations Management an Enhanced User Experience*. Mason: South-Western Cengage Learning 2012.
- [38] Cox J.F. III, Schleier J.G.Jr.: *Theory of Constraints, Handbook*. New York: McGraw-Hill 2010.
- [39] Czerska M., Rutka R.: *Ryzyko ewaluacyjne na stanowiskach programistów w przedsiębiorstwach sektora IT. W: Determinanty potencjału rozwojowego organizacji*. Red. A. Stabryła, K. Woźniak. Seria wydawnicza *Encyklopedia Zarządzania*. Kraków: Fundacja Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Mfiles.pl 2012, s. 185–193.
- [40] D’Mello S., Graesser A., Schuller B., Martin J. (eds.): *Affective Computing and Intelligent Interaction, 4th International Conference ACII 2011, Memphis, TN USA, Proceedings Part II, October 2011*. New York: Springer 2011.
- [41] Daft R.L., Murphy J., Willmott H.: *Organization, Theory and Design*. Andover: Cengage Learning EMEA 2010.
- [42] Date C.J.: *SQL and the relational theory*. Sebastopol: O’Reilly Media Inc. 2009.
- [43] Davis A.: *Enterprise Resource Planning Under Open Source Software. Enterprise Information Systems, Concepts, Methodologies, Tools and Applications*. Ed. K. Klingler. Chapter 3.14. Hershey: IGI Global 2011, p. 776–794.
- [44] Devezas T.C. (ed.): *Kondratieff Wawes, Warfare and World Security*. Fairfax: IOS Press Inc. 2006.
- [45] Dijk van J.: *The Network Society*. London: SAGE Publications Ltd 2012.
- [46] Domingue J., Fensel D., Hendler J.A. (eds.): *Handbook of Semantic Web Technologies*. Berlin: Springer 2011.
- [47] *Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej*: L342/59, Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1223/2009, 30 listopada 2009, dotyczące produktów kosmetycznych. Luksemburg: Urząd Oficjalnych Publikacji Wspólnot Europejskich 2009.
- [48] Eisner H.: *Essentials of Project and Systems Engineering Management*. Hoboken: John Wiley & Sons 2008.
- [49] ElMaraghy H.A. (ed.): *Enabling Manufacturing Competitiveness and Economic Sustainability*. New York: Springer 2012.
- [50] Evdokimov S., Fabian B., Günther O.: *RFID and the Internet of Things, Technology, Applications and Security Challenges*. Hanover: Publishers Inc. 2011.
- [51] Farr J.V.: *Systems Life Cycle Costing, Economic Analysis, Estimation and Management*. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group 2011.
- [52] Fensel D., Facca F.M., Simperl E., Toma I.: *Semantic Web Services*. Berlin: Springer 2011.

- [53] Fertsch M., Pawlewski P.: Comparison of process simulation software technics. In: *Modelling of modern enterprises logistics*, monograph. Eds. M. Fertsch, K. Grzybowska, A. Stachowiak. Poznań: Publishing House of Poznan University of Technology 2009, s. 189–200.
- [54] Finkenzeller K.: *RFID Handbook, Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards*. Chichester: John Wiley & Sons 2010.
- [55] Floridi L.: Is semantic information meaningful data. *Philosophy and Phenomenological Research*. International Phenomenological Society, 2005, vol. LXX, no 2.
- [56] Friedenberg J.D., Silverman G.W.: *Cognitive Science: An Introduction to the Study of Mind*. Thousand Oaks: Sage Publications Inc. 2011.
- [57] Fulekar M.H.: *Bioinformatics, applications in life and environmental sciences*. New York: Springer 2009.
- [58] Gabrielli M., Martini S.: *Programming Languages: Principles and Paradigms*. London: Springer 2010.
- [59] Ganesarethiram H.V.: *Oracle Application Integration Architecture (AIA) Foundation*. Birmingham: Pact Publishing Ltd 2012.
- [60] Giachetti R.E.: *Design of Enterprise Systems – Theory, Architecture and Methods*. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group 2010.
- [61] Gillman D.W.: The nature of data. Joint UNECE/Eurostat/OECD work session on statistical metadata (METIS) – Geneva, Bureau of Labor Statistics. New York, 3–5 April 2006.
- [62] Goel A.: *Computer Fundamentals*. New Delhi: Dorling Kindersley Licensees of Pearson Education 2010.
- [63] Grajewski P.: Uwarunkowania implementacji procesów do organizacji. *Prace Nauk. Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*. Red. S. Nowosielski. Podejście procesowe w organizacjach, 2009, nr 52, s. 381–388.
- [64] Grey R.M.: *Entropy and Information Theory*. London: Springer 2011.
- [65] Grudzewski W.M., Hejduk I.K.: *Przedsiębiorstwo przyszłości. Zmiany paradygmatów zarządzania*. *Master of Business Administration 1/2011 (116)*: Warszawa: Akademia Leona Koźmińskiego, s. 95–111.
- [66] Grudzewski W.M., Hejduk I.K.: *Trust Management in Virtual Work Environments: A Human Factors Perspective*. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group 2008.
- [67] Grudzewski W.M., Hejduk I.K.: *Zarządzanie technologiami, zaawansowane technologie i wyzwanie ich komercjalizacji*. Warszawa: Diffin 2008.
- [68] Grudzewski W.M., Rosłanowska-Plichcińska K.: *Application of Dimensional Analysis in Economics*. Amsterdam: IOS Press BV 2013.
- [69] Hill C.W.L., Jones G.R.: *Strategic Management Theory*. Mason: South-Western Cengage Learning 2010.
- [70] Hinde D.: *Prince2 Study Guide. Foundation Certification*. Chichester: John Wiley & Sons 2012.
- [71] Howard P.: *Data Migration*. London: Bloor Research 2011.
- [72] Hu F.: *Cyber-Physical Systems, Integrated Computing and Engineering Design*. Boca Raton: Taylor & Francis Group 2013.
- [73] IFPUG: *The IFPUG Guide to IT and Software Measurement*. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group 2012.
- [74] IMS: *Intelligent Manufacturing Systems. Impact Report (Full Report), History and Achievements of Phase I*. Gaithersburg: IMS, U.S. Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology 2005.
- [75] ISO/IEC 14977: *International Standard, Information Technology – Syntactic Metalanguage – Extended BNF*. Geneva: ISO 1996.
- [76] Jasiński Z.: *Podstawy zarządzania operacyjnego*. Kraków: Oficyna Ekonomiczna 2005.
- [77] Jeschke S., Isenhardt I., Henning K.: *Automation, Communication and Cybernetics in Science and Engineering*. New York: Springer 2011.
- [78] Jones P., Robinson P.: *Operations Management*. Oxford: Oxford Univeristy Press 2012.
- [79] Kaur R., Sengupta J.: *Software Process Models and Analysis on Failure of Software Development Projects*. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 2011, vol. 2, issue 2, s. 1–4.

- [80] Kerzner H.R.: *Project Management a Systems Approach to Planning, Scheduling and Controlling*. Hoboken: John Wiley & Sons 2013.
- [81] Khan W.A., Rauf A., Cheng K.: *Virtual Manufacturing*. New York: Springer 2011.
- [82] Kisielnicki J.: Information and knowledge management as a new phase in management theory. *Foundations of Management. International Journal*, 2009, vol. 01, no 01, s. 19–29
- [83] Kizza J.M.: *Ethical and Social Issues in the Information Age*. London: Springer 2013.
- [84] Ko R.K.L., Lee S.S.G., Lee E.W.: Business process management (BPM) standards, a survey. *Business Process Management Journal*, 2009, vol. 15, no 5, s. 744–791.
- [85] Koren Y.: *The Global Manufacturing Revolution*. Hoboken: John Wiley & Sons 2010.
- [86] Kouns J., Minoli D.: *Information Technology Risk Management in Enterprise Environments: A Review of Industry Practices and a Practical Guide to Risk Management Teams*. Hoboken: John Wiley & Sons 2010.
- [87] Krogstie J.: *Model-Based Development and Evolution of Information Systems – A Quality Approach*. London: Springer 2012.
- [88] Kubiak B.F., Korowicki A.: Rola potencjału intelektualnego w doskonaleniu zarządzania wiedzą. *Seria Studia i Materiały*, nr 13. Bydgoszcz: Polskie Stowarzyszenie Zarządzania Wiedzą 2008, s. 113–120.
- [89] Kühnle H. (ed.): *Distributed manufacturing, paradigm, concepts, solutions and examples*. New York: Springer 2010.
- [90] Kunz A.: *SAP Legacy System Migration Workbench LSMW*. Gleichen: Espresso Tutorials GmbH 2014.
- [91] Lalanda P., McCann J.A., Diaconescu A.: *Autonomic Computing, Principles, Design and Implementation*. London: Springer 2013.
- [92] Lankhorst M.: *Enterprise Architecture at Work, Modelling, Communication and Analysis*. London: Springer 2012.
- [93] Lech P.: *Zintegrowane systemy zarządzania ERP/ERP II: charakterystyka, wykorzystanie w biznesie, wdrażanie*. Warszawa: Difin 2003.
- [94] Lehman M.M.: Metrics and laws of software evolution – the nineties view. *Proceedings of the 4th International Software Metrics Symposium (METRICS '97)*, IEEE, November 5–7. Albuquerque 1997, s. 20–32.
- [95] Leleur S.: *Complex Strategic Choices, Applying Strategic Planning for Strategic Decision Making*. London: Springer 2012,
- [96] Lessem R., Schieffer A.: *Transformation management, towards the integral enterprise*. Burlington: Ashgate Publishing Company 2009.
- [97] Levi D.: *Group Dynamics for Teams*. Thousand Oaks: Sage Publications Inc. 2011.
- [98] Li L.: *Supply Chain Management, Concepts, Techniques and Practices, Enhancing the Value Through Collaboration*. Danvers: World Scientific Pub Co. Pte. Ltd 2007.
- [99] Lipson H., Kurman M.: *Fabricated The New World of 3D Printing*. Indianapolis: John Wiley & Sons 2013.
- [100] Loh P.: *Future of Innovation and Enterprise*. Singapore: Knowledgeworks Consultants 2007.
- [101] Luo Z.: *Smart Manufacturing Innovation and Transformation – Interconnection and Intelligence*. Hershey: IGI Global 2014.
- [102] Mandelbaum J., Hermes A., Parker D., Heather W.: *Value Engineering Synergies with Lean Six Sigma, Combining Methodologies for Enhanced Results*. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group 2012.
- [103] Marciniak S.: *Makro- i mikroekonomia – podstawowe problemy*. Warszawa: Wyd. Naukowe PWN 2008.
- [104] Marek S., Białasiewicz M.: *Podstawy nauki o organizacji*. Warszawa: PWE 2008.
- [105] Matthes D.: *Enterprise Architecture Frameworks Kompendium*. New York: Springer 2011.
- [106] McCall A.: *Measuring the business of value mobility, a model for determining return on investment in mobile workforces*. Ann Arbor: ProQuest Information and Learning Company 2007.
- [107] McCool J.: *Using the Weibull Distribution, Reliability, Modeling and Inference*. Hoboken: John Wiley & Sons 2012.

- [108] McTear F.M., Callejas Z.: *Voice Application Development for Android*. Birmingham: Pact Publishing 2013.
- [109] Metodi T.S., Faruque A., Chong F.T.: *Quantum Computing for Computer Architects*. San Rafael: Morgan & Claypool Publishers 2011.
- [110] Millett S.M.: *Managing the Future – A Guide to Forecasting and Strategic Planning*. Axminster: Triarchy Press, Station Offices 2011.
- [111] Moeller R.: *Executive's Guide to IT-Governance – Improving Systems Processes wit Service Management, COBIT and ITIL*. Hoboken: John Wiley & Sons 2013.
- [112] Mohapatra S.: *Business Process Reengineering, Automation Decision Points in Process Reengineering*. New York: Springer Science+Business Media 2013.
- [113] Mozgovoy M.: *Algorithms, languages, automata an compilers*. London: Johns & Bartlet Publishers International 2010.
- [114] Musharavati F.: *Process Planning Optimization in Reconfigurable Manufacturing Systems*. Boca Raton: Dissertation.com 2008.
- [115] Nair M.: *Strategic Business Transformation*. Hoboken: John Wiley & Sons 2011.
- [116] Nansi S., Silvius G.: *Enterprise IT Governance, Business Value and Performance Measurement*. Hershey: IGI Global 2011.
- [117] Negenborn R.R., Lukszo Z., Hellendoorn H. (eds.): *Intelligent Infrastructures. Intelligent Systems, Control and Automation, Science and Enginnering*. New York: Springer 2010.
- [118] Nogalski B., Dunal A.: Zarządzanie poprzez wartości w procesie zmian kulturowych. Studium przypadku przedsiębiorstwa produkcyjnego. *Zarządzanie i Finanse Journal of Management and Finance*, 2012, nr 4, t. II.
- [119] Nogalski B., Niewiadomski P.: Koncepcja oceny dostawcy w elastycznym zakładzie wytwórczym – strategiczna perspektywa sukcesu. *Zarządzanie i Finanse Journal of Management and Finance*, 2013, nr 4, t. II.
- [120] Pacek J.: Uwolnić informację. *Biuletyn Stowarzyszenia Bibliotekarzy Polskich*, 2009, nr 1(201).
- [121] Pacholski L., Cempel W., Pawlewski P.: *Reengineering. Reformowanie procesów biznesowych i produkcyjnych w przedsiębiorstwie*. Poznań: Wyd. Politechniki Poznańskiej 2009.
- [122] Pacholski L., Malinowski B., Niedźwiedz S.: *Procesowe strukturalne i kooperacyjne aspekty innowacyjności organizacyjnej przedsiębiorstw*. Poznań: Wyd. Politechniki Poznańskiej 2011.
- [123] Pacholski L.: *Human Factors and Well-Balanced Improvement of Engineering. Advances in Social and Organizational Factors*, Chapter 31, Ed. P. Wink. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group 2012, s. 288–297.
- [124] Palachaud C. (ed.): *Emotion-Oriented Systems*. Hoboken: John Wiley & Sons 2013.
- [125] Pan J.S., Chen S.M., Nguyen N.T. (eds.): *Intelligent Information and Database Systems, 4th Asian Conference, ACIIDS, March 2012, Taiwan, Proceedings Part I*. New York: Springer 2012.
- [126] Perechuda K.: *Zarządzanie wiedzą w przedsiębiorstwie*. Red. K. Perechuda. Warszawa: Wyd. Naukowe PWN 2005.
- [127] Pham D.T., Eldukhri E.E., Soroka A.J. (eds.): *Intelligent production machines and systems*. San Diego: Elsevier Inc. 2005.
- [128] Picot A., Reichwald R., Wigand R.: *Information Organization and Management*. Berlin: Springer 2008.
- [129] Plugge A.: *Managing Change in IT Outsourcing: Towards a Dynamic Fit Model (Technology, Work and Globalization)*. New York: Palgrave Macmillan 2012.
- [130] Porter A.L., Cunningham S.W.: *Tech Mining Exploiting New Technologies for Competitive Advantage*. Hoboken: John Wiley & Sons 2005.
- [131] Poslad S.: *Ubiquitous Computing, Smart Devices, Environments and Interactions*. Chichester: John Wiley & Sons 2009.
- [132] Potocki A. (red.): *Komunikacja w procesach zarządzania wiedzą*. Kraków: Wyd. Fundacji Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie 2011.
- [133] Pries K.H., Quigley J.M.: *Total Quality Management for Project Management*. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group 2013.

- [134] Ramnath S., Dathan B.: *Object-Oriented Analysis and Design*. London: Springer 2011.
- [135] Reese R.J.: *Troux Enterprise Architecture Solutions*. Birmingham: Pact Publishing Ltd 2010.
- [136] Robertson P.L., Jacobson D.: *Knowledge Transfer and Technology Diffusion*. Northampton: Edward Edgar Publishing Inc. 2011.
- [137] Roederer J.G.: *Information and Its Role in Nature*. New York: Springer 2005.
- [138] Rutka R., Wróbel P. (red.): *Organizacja zachowań zespołowych*. Warszawa: PWE 2012.
- [139] Salatino M., Aliverti E.: *jBPM5 Developer Guide*. Birmingham: Pact Publishing Ltd 2012.
- [140] Schmidt R.: *Software Engineering, Architecture-Driven Software Development*. Waltham: Elsevier Inc. 2013.
- [141] Schwaninger M.: *Intelligent Organizations, Powerful Models for Systemic Management*. Berlin: Springer 2009.
- [142] Seear D.J.: *ISO 9001, Audit Trail. A Practical Guide to Process Auditing Following an Audit Trail*. Bloomington: Author House 2012.
- [143] Seel P.B.: *Digital Universe, the Global Telecommunication Revolution*. Chichester: John Wiley & Sons 2012.
- [144] Sen R.P.: *Operations Research – Algorithms and Applications*. New Delhi: PHI Learning Private Limited 2010.
- [145] Shelly G.B., Frydenberg F.: *Web 2.0 Concepts and Applications*. Boston: Course Technology Cengage Learning 2011.
- [146] Silberschatz A.: *Operating System Concepts 8th ed.* New York: John Wiley & Sons 2004.
- [147] Smith D.: *Reliability Maintainability and Risk, Practical Methods for Engineers*. Waltham: Elsevier Ltd Butterworth-Heinemann 2011.
- [148] Snyder C.S.: *A User's Manual to the PMBOK Guide*. Hoboken: John Wiley & Sons 2013.
- [149] Southehal P.H.: *A Measurement Framework for Software Projects*. Bloomington: Trafford Publishing 2011.
- [150] Stabryła A. (red.): *Koncepcje zarządzania współczesnym przedsiębiorstwem. Seria wydawnicza Encyklopedia Zarządzania*. Kraków: Fundacja Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Mfiles.pl 2010.
- [151] Stabryła A., Woźniak K.: *Determinanty potencjału rozwojowego organizacji*. Red. A. Stabryła, K. Woźniak. Seria wydawnicza Encyklopedia Zarządzania. Kraków: Fundacja Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Mfiles.pl
- [152] Stark J.: *Product Lifecycle Management, 21st Century Paradigm for Product Realisation*. London: Springer 2011.
- [153] Stewart R.B.: *Value Optimization for Project and Performance Management*. Hoboken: John Wiley & Sons 2010.
- [154] Strassmann P.: *Measuring and Evaluating the Productivity of U.S. Corporate Information Management*. Washington: The U.S. Military Academy, West Point N.Y. 1999.
- [155] Sundar D.: *Software Engineering*. New-Delhi: University Science Press, Laxmi Publications Pvt. Ltd 2010.
- [156] Sutherland J.: *Scrum Handbook*. Somerville: Scrum Training Institute Press 2010.
- [157] Tadeusiewicz R.: *Biocybernetyka – metodologiczne podstawy dla inżynierii biomedycznej*. Warszawa: Wyd. Naukowe PWN 2013.
- [158] Tao F., Zhang L.: *Resource Service Management in Manufacturing Grid System*. Hoboken: John Wiley & Sons 2012.
- [159] Telang A.D., Telang A.: *Comprehensive Maintenance Management, Policies, Strategies and Options*. New Delhi: PHI Learning Private Ltd 2010.
- [160] Tiwary M., Harding A.J.: *Evolutionary Computing in Advanced Manufacturing*. Hoboken: John Wiley & Sons 2011.
- [161] *Togaf: The Open Group Architecture Framework*. Berkshire: The Open Group, Reading 2009.
- [162] Tourlakis G.: *Theory of Computation*. Hoboken: John Wiley & Sons 2012.
- [163] Trzcieleński S., Królas P.: *Risk in Agile Management Enterprise. Management, Concepts, Strategies and Structures*. Ed. S. Trzcieleński. Monograph, chapter III, Poznań: Publishing House of Poznan University of Technology 2010, s. 31–40.

- [164] Trzcieliński S.: Chosen methods supporting enterprise's agility. *Advances in Ergonomics in Manufacturing*. Eds S. Trzcieliński, W. Karwowski. Section I, Human Oriented Organization, chapter 2. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group 2013, s. 13–22.
- [165] Tsui F., Karam O.: *Essentials of Software Engineering*. Mississauga: Jones and Bartlett Publishers 2011.
- [166] Unold J.: Efektywność zarządzania informacją w świetle typologii problemów decyzyjnych. *Zesz. Nauk. Wyższej Szkoły Bankowej we Wrocławiu*. Wrocław 2011, nr 27, s. 135–155.
- [167] Van't Wout J.: *The Integrated Architecture Framework Explained*. New York: Springer 2010.
- [168] Velte A.T.: *Cloud Computing a practical approach*. New York: McGraw-Hill 2009.
- [169] Wang L., Koh S.C.L. (eds.): *Enterprise Networks and Logistics for Agile Manufacturing*. New York: Springer 2010.
- [170] Waters D.: *Operations Management, Producing Goods and Services*. Harlow: Pearson Education Ltd 2002.
- [171] Weinmann J.: *Clodonomics. The Business Value of Cloud Computing*. Hoboken: John Wiley & Sons 2013.
- [172] Welfens P.J.J.: *Innovations in Macroeconomics*. London: Springer 2011.
- [173] Wohlers Report: *Additive Manufacturing and 3D Printing State of the Industry Annual Worldwide Progress Report*. Fort Collins: Wohlers Associates, Inc. 2013.
- [174] Wrycza S. (ed.), Lenart A.: *Research in Systems Analysis and Design, Models and Methods, ERP in the Colud – Benefits and Challenges*. 4th SIGSAND/PLAIS Euro Symposium, Gdańsk, September. New York: Springer 2011, s. 39–50.
- [175] Wyrwicka M.K.: Care for Human as a Factor of the Productivity in the 21st Century. In: *Foundations of Control and Management Sciences*, no. 8. Editor in Chief L. Pacholski. Poznań: Poznan University of Technology 2007, s. 77–86.
- [176] Yami S., Castaldo S., Dagnino G.B., LeRoy F. (eds.): *Coopetition, winning strategies for the 21st century*. Northampton: Edward Elgar Publishing Inc. 2010.
- [177] Zawadzka L., Badurek J., Łopatowska J.: *Inteligentne systemy produkcyjne. Ewolucja i problemy organizacji projektów informatycznych*. Gdańsk: Wyd. Politechniki Gdańskiej 2010.
- [178] Zawadzka L., Badurek J., Łopatowska J.: *Inteligentne systemy produkcyjne. Algorytmy, koncepcje, zastosowania*. Gdańsk: Wyd. Politechniki Gdańskiej 2012a.
- [179] Zawadzka L., Badurek J., Łopatowska J.: *Inteligentne systemy produkcyjne. Modele interdyscyplinarne*. Gdańsk: Wyd. Politechniki Gdańskiej 2012b.
- [180] Zimmermann R.E., Nafria J.M.D.: *Emergence and Evolution of Meaning, The General Definition of Information (GDI) Revisiting Program – Part I. The Progressive Perspective, Top-Down*. Information, 3(3). Basel: MDPI Institute 2012, s. 472–503.
- [181] Zymonik Z.: *Koszty jakości w zarządzaniu przedsiębiorstwem*. Wrocław: Oficyna Wyd. Politechniki Wrocławskiej 2003.

PRZEDSIĘBIORSTWO INFORMACYJNE SYSTEMY PRODUKCYJNE NOWEJ GENERACJI

W monografii wyspecyfikowano przedsiębiorstwo informacyjne jako centrum systemów produkcyjnych nowej generacji i zaproponowano metodę zarządzania nim, tak aby jej stosowanie zwiększało wielodzielzinową efektywność systemu (ekonomiczną, organizacyjną i techniczną).

W **rozdziale pierwszym** zdefiniowano i zinterpretowano grupę pojęć podstawowych, w szczególności związanych z informacyjnym modelem przedsiębiorstwa, w kontekście wieloaspektowego ujęcia organizacji oraz zarządzania jako przetwarzania informacji. Zdefiniowano Systemy Produkcyjne Nowej Generacji (SPNG) jako samouczące się bioorganizacje sieciowo-wirtualne o charakterze holoniczno-fraktalnym. Podkreślono rolę paradygmatu obiektowego w rozważanym obszarze oraz określono genezę przedmiotowych systemów.

Tematyka **rozdziału drugiego** wychodzi od numerycznie rozumianego pojęcia informacji w celu sprecyzowania charakterystyki przedsiębiorstwa informacyjnego oraz jego otoczenia – modelowanych warstwowo. Zaproponowano tu również kryteria określające poziomy informacyjności społeczeństwa, podkreślając znaczenie megatrendu rozwojowego, jakim jest wirtualizacja. Zwrócono uwagę na podobieństwa między dobrami cyfrowymi i publicznymi.

W **rozdziale trzecim** poddano analizie system operacyjny przedsiębiorstwa i jego odpowiedniki aplikacyjne. Zaproponowano organizacyjne odpowiedniki praw inżynierii softwarowej i wskazano analogie między sferą zarządzania oraz informatyką. Rozważono algorytmy związane z centrum zarządzania zasobami przedsiębiorstwa, pokazując systemowo-obiektowy charakter przedsiębiorstwa informacyjnego.

Punktem wyjścia dla rozważań zawartych w **rozdziale czwartym** są technologie dyfuzyjne, istotne dla podniesienia strategicznej prognozowalności rozwoju informatyki. Odniesiono się do paradoksu produktywności technologii informacyjnych. Wskazano przyczyny wzrostu znaczenia procesów integracyjnych i problemy z nimi związane. Zaproponowano też możliwości optymalizacji procesów migracyjnych oraz ryzyk projektowych.

Zagadnienia optymalizacji systemów informacyjnych w przedmiotowym obszarze rozwinięto w **rozdziale piątym**. Wyróżniono przy tym techniczne i pozatechniczne czynniki optymalizacji, akcentując znaczenie tych ostatnich dla efektywnego łączenia technologii z naturalną inteligencją człowieka. Przedstawiono modele inżynierii wartości dla pomiaru efektywności wdrożeń informatycznych. Ostatnia część rozdziału dotyczy referencyjnych modeli ładu korporacyjnego.

Rozdział szósty podejmuje zagadnienia nurtów rozwojowo-aplikacyjnych IT w SPNG. Za punkt wyjścia przyjęto tu model rozwoju systemów wytwórczych oparty na ich generacyjności. Aplikacje środowiska przemysłowego powiązано ze sferą IT oraz wykładem osobowo-organizacyjnym. Końcowa część rozdziału dotyczy charakterystyki stanowiska pracy przedsiębiorstwa informacyjnego.

Monografię zamyka **podsumowanie**, w którym dokonano sumarycznej oceny pracy, wskazując przy tym możliwości kontynuowania badań. Przeglądowo zestawiono cele opra-

cowania i uzyskane wyniki oraz istotne wnioski i tezy, uwzględniając ich znaczenie teoretyczne i praktyczne.

INFORMATION-ORIENTED ENTERPRISE NEW GENERATION MANUFACTURING SYSTEMS

The work specifies an information-oriented enterprise as the center of a new generation of manufacturing systems and proposes a method of management, so that its use increased multidisciplinary system efficiency (economic, organizational and technical). The **first chapter** defines and interprets primary concepts, in particular those related to the information model of the enterprise, in the context of a multi-faceted approach of the organization and management as information processing. New Generation Manufacturing Systems (NGMS) were defined as a self-learning network and virtual bioorganization with holonic-fractal character. The role of the object-oriented paradigm in the considered area was commented and the origins of the systems identified.

The **second chapter** starts from the numerically understood concept of information, to clarify the characteristics of the information-oriented enterprise and its environment – modeled in layers. In turn, criteria for determining levels of information-oriented society were proposed, stressing the importance of virtualization. Similarities between the digital and public goods were specified.

The **third section** examines the operating system of the company and its application counterparts. Organizational counterparts of software engineering laws in management area are proposed, with parallels between the sphere of management and computer science. Algorithms related to enterprise resource management center were considered, showing the system-object-oriented nature of the information-oriented enterprise.

The starting point of **chapter four** are diffusion technologies, important for the forecasting of strategic IT development. Reference was made to the productivity paradox of information technology. The cause of the growing importance of integration processes and problems associated with them were shown. Ways to optimize the migration processes and project risks were proposed.

Issues of information systems optimization were developed in **chapter five**. With special attention technical and non-technical optimization factors were treated, emphasizing the importance of the latter for effectively combining: technology with natural human intelligence. Value engineering models for measuring the effectiveness of IT implementations were discussed. The last part of the chapter concerns the reference models of corporate governance.

The **sixth chapter** tackles the trends in development of IT applications in NGMS. The starting point was an adopted model of the development of manufacturing systems based on their generations. Applications in the industrial environment were linked to the sphere of IT and organizational- personal dimension. The final part of the chapter concerns the characteristics of the workplace in the information-oriented company.

The work ends with a **summary** in which the possibilities of researches continuity were shown. The objectives of the work and the results obtained were comprised with essential theses, broken down by their theoretical and practical importance.