

Ludmiła Zawadzka  
Jarosław Badurek  
Jolanta Łopatowska

# SYSTEMY PRODUKCYJNE NOWEJ GENERACJI

MODELE  
INTERDYSCYPLINARNE

Ludmiła Zawadzka  
Jarosław Badurek  
Jolanta Łopatowska

# SYSTEMY PRODUKCYJNE NOWEJ GENERACJI

MODELE  
INTERDYSCYPLINARNE

■ Gdańsk 2012

PRZEWODNICZĄCY KOMITETU REDAKCYJNEGO  
WYDAWNICTWA POLITECHNIKI GDAŃSKIEJ

*Janusz T. Cieśliński*

REDAKTOR PUBLIKACJI NAUKOWYCH

*Michał Szydlowski*

RECENZENCI

*Marek Fertsch*

*Leszek Pacholski*

PROJEKT OKŁADKI

*Katarzyna Olszonowicz*

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2009–2012  
jako projekt badawczy nr NN115015237 pt. *Optymalizacja technologii informacyjnych  
w inteligentnych systemach produkcyjnych. Aspekty techniczne i pozatechniczne*

Wydano za zgodą  
Rektora Politechniki Gdańskiej

Oferta wydawnicza Politechniki Gdańskiej jest dostępna pod adresem  
<http://pg.gda.pl/wydawnictwo/oferta>

© Copyright by Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej  
Gdańsk 2012

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

ISBN 978-83-7348-445-0

---

# Spis treści

WSTĘP .....	5
WYKAZ SKRÓTÓW .....	9
Rozdział 1	
POJĘCIA PODSTAWOWE .....	13
1.1. Generacje w modelowaniu rozwoju technologii .....	14
1.2. Wielod dziedzinowość procesów produkcyjnych .....	18
1.3. Obiektowa organizacja systemu wytwórczego .....	22
Rozdział 2	
SYSTEMY PRODUKCYJNE NOWEJ GENERACJI .....	26
2.1. Główne typy ISP .....	26
2.2. Metamodely, modele i metody organizacji systemów produkcyjnych .....	30
2.3. Model przepływu informacji .....	34
Rozdział 3	
FUNKcjONALNO-EKONOMICZNE MIARY OCENY .....	39
3.1. Elastyczność systemu wytwórczego .....	39
3.2. Modele oceny efektywności .....	47
3.3. Miary analizy ekonomicznej .....	52
Rozdział 4	
OTOCZENIE ORAZ ASPEKTY SPOŁECZNE I ZARZĄDZANIA WIEDZĄ W ISP .....	59
4.1. Otoczenie ISP .....	59
4.2. Społeczno-psychologiczne aspekty ISP .....	63
4.3. Polityka personalna i zarządzanie wiedzą .....	67
Rozdział 5	
ARCHITEKTURA TECHNOLOGICZNO-ORGANIZACYJNA .....	74
5.1. Megatrendy rozwoju systemów wytwórczych .....	74
5.2. Wirtualne sieci wytwórcze .....	78
5.3. Holistyczne wartościowanie systemu .....	82
Rozdział 6	
PODSUMOWANIE .....	87
BIBLIOGRAFIA .....	94

---

SPIS RYSUNKÓW .....	98
SPIS TABEL .....	99

---

# Wstęp

Niniejsza praca jest wynikiem realizacji przez autorów trzeciego etapu projektu badawczego nr NN115015237 pt. *Optymalizacja technologii informacyjnych w inteligentnych systemach produkcyjnych. Aspekty techniczne i pozatechniczne*, kierownik Łudmiła Zawadzka, wykonawcy: Jarosław Badurek, Jolanta Łopatowska. Praca jest kontynuacją poprzednich dwóch monografii „Inteligentne systemy produkcyjne – ewolucja i problemy organizacji projektów informatycznych”. [Zawadzka i in., 2010] oraz „Inteligentne systemy produkcyjne – algorytmy, koncepcje, zastosowania” [Zawadzka i in., 2012].

Bazując na wynikach dwóch poprzednich, praca formułuje koncepcje i kierunki rozwojowe ISP oraz wskazuje na przyszłościowe formy systemów wytwórczych nowej generacji NGMS (*Next Generation Manufacturing System*). W szczególności dotyczy to konfrontacji klasycznych oraz innowacyjnych metod organizacji systemów produkcyjnych z uwzględnieniem podejścia bioorganizacyjnego i interdyscyplinarnego, np. holonika, bionika, organizacje wirtualne czy hipertekstowe.

Jednocześnie duże tempo transformacji gospodarczych oraz ich wysoka złożoność powodują, że implementacje w przedsiębiorstwach mają często charakter nie-strukturalny, fragmentaryczny, a wykonywane pod presją czasową i finansową nie przynoszą spodziewanych efektów. W związku z tym istotne jest uporządkowane a jednocześnie holistyczne spojrzenie na przedmiotowe zmiany: od identyfikacji makro- i mikroczynników je wywołujących, poprzez wyspecyfikowanie modeli decyzyjnych zmiany, aż po jej ocenę przy pomocy zdefiniowanych mierników. Stąd ważną przesłanką skłaniającą do podjęcia przedmiotowego problemu jest próba konstruowania interdyscyplinarnych modeli postępowania, uwzględniających zarówno aspekty techniczne jak i pozatechniczne.

W tym celu w **rozdziale 1** zdefiniowano szereg pojęć podstawowych, w szczególności: generacyjności w kontekście modelowania rozwoju technologicznego oraz istotnej dla procesów produkcyjnych cechy interdyscyplinaryzmu modelu. Postawiono tezę, że ISP powinien być sieciowo-wirtualną, samouczącą się bioorganizacją o charakterze holoniczno-fraktalnym i w związku z tym zaproponowano stosowanie paradygmatu obiektowego dla potrzeb organizacji systemów wytwórczych.

W **rozdziale 2** analizie poddano istotne cechy systemów produkcyjnych nowej generacji, klasyfikując typy ISP ze względu na ich cechy główne i pochodne oraz genezę dyscyplinarną: socjologię dla systemów holonicznych, biologię dla bionicz-

nych i matematykę dla fraktalnych. Na tej podstawie zaproponowano interdyscyplinarny model NGMS, a następnie dokonano jego odniesienia do trzech poziomów organizacji systemów produkcyjnych: metamodelowego, modelowego oraz metodycznego (narzędziowego). Wreszcie uszczegółowiono, istotny dla przemysłowych aplikacji IT, model przepływu informacji. Pokazano różnice między funkcjonalnością ISP/NGMS a rozwiązaniami mniej innowacyjnymi, nawiązując do technologii chmurowych (*cloud*) oraz narzędzi inteligencji biznesowej BI (*Business-Intelligence*).

W **rozdziale 3** zaprezentowano modele oceny badanych systemów w aspektach: funkcjonalnym i ekonomicznym w odniesieniu do uwarunkowań praktyki przemysłowej. W tym celu pogrupowano przesłanki stosowania elastycznych rozwiązań produkcyjnych, uwzględniając dwa rodzaje elastyczności, informacyjną i wytwórczą. Zaproponowano szereg miar oceny systemów, m.in. integracji funkcjonalnej i technicznej oraz odnoszących się do różnych typów elastyczności. Modelowo połączono szereg problemów i kryteriów oceny systemu, w szczególności odnosząc się do planowania, projektowania, eksploatacji i harmonogramowania produkcji. Dokonano typizacji ocen, m.in. ze względu na ich cel, zakres czy formę. Podano kryteria klasyfikacyjne dla różnych rodzajów inwestycji przemysłowych, np.: odtworzeniowe, modernizacyjne czy rozwojowe.

**Rozdział 4** został poświęcony otoczeniu ISP oraz społecznym aspektom zarządzania wiedzą. Zbadano tu szereg czynników o charakterze psychologiczno-społecznym, zarówno w wymiarze klient–organizacja, jak i pracownik–organizacja. Pokazano w tym kontekście wielowektorowy model przestrzeni definiującej elementy otoczenia. W ten sposób uzyskujemy podstawy dla definiowania funkcji decyzyjnych niezbędnych dla kształtowania strategii nowoczesnego systemu produkcyjnego. Z kolei zaproponowano klasyfikację czynników społeczno-psychologicznych ograniczających i stymulujących rozwój NMGS. Ostatnią część rozdziału poświęcono powiązaniom polityki personalnej z zarządzaniem wiedzą, odnosząc się do szeregu możliwych rozwiązań w tym obszarze, np. wyszukiwarki federacyjne czy repozytoria eksperckie.

W ten sposób uzyskano uniwersalny punkt odniesienia dla skonstruowania kolejnego interdyscyplinarnego modelu ISP – architektury technologiczno-organizacyjnej, której poświęcony jest **rozdział 5**. Założono przy tym, że przedsięwzięcia projektowo-eksploatacyjne w rozważanej sferze wymagają identyfikacji stanu systemu oraz prognozy jego zmian. Na podstawie analizy tendencji rozwojowych IT zaproponowano ich syntetyczny model składający się z czterech megatrendów: miniaturyzacji, mobilności, sieciowości (*networking*) i wirtualizacji. Z kolei odniesiono je do wymagań w sferze wytwórczej – digitalizacji materii, ergonomizacji, automatyzacji oraz integracji, tworząc paradygmatyczny model ISP/NGMS uwzględniający m.in. bioorganizacyjność i konfigurowalność. Dla referencyjnej implementacji zmian w inteligentnym systemie produkcyjnym zaproponowano model dla jego holistycznego wartościowania VE (*Value Engineering*).

Całość pracy zamyka jej **podsumowanie**, w którym zwrócono uwagę na ograniczenia modelowania rozważanych systemów oraz możliwości ich przewyższania przy pomocy innowacyjnych form organizacyjnych. Jednocześnie sformułowano szereg wniosków i nakreślono kierunki dalszych badań oraz tendencji rozwojowych w praktyce przemysłowej.





---

## Wykaz skrótów

- 3GL – język programowania trzeciej generacji, *Third Generation Language*
- 4GL – język programowania czwartej generacji, *Fourth Generation Language*
- 5GL – język programowania piątej generacji, *Fifth Generation Language*
- ABAP – środowisko programowania SAP, *Advanced Business Application Programming*
- AC – informatyka emocjonalna, *Affective Computing*
- ALARP – tak niskie, jak to rozsądnie praktykownalne, *As Low as Reasonably Practicable*
- AMR – Zaawansowane Badanie Rynku, *Advanced Market Research*
- ARIS – Architektura Zintegrowanych Systemów Informacyjnych, *Architecture of Integrated Information Systems*
- ASUG – amerykańska grupa użytkowników SAP, *Americas' SAP Users' Group*
- B2C – relacja firma-klient końcowy, *Business to Customer*
- BI – środowisko inteligentnych aplikacji gospodarczych, *Business Intelligence*
- BMS – bioniczny system wytwórczy, *Bionic Manufacturing System*
- BNF – metajęzyk gramatyk bezkontekstowych, *Backus-Naur Form*
- BOM – lista materiałów, *Bill of Materials*
- BPEL – język definiowania procesów biznesowych, *Business Process Execution Language*
- BPM – zarządzanie procesami biznesowymi, *Business Process Management*
- BPMN – notacja modelowania procesów biznesowych, *Business Process Modeling Notation*
- BPQL – język zapytań procesów biznesowych, *Business Process Query Language*
- C/S – architektura klient/server, *Client/Server*
- CAD – komputerowo wspomagane projektowanie, *Computer Aided Design*
- CAM – komputerowo wspomagane wytwarzanie, *Computer Aided Manufacturing*
- CC – przetwarzanie chmurowe, *Cloud Computing*
- CI – ciągle doskonalenie, *Continuous Improvement*
- CMfg – wytwarzanie chmurowe, *Cloud Manufacturing*
- CIM – komputerowo zintegrowane wytwarzanie, *Computer Integrated Manufacturing*
- CMMI – zintegrowany model dojrzałości organizacyjnej, *Capability Maturity Model Integration*
- COBIT – kontrolne cele dla technologii informacyjnych i powiązanych, *Control Objectives for Information and related Technology*
- COSO – organizacja wspierająca prawidłowość finansowego kontrolingu i reportingu, *Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission*
- CPM – produktowe dane klientów, *Customer Product Marts*
- CR – ciągle uzupełnianie towarów, *Continuous Replenishment*
- CRM – zarządzanie relacjami z klientami, *Customer Relationship Management*
- CS – obsługa klienta, *Customer Service*
- C/S – klient/serwer, *Client/Server*
- CSS – samoobsługowy serwis klienta, *Customer Self Services*
- CTS – kognitywny system techniczny, *Cognitive Technical System*
- DaaS – projektowanie jako serwis, *Design as a Service*

---

DMS	– rozproszony system wytwórczy, <i>Distributed Manufacturing System</i>
DNC	– bezpośrednie sterowanie numeryczne, <i>Direct Numerical Control</i>
EaaS	– testowanie jako serwis, <i>Experimentation as a Service</i>
EAM	– zarządzanie architekturą przedsiębiorstwa, <i>Enterprise Architecture Management</i>
ECR	– łańcuch dostaw zorientowany na klienta, <i>Efficient Consumer Response</i>
EDI	– elektroniczna wymiana danych, <i>Electronic Data Interchange</i>
EDIFACT	– EDI w administracji, handlu i transporcie, <i>EDI for Administration, Commerce and Transport</i>
ENIAC	– nazwa komputera, <i>Electronic Numerical Integrator and Computer</i>
ER	– efektywne uzupełnianie towarów, <i>Efficient Replenishment</i>
ERP	– system planowania zasobami przedsiębiorstwa, <i>Enterprise Resource Planning</i>
ESM	– społeczne media przedsiębiorstw, <i>Enterprise Social Media</i>
ESP	– Elastyczny System Produkcyjny
FAST	– systemowa technika analizy funkcjonalnej, <i>Function Analysis System Technique</i>
FF	– fabryka fraktalna, <i>Fractal Factory</i>
FMEA	– analiza typów błędów i ich efektów, <i>Failure Modes and Effects Analysis</i>
FMS	– elastyczny system produkcyjny, <i>Flexible Manufacturing System</i>
GTIN	– Globalny Numer Jednostki Handlowej, <i>Global Trade Item Number</i>
HaaS	– sprzęt jako serwis, <i>Hardware as a Service</i>
HACCP	– Analiza Zagrożeń i Krytycznych Punktów Kontroli, <i>Hazard Analysis and Critical Control Points</i>
HMI	– dialog użytkownika z maszyną, <i>Human Machine Interface</i>
HMS	– holoniczny system wytwórczy, <i>Holonic Manufacturing System</i>
HO	orientacja serwerowa, <i>Host Oriented</i>
IaaS	– infrastruktura jako serwis, <i>Infrastructure as a Service</i>
IC	– układ scalony, <i>Integrated Circuit</i>
IMDB	– baza danych w pamięci, <i>In Memory Data Base</i>
INTaaS	– integracja jako serwis, <i>Integration as a Service</i>
IP	– protokół internetowy, <i>Internet Protocol</i>
IRR	– wewnętrzna stopa zwrotu, <i>Internal Rate of Return</i>
ISO	– Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna, <i>International Organization for Standardization</i>
ISP	– Inteligentne Systemy Produkcyjne
IT	– technologia informacyjna, <i>Information Technology</i>
ITIL	– model referencyjny ITSM, <i>IT Infrastructure Library</i>
ITSM	– zarządzanie usługami IT, <i>IT-Service-Management</i>
JiT	– dokładnie na czas, <i>Just in Time</i>
KAM	opiekun kluczowych klientów, <i>Key Account Manager</i>
LCC	– koszt cyklu życia, <i>Life Cycle Costing</i>
LP	– „smukła” produkcja, <i>Lean Production</i>
MaaS	– zarządzanie jako serwis, <i>Management as a Service</i>
MAaaS	– pielęgnacja jako serwis, <i>Maintenance as a Service</i>
MDM	– zarządzanie urządzeniami mobilnymi, <i>Mobile Device Management</i>
MES	– sterowanie systemem wytwórczym, <i>Manufacturing Execution System</i>
MFGaaS	– wytwarzanie jako serwis, <i>Manufacturing as a Service</i>
MOF	– architektura metaobjektowa OMG, <i>Meta Object Facility</i>
MPS	– harmonogramowanie produkcji finalnej, <i>Master Production Scheduling</i>
MRP	– planowanie zasobów materiałowych, <i>Material Requirements Planning</i>
NGMS	– system wytwórczy następnej generacji, <i>Next Generation Manufacturing System</i>
NGT	– technika grupy nominalnej, <i>Nominal Group Technique</i>
NPV	– wartość bieżąca netto, <i>Net Present Value</i>

---

ODF	– otwarta fabryka cyfrowa, <i>Open Digital Factory</i>
OECD	– Organizacja Współpracy Gospodarczej i Rozwoju, <i>Organization for Economic Co-operation and Development</i>
OLAP	– bieżąca analiza danych, <i>OnLine Analytical Processing</i>
OPT	– zoptymalizowana technologia produkcji, <i>Optimized Production Technology</i>
PaaS	– platforma jako serwis, <i>Platform as a Service</i>
PF	– osobisty fabrykator, <i>Personal Fabricator</i>
PIN	– osobisty numer identyfikacyjny, <i>Personal Identification Number</i>
PMBOK	– zbiór wiedzy zarządzania projektami, <i>Project Management Body of Knowledge</i>
PRINCE	– projekty w sterowanym środowisku, <i>PRjects in a Controlled Environment</i>
QRC	– kod szybkiej odpowiedzi, <i>Quick Response Code</i>
RAID	– nadmiarowa macierz niezależnych dysków, <i>Redundant Array of Independent Disks</i>
RAQ	– kwestionariusz oceny ryzyka, <i>Risk Assessment Questionnaire</i>
RAS	– rekonfigurowalny system montażowy, <i>Reconfigurable Assembly System</i>
RDF	– język opisów zasobów danych, <i>Resource Description Framework</i>
RFID	– radioetykiety identyfikacyjne, <i>Radio-Frequency Identification</i>
RMS	– rekonfigurowalny system wytwórczy, <i>Reconfigurable Manufacturing System</i>
ROI	– prosta stopa zwrotu, <i>Return on Investment</i>
SaaS	– oprogramowanie jako serwis, <i>Software as a Service</i>
SCADA	– nadzorcze sterowanie i zbieranie danych, <i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>
SCM	– zarządzanie łańcuchem dostaw, <i>Supply Chain Management</i>
SE	– inżynieria softwarowa, <i>Software Engineering</i>
SI	– System Informacyjny
SIM	– moduł identyfikacji abonenta, <i>Subscriber Identity Module</i>
SIMaaS	– symulacje jako serwis, <i>Simulation as a Service</i>
SOA	– architektura zorientowana serwisowo, <i>Service-Oriented Architecture</i>
SPR	– System Permanentnej Rekrutacji
SSD	– dysk półprzewodnikowy, <i>Solid State Drive</i>
SVMC	– Centrum Zarządzania Wartością SAP, <i>SAP Value Management Center</i>
SWOT	– Siła, Wady, Okazje, Troski, <i>Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats</i>
TAN	– transakcyjny numer autentyfikacyjny, <i>Transaction Authentication Number</i>
TOGAF	– szkielet architektury Otwartej Grupy, <i>The Open Group Architecture Framework</i>
TQM	– kompleksowe zarządzanie przez jakość, <i>Total Quality Management</i>
UML	– zunifikowany język modelowania, <i>Unified Modelling Language</i>
VE	– inżynieria wartości, <i>Value Engineering</i>
VLSI	– bardzo duża skala integracji IC, <i>Very Large Scale Integration</i>
VM	– zarządzanie wartościami, <i>Value Management</i>
VMN	– wirtualna sieć wytwórcza, <i>Virtual Manufacturing Network</i>
VR	– rzeczywistość wirtualna, <i>Virtual Reality</i>
WO	– orientacja webowa, <i>Web-Oriented</i>



## Pojęcia podstawowe

Specyfikacja nowych paradygmatów ekonomiczno-społecznych, implikujących innowacyjne strategie zarządzania, wymaga zbadania fenomenu **generacyjności** rozwoju technologii (p. 1.1). W związku z tym, w rozdziale zaproponowano model operacyjnego cyklu innowacyjnego w otoczeniu strategicznym, tj. z uwzględnieniem makrozależności rzutujących na sferę mikro, tj. poziom przedsiębiorstwa. Sformułowano tezę, że **prognozowanie** postępu technologicznego związane jest z jego punktami nieciągłości, które mają istotne znaczenie dla definiowania kolejnych generacji rozwojowych. Definiując generację technologiczną, jako modelową klasę rozwiązań techniczno-organizacyjnych o podobnych właściwościach stosowanych w podobnych czasie, pokazano ich chronologię w odniesieniu do komputerów. Z kolei na podstawie analizy różnych poziomów innowacyjności (tab. 1.1) sformułowano wniosek dotyczący systemów produkcyjnych nowej generacji (ISP): cechują się one zmianą proporcji między maszynowym przetwarzaniem materii a informacją, na rzecz tej ostatniej.

W dalszej części rozdziału (p. 1.2) zbadano cechę **interdyscyplinarności** procesów produkcyjnych. Jej konsekwencje odzwierciedla np. zmiana profilu informatyki: z nauki inżynierskiej (matematyka stosowana) na wielod dziedzinową, co wskazuje na znaczenie polityki personalnej w rozważanym obszarze (tab. 1.2). Zauważono, że modelowanie ISP napotyka na szereg problemów, które można przyporządkować pięciu kategoriom, związanych m.in. z dyfuzyjnością informatyki oraz paradoksem produktywności IT. W efekcie pokazano, że przezwyciężanie opisanych trudności wymaga podejścia wielod dziedzinowego. Charakterystykę interdyscyplinarizmu pokazano w oparciu o problemocentryzm, holoniczność i metamodelowość (tab. 1.3).

W punkcie 1.3 sformułowano wnioski płynące z analizy trendów badawczych ostatniej dekady w przedmiotowym obszarze. Określono sześć cech istotnych dla nowoczesnych systemów produkcyjnych: sieciowość, wirtualność, samouczenie się, biorganizacyjność, holoniczność, fraktalność. Na tej podstawie pokazano cechy przyszłościowego ISP (tab. 1.4). Z kolei postawiono następujące pytanie badawcze: które z wymienionych cech i w jakim stopniu są istotne dla modelowania ISP i czy można znaleźć dla nich poziom metamodelowy. W odpowiedzi zaproponowano zastosowanie **paradygmatu obiektowego**, znanego w inżynierii softwarowej, ale mającego odniesienia także dla fazy projektowania systemu produkcyjnego oraz podczas jego implementacji. Pokazano model fabryki obiektowej uwzględniający: koncepcję klas, abstrakcję, hermetyzację, dziedziczenie i polimorfizm.

Odrębnego komentarza wymagają pojęcia inteligentnego systemu produkcyjnego (ISP) oraz systemu produkcyjnego (wytwórczego) nowej generacji NGMS (*Next Generation Manufacturing System*). Są one systemami korespondującymi i wykazującymi wiele cech podobnych. Formalne badanie znaczeniowej identity tych terminów

można sprowadzić do dwóch pytań: czy każdy ISP jest systemem nowej generacji NGMS i czy każdy system nowej generacji NGMS jest systemem ISP? Nie każdy system ISP musi być systemem NGMS, ponieważ koncepcja ISP pojawia się wcześniej a NGMS wiąże się z generacyjnością rozważanych systemów, pokazaną odrębnie w niniejszym rozdziale. Istotne w tym kontekście są prace Dagli w tym [Dagli, 1994], gdzie znajdujemy definicję inteligentnego systemu produkcyjnego, związaną głównie z czynnikami bezpośrednio wytwórczymi. W podobnym sensie definiował inteligentne wytwarzanie Hatamura [Hatamura i in., 1993], co mieści te prace w nurcie CAD/CAM/FMS/CIM, a więc akcentującym urządzenia automatyki (robotyki) przemysłowej. Nowszą analizę porównawczą różnych pojęć w tym zakresie, z uwzględnieniem „inteligentnej logistyki”, znajdujemy w pracy [Fertch i in., 2008].

Autorzy niniejszej pracy zastosowali podejście integracyjne i interdyscyplinarne w odniesieniu do ISP, tj. także rozszerzające dotychczasowe badania o aspekty poza-techniczne. Przykładem takiego zjawiska są trudności z przystosowaniem się niektórych pracowników do funkcjonowania we współczesnych systemach produkcyjnych [Waters, 2009]. Jednocześnie zakłada się, że systemy nowej generacji (NGMS) powinny dążyć do ideału ISP.

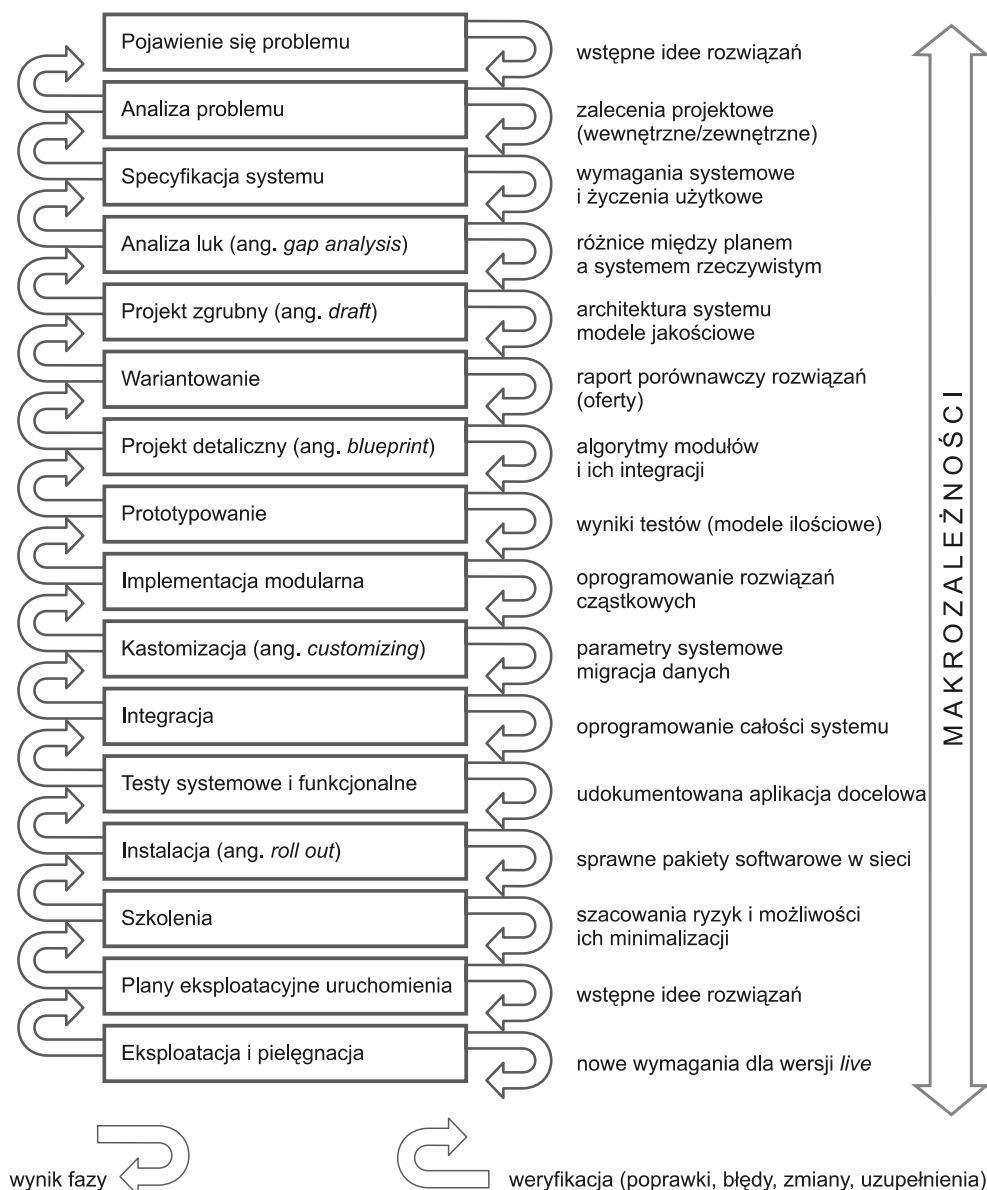
## 1.1. Generacje w modelowaniu rozwoju technologii

Innowacyjność przedsiębiorstwa jest istotnym czynnikiem decydującym o jego konkurencyjności [Bingham, Spradlin, 2011]. Przy czym jej implementacja jest wyzwaniem postrzeganym także jako ryzyko dla działalności operacyjnej firmy. Z drugiej strony, większym zagrożeniem dla niej może być brak innowacyjności, stąd potrzeba modeli dla zarządzania innowacjami. Wymaga to identyfikacji cyklu rozwojowego firmy, co pokazano na rysunku 1.1 w ujęciu kaskadowym (*cascade, waterfall* [Mall, 2004]) w odniesieniu do sfery IT, oraz jego umiejscowienia w cyklach poziomu strategicznego (globalnymi, paradygmatycznymi, megatrendowymi). Zaproponowany model pokazuje, że **nowe paradygmaty ekonomiczno-społeczne implikują innowacyjne strategie zarządzania, które z kolei prowadzą do aplikacji na poziomie operacyjnym w różnych wymiarach** (sprzętowe, użytkowe). Ponadto występuje tu makrosprzężenie zwrotne nowych wymagań i zmian, które przyspiesza opisywane procesy. Charakterystyki rozważanych poziomów innowacyjności pokazano w tabeli 1.1.

Pokazane transformacje organizacyjne nasuwają pytanie o ich prognozowalność. Przewyciężanie związanych z nimi problemów wymaga bowiem tworzenia rozwiązań innowacyjnych, aby zastępować istniejące, mniej efektywne i klasyczne. Z kolei prognozowanie postępu technologicznego wiąże się z jego punktami nieciągłości, które definiują kolejne generacje rozwojowe. Biologiczne i socjologiczne pojęcie generacji (genealogia) ma także swoje analogie w sferze techniki. Pod pojęciem **generacji technologicznej** rozumiemy zatem umowną klasę rozwiązań techniczno-organizacyjnych o podobnych właściwościach stosowanych w podobnym czasie. W odniesieniu do komputerów możemy wyróżnić następujące generacje [Morley, Parker, 2011] ze względu na rodzaj stosowanych w nich układów elektronicznych:

- pierwsza – lampy, np. ENIAC, 1946 rok,
- druga – tranzystory, komputery z pierwszej połowy lat 60.,

- trzecia – układy scalone (IC – *Integrated Circuit*), pierwszy patent w 1959 roku,
- czwarta – IC o bardzo dużym stopniu integracji (VLSI – *Very Large Scale Integration*), np. mikroprocesory stosowane współcześnie.



Rys. 1.1. Operacyjny cykl innowacyjny w otoczeniu strategicznym

Źródło: opracowanie własne



Charakterystyki poziomów innowacyjności

Poziom innowacyjności	Charakterystyka poziomu
Strategiczny (globalne paradygmaty)	heterogeniczna systemowość, gospodarka sieciowa ( <i>network economy</i> ), partnerska współpraca, przedsiębiorstwa wirtualne, struktury rozproszone, telepraca, zdeterminowany chaos, równowaga dynamicznych dysproporcji, inteligentne holony, przyspieszone zmiany, trudнопredictywalne scenariusze rozwojowe, wielowariantowość sytuacji, wzrost złożoności, zależności planetarne, bioorganizacje
Taktyczny (metody zarządzania)	zarządzanie: jakościowe, ekologiczne, zmianą i wiedzą; orientacja na klienta, produkcja „na czas” ( <i>Just in Time</i> ), organizacje tensorowe, elastyczne systemy wytwórcze, inteligentne systemy produkcyjne, podejście nadlerowskie, fabryki fraktalne, aspekty kulturowe i „miękkie” umiejętności, teorie ograniczeń i badania operacyjne, szybkie prototypowanie ( <i>rapid prototyping</i> ), ontologie organizacyjne, modele referencyjne (np. ITIL)
Operacyjny (implementacje przedsiębiorstwa)	integracja hardwarowa, interfejsy softwarowe, dialog człowieka z maszyną, metody sztucznej inteligencji, miniaturyzacja, mobilność, otwartość, wirtualizacja, kompatybilność i standardy, bezpieczeństwo i wiarygodność informacji, bezpośredni i szybki dostęp do danych, sieci bezprzewodowe, robotyzacja i automatyzacja, przyjazność dla użytkownika, przetwarzanie chmurowe ( <i>cloud computing</i> ), systemy wieloagentowe ( <i>multiagent</i> ), sieci semantyczne, architektury ładu korporacyjnego (np. SOA – architektura zorientowana serwisowo)

Źródło: opracowanie własne

Analiza pokazanego schematu rozwojowego pokazuje, że definiowanie generacji technologicznej jest trudne w momencie jej powstawania i definiowalne oraz weryfikowalne dopiero z pewnej perspektywy czasowej. W chwili wystąpienia nowej, a nawet przełomowej technologii nie specyfikujemy w kategoriach (pierwszej) generacji – ta określana jest później – wtedy, gdy pojawia się generacja następna. Te zależności utrudniają początkowo przeprowadzenie syntezy badawczej w rozważanym obszarze, co można zilustrować właśnie przykładem generacyjności technologii elektronicznych: dopiero gdy zaczęto konstruować tranzystorowe maszyny cyfrowe zauważono, że dokonany postęp uprawnia, aby określać je mianem drugiej generacji, w odróżnieniu od wcześniejszej technologii lampowej, która charakteryzowała pierwszą generację sprzętową. Jednocześnie zdefiniowano w ten sposób, co jest podstawą generacyjności komputerów – technologia wytwarzania ich podstawowych elementów elektronicznych. W tym samym momencie dostrzeżono, że przed lampami istniały przekaźniki i formalnie uzupełniono klasyfikację o zerowy numer generacji dla tych urządzeń.

Z drugiej strony, zdajemy sobie sprawę z tego, że po czwartej generacji powinna pojawić się następna, stąd kolejne formalne uzupełnienie: generacja piąta [Goel, 2010]. Tym mianem próbuje się określać (prototypowe) maszyny funkcjonujące z zastosowaniem sztucznej inteligencji przy czym w praktyce zrealizowano fragmenty tej koncepcji. Niekiedy także (zamiennie z terminem „szósta generacja”) mówi się w tym kontekście o alternatywnych czy przyszłościowych technologiach komputerowych (spinotroniczne, optyczne, biologiczne, chemiczne, neuronalne, kwantowe). Podstawowym kryterium definiowania generacji IT (sprzętowo) jest skala integracji ich układów scalonych. Ów rozwój charakteryzuje prawo Moore’a [Zhang, Roosmalen, 2009] wiążące

gęstość upakowania elementów układu scalonego z czasem ich podwajania się, szacowanym na ok. 18–24 miesięcy. Wykładnicze tempo wzrostu technologicznego można zaobserwować także w odniesieniu do innych sfer IT, np. szerokości pasma przenoszenia w sieciach teleinformatycznych czy parametrów pamięci (wewnętrznych, zewnętrznych), co pozwala na jego traktowanie w szerszych kategoriach cywilizacyjnych. Istnieją również ekstrapolacje lub interpretacje prawa na czasy i branże przedelektroniczne, np. motoryzacja [Huff, 2009]. W tym ostatnim przypadku mamy do czynienia z kosztową interpretacją prawa, tj. malejącymi kosztami wytwarzania samochodów. Kosztowa interpretacja prawa Moore’a prowadzi do identyfikacji następujących trendów:

- a) mikroekonomicznego spadku kosztów wytwarzania układów scalonych,
- b) w efekcie ustalania się dla nich nowych *optimów* kosztowo-wytwórczych,
- c) prowadzących do wzrostu sprzedaży układów w skali makroekonomicznej.

Opisanym schematem rozwoju technologii można posłużyć się dla identyfikacji generacyjności systemów produkcyjnych pod warunkiem zdefiniowania jej podstawowego kryterium. Porównanie różnych form systemów produkcyjnych prowadzi do następującego **wniosku**: systemy produkcyjne nowej generacji (ISP) cechują się zmianą proporcji między maszynowym przetwarzaniem materii a informacji, na rzecz tej ostatniej. Opisywany fenomen dotyczy także samego podsystemu wytwórczego systemu produkcyjnego, co pokazuje rosnąca integracja informacyjna jego poziomów:

- a) warstwa fizyczna centrów wytwórczych (elastyczne stanowiska, moduły, gniazda, linie wytwórcze),
- b) sterowniki przemysłowe (skomputeryzowana automatyka elektromechanicznych procesów przemysłowych, np. zrobotyzowane komisjonowanie),
- c) sterowanie całością procesów technicznych (nadzorcza obsługa i obserwacja procesów z wykorzystaniem animacji),
- d) alokacja i śledzenie zasobów wytwórczych w czasie rzeczywistym (przezbieranie linii produkcyjnej, harmonogramowanie minutowe, wskaźniki wydajności maszyn i kontroli jakości),
- e) zarządzanie zasobami przedsiębiorstwa (bazodanowe centrum przedsiębiorstwa, klienci i zlecenia, wyroby i listy części, planowanie produkcji i logistyki, finanse),
- f) fabryka idealna w inteligentnym środowisku ISP (zintegrowane poziomy a–e).

W tak rozumianym systemie produkcyjnym (wytwórczym) nowej generacji mamy do czynienia z transformacją materii przez nadawanie jej nowego kontekstu informacyjnego z wykorzystaniem wspomaganie informatycznego (maszynowe przetwarzanie informacji). Zarówno elastyczność systemu produkcyjnego, jak i wypływająca z niej jego inteligencja jest zatem w znacznej mierze elastycznością i inteligencją informacyjną, co wiąże się z **genezą obecności systemów informatycznych w środowisku produkcyjnym, tj. chęcią opanowywania jego złożoności, dla osiągnięcia *optimów* podczas realizacji celów gospodarczych**.

Tak więc ewolucja ISP powoduje, że produkty pozornie czysto materialne stają się także **dobrem cyfrowym**. W coraz większym stopniu technologia produkcji zakodowana jest w klasycznie wytwórczych systemach CAD/CAM/CIM, ale także organizacyjnych klasy ERP. Ponadto wyrób może wymagać oprogramowania również w jego wnętrzu (*embedded*), a także specyfikacji technologii niezbędnych do jego wykonania,

danych zawierających doświadczenia eksploatacyjne, planów konstrukcyjnych czy informacji marketingowych. W początkowych generacjach systemów produkcyjnych koncentrowano się na optymalizacji procesów materialnych przy pomocy maszyn, co widać na przykładzie przechodzenia stopniowo od urządzeń prostszych do coraz bardziej złożonych i wreszcie dochodzenia do automatów i robotów. Ten proces nadal trwa, a już dziś widać wyraźnie wzrost znaczenia informacji w przetwarzaniu materii. Wartość i efektywność systemu produkcyjnego są w coraz większym stopniu zależne od jego oprogramowania. To ono znacząco decyduje czy wytwarzanie będzie faktycznie elastyczne, zgodnie z ideałem masowej indywidualizacji (*mass customization*), osiągając parametry produkcji seryjnej przy wytwarzaniu jednostkowych wyrobów.

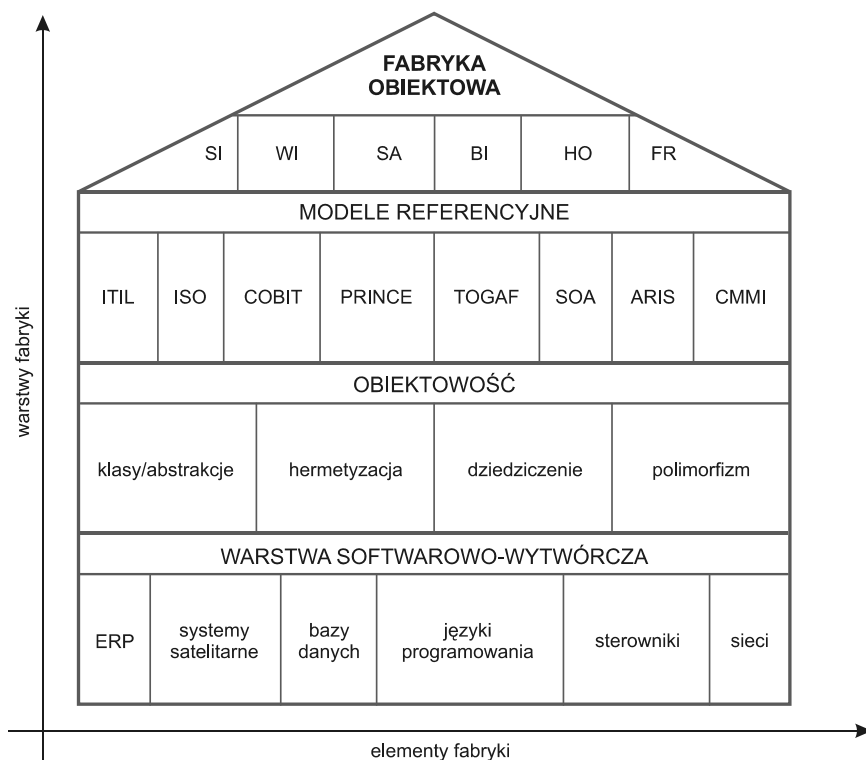
Jednocześnie identyfikacja generacji ESP/ISP nie musi dotyczyć tylko całkowicie nowych, pojedynczych technologii bądź cząstkowych rozwiązaniach. Nowa **jakość systemowa** wynika w znacznej mierze z integracji efektów, wcześniej znanych technologii, które, łącząc się ze sobą, tworzą nowe możliwości. Tak więc badanie ewolucji ISP wymaga modeli integrujących teorię informacji z praktyką gospodarczą, tj. modeli o charakterze interdyscyplinarnym, co pokazuje poniższa charakterystyka pięciu generacji komputerowo wspomaganych systemów wytwórczych według rodzaju stosowanych w nich algorytmów (sprzężeń informacyjnych).

- 1) generacja DNC (*Direct Numerical Control*), od lat 60. XX w., algorytmy bez sprzężenia zwrotnego korespondujące z aplikacjami sekwencyjnymi typu wsadowego (*batch*),
- 2) generacja CAD/CAM, od lat 70. XX w., ograniczone sprzężenie zwrotne charakterystyczne dla wytwarzania wielomodułowego, częściowo równoległego,
- 3) generacja CIM/FMS/ERP, od lat 80. XX w., rozbudowane sprzężenie zwrotne, wytwarzanie wieloprocessowe, integrowane w ramach firmy,
- 4) generacja NGMS (*Next Generation Manufacturing System*), od lat 90. XX w., ograniczone: samoregulacja i inteligencja ISP; multiagentowe wytwarzanie integrowane na partnerskim poziomie międzyfirmowym,
- 5) generacja ODF (*Open Digital Factory*), od roku 2000 (prototypy), algorytmy samouczące się (ideał rozbudowanej inteligencji ISP); rozproszone (*distributed*) wytwarzanie chmurowe (*cloud*), sieci VMN, ontologie i semantyki modelowane referencyjnie.

## 1.2. Wielod dziedzinowość procesów produkcyjnych

Na rysunku 1.2 przedstawiono ewolucję zautomatyzowanych systemów wytwarzania, która pokazuje wzrost ich złożoności, implikujący stosowanie coraz bardziej złożonych modeli. W praktyce modelowanie ISP napotyka na szereg problemów, które można przyporządkować pięciu kategoriom:

- 1) specyfika różnych paradygmatów modelowania,
- 2) konieczność łączenia sfery IT z organizacją i zarządzaniem,
- 3) dyfuzyjność informatyki,
- 4) modelowanie inteligencji (przedsiębiorstwa),
- 5) paradoks produktywności IT.



Rys. 1.2. Model fabryki obiektowej

Źródło: opracowanie własne

**Kategoria pierwsza** obrazuje istnienie co najmniej dwóch konwencji modelowania: opartych na językach sztucznych bądź naturalnym. W praktyce często mamy do czynienia z rozwiązaniami hybrydowymi próbującymi łączyć dwa paradygmaty naukowo-badawcze: aksjomatyczno-dedukcyjny i aposterioryczno-indukcyjny. Charakterystyka pierwszego z nich związana jest z dyscyplinami określanymi potocznie mianem ścisłych, natomiast specyfika drugiego odnosi się głównie do nauk ekonomicznych, a więc również sfery organizacji i zarządzania. Metoda aksjomatyczno-dedukcyjna polega na budowaniu twierdzeń konstruowanych na zasadzie: założenie, teza, dowód. Przy czym z niewielkiej ilości twierdzeń prawdziwych z definicji, tj. pewników, konstruujemy większą ilość twierdzeń wchodzących w skład danej teorii.

Z kolei paradygmat aposterioryczno-indukcyjny oznacza formułowanie sądów ogólnych na podstawie obserwacji zdarzeń szczegółowych. Prognozowanie w takiej sytuacji (sferze gospodarczej) jest trudniejsze z uwagi na występowanie czynnika wolnej woli człowieka. W praktyce modelowania próbuje się zatem łączyć elastyczność naturalizmu językowego z precyzją konwencji sztucznych, co stanowi genę sieci semantycznych (Web. 3.0).

**W kategorii drugiej** mamy do czynienia z informacją, jako czynnikiem integrującym współpracę różnych specjalistów (analityków) czy generalistów występujących w roli integratorów systemów (poziom metajęzykowy). Z drugiej strony możliwe jest

łączenie różnych specjalności przez te same osoby (powstawanie nowych specjalności). **Przykład:** funkcjonowanie robota przemysłowego wymaga konstruktora, który zaprojektuje jego mechanikę, elektronika do układów sterowania, programisty do ich kodowania i ergonomisty do interfejsu człowiek-maszyna. Te cztery profile może łączyć fizycznie jedna osoba: robotyk. Tabela 1.2 odzwierciedla zmianę profilu informatyki z nauki inżynierskiej (matematyka stosowana) na wielod dziedzinową i wskazuje na znaczenie polityki personalnej w rozważanym obszarze.

Tabela 1.2

Przykłady zawodów i specjalności informatycznych

Obszary działalności	Stanowiska
Projektowanie i implementacje sprzętowo-programowe	programista, inżynier teleinformatyki, technik bezpieczeństwa, planista sieci, projektant baz danych, specjalista multimedialny, ekspert internetowy, ergonomista interfejsów, grafik ekranowy, tester, ultraspecjalista, generalista
Analiza systemowa	analityk systemowy, planista systemowy, projektant aplikacji, projektant baz danych/sieci/interfejsów/multimediiów, inżynier wiedzy
Serwis klientów wewnętrznych i zewnętrznych	KAM ( <i>key account manager</i> ), specjalista ds. szkoleń, pracownik serwisowy ( <i>hotline</i> ), inżynier wsparcia ( <i>help-desk supporter</i> IT, sprzedawca (sprzętu, oprogramowania)
Koordynacja i zarządzanie	kierownik informatyki (departamentu, zakładu, działu, projektu, zespołu, serwisu), koordynator jakości IT, audytor informatyczny, specjalista ds. dokumentacji ( <i>technical writer</i> )
Doradztwo i integracja	organizator ERP, integrator systemów, konsultant aplikacyjny, menedżer wiedzy, specjalista hurtowni danych, doradca informatyki gospodarczej, inżynier e-biznesu
Administracja	administrator (sieci, baz danych, konfiguracji, systemu operacyjnego, narzędzi pracy grupowej) <i>webmaster, manager</i> ERP
Aplikacje (zastosowania)	broker informacyjny ( <i>information broker</i> ), właściciel systemu ( <i>owner</i> ), użytkownik kluczowy ( <i>key/power user</i> ), kustomizator ( <i>customizer</i> ), pracownik bezpieczeństwa ( <i>security officer</i> )

Źródło: opracowanie własne

**Kategoria trzecia** odnosi się do fenomenu dyfuzyjności. Dyfuzyjność technologii informatycznych w przedsiębiorstwie możemy zdefiniować jako ich zdolność do przenikania jego wszystkich działów. Pokazana w poprzedniej kategorii integracyjna rola informacji odnosi się także do szeroko rozumianej materii gospodarczej, tj. zarówno obiektów fizycznych (wąsko rozumiana materia), przepływów energetycznych i finansowych oraz parametrów czasoprzestrzennych. Dyfuzyjność IT ma także znaczenie dla planowania projektów w tej sferze: inwestycja informatyczna może być w pełni oceniona dopiero wtedy, gdy jej skutki dotrą do różnych podsystemów przedsiębiorstwa, co wymaga czasu. Jednocześnie mamy tu do czynienia z systemem wszechzwiązków przyczynowo-skutkowych złożonego środowiska informacyjnego. Oznacza to, że nawet niewielkie zmiany logiki dotyczące jedynie fragmentu infrastruktury hardwarowo-sofwarowej mogą pociągać za sobą konieczność poważnych zmian w całości systemu.

Wielod dziedzinowość pojawia się także w kontekście **czwartej kategorii**. Inteligencja ISP wymaga stosowania klasycznie rozumianej algorytmiki, ale także podejść heurystycznych. Już tylko aplikacja specjalizowanego systemu ekspertowego oznacza współpracę techników, inżynierów wiedzy czy właśnie ekspertów dziedzinowych. Kolejne wyzwania dla modelowania inteligencji ISP wiążą się z nowatorskimi formami organizacji przedsiębiorstw. **Przykładowo:** w organizacji hipertekstowej [Warner, Witzel, 2004] jej członkowie mogą dynamicznie łączyć się w zespoły zadaniowe czy procesowe, ale wymaga to zdefiniowania referencyjnych standardów modelowania. W tak rozumianym zespole znajdują się bowiem zarówno pracownicy firmy, jak i jej dostawcy, względnie partnerzy czy klienci.

**Kategoria piąta** odnosi się do ekonomicznego wymiaru modelowania ISP i wiąże z paradoksem produktywności IT [McCall, 2007]. Zjawisko polega na braku, w ogólnym przypadku, jednoznacznej korelacji między nakładami na IT a finansowo mierzalnymi efektami inwestycji. Przewyciężanie tych trudności wymaga uwzględniania podczas modelowania niebezpieczeństwa iluzji statystycznej, tj. kwalifikowania zjawiska jego realnego albo jako efektu niedoskonałych metod pomiarowych czy błędnych interpretacji. Dotykamy tu sfery wartościowania postępu technicznego, a także kontekstowej (nie)mierzalności informacji. Kolejną kwestią są możliwości bądź ograniczenia stosowania klasycznych praw ekonomicznych w gospodarce informacyjnej.

Interpretacja ewolucji z rysunku 1.2 w połączeniu z charakterystykami kategorii problemowych 1–5 implikuje konieczność interdyscyplinarnego (wielod dziedzinowego) podejścia w odniesieniu do przedmiotowej problematyki. Podejście takie odpowiada także charakterystynom (wielod dziedzinowych) procesów współczesnego przedsiębiorstwa, co zilustrujemy dwoma **przykładami** praktyki przemysłowej:

- a) utrzymanie temperatury wyrobu (spożywczego) obejmuje proces przenikający wiele działów przedsiębiorstwa, w szczególności całość łańcucha logistycznego, co oznacza współdziałanie specjalistów z różnych dziedzin; jednocześnie gwarancje utrzymania określonych norm mogą wymagać rozwiązania konfliktów w innych dziedzinach – np. pewne typy drukarek źle tolerują niskie temperatury;
- b) proces optymalizacji kosztów wytwarzania wymaga koordynacji działań między innymi działu zakupów, planowania, magazynowania czy analiz gospodarczych.

Przykład a) odnosi się do fragmentarycznego zagadnienia natomiast b) skojarzony jest z rozbudowanym agregatem finansowym. W każdym przypadku możemy mieć jednak do czynienia z zagadnieniami wymagającymi podejścia wielod dziedzinowego, choćby z uwagi na wszechobecność technik informacyjnych oraz człowieka (zarządzania personelem).

Podejście interdyscyplinarne jest obiecującym kierunkiem naukowo-badawczym oraz aplikacyjnym i doprowadziło do powstania szeregu nowych dyscyplin o charakterystyce wielod dziedzinowej – np. kognitywistyka [Friedenberg, Silverman, 2011], ekonofizyka [Aoyama i in., 2010], bioinformatyka [Fulekar, 2009]. Pojęcie **interdyscyplinarność** (*interdisciplinarity*) używane jest tu zamiennie z „wielod dziedzinowością”, jakkolwiek w literaturze istnieje także termin „wielodyscyplinowość” (*multidisciplinarity*). Ponadto spotykane są takie terminy jak transdyscyplinarność (*transdisciplinarity*) czy *crossdisciplinarity* [Østreng, 2009]. Dosłowne rozumienie takich twierdzeń jak „ergonomia jest dyscypliną wielod dziedzinową” może prowadzić do sprzeczności typu

„dyscyplina wielozdziedzinowa”, niemniej okazały się one pozorne, jeśli zauważymy, że z punktu widzenia (w tym przypadku) ergonomii może traktować ona inne sfery jako (pod)dyscypliny składowe (*subdisciplin*).

Interdyscyplinarystyka oznacza systemowe, elastyczne i otwarte podejście do problemu badawczego, przy czym cechy te odnoszą się także do pojedynczych dziedzin klasycznych. W związku z tym w tabeli 1.3 pokazano jedynie cechy szczególnie charakterystyczne dla wielozdziedzinowości.

Tabela 1.3

Charakterystyka interdyscyplinarystyki

Cecha	Interpretacja cechy	Przykłady
Problemocentryzm	problem determinuje wykorzystywane dyscypliny i metody badawcze	algorytmy heurystyczne w złożonych systemach, korzystające z dorobku genetyki
Holony	podejście „całoczęściowe” (gr. <i>holos</i> = całość, <i>on</i> = część) łączące m.in. bionikę i nauki humanistyczne	aplikacje multiagentowe w zastosowaniach wytwórczych (HMS, <i>Holonic Manufacturing System</i> ) czy ekonomii sieciowej ( <i>network economy</i> )
Metamodelowanie	referencyjne opisy konstruowania modeli w celu uniwersalnej formalizacji modelowania	gramatyka języka (programowania) i jego alfabet/słownik, ontologiczne bazy danych, sieci semantyczne

Źródło: opracowanie własne

### 1.3. Obiektowa organizacja systemu wytwórczego

Analiza trendów badawczych ostatniej dekady, [Brzeziński, 2002], [Pham, 2005], [ElMaraghy, 2012] dotyczących przyszłościowych form systemów produkcyjnych, pozwala na sumaryczne stwierdzenie, że ISP powinien być sieciowo-wirtualną, samouczącą się bioorganizacją o charakterze holoniczno-fraktalnym. Taka specyfikacja skrótowo oddaje najistotniejsze cechy postulowanych form produkcji i pozwala na skojarzenie z nimi większej ilości spotykanych terminów (tab. 1.4). Tabela nie zawiera nowoczesnych form produkcji, których charakterystyki, z definicji, w naturalny sposób związane są głównie z jedną z wymienionych cech, a więc np. systemów holonicznych (HMS) czy bionicznych (BMS). Te systemy zostaną pokazane odrębnie w rozdziale 2. Tabela 1.4 przyporządkowuje różnym odmianom nowoczesnych systemów produkcyjnych sześć wymienionych niżej definicji cech:

- sieciowość (SI) – projektowo i procesowo zorientowane, niehierarchiczne struktury gospodarcze, w których połączenia obiektów (partnerów) są elastyczne, a więc dynamiczne i rekonfigurowalne,
- wirtualność (WI) – zastępowanie materii informacją, w szczególności przez wyizolowanie w systemie warstwy logicznej, jako nadrzędnej w odniesieniu do fizycznej, z wykorzystaniem skojarzonej infrastruktury teleinformatycznej,
- samouczenie się (SA) – przetwarzanie wiedzy (jej kreowanie, modyfikowanie) w celu optymalizacji systemu w oparciu o rozwiązania referencyjne ładu gospodarczego,

- bioorganizacyjność (BI) – przenoszenie ideałów biologicznych na grunt produkcyjny w sferze algorytmicznej (np. algorytmy genetyczne) i zarządzania (np. bioniczne systemy wytwórcze),
- holoniczność (HO) – całościowe (gr. *holos* – całość, *on* – część) konstruowanie systemu w oparciu o struktury holarchiczne, czyli autonomiczne i kooperujące ze sobą moduły korespondujące z agentami softwarowymi,
- fraktalność (FR) – przyrodnicza samopowtarzalność i samopodobieństwo implementowane matematyczną rekurencyjnością dla uzyskania efektu samoorganizacji (fabryka fraktalna).

Tabela 1.4

Nowoczesne formy produkcyjne i cechy przyszłościowego ISP

Nazwa systemu	Charakterystyka	Cechy ISP
holograficzny ( <i>holographic organization</i> ), modele syntegety (syntegrity) [Schwaninger, 2009]	zdolność tworzenia modeli (obrazów) rzeczywistości gospodarczej, podobnie jak w przypadku asocjacyjnych (iluminacyjnych) procesów zachodzących w mózgu (optyka)	FR, BI, HO, SA
hipertekstowy ( <i>hypertext organization</i> ) [Lessem, Schieffer, 2009]	wzorowana na Internecie struktura macierzowa z wyodrębnionymi warstwami: systemowo-biznesową i grup projektowych	SI, SA, WI
rekonfigurowalny, RMS/RAS ( <i>reconfigurable manufacturing/assembly system</i> ) [Musharavati, 2008]	szybkie modyfikacje struktury systemu dla adaptacji mocy i funkcji produkcyjnych w obliczu zmiennych wymagań (zaawansowana forma FMS)	SI, SA, HO, FR
fabryka kognitywna ( <i>cognitive factory</i> ), CTS ( <i>cognitive technical system</i> ) [Jeschke i in., 2011]	połączenie mechatroniki, informatyki i kognitywistyki dla adaptacyjnego sterowania wytwarzaniem (zintegrowane środki automatyki i systemów ekspertowych)	SA, HO, BI
rozproszony, DMS ( <i>distributed manufacturing system</i> ) [Kühnle, 2010]	dynamiczne łączenie wiedzy partnerów i podsystemów organizacji dla uzyskania optimum gospodarczych (interdyscyplinarna transformacja czynników technicznych, społecznych, ekonomicznych)	SI, SA, WI, HO
zwinny/smukły/"sprytny"/zwinno-smukły ( <i>agile/lean smart/leagile</i> ) [Wang, Koh, 2010]	elastyczna ( <i>smart</i> ) optymalizacja czynników produkcyjnych w otoczeniu przewidywalnym (strategie <i>lean</i> ), nieprzewidywalnym (strategie <i>agile</i> ) lub hybrydowym-zintegrowanym ( <i>leagile</i> )	SA, HO, WI

Źródło: opracowanie własne

Można zatem postawić pytanie, które z wymienionych cech i w jakim stopniu są istotne dla modelowania ISP, względnie, czy można znaleźć dla nich poziom metamodelowy. Autorzy proponują tu paradygmat obiektowy, którego genezą jest inżynieria softwarowa, ale może być on stosowany zarówno w fazie projektowania systemu produkcyjnego [Ramnath, 2011], jak i podczas implementacji. Zakłada się bowiem, że implementacja będzie miała charakter informatyczny a jednocześnie zarządzanie może być postrzegane, jako przetwarzanie informacji. Efektem takiego podejścia jest fabryka obiektowa (*object factory*) (rys. 1.2), w której paradygmat obiektowy stanowi centrum – zarówno dla warstwy modelowania (referencyjnego), jak i oprogramowania. Uszcze-



gółowiony model przepływów informacyjnych dla warstwy softwarowo-wytwórczej zostanie pokazany w punkcie 2.3.

Paradygmat obiektowy pozwala na łączenie go z modelami referencyjnymi – również z niewymienionymi na rysunku 1.2, np. PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*). Z obiektowością skojarzono cztery cechy. Przede wszystkim koncepcję **klas**, która jest podstawą zdolności uwzględniania podczas modelowania istotnych aspektów obiektów rzeczywistych dla uzyskania optyimów implementacyjnych (koszty, jakość, czas, funkcjonalność). Wiąże się ona z **abstrakcjami** obiektowymi (*abstraction*), czyli takim formalizmem modelowania danych i procedur, aby uzyskać strukturalną redukcję złożoności algorytmu przy zachowaniu jego funkcjonalności. Klasyfikacje obiektów pozwalają na definiowanie modeli tzw. świata rzeczywistego, czyli systemu produkcyjnego i jego otoczenia, w szczególności z zastosowaniem dwóch podstawowych rodzajów struktur:

- a) generalizacja–specjalizacja, np. dla systemu transportowego generalizacja „przenośnik” i jej specjalizacje: „przenośnik podwieszony”, „przenośnik podłogowy”,
- b) całość–część, np. dla artykułów (*material*) całość „wyrób gotowy” i jego składniki: „podzespoły”. Typy a) i b) prowadzą w praktyce do struktur mieszanych (wielokrotnych), którymi modeluje się złożone systemy, np. system transportowy dla różnych rodzajów materiałów (wyrobów gotowych, podzespołów) i skojarzonych z nimi środków transportowych (podnośników, układnic, suwnic, wózków i in.).

Z kolei **hermetyzacja** (*encapsulation*), w odróżnieniu od paradygmatu klasycznego (proceduralnego) łączy dane i funkcje na nich tak, aby dostęp do danych możliwy był tylko przy pomocy zdefiniowanych metod (*methods*). Takie podejście ma cechy modularyzacji z jednoczesnym zwiększeniem odporności implementowanego systemu na błędy. **Dziedziczenie** (*inheritance*) jest techniką pozwalającą na stabilną rozszerzalność modelu (kodu) poprzez tworzenie klas pochodnych/potomnych (*derived/subclass*) z klasy bazowej (*superclass*). **Przykładowo:** klasy surowców, półproduktów i wyrobów gotowych mogą dziedziczyć własności klasy materiałów wykorzystywanych w przedsiębiorstwie. W ten sposób uzyskuje się lepszą testowalność systemu oraz jego elastyczność (modyfikowalność).

**Polimorfizm** (*polymorphism*), czyli (gr.) wielopostaciowość można ogólnie zdefiniować jako zdolność specyficznej reakcji różnych obiektów na ten sam sygnał (*call*). Mamy tu do czynienia z rodzajem abstrakcji (uniezależniania) wyrażeń (funkcji) od typów danych, do których się odnoszą. **Przykładowo:** z punktu widzenia użytkownika w modelu efektywności fabryki, wskaźnik kg/h (tonażu na godzinę) może być różnie liczony na różnych stanowiskach (w zależności od typu komputerowego wspomaganie produkcji). W sferze implementacji kodu polimorfizm osiąga się, stosując mechanizmy specyficzne dla danego języka programowania, np. przeładowania (*overload*) czy multimetody (*multiple dispatch*).

Konsekwentne stosowanie obiektowości podczas całego procesu modelowania i implementacji ISP pozwala oczekiwać lepszych wyników niż metodologie tradycyjne, co wiąże się z następującymi powodami:

- metody obiektowe są rozszerzeniem dotychczasowych,
- opisywany w modelu świat rzeczywisty składa się z obiektów i ich klas,

- operacje w procesach produkcyjnych mogą być modelowane łącznie z produktami (typowa cecha obiektowości),
- podejście obiektowe nadaje się do modelowania struktur kompleksowych a jednocześnie szybkozmiennych (cecha systemów elastycznych),
- dziedziczenie gwarantuje, że niezbędne zmiany w systemie (organizacyjne i w strukturach danych) wymuszone zmianami w otoczeniu redukowane są do minimum,
- polimorfizm umożliwia skalowalność zdefiniowanych rozwiązań, tj. stosowanie ich w systemach różnej wielkości,
- hermetyzacja sprzyja zwiększeniu modularności implementowanego systemu.

# Systemy produkcyjne nowej generacji

Sformułowanie koncepcji i kierunków rozwojowych ISP oraz wskazanie systemów przyszłościowych wymaga zdefiniowania ich podstawowych typów (p. 2.1) czego dokonano ze względu na genezę powiązań form wytwórczych z określoną dyscypliną naukową: socjologią dla systemów holonicznych, biologią dla bionicznych i matematyką dla fraktalnych. W rozdziale dokonano analizy cech systemów produkcyjnych nowej generacji, pokazując że centrum interdyscyplinarnego modelu dla nich (rys. 2.1) jest **koautomiczność** (autonomiczna kooperacja). Wskazując na konsekwencje tzw. strategicznego sprzężenia makroekonomicznego, stwierdzono, że systemy NGMS są częścią światowej infrastruktury społeczeństwa informacyjnego, definiującego rynki wpływające z kolei na organizację sfery wytwórczej.

Punkt 2.2 poświęcono **metamodelom**, modelom i metodom mającym odniesienie do organizacji systemów produkcyjnych. Uwzględniono przy tym szereg nowoczesnych rozwiązań aplikacyjnych (tab. 2.2), np. ontologiczne bazy danych, sieci semantyczne czy wybrane modele referencyjne. Wskazano, że cechą wspólną tych ostatnich jest ich geneza powiązana z IT, co koresponduje z tezą o interpretowaniu zarządzania, jako przetwarzania informacji. Związki między trzema poziomami modelowania (metamodel, model, metoda) nowoczesnych systemów wytwórczych pokazano na przykładzie idei *lean*, uwzględniając szereg metod sterowania produkcją pochodzenia japońskiego.

W końcowej części rozdziału (p. 2.3) zaproponowano **model przepływu informacji** NGMS pokazujący poziomy systemu, ich główne elementy składowe oraz istotne moduły w otoczeniu rynkowo-partnerskim: moduł zarządzania relacjami z klientami i moduł zarządzania łańcuchem dostaw. Jednocześnie uszczegółowiono model fabryki obiektowej, traktując odrębnie infrastrukturę IT oraz poziom wytwórczy przedsiębiorstwa. Zwrócono uwagę, że same standardy komputerowego wspomaganie organizacji produkcji nie są w stanie automatycznie uwzględnić wszelkich wymagań omawianego systemu, co wymaga indywidualnej parametryzacji softwarowej.

## 2.1. Główne typy ISP

W rozdziale 1 (p. 1.3) wyspecyfikowano podstawowe cechy ISP i na tej podstawie dokonano charakterystyk wybranych form tych systemów. Odmiany ISP można odnieść do ich trzech głównych typów, definiowanych ze względu na genezę powiązań systemu produkcyjnego z określoną dyscypliną naukową. Typy te były omawiane odrębnie w pracach [Zawadzka i in., 2010], [Zawadzka i in., 2012]. Mamy zatem, wywodzący się głównie z socjologii, typ holoniczny (HMS), powiązany z biologią BMS oraz

modele matematyczne implementowane w fabryce fraktalnej (FF). Cechy wymienionych typów porównano w tabeli 2.1. Cechy wyspecyfikowane w punkcie 1.3 odnoszą się także do typów ISP, przy czym trzy z nich można przyporządkować im z definicji, tj. odpowiednio: HO(loniczność), BI(organizacyjność), FR(aktualność). Pozostałe trzy cechy – SI(eciowość), SA(mouczenie się), WI(rtualność) – można uznać za pochodne i w różnym stopniu charakterystyczne dla rozważanych typów. W tabeli 2.1 przyporządkowano je modelowo – po jednej dla każdego typu, jako najbardziej dla niego specyficznej.

Każda z cech pochodnych może być odnaleziona we wszystkich systemach, niemniej w różnym stopniu. W przypadku rozwiązań holonicznych za najbardziej typową uznano sieciowość, tj. połączenia między autonomicznymi i kooperującymi holonami. W przypadku bioniki (BMS) zwraca uwagę paradygmat ewolucyjno-selekcyjny, którego celem jest oparta na przetwarzaniu wiedzy optymalizacja systemu. W idealnym (inteligentnym) i najbardziej zaawansowanym wariantcie ma ona charakter samouczenia (*selflearning*). W przypadku FF mamy do czynienia z paradygmatem samopodobnych obiektów zdolnych do odwzorowywania złożonych struktur w oparciu o ograniczoną ilość prostszych właściwości. Tak rozumiana organizacja cechuje się wyraźnie wirtualnym charakterem. Tabela 2.1 jest także zbiorczym porównaniem rozważanych systemów z uwzględnieniem pojęć rozważanych wcześniej, w szczególności odnoszących się do obiektowości (p. 1.3).

Tabela 2.1

Cechy głównych typów ISP

Typ systemu / Cecha	HMS	BMS	FF
z definicji	HO	BI	FR
pochodna	SI	SA	WI
geneza dyscyplinarna	socjologia	biologia	matematyka
rodzaj hierarchii	holarchia ( <i>holarchy</i> )	biorarchia ( <i>biorarchy</i> )	heterarchia ( <i>heterarchy</i> )
planowanie	niepełne, elastyczne cele operacyjne	zgrubne, reakcje adaptacyjne	ciągłe, iteracje
koordynacja działań	między holonami	odpowiednik centralnego systemu nerwowego	między poziomami
przykłady wytwórcze	holon wózka samojezdnego	genetyczna reprezentacja listy części	makrofraktal firmowy, mikrofraktal podzespołu
odpowiedniki obiektowe ( <i>object orientation</i> )	polimorfizm	dziedziczenie	hermetyczność
aplikacje IT	multiagentowe ( <i>multiagent</i> )	sztucznej inteligencji	rekurencyjne

Źródło: opracowanie własne

Analiza cech systemów produkcyjnych nowej generacji, przeprowadzona w rozdziale 1, pozwoliła na ich syntetyczne ujęcie w ramach paradygmatu obiektowego.

Analizę prowadzono głównie z pozycji informacyjnych, tj. zakładając, że ISP jest na dużą skalę wspomagany komputerowo. W niniejszym rozdziale analizę porównawczą oparto na charakterystyce typów systemów wytwórczych. Również i to podejście pozwala na wyspecyfikowanie cech wspólnych dla wszystkich systemów i o fundamentalnym dla nich znaczeniu. W każdym przypadku (HMS, BMS, FF) mamy do czynienia z autonomnością ich elementów składowych, tj. holonów, fraktali bądź komórek bionicznych. Tabela 2.1 pokazuje, że autonomność może występować w różnym stopniu – formalnie najwyższym dla holonów (agent softwarowy jako twór z definicji autonomiczny), mniejszym w przypadku fraktali z uwagi na ich samopodobieństwo (rekurencje) czy definiowanymi poziomami organizacyjnymi BMS:

- a) moduł produkcyjny (komórka),
- b) gniazda lub linie produkcyjne (tkanki/organy),
- c) wydział produkcyjny (układ),
- d) zakład produkcyjny (organizm),
- e) przedsiębiorstwo (społeczność).

Jednocześnie w każdym przypadku mamy do czynienia ze współpracą elementów składowych. Centrum interdyscyplinarnego modelu dla rozważanych systemów (rys. 2.1) jest zatem **autonomiczna kooperacja**, którą na wzór typowej dla holonów całościowości, można określić mianem koautomiczności. W szerszym ujęciu, tj. na poziomie makroekonomicznym, znajdziemy odpowiednik kooautomiczności w postaci „współkurencji” (koopetycji, *coopetition*), tj. konkurencyjnej współpracy [Yami, 2010].

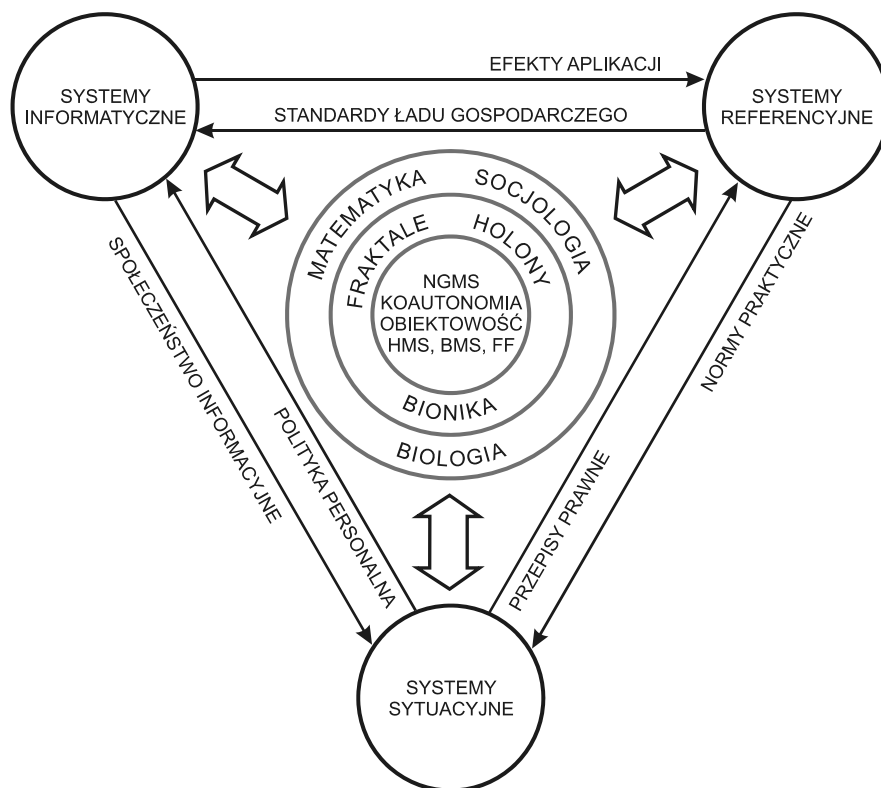
Zgodnie z punktem 1.3 w centrum systemów produkcyjnych nowej generacji (NGMS) umieszczono również uniwersalny paradygmat obiektowy. Interdyscyplinarny model NGMS pokazuje „trójkąt sił”, w jakim rozwijają się te systemy, którego wierzchołki tworzą społeczeństwo, sfera IT oraz (związane z nią) referencje.

Obowiązujące przepisy prawne, tworzące ramy funkcjonowania społecznego, są również wiążące dla systemów referencyjnych. **Przykładowo:** COBIT (rys. 1.2) wiąże się z bankowością (rachunkowością) i powstaniem na tym obszarze (1985 r.) platformy COSO (*Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission*) oraz opublikowaniem przez nią modelu zarządzania ryzykiem o tej samej nazwie (1992 r.). Z kolei referencyjne szacowanie ryzyka według zasady ALARP (*As Low as Reasonably Practicable*), oznaczającą dążenie do ryzyka „tak niskiego jak to rozsądnie praktykowanie”, wiąże się z normami wypracowywanymi od początku drugiej połowy minionego stulecia w Wielkiej Brytanii (a następnie Unii Europejskiej) w odniesieniu do ryzyka zdrowotnego w przemyśle [Misra, 2008]. Sprzężenie od referencji do społeczeństwa generuje z kolei normy *de facto*, tj. stosowane praktycznie np. PIN/TAN przy korzystaniu z zasobów finansowych czy kluczowa także dla NGMS technologia RFID.

W odniesieniu do transformacji mikroekonomicznych, czyli rozwoju przedsiębiorstwa, najistotniejsze są związki między aplikacjami IT, a systemami referencyjnymi. **Przykładowo:** modele ISO mogą definiować cele ISP natomiast „najlepsze praktyki” (*best practice*) ITIL stanowią ich uszczegółowienie. Z kolei implementacje IT generują odpowiedzi systemowe, które zamykają regulacyjną pętlę weryfikacyjną, będącą częścią cyklu organizacyjnego, obejmującego schematycznie następujące procesy:

- a) poprawianie efektywności,

- b) definiowanie jej miar,
- c) definiowanie celów,
- d) pomiary.



Rys. 2.1. Interdyscyplinarny model NGMS

Źródło: opracowanie własne

I wreszcie strategiczne sprzężenie makroekonomiczne. **Systemy NGMS są częścią planetarnej infrastruktury społeczeństw w coraz większym stopniu informacyjnego. Z drugiej strony, mamy tu do czynienia z rynkiem definiowanym przez takie społeczeństwo, wpływającym na sferę wytwórczą.** Można w tym kontekście wymienić takie fenomeny jak gospodarka sieciowa, partnerska współpraca, przedsiębiorstwa wirtualne, przyspieszone zmiany, trudnoprzewidywalne scenariusze rozwojowe, zdeteminowany chaos, wielowariantowość sytuacji, wzrost złożoności czy zależności globalne. W ich centrum znajduje się człowiek, stąd waga polityki personalnej uwzględniającej takie wyzwania jak: orientacja na klienta, produkcja „na czas”, organizacje tensorowe, podejście nadlerowskie, aspekty kulturowe i „miękkie” umiejętności, szybkie prototypowanie, zarządzanie: jakościowe, ekologiczne, zmianą i wiedzą czy telepraca.

## 2.2. Metamodely, modele i metody organizacji systemów produkcyjnych

W inżynierii zarządzania [Black, Kohser, 2008], [Nirali, 2008], [Durlik, 2007], [Pająk, 2006] mamy do czynienia z **klasyfikacjami systemów produkcyjnych** z uwagi na ich typ (częstotliwość przebrojeń stanowisk wytwórczych) i formę (rodzaj przepływu materiałowego, np. potok). Kombinacje typów i form tworzą z kolei odmiany organizacyjne, np. niepotokowa małoseryjna (gniazdowa) czy masowa z przymusowym taktem (synchroniczna). W odniesieniu do NGMS/ISP w punkcie 2.1 wyróżniono główne typy takich systemów, przyjmując za kryterium ich genezę dyscyplinarną, którą można powiązać z poziomem metamodelowym (tab. 2.2). Ów poziom stanowi podstawę generowania modeli rozważanych systemów. Wreszcie na trzecim poziomie modelowania mamy do czynienia z metodami organizacji produkcji.

Podejście SOA w języku potocznym bywa również nazywane „metodyką”. Zakładamy, że mamy tu do czynienia z metamodelem organizacji IT, integrującym procesy gospodarcze przedsiębiorstwa ze standaryzowanymi platformami webowych (rozproszonych) usług programowych. SOA w połączeniu z BPM stanowią podstawę współczesnego rozumienia zarządzania architekturą korporacyjną – EAM. Możemy zatem zdefiniować ten ostatni termin jako metamodel rozwoju architektury przedsiębiorstwa w jego trzech aspektach:

- informacyjnym (zarządzanie wiedzą, dostępem do niej i bezpieczeństwem jej zasobów),
- biznesowym (gwarancja operatywnej działalności z zachowaniem norm prawnych),
- użytkowym (ergonomicznym, standaryzacja aplikacji).

**Tabela 2.2**

Poziomy modelowania i ich opis

Opis \ Poziom	Metamodel	Model	Metoda
Definicja	metajęzykowy opis konstruowania modeli w celu uniwersalnej formalizacji modelowania	odzworowanie będące uproszczeniem rzeczywistości w celu jej lepszego rozumienia	składnik modelu o charakterze narzędziowym, stosowany operatywnie w praktyce
Przykłady interpretacji definicji	gramatyka języka i jego alfabet/słownik (słowa kluczowe języka programowania) pozwalają na konstruowanie w nim zdań (generatywizm)	język sztuczny (np. matematyczny) i skojarzone z nim modele; swoistym modelem (IT) może być kod aplikacji	do grupy „narzędzi” zalicza się także języki modelowania, np. UML [Fontoura, 2002], które są rozbudowanymi agregatami SE, wykazującymi również cechy uniwersalne (metamodelowe).
Implementacje	HMS, BMS, FF, ontologiczne bazy danych, sieci semantyczne, SOA, EAM, BPM, ESP, LP ( <i>Lean Production</i> )	COBIT, CMMI, ITIL ISO, PMBOK, PRINCE2, TOGAF TQM	RAQ, HACCP, JIT, BPEL, MRP, OPT, Kanban, Kaizen, PokaYoke

Źródło: opracowanie własne

Metamodele systemów produkcyjnych nie są zatem typem architektury sprzętowej czy softwarowej. Nie można ich też sprowadzić do kwestii spełnienia określonych norm czy korzystania z odpowiednich produktów. Przede wszystkim metamodela definiują charakterystykę systemu wynikającą ze sposobu jego konstruowania, co wymaga zastosowania adekwatnych metod zarządzania, w szczególności modeli referencyjnych. Zakłada się przy tym oparcie na pewnych standardach, w szczególności na poziomie metod.

**Cechą wspólną wymienionych w tabeli 2.2 modeli jest to, że wywodzą się one ze sfery IT lub też integrują ją z otoczeniem wytwórczym, co koresponduje z tezą o interpretowaniu zarządzania jako przetwarzania informacji.** Jednocześnie mamy do czynienia z implikacją mechanizmów metamodelowania uwzględniających takie elementy jak:

- łączenie elastyczności naturalizmu językowego z precyzją konwencji sztucznych,
- podejście wielod dziedzinowe gdzie informacja stanowi czynnik integrujący,
- procesowo zorientowana analiza systemowa (dyfuzyjność IT w przedsiębiorstwie),
- heurystyki i systemy ekspertowe (jako model),
- paradoks produktywności IT (definiowanie odpowiednich miar procesowych).

Z drugiej strony modele referencyjne mogą cechować się wysokim stopniem abstrakcji, co również wymaga stosowania metareguł modelowania, np. w odniesieniu do mapowania procesów w przedsiębiorstwie.

Krajobraz modeli i metamodeli w organizacji produkcji uzupełnia narzędziowy poziom metod nasuwający skojarzenia z poziomem podsystemów przedsiębiorstwa. Metody nie są jednak ogólnymi odwzorowaniami tych podsystemów, ale pozwalają na sterowanie produkcją w ramach zarządzania operacyjnego. Jednocześnie na każdym poziomie modelowania można oczekiwać trzech **podstawowych cech, istotnych dla teorii i praktyki gospodarczej**:

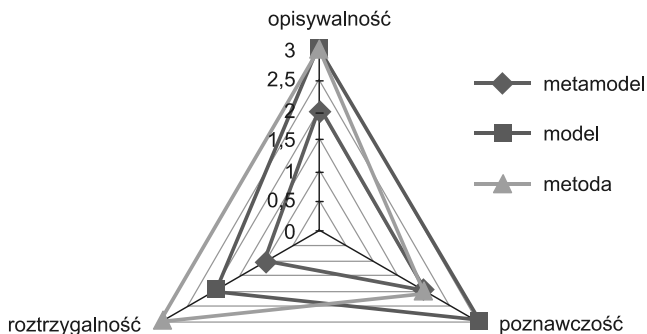
- a) deskryptywność (opisywalność) – specyfikowanie rzeczywistości, tj. obiektów i relacji między nimi np. taksonomicznie (klasyfikacje, słowniki, typizacje);
- b) epistemologiczność (poznawalność) – odkrywanie nowych związków i znajdowanie rozwiązań istniejących problemów, co jest warunkiem innowacyjności,
- c) dowodliwość (rozstrzygalność) – wykazywanie prawdziwości zastosowanych rozwiązań (efektywność inwestycyjna, organizacyjna).

Wyróżnione zdolności korespondują z konstrukcjami twierdzeń matematycznych: założenie, teza, dowód, tj. na podstawie metamodelowego opisu rzeczywistości gospodarczej możemy określać modele funkcjonowania i transformacji przedsiębiorstwa oraz wykazywać poprawność ich stosowania, stosując określone metody w praktyce. Na rysunku 2.2 przyporządkowano każdej z cech numeryczne odpowiedniki ich werbalnych miar: niska = 1, średnia = 2, wysoka = 3. Rysunek 2.2 pokazuje generalny wzrost poziomu cech wraz ze spadkiem złożoności poziomu modelowania, co odnosi się do praktyki organizacji systemu produkcyjnego, gdzie operatywnie najistotniejsze znaczenie ma kombinacja modeli i narzędzi je wspomagających. Innymi słowy mówiąc: metamodelowanie ma charakter strategiczny dla poziomu modelowania (taktycznego) powiązanego z działalnością operacyjną wykorzystującą określone metody sterowania produkcją.



Związki między trzema poziomami modelowania (metamodel, model, metoda) nowoczesnych systemów produkcyjnych można pokazać na przykładzie idei *lean LP* [Koren, 2010]. W punkcie wyjścia mamy do tu do czynienia z metamodelem, który wyznacza ramy systemu w oparciu o takie założenia jak:

- a) orientacja na klienta,
- b) wysoka odpowiedzialność pracowników,
- c) elastyczne procesy produkcyjne,
- d) unikanie błędów i strat,
- e) kultura dążenia do doskonałości,
- f) synchronizacja przepływów materiałowych.



Rys. 2.2. Cechy poziomów modelowania systemu produkcyjnego

Źródło: opracowanie własne

Tak zdefiniowane ramy umożliwiają konstruowanie pożądaných modeli systemowych, np. w przypadku d) można wskazać na skojarzone rozwiązania jakościowe (TQM). Z kolei założenie f) modelowane jest przepływami opartymi o zasadę odbioru (*pull*), co z kolei prowadzi do stosowania takich metod jak *Just in Time* czy *kanban*. W tabeli 2.3 pokazano szereg metod i związanych z nimi terminów stosowanych w systemach produkcyjnych, mających odniesienia do japońskich doświadczeń przemysłowych.

Tabela 2.3

Japońska geneza metod sterowania produkcją

Metoda/ termin	Znaczenie	Komentarz
3M	trzy elementy kontrolne	<b>Muda</b> (marnotrawstwo), <b>Mura</b> (nieregularność), <b>Muri</b> (przeciążenie) jako elementy doskonalenia (w <b>Kaizen</b> )
Gemba	miejsce (produkcji)	rzeczywiste miejsce gdzie powstaje wartość (dla klienta), np. hala wytwórcza, składnik <b>Sangenshugi</b>
Gembutsu	rzecz (przedmioty, materiały)	wartościowe czynniki wytwórcze, ale także generatory problemów, składnik <b>Sangenshugi</b>
Genjitsu	fakt	informacja, zdarzenie istotne dla produkcji, składnik <b>Sangenshugi</b>

cd. tab. 2.3

Goesu	5S	5 czynników organizacji stanowiska pracy: <b>Seiri</b> (selekcja), <b>Seiton</b> (systematyka), <b>Seiso</b> (sprzątanie), <b>Seiketsu</b> (schludność), <b>Shitsuke</b> (samodyscyplina)
Heijunka	wygładzanie ( <i>smoothing</i> ), niwelowanie ( <i>leveling</i> ), poziomowanie	harmonogramowe poziomowanie produkcji dla zapewnienia jej ciągłości przy pomocy poziomowania zapotrzebowania ( <i>demand smoothing</i> ), obciążenia ( <i>load leveling</i> ) oraz równoważenia linii ( <i>line balancing</i> ), wiąże się z <i>Just in Time</i>
Hoshinkanri	sterowane zarządzanie ( <i>compass management</i> ), ustalanie taktyki	długofalowa (roczna) i rozbudowana strategia optymalizacyjna, wykorzystuje <b>Kaizen</b> i <b>Kaikaku</b>
Jidoka	inteligentna automatyka, <i>auto-automation</i> = <i>autonomation</i>	automatyczne przerywanie pracy linii w przypadku pojawienia się problemów, co daje możliwość reagowania na błędy w momencie ich wystąpienia, np. użycie czujników wykrywających niedogagę produktu.
Kaikaku	reforma, rewolucja, innowacja	w odróżnieniu od <b>Kaizen</b> , „przyspieszony” wariant LP, skokowa/krokowa zmiana restrukturyzacyjna wytwórczo-logistyczna, element <b>Hoshinkanri</b>
Kanban	karta, spis, dokument	formularzowe sterowanie produkcją (czynnik krytyczny sterowania – zapasy) typu <i>Just in Time</i> zakładające bezbrakowość i bezmagazynowość
Kaizen	poprawianie, <i>kai</i> = zmiana, <i>zen</i> = na lepsze	zbiór metod ( <b>Goesu</b> 5S) opartych na japońskiej filozofii życia i pracy, której zasady korespondują z LP, związany z modelem TQM, element <b>Hoshinkanri</b>
Muda	marnotrawstwo (zasobów)	wynika z istnienia procesów, które trzeba zidentyfikować i wyeliminować, element <b>3M</b>
Mura	nieregularność	zaburzenie (problem), np. zatrzymanie linii z powodu braku synchronizacji (p. <b>Heijunka</b> ) element <b>3M</b>
Muri	przeciążenie	nadmierne obciążenie pracą pracownika, ale także przeciążenie maszyn, element <b>3M</b>
Pokayoke	unikanie ( <i>yoke</i> ), błędów ( <i>poka</i> )	zbiór metod zapobiegania błędom związanych z brakiem koncentracji, z wykorzystaniem ergonomii i czujników, np. ścieżce narożnika karty SIM dla jej prawidłowej instalacji, czujniki ostrzegające, liczniki operacji
Sangenshugi	3R ( <i>real</i> ), 3 realności	trzy zasady obiektywizmu (w <b>Kaizen</b> ): <b>Gemba</b> (miejsce), <b>Gembutsu</b> (rzecz), <b>Genjitsu</b> (fakt)
Seiketsu	schludność, standaryzacja	składnik <b>Goesu</b> 5S, ciągłość utrzymania porządku na stanowisku pracy i otoczeniu
Seiri	selekcja, sortowanie	składnik <b>Goesu</b> 5S, sortowanie narzędzi, dokumentacji i materiałów na stanowisku pracy dla usunięcia czy przeniesienia zbędnych
Seiso	sprzątanie	składnik <b>Goesu</b> 5S, układanie, usuwanie brudu i odpadów, czyszczenie i odnawianie miejsca pracy, a także jego otoczenia
Seiton	systematyka, stawianie	składnik <b>Goesu</b> 5S, znakowanie części i narzędzi oraz wyznaczenie dla nich miejsca z uwzględnieniem dostępności i częstości wykorzystywania
Shitsuke	samodyscyplina, samomotywacja	składnik <b>Goesu</b> 5S, nawykowe przestrzeganie zasad oraz motywowanie do nich innych pracowników

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Dennis, 2007].

## 2.3. Model przepływu informacji

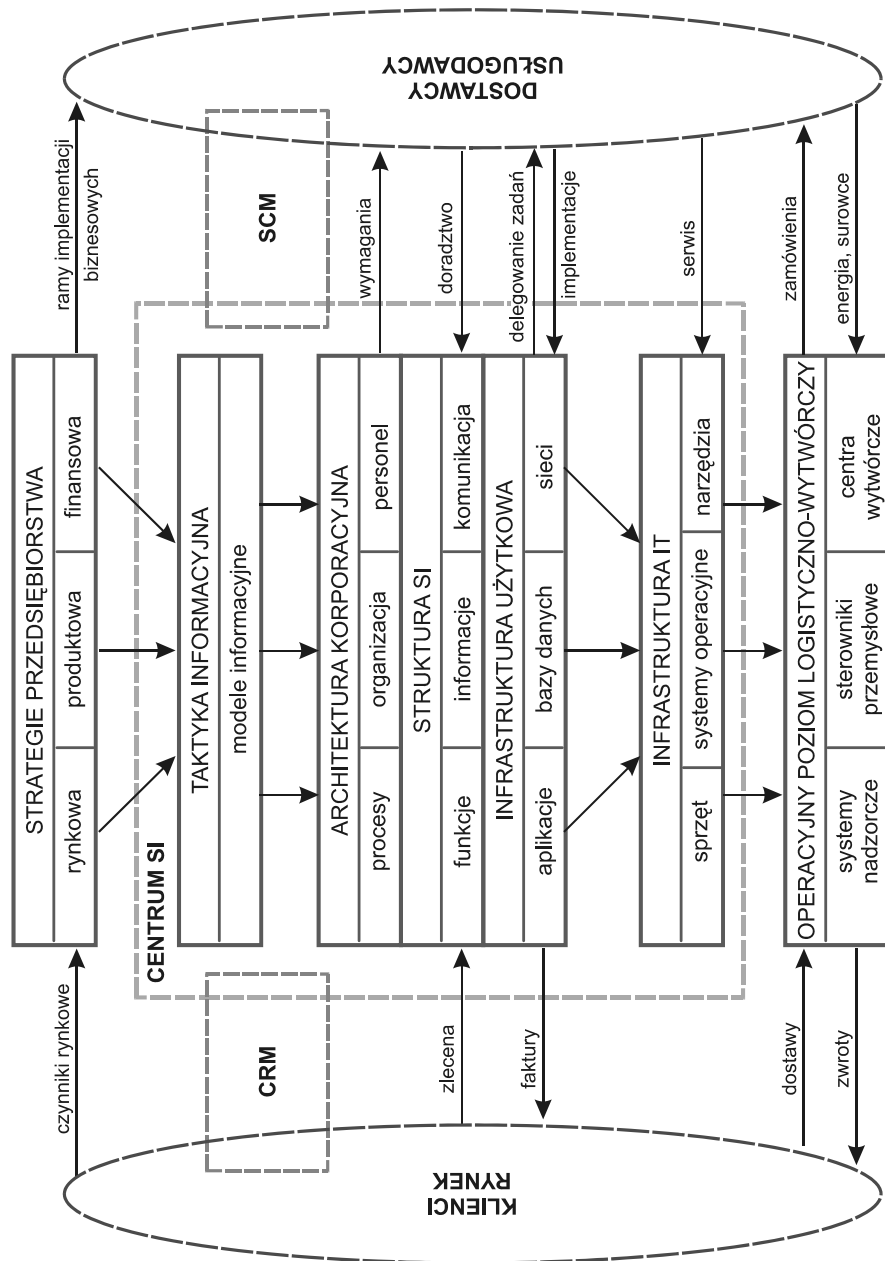
Na rysunku 2.3 zaproponowano model przepływu informacji NGMS zawierający poziomy system, ich główne elementy składowe oraz istotne moduły w otoczeniu rynkowo-partnerskim. Po stronie klienckiej wyspecyfikowano moduł zarządzania relacjami z klientami CRM (*Customer Relationship Management*), który zostanie omówiony dalej, podobnie jak moduł zarządzania łańcuchem dostaw SCM (*Supply Chain Management*). Dodajmy, że w tym ostatnim przypadku fragmenty SCM są także niezbędne w relacjach z klientami.

Model zawiera trzy poziomy: strategiczny, taktyczny i operacyjny. W pierwszym przypadku mamy do czynienia ze strategiami przedsiębiorstwa definiującymi jego misję (*mission*) i sposoby jej realizacji. Najistotniejsza z nich, marketingowa, określa pozycjonowanie przedsiębiorstwa na rynku (segmenty). Powiązana jest z nią specyficzna dla firmy strategia profilu produkcyjnego (produktowa). Strategia finansowa wyznacza ramy kompromisu celów i możliwości ich osiągnięcia, generując działania kontrolingowe i analizy gospodarcze. Tak rozumiany poziom strategiczny stanowi podstawę funkcjonowania systemu informacyjnego (SI) umiejscowionego na poziomie taktycznym.

W modelu pokazano centrum SI obejmującego pięć warstw: referencyjną, architektury korporacyjnej, struktury (logicznej) SI, użytkowej oraz hardwarowo-sofwarowej, która połączona jest z operacyjnym poziomem logistyczno-wytwórczym. W ten sposób uszczegółowiono model fabryki obiektowej pokazany w punkcie 2.1, traktując odrębnie infrastrukturę IT oraz poziom wykonawczy fabryki. Na tym ostatnim odnajdziemy tak charakterystyczne elementy nowoczesnej praktyki przemysłowej jak:

- (elastyczne) stanowiska, moduły, gniazda, linie wytwórcze,
- skomputeryzowana automatyka elektromechanicznych procesów przemysłowych (np. zrobotyzowane komisjonowanie),
- nadzorcza obsługa i obserwacja procesów z wykorzystaniem animacji HMI (*Human Machine Interface*),
- sterowanie procesami technicznymi SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*),
- alokacja i śledzenie zasobów wytwórczych w czasie rzeczywistym MES (*Manufacturing Execution System*).

Rdzeń SI stanowią trzy warstwy: korporacyjna, logiczna i użytkowa. Każda z nich zawiera trzy elementy zintegrowane poziomo, które tworzą także pionowe triady, odpowiadające integracji wertykalnej. Tak więc procesom korporacyjnym odpowiadają funkcje SI postrzegane jako aplikacje użytkowe w warstwie infrastruktury SI. Z kolei organizacja korporacyjna reprezentowana jest przez logikę informacji SI, implementowaną bazodanowo. I wreszcie, ostatnia z pionowych triad: pracownicy przedsiębiorstwa, którzy komunikują się ze sobą przy pomocy sieci (*networking*, *workflow*, *filesharing*).



Rys. 2.3. Model przepływu informacji

Źródło: opracowanie własne

Dla wyraźniejszego pokazania różnic między systemem NGMS a systemami starszego typu, uszczegółowimy jeden z jego modelowych modułów: CRM [Shanmugasundaram, 2008]. Tabela 2.4 pokazuje trzy podstawowe rodzaje CRM. Nie wyróżniono w niej kolaboratywnego CRM (*collaborative*), traktując ten rodzaj wspomaganie relacji z klientami jako kombinację trzech typów podstawowych w formie eskalacji, wykraczającej poza klasycznie rozumiane „działy obsługi klienta” tylko w ramach własnej organizacji. Takie podejście sygnalizuje model z rysunku 2.3, traktując sferę CRM jako „chmurę” (*cloud*) organizacyjną, integrującą NGMS z jego rynkowym otoczeniem. Dodajmy, że chmura organizacyjna nie musi automatycznie oznaczać stosowania aplikacji chmurowych w sensie IT, niemniej w naturalny sposób w coraz większym stopniu kojarzone są one właśnie z nowoczesnymi formami systemów produkcyjnych (*cloud computing*) [Velte, 2009].

Składniki (lub ich odpowiedniki) CRM znajdziemy także w systemach starszego typu, jednak w mniejszym stopniu wspomagane komputerowo, zwłaszcza w sposób referencyjny. **Przykładowo:** stosowanie standardów EDI/EDIFACT (*EDI for Administration, Commerce and Transport*) umożliwia elektroniczną wymianę strukturalnie sformatowanych danych dotyczących transakcji biznesowych w takich przypadkach jak:

- a) wysyłanie rachunków za dostawy produktów,
- b) przelewy bankowe za dostawy surowców,
- c) wysyłka elektronicznych specyfikacji produktów (paszportów) do partnerów gospodarczych,
- d) przekazywanie do centrum przedsiębiorstwa danych o utargach jego filii,
- e) zlecenia przewozów wyrobów firmom spedycyjnym.

W przypadku e) widzimy, wspomniane na początku niniejszego punktu, zależności między elementami CRM (EDI) i wyszczególnionym modelowo obszarem SCM.

Przypadek d) pokazuje możliwość stosowania EDI nie tylko w kontaktach z partnerami zewnętrznymi, ale także wewnątrz organizacji. Przypadki a) i b) są typowe dla EDI, c) zostanie rozwinięty dalej. Dodajmy, że EDI nie jest przeznaczony do stosowania w takich sytuacjach jak:

- przesyłka planów konstrukcyjnych,
- przesyłka umów instalacyjnych,
- wysyłka zaproszeń elektronicznych na targi przemysłowe,
- biznesowe informacje mailowe dotyczące reorganizacji przedsiębiorstwa.

Dwa pierwsze przypadki dotyczą specyficznych danych niestandardowych, bez formatów strukturalnych. Dwa ostatnie dotyczą sytuacji nie odnoszących się do transakcji biznesowych.

Wcześniej sygnalizowany przypadek pozytywny c) dotyczy efektów synergicznych dla przedsiębiorstw i klientów inwestujących mnóstwo czasu w przygotowywanie i przetwarzanie tzw. paszportów produktów z danymi logistycznymi, w różnych wersjach dla różnych klientów, mimo że dane dotyczą tych samych towarów. Zakładając, że klient określonej relacji biznesowej może być dostawcą w innej i na odwrót, dla  $p$  partnerów rynkowych mamy teoretycznie następującą liczbę możliwych par:  $= (p^2 - p)/2$ , czyli szybko rosnące wartości funkcji wykładniczej, proporcjonalne do

kwadratu liczby partnerów. Zatem **nawet w przypadku indywidualnego udostępniania danych marketingowych czy logistycznych na nowoczesnych portalach internetowych ich efektywność jest ograniczona, gdyż wymagałaby od każdego klienta dostępu do wszystkich portali dostawców**. Lepszą strategią jest korzystanie z centralnych portali (*pool*), co wprowadza pośrednią warstwę komunikacyjną CRM i redukuje liczbę możliwych kanałów komunikacyjnych do  $p$  (jeden kanał *pool-partner* dla każdego partnera). Jednocześnie każdy z partnerów posiada możliwości przetwarzania danych portalu, definiowane zgodnie z jego rolą (tj. tylko czytanie albo możliwe określone modyfikacje).

Tabela 2.4

## Podstawowe typy CRM

Typ CRM	Składniki	Przykłady
Komunikacyjny ( <i>front end</i> )	CS ( <i>Customer Service</i> ), linternet ( <i>e-mail, e-shop, portale, blogosfera</i> ), urządzenia mobilne ( <i>subnotebook, smartphone</i> ), kanały konwencjonalne ( <i>fax, list</i> ), dystrybucja (agenci)	tryb <i>hotline/call center</i> (automatyczna identyfikacja klienta na podstawie jego numeru telefonu), portal Sinfos, standardy EDI ( <i>Electronic Data Interchange</i> )
Operacyjny ( <i>back end</i> )	zarządzanie klientami kluczowymi, kampanie, segmenty, kontrakty, terminy/kontakty	implementacje poziomu analitycznego: dodatkowa sprzedaż ( <i>cross selling</i> ), projektowanie elektronicznych systemów samoobsługowych (CSS), geografia/demografia/psychografia [Kahle, 2000]
Analityczny	składnice danych ( <i>warehousing</i> ), drążenie danych ( <i>data mining</i> ), grupowanie/profilowanie klientów	narzędzia OLAP ( <i>OnLine Analytical Processing</i> ), CAM ( <i>Customer Activity Marts</i> ), CPM ( <i>Customer Product Marts</i> ), Cognos BI ( <i>Business Intelligence</i> )

Źródło: opracowanie własne

Centralne portale oferują jednolity interfejs dla wszystkich partnerów wraz z kontrolą danych, którymi mogą być zarówno teksty, jak również zdjęcia, schematy czy pliki graficzne. Funkcje wyszukiwania, połączone z eksportowymi, m.in. w formatach pdf czy Excela, umożliwiają zapamiętywanie indywidualnych ustawień i raportów (selekcja pól). Baza danych portalu przeznaczona jest zarówno dla producentów jak i hurtowników, detalistów czy firm logistycznych różnej wielkości i obejmuje różne sektory. Przy dużej liczbie klientów oraz szybkozmiennego asortymentu wyrobów uzyskuje się w ten sposób usprawnienie logistyki NGMS przez permanentne udostępnianie odbiorcom aktualnych danych towarowych, obejmujących szereg parametrów umożliwiających efektywne planowanie procesów transportowych i magazynowych.

Stosowanie standardów EDI jest zatem warunkiem poprawy przekazu informacji logistycznych między partnerami biznesowymi i pozwala na zastępowanie, występującej jeszcze, dokumentacji papierowej danymi elektronicznymi. Jak pokazano wyżej, w przypadku komputerowego wspomaganie procesów wytwórczo-logistycznych istotne jest także odchodzenie od rozwiązań indywidualnych (różne formaty danych) i bilateralnych na rzecz standardów multilateralnych. W szczególności tak rozumiane katalogowanie wyrobów pozwala na stały dostęp do aktualnych danych. **Przykładowo:**

znajomość takich parametrów wyrobu jak wagi i wymiary pierwotnych bądź wtórnych jednostek logistycznych umożliwia stosowanie systemów automatycznego planowania transportu.

Nowoczesne katalogi towarowe wykraczają swą funkcjonalnością poza operacyjny wymiar wytwórczo-logistyczny i umożliwiają także dostęp do danych marketingowych (np. zdjęcia) czy planowanie promocji (wyroby mogą posiadać dane o dostępności sezonowej). Standaryzowane i elektroniczne katalogowanie wyrobów poprawia także jakość związanych z nimi danych z uwagi na automatyczne kontrole ich wiarygodności, zarówno wewnątrz przedsiębiorstwa, jak i w systemie centralnej bazy danych. **Przykładowo:** już podczas lokalnego zapamiętywania danych użytkownik otrzymuje protokół ostrzeżeń, dla jakich produktów arytmetycznie liczona objętość opakowań pierwotnych (długość  $\times$  szerokość  $\times$  wysokość  $\times$  ilość) jest większa niż zadeklarowana objętość opakowania wtórnego. Z kolei centrum katalogowe gwarantuje np. jednoznaczność kodów GTIN (*Global Trade Item Number*) w obrębie całej bazy danych.

Widzimy zatem, że zintegrowane stosowanie takiego systemu narzuca dyscyplinę pielęgnacji danych, co wymaga referencyjnych rozwiązań organizacyjnych w przedsiębiorstwie. W odniesieniu do polityki personalnej, wielość parametrów powoduje, że niemożliwie jest przyporządkowanie odpowiedzialności za nie tylko jednej osobie czy grupie osób określonego działu. **Przykładowo:** dział rozwoju, jakości, magazynowy czy laboratoryjny mogą definiować zakresy temperatur przechowywania czy transportu towarów ale definiowanie taryf celnych (dane niezbędne w obrocie międzynarodowym) znajdzie się zapewne w gestii księgowości czy logistyki. Z drugiej strony same standardy ERP nie są w stanie automatycznie uwzględnić wszelkich wymagań omawianego systemu, co wymaga indywidualnej parametryzacji softwarowej (np. dodatkowe tabele w lokalnej bazie danych). W efekcie tych inwestycji zyskujemy jednak rozwiązanie, które referencyjnie odpowiada co najmniej poziomowi ECR (*Efficient Consumer Response*), a nawet ER/CR (*Efficient Replenishment/Continuous Replenishment*) [Angerer, 2006].

## Funkcjonalno-ekonomiczne miary oceny

Niniejszy rozdział prezentuje modele oceny badanych systemów w aspekcie funkcjonalnym oraz ekonomicznym, uwzględniając uwarunkowania praktyki przemysłowej. W punkcie 3.1 poddano analizie elastyczność, jako istotną cechę systemu produkcyjnego. **Przesłanki implementacji** elastycznych zgrupowano w trzech obszarach: organizacyjnym, ekonomicznym i psychologiczno-społecznym, uzyskując ramy interdyscyplinarne integrujące czynniki techniczne i pozatechniczne. Wyróżniono podsystemy funkcjonalne badanych systemów (tab. 3.1).

Zaproponowano typizację ocen (p. 3.2), między innymi ze względu na ich: cel, zakres, formę, przedmiot, poziom. Na tej podstawie pokazano **schemat czynności** podczas oceniania systemów produkcyjnych oraz wyróżniono cechy decydujące o ich efektywności: skuteczność, kompozycja, struktura, reguły, jakość metod, techniki, postawy ludzkie, strategie rozwojowe, warunki działania. Uszczegółowiono sposoby postępowania w odniesieniu do dwóch grup efektów: wymiernych i niewymiernych lub trudno wymiernych.

W kontekście kompleksowej analizy ekonomiczno-finansowej zakładanego przedsięwzięcia sklasyfikowano podstawowe **rodzaje inwestycji** (p. 3.3). Z kolei zwrócono uwagę na różnego rodzaju nakłady na inwestycje w systemach wytwórczych (tab. 3.3). Rozdział zawiera szereg formuł uwzględniających m.in. progi rentowności inwestycyjnych wariantów optymistycznych i pesymistycznych.

### 3.1. Elastyczność systemu wytwórczego

W pracy [Zawadzka i in., 2010] badając genezę ISP, pokazano jej związki z cechą elastyczności, tj. wskazano na znaczenie tej cechy dla nowoczesnych systemów produkcyjnych. W szczególności wyróżniono dwa główne rodzaje elastyczności: informacyjną i wytwórczą. Pierwsza z nich odnosi się do całości systemu produkcyjnego i związana jest z jego systemem informacyjnym, którego miary oceny definiowane są w ramach inżynierii softwarowej [Jawadekar, 2008]. Z kolei uszczegółowimy charakterystykę funkcjonalno-ekonomiczną systemu wytwórczego, co wymaga podejścia interdyscyplinarnego z uwagi na przesłanki wprowadzania FMS [Zawadzka, 2000], które można zgrupować w trzech obszarach:

#### 1. Przesłanki organizacyjne

- a) możliwości wykorzystania rezerw tkwiących w organizacji pomocniczych procesów produkcyjnych (np. transport, magazynowanie, czynności manipulacyjne), zmniejszenia zapasów robót w toku oraz cykli produkcyjnych,



- b) poprawa struktury wykorzystania funduszu czasu pracy i urządzeń dzięki usprawnieniom organizacyjnym uzyskanym na drodze postępu technicznego,
- c) automatyzacja prac inżynierskich prowadząca do obniżenia pracochłonności cykli projektowania wyrobów i procesów produkcyjnych,
- d) skracanie czasów realizacji zadań,
- e) zmiany w konstrukcji obrabiarek, powodujące wzrost możliwości technologicznych (poszerzenie zakresu funkcji),
- f) rozwój narzędzi sztucznej inteligencji (systemy ekspertowe),
- g) zwiększanie wydajności pracy i produktywności wytwarzania.

## **2. Przesłanki ekonomiczne**

- a) zmiany sytuacji rynkowej (dynamika, globalizacja, konkurencyjność),
- b) konieczność szybkiego reagowania na potrzeby odbiorców,
- c) zmienne wymagania produktowe,
- d) presja na producentów do produkowania szerokiego asortymentu wysokiej jakości wyrobów w partiach o małej liczebności sztuk (przy minimalnych środkach obrotowych, bez magazynowania),
- e) produkcja na czas (*Just in Time*), zadania produkcyjne nie mogą być realizowane wcześniej niż przewiduje zlecenie, a nie później niż jego termin,
- f) automatyzacja produkcji przy podniesieniu poziomu eksploatacji urządzeń (wydłużenie czasu ich użytkowania),
- g) zmniejszanie materiałochłonności i energochłonności produkcji i procesów (zmniejszenie względnych nakładów na półfabrykaty, zespoły i części na jednostkę produkcji).

## **3. Przesłanki psychologiczno-społeczne**

- a) zmniejszenie zainteresowania pracami manualnymi oraz uciążliwymi i szkodliwymi dla zdrowia,
- b) wzrost zainteresowania pracami kreatywnymi,
- c) orientacja na formy organizacji pracy sprzyjające zaangażowaniu pracowników, zrozumieniu i docenianiu przez nich znaczenia i istoty wykonywanych prac (np. *lean*),
- d) humanizacja i ergonomizacja pracy (większa wygoda stanowisk, wykorzystanie wiedzy i doświadczeń pracujących, ich stałe doskonalenie, wzbogacanie treści pracy, włączanie w bardziej złożone zadania),
- e) intensyfikacja pracy oraz wzbogacanie jej treści (zwiększanie samodzielności pracownika i jego udziału w podejmowaniu decyzji i zarządzaniu produkcją).

Przyporządkowanie miar badanemu systemowi wymaga jego podsystemowej dekompozycji, co pokazano w tabeli 3.1, przy czym główne znaczenie dla przepływów informacyjnych posiada podsystem sterowania realizujący następujące funkcje:

- planowanie i sterowanie przepływem produkcji (np. terminowość zleceń, obciążenia, zasoby),
- sterowanie urządzeniami produkcyjnymi (dane sterujące dla urządzeń technologicznych czy pomiarowych),

- zapewnienie odpowiedniej jakości produkowanych wyrobów (sterowanie urządzeniami kontroli, reagowanie na powstałe odchylenia jakości),
- sterowanie procesami transportu (inicjacja i realizacja operacji transportowych),
- sterowanie procesami magazynowania (sterowanie wewnątrzmagazynowe, poziomowanie zapasów),
- sterowanie procesami gospodarki narzędziowej (sterowanie magazynowaniem, dostawą i wymianą uchwytów, narzędzi oraz ich diagnostyka),
- sterowanie procesami utrzymania ruchu maszyn i urządzeń (rejestracja czasu pracy, raportowanie stanu dostępności zasobów).

Tabela 3.1

## Podsystemy funkcjonalne FMS

Podsystem	Charakterystyka
Sterowania	koordynuje i nadzoruje działanie wszystkich podsystemów funkcjonalnych i urządzeń FMS, jego istotą jest oddziaływanie na proces produkcyjny w celu realizacji zadań ujętych w formie planu na określony czas
Wytwarzania	realizuje podstawowe zadania materialne systemu, decydując o wydajności, jakości produkcji, elastyczności wytwórczej, stopniu automatyzacji, nakładach inwestycyjnych; składa się z urządzeń technologicznych, maszyn, obrabiarek i stanowisk roboczych korzystających z określonych metod wytwarzania (np. kształtowanie, obróbka, łączenie, powlekanie), a także funkcji pomocniczych (np. usuwanie wiórów, mycie, zmiana zamocowania przedmiotów)
Transportu	przemieszczenie przedmiotów pracy, palet, narzędzi (np. wózki, transportery, taśmy) w skali systemu i jego otoczenia
Magazynowania	przechowywanie materiałów, półfabrykatów, zapasów produkcji w toku, wyrobów gotowych, palet, narzędzi
Manipulacji	lokalne przekazywanie przedmiotów pracy, palet i narzędzi, składanie i zdejmowanie przedmiotów z obrabiarki, zmiana narzędzi na obrabiarce
Pomocy warsztatowych	narzędzia (skrawające), pomiarowe i kontrolne, palety i uchwyty
Kontroli i diagnostyki	źródło danych o przebiegu procesu dla podsystemu sterowania na podstawie stanu produkowanych wyrobów, narzędzi, obrabiarek, parametrów procesu
Zasilania i usuwania odpadów	przepływ strumieni materiałów przetwarzanych i energetycznych (energia elektryczna, sprężone powietrze, olej hydrauliczny)

Źródło: opracowanie własne

Dla specyfikacji miar funkcyjnych (technologicznych) systemu wytwórczego wychodzimy od jego dwóch kluczowych i pożądaných cech, integracji i elastyczności. Przy czym integracja oznacza scalanie względnie niezależnych od siebie, lecz współdziałających elementów w jedną całość. Elementami podlegającymi integracji w systemie mogą być zarówno elementy jego organizacji statycznej (stanowisko pracy), jak i organizacji dynamicznej (operacje i procesy). Integracja systemu produkcyjnego rozumiana jest w dwu aspektach, jako integracja funkcjonalna i techniczna.

**Integracja funkcjonalna** polega na włączeniu do projektowanego systemu, podsystemu lub jego elementu, niezbędnych procesów i związanych z nimi funkcji. W szczególności mamy tu do czynienia z procesami: przygotowania produkcji, plano-

wania i sterowania, kontroli jakości oraz projektowania. Wzrost integracji funkcjonalnej powoduje wzrost złożoności systemu, a stopień integracji funkcjonalnej jest przy tym równy

$$IF = \frac{i_{FS}}{i_F} \quad (3.1)$$

gdzie:  $i_{FS}$  – jest liczbą procesów lub funkcji włączonych do systemu,

$i_F$  – jest liczbą wszystkich procesów (lub funkcji) niezbędnych dla realizacji określonych zadań systemu, podsystemu lub elementu.

Wielkość  $K = i_F - i_{FS}$  wyraża zakres powiązań kooperacyjnych systemu, podsystemu lub elementu.

**Integracja techniczna** oznacza fizyczne zespolenie elementów systemu produkcyjnego. Wyznacza ona poziom koncentracji przestrzennej funkcji realizowanych w systemie. Prowadzi ona do redukcji liczby elementów systemu bez zmniejszenia liczby funkcji realizowanych w systemie. Towarzyszy temu zatem wzrost wielostronności elementów systemu. Stopień integracji technicznej wyraża się wzorem:

$$IT = \frac{i_{TS}}{i_{T\max}} = 1 - \frac{n-1}{i_{FS}-1} \quad (3.2)$$

gdzie:  $i_{TS}$  – jest osiągniętym stopniem zespolenia elementów systemu,

$i_{T\max}$  – jest stopniem maksymalnie możliwego zespolenia elementów systemu,

$n$  – oznacza liczbę rodzajów elementów systemu.

Celem integracji technicznej jest zmniejszenie liczby elementów systemu produkcyjnego w odniesieniu do zasobów systemu: pracowników, przedmiotów pracy i środków pracy. Związek między integracją funkcjonalną i techniczną wyraża tzw. **stopień koncentracji funkcji**:

$$f = \frac{i_{FS}}{n} \quad (3.3)$$

gdzie:  $f$  – stopień koncentracji funkcji,

$i_{FS}$  – liczba procesów lub funkcji włączonych do systemu,

$n$  – liczba rodzajów elementów systemu.

Obie integracje, funkcjonalna i techniczna, prowadzą do wzrostu autonomii systemu, tzn. powodują wzrost jego niezależności od otoczenia i obsługi ręcznej.

Reasumując, dotychczasowe rozważania nad cechami systemu wytwórczego możemy stwierdzić, że automatyzacja i integracja działają w jednym kierunku. Wzrost stopnia automatyzacji powoduje wzrost stopnia integracji i odwrotnie. Są to więc cechy w pewnym stopniu komplementarne. Z kolei dokonamy analizy centralnej cechy rozważanego systemu, tj. elastyczności. Jest ona własnością systemu wytwórczego, polegającą na zdolności dostosowania się jego elementów do zmiennych zadań produkcyjnych. Wyróżnia się między innymi następujące rodzaje elastyczności:

- asortymentową,
- technologiczną,

- marszrutową,
- wydajnościową,
- strukturalną,
- ekspansyjną,
- zadaniową,
- adaptacyjną,
- energetyczną,
- eksploatacyjną.

**Elastyczność asortymentowa** jest mierzona różnorodnością i liczebnością typów przedmiotów należących do produkowanej klasy wyrobów. Liczebność ta jest określona dla danego systemu i jego wyposażenia (palety, uchwyty, narzędzia, roboty, manipulatory itp.), tzn. bez uwzględnienia możliwości potencjalnej rozbudowy systemu czy zmiany jego wyposażenia.

**Elastyczność technologiczna** polega przede wszystkim na zakresie możliwości zmiany narzędzi i przyrządów potrzebnych do wykonania operacji lub zabiegów obróbkowych. Związana jest ona z możliwością realizacji zadań produkcyjnych o różnych parametrach konstrukcyjno-technologicznych. Znaczenie elastyczności technologicznej wzrasta z częstością zmian oraz ze wzrostem asortymentów produkcyjnych.

**Elastyczność marszrutowa** jest to zdolność systemu do zmiany marszrutu technologicznej produkowanych przedmiotów. Zdolność ta wynika ze stosowania w systemie alternatywnych (zamiennych wzajemnie) maszyn, w taki sposób, że funkcje jednej maszyny obróbczej może przejąć inna. Alternatywność może dotyczyć również innych urządzeń pomocniczych lub transportowych. Elastyczność marszrutowa zapewnia możliwość szybkiego reagowania na wszelkie zakłócenia (np. rolę maszyny ulegającej awarii może przejąć inna maszyna równoważna jej funkcjonalnie, choć niekoniecznie identyczna), sprzyja również zwiększeniu stopnia wykorzystania maszyn.

**Elastyczność ilościowa (wydajnościowa)** oznacza zdolność przystosowania się systemu do zmiennego asortymentu i długości serii poszczególnych wyrobów. Innymi słowy, jest to zdolność do efektywnego ekonomicznie działania systemu w warunkach zmiennych ilościowo zadań produkcyjnych.

**Elastyczność strukturalna** dzieli się na elastyczność struktury systemu produkcyjnego i struktury procesu.

**Elastyczność ekspansyjna** jest miernikiem możliwości rozbudowy systemu. Jest ona większa dla modularnych elastycznych systemów produkcyjnych (ESP).

Elastyczność systemu produkcyjnego jest zdeterminowana dwoma czynnikami: elastycznością elementów systemu produkcyjnego, tj. zdolnością realizowania przez nie różnych zadań produkcyjnych oraz elastycznością struktury systemu, polegającą na możliwości realizacji powiązań różnych elementów systemu związanych z wykonywaniem przez nie zmiennych zadań w czasie i przestrzeni. Rozpatrując pojęcie elastyczności w systemie sterowania przebiegiem produkcji, mówi się w szczególności o elastyczności zadaniowej i elastyczności adaptacyjnej.

**Elastyczność zadaniowa** polega na łatwości reagowania na zmiany ilościowo-asortymentowe i zakłócenia w operatywnym sterowaniu produkcją.

**Elastyczność adaptacyjna** polega na zdolności systemu produkcyjnego do samodzielnego przygotowywania się do produkcji nowych wyrobów w zmiennej kolejności ich zleceń.

**Elastyczność energetyczna** jest to zdolność systemu do przystosowania się do zmiennego zapotrzebowania energetycznego.

**Elastyczność eksploatacyjna** urządzeń i całego systemu polega na możliwości natychmiastowego usunięcia awarii i wszelkich odchyłeń w jak najkrótszym czasie.

Wszystkie wymienione rodzaje elastyczności są ze sobą wzajemnie sprzężone i łącznie decydują o wyższej produktywności, wydajności i efektywności ekonomicznej. W nowoczesnych systemach produkcyjnych elastyczność i integracja osiągane są dzięki automatyzacji, która realizowana jest środkami techniki komputerowej.

Pojęcia elastyczności systemów umożliwiają dokonywanie ilościowych porównań różnych wariantów systemowych.

Dla podsystemu składającego się z centrów obróbkowych i gniazd, współczynnik elastyczności określa się jako:

$$K_1 = \sqrt{K_{1,v} \cdot K_{1,f}} \quad (3.4)$$

gdzie:  $K_{1,v} = \frac{\sum_{i=1}^m v_i}{m \cdot v_{\max}}$  – współczynnik elastyczności charakteryzującej liczbę detali, których

obróbka jest możliwa w każdej z  $m$  podstawowych komórek technologicznych ESP,

$v_i$  – liczba detali obrabianych w  $i$ -tej komórce technologicznej,

$m$  – liczba wyróżnionych komórek technologicznych (np. liczba elastycznych modułów produkcyjnych danego ESP),

$v_{\max} = \max \{v_i \mid i \in \overline{1, m}\}$  – maksymalna liczba elementów obrabianych w jednej komórce technologicznej,

$K_{1,f}$  – współczynnik elastyczności strukturalnej.

Ponieważ

$$\sum_{i=1}^m v_i \leq m \cdot m \cdot v_{\max} \quad (3.5)$$

więc maksymalną wartością współczynnika  $K_{1,v}$  jest 1. **Przykładowo**, jeśli wyróżnimy trzy komórki technologiczne (np. trzy elastyczne gniazda produkcyjne) i w każdej komórce można obrabiać każdy z 10 detali, to  $K_{1,v} = (10 + 10 + 10)/(3 \cdot 10) = 1$ . W drugim przypadku, gdy w poszczególnych komórkach można wytwarzać przykładowo 5, 10, 10 detali, otrzymujemy współczynnik:  $K_{1,v} = (5 + 10 + 10)/(3 \cdot 10) = 25/30$ .

Współczynnik elastyczności strukturalnej  $K_{1,f}$  określa się z podziału elementów systemu na tzw. grupy złożoności. Dla każdej z grup określa się współczynnik  $\alpha_1$  cha-

rakteryzujący operacje kształtowania detali pod kątem możliwości wykonania zabiegów i kontroli detali. **Przykładowo**, współczynniki  $\alpha_i$  mogą być funkcją liczby stopni swobody poszczególnych urządzeń. W zależności od liczby stopni swobody dla każdej z grup złożoności można wyróżnić wskaźniki  $\alpha_1 = 0,1$ ,  $\alpha_2 = 0,2$ ,  $\alpha_3 = 0,3$ ,  $\alpha_4 = 0,4$ ,  $\sum \alpha_i = 1$ , gdzie  $i$  – liczba stopni swobody danej grupy komponentów systemu. Wówczas współczynnik elastyczności strukturalnej  $K_{1,f}$  dla danego systemu określa się jako

$$K_{1,f} = \frac{\sum_{i=1}^l \alpha_i \cdot m_i}{\sum_{i=1}^l m_i} \quad (3.6)$$

gdzie:  $l$  – liczba grup złożoności (w przytoczonym przykładzie  $l = 4$ ),

$m_i$  – liczba elementów  $i$ -tej grupy złożoności charakteryzowanej wartością współczynnika  $\alpha_i$ .

Współczynnik elastyczności  $K_2$  charakteryzujący drugi z wyróżnionych podsystemów, a mianowicie zautomatyzowany podsystem transportu, określamy w sposób następujący. Załóżmy, że transport realizowany jest pomiędzy  $N$  punktami. Jeśli zautomatyzowany podsystem transportu realizowałby przejścia pomiędzy wszystkimi  $N$  punktami, to maksymalna liczba przejść (w obu kierunkach) wynosi:

$$t_{\max} = 2 \cdot \sum_{i=1}^{N-1} t_i \quad (3.7)$$

gdzie:  $t_i$  – liczba przejść z  $i$ -tej pozycji do pozostałych punktów.

Niech  $t_e$  będzie liczbą realizowanych przez system transportu przejść, wówczas

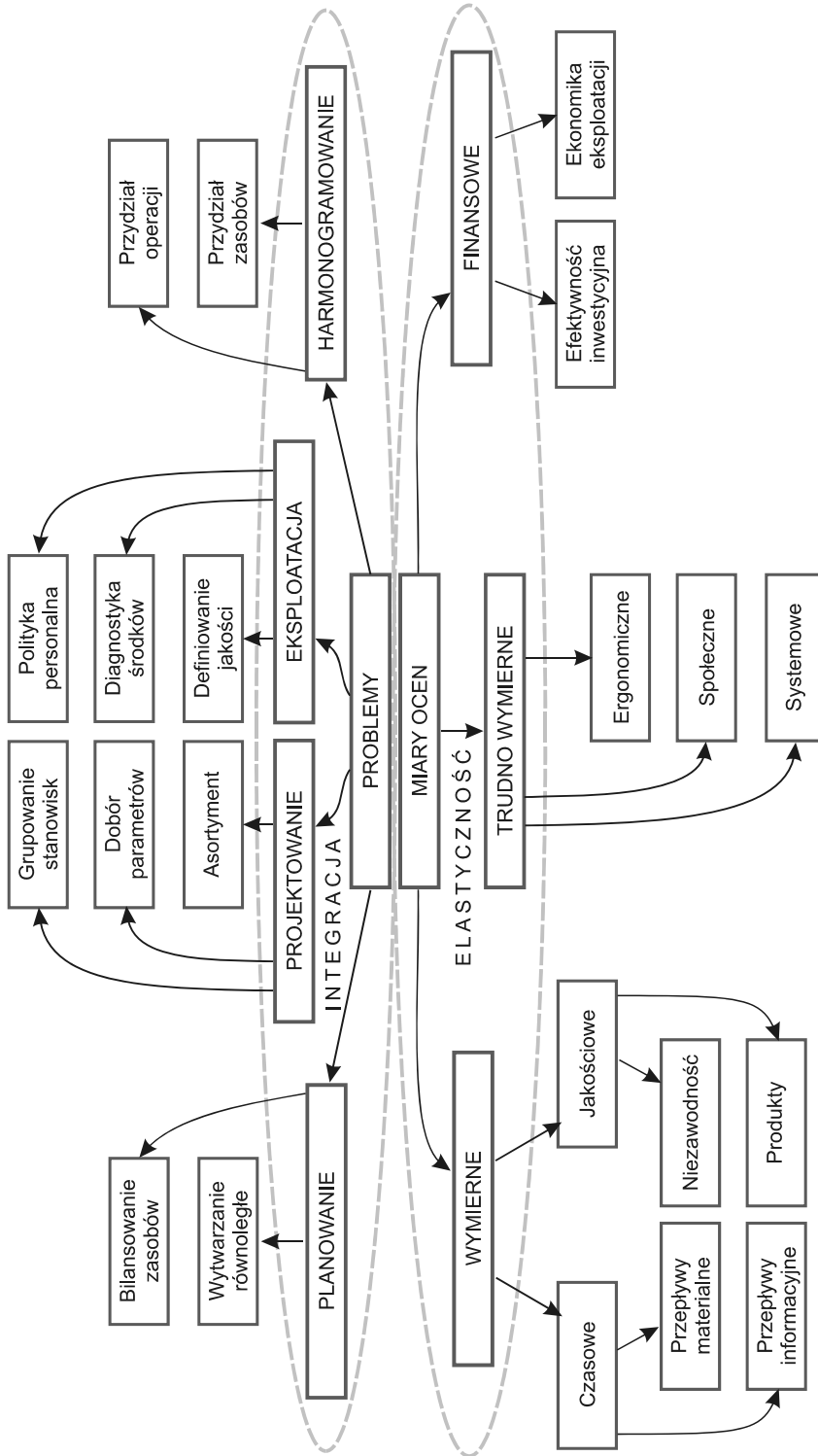
$$K_2 = \frac{t_e - N + 1}{t_{\max} - N + 1} \quad (2.8)$$

Można zauważyć, że  $K_2 = 0$  dla sztywno zautomatyzowanej linii produkcyjnej (liczba możliwych przejść  $t_e$  wynosi  $N - 1$ ) oraz  $K_2 = 1$ , gdy mamy do czynienia tzw. swobodnym systemem wytwórczym. W analogiczny sposób można określić współczynniki elastyczności dla innych komponentów systemów.

**Elastyczność asortymentowa systemu**  $K_A$  charakteryzowana przez wskaźnik ilościowy określający procent różnych detali, jakie mogą być produkowane w systemie bez wprowadzenia w nim dodatkowych urządzeń, mocowań, palet itp.), jest określona jako [Zawadzka, 2000]:

$$K_A = \frac{\sum_{d \in D} x_d}{n} \quad (3.9)$$

gdzie:  $n = \text{card}(D)$  – liczba detali.



Rys. 3.1. Problemy i kryteria oceny systemu produkcyjnego  
 Źródło: opracowanie własne na podstawie [Zawadzka, 2000]

**Elastyczność marszrutowa**  $K_M$  może być obliczona jako średnia arytmetyczna elastyczności marszrutowej poszczególnych detali  $d \in D$ , wyrażona wzorem:

$$K_M = \frac{\sum_{d \in D} \frac{y_d}{n_d}}{n} \quad (3.10)$$

gdzie:  $y_d$  – liczba różnych marszrut możliwych do zrealizowania przez dany system transportowy dla danego detalu  $d \in D$ ,

$n_d$  – liczba możliwych marszrut uwzględniających kolejnościowe ograniczenia operacji.

Jeżeli  $K_M = 1$ , to mówimy, że elastyczność marszrutowa jest całkowita. W pracy [Chryssolouris, 2006] podano szereg przykładów obliczania elastyczności dla jej różnych rodzajów. Połączenie miar oceny nowoczesnego systemu produkcyjnego z różnego rodzaju problemami, jakie należy rozwiązać w związku z jego projektowaniem i eksploatacją, prowadzi do modelu zaproponowanego na rysunku 3.1, który zostanie rozwinięty w dalszej części pracy.

### 3.2. Modele oceny efektywności

Implementacje ISP/NGMS również podlegają zasadom klasycznego cyklu organizacyjnego: od formułowania problemu projektowego, poprzez specyfikację zasobów dla jego realizacji, aż do kontroli wyników prowadzącej do nowego cyklu. W szczególności projekt zgrubny (*draft*) systemu specyfikuje jego architekturę i modele jakościowe, co prowadzi do fazy wariantowania, wynikiem której jest raport porównawczy rozwiązań na podstawie złożonych ofert (wewnętrznych/zewnętrznych). Na jego podstawie powstaje projekt detaliczny (*blueprint*), a więc algorytmy modułów i ich integracji. Elementy oceny systemu występują także (bezpośrednio/pośrednio) w innych fazach jego „życia”. Dotyczy to szczególnie fazy eksploatacji, kiedy dopracowywane są plany eskalacyjne wraz z szacowaniem ryzyk i możliwości ich minimalizacji. Jednocześnie doświadczenia eksploatacyjno-pielegnacyjne (*maintenance*) prowadzą do nowych wymagań dla wersji *live*. Całość systemu pozostaje zatem w „trójkącie sił”: koszty, jakość (funkcjonalność), czas i podlega dynamice ciągłego doskonalenia CI (*Continuous Improvement*). Możemy stwierdzić, że ocenę systemu formułuje się wówczas, gdy stwierdza się pewną zgodność (albo niezgodność) danego stanu rzeczy z określonym kryterium. Ocena jest obiektywna wtedy, kiedy oparta jest na kryterium (kryteriach) wyrażającym wartości odpowiadające potrzebom obiektywnym, tj. niezależnym od podmiotu oceniającego. Na rysunku 3.2 dokonano klasyfikacji metod oceny ze względu na jej możliwe typy. Proponowana **typizacja** ma charakter binarny, w połączeniu z wyspecyfikowanymi wymiarami oceny (głównymi kryteriami), tzn. każdemu typowi ewaluacji przyporządkowano jego dwa rozwinięcia. Uzupełniają się one wzajemnie na zasadzie przeciwieństw, co sugeruje możliwość stosowania w praktyce różnych rodzajów ocen jednocześnie dla uzyskania pełniejszego spektrum ich wyników. Jednocześnie niektóre rodzaje ocen można częściowo kojarzyć z wieloma ich



typami, niemniej w typizacji przyjęto modelowo jednoznaczne przyporządkowania danego rodzaju oceny do określonego typu.

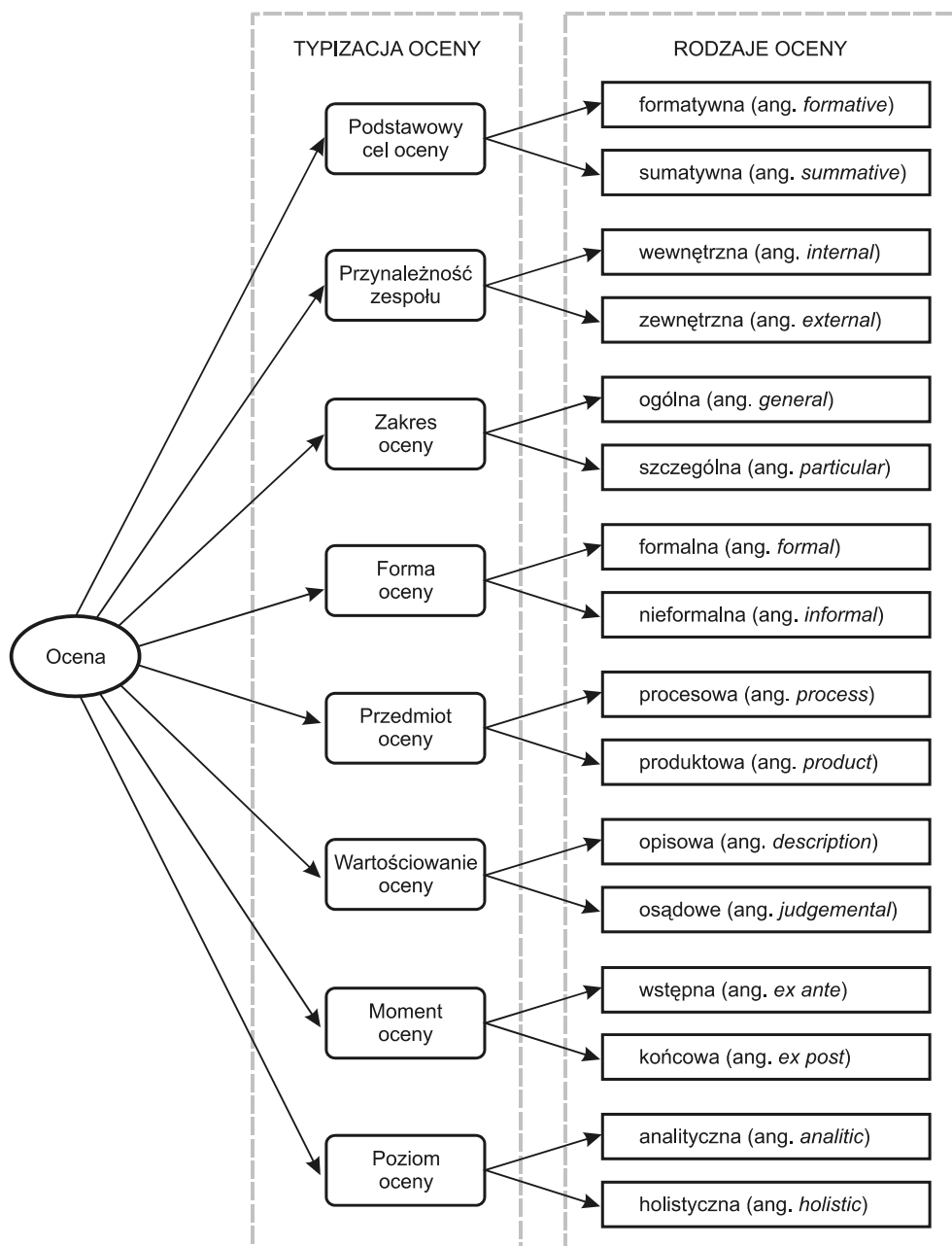
Nazwy rodzajów ocen, w połączeniu z typem, pozwalają na ich zgrubną charakterystykę, np. ocena wstępna ma charakter przedprojektowy, końcowa – poprojektowy. Niemniej niektóre z ocen wymagają komentarza. W szczególności **ocena formatywna** dotyczy wartościowania samego sposobu implementacji projektu, a więc zależności występujących w procesie projektowym w powiązaniu z jego zakresem, np. porównywanie cech stosowanych języków programowania, jako narzędzi aplikacyjnych. Z kolei **ocena sumatywna** (podsumowująca) koncentruje się na obiekcie projektu – systemie produkcyjnym lub jego części – badając jego związki efektywnościowe, a więc relacje „wejścia” do „wyjścia”, stąd nazywana jest także źródłowo jako ocena *outcome* lub *impact*. Dodajmy, że ocena formatywna jest innym typem oceny niż **formalna** (jako uzupełnienie nieformalnej).

Z kolei **ocena procesowa** nie dotyczy procesów projektowych, ale docelowych, tj. implementowanych w przestrzeni wytwórczej (np. ocena procesów logistycznych). Uzupełnia ją **ocena produktowa** badająca (podobnie jak sumatywna) efekty uzyskane w systemie wytwórczym. Zbliżoną funkcję realizuje także **ocena holistyczna**, jej cele są jednak z definicji wyraźnie interdyscyplinarne. I wreszcie para **osądowo/opisowa**. W pierwszym przypadku mamy do czynienia z arbitralnie przyjmowanymi sądami, w odróżnieniu od bardziej neutralnych ocen opisowych. Należy podkreślić, że arbitralność nie oznacza dowolności w ocenie, ale musi bazować na kwalifikowanych szacowaniach, przy czym mogą one wynikać np. z długoletnich doświadczeń ewaluatora (osoby oceniającej). Mamy wówczas do czynienia z oceną zwaną **ekspertką** – np. procentowe szacowanie oszczędności kosztowych, wynikające z implementacji systemu klasy MES, dokonane przez kierownictwo fabryki. Rekrutowanie zespołu oceniającego w ramach danej organizacji lub też z pomocą firm zewnętrznych (*outsourcing*) określa wymiar ewaluacji „przynależność zespołu”.

Najogólniej można zatem wyróżnić **oceny zwykłe**, które dotyczą wewnętrznych właściwości systemu, orzekające, że system jest po prostu dobry lub zły bezwzględnie i **użytkitarne**, które dotyczą zewnętrznych właściwości systemu; orzekające, że system jest dobry lub nieodpowiedni do czegoś, z uwagi na coś. Ze względu na uwarunkowania czasowe, oprócz pokazanych **retrospektywnych** (*ex post*) i **prospektywnych** (*ex ante*), można spotkać się z uszczegółowieniami tego wymiaru oceny w postaci ewaluacji **bieżących** (*on-going*) i **śródkresowych** (*midterm*). Zauważmy, że definiowane typy ocen mają charakter jakościowy, istnieje także typ ilościowy – ze względu na licznosc zbioru kryteriów oceny efektywności, wyróżnia się **oceny jednokryterialne** oraz **wielokryterialne**. W literaturze można spotkać także szereg innych rodzajów ewaluacji, z których niektóre tylko wymienimy bez uwzględniania w modelu zaproponowanym w niniejszym punkcie: **tematyczna** (*thematic*), **horyzontalna** (*horizontal*) czy **metaewaluacja** (*metaevaluation*) [OECD, 2011].

Do najważniejszych czynności podczas oceniania systemów produkcyjnych należą:

- a) wybór istotnych cech systemu,
- b) wybór kryterium (kryteriów) oceny efektywności systemów,
- c) ustalenie metody oceny efektywności systemu,
- d) określenie sposobu zastosowania oceny w procesie projektowania systemu.



Rys. 3.2. Oceny i ich typy

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Bennett, 2003]

Przy czym konieczne jest uwzględnienie szeregu aspektów metodologicznych, na które wskażemy niżej. **Efektywność systemu** jest wartością cechy systemowej, określonej w przestrzeni celów, rezultatów i użytego potencjału, która jest pewną relacją między potrzebami a możliwościami systemu. **Oceną efektywności** systemu nazywać będziemy wypowiedź wartościującą, określającą stopień osiągnięcia zamierzonego celu działania (zaspokojenia określonych potrzeb) i stopień racjonalności wykorzystania potencjału systemu.

**Kryterium efektywności** wyraża cele działania, przeznaczenie systemu i stawiane mu wymagania. Podstawowe cechy systemu decydujące o jego efektywności są następujące:

- a) skuteczność, czyli stopień realizacji zamierzonych celów;
- b) kompozycja systemu, czyli liczba elementów tworzących system i ich oceny jakościowe;
- c) struktura systemu, czyli liczba i rodzaj relacji między elementami systemu oraz ich oceny jakościowe;
- d) reguły funkcjonowania systemu, czyli zasady realizacji czynności, funkcji i procesów w systemie;
- e) jakość metod stosowanych w systemie do rozwiązywania zadań informacyjno-decyzyjnych;
- f) technika i technologia systemu, czyli ilość i jakość środków technicznych i technologicznych, w które wyposażony jest system;
- g) umiejętności i postawy ludzi działających w systemie;
- h) strategia rozwojowa systemu, czyli orientacja określająca kierunki rozwoju systemu w bliższej i dalszej przyszłości;
- i) warunki działania, czyli całość czynników (pozytywnych, negatywnych) charakteryzujących ich oddziaływanie na system.

Można zatem sformułować następującą tezę ogólną: **podstawą efektywności NGMS jest wielkość i jakość jego potencjału (ludzkiego, technicznego, informacyjnego) wraz z możliwościami jego optymalnego stosowania w przedsiębiorstwie.**

Efektywność NGMS może być rozpatrywana z wielu punktów widzenia, a zatem odmienne mogą być kryteria jej oceny. Proponuje się więc rodzaje kryteriów oceny efektywności jak w tabeli 3.2.

Rozpatrując wymienione kryteria, można stwierdzić, że efektywny ISP to system skuteczny, ekonomiczny, a także o wysokiej informacyjności, niezawodności i gotowości. Wiodącym kryterium w każdym etapie projektowania jest efektywność przyjętych rozwiązań. Prace projektowe przeprowadza się z reguły w trzech etapach:

- 1) koncepcji projektu,
- 2) stadium przedinwestycyjnego,
- 3) założeń techniczno-ekonomicznych.

W celu rozwiązania problemu ekonomicznej efektywności systemu należy określić dwie grupy efektów:

- 1) wymiernych,
- 2) niewymiernych lub trudno wymiernych (uwzględniając w tym stopę ryzyka).

Tabela 3.2

## Kryteria oceny efektywności i ich charakterystyki

Grupa kryteriów	Charakterystyka
Operacyjne	związane z organizacją i przebiegiem procesów podstawowych i wspomagających, wyrażających fakt osiągnięcia zamierzonych celów
Ekonomiczne	związane z wielkością (wartością) efektów dodatnich (korzyści) i ujemnych (nakładów), wyrażające korzystność zastosowania potencjału systemu w określonych warunkach
Informacyjne	związane z organizacją i przebiegiem procesów informacyjnych, wyrażające wpływ tych procesów na powodzenie systemu
Techniczne	związane ze sprawnością funkcjonowania środków technicznych, wyrażające wpływ techniki na procesy ISP

Źródło: opracowanie własne

**Efekty niewymierne** określa się na drodze subiektywnej, opartej na doświadczeniu, intuicji, za pomocą metod prognostycznych i opisowych, a nie rachunkowych, w szeroko rozumianej analizie ekonomicznej. Kryteria oceny przyporządkowuje się na podstawie rachunku prawdopodobieństwa bądź też arbitralnie, nadając im odpowiednie wagi. W przypadku ryzyka ocena jest obciążona zawsze pewnym subiektywizmem. W praktyce stopę ryzyka uwzględnia się subiektywnie w przybliżeniu poprzez m.in. podwyższenie zakładanej stopy dyskontowej rachunku odpowiednio do skali tego ryzyka oraz założenie krótszego kalkulacyjnego okresu eksploatacji obiektu. Wyniki tej analizy mogą mieć charakter pomocniczy przy obliczeniu efektów wymiernych. **Efekty wymierne** można określić za pomocą wskaźników cząstkowych, które stanowią podstawę do utworzenia kompleksowego modelu oceny projektu.

Model przeznaczony dla projektów modernizacyjnych, zmieniający stan organizacyjny przedsiębiorstwa przez komputeryzację zarządzania może być konstruowany w oparciu o czynniki cząstkowe wyrażane w wartościach pieniężnych, np.:

- a) efekt zmiany zużycia materiałów bezpośrednich,
- b) efekt zmiany zużycia materiałów pośrednich,
- c) efekt zmiany zużycia robocizny bezpośrednio z powodu zmiany procesu technologicznego,
- d) efekt zmiany zużycia robocizny pośredniej,
- e) efekt zmiany amortyzacji,
- f) efekt zmiany ekonomicznego aspektu jakości gotowych wyrobów,
- g) efekt zmiany liczby gotowych wyrobów i wpływu zmian na koszt jednostkowy,
- h) efekt zmiany liczby braków.

Zmiany te można przedstawić za pomocą następującego wzoru:

$$E = \sum_{i=1}^m E_i \quad (3.11)$$

gdzie  $E_i$  oznacza  $i$ -ty efekt cząstkowy, wynikający z wprowadzonych zmian.

Możliwe jest również **podejście strukturalne** do oceny efektywności ekonomicznej systemów złożonych. Rozbija się wówczas oceniany system na zadania bądź bloki funkcjonalne i ocenia się efektywność każdej części tak zintegrowanego systemu z osobna. Następnie, uwzględniając charakter zależności wiążących poszczególne zadania, opracowuje się analityczną postać funkcji agregującej i oblicza efektywność wynikową według wzoru:

$$E = f(e_1 w_1 + e_2 w_2 + \dots + e_i w_i + \dots + e_n w_n) \quad (3.12)$$

$$\sum_{i=0}^n w_i = 1 (w_i \in w_n) \quad (3.13)$$

gdzie:  $E$  – wskaźnik efektywności systemu informatycznego,  
 $e_n$  – wskaźnik efektywności poszczególnych jednostek funkcjonalnych,  
 $w_n$  – odpowiednio dla każdej jednostki funkcjonalnej wskaźnik integracji (efektów funkcjonowania poszczególnych jednostek funkcjonalnych z efektywnością całego systemu informatycznego),  
 $n$  – liczba jednostek funkcjonalnych (podsystemów).

Zaletą tej metody jest to, że dla wąsko zdefiniowanego zadania (funkcji) łatwiej jest dokładnie (na ogół) oszacować efekt niż dla skomplikowanego systemu wytwórczego. Natomiast wadą przedstawionego modelu jest duża trudność w identyfikacji funkcji agregacji. Jeśli można uzyskać rzetelną ocenę poszczególnych jednostek funkcjonalnych oraz właściwie zidentyfikować funkcję agregującą, to zastosowana metoda może pozwalać na zadowalającą ocenę efektywności ekonomicznej złożonych systemów NGMS.

### 3.3. Miary analizy ekonomicznej

Projekt wdrażania systemu produkcyjnego nowej generacji jest złożonym projektem inwestycyjnym. Praca w każdym etapie projektowania rozpoczyna się od badania rynku, a więc zapotrzebowania i możliwych do uzyskania cen produktu. Po uzyskaniu tych informacji rozpoczyna się właściwy proces projektowania. Wiodącym kryterium w każdym etapie projektowania jest opłacalność przyjmowanych rozwiązań, przy czym prace projektowe prowadzi się w trzech etapach:

- stadium przedinwestycyjne,
- stadium wdrażania inwestycji,
- stadium eksploatacji.

W celu określenia efektów wdrażania NGMS konieczne jest wcześniejsze dokonanie kompleksowej **analizy ekonomiczno-finansowej** zakładanego przedsięwzięcia. Jest to niezwykle istotne, gdyż wynik analizy może przesądzić o wdrażaniu nowej techniki lub technologii. Podstawowe rodzaje inwestycji, ze względu na różne kryteria klasyfikacyjne [Correia i in., 2010], pokazano na rysunku 3.3.

Proponowany model odrębnie traktuje inwestycje informatyczne z uwagi na ich specyfikę związaną z następującymi zagadnieniami:

- 
- kontekstowa (nie)mierzalność informacji,
  - możliwości i ograniczenia stosowania klasycznych praw ekonomii w gospodarce informacyjnej,
  - integracyjna rola informacji w odniesieniu do szeroko rozumianej rzeczywistości gospodarczej, tj. obiektów fizycznych, przepływów energetycznych, parametrów czasoprzestrzennych,
  - bezwładność inwestycji IT, zaczynającej w pełni działać dopiero wtedy, gdy jej skutki dotrą do różnych podsystemów przedsiębiorstwa,
  - związki przyczynowo-skutkowe złożonego środowiska IT (niewielkie zmiany logiki fragmentu infrastruktury hardwarowo-sofwarowej implikują konieczność innych zmian w systemie).
  - słaba korelacja między produktywnością a nakładami na informatykę (paradoks produktywności IT) [Bocij i in., 2008].

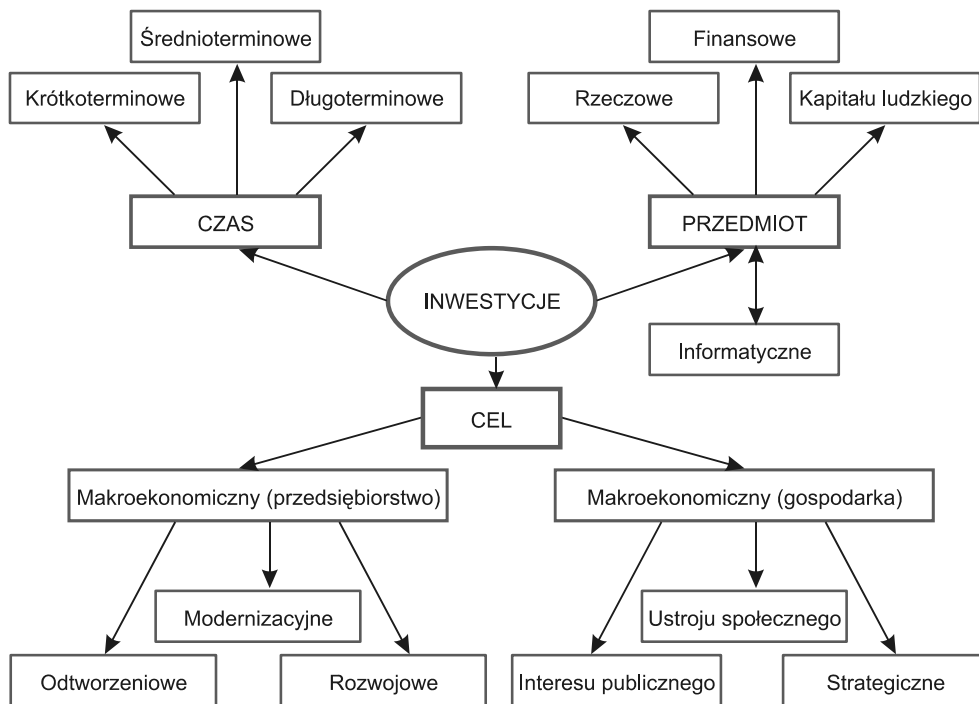
Dla identyfikacji charakteru inwestycji w sferze NGMS najistotniejszy jest **podział celowy z punktu widzenia przedsiębiorstwa**. Rozważane systemy wytwarzania stanowią zbiory:

- automatyzowanych elastycznych jednostek wytwórczych, jak obrabiarki oraz inne maszyny i urządzenia technologiczne,
- elastycznych modułów technologicznych, pozwalających na zastosowanie różnych technik wytwarzania, połączonych między sobą automatycznymi urządzeniami transportowymi, umożliwiającymi wytwarzanie przedmiotów o wspólnych cechach technologicznych i zróżnicowanych konstrukcjach.

Ponadto NGMS zawierają podsystemy funkcjonalne, takie jak system maszynowy, narzędziowy, system przepływu przedmiotów czy system przepływu informacji. Działanie systemu jako całości polega na współdziałaniu i sprzężeniu poszczególnych podsystemów, przy czym nadrzędną rolę pełni komputerowy system sterowania i nadzoru. Mamy tu zatem inwestycje w niezbędny sprzęt automatyzacji oraz komputeryzacji, których parametry muszą sprostać najnowocześniejszym wymogom.

Występują tu inwestycje w różnego rodzaju oprogramowanie, umożliwiające komputerowo wspomagane planowanie, harmonogramowanie czy sterowanie procesami produkcyjnymi, a nawet stworzenie podstaw do uruchomienia zintegrowanego systemu zarządzania firmą (ERP). Inwestycje NGMS mogą więc mieć charakter:

- inwestycji odtworzeniowych, gdy zużyty park maszynowy zostaje zastąpiony zautomatyzowaną linią produkcyjną czy też obrabiarkami sterowanymi numerycznie;
- inwestycji modernizacyjnych, obniżających koszty produkcji w drodze wprowadzania nowoczesnych linii produkcyjnych, w pełni skomputeryzowanych gospodarek magazynowych czy innych nowoczesnych metod zarządzania przedsiębiorstwem, podwyższających wydajność pracy;
- inwestycji innowacyjnych i rozwojowych, w których wprowadzenie nowoczesnych technik wytwarzania, kreuje nowy wyrób przedsiębiorstwa, niejednokrotnie zmieniając jego pozycję na rynku.



Rys. 3.3. Rodzaje inwestycji – kryteria klasyfikacyjne  
 Źródło: opracowanie własne na podstawie [Correia, 2010]

Analiza ekonomiczna rozważanego projektu wymaga specyfikacji kosztów inwestycyjnych, których podział zaproponowano w tabeli 3.3. Aby w pełni określić ekonomiczną przydatność przedsięwzięcia, należy odpowiedzieć na pytanie: czy inwestycja jest dla przedsiębiorstwa korzystna i jaką drogę wybrać, aby osiągnąć zamierzony cel? Celem systemu oceny przedsięwzięcia jest więc określenie jego rentowności oraz możliwości wdrożenia w praktyce przemysłowej. Pomocnymi w podejmowaniu decyzji inwestycyjnych są liczne metody oceny opłacalności inwestycji, stosowane prawie we wszystkich etapach ogólnie rozumianego przedsięwzięcia inwestycyjnego [Brovermann, 2010]. Przy ocenie efektywności inwestycji, najbardziej korzystne wydaje się uwzględnienie we wszystkich etapach analizy zarówno czynnika ryzyka, jak i czynnika czasu. W stadium przedinwestycyjnym należy przeprowadzić zarówno analizę stanu istniejącego, jak również analizę techniczno-ekonomiczną.

Występowanie czynnika ryzyka związane jest z uzyskaniem efektów niższych lub poniesieniem kosztów przedsięwzięcia wyższych niż zakładane w projekcie inwestycyjnym. Aby uwzględnić czynnik ryzyka, szczególnie przy długoterminowych inwestycjach, wprowadza się do rachunku efektywności inwestycji premię ryzyka, korygującą stosowane stopy procentowe oraz rachunek prawdopodobieństwa, sprowadzający się do stosowania w obliczeniach wartości oczekiwanej, wariancji, odchylenia standardowego, czy współczynnika zmienności. **Wartość oczekiwana** jest średnią ważoną, w której wagami są prawdopodobieństwa realizacji zakładanych wyników, tzn. uzyskania określonych przychodów czy poniesienia planowanych nakładów.

$$\bar{r} = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I r_{it} p_{it}, \sum_{i=1}^I p_i = 1 \quad (3.14)$$

$$\sum_{i=1}^I p_i = 1 \quad (3.15)$$

gdzie:  $\bar{r}$  – wartość oczekiwana,

$r_i$  – możliwy do realizacji wynik,

$p_i$  – prawdopodobieństwo wystąpienia określonego wyniku  $r_i$ ,

$t$  – kolejny rok realizacji przedsięwzięcia.

$t = 1, 2, \dots, T$ ,

$i$  – kolejny założony numer wyniku przyjętego do obliczeń,

$i = 1, 2, \dots, I$ ,

$I$  – liczba analizowanych wyników w danym roku,

$p_{it}$  – prawdopodobieństwo uzyskania wyniku  $r_i$  w czasie  $t$ .

**Tabela 3.3**

Nakłady na inwestycje w systemach wytwórczych

Rodzaj kosztów	Charakterystyka	Przykłady
Koszty analizy stanu istniejącego	w przeważającej części koszty osobowe, dotyczące wyodrębnienia i przeszkolenia pracowników uczestniczących w analizie	koszty kompletacji niezbędnej dokumentacji, określającej stan posiadania przedsiębiorstwa
Koszty wstępnych badań techniczno-ekonomicznych	wskazanie ogólnego kierunku prowadzenia inwestycji	badania marketingowe, pozwalające na porównanie preferowanego przez inwestora kierunku rozwoju z wymogami rynku
Koszty opracowania koncepcji wstępnej	sprecyzowanie zadania projektowego	fachowej specyfikacji alternatywnych rozwiązań i określenia planu realizacji projektu
Koszty opracowania koncepcji szczegółowej	przygotowanie zadań w sferze wytwórczej oraz zarządzania	implementacja ERP/MES
Koszty wdrażania projektu	konkretne zakupy inwestycyjne wraz z wymaganym sprzętem komputerowym oraz niezbędnym oprogramowaniem	zakup lub budowa obiektów przemysłowych, zakup nowoczesnych linii produkcyjnych, wymaganych licencji czy zakup niezbędnego parku maszynowego

Źródło: opracowanie własne

Ustalenie wartości oczekiwanej określonych efektów przedsięwzięcia inwestycyjnego pozwala na porównanie jej z wpływami przykładowo otrzymanymi z inwestowania na rynku finansowym, tj. lokowania kapitałów w obligacje, akcje czy udziały w funduszach powierniczych. Inną metodą uwzględniania ryzyka w analizie efektywności jest stosowanie wariancji  $\delta^2$  kształtowania się określonych mierników w kolejnych latach analizowanego okresu  $i$ .



$$\sigma^2 = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I (r_{it} - \bar{r}_t)^2 \cdot p_{it} \quad (3.16)$$

gdzie:  $\sigma^2$  – wariancja,

$r_{it}$  – możliwy do uzyskania wynik w czasie  $t$ ,

$\bar{r}_t$  – wartość oczekiwana w czasie  $t$ ,

$t$  – kolejny rok realizacji przedsięwzięcia,

$i$  – kolejny założony numer wyniku przyjętego do obliczeń,

$p_{it}$  – prawdopodobieństwo uzyskania wyniku  $r_i$  w czasie  $t$ .

Kolejnym miernikiem ryzyka jest **odchylenie standardowe**  $\delta$ , rozumiane jako miara rozproszenia rozkładu prawdopodobieństwa:

$$\delta = \sqrt{\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I (r_{it} - \bar{r}_t)^2 p_{it}} \quad (3.17)$$

gdzie:  $\delta$  – odchylenie standardowe,

$\bar{r}_t$  – wartość oczekiwana,

$r_{it}$  – możliwy do realizacji wynik w czasie  $t$ ,

$p_{it}$  – prawdopodobieństwo uzyskania zakładanego wyniku  $r_i$  w czasie  $t$ ,

$t$  – kolejny rok realizacji przedsięwzięcia,

$i$  – kolejny numer wyniku przyjętego do obliczeń.

$$\sum_{i=1}^I p_i = 1 \quad \text{oraz} \quad \sum_{i=1}^I p_{it} = 1. \quad (3.18)$$

Odchylenie standardowe jest statystyczną miarą rozproszenia czynników wokół wartości oczekiwanej. Można zauważyć, że im mniejsze odchylenie standardowe, tym rozkład jest bardziej skupiony wokół wartości oczekiwanej, a tym samym ryzyko ponoszone przez inwestora jest mniejsze. Współczynnik zmienności  $W_z$ , jako miara ryzyka, określa stopień ryzyka na jednostkę przewidywanej wartości oczekiwanej:

$$W_z = \frac{\delta}{\bar{r}} = \frac{\sqrt{\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I (r_{it} - \bar{r}_t)^2 p_{it}}}{\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I r_{it} p_{it}} \quad (3.19)$$

**Obok czynnika ryzyka, konieczne jest uwzględnienie elementu czasowego, pozwalającego na rozłożenie w czasie przewidywanych wpływów i wydatków, związanych z badanym przedsięwzięciem.** Występowanie czynnika czasu związane jest z faktem ponoszenia przez inwestora w pewnym okresie niezbędnych nakładów inwestycyjnych, zarówno na prace badawcze, jak i bezpośrednią realizację zakładanego projektu. Dopiero w okresie późniejszym inwestor uzyskuje wymierne efekty z wdrożenia zamierzonej inwestycji, pozwalające na pokrycie poniesionych kosztów. W im

krótszym okresie poniesione nakłady są zrekompensowane uzyskanymi wymiernymi efektami, tym inwestycja jest dla przedsiębiorstwa bardziej efektywna.

We wszelkich rodzajach inwestycji, tym samym i w określaniu efektywności inwestycji w elastycznych systemach produkcyjnych, wykorzystywane są metody dyskontowe, pozwalające na rozłożenie w czasie przewidywanych wpływów i wydatków. Są one szczególnie miarodajne, ponieważ pozwalają na porównanie dochodu z inwestycji z efektami uzyskanymi poprzez ulokowanie zakładanego kapitału inwestycyjnego na rynku finansowym.

Najczęściej stosowanymi metodami dyskontowymi są: wartość bieżąca netto *NPV* (*Net Present Value*) i wewnętrzna stopa zwrotu *IRR* (*Internal Rate of Return*). Wartość bieżąca netto *NPV* jest wielkością określającą, czy projekt inwestycyjny przynosi dochód przewyższający wpływy z ulokowania danych środków na rynku kapitałowym, o podobnym stopniu ryzyka.

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{D_t}{(1+d)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{I_t}{(1+d)^t} \quad (3.20)$$

gdzie:  $D_t$  – przyływy pieniężne netto w kolejnych latach okresu obliczeniowego,

$I_t$  – nakłady inwestycyjne w kolejnych latach okresu obliczeniowego,

$d$  – stopa procentowa,

$t$  – kolejny rok okresu obliczeniowego.

Przedsięwzięcie inwestycyjne jest opłacalne, gdy  $NPV \geq 0$ . Oznacza to, że stopa rentowności przedsięwzięcia jest wyższa lub równa wartości granicznej, wyznaczonej przykładowo przez bankową stopę procentową. Wewnętrzna stopa zwrotu *IRR* jest natomiast stopą dyskontową, zrównującą zaktualizowaną wartość przyszłych dochodów z wartością kapitałów włożonych w przedsięwzięcie. Jednocześnie, podobnie jak metoda *NPV*, pozwala ona na porównanie spodziewanych efektów z przedsięwzięcia z obowiązującą w bankach stopą procentową.

$$IRR = d_1 + \frac{PV(d_2 - d_1)}{PV + |NV|} \quad (3.21)$$

gdzie:  $d_1$  – stopa procentowa, przy której  $NPV > 0$ ,

$d_2$  – stopa procentowa, przy której  $NPV < 0$ ,

$PV$  – poziom *NPV*, obliczony według  $d_1$ ,

$NV$  – poziom *NPV*, obliczony według  $d_2$ .

Proste metody analizy są częścią składową stadium przedinwestycyjnego. Mimo, że nie uwzględniają one czynnika czasu oraz ryzyka, jednak zasługują na uwagę ze względu na powszechne stosowanie w praktyce. Wśród tych metod wyróżniamy:

- okres zwrotu nakładów,
- prostą stopę zwrotu,
- analizę prognozy rentowności,
- analizę wrażliwości.

**Okres zwrotu nakładów**  $O_{zn}$  jako metoda oceny inwestycji, polega na ustaleniu, w jakim okresie dochody pieniężne inwestora pokryją nakłady na realizację inwestycji.

$$O_{zn} = \frac{N}{D} \quad (3.22)$$

gdzie:  $N$  – całkowite nakłady na inwestycję,  
 $D$  – roczne dochody inwestora.

Im okres zwrotu jest krótszy, tym inwestycja jest bardziej opłacalna. Metoda ta preferuje inwestycje o krótkich horyzontach czasowych. Inną stosowaną metodą jest prosta stopa zwrotu  $ROI$  (*Return on Investment*), stanowiąca porównanie rocznego zysku netto oraz wartości kapitału, finansującego analizowaną inwestycję.

$$ROI = \frac{D}{N} \quad (3.23)$$

gdzie:  $N$  – całkowite nakłady na inwestycję,  
 $D$  – roczne dochody inwestora (ze zrealizowanej inwestycji).

Inwestor wybiera inwestycję charakteryzującą się najwyższym wskaźnikiem  $ROI$ , a więc najbardziej rentowną. Kolejna metoda analizy prostej polega na określeniu progu rentowności  $P$ , rozumianego jako wielkość produkcji osiągniętej w wyniku realizacji inwestycji, po przekroczeniu której przychody są równe lub większe od ponoszonych kosztów.

$$P = \frac{K_s}{C - K_{jz}} \quad (3.24)$$

gdzie:  $K_s$  – koszty stałe,  
 $C$  – cena jednostkowa wyrobu,  
 $K_{jz}$  – koszt jednostkowy zmienny wyrobu.

Analiza progu rentowności często jest uzupełniana o analizę wrażliwości  $A_w$ . Polega ona na uwzględnieniu w progu rentowności wariantów optymistycznych i pesymistycznych. Wszystkie wymienione metody oceny opłacalności inwestycji, w tym w zakresie elastycznych systemów produkcyjnych, są wykorzystane kompleksowo. Wynika to z faktu, że żadna metoda nie jest na tyle prosta i wyczerpująca, aby ją powszechnie wykorzystywać. Poza tym, zastosowanie jednej metody może być potraktowane jako tendencyjne dla wyboru takiego, a nie innego wariantu realizacji inwestycji. Jednak w praktyce gospodarczej najszerze zastosowanie ma metoda okresu zwrotu nakładów, jako najprostsza i pozwalająca na globalne określenie czasu, w którym nastąpi spłata inwestycji.

---

## Otoczenie oraz aspekty społeczne i zarządzania wiedzą w ISP

Wobec następujących dynamicznie zmian relacje przedsiębiorstwa z otoczeniem nabierają nowego charakteru. Granice organizacji podlegają elastycznym zmianom, nowe role wobec organizacji spełniają klienci, dostawcy i konkurenci. Kluczowymi umiejętnościami organizacji stają się elastyczność, innowacyjność oraz adaptacja do nowych warunków otoczenia. **Identyfikowanie impulsów sprawczych** zmian i pozyskanie umiejętności kreowania ich wymaga analizowania relacji pomiędzy wyodrębnionymi, wielowymiarowymi i wzajemnie przenikającymi się przestrzeniami otoczenia i organizacją (p. 4.1). Biorąc pod uwagę znaczenie aktywów niematerialnych (*intangible assets*), których kluczowym elementem jest kapitał intelektualny, na rozwój ISP istotny wpływ ma czynnik ludzki. W rozdziale poddano analizie czynniki o charakterze psychologiczno-społecznym, rozpatrywane w płaszczyznach klient–organizacja i pracownik–organizacja, które mogą stymulować i hamować rozwój ISP (p. 4.2). Przedstawiono również kierunki zmian i niezbędne rozwiązania stosowane w zakresie polityki personalnej i personalizacji wiedzy (p. 4.3).

### 4.1. Otoczenie ISP

Dokonujące się dynamiczne przekształcenia, przede wszystkim w zakresie technologii i rozwiązań organizacyjnych, powodują zmiany w relacjach przedsiębiorstwa z jego otoczeniem. Postępuje zanik dychotomii przedsiębiorstwo–otoczenie, zaciera się wyraźna granica pomiędzy przedsiębiorstwem a jego otoczeniem, szczególnie tym, które rozpatrywanej jest w ujęciu mikro [Perechuda, 2005]. Zmienne wymagania rynku oraz silne ukierunkowanie działań na poprawę produktywności i efektywności funkcjonowania powodują, że poszukiwana jest najlepsza w danych warunkach konfiguracja systemu produkcyjnego i całej sieci organizacji. Powiązania są chwilowe i nietrwałe, wewnętrzne łańcuchy klient–dostawca mogą być budowane na krótki czas, w celu realizacji bieżących celów stawianych na drodze realizacji przyjętej strategii w zakresie działalności operacyjnej. Zjawiska te pogłębia rozwój technologii informacyjnych, wirtualizacja działalności, globalizacja, sieciowość czy inteligentne przetwarzanie wiedzy i materiałów. Konkuruje ze sobą poszczególne przedsiębiorstwa i sieci przedsiębiorstw, a granice organizacji ulegają elastycznym zmianom. Samoorganizacja, holoniczność i fraktalność powodują, że zanikają wyraźne role uczestników rynku. Konkurenci mogą być włączani w struktury organizacji oraz sieci podmiotów gospodarczych i, stając się nawet na krótki okres czasu dostawcą-koope-rantem, budować wspólną wartość przy realizacji wymagań klientów. **Konkurujące**

ze sobą organizacje i sieci przedsiębiorstw, ułożone w różnych przestrzeniach geograficznych rynku mogą wzajemnie oddziaływać, przenikać i rekonfigurować swoją strukturę oraz współpracować, realizując wspólne cele. Ginie również wyraźna granica między klientem a organizacją czy dostawcą-kooperantem a organizacją. Klienci przenikają strukturę organizacji, stają się członkami wielopodmiotowych zespołów i aktywnie włączani są za pomocą modułów CRM w proces kreowania wartości produktu, która stanowi podstawę procesu masowej kustomizacji (*mass customization*). Funkcje produkowania i konsumowania produktów przenikają się i łączą w jeden proces zwany „prosumowaniem” [Kelly, 2001]. Klienci stają się ponadto agentami wiedzy dla organizacji, poprzez system interakcji z organizacją przyczyniają się bowiem do tworzenia kapitału intelektualnego i badawczo-rozwojowego przedsiębiorstwa [Perechuda, 2005]. Na zmienność relacji organizacji z jej konkurentami-kooperantami funkcjonującymi na zasadach wspomnianej w rozdziale 2.1 koautonomiczności oraz dostawcami i klientami, nakłada się również ciągła transformacja warunków i wymagań globalnych o charakterze politycznym, technicznym, prawnym, ekonomicznym czy społecznym.

Trudność zarządzania organizacją przyszłości wynika z rosnącej złożoności i trudno przewidywalnego przyszłego stanu czynników przestrzeni rynkowej oraz układu powiązań i wpływów w przestrzeni organizacji. W obliczu nieciągłości i wysokie turbulencyjnych zmian w otoczeniu zarządzanie staje się działaniem ukierunkowanym na twórcze identyfikowanie i przenikanie impulsów sprawczych o charakterze szans, okazji i zagrożeń z głęboką i interdyscyplinarną wiedzą oraz kompetencjami pracowników, które pozwoli opanować narastającą złożoność rynku i podejmować próbę poszerzenia przestrzeni wartości organizacji [Morawski, 2006]. Inicjowanie impulsów sprawczych bądź ich szybkie identyfikowanie wymaga badania czynników składowych elementów układu organizacja–otoczenie i zachodzących między nimi relacji. W wielowymiarowym otoczeniu organizacji można wyróżnić wzajemnie przenikające się przestrzenie o charakterze:

- konkurencyjno-kooperacyjnym (współkurencji),
- dostawczym,
- klienckim,
- polityczno-prawnym,
- społeczno-kulturowym,
- techniczno-organizacyjnym,
- gospodarczo-ekonomicznym.

Każdą z przestrzeni charakteryzuje szereg elementów o różnej sile i natężeniu oddziaływania. Zgodnie z ujęciem przedstawionym w literaturze, każdą z przestrzeni można zatem przedstawić w ujęciu wektorowym [Zioło, 2003]. **Przykładowo**, przestrzeń społeczno-kulturową przedstawia wektor  $SK = [sk_1, sk_2, \dots, sk_m]$ , którego elementami w przypadku organizacji inteligentnej mogą być np. kapitał społeczny, zmiany demograficzne czy poziom życia, a przestrzeń gospodarczo-ekonomiczną reprezentuje wektor  $GE = [ge_1, ge_2, \dots, ge_p]$ , którego elementami mogą być sieć infrastrukturalna, sieć komunikacyjna czy sieć informacyjna. Przykładowe elementy poszczególnych przestrzeni otoczenia przedstawia tabela 4.1.

Tabela 4.1

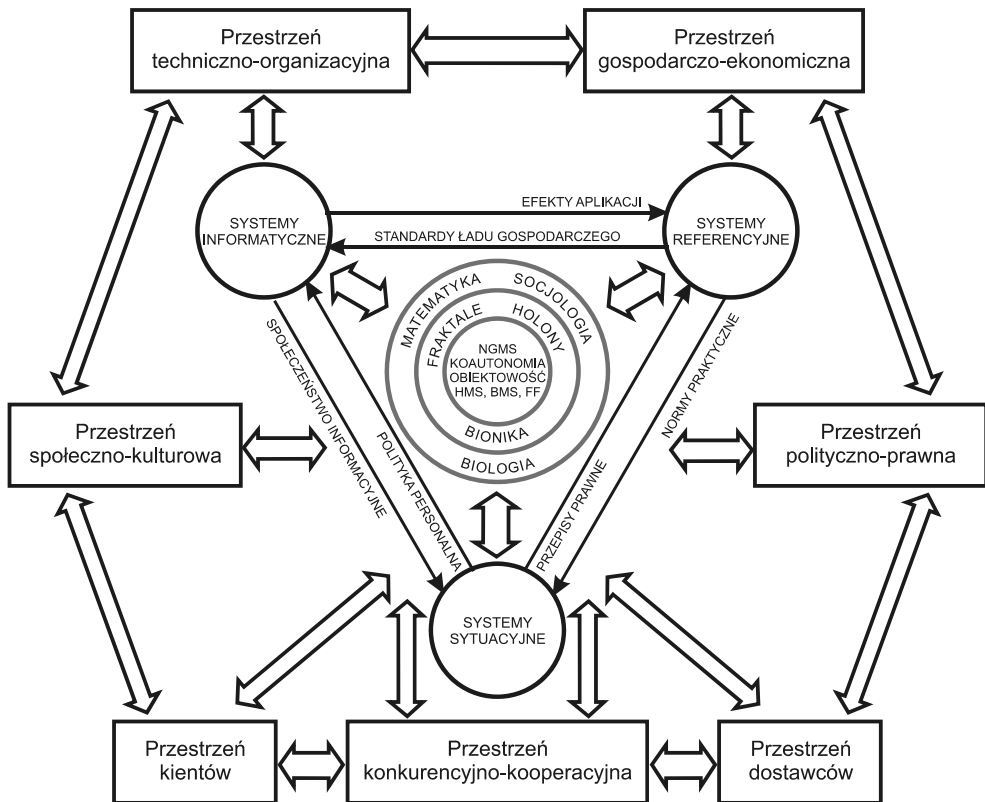
## Przykładowe elementy przestrzeni otoczenia

Przeźreź	Przykładowe elementy
Konkurencyjno-kooperacyjna [KK <sub>i</sub> ]	sieć konkurentów–kooperantów, hiperkonkurencja, unikatowość wiedzy i kompetencji, poziom wiedzy niejawniej ( <i>tacit knowledge</i> ), technologie kooperacji, siła „ducha” organizacji, bariery wejścia do sieci
Dostawców [DO <sub>i</sub> ]	sieć dostawców, dostępność zasobów (finansowych, materialnych, informacyjnych, wiedzy, naturalnych) unikatowość zasobów, substytucyjność zasobów, trwałość zasobów
Klientów [KL <sub>k</sub> ]	sieć klientów, świadomość klientów, cykl sprzedaży, oczekiwania, profil klientów
Polityczno-prawna [PP <sub>i</sub> ]	regulacje regionalne, państwowe, międzynarodowe (dotyczące m.in. warunków pracy, prawa pracy, zamówień, wymiany, handlu, podatków), stabilność polityczna
Społeczno-kulturowa [SK <sub>m</sub> ]	zmiany demograficzne, dążenia społeczne, poziom wiedzy, zachowania proekologiczne, kultura duchowa, poziom życia, świadomość społeczna, relacje społeczne, kapitał społeczny, kapitał ludzki (kompetencje, umiejętności, motywacja), zdolność uczenia się, oczekiwania i wymagania potencjalnych klientów
Techniczno-organizacyjna [TO <sub>n</sub> ]	wirtualizacja, miniaturyzacja, elastyczność form organizacji i zarządzania, poziom zwinności ( <i>agility</i> ), poziom szczupłości ( <i>lean</i> ), mobilność, digitalizacja, cykl życia technologii, wiedza jawna ( <i>explicit knowledge</i> ), zarządzanie wiedzą, poziom innowacyjności, poziom inteligencji, sieci naukowo-badawcze, fraktalność, bionika, interdyscyplinarność
Gospodarczo-ekonomiczna [GE <sub>p</sub> ]	sieć infrastrukturalna, sieć komunikacyjna, sieć informacyjna, sieć zasileń energetycznych i materiałowych, zmiany cen surowców, ład gospodarczy, sytuacja gospodarcza (wzrost, recesja, samowylanie, spontaniczność), kursy walut

Źródło: opracowanie własne

Elementy przestrzeni podlegają ciągłym zmianom. Zawartość poszczególnych przestrzeni, wartości poszczególnych elementów i siłę ich działania na organizację należy zatem nieustannie monitorować. Ponadto wyróżnione przestrzenie wzajemnie aktywizują się, elementy poszczególnych przestrzeni oddziałują na siebie, a ich relacje można przedstawić za pomocą odpowiednich macierzy. Przykładowo wielkość i parametry sieci informacyjnej będą zależały od rozwoju technologii informacyjnych, a regulacje prawne w zakresie handlu będą wpływały na rozważaną sieć zasileń energetycznych i materiałowych. Relacje pomiędzy przestrzeniami są dwukierunkowe, co oznacza, że np. występuje wpływ przestrzeni społeczno-kulturowej na przestrzeń techniczno-organizacyjną (przykładowo zachowania proekologiczne wpływają na kierunek rozwiązań innowacyjnych), a odpowiednie relacje reprezentowane są przez macierz [SK<sup>TO</sup><sub>nm</sub>] oraz również przestrzeń techniczno-organizacyjną wpływa na przestrzeń społeczno-kulturową (przykładowo rozwiązania innowacyjne kształtują społeczne zachowania proekologiczne), a wzajemne oddziaływanie reprezentuje macierz [TO<sup>SK</sup><sub>nm</sub>]. Występuje również dwustronna zależność pomiędzy organizacją (siecią organizacji), a poszczególnymi przestrzeniami otoczenia. Przykładowo dostępna

w danym regionie sieć komunikacyjna warunkuje kształt i postać organizacji, ale również organizacja dla efektywnego funkcjonowania w danym regionie i budowania świadomości społecznej odpowiedzialności, konfiguruje odpowiednią sieć komunikacyjną. Ten rodzaj oddziaływań można przedstawić w postaci wektorowej, oddziaływanie organizacji na przestrzeń otoczenia jako wektor  $[O^{PO}]_r$ , a odwrotną relację jako wektor  $[PO^O]_r$ . Wzajemne relacje przestrzeni otoczenia oraz systemu produkcyjnego nowej generacji przedstawia rysunek 4.1.



Rys. 4.1. Schemat relacji przestrzeni otoczenia z NGMS

Źródło: opracowanie własne

W celu ukształtowania strategii organizacji oraz wygenerowania lub zidentyfikowania impulsów zmian stanowiących okazje i drogi rozwoju organizacji, niezbędne jest badanie wskazanych relacji. Podejmowana decyzja D odnośnie m.in. struktury organizacji i jej zakresu działania jest funkcją:

- wzajemnych relacji poszczególnych przestrzeni otoczenia:  $PO \times PO$  – w przypadku np. przestrzeni techniczno-organizacyjnej jej wpływ na pozostałe przestrzenie reprezentować będą macierze  $[TO^{KK}_{ni}]$ ,  $[TO^{DD}_{nj}]$ ,  $[TO^{KL}_{nk}]$ ,  $[TO^{PP}_{nl}]$ ,  $[TO^{SK}_{nm}]$ ,  $[TO^{GE}_{np}]$ ,

- wpływu organizacji na przestrzenie  $O \times PO$  – istnienie relacji i ich oddziaływanie reprezentować będą wektory  $[O^{KK}_i], [O^{DO}_j], [O^{KL}_k], [O^{PP}_l], [O^{SK}_m], [O^{TO}_n], [O^{GE}_p]$ ,
- wpływu poszczególnych przestrzeni na organizację  $PO \times O$  – istnienie zależności i ich siłę reprezentować będą wektory  $[KK^O_i], [DO^O_j], [KL^O_k], [PP^O_l], [SK^O_m], [TO^O_n], [GE^O_p]$ ,

co przedstawia następująca zależność:

$$D = f(PO \times PO, O \times PO, PO \times O)$$

W zależności od rodzaju działalności, powiązania poszczególnych przestrzeni i organizacji mogą mieć różnorodną postać i siłę oddziaływania. Powiązania mogą być kluczowe dla danej organizacji, mieć średnie albo znikome znaczenie lub mogą również w ogóle nie występować. Przykładowo, zależność pomiędzy prawem pracy a unikatowością zasobów materialnych może w ogóle nie występować, natomiast siła nacisku sieci konkurentów może mieć kluczowy wpływ na strukturę organizacji i sieci, której jest ona elementem oraz na procesy realizowane w przedsiębiorstwie. Poza tym cały układ przedsiębiorstwo–przestrzenie otoczenia podlega dynamicznym zmianom, które inicjują się wzajemnie. Badanie powiązań i możliwych relacji w tym układzie pozwala na właściwe ulokowanie organizacji, zarówno w przestrzeni rynkowej (np. przedmiot działalności, grupa klientów), geograficznej (geograficzna lokalizacja sieci przedsiębiorstw), jak i czasowej (moment zainicjowania i czas funkcjonowania sieci o danej strukturze) oraz procesowej (zakres realizowanych zadań). Umożliwia ponadto realizację procesu samoczenia i adaptacji zmian oraz przyczynia się do budowania wiedzy o rodzaju, istotności i mechanizmach wzajemnych oddziaływań organizacji i elementów przestrzeni otoczenia. Przekłada się to na pozyskanie umiejętności szybkiej identyfikacji impulsów sprawczych przekształceń i nabycie zdolności kreowania ich w celu realizacji nakreślonego kierunku rozwoju i budowania wartości organizacji oraz sieci, w jakiej funkcjonuje. Inteligentna organizacja szybko identyfikuje obszar strategicznej przewagi i elastycznie rekonfiguruje swoje zasoby, by osiągnąć wszelkie korzyści, jakie może dać układ powiązań produkt–klient–rynek.

## 4.2. Społeczno-psychologiczne aspekty ISP

Wielopłaszczyznowa analiza relacji otoczenie–przedsiębiorstwo pozwala zidentyfikować lub wykreować impulsy zmian, co przy właściwym zorganizowaniu i wykorzystaniu zasobów organizacji przekłada się na jej rozwój. Na działalność organizacji i kierunki następujących w niej zmian, poza czynnikami o charakterze materialnym, organizacyjnym i informacyjnym, znaczący wpływ mają również czynniki o charakterze ludzkim, biorąc pod uwagę kluczowy wkład kapitału ludzkiego w funkcjonowanie inteligentnych organizacji. Konsekwencją rozwoju systemów produkcyjnych, w wymiarze technicznym i technologicznym, jest też zmiana uwarunkowań o charakterze społeczno-psychologicznym. Ta sfera funkcjonowania organizacji jest również źródłem czynników wynikających z relacji pracowników oraz klientów z organizacją, które mogą wspomagać lub hamować rozwój ISP. Kluczowe czynniki społeczno-psychologiczne zidentyfikowane w płaszczyznach pracownik–organizacja oraz klient–organizacja zostały przedstawione w tabeli 4.2.



Czynniki społeczno-psychologiczne ograniczające i stymulujące rozwój NMGS

Czynniki stymulujące	Czynniki hamujące
<p><b>Pracownik–organizacja</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– podmiotowość człowieka</li> <li>– rozwój osobowy</li> <li>– dostosowanie warunków pracy do indywidualnych potrzeb</li> <li>– dostosowanie drogi rozwoju do indywidualnych wymagań</li> <li>– wielostronne wykształcenie</li> <li>– samospelnienie</li> <li>– brak rutyny i monotonii pracy</li> <li>– ciągłe wyzwania, nowe zadania do wykonania</li> <li>– docenianie indywidualnych predyspozycji (np. autonomii, przedsiębiorczości, kreatywności, innowacyjności)</li> <li>– łatwość komunikacji</li> <li>– dostęp do zasobów wiedzy</li> <li>– samodoskonalenie się</li> </ul> <p><b>Klient–organizacja</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– wartość produktu kreowana przez klientów</li> <li>– nieograniczony dostęp do oferty produktowej</li> <li>– produkt dostosowany do indywidualnych wymagań klienta</li> <li>– włączenie klienta w proces projektowania i wytwarzania produktów</li> <li>– widoczność procesu realizacji zamówienia</li> </ul>	<p><b>Pracownik–organizacja</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– wymagana mobilność</li> <li>– odosobnienie, izolacja</li> <li>– brak bezpośrednich kontaktów pracowników</li> <li>– brak utożsamiania się z firmą</li> <li>– zjawisko „wykluczenia”</li> <li>– interdyscyplinarność</li> <li>– jednoczesny udział w wielu projektach</li> <li>– utrudniona standaryzacja działań</li> <li>– ciągły nacisk na doskonalenie, uczenie się, kreowanie innowacji</li> <li>– konieczność anonimowego zaufania</li> <li>– stres i presja czasu</li> <li>– brak chęci do dzielenia się wiedzą</li> </ul> <p><b>klient–organizacja</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– odpersonalizowanie produktu</li> <li>– anonimowość klienta</li> <li>– brak możliwości sprawdzenia organoleptycznego produktu</li> <li>– odpersonalizowanie procesu obsługi klienta</li> <li>– konieczność ciągłego uczenia się</li> </ul>

Źródło: opracowanie własne

W inteligentnych systemach produkcyjnych istotną rolę spełniają zasoby o charakterze niematerialnym. **Przewagę konkurencyjną w turbulentnym otoczeniu, przy krótkim cyklu życia technologii i dużym tempie zmian organizacyjnych, pozwalają uzyskać wiedza i inteligencja.** Konsekwencją tego jest uznanie pełnej podmiotowości człowieka–pracownika. Podniesienie wartości rynkowej przedsiębiorstwa, poza zwiększeniem jego kapitału finansowego i rzeczowego, oznacza konieczność zwiększenia wartości aktywów niematerialnych (*intangible assets*) w postaci kapitału intelektualnego, którego integralnym i istotnym składnikiem pozostaje kapitał ludzki. Wszechstronnie wykształcony, kompetentny i otwarty na nowe wyzwania pracownik staje się strategicznym dobrem organizacji. Przy szybkim tempie zmian otoczenia i dewaluacji wiedzy, znaczenia nabiera rozwój osobowy pracownika, ciągłe podnoszenie poziomu jego wieloaspektowej wiedzy (poza wiedzą techniczną i organizacyjną również m.in. wiedzy ekonomicznej, społecznej) i pogłębianie umiejętności. Sprzyja temu szeroki dostęp do zasobów wiedzy i możliwości kształcenia (m.in. *e-learning*, szkolenia, kursy). Samokształcący się, mobilny, przedsiębiorczy i kreatywny pracownik buduje samokształcący, samoregulujący i samoorganizujący się system produkcyjny. Wyzwaniem dla organizacji staje się pozyskanie i utrzymanie pracowników wiedzy zarówno wszechstronnie wykształconych, posiadających wielod dziedzinową wiedzę, jak i pracowników o unikatowych kompetencjach oraz pełnym zaangażowaniu i perfekcji

w realizowanych zadaniach. Szczególnie istotne jest posiadanie w organizacji pracowników wiedzy postrzeganych jako atomy korporacji, posiadających „umiejętność swobodnego dryfowania w przestrzeniach społecznej, politycznej, gospodarczej, religijnej i innych, (...) myślenie obrazowe (...) oraz umiejętność interpretacji symboli rzeczywistości gospodarczej, społecznej, kulturowej, politycznej itp.” [Perechuda, 2005]. Zmienia się forma zatrudnienia, pracownicy wiedzy zatrudniani są do realizacji określonych projektów, dzieląc się w trakcie ich realizacji swoją wiedzą i umiejętnościami budują wartość organizacji, a po ich zakończeniu mogą być zaangażowani do realizacji kolejnych działań w danej lub innej organizacji. W celu pozyskania pracowników, w inteligentnych organizacjach stosowane jest przejmowanie grup pracowników z innych organizacji lub leasing pracowniczy [Kordel i in., 2010].

Potrzeba posiadania interdyscyplinarnej wiedzy i umiejętności z jednej strony może stać się czynnikiem hamującym rozwój ISP (przez brak zaangażowania w proces uczenia się), ale z drugiej strony pozwala na rozwój osobowy, samodoskonalenie, samozadowolenie i samospełnienie pracowników oraz daje możliwość praktycznego wykorzystania cech osobowościowych, do których zaliczyć można przedsiębiorczość, innowacyjność, odpowiedzialność, lateralność, kreatywność czy umiejętność pracy w zespołach zadaniowych. Szczególnie istotną cechą staje się kreatywność, uznawana jest ona bowiem za paradygmat nowoczesnych organizacji [Brzeziński, 2009]. Pozwala porzucić teraźniejszość i zwrócić się ku przyszłości, przez to jest podstawą innowacji stanowiących trzon systemów produkcyjnych nowej generacji.

W nowoczesnych systemach produkcyjnych praca polega na realizacji projektów. Pracownikom, jako członkom specjalnie powołanych zespołów, przydzielane są do wykonania zadania. Wirtualizacja działalności, elastyczne formy wytwarzania czy możliwość telepracy dają w takiej sytuacji sposobność indywidualnego kształtowania warunków pracy. Pracownicy elastycznie i zgodnie z własnymi preferencjami dobierają sobie miejsce wykonywania zadań, czas ich realizacji, otoczenie w jakim pracują oraz sposób rozwiązania problemu. Daje to dużą swobodę w budowaniu środowiska pracy i stanowi czynnik zachęcający, ale jednocześnie wymaga umiejętności samoorganizacji i zachowania dyscypliny pracy. Chociaż pracownicy włączani są do zespołów zadaniowych odpowiedzialnych za wykonanie projektu, to wirtualizacja i sieciowość organizacji powodują, że mogą dzielić ich duże odległości. Czynnikiem wymaganym przy współpracy w tej sytuacji staje się równoczesność nawiązania kontaktów. Pracownicy, będąc członkami zespołów zadaniowych, w czasie np. telekonferencji prezentują swoje stanowiska i przedstawiają wyniki swoich działań, z których są rozliczani w ramach uczestniczenia w realizacji projektu. Realizację zadań umożliwiają różnorodne środki możliwe do wykorzystania w warstwie interfejsu inteligentnych systemów produkcyjnych. Ponadto dostęp do komunikacji głosowej, możliwość organizowania audiokonferencji i telekonferencji daje możliwości współpracy nieograniczone czasem i odległością.

Z drugiej jednak strony przy takiej formie funkcjonowania organizacji brak jest lub też następuje znaczne ograniczenie bezpośrednich kontaktów interpersonalnych. W pewnym stopniu efekt ten może łagodzić stosowanie zaawansowanych środków technicznych, np. wirtualnych systemów *telepresence*, dzięki którym uczestnicy spotkań przybierają rzeczywiste wymiary, ale jego negatywny wpływ nie jest w pełni eliminowany. Fizyczne rozdzielenie pracowników powoduje zagrożenie realizacji

jednej z podstawowych sfer życia człowieka, jaką jest potrzeba bezpośrednich kontaktów międzyludzkich i społecznej akceptacji. Pracownik może odczuwać odosobnienie, społeczne wyalienowanie i nie ma pełnej możliwości wykazania się swoimi umiejętnościami – również społecznymi. Nie może również zrealizować w pełni potrzeby władzy, bezpośredniego zarządzania ludźmi i budowania swojego autorytetu. O jego przydatności dla organizacji nie decydują umiejętności nawiązywania relacji międzyludzkich, ale umiejętności współpracy na dużą odległość i uzyskane wyniki postawionych mu zadań. One też stają się podstawą decyzji o przydatności pracownika i zaangażowania go do realizacji kolejnych projektów.

Złożoność funkcjonowania nowoczesnych organizacji jest przyczyną potrzeby jednoczesnej realizacji szeregu projektów i udziału w różnych zespołach zadaniowych. Pracownicy funkcjonują w środowisku wieloprojektowym i zaangażowani mogą być w wykonywanie zadań o różnorodnym charakterze, wymagających interdyscyplinarnej wiedzy i lateralnego myślenia. Z jednej strony stanowi to pozytywne wyzwanie dla pracownika, nie dopada go jednostajność i rutyna w sposobie myślenia i działaniach, ale stawiane są mu do realizacji coraz to nowe zadania. Z drugiej jednak strony, **wieloprojektowość** łączy się z potrzebą dużej mobilności, może rodzić problemy związane z klarownym rozdziałem zadań oraz określeniem odpowiedzialności za osiągnięte wyniki i realizację etapów projektów. Pojawia się tutaj potrzeba koordynowania działań, a liderzy zespołów muszą posiadać umiejętności kierowania działaniami pracowników realizujących swoje działania w oddaleniu. Występuje konieczność dzielenia się wiedzą, wzajemnego przekazywania sobie uzyskanych rozwiązań i osiągniętych wyników, co przy fizycznym oddaleniu i chwilowym zaangażowaniu różnych osób w realizację projektu może stanowić problem, a ponadto rodzi potrzebę udzielania anonimowego zaufania. Ponadto presja czasu, ciągły nacisk na tworzenie innowacyjnych rozwiązań, pokonywanie złożonych przeciwności i ciągła konieczność rozwiązywania trudnych zadań mogą być źródłem silnego stresu, a w efekcie prowadzić do popełnienia błędów, spadku własnej oceny i zainteresowania pracownikiem przez organizację. Nadmierna elastyczność działania, konieczność realizowania wielu zadań i sprostania coraz to nowym wyzwaniom nie sprzyja też gromadzeniu doświadczeń i budowaniu indywidualnej wartości oraz wymaga pełnej dyspozycyjności i przyczynia się do zachwiania równowagi pomiędzy życiem zawodowym a prywatnym [Pietroń-Pyszczyk, 2006].

Złożone warunki pracy w nowoczesnych systemach produkcyjnych mogą powodować, że niektórym pracownikom może towarzyszyć zjawisko tzw. wykluczenia [Waters, 2009]. Wiąże się ono z trudnościami i brakiem możliwości oraz umiejętności przystosowania do nowych wymagań, nowych uwarunkowań technicznych, technologicznych i organizacyjnych oraz zmiennego otoczenia pracy. Zjawisku temu można przeciwdziałać poprzez działania doradcze i wspomagające czy odpowiedni system szkoleń.

**W celu realizacji potrzeb klientów budowane są chwilowe, globalne łańcuchy dostaw, a strumienie wartości produktów ulegają ciągłym zmianom.** Sprzyja to wychodzeniu naprzeciw różnorodnym potrzebom klientów, elastycznemu dostosowywaniu się do nowych warunków i wymagań, a przy tym uzyskaniu wysokiej produktywności działań oraz efektywności organizacji, ale uniemożliwia standaryzację działań i optymalizowanie sposobu ich wykonania na poziomie realizowanych projektów.

Utrudnia również potrzebę identyfikowania się z firmą i budowę jej kultury organizacyjnej.

Systemy produkcyjne nowej generacji umożliwiają produkowanie szerokiego asortymentu produktów, indywidualnie dopasowanych do potrzeb klientów dzięki technicznej, organizacyjnej i informacyjnej możliwości realizacji wspomnianych już wcześniej zasad masowej kustomizacji. Następuje wirtualizacja procesu sprzedaży i obsługi klienta. Klienci otrzymują szeroką ofertę produktów i mają nieograniczony dostęp do niej. Poprzez wykorzystanie środków elektronicznych w kontaktach klient–organizacja, np. systemów typu B2C (*business to customer*) i warstwy interfejsu, mogą składać zamówienia na produkt bezpośrednio u jego producenta i nadzorować tempo ich realizacji. Środki techniczne i rozwiązania związane z NGMS umożliwiają komunikację klient–organizacja i organizacja–klient w dowolnym miejscu i w dogodnym dla klienta czasie. Stają się jednak również przyczyną odpersonalizowania produktu. Klient może poznać stronę techniczną produktu (wyrażoną poprzez jego parametry techniczne i użytkowe), ale pozbawiony jest bezpośredniego kontaktu ze sprzedawcą, uzyskania dodatkowych informacji o produkcie, możliwości dotknięcia i wypróbowania produktu oraz poznania jego wszystkich walorów przed zakupem. Nie może dokonać w pełni świadomego wyboru wyrobu najlepiej spełniającego jego oczekiwania. Wirtualizacja działalności powoduje, że klient staje się anonimowy dla organizacji, a jego obsługa nabiera cech procesuralizacji [Perechuda, 2005]. Nie jest w sposób indywidualny dopasowana do potrzeb klienta, nie opiera się na przyjacielskich kontaktach i doradzaniu, co skutkuje brakiem budowania wzajemnego zaufania i wieloletnich powiązań klient–sprzedawca. Ponadto rozmyte, elastycznie zmieniające się granice organizacji i ciągła rekonfiguracja sieci powodują wydłużanie i zmienność przebiegu procesu realizacji zamówienia.

Konieczność ciągłego uczenia się dotyczy nie tylko pracowników organizacji, ale również jej klientów. Rozwój organizacji i permanentne zmiany w sposobie jej funkcjonowania powodują potrzebę samouczenia klienta oraz pozyskiwania nowych umiejętności komunikacji i współpracy z nią (np. zmiana systemów komunikacji wynikająca z nowych możliwości technologicznych wymusza konieczność poznania nowego sposobu kontaktowania się z przedsiębiorstwem). Może to stanowić barierę i być źródłem niezadowolenia klienta ze sposobu współpracy z organizacją.

Zidentyfikowanie i odpowiednie wykorzystanie czynników społeczno-psychologicznych wspomaga rozwój inteligentnych systemów produkcyjnych. Prawidłowe ukierunkowanie rozwoju wymaga stosowania rozwiązań neutralizujących czynniki hamujące i zmniejszających społeczny opór wobec zmian.

### 4.3. Polityka personalna i zarządzanie wiedzą

Systemy produkcyjne, również inteligentne, należy rozpatrywać w układzie trójwymiarowym: organizacji produkcji, organizacji pracy i zarządzania wiedzą [Muniz i in., 2010]. Wymiar organizacji produkcji wyrażają procesy i działania składające się na organizację fizycznego przepływu materiałów, który skutkuje wyprodukowaniem wyrobów i usług. Wymiar organizacji pracy, który kształtuje metody pracy, zawartość pracy i role pracowników w systemie produkcyjnym zwraca uwagę na społeczne rela-

cje pomiędzy pojedynczymi osobami i zespołami. Wymiar zarządzania wiedzą odpowiada za procesy przetwarzania wiedzy i budowania inteligencji organizacji. Wymiar ten integruje pozostałe dwa, bowiem powiązany jest z trybem konwersji wiedzy niejawną i jawną na procedury oraz zasady postępowania, które stanowią podstawę realizowanych działań, i będąc środkiem komunikacji, poprawiają relacje społeczne. Poszczególne wymiary wymagają stosowania szeregu rozwiązań technicznych, organizacyjnych i dotyczących zarządzania wiedzą, które umożliwiają realizowanie procesów na wszystkich poziomach działalności i rozwój organizacji w warunkach wirtualizacji, sieciowości, fraktalności i holoniczności.

Na rozwój inteligentnych systemów produkcyjnych w sposób istotny wpływa wymiar zarządzania wiedzą (*Knowledge Management*). Pozwala on na podnoszenie kapitału intelektualnego organizacji, poprawę efektywności działań, umocnienie i rozwój zdolności elastycznej adaptacji, a poprzez powiązanie z wymiarem społecznym, umożliwia niwelowanie wpływu barier społeczno-psychologicznych towarzyszących dynamicznym zmianom.

Mechanizmy zastosowane w zarządzaniu wiedzą powinny umożliwiać dynamiczne klasyfikowanie i przeszukiwanie zgromadzonej wiedzy, uwzględniając przy tym wzajemne relacje między jej elementami, zapamiętywać kontekst sytuacji decyzyjnych i tło sytuacji problemowych, w sposób dynamiczny utrwaląc proces podejmowania decyzji, nie dopuszczając do powtarzalności wiedzy oraz umożliwiać porządkowanie i łączenie wprowadzanej wiedzy z już istniejącą w systemie [Pokojski i in., 2011]. Na potrzeby danej organizacji istotne jest wypracowanie dostosowanych indywidualnie do jej potrzeb reguł i zasad selekcji, systematyzacji i aktualizacji informacji. Ponadto na efektywność zarządzania wiedzą w sposób znaczący wpływa jakość komunikacji, przekładając się na dokładność i precyzję wprowadzanych informacji. Różnorodność kultur powoduje zwielokrotnienie sposobów percepcji i interpretacji rzeczywistości, co utrudnia proces komunikacji w wymiarze globalnym. Zarządzanie wiedzą w NGMS musi być zatem wyposażone w mechanizmy eliminujące efekty dialektyki globalno-lokalnej (*global-local dialectic*) [Rahe, 2009], które pozwolą zniwelować rozbieżności pomiędzy budowaniem wiedzy w obszarze lokalnym, a jej globalnym wykorzystaniem. **Pełne zrozumienie lokalnej specyfiki, m.in. złożoności językowych, znaczenia stosowanych w danym regionie sformułowań, gestów i zachowań umożliwi zrównoważone zarządzanie i osiągnięcie przewagi konkurencyjnej na globalnym rynku.**

Wymiary zarządzania wiedzą i społeczny w systemach produkcyjnych wspomagane są rozwiązaniami o charakterze organizacyjnym i technicznym. Wybrane z nich w płaszczyznach klient–organizacja (relacja zewnętrzna) oraz pracownik–organizacja (relacja wewnętrzna) przedstawia tabela 4.3.

Przedstawione w tabeli 4.3 instrumenty i narzędzia pozwalają na personalizację warunków pracy i wiedzy, co jest czynnikiem zapewniającym rozwój inteligentnych systemów produkcyjnych. Personalizacja w szerokim ujęciu może dotyczyć dostosowania warunków zatrudnienia, pracy, rozwoju, sposobów komunikacji interpersonalnej do potrzeb pracowników, klientów i organizacji oraz zapewnienia nieograniczonej możliwości dostępu do wiedzy i nieograniczonej możliwości wymiany wiedzy. Wspomaga ją stworzenie warunków swobodnego przepływu wiedzy, zarówno w układzie wertykalnym, pomiędzy pracownikami różnych poziomów w organizacji, jak i w układzie horyzontalnym pomiędzy pracownikami różnych działów oraz pomiędzy

otoczeniem, w którym znajdują się klienci, a organizacją. Personalizacja umożliwia mobilizację, pełne współdziałanie, zaangażowanie, współuczestniczenie w rozwoju organizacji i wielokierunkową interakcję wszystkich elementów organizacji. Pozwala na zwiększenie potencjału intelektualnego pojedynczych pracowników i całej organizacji, co poprzez pogłębienie zdolności poszukiwania innowacyjnych rozwiązań przekłada się na umiejętność rozwiązywania problemów i elastycznego dostosowania do dynamicznych zmian otoczenia. Unikatowość produktów, sposobów ich wytworzenia i poszukiwania rozwiązań zdiagnozowanych problemów powodują, że organizacja staje się wyspą wiedzy, integratorem budowanej wokół niej sieci i dzięki temu zwiększa swoją przewagę konkurencyjną.

Tabela 4.3

Rozwiązania stosowane w ISP w wymiarze społecznym i zarządzania wiedzą

Płaszczyzna	Rozwiązanie
Klient–organizacja	personalizacja interfejsu, inteligentne interfejsy, efektywne zarządzanie relacjami z klientami CRM ( <i>Customer Relationship Management</i> ), portale internetowe, listy dyskusyjne
Pracownik–organizacja	mapy wiedzy ( <i>Knowledge Maps</i> ), personalizacja warunków pracy, indywidualny sposób motywacji, indywidualizacja naboru pracowników i drogi rozwoju, systemy pracy grupowej ( <i>groupware</i> ), system zarządzania kompetencjami ( <i>Competence Management System</i> ), systemy obiegu pracy BMP ( <i>Business Management Process</i> ), portale korporacyjne ( <i>Enterprise Information Portals</i> ), inteligentne repozytoria wiedzy ( <i>knowledge repositories</i> ), katalogi ekspertów ( <i>expert directories</i> ), inteligentne interfejsy, wyszukiwarki federacyjne

Źródło: opracowanie własne

Przepływ wiedzy w organizacji, stanowiący podstawę jej personalizacji wspomagają systemy przekazywania wiedzy. W wymiarze zewnętrznym umożliwiają one absorpcję wiedzy z otoczenia, natomiast w wymiarze wewnętrznym dzięki nim następuje dyfuzja wiedzy [Kordel i in., 2010]. **Dyfuzja wiedzy** powoduje wzrost kapitału intelektualnego organizacji i łączy się z transformacją wiedzy niejawnej (*tacit knowledge*), którą posiadają pracownicy w ogólnie dostępną w organizacji wiedzę jawną (*explicite knowledge*). Dobrym sposobem pozyskiwania wiedzy wewnątrz organizacji jest stosowanie rozwiązań angażujących pracowników np. poprzez system sugestii, czy program pomysłów pracowniczych w rozwój i doskonalenie organizacji. Dzięki temu dodatkowo promowana jest wewnętrzna przedsiębiorczość, kreatywność i zaangażowanie wszystkich pracowników organizacji.

W relacjach klient–organizacja w inteligentnych systemach produkcji niezbędne jest zapewnienie możliwości swobodnej komunikacji, współpracy z klientami i pozyskiwania od nich wiedzy. Klient jest agentem wiedzy dla organizacji, przyczynia się do budowy kapitału relacyjnego dotyczącego mechanizmów zachowań w płaszczyźnie interesariusze–organizacja oraz kapitału rynkowego dotyczącego przede wszystkim znajomości zachowań klientów. Możliwość dobrego zarządzania kontaktami z klientami, przepływ wiedzy i wysoki poziom obsługi klientów zapewniają scharakteryzowane już w rozdziale 2.3 systemy klasy CRM (*Customer Relationship Management*),

wyposażone w elastyczny interfejs komunikacyjny przeznaczony do bezpośrednich kontaktów z klientem i realizacji transakcji. Pozwala on również na dostosowanie sposobu i warunków kontaktu, wyglądu i przebiegu połączenia do indywidualnych potrzeb klientów. Elementy takie, jak np. wygląd okna dialogowego, postać prezentacji danych, wygląd menu mogą być dostosowane do oczekiwań i wymagań określonej grupy klientów. Warstwa analityczna systemów CRM umożliwia natomiast budowanie i konsolidację wiedzy o klientach, co przekłada się na stosowanie rozwiązań jak najlepiej spełniających oczekiwania klientów. Klienci w inteligentnych systemach produkcyjnych, zgodnie z zasadami budowy szczupłych systemów produkcyjnych zarządzania, są aktywnie zaangażowani w identyfikowanie i kreowanie wartości produktu. Mogą zadanie to realizować w dogodnych dla siebie warunkach, miejscu i czasie dzięki ogólnie dostępnym środkom komunikacji, również inteligentnym interfejsom. Pozwalają one w sposób bezpośredni, bez udziału pośredników wprowadzać wiedzę do systemu danej organizacji. Reguły zawarte w systemie sprawdzają poprawność wiedzy, jej kompletność i niepowtarzalność. Chronią przed nadmiarem informacji, szumem informacyjnym i wynikającym z tego faktu chaosem informacyjnym.

Ważnym czynnikiem jest również wymiana wiedzy o produktach i organizacjach pomiędzy klientami oraz organizacją a klientami. Klienci mogą mieć łatwy dostęp do informacji i wyrażać swoje opinie na temat produktów, ich kluczowych cech czy zasad obowiązujących w danej dziedzinie działalności dzięki globalnym sieciom komputerowym, tematycznym portalom internetowym (*web portals*) oraz listom dyskusyjnym. Zawarte w nich informacje pozwalają klientom dokonywać świadomych wyborów, co do kontaktów z daną organizacją i stanowią również źródło wiedzy dla organizacji, która może być wykorzystana do ciągłego doskonalenia i rozwoju systemów produkcyjnych.

Inteligentne systemy produkcyjne w płaszczyźnie organizacja – pracownik pozwalają na stosowanie inteligentnej strategii zarządzania pracownikami, która stanowi kluczowy element strategii zarządzania wiedzą [Kordel i in., 2010]. Wiąże się ona z indywidualnym dostosowaniem warunków zatrudnienia, systemu motywacji, szkolenia i rozwoju oraz warunków pracy do aktualnych potrzeb pracownika, wymagań organizacji i systemu naboru [Morawski, 2006]. Jak już było wspomniane w rozdziale 4.2 pracownicy mają możliwość realizować pracę we własnym tempie, w dogodnym dla siebie czasie i miejscu. Umożliwia to zastosowanie różnych form telepracy, m.in.:

- telepracy domowej (*home-based teleworking*) realizowanej w warunkach domowych;
- telepracy naprzemiennej (*multilocations*) realizowanej naprzemiennie w warunkach domowych i w organizacji;
- telepracy mobilnej (*nomadic teleworking*) wykonywanej w trakcie przemieszczania się (podróżowania) i/lub u klientów przez pracowników zajmujących się sprzedażą i kontaktami z klientami oraz pracowników eksploatacyjnych zajmujących się obsługą i serwisowaniem produktów.

Mogą również być stosowane skoncentrowane formy telepracy, do których zaliczyć można:

- pracę wykonywaną w telebiurach, czyli zorganizowanych np. w oddaleniu od organizacji, ale w miejscach zgrupowania pracowników biur ze stanowiskami pracy,

w których pracownicy nie mają stałych miejsc wykonywania zadań, tylko zajmują stanowiska aktualnie wolne na czas wykonywania zadań,

- pracę realizowaną w telewizjach, czyli obszarach wyposażonych m.in. w łącza internetowe, środki komunikacji, w których zamieszkują grupy telepracowników.

Praca realizowana w telewizjach jest formą pracy związaną z organizacjami sieciowymi. Przy ciągłej rekonfiguracji sieci pozwala pracownikom ograniczyć mobilność. Telepracownicy realizują swoje zadania m.in. dzięki dostępowi do Internetu, komunikatorom głosowym i możliwości przesyłania obrazów ruchomych. Przy zatrudnianiu telepracowników często stosowana jest zamiast stałego zatrudnienia jego kontraktowa forma lub samozatrudnienie. Wiąże się to z projektową orientacją pracy, przy której pracownicy zatrudniani są do wykonania określonych zadań wyodrębnionych z aktualnie realizowanych projektów. Zatrudniani pracownicy posiadają niejednokrotnie kluczowe dla organizacji kompetencje, są ambitni, niezależni, ale niekoniecznie identyfikują się z organizacją i nie są wobec niej lojalni, a ponieważ intensywnie wykorzystują źródła wiedzy, mogą uzyskać przewagę informacyjną. Z tego powodu nowe formy pracy wymagają innego traktowania pracowników, wyposażenia ich w niezbędną ilość zasobów potrzebnych do wykonywania zadań oraz zarządzania opartego na charyzmatycznym, koordynacyjnym i anarchicznym przywództwie [Gach, Pietruszka-Ortyl, 2006]. **Zarządzający przy płaskiej strukturze organizacyjnej pełnią role mentorów, negocjatorów, organizatorów i wizjonerów.**

Wartość organizacji budowana jest przez posiadany przez nią potencjał intelektualny. Z tego powodu istotne staje się określenie wymaganych kompetencji organizacji oraz określenie stopnia wykorzystania posiadanych kompetencji lub luki kompetencyjnej. Dla zapewnienia efektywnej realizacji określonych zadań i uzupełnienia kompetencji organizacji znaczenia nabiera właściwe przeprowadzenie procesu rekrutacji i zaangażowanie odpowiednich pracowników. Proces rekrutacji może być realizowany na podstawie tzw. mapy wiedzy (*Knowledge Maps*). Gromadzone są w niej informacje o wiedzy, umiejętnościach, doświadczeniu i cechach osobowościowych, zarówno obecnych pracowników organizacji, jak i tych, którzy stanowią mogą potencjalnych wykonawców zadań. Zaimplementowanie odpowiednich reguł postępowania w systemach informatycznych (np. systemach ekspertowych), przy wykorzystaniu mapy wiedzy pozwala właściwie przeprowadzić proces selekcji i znaleźć pracowników, którzy najlepiej odpowiadają wskazanym wymaganiom i najlepiej spełnią oczekiwania organizacji. Dobrym rozwiązaniem w procesie pozyskiwania odpowiednich pracowników jest zastosowanie **systemu permanentnej rekrutacji** (SPR) [Pacholski i in., 2009], który opiera się na następujących zasadach:

- określeniu profilu kandydata w ujęciu ilościowym,
- wykorzystaniu szeregu źródeł pozyskiwania pracowników (np. organizacja, kooperanci),
- potencjalni kandydaci nie związani z organizacją,
- naprzemiennym przeszukiwaniu źródeł potencjalnych pracowników,
- wykorzystaniu w procesie selekcji różnorodnych narzędzi, między innymi analizy życiorysów, dotychczasowych doświadczeń, testów osobowościowych, wywiadów, testów zadaniowych.



W celu określenia postaci i zasad funkcjonowania SPR niezbędna jest współpraca szeregu specjalistów, m.in. menadżerów, psychologów, specjalistów od zarządzania zasobami ludzkimi, specjalistów obszaru, do którego poszukiwani są pracownicy.

Mapy wiedzy mogą również stanowić podstawę do kształtowania indywidualnej ścieżki rozwoju pracowników. Zawierać mogą one matryce kompetencji (*qualification matrix*) aktualnych pracowników lub stanowisk pracy, które przedstawiają aktualny lub wymagany poziom wiedzy, umiejętności czy cechy osobowościowe. Przy wykorzystaniu map wiedzy oraz potrzeb w zakresie przyszłych kompetencji organizacji zidentyfikowanych m.in. dzięki pozyskanej wiedzy od klientów, możliwe jest w sposób dynamiczny określanie luki kompetencyjnej organizacji i dobieranie programu szkoleń i systemu pozyskiwania wiedzy oraz umiejętności pracowników. Stanowi to szansę rozwoju pracowników, tak by zgodnie z własnymi predyspozycjami stawali się ekspertami w wielu dziedzinach lub posiadali specyficzne kwalifikacje niezbędne dla rozwoju systemów produkcyjnych. Wykorzystanie różnych form *e-learningu* (trybu synchronicznego, asynchronicznego, *suport-online*) i kształcenia *on-line* w postaci web kursów (*web-courses*) [Matusiak, 2011] w sposób elastyczny pozwala dobrać czas, miejsce oraz tempo pozyskiwania wiedzy i nabywania umiejętności, również tych, które należą do grupy e-umiejętności. W przypadku *e-learningu* personalizacja procesu kształcenia, oznacza nie tylko możliwość wyboru poziomu i treści kształcenia oraz warunków uczenia, ale również możliwość dopasowania formy przekazywania wiedzy do preferowanego stylu uczenia się (tekstowego, słuchowego, wizualnego, logicznego, kinetycznego, indywidualnego, grupowego) [Zajac, 2009]. Odpowiednio określone **meta-dane** zawarte w programach nauczania pozwolą zidentyfikować preferowany styl i dokonać wyboru właściwego profilu kursu, co przełoży się na większą efektywność procesu uczenia się. Kształtowanie drogi rozwoju pracownika w sposób indywidualny, wpisując się w potrzeby organizacji i budowę jej kapitału intelektualnego, przyczynia się również do spełnienia aspiracji i oczekiwań pracowników, przez co staje się motywatorem do dalszych działań.

Praca zespołowa stanowiąca podstawową formę realizacji zadań w ISP może być wspomagana narzędziami *groupware* (systemów pracy zespołowej), które określane są jako „interaktywne systemy komputerowe wykorzystywane w działaniach planistycznych i decyzyjnych” [Pacholski i in., 2011]. Stanowią je przede wszystkim Intranet oraz portale korporacyjne (*Enterprise Information Portals*), a w zakresie współpracy (*colaboration*) wspomagają je dodatkowo systemy *workflow*, listy dyskusyjne, komunikatory czy środki przekazu obrazu [Pacholski i in., 2011], [Jemielniak, Koźmiński, red., 2008]. Dzięki portalom korporacyjnym pracownicy (i inni użytkownicy) uzyskują w dowolnym czasie i miejscu spersonalizowany dostęp do wyselekcjonowanych, sklasyfikowanych, pewnych i pełnych informacji, często przypisanych poszczególnym działom i procesom, dzięki którym sprawnie i efektywnie mogą być realizowane funkcje zarządzania systemami produkcyjnymi w warunkach dynamicznych zmian. Korzystanie z nich ułatwiają wyspecjalizowane narzędzia wyszukiwania i nawigacji. Wykorzystują one m.in. repozytoria wiedzy, wyposażone w mechanizmy syntezy informacji i ułatwiające do nich dostęp oraz metawiedzę dotyczącą konfiguracji wiedzy i organizacji procesu jej gromadzenia. Portale korporacyjne, będąc narzędziem wspierającym pracę zespołową i zarządzanie użytkownikami, również grupą ludzi znajdujących się w różnych obszarach geograficznych, stanowią platformę nawiązywania

i poprawy kontaktów międzyludzkich w ISP, niwelują bariery komunikacyjne, poprawiają efektywność planowania i realizacji procesów oraz elastyczność organizacji w dostosowywaniu się do zmian. Mogą zapewniać one również dostęp do innych rozwiązań informatycznych (np. systemów CRM, zarządzania dokumentami), dzięki czemu stają się podstawowym narzędziem umożliwiającym zarządzanie organizacją. Dodatkowo dzięki zastosowaniom sieci semantycznej (*semantic web*) do portali korporacyjnych mogą mieć dostęp systemy informatyczne inteligentnych holonów [Jemielniak, Koźmiński, red., 2008]. Wykorzystanie metadanych i standardu RDF daje możliwość wyszukiwania odpowiednich informacji bez udziału człowieka.

# Architektura technologiczno-organizacyjna

Niniejszy rozdział zawiera kolejny z interdyscyplinarnych modeli rozważanego obszaru. Założono przy tym, że przedsięwzięcia projektowo-eksploatacyjne NGMS wymagają identyfikacji stanu systemu oraz prognozy jego zmian. Dokonano zatem (p. 5.1) analizy tendencji rozwojowych IT i zaproponowano ich syntetyczny model uwzględniający cztery **megatrendy**: miniaturyzacja, mobilność, sieciowość (*networking*) i wirtualizacja. Z uwagi na kluczową rolę czynnika IT dla sfery wytwórczej stwierdzono, iż jej poziom jest tym wyższy, im wyższy jest poziom skojarzonych cech, wynikający z powyższych tendencji. Z kolei odniesiono je do wymagań w sferze wytwórczej – digitalizacji materii, ergonomizacji, automatyzacji oraz integracji, tworząc w ten sposób paradygmatyczny model ISP/NGMS uwzględniający między innymi bioorganizacyjność i rekonfigurowalność (rys. 5.1).

Kolejny punkt rozdziału (5.2) poświęcony jest formom produkcji rozproszonej na bazie technologii chmurowej (*cloud*), tj. **wirtualnym sieciom wytwórczym**. Dla pokazania relacji między przetwarzaniem chmurowym w sensie IT, a chmurowym wytwarzaniem (*cloud manufacturing*) uwzględniono cztery modele chmurowe: oprogramowanie jako usługa, platforma jako usługa, infrastruktura jako usługa, sprzęt jako usługa. Zwrócono uwagę na różnice złożoności integrowania danych, które nie sterują bezpośrednio zasobami materialnymi w porównaniu ze sferą wytwórczą, co rzutuje na prognozy stosowania sieci semantycznych i ontologicznych baz danych na większą skalę.

Punkt 5.3 poświęcono modelowi mierzalności zmian w ISP, w szczególności z uwzględnieniem informacji jako kluczowego czynnika transformacyjnego. Zwrócono uwagę na efekty synergiczne **inżynierii wartości**, które mogą wystąpić w połączeniu z innymi metodami zarządzania (jakością). Jednocześnie zaproponowano wartościujące podejście interdyscyplinarno-holistyczne, uwzględniając tezę o trudnościach w znajdowaniu korelacji między nakładami na inwestycje IT, a ich mierzalnymi efektami. Uszczegółowiono fazowy model inżynierii wartości, uwzględniając realia praktyki gospodarczej.

## 5.1. Megatrendy rozwoju systemów wytwórczych

Przedsięwzięcia projektowo-eksploatacyjne w sferze ISP/NGMS wymagają identyfikacji stanu systemu oraz prognozy jego rozwoju. W tym ostatnim przypadku należy uwzględnić zarówno uwarunkowania mikroekonomiczne, jak i trendy makro. Szukając cech badanego rozwoju, można wyspecyfikować jego dwa wymiary: rozwój technologii informacyjnych jako takich oraz rozwój aplikacji wytwórczych. Warstwa IT stanowi bowiem podstawę dla jej zastosowań w sferze produkcyjnej. Na podstawie

analizy tendencji rozwojowych IT w tabeli 5.1 zaproponowano ich syntetyczny model składający się z czterech megatrendów: miniaturyzacji [Seel, 2012], mobilności [Poślad, 2009], sieciowości (*networking*) [Castells, 2010] i wirtualizacji [Canetta, 2011].

Z uwagi na kluczową rolę czynnika IT dla sfery wytwórczej możemy stwierdzić, iż jej poziom jest tym wyższy, im wyższy jest poziom skojarzonych cech wynikający z czterech megatrendów, a więc im wyższy poziom miniaturyzacji, mobilności, sieciowości i wirtualizacji. Jednocześnie kluczowa rola przypada tutaj wirtualizacji jako cesze pełniącej rolę integracyjną i sterującą wobec pozostałych. **Wirtualizacja jest tu czynnikiem nadrzędnym, ponieważ jej konsekwentne stosowanie przyczynia się do wzrostu elastyczności organizacyjnej oraz informacyjnej systemu wytwórczego.** Zauważamy, że efektywna wirtualizacja pociąga za sobą również eskalację pozostałych cech. Mamy wówczas do czynienia z miniaturyzacją, z uwagi na wymogi infrastrukturalne, mobilnością (np. holony produkcyjno-logistyczne jako obiekty wirtualne) i sieciowością (naturalne dążenie składników systemu do wzajemnej komunikacji). W efekcie inteligentny system NGMS przekształca się w wirtualną sieć wytwórczą VMN (*Virtual Manufacturing Network*), tj. rozproszoną (*distributed*) produkcję korzystającą z technologii chmurowych (*cloud*) [Tao, 2012].

Tabela 5.1

## Megatrendy rozwoju IT

Megatrend	Charakterystyka	Przykłady
Miniaturyzacja	systemy techniczne dążą do minimalizowania fizycznych parametrów przetwarzanej materii oraz skojarzonych strumieni zasileń (np. energetycznych) z uwagi na uwarunkowania kosztowe oraz funkcjonalne	liczba tranzystorów mikroprocesorów Intel: 4004 (1971 r.) = 2300, Core i7 3930K (listopad 2011) = $2,27 \times 10^9$ ilustrująca działanie prawa Moore'a
Mobilność	możliwości transportu coraz mniejszych urządzeń przyczyniają się do ich mobilności	telefonia komórkowa, transpondery RFID, komputeryzacja środków logistyki (pojazdy, urządzenia pomocnicze), komputery ubranio-we ( <i>wearable computing</i> )
Sieciowość	wzrost indywidualnych możliwości urządzeń (np. automaty, roboty) wraz z ich mobilnością powoduje łączenie się ich w sieci lokalne, a następnie globalne. W wymiarze organizacyjnym odchodzenie od klasycznych, funkcyjnych organizacji hierarchicznych.	wszechnet ( <i>evernet</i> ) ekonomii sieciowej ( <i>network economy</i> ), zarządzanie w zorientowanych procesowo strukturach sieciowych
Wirtualizacja	zastępowanie materii informacją na drodze izolowania w konfiguracji warstwy fizycznej i logicznej	maszyny wirtualne ( <i>virtual machine</i> ), fabryka cyfrowa ( <i>digital factory</i> )

Źródło: opracowanie własne

Opisywane transformacje można prześledzić, badając funkcjonalność kolejnych wersji kluczowych pakietów komputerowego wspomaganie organizacji produkcji (ERP). W ich początkach koncentrowano się na usprawnianiu, jako najbardziej krytycznej, sfery finansowej, oferując przełom: odejście od przetwarzania wsadowego (*batch*) na rzecz ich terminalowego gromadzenia w czasie rzeczywistym. Takie podejście umożliwiało zintegrowane dołączanie kolejnych modułów do pakietu (np. produk-

cja, gospodarka materiałowa, jakość, sprzedaż, projekty, personel). W ten sposób paradygmat integracyjny stał się podstawą funkcjonowania kolejnej generacji ERP, jednak działającej ciągle w sposób zcentralizowany (zamknięte systemy typu *host/mainframe/proprietary*). Ten model stopniowo został zastąpiony aplikacjami C/S (*client/server*), a następnie prefiksowanymi jako elektroniczne, tj. e-oprogramowaniem o charakterze internetowym (*e-commerce, e-mail, e-business*). Konsekwencją tego trendu jest pojawianie się otwartych pakietów ERP, np. Compiere, TinyErp, ERP5 czy OpenBravo [Badurek, 2009]. W tym ostatnim przypadku mamy do czynienia z oprogramowaniem obsługiwanym przy pomocy przeglądarki internetowej (*webbrowser*).

Jednocześnie producenci klasycznych ERP znaleźli się pod presją możliwości komunikacyjnych w sieciach społecznych (*social web*), znajdujących coraz większe zastosowania w gospodarce w postaci społecznych mediów przedsiębiorstw ESM (*Enterprise Social Media*) [Butler, 2010]. Kolejne wyzwania stanowią wspomniane technologie chmurowe (*cloud computing*) i związane z nimi markety aplikacyjne (*apps*). Mamy tu do czynienia ze zmianą modelu dystrybucji oprogramowania, a ten ma z kolei decydujące znaczenie dla jego charakteru (np. *open source, shareware*) i efektywności stosowanej w firmie softwarowej strategii sprzedaży, a pośrednio także rozwoju. **Wcześniejszy paradygmat integracyjny odnajdziemy dziś także w nowej postaci: otwarty na aplikacje satelitarne, w tym innych dostawców, z różnych źródeł i bazujący na różnorodnych technologiach** (np. serwer ABAP i JavyEE jako hybryda *double stack*).

Z drugiej strony, postępy miniaturyzacji (prawo Moore'a ma także interpretację ekonomiczną) pozwalają nie tylko na stosowanie coraz szybszych procesorów, ale także na rezygnację z wolniejszych pamięci zewnętrznych (w postaci konwencjonalnych dysków) i ładowanie całości danych bezpośrednio do pamięci operacyjnej – np. technologia *in-memory* IMDB (*In Memory Data Base*). Podobne rozwiązania znane są także na rynku komputerów osobistych w postaci SSD (*Solid State Drive*), gdzie pojęcie napędu (*drive*) ma tylko historyczne znaczenie z uwagi na brak części ruchomych (mechanicznych) w pamięciach półprzewodnikowych.

Z kolei poszukamy istotnych tendencji rozwojowych w sferze komputerowego wspomaganie systemów wytwórczych wraz z odniesieniami do powyższego modelu czterech megatrendów IT. Model przepływu informacji NGMS zaproponowany w punkcie 2.3 pokazuje, że przedsiębiorstwo posiadające ustabilizowany i sparametryzowany (*customizing*) pakiet ERP nie może być pewne, że osiąga optima zarządzania swoimi zasobami. Dla udowodnienia tak sformułowanej tezy, można postawić pomocniczo pytanie o istnienie w funkcjonalności ERP luk – analogicznie do sytuacji gdy powstawały te pakiety dla wspomaganie finansów i sfery MRP (*Material Requirements Planning*). Analiza składu poziomu logistyczno-wytwórczego SCADA/MES/HMI pokazuje, że systemy komputerowego wspomaganie zarządzania muszą integrować nie tylko sferę oprogramowania biurowego (pakiety *office*), ale także wszelkie poziomy procesów logistyczno-produkcyjnych. Należy do nich także bezpośrednio operacyjny poziom linii czy gniazd wytwórczych wraz ze sterownikami przemysłowymi PLC.

Sformułowany wyżej postulat integracyjny można interpretować jako postępującą „digitalizację materii”. Oznacza to, że **każda zmiana materialnego stanu systemu wytwórczego powinna generować bazodanowe transakcje skojarzonego systemu wspomaganie komputerowego. Przykładowo, końcowy wyrób gotowy automatycz-**

nie rejestrowany jest elektronicznie (oznakowanie opakowania pierwotnego) podczas kolejnych faz wytwarzania, uruchamiając np. liczniki linii produkcyjnej. Z kolei opakowanie wtórne, odpowiadające jednostce zamówieniowej czy planistycznej, staje się podstawą dla automatycznego księgowania produkcji gotowej, a także automatycznego księgowania zwrotnego zużycia surowców, na podstawie wielopoziomowego rozwinięcia listy części wyrobu gotowego BOM (*Bill of Materials*). Natomiast jednostka magazynowo-logistyczna, identyfikowana na podstawie cech opakowania trzeciego rzędu (np. paleta) powinna być w każdej chwili dostępna w systemie IT, zgodnie z jej faktycznym stanem fizycznym.

Postać fragmentu znacznika bazodanowego, umożliwiającego bieżącą kontrolę stanu wyrobu (a zatem stanu magazynu) pokazano w tabeli 5.2. Pola 1–5 mają charakter zero-jedynkowy, np. stan 00010 oznacza rampę wejściową magazynu wysokiego składowania. Prezentowane rozwiązanie umożliwia śledzenie partii (*traceability*) oraz zadawanie bazodanowych pytań typu:

- gdzie znajduje się wyprodukowany wyrób, którego nie ma w magazynie,
- statystyki wyrobów z ostatnich 24 godzin,
- obciążenie stanowisk roboczych czynnościami logistycznymi.

Jednocześnie zredukowana jest liczba niekontrolowanych przypadków typu: wyprodukowany wyrób nie dociera do magazynu centralnego (np. wybrakowanie, błędy znakowania).

**Tabela 5.2**

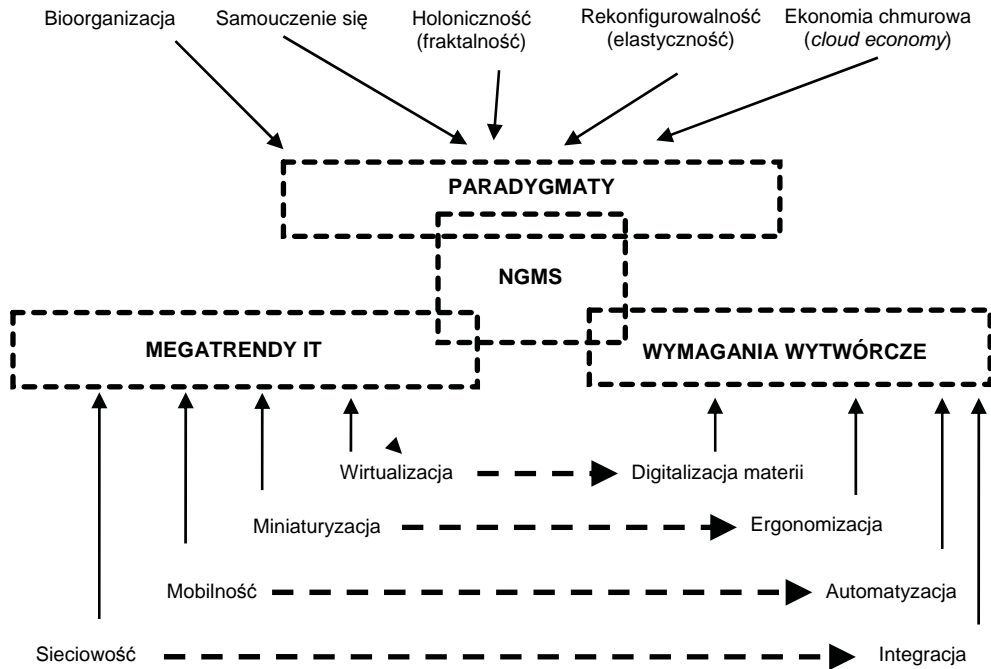
Bazodanowy znacznik wyrobu

Nr pola	Nazwa pola	Interpretacja	Automatyzm
1	RFID1	zaksięgowanie nowej partii wyrobu	tak
2	RFID2	opcjonalne skanowanie potwierdzające	nie
3	RFID3	skanowanie na fabrycznej rampie wyjściowej	tak
4	RFID4	skanowanie na rampie wejściowej magazynu	tak
5	RFID5	skanowanie na wejściu wysokiego składowania	tak
6	<i>User</i>	użytkownik	tak
7	<i>Date</i>	data dzienna yyyy.mm.dd	tak
8	<i>Time</i>	czas hh:mm:ss	tak
9	<i>Device</i>	urządzenie	tak
10	<i>Place</i>	regał	tak

Źródło: opracowanie własne

Widzimy zatem, że wirtualizacyjny megatrend IT koresponduje z wymogiem digitalizacji materii w podsystemie wytwórczym przedsiębiorstwa. Natomiast sieciowe związki IT można odnaleźć w postulatcie integracji elementów wytwórczych. Również pozostałe megatrendy rozwojowe IT znajdują swoje wytwórcze odpowiedniki: mobilność koresponduje z postępującą automatyzacją. Zarówno przetwarzania informacji, jak i działań organizacyjnych czy urządzeń technicznych. Z kolei miniaturyzacja łączy się z ergonomizacją środowiska pracy osiąganą np. interfejsami głosowymi w gospo-

darce magazynowej czy znacznikami RFID w odzieży pracownika. Na rysunku 5.1 zaproponowano model NGMS uwzględniający zidentyfikowane związki IT-wytwórcze oraz wcześniej wyspecyfikowane cechy (paradygmaty rozwojowe) rozważanych form produkcji. Holoniczność połączono z fraktalnością, natomiast sieciowość i wirtualizację wyszczególniono tylko w sferze IT, uwzględniając z kolei korespondujące z nimi fenomeny systemów rekonfigurowalnych (RMS/RAS) oraz rozwinięcia ekonomii sieciowej do postaci chmurowej (*cloud*).



Rys. 5.1. Kluczowe składniki NGMS

Źródło: opracowanie własne

## 5.2. Wirtualne sieci wytwórcze

Zaproponowany w punkcie 5.1 model kluczowych składników (*key factors*) nowoczesnego, dążącego do wytwórczej inteligencji, systemu produkcyjnego wskazuje na szczególnie istotne znaczenie trendów wirtualizacyjnych wzmocnionych sieciowością. W związku z tym postępy w sferze wytwarzania wirtualnego [Khan i in., 2011] pozwalają na oczekiwanie eskalacji tego trendu do fazy wirtualnych sieci wytwórczych VMN. Sieć taką zdefiniowaliśmy w poprzednim punkcie jako rozproszoną produkcję na bazie technologii chmurowej. Czynnikiem decentralizacyjny (*distributed*) wskazuje na stopniowe uniezależnianie się sterowania produkcją od jej lokalizacji. **Urządzenia wytwórcze mają wprowadzić swoje fizyczne lokalizacje, ale nadrzędna rola przypada tu procesom sterującym.** Możliwe zatem staje się uruchamianie mocy produk-

cyjnych, podobnie jak w informatycznej chmurze: niezależnie od miejsc, w których znajdują się zasoby sprzętowe (np. serwery) oraz trwale posiadanych licencji softwarowych, w klasycznym, sztywnym modelu ich dystrybucji (elastyczny dostęp do aplikacji).

Z kolei chmurowość (*cloud*) można interpretować jako spotęgowany wariant megatrendu sieciowości (*networking*). W tym kontekście mówi się zatem także o chmurowym wytwarzaniu [Tao, 2012] CMfg (*Cloud Manufacturing*) obejmującym cały cykl życia wyrobu (*life cycle*), tj.:

- projektowanie jako usługa DaaS (*Design as a Service*),
- wytwarzanie jako usługa MFGaaS (*Manufacturing as a Service*),
- testowanie jako usługa EaaS (*Experimentation as a Service*),
- symulacje jako usługa SIMaaS (*Simulation as a Service*),
- zarządzanie jako usługa MaaS (*Management as a Service*),
- pielęgnacja jako usługa MAaaS (*Maintenance as a Service*),
- integracja jako usługa INTaaS (*Integration as a Service*).

Dla uchwycenia związków bądź różnic między przetwarzaniem chmurowym IT (CC, *Cloud Computing*) [Antonopoulos, Gillam, 2010] a CMfg należy wyspecyfikować cztery podstawowe modele CC:

1. SaaS (*Software as a Service*), oprogramowanie jako usługa. Nazywane także „oprogramowanie na żądanie”, SoD (*Software on Demand*). Wirtualne aplikacje z dostępem dla użytkownika w zależności od jego potrzeb;
2. PaaS (*Platform as a Service*), platforma jako usługa. Wirtualne otoczenie (*environment*) programowe, w którym zasoby obliczeniowe i danych są dynamicznie adaptowalne dla projektowania, testowania i uruchamiania aplikacji użytkownika;
3. IaaS (*Infrastructure as a Service*), infrastruktura jako usługa. Wirtualne zasoby sieciowo-sprzętowe (dane, *hardware*), za których instalowanie i wykorzystywanie odpowiada użytkownik;
4. HaaS (*Hardware as a Service*). Odmiana (zawężona) IaaS odnosząca się do maszyn wirtualnych (serwerów, pamięci) i sposobu ich licencjonowania.

Każdy rodzaj CC, lub ich kombinacje, może być przyporządkowany określonej fazie życia wyrobu. Innymi słowy mówiąc: modele CC towarzyszą fazom życia wyrobu w sferze przedsiębiorstwa jako chmura prywatna (*private cloud*) i w jego otoczeniu jako chmura publiczna (*public cloud*). W praktyce mamy często do czynienia z chmurami hybrydowymi (*hybrid cloud*). Opisowany proces odbywa się w czterech wymiarach IT:

- a) sprzętowym – przechodzenie od wcześniejszych, specjalizowanych systemów zamkniętych HO (*host oriented*), poprzez konfiguracje C/S (*client-server*) do systemów webowych WO (*web-oriented*),
- b) oprogramowania – od trybu znakowego (3GL), poprzez grafikę w środowisku 4GL do elementów sztucznej inteligencji (5GL),
- c) paradygmatu inżynierii softwarowej – od strukturalnego, poprzez obiektowy, do semantyczno-ontologicznego (*multi-paradigm*),
- d) funkcjonalnym – od pojedynczych modułów (np. MRP) do integracji wielomodułowej o zasięgu partnerskim do SOA (podejście organizacyjne) o zasięgu globalnym.



Należy przy tym zachować realizm prognostyczny w odniesieniu do punktów d) a zwłaszcza c) w obszarze VMN. Eksplozywny rozwój Internetu pokazuje, że łatwiej jest integrować dane, które nie sterują bezpośrednio zasobami materialnymi, np. wyszukiwarki, media, rozrywka, systemy informujące (zakupy, pogoda, połączenia transportowe). Stąd idee sieci semantycznych i ontologicznych baz danych są dla tego obszaru realne na większą skalę w bliskiej czy średnioodległej perspektywie (jedna, dwie dekady) [Fensel i in., 2011], korespondując z głównymi trendami rozwojowymi przedmiotowego obszaru, wyspecyfikowanymi w pracy [Fertsch i in., 2009] oraz znaczeniem innowacji we współczesnym przedsiębiorstwie [Pacholski i in., 2010].

Natomiast **trudniej jest integrować i projektować (migracje) systemy sterujące materia**, a więc ERP i skojarzone z nimi procesy wytwórcze VMN (np. sterowniki przemysłowe), ponieważ materia narzuca większe ograniczenia transformacyjne, jest mierzalna w kategoriach fizycznych (masa, energia, wymiary, położenie czasoprzestrzenne), a możliwe błędy mają wymierne konsekwencje (finansowe). Jednocześnie, projektując VMN, nie można pominąć czynników związanych z mobilnością takiej sieci, tj. w odniesieniu do jej użytkowników (pracowników, partnerów), oprogramowania (systemy multiagentowe, programy typu *apps*) oraz sprzętu (urządzenia przenośne). Na rysunku 5.2 zaproponowano model zarządzania mobilnością VMN łączący składniki systemu zarządzania urządzeniami mobilnymi MDM (*Mobile Device Management*) z systemem zarządzania problemami. W tym ostatnim przypadku celowe jest stosowanie narzędzi referencyjnych, np. tzw. trackingowego systemu ticketowego (*ticket tracking*, śledzenie biletów) według ITIL (*IT Infrastructure Library*) [Fry, 2010].

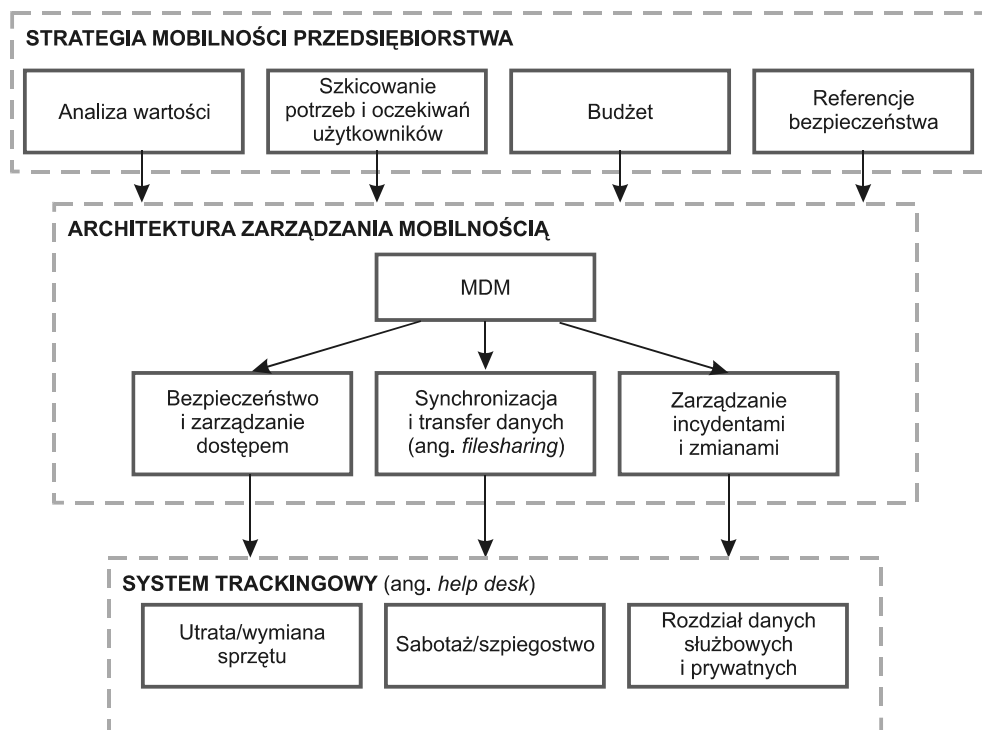
W wymiarze praktycznym warto zwrócić uwagę na następujące reguły wdrożeniowe:

- poszukiwanie kompromisowego optimum między elastycznością aplikacyjną niosącą ryzyko a sztywnym formalizmem wdrożeniowym,
- rezygnacja z teoretycznie idealnego rozwiązania w pierwszej fazie na korzyść szybkiego prototypowania (*rapid prototyping*) definiującego reguły dla 70–80% możliwych problemów,
- świadomość wzrostu kosztów pielęgnacji (*maintenance*) systemów mobilnych w porównaniu ze stacjonarnymi,
- ustalenie priorytetów zastosowań (np. dostęp do parametrów sterujących, automatyczne powiadamianie w sytuacjach problemowych).

Dla spełnienia postulatu inteligencji, w odniesieniu do VMN jako formy NGMS, niezbędne jest podnoszenie poziomu **predyktowności** takiego systemu. Pod pojęciem predyktowności rozumiemy zdolność do przewidywania przyszłych skutków podejmowanej akcji. Cecha ta jest z kolei warunkiem pożądanej **proaktywności** systemu rozumianej jako automatyczne inicjowanie działalności bez wiedzy użytkownika. W szerszym ujęciu predyktowność wiąże się z paradygmatycznymi zmianami zarządzania i przechodzeniem od organizacji typu diagnostycznego do prognostycznego. W tym drugim przypadku mamy do czynienia z następującą charakterystyką systemu:

- a) przepływy informacyjne – zasada odbioru, tj. przewidywania incydentów w miejsce zasady dostarczania, tj. zgłaszania incydentów,

- b) (bazodanowy) typ organizacji – relacyjny (hierarchiczno-sieciowy) zamiast hierarchicznego,
- c) granice przedsiębiorstwa (organizacji) – otwarte i elastyczne zamiast sztywnych, zamkniętych,
- d) typ planowania – bardziej autonomiczny na podstawie celów, mniej scentralizowany na podstawie stanu,
- e) systemowa forma przedsiębiorstwa – struktura holistyczna zamiast prostej sumy składowych,
- f) ewolucja przedsiębiorstwa – nieliniowa i adaptacyjna w odróżnieniu od liniowej i deterministycznej,
- g) poziom prognozowalności – wiarygodny, zastępujący nieodporny na zmiany.



Rys. 5.2. Zarządzanie mobilnością VMN

Źródło: opracowanie własne

W tabeli 5.3 zaproponowano klasyfikację poziomów predykcyjności systemu od najniższego i najprostszego (1) aż do najbardziej złożonego i niosącego najwyższą wartość (4).

Widzimy zatem, że na poziomie prognostycznym mamy do czynienia z systemem komputerowych modeli, pozwalających na symulację funkcjonowania przedsiębiorstwa, w szczególności wytwarzania, z wykorzystaniem wizualizacji (3D/VR). Ostatni warunek jest innowacyjny w kontekście systemów klasycznych. Symulacja procesów

przedsiębiorstwa dla poprawienia jego efektywności była bowiem możliwa i praktykowana już kilkadziesiąt lat temu. Wymieńmy choćby modele badań operacyjnych czy algorytmy planowania produkcji czy szeregowania zadań, umożliwiającą znajdowanie optimum czasowo-kosztowo-jakościowych dla wykorzystywania zasobów firmy (powierzchnia, personel, surowce, maszyny). Takie podejście miało jednak charakter fragmentaryczny, a nie całościowy, ponadto niewystarczająco uwzględniało dynamikę procesów produkcyjnych i jego składowych, wraz z człowiekiem, jako trójwymiarowymi obiektami w tej sferze.

Tabela 5.3

Poziomy predyktywności systemu

Nr poziomu	Poziom predyktywności	Funkcja	Wymiar czasowy	Narzędzia
1	raportowy	„co było”, minione zdarzenia	przeszłość	Cognos [Draskovic, Johnson, 2012]
2	analityczny	„dlaczego było”, przyczyny zdarzeń	przeszłość	OLAP [Ponniah, 2010]
3	monitorujący	„co jest”, sytuacja bieżąca	teraźniejszość	tablice graficzne ( <i>graphic planboard</i> )
4	prognostyczny	„co będzie”, prognozy	przyszłość	symulacje, fabryka cyfrowa ( <i>digital factory</i> )

Źródło: opracowanie własne

### 5.3. Holistyczne wartościowanie systemu

Referencyjna implementacja zmian w inteligentnym systemie produkcyjnym wymaga trzech interdyscyplinarnych modeli:

- modelu systemu produkcyjnego, obejmującego stan faktyczny, tj. mapę procesów (*mapping*) z ich opisem,
- modelu transformacji, tj. mapy drogowej (*road map*) prowadzącej do zdefiniowanego celu (stan wynikowy systemu),
- modelu mierzalności, w szczególności informacji jako kluczowego czynnika transformacyjnego.

Niniejszy punkt poświęcony jest ostatniemu z wymienionych modeli, tj. obszarowi (analizy) inżynierii wartości VE (*value engineering*), która może dawać efekty synergiczne w połączeniu z innymi metodami zarządzania (jakością), np. SixSigma [Mandelbaum i in., 2012]. Całościowe **wartościowanie systemu** oznacza bowiem próbę pomiaru także dla czynników trudnomierzalnych – do takowych należą informacje. Występują one zarówno w postaci danych prostych, znajdujących swoje reprezentacje w podstawowych obiektach bazodanowych (np. pole rekordu), jak i w postaci zregulowanej, tj. interpretowanej jako wiedza prowadząca do pożądanego fenomenu inteligencji (tu rozumianego w odniesieniu do ISP). **Każdy projekt transformacyjny ściąga za sobą zmiany, w tym informacyjne, które wiążą się z realnymi kosztami**

**(inwestycje), dla których trudno znaleźć czysto ekonomiczne uzasadnienie, opierając się tylko na klasycznych miernikach, charakterystycznych dla systemów materialnych** (np. wyrażanych bezpośrednio w pieniądzu). Stąd proponowane przez autorów podejście interdyscyplinarno-holistyczne, korzystające z praktyki zarządzania wartościowaniem VM (*value management*).

Inżynieria wartości jest metodą nadającą się do stosowania w sferze wytwórczej z uwagi na jej genezę związaną z ukierunkowaniem na produkt. W przypadku NGMS pojęcie „produkt“ może być postrzegane w dwu wymiarach:

- 1) jako materialny efekt działania systemu wytwórczego,
- 2) jako efekt transformacji skojarzonego systemu informacyjnego.

Celem holistycznej VE jest powiązanie obu wymiarów dla pokazania korzyści stosowania nowej wersji komputerowego wspomaganie organizacji, która powinna prowadzić do bardziej efektywnego wytwarzania wyrobów o co najmniej tej samej funkcjonalności. W centrum VE znajduje się właśnie precyzyjna analiza funkcjonalności (produktu, procesu, systemu informacyjnego) nakierowana na usuwanie dysharmonii NGMS, co koresponduje z założeniami metamodelu *lean* pokazanego oraz praktycznymi metodami stosowanym w przemyśle (p. 2.2).

Na rysunku 5.3 pokazano 7-fazowy model VE w ramach cyklu obejmującego cztery elementy systemowe:

- 1) narzędzia i metody o charakterze referencyjnym wyznaczające ramy VE, np. standardy projektowe obejmujące schematy (*template*) dokumentacji procesowej czy protokołów,
- 2) styl zarządzania jako forma tworzenia warunków (np. sposób przydziału zasobów projektowych) dla osiągnięcia zamierzonych celów. Styl ten rzutuje na sposób:
  - a) definiowania celów projektowych,
  - b) specyfikowania ram organizacyjnych przedsięwzięcia,
  - c) podejmowania decyzji i szacowania ryzyk.

Stosowany styl zarządzania powinien gwarantować odgrywanie przez kierownictwo projektu wzorów (przykładów) motywujących pracowników do efektywnego działania. VE zakłada stosowanie stylu integrująco-demokratycznego, tj. korespondującego z założeniami teorii Y-McGregora lub Z-Ouchi (doświadczenia japońskie na gruncie amerykańskim) [Ghuman, 2010].

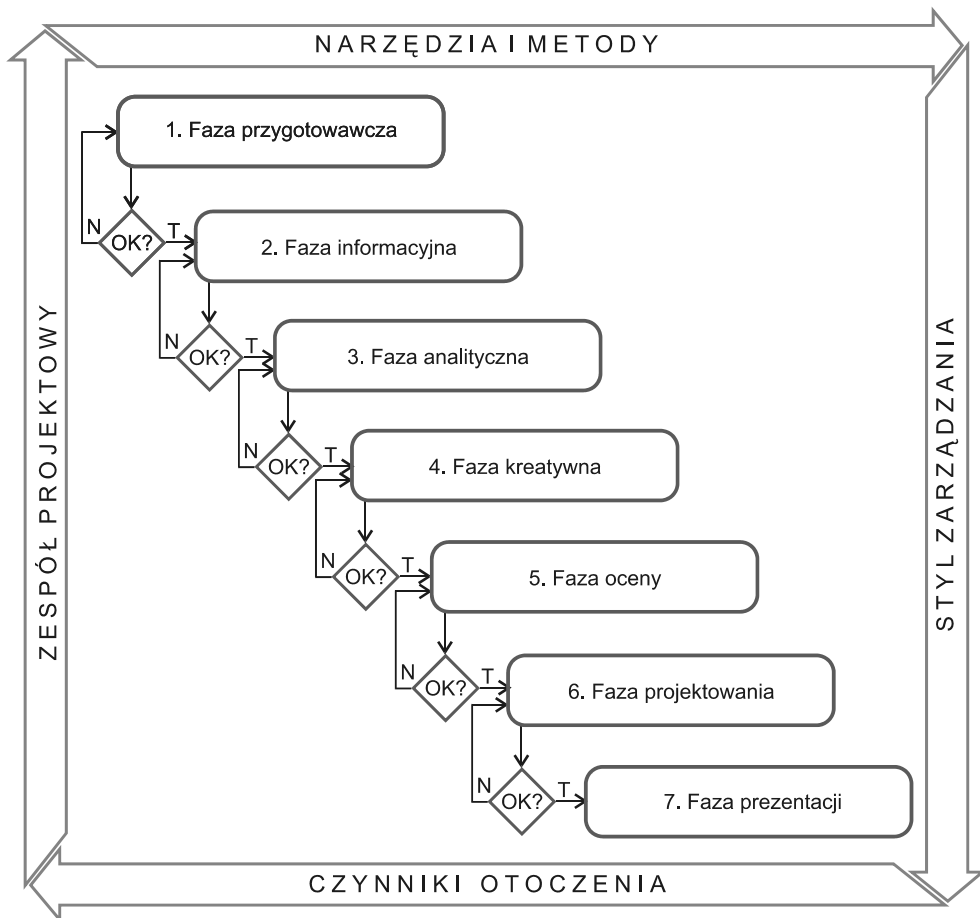
1. Czynniki otoczenia, w którym funkcjonuje organizacja (gospodarcze, prawne, społeczne) rzutujące na czynności VE,
2. Zespół projektowy komponowany według zasad VE (m.in. niewielkie grupy z opcjonalnym udziałem ekspertów i użytkowników).

Każda z faz generuje wyniki, które decydują o przejściu do fazy następnej lub powrocie do poprzedniej. Po fazie prezentacyjnej następują czynności o charakterze wykonawczym (*implementation*) na bazie VE. Charakterystyki fazowe zawarto w tabeli 5.4.

Mimo, że większość przedsiębiorstw jest przekonanych o pozytywnym potencjale wynikającym z zaawansowanych projektów IT, to jedynie mniejszość posiada sformalizowane strategie zarządzania wartościowaniem. Taki wniosek wynika z systematycznych badań prowadzonych przez ASUG (*Americas' SAP Users' Group*) [Swanton,

Draper, 2010]. Cytowane badania pokazują, że ok. 2/3 firm uważa za ważne stosowanie sześciu wyspecyfikowanych „najlepszych praktyk” (*best practices*) jednocześnie rozkład faktycznego ich używania w praktyce przedstawia się następująco:

- ukierunkowane strategie biznesowe (*business strategy and alignment*) – 34%,
- pomiar wydajności (*performance benchmarking*) – 17%,
- uzasadnianie korzyści projektowych (*justification*) – 29%,
- implementacja znalezionych wartości (*value realization*) – 19%
- taktyka zarządzania personelem (*organizational excellence*) – 10%
- zarządzanie łańcem korporacyjnym i ofertowym (*governance and portfolio management*) – 22%.



Rys. 5.3. Model inżynierii wartości

*Źródło:* opracowanie własne

Oznacza to, że jedynie kilkanaście procent badanych firm może stosować referencyjne systemy wartościowania, gdyż wymaga to *benchmarkingu* oraz procedur realizacji

zdefiniowanych wartości. Praktyczny schemat postępowania może wyglądać następująco:

- 1) identyfikacja sytuacji transformacyjnej, której efektem jest zdefiniowanie mierników wydajności (*benchmarking*);
- 2) kwantyfikacja sytuacji gospodarczej (*business case*) w oparciu o znalezione mierniki prowadząca do kwalifikowanych szacowań efektów (np. oszczędnościowych);
- 3) ustalenie priorytetów dla możliwych wariantów rozwiązań na bazie kosztowo-efektowej i wyznaczenie strategii transformacyjnej;
- 4) walidacja planu projektu i zdefiniowanie szczegółowego studium transformacyjnego.

**Tabela 5.4**

Charakterystyki faz VE

Nr fazy	Nazwa fazy	Charakterystyka	Wynik
1	Przygotowawcza ( <i>preparation</i> )	planowanie i organizacja VE	ramy VE do decyzji kierownictwa, uformowanie zespołu
2	Informacyjna ( <i>information</i> )	specyfikacja czynników ( <i>constraints</i> ) VE	dokumentacja SWOT ( <i>Strengths, Weaknesses, Opportunities Threats</i> ) [Griffin, 2008] i FMEA ( <i>Failure Modes and Effects Analysis</i> ) [Telang, Telang, 2010]
3	Analityczna ( <i>analysis</i> )	analiza funkcji rozumianych jako cele, zadania i oddziaływania skojarzone z produktem	opis funkcji, ich rodzajów (klas) i kosztów, wyniki systemowej techniki analizy funkcjonalnej FAST ( <i>Function Analysis System Technique</i> ) [Stewart, 2010]
4	Kreatywna ( <i>creative</i> )	generowanie idei realizujących wyspecyfikowane funkcje w różny sposób	wyniki techniki grupy nominalnej ( <i>nominal group technique – NGT</i> ) [Levi, 2011]
5	Oceny ( <i>evaluation</i> )	strukturalna selekcja idei w sensie optimum wymagań funkcjonalno-wydajnościowych i ograniczeń zasobowych	ewaluacja kosztu cyklu życia LCC ( <i>Life Cycle Costing</i> ) [Farr, 2011], metryki wartości ( <i>value metrics</i> ) [Stark, 2011]
6	Projektowania ( <i>development</i> )	uszczegółowiona analiza ograniczająca listę idei	analiza ryzyka dla różnych wariantów, plany akcyjne dla każdego z wariantów (kroki czynności, terminy, zakresy odpowiedzialności)
7	Prezentacji ( <i>presentation</i> )	prezentacja alternatyw jako końcowej podstawy do decyzji	formalny raport, proponowane adaptacje uwzględniające czynniki (plany) startegiczne

Źródło: opracowanie własne

Kluczowe decyzyjnie są punkty 1 i 2, które warto powiązać z referencyjnymi bazami danych, gromadzącymi informacje o zrealizowanych projektach. Na tej podstawie, po udzieleniu odpowiedzi na referencyjne pytania kwestionariuszowe, ustalany jest w bazie danych profil organizacji najbardziej odpowiadający już zrealizowanym projektom, co umożliwia prognozowanie efektów wdrożeniowych. **Przykładowo**, w systemie SVMC (*SAP Value Management Center*) kwerenda obejmuje kilkadziesiąt punktów w następujących kategoriach:

- 1) charakterystyka przedsiębiorstwa – metryki kosztowo-produktowe (obróć, asortyment), logistyczne (np. procent realizowanych dostaw), typ wytwórczości;
- 2) koszty podsystemu wytwórczego (robocizna, materiały, technologie, usługi zewnętrzne);
- 3) personel bezpośrednio i pośrednio wytwórczy (fabryka), tj. planowanie, wytwarzanie, jakość, obsługa (*plant maintenance*), technologie, bezpieczeństwo i środowisko, zarządzanie, integracja, grupy optymalizacyjne (*focus teams*);
- 4) poziom technologiczny – systemy IT (ERP/MES), automatyzacja, stopień integracji procesowej, zaawansowanie elektronicznej logistyki, jednolitość i standaryzacja aplikacji;
- 5) stosowanie najlepszych praktyk (*best practices*) w obszarze planowania i harmonogramowania, wytwarzania (*execution*), zarządzania jakością, praktyki smukłe (*lean*), obsługa (*maintenance*), integracja (np. SCM), inteligencja wytwórcza (*manufacturing intelligence*), środowisko i bezpieczeństwo (*environment health and safety*).

Ostatni z punktów jest najobszerniejszy i dla każdej podkategorii wymaga specyfikacji wag danej praktyki dla przedsiębiorstwa (od 1 = „nieistotnej” do 5 = „ekstremalnie istotnej”) oraz aktualnego poziomu jej stosowania (1 = „niestosowana” do 5 = „w pełni stosowana”).

Przykładowo – dla podkategorii planowania i harmonogramowania specyfikacja obejmuje cztery praktyki:

- a) specyficzne plany i harmonogramy wytwórcze są powiązane ze zleceniami klientów,
- b) dane dot. realizacji dostaw dla klientów są powiązane z dostępnością materiałów (*Just in Time*) oraz generowanymi w czasie rzeczywistym (*real-time*) harmonogramami bilansującymi zdolności produkcyjne ludzi i maszyn,
- c) współbieżne (*concurrent*) plany MRP/MPS definiują ramy wytwórcze (*constraints*) wielokrotnie w ciągu dnia roboczego,
- d) procesy są zintegrowane w ERP włącznie z dostawami wielopoziomowymi (*multi-level*) oraz zapotrzebowaniem (prognozy) i zdolnościami logistycznymi oraz wytwórczymi (wszystkie lokalizacje).

---

## Podsumowanie

Modele konstruowane w kolejnych rozdziałach pracy, w odniesieniu do systemów produkcyjnych nowej generacji, pokazują, że właściwe odwzorowywanie procesów przedsiębiorstwa należy do kluczowych działań w kontekście niezbędnych zmian jego struktury organizacyjnej. Sama bowiem implementacja softwarowa jest tylko pochodną mniej lub bardziej optymalnego modelowania transformowanej rzeczywistości w przedsięwzięciu projektowym. Wymaga ono mapy drogowej (*road map*) postępowania, która z jednej strony winna opierać się na sprawdzonych standardach referencyjnych (*best practice*), z drugiej zaś oddawać specyfikę projektu. Oznacza to najpierw zidentyfikowanie stanu istniejącego na trzech poziomach innowacyjności (p. 1.1):

- a) strategicznym, związanym z technologicznymi sprzężeniami makro-mikro, tj. oddziaływaniem globalnych trendów na rozważaną organizację (np. konsekwencje gospodarki sieciowej czy telepracy),
- b) taktycznym, określającym metody zarządzania, które mogą być zastosowane w sferze wytwórczej, np. podejście zwinne/smukłe (*agile/lean*),
- c) operacyjnym, dotyczącym implementacji technologicznych, np. systemy wieloagentowe (*multiagent*) czy sieci semantyczne.

Odrębnym zagadnieniem jest wspomniana linia sił projektowych: standardy – rozwiązanie indywidualne. Innowacyjne implementacje, a takie są przedmiotem niniejszej pracy, prowadzą w przedsiębiorstwie do powstania unikalnego systemu, który jest jednak co najmniej standardowo-bazowany, co stanowi istotną i pozytywną różnicę w porównaniu z rozwiązaniami wyłącznie indywidualnymi.

Dotykamy tu kolejnego zagadnienia, wymagającego uwzględnienia podczas optymalizacji technologii informacyjnych w inteligentnych systemach produkcyjnych: wielod dziedzinowości (p. 1.2). Przedmiotowa optymalizacja jest tym bardziej efektywna, im bardziej integruje jej aspekty techniczne i pozatechniczne. Stąd postulat modeli o charakterze interdyscyplinarnym, co pozwala na łączenie różnych paradygmatów naukowo-technicznych, umożliwiając pełniejszą integrację sfery IT z organizacją i zarządzaniem. Interdyscyplinarizm jest metodyczną odpowiedzią projektanta nowoczesnych systemów produkcyjnych na ich postępujący wzrost złożoności i pozwala na uzyskanie następujących efektów:

- a) pożądana hybrydowość konwencji modelowania: opartych na językach sztucznych bądź naturalnych,
- b) elastyczność polityki personalnej łączących różne specjalności zawodowe (powstawanie nowych specjalności), np. robotyk będący zarówno automatykiem, jak i ergonomistą,



- c) kontrolowanie dyfuzyjności IT, tj. zdolności tych technologii do przenikania wszelkich działów i procesów przedsiębiorstwa,
- d) koegzystencja klasycznej algorytmiki i heurystyk, powstających w wielodzielnym zespole (technicy, inżynierowie wiedzy, eksperci dziedzinowi wśród użytkowników),
- e) pełniejsze uwzględnienie niemierzalnych i trudno mierzalnych konsekwencji wdrożeniowych, tj. obszaru jakościowego, psychologicznego, osobowego czy politycznego (relacje organizacji z otoczeniem).

W szerszym aspekcie z niniejszej pracy płynie **wniosek**, iż podejście wielodzielnowe jest obiecującym kierunkiem naukowo-badawczym, prowadząc do powstawania nowych dyscyplin (kognitywistyka, ekonofizyka, bioinformatyka). W wymiarze aplikacyjnym, powyższe stwierdzenie koresponduje z samą definicją **ISP jako systemu tworzącego inteligencję organizacji na drodze łączenia naturalnej inteligencji człowieka z możliwościami jego otoczenia wytwórczego**.

Interdyscyplinarny charakter ma także zaproponowany w punkcie 1.3 warstwowy model fabryki obiektowej. Łączy on bowiem zidentyfikowane cechy NGMS (sieciowo-wirtualna, samoucząca się bioorganizacja o charakterze holoniczno-fraktalnym) z jego poziomem referencyjnym i wytwórczym, posługując się podejściem obiektywnym, tj. charakteryzowanym przez: klasy, abstrakcje, dziedziczenie, polimorfizm, hermetyzację.

Wymienione cechy obiektowości uwzględniono w typizacji ISP (p. 2.1), łącząc polimorfizm z holonicznością, dziedziczenie z bioorganizacją a hermetyczność z fraktalnością. Pozostałe dwie cechy (konceptcja klas i abstrakcji) uznano za podstawowe dla obiektowości, tj. nie kojarzono ich dodatkowo z żadnym szczególnym typem ISP. Za istotne dla charakterystyk różnych typów systemów uznano także:

- a) rodzaj hierarchii definiującej relacje między obiektami, co ma znaczenie dla skojarzonych aplikacji bazodanowych;
- b) rodzaj planowania (cykliczne, niepełne, adaptacyjne);
- c) sposób koordynacji działań (np. multiagentowy w przypadku holonów).

Interdyscyplinarny model NGMS usytuowano w polu sił wyznaczanym przez systemy informatyczne, referencyjne i społeczne. Ostatnie z nich definiują wymagania i ramy dla referencji organizacyjnych przekładanych na implementacje IT. Między wierzchołkami tak zdefiniowanego trójkąta występują sprzężenia, których analiza wskazuje na aktualne i przyszłościowe wyzwania użytkowo-badawcze, wśród nich takie typy zarządzania jak: ekologiczne, jakościowe, zmianą i wiedzą.

Mnogość podejść, technik i terminów związanych z badaną problematyką wymaga ich systematyzacji dla zidentyfikowania pojęć głównie nośnych medialnie (*buzzwords*) względnie tworzących informacyjne fragmenty otoczenia systemu (*hype*), co także wymaga ich interpretacji. W związku z tym zaproponowano trójpoziomy schemat modelowania ISP (p. 2.2) obejmujący metody, modele i metamodele wraz z przykładami implementacyjnymi. Transformacje w systemie produkcyjnym wymagają modelowania jego procesów dla implementacji komputerowo wspomaganego systemu zarządzania. Jednak wzrost złożoności modelowanych obiektów wymaga w coraz większym stopniu uwzględniania ich wymiaru metamodelowego. Rozróżnianie między

modelem a metamodelem na gruncie praktyki przemysłowej, wskazuje, że model odnosi się do określonego fragmentu rzeczywistości (tzw. oryginału), natomiast podobna definicja w odniesieniu do metamodeli jest mniej trafna. Oryginałem metamodelu nie są bowiem modele, ponadto inne są też cele modelu i metamodelu. Te różnice zidentyfikowano na podstawie trzech cech (meta)modelowania istotnych dla teorii i praktyki gospodarczej: opisywalności, poznawalności i rozstrzygalności.

Poziomy modelowania można wiązać z poziomami organizacyjnymi systemu wytwórczego, tj. operacyjnym, taktycznym i strategicznym, co prowadzi do propozycji modelu przepływu informacji (p. 2.3). Model może być traktowany jako punkt wyjścia dla przedsięwzięć optymalizacji IT w ISP według następującego schematu:

- a) zdefiniowanie misji (*mission*) przedsiębiorstwa i sposobów jej realizacji w aspekcie marketingowym, profilu produktów i finansowym,
- b) przyjęcie modeli referencyjnych określających ramy funkcjonowania centrum systemu informacyjnego, tj. taktyki informacyjnej,
- c) specyfikacje architektury korporacyjnej w wymiarze osobowym, procesowym i organizacyjnym,
- d) projekt struktury systemu informacyjnego wyznaczający jego funkcje, systemy i podsystemy oraz standardy (protokoły, interfejsy) komunikacyjne,
- e) implementacja informacyjnej infrastruktury użytkowej w sensie aplikacyjnym, bazodanowym i sieciowym,
- f) integracja struktur IT, tj. sprzętu, systemów (operacyjnych) oraz narzędzi programowych,
- g) integracja sfery wytwórczo-logistycznej z jej systemami nadzorczymi, sterownikami przemysłowymi oraz centrami (*workcenter*) produkcyjnymi,
- h) integracja otoczenia systemu (klienci, dostawcy).

Jedną z kluczowych cech tak projektowanego (optymalizowanego) systemu winna być jego elastyczność (p. 3.1). Ta własność wiąże się z genezą nowoczesnych systemów wytwórczych (FMS), a jednocześnie uwidacznia się w wymiarze IT jako elastyczność informacyjna. Jej obecność pozwala na lepsze wykorzystywanie rezerw zasobowych, występujących w procesach produkcyjnych (np. zmniejszenie zamrożonego kapitału surowcowo-produktowego w organizacji *Just in Time*), przyczyniając się do pożądanego rynkowo skracania ich cykli.

Te spostrzeżenia prowadzą do poszukiwania miar oceny takiego systemu dla uzyskania optimum poziomu jego inteligencji organizacyjnej w sensie funkcjonalno-kosztowym. W tym celu dokonano dekompozycji systemu produkcyjnego na jego podsystemy funkcjonalne, identyfikując następujące: sterowania, wytwarzania, transportu, magazynowania, manipulacji, pomocy warsztatowych, kontroli i diagnostyki, zasilania i usuwania odpadów. Na tej podstawie zaproponowano miary dla integracji funkcjonalnej oraz technicznej w połączeniu ze stopniem koncentracji funkcji. Jednocześnie poddano analizie dziesięć rodzajów elastyczności (m.in. asortymentową czy marszrutową), w efekcie uzyskując syntetyczny model łączący problemy występujące w systemie produkcyjnym z miarami jego oceny.

W obszarze problemów systemu wytwórczego można wyróżnić ich cztery grupy, które wymagają integracji:

- planowania (wykorzystanie zasobów),
- harmonogramowania (przydział operacji i zasobów),
- projektowania (wyroby, stanowiska, parametry),
- eksploatacji (personel, diagnostyka, jakość).

Z drugiej strony mamy zaś szereg miar oceny o charakterze interdyscyplinarnym, tj. obejmujących aspekty techniczne i pozatechniczne, grupowane jako wymierne lub trudnowymierne. Miary finansowe (efektywności inwestycyjnej i ekonomiki eksploatacji) potraktowano odrębnie.

Jednocześnie (p. 3.2) rozwinięto typizację ocen systemu ze względu na ich: cel, zakres, formę, poziom, moment czasowy, sposób wartościowania, przedmiot oraz relację zespołu oceniającego do organizacji (zewnętrzny, wewnętrzny). Dla oceny efektywności systemu zaproponowano agregat cech obejmujący m.in. skuteczność, technologie i postawy osobowe, co stanowi podstawę tworzenia informacyjno-techniczno-ludzkiego potencjału NGMS.

Inwestycje, w szczególności informatyczne, (p. 3.3) badano odrębnie z uwagi na kluczowy problem tej sfery, jakim jest kontekstowość informacji powiązana z trudnościami jej mierzalności w ogólnym przypadku. Autorzy zakładają, że pożądanym kierunkiem dalszych badań byłyby tu aplikacje (prototypy) rozwiązań **semantyczno-ontologicznych**. Pozwoliłoby to na pełniejsze uwzględnienie zarządzania wiedzą, także w otoczeniu ISP (p. 4.1).

Interdyscyplinarne modele ISP winny zatem uwzględniać postępującą wirtualizację przedsiębiorstw i wzrost sieciowości (*networking*) wewnątrz nich oraz w relacjach z otoczeniem. Czynniki te występowały już wcześniej, ale obecnie ulegają spotęgowaniu, a przede wszystkim dygitalizacji z uwagi na wzrost roli komputerowego wspomagania organizacji produkcji i logistyki. Ten nowy typ inteligentnej organizacji cechują takie elementy jak:

- dynamika aktywów niematerialnych (*intangible assets*) z kapitałem ludzkim na czele,
- zanik dychotomii przedsiębiorstwo-otoczenie (elastyczność granic tych wymiarów),
- eskalację zmiennych wymagań rynku,
- wzrost znaczenia projektowego trybu pracy w miejsce procesowego,
- koautomiczność (autonomiczna kooperacja) w skali mikro i kooperacja (współkonkurencja) w skali makro,
- fenomen prosumpcji (produkcji-konsumpcji),
- rosnąca kompleksowość systemów prowadząca do turbulencji (modele zdeterminowanego chaosu),
- wielowymiarowość otoczenia społeczno-kulturowego i polityczno-prawnego.

W tym ostatnim przypadku (p. 4.2) niezbędna jest wielopłaszczyznowa i wielowektrowa analiza relacji otoczenie-przedsiębiorstwo w celu identyfikowania względnie kreowania impulsów zmian, które dopiero przy właściwym modelowaniu procesów organizacji przekładają się na jej rozwój.

Kluczowe w sferze nietechnicznej NGMS czynniki psychologiczno-społeczne mogą mieć dla takiego systemu zarówno charakter stymulujący, jak i hamujący.

Z jednej strony mamy do czynienia z rosnącymi możliwościami rozwoju zawodowego i osobowościowego w coraz nowocześniejszym środowisku produkcyjnym. Z drugiej zaś podmiotowość pracownika może być ograniczana wymaganiami dotyczącymi jego obciążalności, mobilności czy dyspozycyjności. Podobne napięcia pojawiają się na linii klient – organizacja, gdzie rosnący dostęp do coraz bogatszej oferty produktów konfrontowany jest z ich depersonalizacją i anonimowością w sferze doradztwa czy serwisowej. Mamy tu bowiem do czynienia z zastępowaniem osobowego pośrednictwa między klientem a produktem technologiami internetowymi (np. komórkowe appsy QRC).

Dygitalizacja materii ISP jako warunek funkcjonowania takich systemów nasuwa tu pytanie o „dygitalizację świadomości” pracownika. Holoniczność (całoczęściowość), sieciowość czy wirtualność czynników produkcyjnych narzuca analogiczne wymagania pracownikom. Sieć pracownicza, w odróżnieniu od infrastruktury teleinformatycznej, posiada jednak wymiar świadomościowy. Tymczasem techniczne środki teleprezencji (wideokonferencje) nie zastępują w pełni kontaktów osobistych występujących w procesach pracy. Ostatnie stwierdzenie wskazuje na potrzebę zachowania realizmu podczas organizacji projektów wymagających długotrwałej i intensywnej współpracy osób znajdujących się w różnych (odległych) miejscach.

Mówimy tu zatem o systematycznie realizowanej polityce personalnej nowoczesnego przedsiębiorstwa, w tym elemencie personalizacji warunków pracy (p. 4.3) obejmującej takie czynniki jak:

- dostęp do wiedzy i możliwość jej wymiany z innymi,
- zaangażowanie i współuczestniczenie w rozwoju organizacji,
- kształtowanie reguł dla elektronicznych systemów pracy grupowej (*workflow*),
- indywidualizowane portale korporacyjne (blogosfera) czy repozytoria wiedzy (technologie *wiki*),
- budowanie pracowniczych więzi społecznych (eliminacja alienacji),
- integracja wielokulturowości oraz zależności regionalno-globalnych.

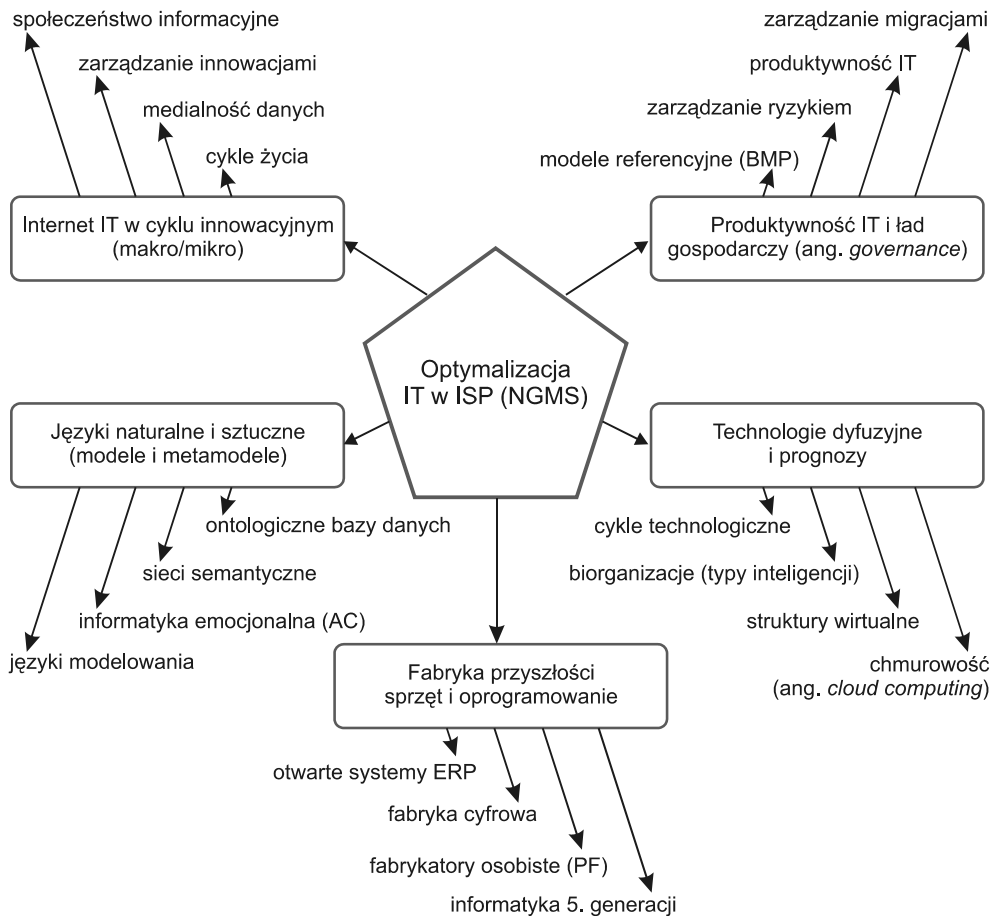
Formułowane wyżej postulaty znajdują swoje odpowiedniki implementacyjne w ramach konkretnej architektury ISP, posiadającej dwa istotne wymiary (p. 5.1), technologiczny i organizacyjny. Ich modelowanie w oparciu o podejście interdyscyplinarne prowadzi do następującego **wniosku** – NGMS kształtowany jest na styku trzech obszarów:

- a) związanych z nim paradygmatów, a więc bioorganizacyjnego (samouczenia się), holoniczności (fraktalności, całoczęściowości), rekonfigurowalności (elastyczności) oraz ekonomii chmurowej jako eskalacji sieciowej,
- b) megatrendów IT, tj. wirtualizacji, miniaturyzacji, mobilności i sieciowości,
- c) wymagań wytwórczych korespondujących z b), tj. dygitalizacji materii, ergonomizacji, automatyzacji oraz integracji (poziomów wytwórczych).

W rozważanym obszarze **czynnikiem nadrzędnym, wobec megatrendów IT oraz wymagań wytwórczych, okazuje się być wirtualizacja i skojarzona z nią dygitalizacja**, ponieważ ich konsekwentne stosowanie przyczynia się zarówno do wzrostu elastyczności organizacyjnej, jak i rekonfigurowalności systemu wytwórczego. Stąd rosnące znaczenie najnowszych form NGMS dążących w kierunku wirtualnych sieci wytwórczych VMN (p. 5.2).

W tym kontekście sformułowano następujące spostrzeżenia:

- decentralizacyjność VMN wskazuje na stopniowe uniezależnianie się sterowania produkcją od jej lokalizacji (integracja w sieciach teleinformatycznych nie tylko poziomu komputerowego, ale także sterowników przemysłowych),
- wytwarzanie chmurowe zaczyna obejmować cały cykl życia wyrobu: od projektowania, poprzez symulacje aż do pielęgnacji systemowej,
- hybrydowość rozwiązań chmurowych (prywatne/publiczne) wiąże się z koniecznością stosowania referencyjnych systemów zarządzania urządzeniami mobilnymi (MDM),
- predyktywność systemu może być modelowana na czterech poziomach (raportowym, analitycznym, monitorującym i prognostycznym) i jest warunkiem proaktywności systemowej, tj. automatycznego inicjowania jego działań.



Rys. 6.1. Kierunki badawczo-aplikacyjne optymalizacji IT w ISP

Źródło: opracowanie własne

---

Także w obszarze NGMS występują trudności w znalezieniu korelacji między realnie ponoszonymi kosztami zmian a efektami w znacznej mierze informacyjnymi, tj. trudnomierzalnymi (p. 5.3). Również i w takim przypadku rozwiązań należy upatrywać w rezygnacji z podejścia fragmentarycznego na rzecz syntetycznego wartościowania systemu.

Interdyscyplinarne modele systemów produkcyjnych nowej generacji, uwzględniające ich aspekty techniczne i pozatechniczne są częścią rozległej sfery badawczej i praktycznej dotyczącej optymalizacji technologii informacyjnych w ISP. Należy postrzegać ją także w związku z ewolucją: paradygmatów organizacyjnych oraz metod realizacji projektów informatycznych. Jej dynamika oraz permanentne zmiany związane z postępami algorytmiki (aplikacji) i rozwojem skojarzonych technologii (sprzęt) wymagają dalszych badań, których kierunki zaproponowano na rysunku 6.1.

---

# Bibliografia

- [1] Angerer A.: The Impact of Automatic Store Replenishment on Retail; Technologies and Concepts for the Out-of-Stocks Problem. Wiesbaden: Deutscher Universitäts Verlag 2006.
- [2] Antonopoulos N., Gillam L. (Eds.): Cloud Computing, Principles, Systems and Applications. London: Springer 2010.
- [3] Aoyama H., Fujiwara J., Ikeda Y.: Econophysics and Companies, Statistical Life and Death in Complex Business Networks. New York: Cambridge University Press 2010.
- [4] 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, ISBN 978-83-7348-276-0.
- [5] Bennett J.: Evaluation methods in research. New York: Continuum 2003.
- [6] Bingham A., Spradlin D.: The open innovation marketplace, creating value in the challenge driven enterprise. New Jersey, USA: Pearson Education Ltd, FT Press, Upper Saddle River 2011.
- [7] Black J.T., Kohser R.A.: Degarmos Materials and Processes in Manufacturing. Hoboken, NJ, USA: John Wiley and Sons 2008.
- [8] Bocij P., Chaffey D., Greasley A., Hickie S.: Business Information Systems, Technology, Development & Management. Essex, UK: Pearson Education Ltd 2008.
- [9] Brovermann S.A.: Mathematics of Investment and Credit. Wisted, CT, USA: ACTEX Publications Inc. 2010.
- [10] Brzeziński M.: Organizacja kreatywna. Warszawa: PWN 2009.
- [11] Brzeziński M. (red.): Organizacja i sterowanie produkcją. Warszawa: A.W. Placet 2002.
- [12] Butler M.: Enterprise Social Networking and Collaboration. Melton EY, UK: MBR Ltd 2010.
- [13] Canetta L.: Digital Factory for human-oriented production systems. London: Springer 2011.
- [14] Castells M.: The Rise of the Network Society, The Information Age, Economy, Society, and Culture. Chichester, WS, UK: John Wiley and Sons Ltd 2010.
- [15] Correia C., Flynn D., Uliana E., Wormald M.: Financial Management. Cape Town: Juta & Co. Ltd 2010.
- [16] Chryssolouris G.: Manufacturing Systems, Theory and Practice. New York: Springer Science+Business Media Inc. 2006.
- [17] Dagli C.H. (red.): Artificial Neural Networks for Intelligent Manufacturing. London: Chapman&Hall, 1994.
- [18] Dennis P.: Lean Production Simplified. New York: Productivity Press 2007.
- [19] Draskovic F., Johnson R.: IMB Cognos 10 Report Studio, Practical Exmaples. New Jersey, USA: Pearson, Upper Saddle River 2012.
- [20] Durlik I.: Inżynieria zarządzania. Warszawa: A.W. Placet 2007.
- [21] ElMaraghy H.A. (ed.): Enabling Manufacturing Competitiveness and Economic Sustainability. New York: Springer 2012.
- [22] Farr J.V.: Systems Life Cycle Costing, Economic Analysis, Estimation and Management. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, Taylor & Francis Group 2011.

- 
- [23] Fensel D., Facca F.M., Simperl E., Toma I.: *Semantic Web Services*. Berlin: Springer 2011.
- [24] Fertsch M., Grzybowska K., Stachowiak A.: *Modele systemów produkcyjnych i logistycznych – próba klasyfikacji*. Logistyka i zarządzanie produkcją – narzędzia, techniki, metody, modele, systemy. Monografia Inst. Inżynierii Zarządzania Politechniki Poznańskiej 2008.
- [25] Fertsch M., Pawlewski P., Golińska P.: *Emerging Trends in Manufacturing Systems Management – IT Solutions*. Sigeru Omatu et al. (Eds.), *Distributed Computing Artificial Intelligence, Bioinformatics, Soft Computing, and Ambient Assisted Living*, 10<sup>th</sup> International Work-Conference on Artificial Neural Networks, IWANN 2009 Workshops, Salamanca, Spain, June 2009, *Proceedings Part II*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag 2009, s. 358–365.
- [26] Fontoura M.: *The UML profile for framework architectures*. London: Pearson Education Ltd 2002.
- [27] Friedenberg J., Silverman G.: *Cognitive Science: An Introduction to the Study of Mind*. Thousand Oaks, CA, USA: Sage Publications Inc. 2011.
- [28] Fry M.: *ITIL® Lite a road map to partial or full implementation*. Norwich, UK: TSO (The Stationery Office) 2010.
- [29] Fulekar M.H.: *Bioinformatics, applications in life and environmental sciences*. New York: Springer 2009.
- [30] Gach D., Pietruszka-Ortyl A.: *Przeobrażenia w strukturze stosunków pracy w przedsiębiorstwach*. W: *Zmiana warunkiem sukcesu. Dynamika zmian w organizacji – ewolucja czy rewolucja*. Red. J. Skalik. Wrocław: Wyd. AE im. Oskara Langego we Wrocławiu 2006.
- [31] Ghuman K.: *Management – concepts, practice & cases*. New Delhi: TataMcGraw Hill Education Private Limited 2010.
- [32] Goel A.: *Computer fundamentals*. New Delhi: Dorling Kindersley Pearson Education, 2010.
- [33] Griffin R.: *Fundamentals of Management*. Boston, MA, USA: Houghton Mifflin Company 2008.
- [34] Hatamura Y., Nagao T., Misthuishi M.: *A fundamental structure for intelligent manufacturing*. *Precision Engineering*, Vol. 15, No. 4. Maryland Heights: Elsevier 1993, s. 266–273.
- [35] Huff H.: *Into the nano era*. New York: Springer series in materials science 2009.
- [36] Jawadekar W.S.: *Software Engineering, Principles and Practise*. New Delhi: The McGraw-Hill Companies 2008.
- [37] Jemielniak D., Koźmiński A. (red.): *Zarządzanie wiedzą*. Warszawa: Wyd. Akademickie i Profesjonalne 2008.
- [38] Jeschke S., Isenhardt I., Henning K.: *Automation, Communication and Cybernetics in Science and Engineering*. New York: Springer 2011.
- [39] Kahle L.R.: *Cross-national consumer psychographics*. Binghamton, NY, USA: International Business Press 2000.
- [40] Kelly K.: *Nowe reguły nowej gospodarki. Dziesięć przełomowych strategii dla świata połączonego siecią*. Warszawa: WIG Press 2001.
- [41] Khan W.A., Rauf A., Cheng K.: *Virtual Manufacturing*. New York: Springer 2011.
- [42] Kordel P., Kornecki J., Kowalczyk A., Krawczyk K., Pylak K., Wiktorowicz J.: *Inteligentne organizacje – zarządzanie organizacją i kompetencjami pracowników*. Warszawa: Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości 2010.
- [43] Koren Y.: *The Global Manufacturing Revolution*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley and Sons 2010.
- [44] Kühnle H. (ed.): *Distributed manufacturing, paradigm, concepts, solutions and examples*. New York: Springer 2010.



- [45] Lessem R., Schieffer A.: Transformation management, towards the integral enterprise. Burlington, VT, USA: Ashgate Publishing Company 2009.
- [46] Levi D.: Group Dynamics for Teams. Thousand Oaks, CA, USA: Sage Publications Inc. 2011.
- [47] Mall R.: Fundamentals of software engineering. New Delhi: Prentice Hall of India, Rajkumari Electric Press 2004.
- [48] Mandelbaum J., Hermes A., Parker D., Heather W.: Value Engineering Synergies with Lean Six Sigma, Combining Methodologies for Enhanced Results., Boca Raton, FL, USA: CRC Press, Taylor & Francis Group 2012.
- [49] Matusiak K (red.): Innowacje i transfer technologii. Słownik pojęć. Warszawa: Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości 2011.
- [50] McCall A.: Measuring the business of value mobility, a model for determining return on investment in mobile workforces. Ann Arbor, MI, USA: ProQuest Information and Learning Company 2007.
- [51] Misra K.B.: Handbook of Performability Engineering. London: Springer-Verlag 2008.
- [52] Morawski M.: Zarządzanie wiedzą. Organizacja-system-pracownik. Wrocław: Wyd. AE we Wrocławiu 2006.
- [53] Morley D., Parker C.S.: Understanding computers, today and tomorrow. Course Technology, Boston, MA, USA 2011.
- [54] Muniz J., Dias Batista Jr E., Geilson G.: Knowledge-based integrated production management model, Journal of Knowledge Management, Vol. 14, Iss: 6, 2010, s. 858–871.
- [55] Musharavati F.: Process Planning Optimization in Reconfigurable Manufacturing Systems. Dissertationcom, BocaRaton, FL, USA, 2008.
- [56] Nirali P.K.: Manufacturing and Operations Management. Nirali Prakashan, Pune, 2008.
- [57] OECD: Strengthening Accountability in Aid for Trade, The Development Dimension. Paris, OECD Publishing 2011, ISBN 978-92-64-12320-5.
- [58] Østrem W.: Science without boundaries, interdisciplinarity in research, society and politics. Lanham, Maryland, USA: University Press of America Inc. 2009.
- [59] Pacholski L., Malinowski B., Niedźwiedz Sz.: Procesowe strukturalne i kooperacyjne aspekty innowacyjności organizacyjnej przedsiębiorstw. Poznań: Wyd. Politechniki Poznańskiej 2011.
- [60] Pacholski L., Malinowski B., Niedźwiedz S.: The role of internal structural innovations in a contemporary enterprise. Entrepreneurship and innovations, monograph. Poznań: Publishing House of Poznań University of Technology 2010, s. 85–92.
- [61] Pacholski L., Cempel W., Pawlewski P.: Reengineering. Reformowanie procesów biznesowych i produkcyjnych w przedsiębiorstwie. Poznań: Wyd. Politechniki Poznańskiej, 2009.
- [62] Pająk E.: Zarządzani produkcją. Produkt, technologia, organizacja. Warszawa: Wyd. Naukowe PWN 2006.
- [63] Perechuda K.: Dyfuzja wiedzy w przedsiębiorstwie sieciowym. Wrocław: Wyd. AE we Wrocławiu. 2005.
- [64] Pham D.T., Eldukhri E.E., Soroka A.J. (eds.): Intelligent production machines and systems. San Diego CA, USA: Elsevier Inc. 2005.
- [65] Pietroń-Pyszczek A.: Satysfakcja pracownicza w zmieniającym się przedsiębiorstwie. W: Zmiana warunkiem sukcesu. Dynamika zmian w organizacji – ewolucja czy rewolucja. Red. J. Skalik. Wrocław: Wyd. AE im. Oskara Langego we Wrocławiu 2006.
- [66] Pokojski J., Pruszyński J., Oleksiński K.: Mechanizmy zarządzające gromadzeniem, przechowywaniem i wykorzystywaniem wiedzy w aplikacjach wspomagających procesy składowania wiedzy projektowej, Mechanik 1/2011, s. 65.
- [67] Ponniah P.: Data Warehouse, Fundamentals for IT Professionals. Hoboken, NJ, USA: John Wiley and Sons 2010.

- [68] Poslad S.: *Ubiquitous Computing, Smart Devices, Environments and Interactions*. Chichester, WS, UK: John Wiley and Sons Ltd 2009.
- [69] Rahe M., Subjectivity and cognition in knowledge management, *Journal of Knowledge Management*, Vol. 13, Iss. 3, 2009, s. 102–117.
- [70] Ramnath S., Dathan B.: *Object-Oriented Analysis and Design*. London: Springer 2011.
- [71] Seel P.B.: *Digital Universe, the Global Telecommunication Revolution*. Chichester, WS, UK: John Wiley and Sons Ltd 2012.
- [72] Shanmugasundaram S.: *Customer Relationship Management, Modern Trends and Perspectives*. New Delhi: Prentice Hall 2008.
- [73] Schwaninger M.: *Intelligent Organizations, Powerful Models for Systemic Management*. Berlin: Springer 2009.
- [74] Stark J.: *Product Lifecycle Management, 21<sup>st</sup> Century Paradigm for Product Realisation*. London: Springer 2011.
- [75] Stewart R.B.: *Value Optimization for Project and Performance Management*. John Hoboken, NJ, USA: Wiley and Sons 2010.
- [76] Swanton B., Draper L.: *How Do You Expect To Get Value From ERP If You Don't Measure It*. Boston, MA, USA: AMR Research, Inc. 2010.
- [77] Tao F., Zhang L.: *Resource Service Management in Manufacturing Grid System*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley and Sons 2012.
- [78] Telang A.D., Telang A.: *Comprehensive Maintenance Management, Policies, Strategies and Options*. New Delhi: PHI Learning Private Ltd 2010.
- [79] Velte A.T.: *Cloud Computing a practical approach*. New York: McGraw-Hill 2009.
- [80] Wang L., Koh S.C.L. (eds.): *Enterprise Networks and Logistics for Agile Manufacturing*. New York: Springer 2010.
- [81] Warner M., Witzel M.: *Managing in virtual organizations*. London: Thomson Learning 2004.
- [82] Waters D.: *Supply Chain Management: An Introduction to Logistics*. Houndmills UK: Palgrave Macmillan; 2<sup>nd</sup> edition 2009.
- [83] Yami S., Castaldo S., Dagnino G.B., LeRoy F. (eds.): *Coopetition, winning strategies for the 21<sup>st</sup> century*. Northampton, MA, USA: Edward Elgar Publishing Inc. 2010.
- [84] Zajac M.: Using learning styles to personalize online learning, *Campus-Wide Information Systems*, Vol. 26, Iss. 3, 2009, s. 256 – 265.
- [85] Zawadzka L.: *Podstawy projektowania elastycznych systemów sterowania produkcją, problemy techniczno-ekonomiczne*. Gdańsk: Wyd. Politechniki Gdańskiej 2000.
- [86] Zawadzka L., Badurek J., Łopatowska J.: *Inteligentne systemy produkcyjne. Ewolucja i problemy organizacji projektów informatycznych*. Gdańsk: Wyd. Politechniki Gdańskiej 2010, ISBN 978-83-7348-326-2.
- [87] Zawadzka L., Badurek J., Łopatowska J.: *Inteligentne systemy produkcyjne. Algorytmy, koncepcje, zastosowania*. Gdańsk: Wyd. Politechniki Gdańskiej 2012, ISBN 978-83-7348-409-2.
- [88] Zhang G.Q., van Roosmalen A.J.: *More than Moore: creating high values micro/nano-electronics systems*. New York: Springer Science+Business 2009.
- [89] Ziolo Z.: *Kształtowanie się przedsiębiorstw przemysłowych w procesie globalizacji*. W: *Przemysł w procesie globalizacji*. Red. Z. Ziolo, Z. Makiela. *Prace Komisji Geografii Przemysłu PTG*, nr 6, Warszawa–Kraków 2003.

---

# Spis rysunków

- Rys. 1.1. Operacyjny cykl innowacyjny w otoczeniu strategicznym
- Rys. 1.2. Model fabryki obiektowej
- Rys. 2.1. Interdyscyplinarny model NGMS
- Rys. 2.2. Cechy poziomów modelowania systemu produkcyjnego
- Rys. 2.3. Model przepływu informacji
- Rys. 3.1. Problemy i kryteria oceny systemu produkcyjnego
- Rys. 3.2. Oceny i ich typy
- Rys. 3.3. Rodzaje inwestycji – kryteria klasyfikacyjne
- Rys. 4.1. Schemat relacji przestrzeni otoczenia z NGMS
- Rys. 5.1. Kluczowe składniki NGMS
- Rys. 5.2. Zarządzanie mobilnością VMN
- Rys. 5.3. Model inżynierii wartości
- Rys. 6.1. Kierunki badawczo-aplikacyjne optymalizacji IT w ISP

---

# Spis tabel

- Tab. 1.1. Charakterystyki poziomów innowacyjności
- Tab. 1.2. Przykłady zawodów i specjalności informatycznych
- Tab. 1.3. Charakterystyka interdyscyplinarystwu
- Tab. 1.4. Nowoczesne formy produkcyjne i cechy przyszłościowego ISP
- Tab. 2.1. Cechy głównych typów ISP
- Tab. 2.2. Poziomy modelowania i ich opis
- Tab. 2.3. Japońska geneza metod sterowania produkcją
- Tab. 2.4. Podstawowe typy CRM
- Tab. 3.1. Podsystemy funkcjonalne FMS
- Tab. 3.2. Kryteria oceny efektywności i ich charakterystyki
- Tab. 3.3. Nakłady na inwestycje w systemach wytwórczych
- Tab. 4.1. Przykładowe elementy przestrzeni otoczenia
- Tab. 4.2. Czynniki społeczno-psychologiczne ograniczające i stymulujące rozwój NMGS
- Tab. 4.3. Rozwiązania stosowane w ISP w wymiarze społecznym i zarządzania wiedzą
- Tab. 5.1. Megatrendy rozwoju IT
- Tab. 5.2. Bazodanowy znacznik wyrobu
- Tab. 5.3. Poziomy predyktywności systemu
- Tab. 5.4. Charakterystyki faz VE

WYDAWNICTWO POLITECHNIKI GDAŃSKIEJ

---

Wydanie I. Ark. wyd. 6,2, ark. druku 6,25, 124/727

---

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